

# 工程建设

Engineering Construction

1

# 工程建设

## Engineering Construction

### 学术编委

马 磊 Lei Ma

### 责任编辑

张健美 Jianmei Zhang

### 学术编委

赵玉凤 Yufeng Zhao

贺海军 Haijun He 游天龙 Tianlong You

肖 泳 Yong Xiao 刘 源 Yuan Liu

张小旻 Xiaoyang Zhang 邓 蓉 Rong Deng

曹宇声 Yusheng Cao 李洪志 Hongzhi Li

吕尚辉 Shanghui Lyu 杨庆印 Qingyin Yang

张 宽 Kuan Zhang 张雪宁 Xuening Zhang

廖疆平 Jiangping Liao 赵月亭 Yueting Zhao

### 美工编辑

李 亚 Ya Li

### 期刊收录

<http://www.cnki.net> (中国知网) 全文收录

### 出版单位

Viser Technology Pte. Ltd.

530 Serangoon North Avenue 4

#02-02

Singapore (550530)

## 目录

|                                            |                |    |
|--------------------------------------------|----------------|----|
| “楼房管道预留洞封堵模板”技术分析.....                     | 杜永纯            | 1  |
| 大庆徐深气田腐蚀监测技术现状及发展趋势.....                   | 贺海军            | 3  |
| 后压浆钻孔灌注桩工程管理控制要点.....                      | 李挺             | 6  |
| 浅析旋挖桩施工技术.....                             | 杜永纯            | 10 |
| 碳钢与13Cr钢的电偶腐蚀及缓蚀剂防护.....                   | 贺海军            | 15 |
| 公路桥梁工程施工安全管理.....                          | 谢贞洪            | 18 |
| 公路桥梁伸缩缝施工技术相关研究.....                       | 闫国光            | 20 |
| 应用BP神经网络预测N80油管CO <sub>2</sub> 腐蚀速率.....   | 贺海军            | 23 |
| 钢衬里现场安装介绍.....                             | 宋春雷 贾立博        | 28 |
| 工业厂房金刚砂耐磨楼面一次成型施工技术.....                   | 季晖 殷帅杰 刘亚松 王鹏  | 31 |
| 浅析大学图书馆的结构设计.....                          | 高琴贤            | 35 |
| 基于UWB技术施工现场智能定位与监测.....                    | 李怀柱 夏林灿 邱波 李英章 | 40 |
| 新奥法在杨林隧道施工中的应用.....                        | 力尚廷            | 43 |
| 关于煤矿安全生产责任体系建设的研究.....                     | 赵杰 王其杰         | 46 |
| 浅谈引风机变频节能改造及日常维护应用.....                    | 成丽波 陈绍龙        | 49 |
| 工法展示样板在房产项目中的应用.....                       | 董建君            | 54 |
| 免蒸养混凝土在构件生产中的应用探讨.....                     | 李洪志            | 59 |
| 汇贤城东区装配式结构施工质量控制要点.....                    | 陈岗 郭东东         | 62 |
| 奥氏体不锈钢厚壁管道埋弧自动焊焊接工艺.....                   | 田文冲 刘建国        | 68 |
| 基于风光液流储能一体化技术研究.....                       | 隋晓峰 谢正和 刘英杰    | 72 |
| 后注浆灌注桩在吹填场地的适用性研究.....                     | 张春刚 周思广 申海鹏    | 76 |
| 大学校园建筑外空间人性化设计探讨——以云南民族大学扩建工程项目为例<br>..... | 赵玉凤 赵恺 梁生      | 80 |
| 一种新型控制方式在森基米尔轧机控制系统中的应用.....               | 赵静波 张成辉 刘新 滕永懂 | 84 |
| 沙溪铜矿副井与北风井——800m中段两井大型贯通测量.....            | 孙金皆            | 88 |
| 印度斯坦锌业SK铅锌矿斜坡道施工技术.....                    | 冯广奎            | 92 |

|                           |                 |     |
|---------------------------|-----------------|-----|
| 建筑机电设备安装项目管理的思考.....      | 罗 超             | 98  |
| 浅议建设工程成本控制措施.....         | 吴红云 张莹娟         | 100 |
| CSAMT在内丘地热勘查深部构造中的应用..... | 梅久娟 李 鹏 孙晓磊 庄丁源 | 102 |
| 浅谈沙漠地带燃气管道施工技术要点.....     | 王宗尧 于永凯 孙立君     | 106 |
| C272萃取-镍电积试验研究.....       | 张宇飞             | 111 |
| 可丽耐在建筑装饰项目中的特殊应用研究.....   | 朱孝康             | 115 |
| 南京地区白蚁对园林景观的危害及其防治.....   | 王晓文             | 122 |

# “楼房管道预留洞封堵模板”技术分析

杜永纯

中国电子系统工程第二建设有限公司，江苏无锡 214135

DOI:10.33142/ec.v1i1.18

**[摘要]** 楼房管道预留洞封堵模板可以从根本上解决传统楼房管道预留洞封堵吊模所产生浪费聚苯板、泡沫板以及浇筑混凝土漏浆等的种种问题，并且节省大量的人工、时间，使用简便、高效，建议引进我司项目部推广使用。

**[关键词]** 技术特点；施工流程；材料设备

## 1 技术特点

此产品是来自于建筑安装实践，再经多位建筑工程师的反复研究，精心设计，以乙烯颗粒与再生塑料混合压制而成，其主要技术特点为：

- 1) 密封性好，上下层之间无需铁丝连接，水泥浆不会渗漏，可保持管道表面干净；
- 2) 不易变形，不老化，可重复使用 5 到 8 年；
- 3) 安装方便、快捷，仅需 1 人在楼下操作，轻松安装和拆模，完成一套安装仅需几秒钟，完成一户仅需几分钟；
- 4) 平整度好，产品紧贴楼板面，使封堵后的预留洞表面和楼板表面一样平整，且光洁无污染，无需后期清理凿磨；
- 5) 价格低廉，节省大量人力开支，一次购买，反复使用。

## 2 适用范围

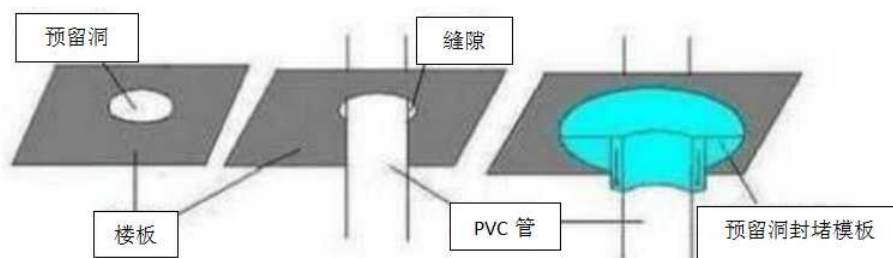
适用于管道预留洞封堵二次浇注砼模板的施工；不适合镀锌钢管和 KPG 等金属管道的预留洞吊模，禁止在金属发热（加热或正在升温）的管道上使用，管道管径大于吊模管径时，不建议强行使用，使用完毕后，因在螺丝以及金属关节地方加入润滑油，以便循环使用。

## 3 工艺原理

楼房管道预留洞封堵模板以乙烯颗粒与再生塑料混合压制而成，改变了以往用钢丝板材来封堵预留洞缝隙的复杂工艺，施工步骤简单、施工速度快、防水密封好、使用方便性高，经济实用强、一次投入可多次循环运用，并可节省大量的人工和材料成本。

## 4 施工工艺流程及操作要点

施工工艺流程如图所示：



立体施工效果图



模板及蝶形螺丝



模板固定后

## 5 操作要点：

- 1、把模板两半平面向上紧贴楼板下表面卡在管子上，再用蝶形螺丝（产品携带）将其紧固在管子上。
- 2、安装完成后从上向预留洞内浇入混凝土，压实抹平。

- 3、混凝土凝固后松开卡扣，取下“管道预留洞快速堵漏吊模”，并妥善保管以便重复使用。
- 4、由于模板与混凝土之间无铁丝预埋，混凝土稍凝固即可拆模。以加快施工进度。<sup>[1]</sup>

### 6 材料与设备

楼房管道预留洞封堵模板由模板及蝶形螺丝组合而成。



模板



蝶形螺丝

模板型号： $\phi 50\text{mm}$ （普通型，加宽型，偏口型）； $\phi 75\text{mm}$ （普通型，加宽型，偏口型）； $\phi 110\text{mm}$ （普通型，加宽型，偏口型）等。

### 7 效益分析

传统做法基本工艺流程为：

1）把大木板切割成小方块板，接下来在小方块板上开成和管道相同径的圆洞，圆洞开好后把小方木板割成两半，每半要打两个孔；

2）将加工好的模板拿到现场用铁丝穿起来，用老虎钳拧在预留洞上的钢筋上。<sup>[2]</sup>

采用楼房管道预留洞封堵模板与传统封堵方式对比如下：

|            | 采用楼房管道预留洞封堵模板                                                               | 传统封堵方式                                                                      |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 施工人数       | 仅需 1 人在楼下操作，轻松安装和拆模                                                         | 必须 2-3 人楼上楼下配合，进行安装和拆模。                                                     |
| 施工进度       | 完成一套安装仅需几秒钟，完成一户仅需几分钟                                                       | 安装一套至少需 5 分钟以上，装一户 1 小时以上。                                                  |
| 施工质量       | 产品型号规格设计标准合理（国标型号），施工面平整光洁无污染，无需后期清理凿磨。                                     | 传统封堵方式人工制作粗糙，施工面凸凹不平，混凝土出台，（突出楼板平面）漏浆，污染管道墙壁，需人工后期清理凿磨，稍有不慎即伤及管道。           |
| 防水性能       | 上下层之间无需铁丝连接，杜绝由此引起的渗水隐患                                                     | 上下层间必须以铁丝连接，拆模时机把握不好会引起铁丝松动，造成渗水隐患，若返工更为浪费人力物力。                             |
| 方便性        | 各种规格尺寸齐备，无需人工制模，方便施工，拿来即用。                                                  | 人工制模、安装、拆模复杂、繁琐、费时费力。                                                       |
| 经济性<br>效益性 | 产品价格低廉，节省大量人工开支，一次购买，反复使用，长期省钱。加快施工进度，提高施工质量，为企业带来经济效益和社会效益，增加企业在同行业中的竞争能力。 | 制作、安装、后期清理耗费大量人工开支，需施工方反复购买材料重复制作，浪费材料、施工进度缓慢，施工质量低劣。增加企业隐性成本，不利于提高企业市场竞争力。 |

### 结束语

本产品主要用于新建楼房管道预留洞的封堵。众所周知，建楼房的步骤是：先主体→后墙体→再安装管道。现在楼房的主体基本都是钢筋混凝土现浇而成，在未浇楼板混凝土之前就要在管道的位置放个东西，等到你混凝土凝固后，再把管道的位置上放的东西从楼板里取出来，这样就形成了管道预留洞，预留洞都是比实际管道要大，否则就无法安装管道，无法封堵，就会有渗水现象发生，一直以来对于预留洞的封堵都是件很麻烦的事情。

### [参考文献]

[1] 熊启东，李成芳，孔凡林．《旋挖成孔灌注桩施工质量控制技术探讨》．重庆市城乡建设委员会．2012

[2] 重庆市建设工程质量监督总站 重庆市建筑科学研究院 《旋挖成孔灌注桩工程技术规程》 重庆市住房和城乡建设委员会 2012

# 大庆徐深气田腐蚀监测技术现状及发展趋势

贺海军

大庆油田有限责任公司采油工程研究院, 黑龙江大庆 163453

DOI:10.33142/ec.vli1.19

**[摘要]** 大庆徐深气田产出井普遍含有 $\text{CO}_2$ , 而且差异较大。并且多数气井采用P110套管、N80油管光油管完井, 不具备防腐性能。腐蚀监测技术是掌握气井腐蚀状况的直接手段, 目前大庆徐深气田通过井口挂片法监测、井下挂片监测、极化曲线监测、电磁探伤等腐蚀监测技术对深层气井进行腐蚀监测, 并得到了准确的监测数据, 依据监测结果采取了相应的腐蚀防护措施, 并取得了较好的腐蚀监测效果。通过腐蚀监测的应用, 及新技术在腐蚀监测方面的应用, 大庆深层气田腐蚀监测技术测正逐步实现智能化、网络化的腐蚀监测, 进一步降低腐蚀监测周期, 得到精确的腐蚀监测数据。

**[关键词]** 徐深气田; 腐蚀监测; 智能化; 网络化; 发展趋势

大庆徐深气田位于松辽盆地北部深层气田是储量丰富的含 $\text{CO}_2$ 天然气气田, 在能源需求急剧增加的形势下, 松辽盆地北部深层气田的开发处于重要的战略地位。从目前所勘探情况来看, 松辽盆地北部深层气田具有埋藏深, 温度高、压力高的特点<sup>[1]</sup>, 同时天然气中的二氧化碳分压大多超过发生腐蚀的分压 $0.2\text{MPa}$ , 井液中含有一定量的氯离子, 使井下管柱处于严重腐蚀的环境。由于 $\text{CO}_2$ 、 $\text{Cl}^-$ 对金属材料的腐蚀以及采气系统的高温高压环境, 使得这种介质体系中的井下管柱和地面集输管线的腐蚀问题变得异常严重和复杂。由于严重的 $\text{CO}_2$ 腐蚀, X1井生成4年后报废; X2井生产不足三年就报废。 $\text{CO}_2$ 腐蚀给大庆徐深气田的开在增大了安全隐患, 并且增加了开发成本。掌握大庆徐深气田气井腐蚀规律, 并进行有效的腐蚀防护措施就势在必行。在腐蚀防护中, 腐蚀监测技术就显得尤为重要, 可以直接掌握气井的腐蚀状况, 为气井腐蚀安全评价及采取防腐有效措施提供了直接的数据支持。

## 1 徐深气田腐蚀监测技术及应用

目前大庆徐深气田主要的腐蚀监测技术有井口挂片法监测、井下挂片监测、极化曲线监测、电磁探伤等多种腐蚀监测方法, 并取得了客观的腐蚀监测数据。

### 1.1 井口腐蚀监测装置(见图1, 图2)

直接称量一段时间后金属的腐蚀增重或失重量。得到平均腐蚀和腐蚀形貌。无法实现连续监测, 人力投入多, 测量结果收测点选族偏差和操作技术人员差异影响。监测周期长, 需要数月甚至半年才能取出挂片或挂环称量得到一组数据, 当腐蚀速率较低或监测时间短时, 失重数据不太可靠。目前此项腐蚀监测技术已经完成40于井次的腐蚀监测。

**优点:** 不影响气井的正常生产。此种腐蚀监测装置可以同时进行J55、N80、镍磷镀、13Cr、P110等多种试片的腐蚀监测, 以及不同材料的电偶腐蚀监测。可以得到平局腐蚀速率, 并且可以对腐蚀形貌进行观察。

**缺点:** 腐蚀监测周期长, 一般在1个月, 如果腐蚀速率低, 则需要延长腐蚀监测周期。

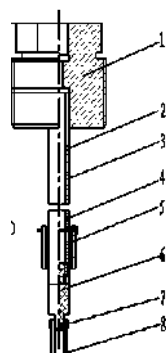


图1 井口挂片腐蚀监测



图2 X2井腐蚀监测

### 1.2 卡爪式腐蚀监测装置(见图3, 图4)

将试片安装在井下挂片监测装置内, 利用测试钢丝将本装置投送到预定位置后, 固定油管接箍处进行腐蚀监测。该装置结构简单、操作方便, 可实现不动管柱、不压井作业投捞, 不影响气井生产; 在监测腐蚀情况的同时, 可同步实现腐蚀监测位置的温度、压力测量, 全面准确获取腐蚀环境参数, 免去需另外下压力计测量压力、温度的工序, 节

约施工成本。

优点：可以实现井下任意位置的腐蚀监测，不影响注入井的正常注入。可以同时进行 J55、N80、镍磷镀、13Cr、P110 等多种试片的腐蚀监测，以及不同材料的电偶腐蚀监测。可以得到平局腐蚀速率，并且可以对腐蚀形貌进行观察。通过监测可得到井筒的腐蚀剖面。

缺点：腐蚀监测周期长，一般在 1 个月，如果腐蚀速率低，则需要延长腐蚀监测周期。每次投劳都需要带压钢丝作业。

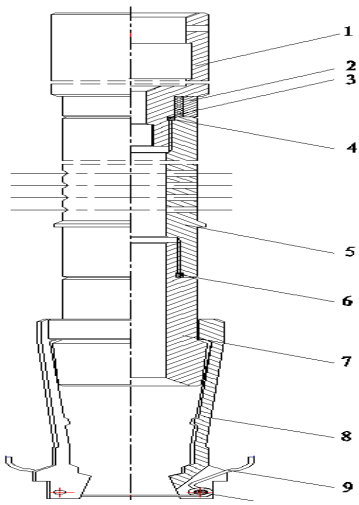


图 3 井下腐蚀监测装置

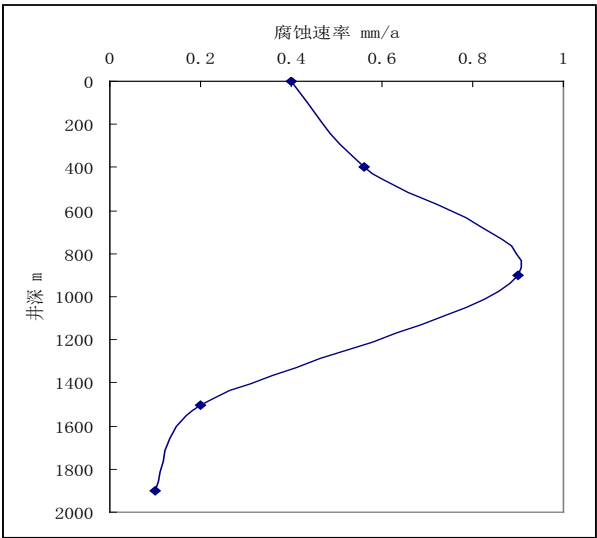


图 4 X3 井井下腐蚀监测

1.3 电磁探伤技术

利用电磁探伤技术测量全井油管内的变化，反映腐蚀状况，从而得出全井筒腐蚀剖面。该方法在 X4 井进行了现场试验，通过电磁探伤测试进行井筒腐蚀检测。测井资料分析结果认为：综合分析在 120m，210.5m，335.0m 附近的油管壁厚曲线有突变，表明油管损伤；500m 附近套管有损伤，表明在此井段可能存在腐蚀。

1.4 电极极化监测法（见图5、图6）<sup>[2]</sup>

利用电化学反应原理，通过测量腐蚀电流等进行腐蚀速率的测量。得到瞬时腐蚀速率。响应速度快，灵敏度高，分辨率高，很快得到数据（5-15 分钟），可直接测出腐蚀速率，在电解质环境中测值更准确。只能用于电解质环境，不适用于非电解质、多相或不连续的介质、含有附着性物质会覆盖电极的介质。

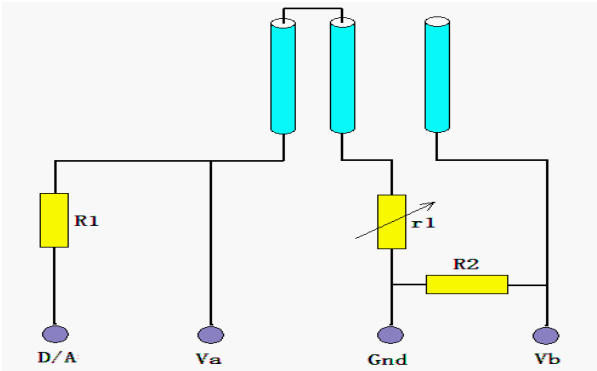


图 5 极化曲线法监测原理

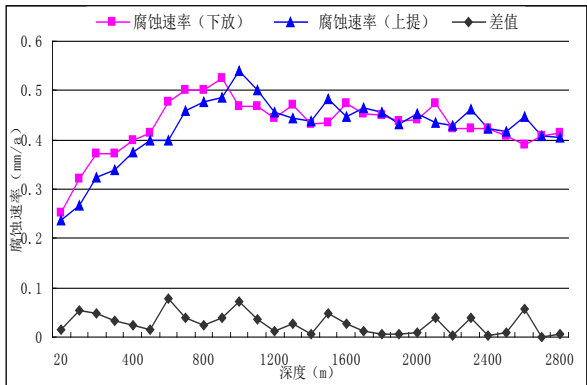


图 6 X5 井腐蚀监测剖面

1.5 电感腐蚀监测（见图7）

将一金属薄片置于探头外表面，通过测量探头内线圈磁阻信号的变化推算腐蚀速率。得到累积腐蚀。应用广，能够实现连续在线监测，适用于几乎所有的腐蚀介质，响应时间短（十几分钟至几十分钟），分辨率叫电阻探针高百倍以上。以金属损失为测量基础，对低腐蚀系统响应慢；由于腐蚀产物的堆积，有时得到的数据结果不准确。

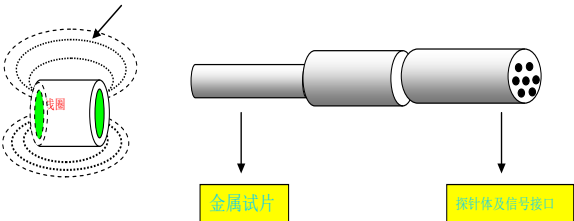


图 7 电感腐蚀监测原理

## 2 腐蚀监测发展趋势

目前, 腐蚀监测技术正朝着便携-智能化方向发展, 实时监测向在线监测发展, 进程局域网络监测向远程 internet 网络监测发展, 单一方法想多功能方法发展<sup>[3]</sup>。目前, 大庆徐深气田腐蚀监测技术通过挂片腐蚀监测已初步实现区块、气田腐蚀监测的网络化, 正从常规挂片腐蚀监测向电阻、电感等腐蚀监测方向发展, 并逐步实现腐蚀监测的局域网络。

### 2.1 腐蚀监测网的发展

目前, 大庆徐深气田已经实现所有气井的腐蚀监测, 初步形成腐蚀监测网, 通过某区块所有气井腐蚀监测, 以及地层水、天然气组分等进行监测, 及时掌握腐蚀环境的改变对腐蚀的影响, 并采取相应的腐蚀防护措施进行腐蚀防护。

### 2.2 腐蚀智能化的发展

目前, 大庆徐深气田腐蚀监测以井口挂片腐蚀监测为主, 但是此种腐蚀监测方法的监测周期较长, 不能进行实时在线监测。随着电感、电阻、极化曲线等腐蚀监测方法的应用, 电学腐蚀监测方法在今后的腐蚀监测中占有很大比例, 并通过及时采集数据实现实时在线腐蚀监测, 掌握气井的腐蚀状况。

### 2.3 腐蚀监测的网络化发展

随着电感、电阻、极化曲线等腐蚀监测技术以及网络技术的快速发展, 通过有线(或无线网络)在集气站便可以掌握气井腐蚀的实时在线腐蚀数据, 并将数据上传到内部局域网, 见图 8, 从而为技术人员提供某区块或单井的腐蚀监测数据。

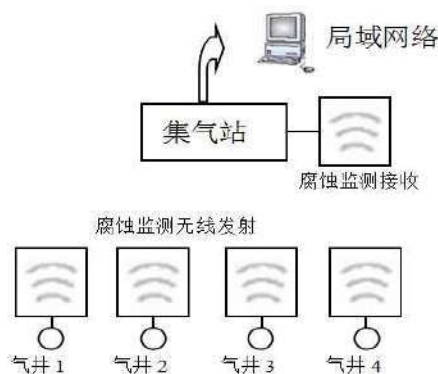


图 8 腐蚀监测网络化

## 3 结论

(1) 井口挂片腐蚀监测在徐深气田大规模应用, 并且电感、电阻、极化曲线等监测方法逐步增大比例。

(2) 通过单井的腐蚀监测技术, 并在气田建立有线(或无线)腐蚀监测网络, 在集气站实现腐蚀监测数据的采集, 并上传局域网。

### [参考文献]

- [1]. 贺海军, 高纯良, 石磊. 含  $\text{CO}_2$  气井井筒腐蚀速率预测模型 [J]. 大庆石油地质与开发, 2011.4 Vol.30 No.2
- [2]. 魏振禄. 徐深气田高含  $\text{CO}_2$  气井腐蚀监测与防护技术研究 [J]. 天然气安全环保技术研讨会. 石油学会. 2010
- [3]. 于涛. 腐蚀监测技术在常减压装置中的应用 [D]. 大庆石油学院工程硕士专业学位论文. 2008

作者简介: 贺海军, 1978 年出生, 男, 高级工程师, 大庆油田有限责任公司采油工程研究院, 从事气井完井、 $\text{CO}_2$  腐蚀防护工作。邮编: 163453 E-mail: hehj@petrochina.com.cn

## 后压浆钻孔灌注桩工程管理控制要点

李挺

建研凯勃建设工程咨询有限公司, 北京 100013

DOI:10.33142/ec.vli1.20

[摘要] 我项目部在项目经理的带领下针对本项目后压浆钻孔灌注桩工程, 结合相关国家规范和以往经验, 对混凝土灌注桩从定位、入岩深度、成孔、钢筋笼、混凝土浇筑、后压浆等方面提出了明确的管控要求, 对桩基工程进行严格管控, 以保证工程桩施工质量。

[关键词] 工程桩; 钻孔灌注桩; 后压浆; 沉渣厚度; 入岩深度

### 引言

济宁太白路万达广场项目是当地政府和万达集团合作开发的重点项目, 我做为第一批先遣队前往, 由于工期紧, 任务重初到济宁马上接手试桩的工作, 全程参与工程桩试桩的旁站验收和静载试验工作, 为设计单位提供真实可靠的桩基设计数据, 紧接着开始工程桩施工, 本项目主楼基础形式桩基筏板, 其中主楼包括七栋民宅, 两栋写字楼, 桩长 35m, 桩径 800mm, 单桩承载力特征值 4550kN, 单桩极限承载力标准值 9100kN, 持力层为第 15 层粉质粘土, 均采用后压浆钻孔灌注桩。

桩基工程因受岩土工程条件、基础与结构设计、桩土体系相互作用等影响, 具有不可控因素多、设计施工难度大、验收检测复杂等特点。同时, 桩基还具有高度隐蔽性, 质量问题发现难, 事故处理更难。而桩基工程质量问题直接危及主体结构的正常使用与安全<sup>[1]</sup>。因此, 我项目部在项目经理的带领下针对本项目后压浆钻孔灌注桩工程, 结合相关国家规范和以往经验, 对混凝土灌注桩从定位、入岩深度、成孔、钢筋笼、混凝土浇筑、后压浆等方面提出了明确的管控要求, 对桩基工程进行严格管控, 以保证工程桩施工质量。

本文仅将后压浆钻孔灌注桩质量管控的一些心得和大家分享, 并配有大量图片和表格供大家参考。

### 1 工程桩定位

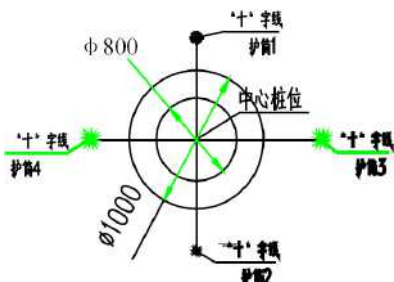
放线定位前, 在我项目部管理下, 总包组织桩基分包队伍相关人员进行放线定位准备工作, 从规划局给的原始基准点引出基桩轴线的控制点和水准点, 定位放线时, 施工单位采用全站仪用直角坐标放样法进行定位, 监理人员旁站见证并最终形成会签表。按照规范要求严格控制工程桩定位<sup>[2]</sup>。管控要点, 桩定位满足规范要求, 基准点设在不受施工影响的地方。并妥善保护, 定期复测。

表 5.1.4 灌注桩的平面位置和垂直度的允许偏差

| 序号 | 成孔方法        |                        | 桩径允许偏差 (mm) | 垂直度允许偏差 (%) | 桩位允许偏差 (mm)                |                     |
|----|-------------|------------------------|-------------|-------------|----------------------------|---------------------|
|    |             |                        |             |             | 1~3 根、单排桩基垂直于中心线方向和群桩基础的边桩 | 条形桩基沿中心线方向和群桩基础的中间桩 |
| 1  | 泥浆护壁<br>钻孔桩 | $D \leq 1000\text{mm}$ | $\pm 50$    | $< 1$       | $D/6$ , 且不大于 100           | $D/4$ , 且不大于 150    |
|    |             | $D > 1000\text{mm}$    | $\pm 50$    |             | $100+0.01H$                | $150+0.01H$         |

### 2 埋设护筒

为了保持孔壁稳定, 防止孔口坍塌, 桩孔位置宜埋设护筒, 护筒采用比钻孔桩直径大 20cm、厚度 5mm 的钢板制作而成, 长度为 1.5m, 高出地面 0.2。护筒采用挖埋法, 拴桩“十”字定位与桩中心重合。管控要点, 护筒埋设应准确稳定, 护筒与孔壁之间用粘土挤密夯实; 护筒中心与桩孔中心偏差不得大于 20mm。控制钻孔在桩中心位置。



护筒埋设及“十”字定位平面示意图

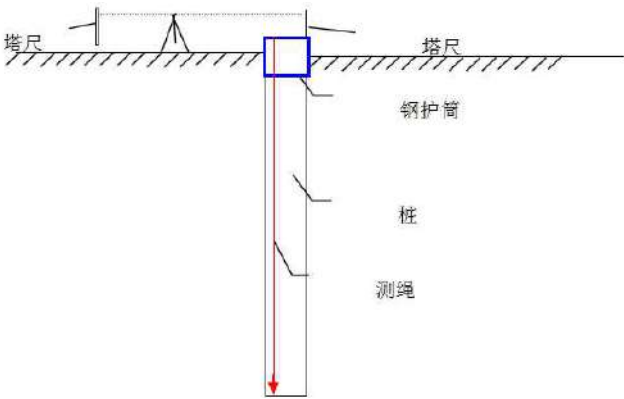
3 桩基垂直度

桩机就位后，场地必须平整稳固，确保在成孔过程中不发生倾斜和偏移；钻机就位垂直度控制措施：钻机顶部的滑轮槽钢丝绳中轴线、钻杆中心、桩孔中心（十字线中心交点）应在同一铅垂线上<sup>[3]</sup>。旋挖桩本身的电子控制铅垂系统，如下图。管控要点，定期用经纬仪对其垂直度现场复测，以保证旋挖钻杆垂直度允许偏差不大于 1%；



4 标高控制

用水准仪测量护筒上口高程，再用测绳测量桩孔的深度，计算桩底标高，标高测量如图所示。根据设计桩长对所有钻机的测绳进行了统一精确的标识，统一了测量成孔深度的节点长度为 40m；成孔深度测量具体步骤如下：首先将测绳缓慢放入桩孔内直至到达底部，然后对测绳位于护筒顶标高处的点与节点（40m 处）之间的距离进行实测，得出实测值 X，最后 40 - X 所得数值即为实际成孔深度。知道成孔深度和护筒顶标高就可以求得桩底标高了。



图三 标高测量图

控制要点，当土方未开挖到位，作业面高于桩顶标高时候，应设置吊筋，严格控制桩顶标高。将护筒顶标高与设计桩顶标高的差值标识在吊筋上，然后将吊筋末端卡在钢筋笼顶部加强筋（内环定位筋）上，在钢筋笼下落的过程中，当吊筋上的标识与护筒顶面重合时则说明已达到设计桩顶标高。同时吊筋的设置也能起到钢筋笼抗浮的作用<sup>[4]</sup>。

5 入岩深度

进入持力层起始点和完成点的岩样，必须留存封样，并经地勘单位验收签字确认

所有验收均有时间记录，监理人员全程旁站并留有影像资料。确保桩端进入持力层深度满足设计要求。管控要点：填写会签桩基进入持力层深度判定验收表并签名：

|                                                |                                          |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 楼号：                                            | 桩号：                                      |
| 施工钻机号：                                         | 施工日期：2012年      月      日                 |
| 成孔时间：                  时                  分    | 孔口高程：                                  M |
| 桩顶高程：                                  M       | 桩底高程：                                  M |
| 孔深：                                          M | 进入持力层标高：                          M      |
| 判定持力层岩性（层号）：                                   | 进入持力层深度：                          M      |
| 进入持力层起点样号：                                     | 进入持力层完成点样号：                              |

6 成孔

管控要点：1、对每根桩的桩径、孔深、泥浆比重、沉渣厚度进行全面控制并形成检查记录。2、当出现缩径或坍孔时，加大泥浆比重，以稳定孔壁。3、清孔过程中，应调小泥浆比重，不断置换泥浆，直至灌注水下混凝土；以防泥浆沉淀沉渣。4、沉渣厚度控制在 100mm 以内；5、灌注砼前对泥浆比重进行检测，严格控制泥浆比重符合规范要求的 1.15-1.2g/cm<sup>3</sup>；泥浆比重仪测量泥浆比重如图示。



7 混凝土灌注桩质量检验标准如下表；

表 5.6.4-2 混凝土灌注桩质量检验标准

| 项    | 序 | 检查项目          | 允许偏差或允许值                          |            | 检查方法                                  |
|------|---|---------------|-----------------------------------|------------|---------------------------------------|
|      |   |               | 单位                                | 数值         |                                       |
| 主控项目 | 1 | 桩位            | 见本规范表 5.1.4                       |            | 基坑开挖前量护筒，开挖后量桩中心                      |
|      | 2 | 孔深            | mm                                | +300       | 只深不浅，用重锤测，或测钻杆、套管长度，嵌岩桩应确保进入设计要求的嵌岩深度 |
| 项    | 序 | 检查项目          | 允许偏差或允许值                          |            | 检查方法                                  |
|      |   |               | 单位                                | 数值         |                                       |
| 主控项目 | 3 | 桩体质量检验        | 按基桩检测技术规范，如钻芯取样，大直径嵌岩桩应钻至桩尖下 50cm |            | 按基桩检测技术规范                             |
|      | 4 | 混凝土强度         | 设计要求                              |            | 试件报告或钻芯取样送检                           |
|      | 5 | 承载力           | 按基桩检测技术规范                         |            | 按基桩检测技术规范                             |
| 一般项目 | 1 | 垂直度           | 见本规范表 5.1.4                       |            | 测套管或钻杆，或用超声波探测，干施工时吊垂球                |
|      | 2 | 桩径            | 见本规范表 5.1.4                       |            | 井径仪或超声波检测，干施工时用钢尺量，人工挖孔桩不包括内衬厚度       |
|      | 3 | 泥浆比重(粘土或砂性土中) | 1.15~1.20                         |            | 用比重计测，清孔后在距孔底 50cm 处取样                |
|      | 4 | 泥浆面标高(高于地下水位) | m                                 | 0.5~1.0    | 目测                                    |
|      | 5 | 沉渣厚度：端承桩      | mm                                | ≤50        | 用沉渣仪或重锤测量                             |
|      |   | 摩擦桩           | mm                                | ≤150       |                                       |
|      | 6 | 混凝土坍落度：水下灌注   | mm                                | 160~220    | 坍落度仪                                  |
|      |   | 干施工           | mm                                | 70~100     |                                       |
|      | 7 | 钢筋笼安装深度       | mm                                | ±100       | 用钢尺量                                  |
|      | 8 | 混凝土充盈系数       | >1                                |            | 检查每根桩的实际灌注量                           |
|      | 9 | 桩顶标高          | mm                                | +30<br>-50 | 水准仪，需扣除桩顶浮浆层及劣质桩体                     |

8 钢筋笼

管控要点：1、严格控制钢筋笼的验收时间，晚上不予验收钢筋笼。验收时保证主控项目全部合格，一般项目满足规范要求。具体验收标准如下表；2、钢筋笼按照成品半成品分类堆放；3、钢筋笼移动一律采用吊运，避免托运导致的钢筋笼变形；4、对钢筋笼上下两节笼的焊接过程及焊接质量都要严格检查并留有影像资料<sup>[5]</sup>。

表 5.6.4-1 混凝土灌注桩钢筋笼质量检验标准(mm)

| 项    | 序 | 检查项目   | 允许偏差或允许值 | 检查方法 |
|------|---|--------|----------|------|
| 主控项目 | 1 | 主筋间距   | ±10      | 用钢尺量 |
|      | 2 | 长度     | ±100     | 用钢尺量 |
| 一般项目 | 1 | 钢筋材质检验 | 设计要求     | 抽样送检 |
|      | 2 | 箍筋间距   | ±20      | 用钢尺量 |
|      | 3 | 直径     | ±10      | 用钢尺量 |



对钢筋笼的加密区和箍筋间距实测



钢筋笼上下两节笼单面搭接焊验收

## 9 混凝土浇筑

管控要点: 1、成孔质量检验合格后立即灌注砼, 避免间隔时间过长沉渣; 2、砼罐车进场后的砼运输小票记录齐全; 3、对现场每根桩、每罐砼浇筑的开始时间及完成时间都有齐全的记录; 4、对砼的塌落度进行实测, 每个灌注台班留置一组试块。5、首批混凝土灌注后, 混凝土应连续灌注, 严禁中途停止, 以防断桩。



## 10 后压浆

后注浆是在灌注桩成桩后一定时间, 通过预设于桩身内的注浆导管及与之相连的桩端、桩侧注浆阀注入水泥浆, 使桩端、桩侧土体 (包括沉渣和泥皮) 得到加固, 从而提高单桩承载力, 减小沉降<sup>[6]</sup>。1、后压浆导管采用国标低压流体输送用焊接管, 并且用铁丝将压浆管与钢筋笼加劲筋进行绑扎; 2、按照设计要求, 采用桩端桩侧复式注浆; 3、注浆总量和注浆压力必须达到设计要求, 并留有影像资料 (包括压力表读数、水泥堆场等); 4、用于施工质量检验的仪表、器具的性能都经过相关检测部门的认证。5、压浆的桩应在混凝土灌注完成 2d ~ 30d 进行施工。如图所示后压浆水灰比标识牌, 根据后压浆搅拌桶的大小计算出水的高度以及水泥的用量, 达到设计配比水灰比。

以上是针对本项目后压浆泥浆护壁钻孔灌注桩监理质量管理的一些心得, 和大家交流学习, 不断提高我国桩基施工的质量管理水平。

## [参考文献]

- [1] 中建八局济宁万达项目部《济宁太白路万达广场施工组织设计》
- [2] 大连万达商业股份有限公司《项目地下四大块管理办法》
- [3] 大连万达商业股份有限公司《项目管控手册》
- [4] 建研凯勃万达项目部《万达桩基工程监理细则》
- [5] 中国建筑工业出版社《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202-2002
- [6] 中国建筑工业出版社《建筑地基基础设计规范》GB50007-2002

# 浅析旋挖桩施工技术

杜永纯

中国电子系统工程第二建设有限公司, 江苏无锡 214135

DOI:10.33142/ec.vli1.21

**[摘要]** 旋挖桩全称旋挖钻孔灌注桩, 是一种较先进的桩基施工工艺, 使用机械作业, 对工人人数要求不高, 具有施工机具简单, 施工安全性好, 节省人工费用等诸多优点, 我国是近几年才推广使用的, 广泛应用于我国的公路、铁路、桥梁和大型建筑的基础桩施工, 由于钻孔灌注桩的施工环节较多, 技术要求高, 工艺较复杂, 所以本文着重介绍了旋挖桩的施工工艺流程以及容易出现的质量问题, 以便更好地掌握此工艺。

**[关键词]** 旋挖桩; 工艺; 质量

## 前言

本文主要以重庆惠科金渝光电第 8.5+ 代薄膜晶体管液晶显示器件的桩基工程为例, 叙述旋挖桩的施工工艺。本专案主要包括主车间、研发楼、废水站的桩基工程, 总计 1805 根旋挖桩。桩径分别为 1 米、1.4 米、1.5 米、1.6 米和 2 米。结合勘察数据, 本地工程地质分布层为人工填土层、第四系残坡积层、泥岩或砂岩。

### 1 选择旋挖桩的原因

#### 1.1 施工速度快

由于向下旋挖的同时, 碎岩土可以存于钻头带有活门的钻筒, 并直接提出桩孔后弃土。旋挖钻机的成孔速度快, 与传统的循环钻机相比优势明显, 这样就有效地保证了工程的进度, 节省了工期, 减少了施工投入。本桩基工程在 42 天内完成, 而且是包括雨天在内。

#### 1.2 各项参数控制精准

桩机内配置的信息控制系统可以对桩孔的垂直度、深度、钻压、钻筒内装土量、机械运转情况等进行时时准确监控。

#### 1.3 成孔品质好

旋挖机靠筒底角刃切土, 孔壁粗糙, 桩体能和孔壁很好结合。无论对端承桩还是摩擦桩的承载力都有好处。

#### 1.4 施工方便, 使用范围广

桩机安拆方便, 且履带式桩机可以在比较复杂的地形上施工。桩基采用柴油发动机, 不受电源和电缆设置的影响; 桩机针对不同岩土层的硬度可以更换相应钻头, 由于采用动力头装置, 动力头的给进力加上钻杆的重量, 钻进能力强。除硬岩层、孤石层等, 基本满足施工遇到的地质层。

#### 1.5 环保、安全

施工中产生的噪音小, 没有废水产生或产生很少废水。旋挖桩施工时不需要电力, 所以没有用电的安全隐患。由于是桩机成孔, 更是大大提高了施工人员的安全系数。

## 2 施工准备

### 2.1 施工技术准备

2.1.1 熟悉图纸并准备图纸图纸准并完成图纸答疑工作。组织相关管理人员, 认真阅读熟悉图纸, 了解工程的施工难点以及在施工过程中需要采用的工艺技术。

#### 2.1.2 详细分析地勘报告

根据地勘报告, 认真分析地下岩土层分布情况, 针对容易出现的问题制定稳妥的对应措施。

#### 2.1.4 技术交底

施工前对工程施工人员进行分级技术交底, 使所有施工人员了解本工程的施工方法、施工中的重难点、施工工艺等。

### 2.2 现场准备

#### 2.2.1 建立测量控制网

根据业主提供的水平点及建筑红线, 建立施工区内高程和平面控制网, 作好控制网的保护工作, 并在此控制网的基础上进行工程桩定位放线等工作。

#### 2.2.2 施工机械准备

施工前组织机械设备提前进场, 并组织机修人员对进场的机械设备加紧安装调试, 使设备尽快运转起来, 为现场施工生产提供条件。

#### 2.2.3 试验检测准备

为保证所有进场材料达到合格标准及相关的技术性能，必须加强材料的进场检验，达到相关的使用性能。

3 旋挖桩施工

3.1 旋挖桩干孔施工程序

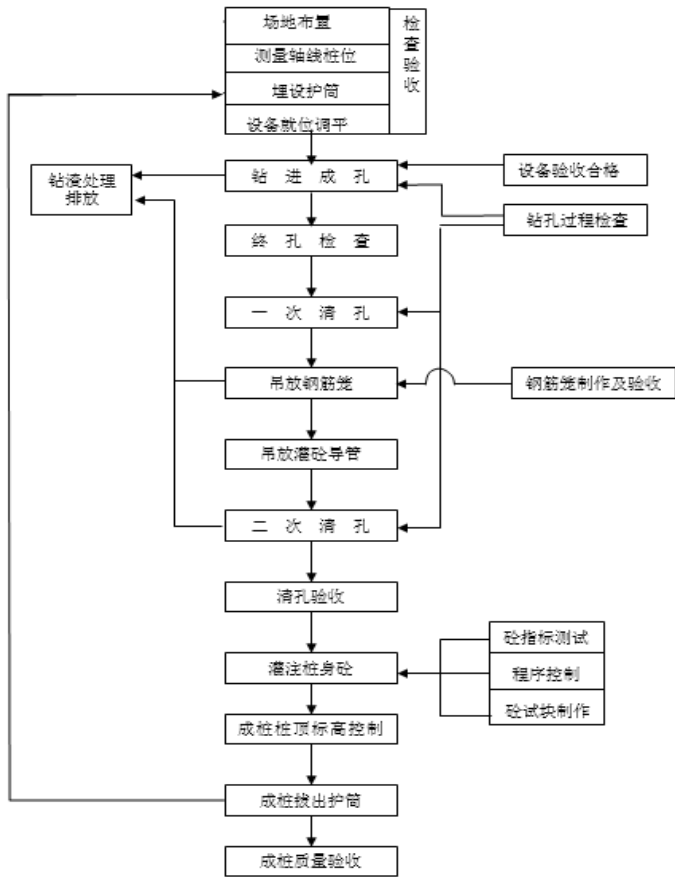


表 1 施工程序表

3.2 施工工艺

3.2.1 现场场地平整、临时交通、堆场、临时建筑等做好相应规划。

3.2.2 桩位测量。场地平整完毕，依据设计桩位平面图及场地有关测量资料，用经纬仪、钢卷尺和水平仪测量场地基线和基准点；测量桩位线，测定桩的位置、桩位地面标高。根据需要，可以适当补充测量控制点。各控制点应进行闭合复核，误差不超过 5mm。在测定的桩位点，打入铁质标志桩，露出地面 60~100mm，并贴上桩的信息参数牌。测量桩孔的中心位置偏差不大于 5mm。

3.2.3 护筒的制作和埋设。孔口护筒起导正钻具、控制桩位、保护孔口、隔离地表水渗漏、防止地表杂填土坍塌、保持孔内水头高度及固定钢筋笼等作用。护筒内径一般比设计桩孔直径大 100~200mm。护筒是要反复回收使用的设施，在材料的选用和结构设计上要求有一定的强度和刚度，不易损坏变形，便于运输、安装、埋设和起拔拆卸。常用的护筒多为钢板护筒，用 6mm 左右钢板卷制，两侧设置两个起拔吊环，上部设置一个进出水口，面积 30cm×40cm。

护筒埋设的好坏，对成孔和成桩的质量有很大影响。护筒埋设位置不正，护筒中心轴线与桩位点偏差过大，埋设不当使护筒发生倾斜，都会使实际桩孔位置偏离桩位或产生孔斜。此外，护筒底部漏失，造成冲洗液顺护筒外壁上冒或向孔壁松土层渗漏，引起孔内水头高度跌落，底口处孔壁垮塌。护筒埋设过浅，则不能有效隔离地表水和填土层；埋设过深，则给起拔造成困难，甚至无法拔起，造成损失。所以，认真埋设好护筒，是钻孔桩施工的重要环节。每节护筒长度在 1.5~2.0m 之间，护筒基坑的深度要比埋设的护筒长度深 400~500mm，坑径比护筒外径大 20~50mm。护筒放入坑内前，在坑内填筑 400~500mm 厚的粘土层，然后放入护筒，对正位置。一般要求深挖换土，使护筒底口坐实，护筒外用土填实，遇有地下障碍物，应先行迁移、清除，用土回填平整后再填设护筒。如场地条件好，地层稳定护筒也可直接埋入所挖坑中，外围用土填实。护筒埋置时，由测量监测：做到护筒中心与桩位中心重合，其偏差≤50mm，并将桩位中心以十字叉用油漆标定在护筒上，以指示钻机安装定位；护筒埋置是否垂直，护筒埋设垂直度≤1%。

3.2.4 设备就位调平

严格按照安装规程进行设备安装，钻机必须调平、稳固，其主动轴轴心线与桩位中心偏差不得大于 20mm，钻架天车中心、转盘中心、护筒中心，必须三点一线。设备调平后进行检查验收工作。

3.2.5 旋挖钻进成孔。

(1) 开始钻进时，进尺要适当控制，在护筒刃脚处应低档慢速钻进，确保刃脚有坚固的泥皮护壁，钻至刃脚下 1.0m 后，可按土质情况以正常速度钻进。在人工回填土层钻进时，要低档慢速，防止坍孔。钻进过程中注意事项：在钻进

过程中应经常注意土层变化,每进尺 2m 或在土层变化处捞取渣样,判断土层,记入钻孔桩记录表并与地质柱状图核对。钻进作业必须保持连续性,升降钻机钻头时要平稳,不得碰撞护筒或孔壁。

(2) 钻进过程中,采用连续性筒式取土钻进。

(3) 每钻进 4~5m 深度验一次孔,终孔时用测绳铅锤检验。

(4) 进入基岩,每钻进 0.5m~1m 应清孔取样一次,以备终孔验收。

(5) 钻进持力层时,先关人员现场取样验证,确认后进入嵌岩钻进,嵌岩钻进到设计要求时,再次验收,经验收合格后方可终孔。根据本场区的地层特点合理采用钻进方法,采用不同的钻进参数合理快速成孔。钻孔过程中的岩土及时装车外运到指定的堆土场。

3.2.6 一次清孔。钻进到位后进行多次打捞清除孔底渣土。清孔结束进行成孔验收,验收合格后方可进入下一道工序施工。

3.2.7 钢筋笼制作、吊装和声测管的制作安装。钢筋笼按照图纸及规范要求滚筒架上进行加工,并做好验收工作。钢筋笼的堆放及运输时应做好成品保护工作。不同钢筋笼应悬挂信息标示牌,以防用错钢筋笼。钢筋笼的吊放可设双吊点或单吊点,吊点位置应恰当,一般应在加劲箍筋处。钢筋笼顶吊放至设计标高后,用 2 根  $\phi 8$  钢筋作吊筋,将钢筋笼悬吊于孔中,孔口用两根钢管固定。钢筋笼制作完成合格时应进行声测管的施工工序。根据桩的不同直径布置声测管根数。当桩径不大于 800mm 时,声测管数量不应少于两根;当桩径大于 800mm 且不大于 2000mm 时,声测管数量不应少于三根;当桩径大于 2000mm 时,声测管数量不应少于四根。声测管宜采用专用金属声测管,其内径宜为 50~60mm,管的接长不宜采用焊接连接。安装声测管时,声测管应牢固固定在钢筋笼的内侧,呈对称形状布置,且互相平行,并与桩横截面垂直,定位准确;管底应封闭,并与钢筋笼底端齐平,管口应加盖,各声测管口高度宜一致,且宜高出桩顶面 300mm 以上,并可按正北方向顺时针旋转依次编号。声测管底部距桩底距离根据检查设备性能确定。一般不大于 100mm,否则不能有效检测到桩底沉渣厚度。

3.2.8 导管接头宜采用双螺纹方扣快速接头,导管接头处外径应至少比钢筋笼内径小 100mm;对于直径大于 800mm 的桩,导管壁厚不宜小于 3mm,导管直径不宜小于 300mm;底管长度不宜小于 4m;整套导管在使用前应进行试压试验,试水压力可取为 0.6~1.0MPa;导管应居中下放,导管连接处应安装密封橡胶圈,保证导管密封性;导管上口设置一漏斗,漏斗下端可焊接不长于 0.5m 的导管,以便漏斗与导管连接在一体。导管下入孔中的深度必须严格测量,以便掌握管底口到孔底的距离。导管提升时,不得挂住钢筋笼。

3.2.9 二次清孔。浇灌砼前用测绳进行二次测量孔深,如发现孔底有沉渣(虚土)存在,超过规范允许的 5cm,则需要将钢筋笼及导管提出钻孔,用清孔钻头进行二次清孔,只到孔底沉渣(虚土)的厚度小于规范允许的范围为止。清孔完成后重新迅速下放钢筋笼及导管。

#### 3.2.10 混凝土浇筑

(1) 砼采用甲控品牌商品砼,桩砼强度等级 C30,砼坍落度宜控制在 180~220mm 之间。

(2) 首批灌注砼的数量应能满足导管下口距孔底不宜大于 2m,导管初次埋置深度( $\geq 2m$ )和填充导管底部间隙的需要,并形成混凝土、泥浆界面,使泥浆与混凝土分隔开来。<sup>[1]</sup>

(3) 灌注水下混凝土过程中,孔内混凝土面连续不断上升,导管埋深也在不断增加,需要定时测量混凝土上升情况,记下灌入的混凝土量。灌注桩顶以下 5.0m 范围内混凝土时,应保持在灌注时使用插入式振捣器振实,每次灌注高度不得大于 1.5m。混凝土面的标高采用测绳及测锤测量,测量时,在导管与钢筋笼的中间部位下放测锤,测 3~4 个点,记入灌注记录本,然后取平均值,以此确定导管拆卸的数量。

(4) 为确保桩顶标高及桩顶混凝土强度达到设计要求,本工程桩顶浇灌面标高比设计桩顶标高高出 800mm,此部位含泥量大,旋挖桩完成后凿除掉。当混凝土灌注方量接近预估方量时,采用锥形探测锤进行探测,以控制超灌高度。

3.2.11 桩身浇筑完成后,拔出护筒,但拔出护筒时尽量减少对桩身的扰动。

3.2.12 桩身混凝土达到龄期后进行相关检测。检测前应在桩顶悬挂旋挖桩的参数信息牌。以防群桩检测作业时,信息错误。

### 4 质量控制

#### 4.1 质量控制点

4.1.1 定位控制

4.1.2 成孔质量控制

4.1.3 入岩深度控制

4.1.4 钢筋笼质量控制

4.1.5 桩底沉渣厚度控制

4.1.6 桩身混凝土质量控制

4.1.7 桩顶标高控制

4.1.8 桩的施工顺序控制

#### 4.2 质量控制措施

4.2.1 场地平整完毕,根据图纸测放轴线及桩位坐标。测设完毕在轴线和桩位处挂标志牌。复测及验收合格后进行下道工序。

4.2.2 护筒埋设位置、标准确,并由专人复核并验收合格,然后在护筒外侧设标志牌。

4.2.3 桩机就位调平和钻孔过程由专人指挥，确保下钻准确。钻孔过程中发现特殊岩土或塌孔等问题，应由地勘专业人员进行判定，并由施工方制定针对措施，确定调整相应的钻机参数或施工方法。钻孔过程要对桩径、垂直度和其它出现的问题进行监控。成孔后由相关人员验收合格后进行下道工序。

4.2.4 桩基施工前结合图纸和地勘报告等资料预判入岩深度位置。并由地勘专业人员现场配合判断持力层岩土深度位置。确保嵌岩深度满足设计要求。

4.2.5 成孔完成后进行沉渣厚度测量，沉渣厚度不能满足要求，要进行清渣处理。如沉渣厚度满足要求应及时进行钢筋吊装。并进行二次沉渣厚度测量，沉渣厚度不能满足要求，要重新进行清渣处理，如沉渣厚度满足要求应及时进行混凝土浇筑工作。避免因长时间放置，孔壁岩土脱落到孔底造成沉渣厚度超标。

4.2.6 桩身混凝土浇筑前，应按要求放置导管并预估首灌混凝土的方量，确保导管埋入混凝土不小于2米。混凝土浇筑过程中始终保持导管埋入混凝土不小于2米。灌注桩顶以下5.0m范围内混凝土时，应保持在灌注时使用插入式振捣器振实，每次灌注高度不得大于1.5m。

4.2.7 桩顶混凝土应结合护筒标高进行控制。桩顶宜超灌0.3m以上。本桩基工程超灌0.8米，因为超灌混凝土内含泥量很大，凿除后能够保证桩头质量。<sup>[2]</sup>

4.2.8 不同桩径施工时应先施工大桩后施工小桩，并确保桩间距不小于相邻大桩的4倍直径或最小间隔时间不应小于36小时。同一工程存在不同长度桩长时应先施工长桩后施工短桩；桩长相同但因岩层分部不均造成桩长不一致时，应根据图纸和地勘报告进行预判桩的长度，然后按照先长后短进行施工。相邻桩底部刚度角不宜大于45度。确保相邻桩底端岩层受力后能很好的传递上部压力。

5 现场施工工艺图



图 1 场地平整



图 2 轴线、桩位测量



图 3 埋设护筒



图 4 桩机调整就位



图 5 钻进成孔



图 6 终孔检查



图 7 一次清孔



图 8 钢筋笼加工



图 9 钢筋笼吊装



图 10 二次清孔



图 11 沉渣检测



图 12 导管、斗安装



图 13 混凝土浇筑



图 14 吊出漏斗



图 15 检查验收完成

## 6 结语

旋挖钻钻孔灌注桩有许多优点，但由于施工环节多，工艺复杂，成桩质量有可能受到多种因素的干扰和制约，严重时会导致桩身承载力的明显降低，甚至造成病桩、断桩等重大质量事故。为了确保成桩质量和桩基工程的安全，必须对钻孔灌注桩的施工全过程进行严格的质量控制和检测，发现问题及时采取措施予以补救。由于旋挖桩适用于各种复杂的地质条件。也具有环保性能优越、成孔质量理想、施工效率高等特点，在现代桥梁、建筑工程项目建设中深受工程设计和施工单位的欢迎。在旋挖桩施工中受到各类主客观因素的影响，会导致各类技术问题的普遍存在，所以必须严格把握其技术要点。本文根据自身工作经验对此施工工艺及容易出现的质量问题进行总结，以此供参考交流。

### [参考文献]

- 
- [1] 黎中银，焦生杰，吴方晓．《旋挖钻机与施工技术》．北京：人民交通出版社．2010
  - [2] 住房和城乡建设部．《JGJ94-2008 建筑桩基技术规范》．2008

# 碳钢与13Cr钢的电偶腐蚀及缓蚀剂防护

贺海军

大庆油田有限责任公司采油工程研究院, 黑龙江大庆 163453

DOI:10.33142/ec.vli1.22

**[摘要]** 针对大庆徐深气田气井完井中套管采用P110钢和13Cr-P110钢两种钢材偶接的情况, 采用挂片失重法研究两种钢材在气田产出水中的电偶腐蚀, 并研究了缓蚀剂对电偶腐蚀的防护作用。实验表明: 两种钢材偶接后,  $\text{CO}_2$ 分压为0.6MPa, 温度为60℃条件下P110钢的腐蚀速率显著升高, 电偶腐蚀速率为2.07mm/a, 表现显著的电偶腐蚀效应, 而温度为130℃条件下P110钢的没有明显的电偶腐蚀效应; 选择某种缓蚀剂对电偶腐蚀进行防护研究, 60℃条件下电偶腐蚀速率为0.52mm/a, 缓蚀剂对电偶腐蚀的缓蚀效果为85%, 缓蚀剂也是电偶腐蚀防护的有效方法。

**[关键词]** 徐深气田; 电偶腐蚀; 腐蚀速率; 缓蚀率; P110钢; 13Cr-P110钢

徐深气田具有井深、高温、高压、高含 $\text{CO}_2$ 的特点, 气田开发过程中, 完井管柱面临着严重的 $\text{CO}_2$ 腐蚀<sup>[1,2]</sup>。为达到腐蚀防护的目的并降低完井成本, 采用了套管组配的完井方式。如徐深21-2井, 封隔器座封井段及以下用13Cr-P110防腐套管, 上部用普通碳钢P110套管, 用13Cr-P110钢油管及封隔器进行完井, 油套环空加入防腐液进行防腐。两种管材在相同电解质内的电偶序不同, 偶接后产生电位差, 加速普通碳钢的腐蚀<sup>[3,4]</sup>。文章针对大庆徐深气田P110钢和13Cr-P110钢在腐蚀溶液中的电偶腐蚀进行了实验研究, 并进行了电偶腐蚀缓蚀剂防护技术的研究。

## 1 腐蚀实验

### 1.1 实验方法

腐蚀试验方法参照中国石油天然气行业标准(SY/T5237), 采用静态挂片失重法。实验前挂片分别用360#和800#砂纸逐级打磨, 去离子水清洗, 丙酮除油, 酒精除水, 干燥后称重并测量挂片的尺寸。将两种挂片进行偶接形成电偶, 固定在夹具上, 加入腐蚀介质, 密封高压釜, 通入高纯 $\text{N}_2$ 对实验介质和高压釜进行除氧4h。对高压釜加热, 待温度升至实验要求的温度后通入 $\text{CO}_2$ 气体至实验要求的压力, 记录时间开始实验。实验时间到达实验周期后, 取出试样, 1个挂片用于形貌分析, 其他挂片除去腐蚀产物膜, 除水、干燥、称重, 计算腐蚀速率

### 1.2 实验材料及条件

挂片材料为徐深气田常用套管材料P110钢和13Cr-P110钢, 实验介质为气田产出水模拟溶液, 溶液组成见表1。在 $\text{CO}_2$ 分压为0.6MPa, 温度分别为80℃和130℃的条件下完成实验, 实验周期为7天。

表1 实验介质组成

| $\text{HCO}_3^-$<br>mg/L | $\text{Cl}^-$<br>mg/L | $\text{SO}_4^{2-}$<br>mg/L | $\text{Ca}^{2+}$<br>mg/L | $\text{Mg}^{2+}$<br>mg/L | $\text{Na}^+$<br>mg/L | TDS<br>mg/L |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| 2190.725                 | 874.67                | 0.96                       | 79.27                    | 209.0375                 | 976.72                | 4421.9875   |

## 2、实验结果与分析

将P110钢和13Cr-P110钢未偶接和偶接的情况下, 在高温高压反应釜内完成实验, 实验结果见表2。

表2 腐蚀实验结果

| 材质        | 偶接情况 | 温度<br>℃ | 分压<br>MPa | 腐蚀速率<br>mm/a | 电偶腐蚀速率<br>mm/a |
|-----------|------|---------|-----------|--------------|----------------|
| P110      | 未偶接  | 80      | 0.6       | 1.76         | —              |
| P110      | 未偶接  | 130     | 0.6       | 0.19         | —              |
| P110      | 偶接   | 80      | 0.6       | 3.83         | 2.07           |
| P110      | 偶接   | 130     | 0.6       | 0.16         | -0.03          |
| 13Cr-P110 | 偶接   | 80      | 0.6       | 0.02         | —              |
| 13Cr-P110 | 偶接   | 130     | 0.6       | 0.01         | —              |

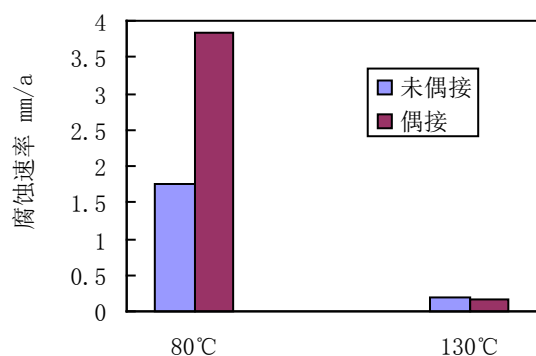


图1 P110 偶接与未偶接腐蚀速率对比

P110 钢和 13Cr-P110 钢在未偶接的情况下，P110 钢在温度为 80℃ 时的腐蚀速率为 1.76mm/a，大于温度为 130℃ 时的腐蚀速率 0.19mm/a。从腐蚀速率来看，80℃ 时比 130℃ 时腐蚀严重。

图 2 是 P110 钢在温度为 80℃、130℃ 的条件下 SEM 照片，温度为 80℃ 时，腐蚀产物颗粒较大，颗粒之间存在缝隙，容易引起局部腐蚀，腐蚀产物膜对 P110 钢基体的保护性较差。温度为 130℃ 时，腐蚀产物颗粒较小，并且腐蚀产物膜致密，腐蚀产物膜对 P110 钢基体的保护性较好，导致 130℃ 的条件下 P110 钢的腐蚀速率较低。

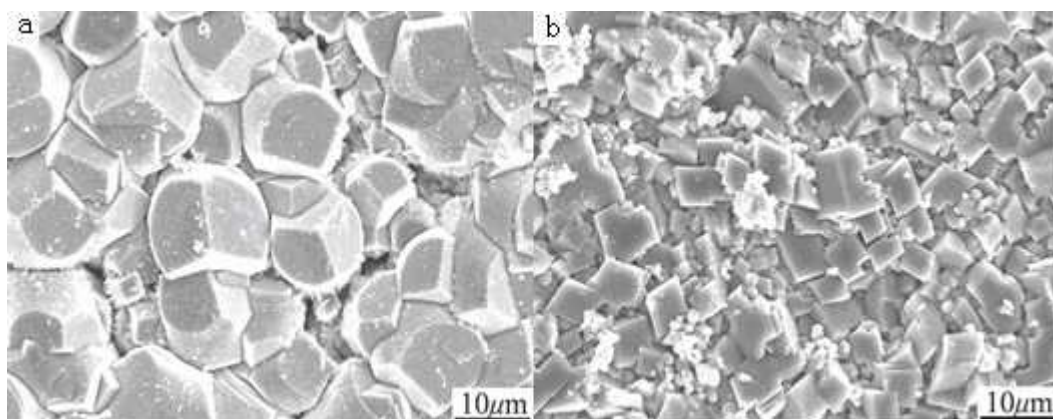


图2 P110 微观腐蚀形貌 (a:80℃ , 0.6MPa; b:130℃ , 0.6MPa )

P110 钢和 13Cr-P110 钢偶接的情况下，在温度为 80℃ 的条件下 P110 钢平均腐蚀速率为 3.83mm/a，电偶腐蚀速率为 2.07mm/a，表现出显著的电偶腐蚀效应。而温度为 130℃ 的条件下 P110 钢偶接前后的腐蚀速率基本一致，未表现出显著的电偶腐蚀效应。

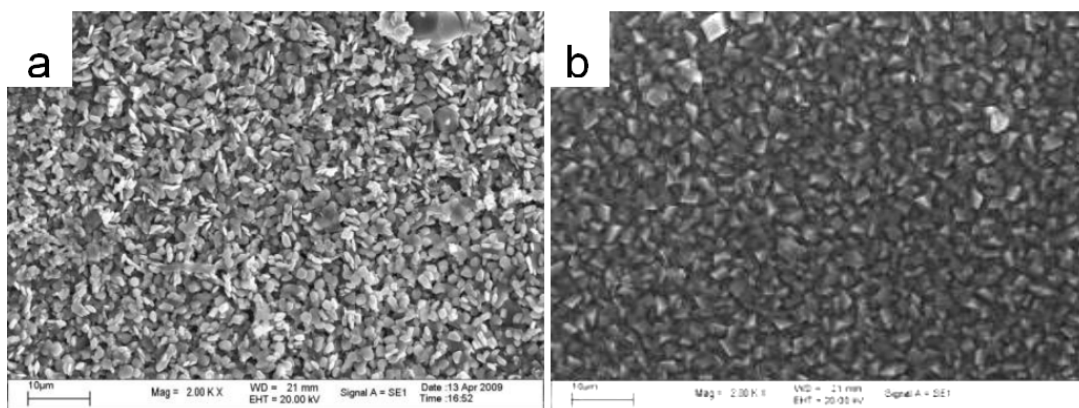


图3 P110 电偶腐蚀微观形貌 (a: 80℃ , b:130℃ )

图 3 是 P110 钢在温度为 80℃、130℃ 的条件下电偶腐蚀的 SEM 照片，温度为 80℃ 时，腐蚀产物膜疏松，对基体的保护性差；温度为 130℃ 时，腐蚀产物膜致密，对基体的保护性好。P110 钢表面腐蚀产物膜的致密性是导致 130℃ 是电偶腐蚀效应小的主要原因。

### 3 电偶腐蚀缓蚀剂防护

从改变金属表面状态来看，缓蚀剂分为两类：成膜型缓蚀剂和吸附性缓蚀剂。而油气田常用的缓蚀剂主要是吸附型缓蚀剂<sup>[4,5]</sup>。金属表面状态及表面过剩电荷能显著地影响金属表面上的吸附行为，偶合金属阴阳极区的表面过剩电荷与单独金属表面过剩电荷有显著的差异，也极大地影响了缓蚀剂分子在其表面的吸附行为<sup>[6]</sup>。

选择气田常用缓蚀剂，温度为 80℃、CO<sub>2</sub> 为 0.6MPa 时的电偶腐蚀进行缓蚀剂防护研究。在 P110 钢与 13Cr-P110 钢

未偶接和偶接的情况下进行缓蚀剂防护实验，实验结果见表 3。

表 3 80℃，0.6MPa CO<sub>2</sub><sup>+</sup> 缓蚀剂条件下的电偶腐蚀

| 偶接           | 缓蚀剂 | 偶接腐蚀速率<br>mm/a | 未偶接腐蚀速率<br>mm/a | 电偶效应<br>mm/a | 无电偶<br>缓蚀效率<br>% | 电偶腐蚀<br>缓蚀效率<br>% |
|--------------|-----|----------------|-----------------|--------------|------------------|-------------------|
| P110 (-13Cr) | A   | 0.90           | 0.38            | 0.52         | 77%              | 85%               |
| P110 (-13Cr) | B   | 1.35           | 0.51            | 0.84         | 71%              | 65%               |

表 3，P110 钢与 13Cr 钢-P110 在未偶接、偶接情况下进行的两种缓蚀防护实验，从缓蚀率来看，缓蚀剂 A 均优于缓蚀剂 B。在缓蚀剂 A 作用下，P110 钢与 13Cr-P10 钢未偶接的情况下，P110 钢的缓蚀率为 77%；P110 钢与 13Cr-P110 钢偶接后，P110 钢的缓蚀率为 85%；P110 钢与 13Cr-P110 钢偶接，电偶效应从 2.07mm/a 降到 0.52mm/a。实验表明：在缓蚀剂的作用下，电偶腐蚀作用依然存在，但有所降低，缓蚀剂 A 对点偶腐蚀有明显的缓蚀作用。

4 结论

通过对 P110 钢和 13Cr-P10 钢的电偶腐蚀实验、缓蚀实验研究表明：

P110 钢和 13Cr-P10 钢偶接，存在电偶腐蚀作用，在温度为 80℃、CO<sub>2</sub> 为 0.6MPa 的条件电偶腐蚀作用比较严重；在温度为 130℃、CO<sub>2</sub> 为 0.6MPa 条件下的电偶腐蚀作用比较轻微；

在缓蚀剂 A 和 B 的作用下，P110 钢与 13Cr-P110 钢偶接，依然存在电偶腐蚀作用，但缓蚀剂对电偶腐蚀有一定的抑制作用。选择恰当的缓蚀剂对点偶腐蚀有很好的抑制作用。

[参考文献]

[1] 马文海，裴晓含，高飞等. N80 钢在模拟深层气井水溶液中的 CO<sub>2</sub> 腐蚀行为 [J]. 中国腐蚀与防护学报. 2007, 27(01):8 ~ 13

[2] 钢振宝，刘伟，卫秀芬等. 大庆油田深层气井 CO<sub>2</sub> 腐蚀规律及防腐对策. 大庆石油地质与开发. 2007, 26(3):95 ~ 99

[3] 舒福昌. 13Cr-L-8- 钢和 N80 钢的电偶腐蚀及缓蚀剂研究 [J]. 腐蚀与防护. 2007, 28(2):70 ~ 72

[4] 曹楚南. 腐蚀电化学 [M]. 北京：化学工业出版社，1994:46 ~ 51

[5] 杜海燕，韩阆俐，路民旭等. 抗 CO<sub>2</sub> 腐蚀油气井缓蚀剂的研究与应用 [J]. 表面技术. 2006, 35(1):77 ~ 79

[6] 艾俊哲. 二氧化碳环境中缓蚀剂抑制电偶腐蚀机理研究 [J]. 华中科技大学博士学位论文. 2006. 4

作者简介：贺海军，1978 年出生，男，高级工程师，大庆油田有限责任公司采油工程研究院，从事气井完井、CO<sub>2</sub> 腐蚀防护工作。邮编：163453 E-mail: hehj@petrochina.com.cn

# 公路桥梁工程施工安全管理

谢贞洪

中铁二十三局集团第二工程有限公司, 黑龙江齐齐哈尔 161000

DOI:10.33142/ec.vli1.23

[摘要] 随着我国高速公路建设规模的逐年扩大, 公路运输能力也不断提高, 公路通车里程迅速增多, 桥梁数量也随之增加。桥梁施工管理的质量、安全问题是工程建设中最让人关心的问题。本文主要针对在公路桥梁的施工中如何实现安全施工, 保证工程进度顺利开展的问题做了详细分析, 并提出了相应的解决办法。

[关键词] 公路桥梁; 工程施工; 安全管理; 初探

## 引言

要树立“预防为主, 安全施工”的思想观念, 增强防范意识。作为企业的管理者、项目经理、作业人员等都应该认真学习安全管理知识, 懂得防微杜渐, 明白安防的重要性。只有坚持这个观念, 用高度的责任感和责任心去做好各项份内之事, 才能使全员提高安全防范意识, 确保施工的顺利进行。用科学的方法组织施工, 遵守施工安全规程和标准, 对施工现场组织的行为规范加以约束, 这是抓好施工现场安全管理的关键。还有必须对具有可预见性的事故及时协调处理, 定期安全检查, 整改隐患, 将不完善的技术方案、不成熟的安全事故扼杀在摇篮里。

### 1 路桥工程施工安全管理现状出现的问题

在面对路桥施工安全事件频发的防范中, 施工安全管理就变得尤为重要。但是各地路桥施工安全事故还是频发, 这对施工安全管理的现状提出了质疑。而实际上路桥工程施工安全管理现状确实存在许多的弊病和问题<sup>[1]</sup>。

#### 1.1 安全生产管理人员的职位模糊

安全生产管理人员对于路桥工程施工过程中的安全施工起着巨大作用。但是许多工程项目中的安全生产管理人员的职权都十分的模糊, 没有一个准确的定位。这就导致在施工中作业人员不听从安全管理人员的管理, 其职权很难发生相应的作用<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 没有特定的安全管理部门

路桥工程施工建设中人员的安全管理大都是由项目部和人力部进行分担管理的, 很难出现设有专门的安全管理部门。这样就导致分担安全管理的部门害怕出现施工意外, 安全事故的发生而进行消极管理。在安全事故发生后, 都推卸其责任, 引起更多的纠纷, 导致施工工地发生二次安全隐患<sup>[3]</sup>。并且这些部门主要是对工程项目, 和人力资源相关, 里面的从业人员大多也都是临时兼职的员工, 更加负担不起安全事故的责任, 并且对安全管理也没有经验。

#### 1.3 安全规章制度的缺陷

现大多路工程施工过程中的安全制度都是一直沿用以前的, 对于科技的发展, 路桥施工逐渐困难, 没有更新相应的更加全面的安全制度都导致作业人员面对高技术、高风险作业时全凭经验。而且一般的工程只将安全制度贴在施工进出口, 没有广泛的宣传, 使得大部分施工人员都将其忽视<sup>[4]</sup>。

#### 1.4 技术设备的更新

路桥施工的发展也带动了其机械设备的发展。新型的机械设备投入使用, 存在一定的技术难点与盲点。没有专业的针对性操作人员, 就造成操作人员的不熟练, 欠缺指导性和可操作性。

#### 1.5 施工人员的混杂

农民工是路桥工程施工的主要劳动体, 其素质和专业人员相差较大。在施工过程中极易发生不听指挥, 不受管理的现象。这样对施工的秩序造成严重影响, 使安全生产建设无法顺利进行。

### 2 加强路桥施工安全管理的对策

随着我国公路建设的快速发展, 加之城市建设的快速进程, 桥梁的建设也越来越广泛。然而由于我国地质形态复杂, 再加上气候, 工艺, 技术水平, 原材料等多方面主客观的影响, 使得我国公路桥梁的建设遇到了很多问题。然而, 公路桥梁的施工过程又是必须得到保障的重要环节, 施工过程的质量管理好坏, 不仅关系到公路桥梁建设的成果总体, 也关系到施工人员的安全保障, 所以公路桥梁施工过程的质量管理必须得到有效地重视<sup>[5]</sup>。

#### 2.1 建立完善的施工安全的管理措施

在施工过程中, 施工人员会因为外界环境因素、自身心理因素等原因产生不安全感这样的情绪, 外界因素主要包括社会因素、环境因素、劳动管理方法等, 自身心理因素主要包括人员心理素质、心理承受能力等, 如果人员在施工操作过程中产生这样的不良情绪就会容易导致违章操作的失误的频繁发生, 通过对施工人员不良情绪产生原因的

析,完善环境和管理,这样就能有效避免失误及违章操作的发生。

因此,要对施工人员在不同环境情况下产生的不良情绪进行综合的分析,要消除施工人员的不良心理情绪,这就要求基层管理人员在日常的施工过程中要深入施工人员周围,观察收集施工人员情况,及时发现其心理变化动向,从而降低因施工人员的情绪问题导致的操作安全问题。

2.1.1 合理安排休息时间,防止人员过劳因为工程施工人员工作强度大,工作量大,因此就要合理、适时的安排人员的休息时间,施工人员通常采用轮班制的休息方式,在长时间工作以后要让工作人员得到充分的休息,以缓解人员身心压力,减少工作中的疲劳程度。并要是可以通过开展文体活动,以增进施工人员的身体健康发展。

2.1.2 通过培训,减少不规范操作对施工人员进行定期培训,可以提高人员的工作熟练度,提高对机械的掌握运用程度,增加施工人员的信心,这样就能大大减少安全隐患。并且提高生产效率。

## 2.2 加强施工进度控制

公路桥梁建设工程项目的施工进度控制目标就是需要将建设工程进度按月(或旬)、季度、年度进行分解,通过使用实物工程量并用实用工程量、货币工作量及形象进度表示,这样将更有利于公路桥梁建设工程项目管理者明确对各承包单位的进度要求。此外,还可以据此监督其实施,检查其完成情况。进度目标愈细,计划期越短,进度跟踪就愈及时,发生进度偏差的可能性就愈小,就愈有利于有效地采取措施予以纠正。如此一来,就形成一个协调有计划的施工过程、对长期目标和对短期目标执行自上而下逐级控制、逐步逼近进度总目标的局面,最终达到公路桥梁建设工程项目按期竣工并交付使用的既定目标。控制公路桥梁建设工程施工进度目标的主要依据有:工期定额、类似工程项目的实际进度;工程难易程度和工程条件的落实情况;工程建设总进度目标对施工工期的要求等。当施工进度计划确定后,应在这些施工方案的基础上,根据实际工期和各种资源供应条件,对单位工程中的施工起止时间、各分部分项工程施工顺序及相互的衔接关系进行合理安排的计划。

## 2.3 抓好施工现场安全管理制度的落实

2.3.1 加强施工人员入场教育制度的落实。现场安全管理的第一道关口就是施工人员的入场教育,它是现场施工能否顺利进行的保障。入场教育要循序渐进,长抓不懈,分级进行,对新工人要先教育,使其了解施工特点后,再上岗,对施工人员、项目经理等要加强职能安全教育,做到全员严格遵守操作规程,严肃劳动纪律。

2.3.2 加强施工班前交底制度的落实。由于公路桥梁施工不同于其它行业,具有“深基、高空、负重、临边”等特点,因此,在进行施工现场交底时,要实行普遍交底与个别交底相结合,要每天坚持,并实行项目经理部与作业层例行制度强化落实,交底时双方要分清责任,签字盖章,在全体员工的头脑中要牢固树立“安全第一,预防为主”的意识<sup>[6]</sup>。

## 2.4 落实制度规范,加大考核力度

针对国家安全生产法律、法规的不断健全,以及安全生产操作规程的不断细化,进一步加强对各路桥施工公司安全生产的考核力度、加大对持证上岗的管理和检查,加强三级安全教育。面对国家不断加大安全生产管理和处罚力度以及安全生产法律、法规相对健全的大环境,应该从学习培训、健全组织、完善制度、加大投入几方面入手,进一步夯实安全生产管理的基础。针对国家颁布的一系列安全生产法律、法规和管理条例,为提高广大职工的安全管理意识,应对公司、项目部负责人及专职安全管理员进行安全生产的专项培训。通过培训、教育等工作,扎实锻造一支“人人讲安全、个个懂安全”,“以讲安全为荣、不讲安全为耻”的过硬队伍。

## 结束语

安全管理就必须要有制度保障,有法可依,因而才能让安全真正成为可以实现的施工目标。路桥施工安全管理是路桥工程项目的关键环节和重要内容,它本身也是一门综合性的系统科学,各路桥施工企业及各项目部门因此应提高对安全管理的重视程度,进一步认识安全生产的重要性和紧迫性,加强对其生产部门安全生产的意识的提升,切实提高安全生产管理实效,针对自身的薄弱环节,有针对性的解决路桥施工的安全生产管理问题。

## [参考文献]

- [1] 黄明贵.高速公路桥梁施工的安全管理问题研究[J].科技创新导报,2009,(20).
- [2] 曹美俊.跨既有高速公路预应力钢筋混凝土桥梁拆除施工技术[J].中华建设,2008,(12).
- [3] 张剑.浅析建筑工程施工管理[J].江苏建筑,2011,(4).
- [4] 黄明贵.高速公路桥梁施工的安全管理问题研究[J].科技创新导报,2009,(20).
- [5] 曹美俊.跨既有高速公路预应力钢筋混凝土桥梁拆除施工技术[J].中华建设,2008,(12).
- [6] 张剑.浅析建筑工程施工管理[J].江苏建筑,2011,(4).

# 公路桥梁伸缩缝施工技术相关研究

闫国光

中铁二十三局集团第二工程有限公司，黑龙江齐齐哈尔 161000

DOI:10.33142/ec.vli1.24

[摘要] 在公路桥上，由于梁的温度变化、混凝土的徐变和干燥收缩、荷载等而引起梁端变位，为使其不妨碍车辆行驶，有必要设置伸缩缝装置。本文阐述了公路桥梁伸缩缝的重要作用，探讨了公路桥梁伸缩缝施工技术。

[关键词] 公路；桥梁；伸缩缝；施工技术

## 引言

桥梁伸缩缝装置的作用，在于调节由车辆荷载、环境特征和桥梁建筑材料的物理性能所引起的上部结构之间的位移和上部结构之间的联结。桥梁伸缩缝处出现跳车和损坏现象，影响行车的舒适和安全<sup>[1]</sup>。出现这些问题，除了车辆通行量增多、载重量增大、车速加快等客观原因对伸缩装置的损坏外，伸缩缝设计和施工的欠缺不容忽视。

### 1 公路桥梁伸缩缝的重要作用

在公路桥上，由于梁的温度变化、混凝土的徐变和干燥收缩、荷载等而引起梁端变位，为使其不妨碍车辆行驶，有必要设置伸缩缝装置。但伸缩缝装置设置在梁端构造上弱的部位，因为直接承受车轮的反复荷载，所以是最易破坏的部位。过去的伸缩缝装置按类型划分，种类也不多。例如，在跨径短的钢筋混凝土桥上，多采用将弹性沥青填缝板或沥青填充材插在桥面板或铺装间的对接形式。并且，钢梁多采用叠合（以铆钉将钢板和角钢铆合在一起）的形式，和将网纹钢板安装在表面的形式，特别在大跨径时，也有采用梳齿形铸件的。但随着交通量增大，重车增多，这些原来的伸缩缝装置的破坏也增加了，这不只是妨碍行驶性能，而且会发展到引起结构本身的桥面板破坏<sup>[2]</sup>。

### 2 公路桥梁中常见的伸缩缝类型

#### 2.1 橡胶式的伸缩缝

橡胶式的伸缩缝主要应用于大型公路桥梁工程当中，其应用范围极广，具有显著的应用优势。集中体现为橡胶式伸缩缝具有较好的应用性能。当前橡胶原材料的获取较为容易，并且其价格相对于其他伸缩缝材料较为便宜。同时，橡胶材料消除噪声的能力较强，以及吸震性较好，且具备优良的防水性能，可有效的防止伸缩缝被水分侵蚀，进而保证其良好的应用性能。除此之外，橡胶伸缩缝拥有的伸缩量也极为可观，所以其适用性较强，能够满足大部分桥梁伸缩缝的应用和施工要求，故该类型的伸缩缝为我国目前应用较广且较传统的施工方法之一。

#### 2.2 土工布伸缩缝

土工布伸缩缝属于近年来新兴的公路桥梁伸缩缝技术，该技术为传统伸缩缝的改良版。其在目前的应用范围还比较小，但土工布伸缩缝具有诸多的应用优势，主要体现为价格低廉、操作简单，以及可为路面提供较高的舒适度等。故在该技术逐渐为人们认知之后，势必会得到较好的发展，可在公路桥梁工程中得到较好的应用<sup>[3]</sup>。

#### 2.3 填塞式的伸缩缝

填塞式的伸缩缝相较于其他的伸缩缝，最大的特点体现在较少的伸缩量上，且其施工工序较少，施工工艺较简单，可快速的完成施工。通常情况下，其材料组成包括油毛毡和沥青，该类材料较多，成本也较低。同时，该类型伸缩缝的最小伸缩量甚至可达到0mm，且最大的伸缩量也仅为25mm。由于其伸缩量较小，价格实惠且操作简单，故常被应用于较小跨径的公路桥梁的施工中。

#### 2.4 钢板式的伸缩缝

钢板式的伸缩缝主要应用目前公路桥梁的伸缩装置当中，最大的应用优势在于其具有极大的荷载。所以钢板式的伸缩缝在大型公路桥梁中得到较多的应用。同时，与橡胶式的伸缩缝相比较，其存在的缺陷也较为明显，包括吸震性较差和使用寿命较短等。

### 3 对伸缩装置要求与影响伸缩量因素

#### 3.1 基本要求

对已安装的桥梁伸缩装置的破坏情况的调查及原因分析发现：当设计、施工和养护管理等任何一个环节稍有缺陷和不足，就会造成伸缩装置的破坏。对桥梁伸缩装置的总体要求是：能适应桥梁温度变化、混凝土收缩徐变引起的伸缩；能适应桥梁由挠度变化引起的变位；行驶性能良好的构造；具有良好的整体性、高刚度和耐久性；构造简单，施工、维护容易；具有良好的排水性和防水性。

#### 3.2 影响伸缩量因素

### 3.2.1 混凝土的收缩徐变

混凝土的收缩、徐变是混凝土材料本身固有的特性，受许多因素的影响。如混凝土的水灰比、骨料、构件几何尺寸、加载龄期等。故对于混凝土桥梁，无论是钢筋混凝土桥梁还是预应力混凝土桥梁，伸缩量计算时均须考虑混凝土收缩引起的变位，预应力混凝土桥梁还必须考虑混凝土徐变引起的变位。

### 3.2.2 各种荷载引起的桥梁结构的挠曲

桥梁结构在各种荷载作用下会产生竖向挠度，位于桥梁端部的伸缩装置也随之产生垂直变位、水平变位和转角变位。特别对于大跨径桥梁结构或梁体刚度较小、容易挠曲的结构，梁体的挠曲变形会在梁端伸缩装置处产生较为明显的转角变位，并伴随水平和垂直变位。

### 3.2.3 温度变化

桥梁结构是暴露于自然环境中的一种结构物，桥梁梁体的温度随着周围大气的温度的变化而变化。梁体的温度变化使其缩短或伸长，变化量与桥址所在地区的气温有关。桥梁结构的温度变化范围应根据建桥地点的气温条件而定。钢结构可按当地最高和最低气温确定；砖、石、混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土结构一般可按当地月平均最高气温和月平均最低气温确定。

### 3.2.4 纵向坡度对伸缩变位的影响

位于较大纵坡上的桥梁，梁体伸缩时会引起垂直方向上的变位。由于数值较大的竖向错位的存在，极易破坏伸缩装置。因此，桥梁位于较大纵坡或伸缩量大时应特别注意这个因素。

### 3.2.5 斜桥和弯桥的变位

斜桥和弯桥的变位分为径向变位和切向变位，使得伸缩装置在平面内即受扭又受剪，极易破坏伸缩装置<sup>[5]</sup>。因此，在桥梁结构设计、伸缩装置类型的选择及施工过程中应予以重视。

## 4 公路桥梁伸缩缝施工技术

### 4.1 切缝

桥面沥青砼铺装层完成并验收合格后，根据施工图的要求确定开槽宽度，准确放样，打上线后用切割机锯缝、顺直，锯缝线以外的沥青砼路面，必须仔细用塑料布覆盖并用胶带纸封好，以防锯缝时产生的石粉污染路面。

### 4.2 开槽

用风镐开槽，开槽深度不得小于12cm，应将槽内的沥青混凝土、松动的水泥砼凿除干净，应凿毛至坚硬层，并用强力吹风机或高压水枪清除浮尘和杂物。

### 4.3 植筋定位

伸缩缝安装之前，根据现场气温计算伸缩量，将板体定位，钢筋植入梁体顶面以下5cm螺栓连接，要用高质量的焊条，将定位钢筋与伸缩缝螺杆焊接牢固。

### 4.4 模板安装

模板采用纤维板，模板应做的牢固、严密，能在砼振捣时而不出现移动，并能防止砂浆流入伸缩缝内，以免影响伸缩。应在两侧设置钢筋网，带肋钢筋网顶部应低于路面标高3cm，设置Φ10带肋钢筋网（10x10）防裂钢筋网。

### 4.5 砼浇筑及养护

浇筑前应在缝两侧铺上塑料布，保证砼不污染路面。砼振捣时应两侧同时进行，为保证砼密实，用振捣棒振至不再有气泡为止，砼振捣密实后，分4-5次按常规抹压平整为止，这道工序应特别注意平整度，砼面比沥青路面的顶面略低28-29mm为宜，过高或过低都会造成跳车现象，水泥砼浇筑完成后，然后覆盖麻袋或草苫子，严格洒水养生，养生期不少于7天，养生期间严禁车辆通行。

### 4.6 装橡胶带

砼浇筑振实后，安装橡胶带不锈钢板，伸缩缝板略高于路面1-2mm，将板体压实，不出现空隙，待强度达到80%后，紧固螺栓。安装完毕，继续养生，养生期不少于7天。

## 5 公路桥梁伸缩缝安装时的注意事项

由于高速公路桥梁伸缩缝施工的特殊性复杂性，承包人必须做到服从命令听指挥，与高速交警及时沟通，紧密配合，保证道路畅通无阻，在施工技术上改进、安全教育管理的同时还要做到以下几点：在伸缩缝施工前制订好封闭方式，车辆行走路线、封闭时间及通行时间。按要求办好道路施工审批手续。

1) 进行伸缩缝安装前第一时间通知交警部门，报告作业地点，经允许后才上路作业。

2) 按照要求摆放标志牌、反光锥，提醒驾驶员前方施工，注意行车安全。

3) 在每个封闭作业区配备2位交通维护人员，实行24小时不间断值勤确保施工安全与车辆畅通。

4) 积极主动与交警部门及业主代表联系协调，如有其他施工项目尽量安排在同一封闭区施工，以减少高速公路封闭点，减缓交通压力。

5) 如有特殊警卫任务，在接到通知后，立即组织人员填平伸缩缝槽口，迅速组织人员、设备、材料撤离现场，只留安全人员在现场协调指挥，确保重要车辆通行。

6) 如有车辆误入施工作业区，立即与交警、路政单位联系，并保护好现场，配合交警、路政部门在短时间内恢复施工以确保施工进度。

7) 加强安全措施与施工力度，以最快的速度保质保量地完成施工，争取封闭区域的施工在第一时间开放，确保交

通的畅通。

8) 冬季、雨季的施工安排 XF 系列桥梁伸缩缝施工应避免寒冬施工, 若施工期间遇寒潮, 气温降至零度以下时, 将采取在混凝土配合比中添加抗冻剂的措施。雨季施工安排是施工安排的重点。因雷雨、暴雨、台风、高温, 日长夜短为夏季的气候特点, 首先做好防雨、防台、防暑降温的各项准备工作, 及时了解天气情况, 并据此采取必要的措施。同时采取调整作息时间, 加强水泥砼的养护力量, 使夏季气候对施工的影响最小。同时加强雷雨台风前的安全管理工作, 以保证夏季施工的安全、质量、进度。雨季施工要做好排水工作, 防止材料场地积水等, 做好细集料等材料的防雨工作, 把损失降到最低程度。经常测定砂、石的含水率, 及时调整配合比。

#### 结束语

为保证公路桥梁的施工符合现代公路建设的高要求, 应注重其整体施工质量的提升。伸缩缝作为其施工中的一个重要工序, 应进行伸缩缝类型的科学选取, 并做好施工前的工作, 并在施工中控制好各工序的施工质量, 保证伸缩装置的使用效果和耐久性。

#### [参考文献]

- 
- [1] 孙冬. 浅谈公路桥梁中伸缩缝改造与施工质量控制 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2013, 8 (23) : 325-326.
- [2] 周琪, 炜柳军. 解析公路桥梁中伸缩缝装置的特性及其施工技术 [J]. 科学时代, 2013, 4 (7) : 247-248.
- [3] 黄昌伟. 浅谈桥梁伸缩缝的施工技术与质量控制 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2011, 9 (34) : 214-215.
- [4] 孙在康. 公路桥梁伸缩缝施工技术的分析与探讨 [J]. 黑龙江交通科技, 2012, 6 (9) : 298-299.

# 应用BP神经网络预测N80油管CO<sub>2</sub>腐蚀速率

贺海军

大庆油田有限责任公司采油工程研究院, 黑龙江大庆 163453

DOI:10.33142/ec.vli1.25

**[摘要]** 通过室内CO<sub>2</sub>腐蚀模拟实验获得实验数据, 利用灰色理论对CO<sub>2</sub>腐蚀参数进行分析确定CO<sub>2</sub>腐蚀的主要影响因素, 建立BP神经网络腐蚀速率预测模型, 利用主要影响因素进行网络训练。利用此模型预测徐深气田某井的腐蚀剖面, 预测结果表明: BP神经网络预测结果与气井实验结果接近, 体现了BP神经网络在处理非线性数据方面的优越性。灰色理论、神经网络预测模型的研究对于徐深气田CO<sub>2</sub>腐蚀研究有一定的指导意义。

**[关键词]** BP神经网络; N80油管; CO<sub>2</sub>腐蚀速率

徐深气田地层压力、温度较高, 边底水发育, 产出气普遍含CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>含量在0.5–22%之间, 生产过程中会发生一定变化<sup>[1]</sup>。由于CO<sub>2</sub>腐蚀危害严重, 因此有必要在CO<sub>2</sub>腐蚀速率预测方面做好工作, 对腐蚀严重的气井及时采取治理措施, 保证气井安全生产。

从20世纪60年代以来, 国际上随着高含CO<sub>2</sub>油气田的相继开发, 对CO<sub>2</sub>腐蚀产生的严重后果有了深刻认识, 广泛开展了CO<sub>2</sub>腐蚀的破坏机理、主要影响因素和腐蚀规律研究, 并建立了数以百计的腐蚀速率预测模型。目前国际上关于CO<sub>2</sub>腐蚀速率的预测模型<sup>[2]</sup>主要包括经验模型(Empirical models), 半经验模型(Semi-empirical models)和机理模型(Mechanistic models)三类。这三类预测模型均存在一定的不完善性和较强的针对性, 还需要对其进行更深入的研究和改进。

目前, 普遍采用逐步回归法进行CO<sub>2</sub>腐蚀速率预测, 虽然该方法的数据处理技术便捷, 但由于腐蚀过程的复杂性和腐蚀数据的非线性, 要做出精确的定量化预测还很困难。近年来随着计算机技术, 尤其是神经网络的发展, CO<sub>2</sub>腐蚀预测有了新的途径和工具。神经网络可以处理大量含有噪声的数据, 从中提取出数据中隐含的规律, 用网络来拟合数据的输入和输出之间的映射关系。在腐蚀研究中主要应用其数据处理功能进行腐蚀的分类、性能预测等。腐蚀预测中的主要问题是基于数学模型的理论预测。然而大多数腐蚀现象影响因素多而且是复杂、非稳态、非线性, 要找出精确的规律很难。而神经网络的优势在于, 它无须人们预先给出公式的形式, 而是以试验数据为基础, 从中找出规律并建立模型, 因而特别适合分析复杂非线性系统的特征。目前, 国内外已有人利用神经网络技术, 成功的分析了多种腐蚀。典型的应用方面有应力腐蚀开裂、腐蚀疲劳、自然环境中的腐蚀和腐蚀形态的识别。

本文应用BP神经网络模型, 通过室内腐蚀实验数据和现场腐蚀监测数据训练网络, 预测油管的腐蚀速率, 对徐深气田CO<sub>2</sub>腐蚀研究有极大的帮助。

## 1 实验参数确定及腐蚀实验

根据徐深气田地层水资料, 按照各种组分的平均值配制实验溶液; 通过对气井测试温度、压力, 气井CO<sub>2</sub>含量确定了实验参数: 温度: 60–160℃, CO<sub>2</sub>分压0.2–5MPa, 流速0–2.2m/s。

腐蚀模拟实验采用N80材质试片, 利用高温高压反应釜完成模拟实验。在釜中放置好试片, 加入实验介质, 密封后通过N<sub>2</sub>除氧2小时, 设定实验温度, 通入CO<sub>2</sub>至设计的压力, 调节转速, 开始试验, 试片在反应釜内放置一个试验周期。实验结束后, 试片在水中清洗, 酸中除去腐蚀产物后称重计算腐蚀速率。按照上述方法完成腐蚀实验, 实验结果见表1, 表2, 表3。表4为4口井的现场监测数据。

表1 腐蚀实验结果

| 序号 | 温度, °C | CO <sub>2</sub> 分压, Mpa | 流速, m/s | 腐蚀速率, mm/a |
|----|--------|-------------------------|---------|------------|
| 1  | 60     | 0.6                     | 2       | 1.5855     |
| 2  | 80     | 0.6                     | 2       | 4.2368     |
| 3  | 120    | 0.6                     | 2       | 0.5855     |
| 4  | 140    | 0.6                     | 2       | 0.4678     |
| 5  | 80     | 0.6                     | 0       | 1.2824     |
| 6  | 80     | 0.6                     | 0.6     | 6.3421     |
| 7  | 80     | 0.6                     | 1.0     | 11.4838    |
| 8  | 80     | 0.6                     | 2.5     | 13.5828    |
| 9  | 80     | 0.2                     | 0       | 0.9354     |
| 10 | 80     | 0.6                     | 0       | 1.2824     |
| 11 | 80     | 1.0                     | 0       | 1.3549     |
| 12 | 80     | 2.0                     | 0       | 1.4506     |

表 2 不同  $\text{HCO}_3^-$  浓度的腐蚀实验结果

| 序号 | 温度, °C | $\text{CO}_2$ 分压, MPa | $\text{HCO}_3^-$ 浓度, mg/L | 腐蚀速率, mm/a |
|----|--------|-----------------------|---------------------------|------------|
| 1  | 80     | 0.6                   | 0                         | 2.8106     |
| 2  | 80     | 0.6                   | 1165                      | 1.2824     |
| 3  | 80     | 0.6                   | 2000                      | 0.6267     |
| 4  | 80     | 0.6                   | 5000                      | 0.3289     |

表 3 不同  $\text{Cl}^-$  浓度的腐蚀实验结果

| 温度, °C | $\text{CO}_2$ 分压, MPa | $\text{Cl}^-$ 浓度, mg/L | 腐蚀速率, mm/a |
|--------|-----------------------|------------------------|------------|
| 80     | 0.6                   | 90                     | 1.0596     |
| 80     | 0.6                   | 1000                   | 1.7274     |
| 80     | 0.6                   | 2000                   | 1.0968     |
| 80     | 0.6                   | 3000                   | 0.7477     |
| 80     | 0.6                   | 5000                   | 1.1540     |

表 4 现场监测数据

| 序号 | 井号 | 温度<br>°C | 分压<br>Mpa | 监测腐蚀速率<br>mm/a |
|----|----|----------|-----------|----------------|
| 1  | X1 | 59       | 0.244     | 0.3605         |
| 2  | X1 | 59       | 0.244     | 0.3515         |
| 3  | X1 | 59       | 0.244     | 0.3472         |
| 4  | X2 | 73       | 0.606     | 1.1136         |
| 5  | X2 | 73       | 0.606     | 1.1138         |
| 6  | X2 | 112      | 0.648     | 0.4500         |
| 7  | X3 | 80       | 0.491     | 1.0319         |
| 8  | X3 | 107      | 0.522     | 0.2876         |
| 9  | X4 | 52       | 0.490     | 0.5728         |
| 10 | X4 | 110      | 0.693     | 0.2876         |
| 11 | X4 | 89       | 0.495     | 1.0319         |

## 2 利用灰色理论判断腐蚀影响的主要因素

灰色理论在腐蚀研究领域的应用主要包括关联分析和灰色预测等。如李平等人用灰色关联的方法研究了胺类缓蚀剂的结构与缓蚀效率之间的关系,得到了缓蚀效率最高的缓蚀剂结构特征,为合成缓蚀剂提供了有效的依据;他们还用灰色预测模型建立了碳钢在 3.5%NaCl 和油田污水中腐蚀速率随时间变化的数学模型,有较高的预测精度。孔德英利用灰关联和灰预测研究了海水中碳钢、低合金钢的腐蚀规律。

设影响因变量  $y$  的自变量共有  $n$  个,通过实验测得下列 1 组数据:

$x_{11}, x_{21}, x_{31}, \dots, x_{n1}, y_1$

$x_{12}, x_{22}, x_{32}, \dots, x_{n2}, y_2$

.....

$x_{1l}, x_{2l}, x_{3l}, \dots, x_{nl}, y_l$

将以上自变量数据进行均值化处理:

$$x_1^{(0)}(k) = \frac{x_{1k}}{\frac{1}{l} \sum x_{1k}}, \quad k=1, 2, \dots, l$$

.....

$$x_n^{(0)}(k) = \frac{x_{nk}}{\frac{1}{l} \sum x_{nk}}, \quad k=1, 2, \dots, l$$

于是得到  $n$  个子序列:

$$X_1 = \{x_1^{(0)}(1), x_1^{(0)}(2), \dots, x_1^{(0)}(l)\}$$

.....

$$X_n = \{x_n^{(0)}(1), x_n^{(0)}(2), \dots, x_n^{(0)}(l)\}$$

同样,对因变量  $y$  进行均值化得到一个母序列为:

$$Y = \{y_0^{(0)}(1), y_0^{(0)}(2), \dots, y_0^{(0)}(l)\}$$

令  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $L = \{1, 2, \dots, l\}$

$$\Delta_1 = \min_{i \in N} \min_{k \in L} |y_0^{(0)}(k) - x_i^{(0)}(k)|$$

$$\Delta_2 = \max_{i \in N} \max_{k \in L} |y_0^{(0)}(k) - x_i^{(0)}(k)|$$

$$\Delta_3 = |y_0^{(0)}(k) - x_0^{(0)}(k)|$$

$$\xi_{0,1}(k) = \frac{\Delta_1 + \rho \Delta_2}{\Delta_3 + \rho \Delta_2}, \quad k=1, 2, \dots, 1$$

$\xi_{0,1}(k)$  反映了第  $k$  个时刻子因素  $x_i$  与母因素  $y_0$  的相对差值。当绝对差值  $|y_0(k) - x_i(k)|$  越大时,  $\xi_{0,1}(k)$  越小; 当  $|y_0(k) - x_i(k)|$  越小时,  $\xi_{0,1}(k)$  越大。因此,  $\xi_{0,1}(k)$  的大小反映了  $x_i$  对  $y_0$  的影响程度。称  $\xi_{0,1}(k)$  为  $x_i$  与  $y_0$  在  $k$  时刻的关联系数。式中  $\rho$  为分辨系数, 一般在 0 与 1 之间取值, 常取  $\rho=0.5$ 。关联系数的数很多, 为便于比较, 将各个时刻取平均值得到一个值称为关联度:

$$r_{0,1} = \frac{1}{l} \sum_i \xi_{0,i}(k), i \in N$$

关联度反映了因素之间的关系的密切程度。根据关联度的大小排列就可以看出子因素对母因素的影响程度<sup>[3]</sup>。

根据实验数据, 依据以上原理, 选择气井腐蚀速率作为腐蚀系统的母因素;  $\text{CO}_2$  分压、温度、流速、PH、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$  等作为子因素。采用灰色关联度来分析各个腐蚀因素对腐蚀速率的影响程度, 编制灰色关联的分析程序, 见图 1, 输入相关实验数据后得出, 各种影响因素和 N80 腐蚀速率之间的关联度。见表 5。

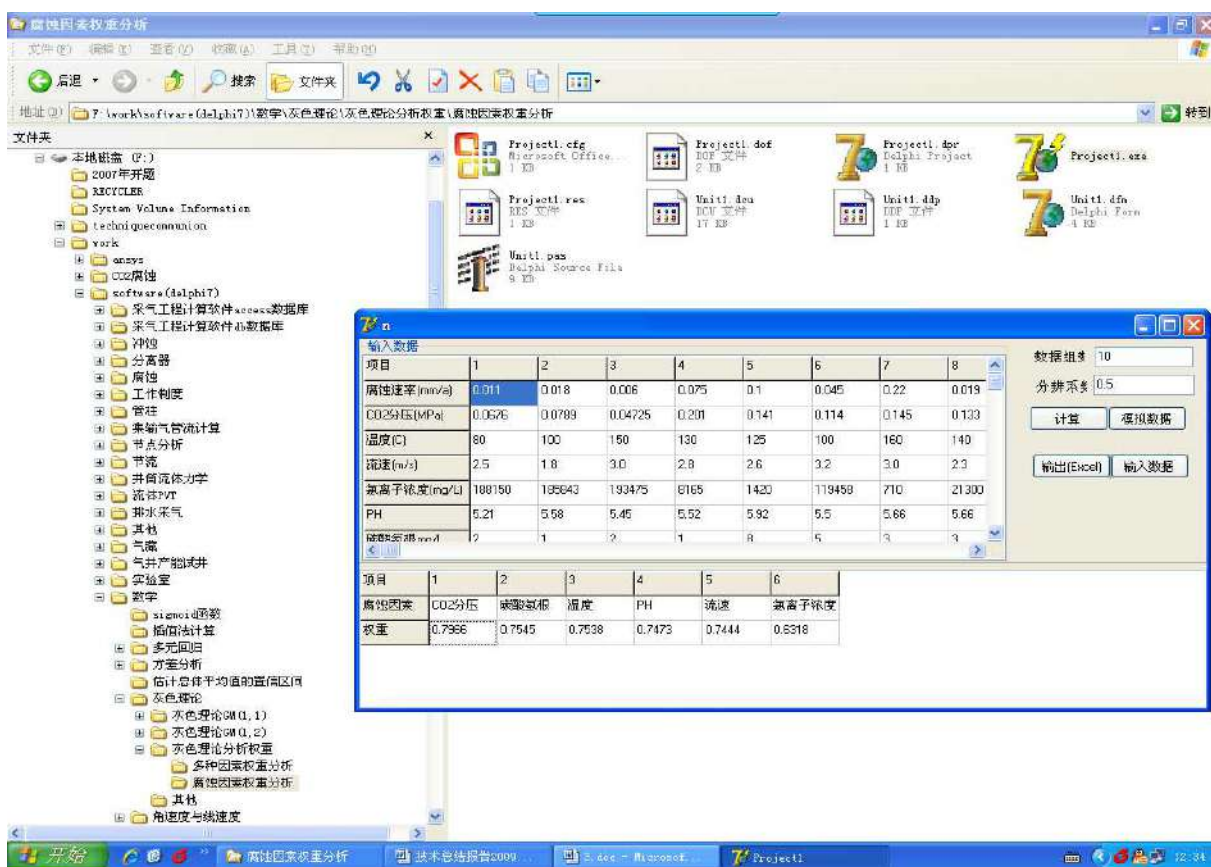


图 1 灰色关联分析程序界面

表 5 腐蚀因素的关联度

| 因素  | $\text{CO}_2$ 分压 | 温度   | 流速   | 碳酸氢根 | 氯离子  |
|-----|------------------|------|------|------|------|
| 关联度 | 0.88             | 0.87 | 0.82 | 0.67 | 0.78 |

关联度越大, 则表明该因素的相关影响程度愈大, 对腐蚀速率影响越大。一般认为灰色关联度  $>0.7$  的腐蚀因素对腐蚀有一定程度的影响, 灰色关联度  $>0.8$  的腐蚀因素对腐蚀有显著的影响。通过灰色关联度分析, 建立腐蚀速率预测模型首选对腐蚀有显著影响的因素, 即灰色关联度大于 0.8 的腐蚀因素。

### 3 神经网络预测模型

BP 网络学习算法<sup>[4, 5, 6, 7]</sup> (误差逆传播算法, Error Back Propagation Training) 可解决多层网络训练时连接的权调整问题, 是迄今为止应用最广泛的网络, 可用于语言综合, 自适应控制等。网络不仅有输入层节点, 输出层节点, 还有隐含层 (中间层) 节点 (可以是一层或多层), 对于输入信号, 要先向前传播到隐节点, 经过作用函数后, 再把隐节点的输出信号传播到输出节点, 最后输出结果, 节点函数常采用 S 函数。其网络结构如图 2 所示 (中间层数为 1 层):

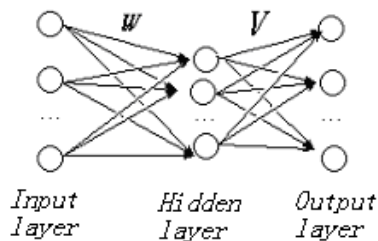


图 2 BP 网络结构示意图

这个算法的学习过程，由正向传播和反向传播组成，正向传播过程中，输入信号从输入层逐层向下传播，依次经过中间层的处理，每一层的输出状态只影响到下一层的神经元的状态，如果在输出层得不到理想的输出，则反向传播，将误差信号沿原来的连通路返回，通过对各层的权值的修改，使误差信号最小。

#### 4 神经网络训练及CO<sub>2</sub>腐蚀速率预测

对于一口井的开采过程来说，井筒流体的 PH 值、气体流速、地层水中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 的含量等因素变化较小，对腐蚀影响不显著，前面的灰色理论分析也证明了这一点。影响腐蚀的主要因素也就是温度、压力的变化。

因此在使用神经网络预测腐蚀速率时，仅考虑温度和 CO<sub>2</sub> 分压的变化，也就是 2 个输入节点（温度和 CO<sub>2</sub> 分压）、1 个输出节点（腐蚀速率）的三层网络结构，其中隐层节点数为 7，网络权值和阈值的初始值为计算机内部根据所设计的网络结构随机选取，建立 BP 神经网络预测模型；算法采用改进的 BP 反向误差传播算法。利用室内实验数据和现场监测数据进行网络训练，用训练好的网络构建不同温度和压力下的腐蚀速率。见图 3，X 轴代表 CO<sub>2</sub> 分压，Y 轴代表温度，Z 轴表示不同温度和压力下的腐蚀速率，从图看出，压力越高，腐蚀越严重，而当温度超过一定数值后，腐蚀速度下降。与室内实验得出的腐蚀规律基本符合。

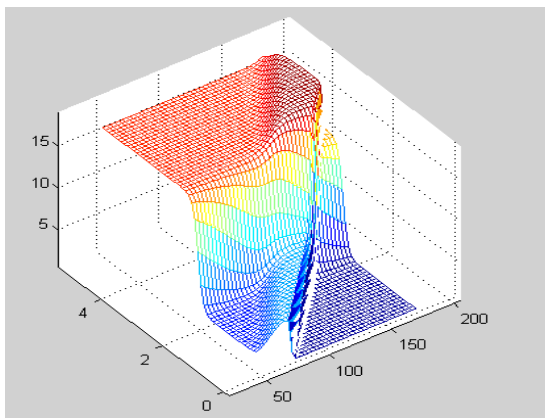


表 3 不同温度和压力下的腐蚀速度预测结果

利用神经网络模型预测徐深气田某井的腐蚀剖面，预测结果见表 5 和图 4。

表 5 某井不同井深的腐蚀速率预测结果

| 深度 ,m | 温度 ,℃  | 压力 ,MPa  | CO <sub>2</sub> 分压 ,MPa | 腐蚀速率 ,mm/a |
|-------|--------|----------|-------------------------|------------|
| 500   | 31.57  | 29.98316 | 0.140                   | 0.8413     |
| 1000  | 50.06  | 30.98725 | 0.145                   | 1.3894     |
| 1500  | 68.54  | 32.01193 | 0.150                   | 2.2459     |
| 2000  | 87.03  | 33.0569  | 0.155                   | 2.8116     |
| 2500  | 105.5  | 34.1219  | 0.160                   | 0.4436     |
| 3000  | 123.75 | 35.20674 | 0.165                   | 0.4438     |
| 3500  | 138.14 | 36.31132 | 0.170                   | 0.4438     |

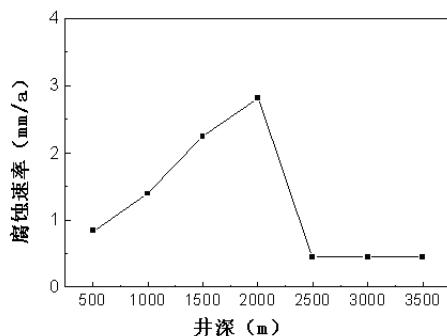


图 4 某井不同井深的腐蚀速率（预测值）

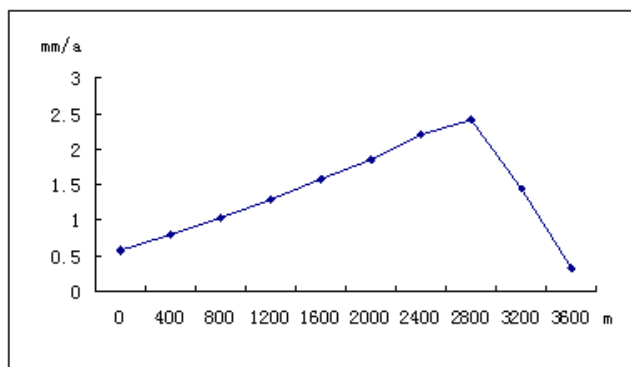


图5 某井国外软件预测结果

从图4可以看出,该井腐蚀速率最大值出现在井深2000米左右,温度80~90℃范围内,这个预测结果与前面实验所得的腐蚀规律是吻合的。图5是使用国外软件预测的结果,比较二图可知,最大腐蚀速度相差不大,但腐蚀最严重的井深稍微有差别,上面的预测是根据徐深气田腐蚀环境进行室内实验得到的数据来进行的网络训练,认为图4更准确一些。

## 5 结论

BP神经网络数学模型在预测腐蚀速率时不需推导繁琐的数学公式,只需要简单的目标样本,即可利用训练好的人工神经网络进行比较精确的腐蚀速率预测。训练样本越多,预测样本的输出越符合实际,效果越好。

基于已有的CO<sub>2</sub>腐蚀研究成果和实验数据,将计算机技术、灰色理论和神经网络等技术应用到CO<sub>2</sub>腐蚀模型研究中,建立CO<sub>2</sub>腐蚀速率预测的神经网络模型,并得到较好的预测效果,在一定程度上弥补CO<sub>2</sub>腐蚀速率常规预测模型的缺点,对徐深气田CO<sub>2</sub>腐蚀研究具有一定的指导意义。

## [参考文献]

- [1] 刚振宝,刘伟,卫秀芬等.大庆油田深层气井腐蚀规律及防腐对策[J].大庆石油地质与开发,2007,26(3):95-99.
- [2] 张国安,陈长风,路民旭,等.油气田中CO<sub>2</sub>腐蚀的预测模型[J].中国腐蚀与防护学报,2005,25(2):119-123.
- [3] 赵景茂,左禹,张金坦.用灰色关联分析法研究气井腐蚀的影响因素[J].北京化工大学学报,2001,28(3):39-42.
- [4] 冯其红,韩松,赵文勇.应用人工神经网络方法预测油井堵水效果[J].大庆石油地质与开发,2001,20(4):42-43.
- [5] 胡小芳,韩廷亮,盖国胜.用人工神经网络预测天然气管道内腐蚀速度[J].油气储运,2004,23(9):56-58.
- [6] 欧阳,韩逢庆.基于BP神经网络的材料腐蚀预测模型[J].西南农业大学学报(自然科学版),2004,26(4):510-513.
- [7] 蒋仕章,王清华,樊成.输气管道内腐蚀速度BP神经网络预测模型[J].油气储运,2002,21(7):22-24.

作者简介:贺海军,1978年出生,男,高级工程师,大庆油田有限责任公司采油工程研究院,从事气井完井、CO<sub>2</sub>腐蚀防护工作。邮编:163453 E-mail: hehj@petrochina.com.cn

## 钢衬里现场安装介绍

宋春雷 贾立博

中核工程咨询有限公司, 北京 100000

DOI:10.33142/ec.vli1.36

[摘要] 某核电站反应堆, 单台机组发电功率110万千瓦。反应堆厂房钢衬里及安全壳是核电站第三道安全屏障, 是核岛厂房土建施工的关键工序, 一直也是监理人员控制的重点, 其安装质量对于工程整体质量有着重要的影响。论文叙述了钢衬里(除穹顶外)安装的质量控制重点及措施, 并归纳总结了安全壳钢衬里施工的常见质量问题, 为其他堆型核电站钢衬里安装质量控制提供参考。

[关键词] 钢衬里; 质量控制; 经验反馈

### 1. 概述

某堆型安全壳钢衬里是由底板、圆柱形筒体、槽钢支撑骨架和半球形穹顶组成。其中钢衬里筒体内直径为44.000m, 底标高为+7.125m、顶标高为+48.600m, 净高41.475m, 共分九层, 每层由12块左右分块板组成, 壁板厚度为6mm, 用材质为Q235B的 $\angle 75 \times 6$ 的角钢作为加强肋, 筒体壁板现场与外侧钢衬里支撑骨架通过 $\Phi 20$ 圆钢焊接连接形成一整体。

钢衬里共含有286个贯穿件套筒, 其中包括2个 $\Phi 2760 \times 30$ mm的人员闸门贯穿件套筒和1个 $\Phi 7520 \times 60$ mm的设备闸门贯穿件套筒, 其余贯穿件套筒直径主要集中在 $\Phi 159$ mm~ $\Phi 1120$ mm之间。钢衬里支撑骨架主要由材质为Q235B的[14槽钢和 $\angle 63 \times 5$ 角钢等型钢焊接而成的钢框架作为钢衬里外侧的骨架, 永久埋在内安全壳混凝土中。

钢衬里内表面防腐涂层, 采用的是含有有机硅盐成分的金属铝复合保护层。钢衬里在进行喷砂后, 采用直径1.5~2.0mm的铝丝铺上3~5层通过气体热熔敷金属的方法进行涂敷, 有机硅酸盐涂料应涂敷在铝涂层上4~5层。

### 2 主要施工工艺

安全壳钢衬里安装主要施工工艺为: 外侧垂直、环向骨架支撑安装→待安装壁板定位基准放线→壁板吊装→临时固定→焊接立缝平台安装→外侧走道板铺设→垂直度调整→组对、焊接立缝(收缩缝除外)→组对、焊接环缝→组对、焊接收缩缝→上一层贯穿件套筒安装(如有)→安装几何尺寸检查。

### 3 施工技术要求

按照设计要求每个 $30^\circ$ 对壁板上口标高及半径进行检查。

筒体直径允许误差为 $\pm 60$ mm, 筒体半径允许误差为 $\pm 40$ mm, 钢衬里摆锤线的总偏差不能超过 $\pm 35$ mm(摆锤线偏差检查应在钢衬里筒体全部安装完成之后进行, 并出具测量检查报告), 每3米高度的垂直度偏差不得超过51mm。筒体起拱线上各点的平均标高与筒壁起拱线相应点的理论标高之差不应超过60mm。另外上述各点应在相距25mm的两个水平面之间。

局部尺寸: 按设计半径制成的长4.5m的样板, 水平靠在筒壁板, 当样板与焊缝的距离大于300mm, 筒壁与样板的缝隙不宜大于25mm; 当样板距焊缝小于300mm或与焊缝相交时, 缝隙不宜大于38mm。3m长的直尺每隔 $30^\circ$ , 竖向靠在筒壁表面上, 直尺与筒壁间的缝隙不宜超过25mm。

贯穿件套管中心线和反应堆中心线之差:  $\pm 50$ mm;

贯穿件套管实际位置和理论位置之差:  $\pm 10$ mm;

套管外口中心与穿过套管内口中心的一条线之间的偏差:  $\pm 3$ mm。

### 4 质量控制重点

#### 4.1 支撑骨架安装质量控制

4.1.1 在每段安装时, 先进行垂直骨架的安装, 后进行水平骨架的安装, 最后进行垂直支撑构件和托架的安装, 支撑骨架的安装应符合《建筑钢结构总技术条件》的要求;

4.1.2 按照图纸设计对垂直骨架进行定位放线, 应先从 $120^\circ$ 和 $300^\circ$ 位置上的空间结构开始, 在垂直支撑骨架组对、焊接后, 均应仔细检查骨架的垂直度, 对垂直度不符合要求的骨架应进行校正;

4.1.3 在垂直骨架上放出水平骨架的标高, 安装支撑角钢及水平骨架, 在水平骨架焊接完成后检查水平骨架的水平度;

#### 4.2 钢衬里筒体壁板安装质量控制

4.2.1 在测量进行定位放线后, 仔细核对测量报告中壁板的角度偏差是否满足设计要求, 安装监理应注意受现场条

件的影响，部分角度线（包括贯穿件安装时的定位线）放出的是控制线，需进行计算得出实际就位角度线；

4.2.2 壁板吊装前核对分块板的编号，以及焊缝角度线和半径线（第一层安装前需核对）；

4.2.3 按照分块板的位置和编号，按顺时针或逆时针的顺序依次一块接一块地吊装，每吊装一块就固定一块。吊装作业时，壁板吊装时应合理选择吊点，防止吊装变形；

4.2.4 组对时先调整其中一块板的垂直度和位置，并点焊其环缝，以此板为基准组对两侧壁板立缝，组对时应同时调整单块板上口的垂直度和下口的环缝，两者都符合要求后（环缝不得点焊）再调整点焊与相邻壁板的立缝，最后加长板留余量一侧的立缝不组对。组对时严禁不使用垫板直接锤击钢衬里壁板；

4.2.5 采用间隙板和加强肋上的调整装置调整立缝和环缝的焊缝间隙，间隙板每隔 300 ~ 500mm 设置一个，根据壁板的局部平整度可缩小至 200mm；

4.2.6 安装过程中利用全站仪通过对每一块壁板上口的测控点进行监测，通过加强肋上的调整装置调节壁板的垂直度；

4.2.7 立缝焊接后，开始组对环缝，组对时，宜从加长板对面以某一基准点开始，从顺时针和逆时针两个方向同时向加长板组对固定；

4.2.8 环缝组对完成后，重新调整该圈壁板的半径和周长，合格后组对最后一条立缝和环缝，先焊接最后一道立缝，然后按焊接方案施焊环缝；

4.2.9 由于第九层壁板上口与穹顶下口进行安装对接，因此需在钢衬里壁板第九层安装及穹顶第一层拼装时进行两者之间周长及半径的匹配。为保证穹顶顺利安装，根据相关穹顶安装施工经验，九层壁板上口与穹顶第一层下口周长之差应控制在 20mm 以内，九层壁板上口及穹顶下口半径在穹顶吊装之前应控制在  $\pm 10\text{mm}$  以内。同时考虑到九层壁板安装完成后，后续牛腿及锚固件安装焊接对壁板周长的影响，九层壁板上口周长应略长于穹顶下口周长；

4.2.10 在筒体壁板安装焊接完成后，再次检查筒上口壁板半径及标高，确认满足要求后，按照图纸要求在每块板的角钢加强肋上利用连接件将其与支撑骨架焊接固定。

4.3 贯穿件套筒安装质量控制

4.3.1 为防止贯穿件套筒安装过程中安全壳钢衬里壁板变形过大，必须在下一层壁板安装并焊接完成后才能安装上一层的贯穿件套筒；

4.3.2 贯穿件套筒现场安装采用二次切割的方法。在安装完成的钢衬里壁板上放出贯穿件套筒中心位置的定位十字线及预切割的控制线，进行壁板的预切割，切割孔的直径大于贯穿件套筒的管径及加劲肋直径，但小于加强圈的直径以使贯穿件套筒能穿入。对于同一层壁板上贯穿件密封的部位，安装应间隔跳开进行，避免因集中开孔和焊接造成局部较大的变形；

4.3.3 贯穿件套筒就位前，应按照图纸对贯穿件套筒的标识进行仔细核对，确认无误后方可进行吊装。将贯穿件套筒的加强圈与钢衬里壁板贴合，并将加强圈上的十字线与衬里板上十字线重合（注意十字线的方位性），调整固定支架，并固定住贯穿件套筒；沿加强圈边二次划线，进行二次精确切割，防止筒体壁板上开孔过大，最后将加强圈与钢衬里壁板对接组对、焊接，组对时再次核对贯穿件套筒的就位角度（贯穿件套筒内口上下、左右到钢衬里板的距离）；

4.3.4 在贯穿件套筒安装焊接完成后，对贯穿件套筒内口的定位角度、标高进行测量，然后根据内口定位调整贯穿件外口角度及标高，使其内外口同心度满足要求。同心度调整合格后在外侧利用  $\Phi 40$  钢筋进行贯穿件加固，加固钢筋应焊接在水平或垂直骨架上。

4.4 现场涂层修补质量控制

4.4.1 钢衬里现在安装完成后，应对钢衬里焊缝区域进行涂层修补。钢衬里现场安装过程中，应做好内表面涂层的保护工作，防止划伤、碰伤、水泥污染等情况出现，当钢衬里内表面涂层收到损伤时，也应进行涂层修补；

4.4.2 在涂层修补前，应对整个钢衬里壁板防腐涂层进行全面检查，有无混凝土污染、有无有机硅涂层破坏、有无铝层损伤，确定钢衬里壁板的损伤部位及损伤类型，根据不同的检查结果确定不同的修补方式，现场防腐涂层修补类型及处理方式见下表：

防腐涂层修补类型及处理方式

| 防腐涂层修补类型    | 处理方式                                                   |
|-------------|--------------------------------------------------------|
| 油漆层表面划痕损伤   | 应先用钢丝刷将划痕区域周围20cm区域有机硅油漆打磨干净，保证该区域清洁、干燥，然后可进行有机硅喷涂。    |
| 浮灰及浮浆       | 使用布、砂纸清理浮灰和浮浆，对于难以清除的使用铲刀进行铲除，若有油漆或铝层损伤的，各自按相应的处理方式处理。 |
| 表面油漆划伤并伤及铝层 | 使用砂轮磨光机打磨油漆及铝层，并将母材打磨出粗糙度后，然后再进行喷铝及有机硅的喷涂。             |
| 油漆点状式损伤     | 这种油漆损伤形式的面积一般很小，用钢丝刷将整块区域内油漆打磨干净，保证该区域清洁、干燥方可进行有机硅喷涂。  |
| 现场焊缝修补      | 使用小型喷砂机对焊缝区域进行喷砂，粗糙度满足设计要求后进行喷铝及有机硅的喷涂。                |

4.4.3 现场铝层喷涂完成后，涂层表面应为密实的、浅灰的、小颗粒构造，表面不能有杂质（溅屑）粗粒结构段，喷铝层厚度应达到  $300\mu\text{m} \sim 390\mu\text{m}$ ，粗糙度  $R_z$  不大于  $80\mu\text{m}$ ， $R_a$  不大于  $20\mu\text{m}$ ；

4.4.4 现场有机硅酸盐涂料喷涂完成后，涂层表面应均匀、平整、光滑，不应有起皱、流挂和气泡，有机硅酸盐涂

料厚度不小于 200  $\mu\text{m}$ ，总涂层厚度应为 500  $\mu\text{m}$ ，允许增至 590  $\mu\text{m}$ 。

## 5 经验反馈

### 5.1 支撑骨架影响贯穿件、预应力管道的安装

在钢衬里编号 P192 贯穿件套筒安装时，发现其安装位置与竖向支撑骨架（203.5°）处相冲突，导致 P192 贯穿件无法按照，经施工单位向设计澄清将相干涉部分切除，然后再骨架另一侧焊接 [14] 的槽钢恢复竖向支撑骨架。在土建预应力管道安装时，发现部门水平骨架的钢筋影响预应力管道安装，经向设计澄清后将影响的钢筋切断，在预应力管道安装后应立即恢复，恢复后钢筋与水平骨架的连接点距原节点的距离不能大于 100mm。

### 5.2 工装去除造成母材损伤的问题

在 3 号机组反应堆厂房钢衬里套筒 1-3 层壁板安装过程中，施工单位按 ASME 标准相关条款，将用于调整钢衬里组对间隙、错边量以及防止焊接变形的临时性附件焊接到钢衬里壁板上，在附件焊接、去除过程中对钢衬里筒体壁板母材、防腐涂层造成了一定的损伤，打磨去除的部位共 200 多处。

施工单位编写临时性附件安装去除方案经确认，对钢衬里损伤部位进行检测和修补，后续施工按照设计文件执行，在安全壳钢衬里壁板外侧（混凝土侧）的角钢上焊接附件方法。

### 5.3 钢衬里壁板局部变形尺寸超差

钢衬里筒体壁板在组对、焊接后进行局部变形尺寸检查，发现焊缝两侧 300mm 内变形尺寸达到 31mm，超过了设计标准 25mm 的要求。

主要原因有：1）在组对焊接之前，未及时对运输、吊装过程中产生的变形进行矫正；2）组对过程中强力组对，焊接时的焊接应力造成钢衬里壁板变形；3）钢衬里壁板上口未及时增加工艺角钢控制其弧度；4）焊接作业过程未严格按照既定的焊接顺序和工艺进行焊接作业；5）局部区域焊缝较多，焊接应力较为集中造成的焊接变形过大从而导致钢衬里壁板变形过大。

纠正及预防措施为：1）对于焊接作业较为集中区域应及时补增反变形措施，进行焊接变形的控制；2）在组对作业中，壁板对接及锚固件、贯穿件套筒对接处，调整错边不应使用蛮力，应通过切割或者其他方式消除组对应力；3）及时增加工艺角钢等工装，调整钢衬里壁板的垂直度及弧度；对于使用强力组对的壁板对接处，打开定位焊点，重新进行组对之后再行焊接。

### 5.4 内、外贯穿件套筒同心度超差

该堆型为双层安全壳，在钢衬里与外安全壳上均安装均有贯穿件套筒，在贯穿件套筒安装过程中，应特别注意检查“套管外口中心与穿过套管内口中心的一条线之间的偏差： $\pm 3\text{mm}$ ”的技术要求，如果内贯穿件套筒的同心度超差，将使外贯穿件套筒产生更大的超差。如厂房设备闸门套筒、人员闸门套筒及部分贯穿件套筒在安装后复测时发现内、外贯穿件套筒同心度超差，直接影响了设备闸门、人员闸门的安装。

在钢衬里内贯穿件套筒组对后应对同心度进行测量，在钢衬里板外侧点焊固定支撑工装，在焊接完成后对同心度进行复测，如有超差则需重新进行调整并加支撑进行加固。

### 5.5 钢衬里内表面涂层保护不到位

在钢衬里、内部结构施工过程中，由于操作不当和保护措施不到位，致使钢衬里内表面涂层多次出现损伤、污染的问题，监理人员、业主及工程公司多次发文提出整改要求，但是施工单位主动保护的意识不够、采取措施不到位，涂层保护效果不是很理想。经组织专题会明确要求施工单位分析原因，做好隔离和遮盖措施，制定涂层修补施工方案，做好钢结构和土建施工工人的技术交底，将所采取的预防措施固化在相关程序和方案中，建立定期检查制度来监督检查方案的落实情况，确保成品保护工作落实到位。

#### [参考文献]

- 
- [1] ASME BPVC-III 第二册 1998。
  - [2] GB50755-2012 钢结构工程施工规范。
  - [3] 9.304-87 通用防腐抗老化方法——热喷涂基本要求和检查方法。
  - [4] 23118-99 建筑钢结构总技术条件。

# 工业厂房金刚砂耐磨楼面一次成型施工技术

季 晖<sup>1</sup> 殷帅杰<sup>2</sup> 刘亚松<sup>2</sup> 王 鹏<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 上海市安全质量监督总站, 上海 2000122

<sup>2</sup> 中国建筑第八工程局, 上海 2000122

DOI:10.33142/ec.vli1.46

**[摘要]** 某项目配送厂房, 二层楼面设计为金刚砂耐磨楼面, 施工过程中通过技术优化, 实施时与结构楼板一次成型。厂房一楼层高10.4m, 二层金刚砂耐磨楼面施工在10.4m的模架上, 限制了激光整平等机械设备的投入。厂房二层混凝土楼面面积1.7万m<sup>2</sup>, 施工周期长, 露天环境施工楼面, 受天气制约大。二层楼面施工完成后, 后续二层柱、砌体结构、屋面钢结构、机电安装、室内装修等施工对二层楼面影响大, 成品保护要求高。通过传统施工工艺与一次成型金刚砂楼面的对比, 较好地解决了一次成型金刚砂楼面的施工工艺和重难点, 进行技术攻关和创新, 施工中重点对影响楼面质量的楼面平整度、成品保护等环节采取措施, 二层楼面质量较好, 可为类似工程施工时提供参考。

**[关键词]** 金刚砂地坪; 一次成型; 质量控制; 成品保护; 缺陷处理

## 引言

金刚砂耐磨地坪因工期短、成本低、耐久性好、耐磨耐冲击且减少灰尘的优点, 被广泛的应用于仓库、码头、厂房、停车场、维修车间、车库、货仓式商场、码头等建筑。近年, 随着城市用地日益紧张, 新建仓库、厂房等多为多层结构, 传统在结构楼板上浇筑混凝土耐磨地坪的工艺, 因易导致面层空鼓、开裂等问题, 被一种新的施工工艺代替, 即在结构楼板施工过程中一次成型金刚砂耐磨地坪, 同时一次成型金刚砂耐磨地坪相对于传统金刚砂耐磨地坪具有成本低、增加建筑空间、减少楼面荷载的诸多优点。

本文以杭州某配送厂房为例, 讲述一次成型金刚砂耐磨楼面施工工艺、新工艺的施工质量控制与缺陷处理。

## 1 工程概况

某配送厂房, 建筑面积约5万m<sup>2</sup>, 混凝土框架+钢结构, 建筑高度22.3m, 混凝土框架结构为2层, 一楼层高10.4m, 二楼层高11.9m。图1为混凝土二层楼板平面示意图, 图2为厂房混凝土结构剖面示意图。

二层楼板137m×125m, 楼板厚度150mm, 楼板做法为金刚砂地坪与新浇混凝土同时施工, 金刚砂使用量5Kg/m<sup>2</sup>。混凝土结构伸缩缝与后浇带将二层楼板划分为20块, 每块平均面积约850m<sup>2</sup>。

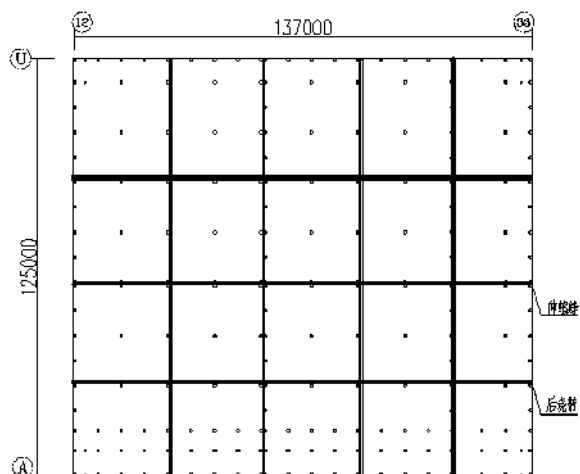


图1 二层楼板平面示意图

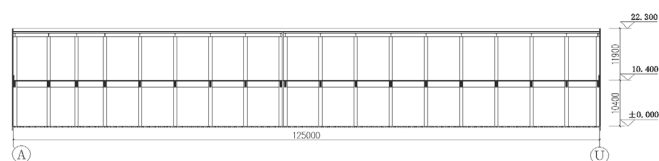


图2 厂房混凝土结构剖面示意图

## 2 一次成型金刚砂楼面地坪施工和传统工艺的对比分析

### 1) 施工工序

传统金刚砂楼面主要施工工序：结构楼板施工→结构楼板基层处理→洒水湿润→抹灰饼→冲筋抹灰饼→浇筑细石混凝土→撒布金刚砂材料→抹光→切缝→养护。

一次成型金刚砂楼面主要施工工序：结构楼板施工→撒布金刚砂材料→抹光→养护。

一次成型金刚砂楼面地坪与传统金刚砂楼面地坪相比，虽然施工工序相对简化，优化后质量更容易提升，但是每道工序控制要求、精度也大大提高，工序的衔接、工种的配合、综合性管理要求也大为提高。特别是打灰饼、设置冲筋抹灰饼等平整度控制工序的改进实施措施的实施，是该项工艺的关键环节和难点，更是一次成型金刚砂楼面地坪平整度控制成为施工质量控制重点。

### 2) 施工环境

传统金刚砂楼面施工环境：在室内成型的结构楼板上施工。

一次成型金刚砂楼面施工环境：在模架上露天施工。

一次成型金刚砂楼面施工环境地坪与传统金刚砂施工环境相比，一是露天环境施工，受雨雪、温度、空气对流、甚至风沙污染等自然环境影响大，施工中需要充分考虑楼面施工期间的气候、天气影响，避开恶劣天气，或者采取有效的保护措施，保证施工环境和前提的可靠性；二是模架上施工楼面，限制了激光整平机等设备投入，平整度控制难度增大。

### 3) 后续施工工作

传统金刚砂楼面后续施工工作：基本为最后工序，穿插施工、协同管控单一，后续施工工作较少，容易过程控制和质量管控。

一次成型金刚砂楼面后续施工工作：二层柱、砌体结构、屋面钢结构、机电安装、室内装修等。

一次成型金刚砂楼面后续施工工作与传统金刚砂后续施工工作相比，后续工作内容多。二层柱子浇筑、墙体砌筑、装修会对地面造成污染；柱子架体、砌筑材料、钢结构构件堆放会对地面造成损伤；钢结构屋面吊装、升降机等机械设备也会对地面造成损伤。设备安装、材料堆放周转、竖向安装、装修污染等交叉作业或后续工序实施等，都给一次成型金刚砂楼面实施带来困难，所以成品保护工作也是施工重点。

### 4) 平整度要求

《建筑地面工程施工质量验收规范》（GB50209-2010）中对水泥混凝土面层表面平整度要求为采用 2m 靠尺和塞尺检测，最大允许偏差为 5mm。

按《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204-2002）的要求，金刚砂面层的施工楼面沉陷不大于 4mm，按金刚砂耐磨地坪一般要求耐磨值不小于 60Mpa。

《混凝土结构施工质量验收规范》（GB50204-2015）中对现浇楼板的表面平整度要求为采用 2m 靠尺和塞尺检测，最大允许偏差为 8mm。

一次成型金刚砂楼面与普通现浇楼板的表面平整度相比，要求更高，一次成型金刚砂楼面施工中要采取措施加强平整度偏差的控制。

基于以上严格要求，对本项目一次成型金刚砂楼面平整度进行“双控”：模板钢筋上设置灰饼冲筋，在地面或下层稳定结构上引入高程点的两个措施控制和校核。特别是从下层较沉降已经稳定的结构上引入高程控制，大大减少架体沉降变形引起的标高和平整度误差。

## 3 一次成型金刚砂楼面地坪施工管控要点

### 3.1 施工前准备

#### 1) 技术准备

作为新工艺，作业层和管理层都对工艺不是很熟悉，施工前对施工班组进行详细、直观的技术交底十分必要，要求对新工艺有充分的认识和深刻的掌握。交底时根据工程实际并结合具体操作部位，阐明技术规范和标准的规定，明确对关键部位的质量要求、操作要点及注意事项；关键控制指标的计量控制等；同时向混凝土供应方生产厂家提出所用混凝土的技术要求，并做好匹配试验和技术保障措施。

#### 2) 材料准备

按施工面积准备相应量的金刚砂，每块金刚砂使用量约 4.25t，每块地坪的金刚砂要求同批次材料储备供应。

#### 3) 主要机具设备准备

平板振动器、铁锹、抹子、大杠、4m 铝合金刮尺、水平仪、抹光机等。

#### 4) 作业条件

拟浇筑混凝土段的高支模架已验收。钢筋、预埋件及管线等全部安装完毕。电源、线路已经检查，做好夜间施工照明的准备。关注天气预报，避开恶劣天气。

### 3.2 混凝土楼面平整度控制

1) 高支模架搭设时，为确保楼面平整度达到金刚砂面层的施工要求，梁板的支撑系统应严格按照高支模方案要求的各材质、参数、标准进行搭设，严格验收，从而保证模板系统的刚度变形要求，并且能够可靠承受混凝土的荷载及施工荷载，减少因模板变形造成的反面下沉，引起的楼地面平整度二次变形。搭设中必须从竖向结构高程控制点引测，严格控制高支模架搭设高度，技术员对模板排架标高进行复核。

2) 在混凝土浇筑前, 严格进行前置工作验收对标高进行复核, 从标高的基准点引测 0.5 米标高线, 在框架柱钢筋上抄好 0.5m 线标高, 并做好明显标识, 框架柱竖向钢筋上四个角均需设置。

3) 楼板钢筋绑扎完后, 间隔 3m 设置找平控制钢筋与混凝土块 (图 3), 找平控制钢筋一段预制到混凝土块内, 混凝土块顶标高与板面齐平, 找平控制钢筋与板筋点焊固定牢。

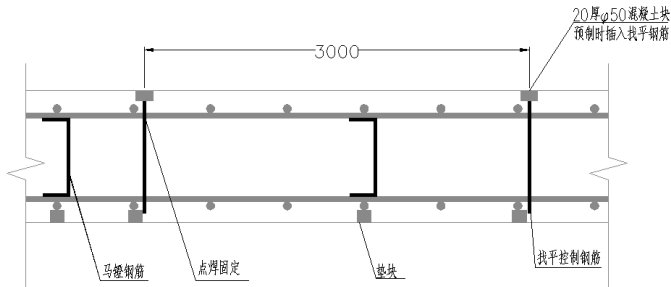


图 3 找平控制钢筋与预制混凝土块设置示意图

在混凝土浇筑时, 布料口要来回摆动布料, 禁止靠混凝土自然流淌布料。随布料随用大杠粗略找平后, 用平板振捣器振动密实。然后用 4m 铝合金刮尺刮平 (图 4、图 5), 4m 铝合金刮尺两端固定水准器 (图 6)。

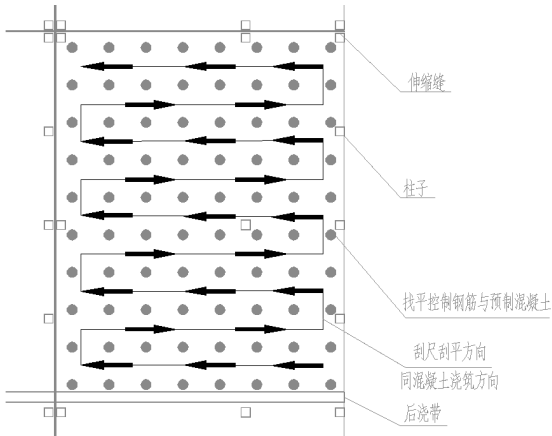


图 4 4m 铝合金刮尺刮平示意图 1

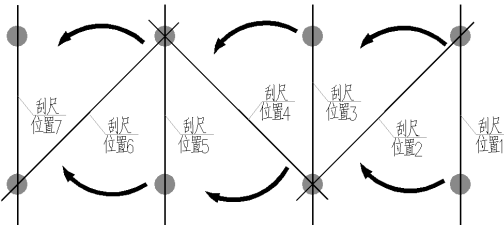


图 5 4m 铝合金刮尺刮平示意图 2



图 6 水准器

4) 同时用水平仪随时对楼面平整度进行实时监控, 如发现有偏差, 及时调整混凝土面层偏差, 做好实时平整度控制。

5) 按照该项目一次成型金刚砂楼面平整度进行“双控”要求: 除在模板钢筋上设置灰饼冲筋, 施工层周边留置高程引入点或穹中留置引测孔, 在地面或下层稳定结构上引入高程点, 应用该办法引入的稳定高程, 增加一道工序: 校核最终面层的高程和平整度, 发现偏差及时纠偏。

特别是从下层较沉降已经稳定的结构上引入高程控制, 大大减少架体沉降变形引起的标高和平整度误差。

### 3.3 撒布金刚砂

混凝土浇筑前, 应该充分做好准备, 进行混凝土的凝结时间预配试验和现场同条件测验, 以混凝土预配置的初凝时间、终凝时间为参考, 现场及时同条件同步检测混凝土现场的初凝时间、终凝时间, 确保混凝土初凝时间与终凝时

间与金刚砂面层施工的准确穿插时间, 保证金刚砂面层施工的必要工序时间。

#### 1) 基层整平及提浆

在混凝土初凝阶段(要求提前进行预测和现场实测掌握, 理论值 2-3 小时仅为参考), 应该及时进行耐磨地坪的穿插施工, 具体工艺如下:

第一遍整体打磨设备要求: 抹光机上安装圆盘打磨片装置。

a、技术要求: 混凝土初凝时间不可完全以理论初凝时间为依据, 应根据作业环境、气候等环境决定, 现场随时测试初凝状态: 即一般用脚轻踩一当混凝土表面时下陷不超过 5mm, 即可开始提浆铺设金刚砂耐磨材料。

b、在混凝土初凝前, 建议从从周边开始, 逐渐向内收抹, 起到首次平整、二次压实和提浆效果。

#### 2) 第一遍金刚砂铺撒施工

具备金刚砂铺撒条件时, 开始第一遍金刚砂铺撒施工, 用量按 3Kg/ m<sup>2</sup>控制。技术要求: 材料均匀的铺撒在初凝的混凝土表面, 待金刚砂料吸收混凝土中的水分、表面出现返潮颜色变灰暗后, 即可开始第一道抹平压实。

#### 3) 揉压、抹平

采用安装有圆盘的抹光机, 撒金刚砂的混凝土表面进行碾磨, 以加快其均匀分散, 使金刚砂镶嵌进入基层混凝土浆, 使之互相紧密结合在一起(注意搓抹不可过度)。墙边可采用铁抹子人工配合揉压、辅助收平, 避免漏抹漏压和盲区或者局部不均匀现象。

注意: 抹光时, 防止抹光机在新旧混凝土界面处硬度差异发生微小跳动, 造成新旧混凝土面处有明显分界线而影响抹光。

#### 4) 第二遍金刚砂铺撒施工

第二遍铺设金刚砂时: 在第一遍初步抹面的面层上, 在混凝土终凝前, 再次按 2Kg/ m<sup>2</sup>的补充用量, 铺撒金刚砂在第一遍金刚砂混凝土表面。

技术要求: 第二遍铺撒方向与第一遍垂直、反向。

第二道抹平设备要求: 进行第二道抹平工作, 第二遍抹平时用装刀片的抹光机进行最后一道的抹光工作。

#### 5) 收面

最终的收面技术要求和注意事项:

(1) 随混凝土凝固时间关键好控制刀片倾斜角度, 即转速和角度根据硬化情况随机调整, 不得破会混凝土密实度, 且不能破坏已经基本密实的混凝土, 不得造成二次损坏开裂。

(2) 抹光机作业时纵横交错进行。边角部位采用人工钢抹子有序同向的压光, 避免抹纹等不平整次生缺陷出现。

### 3.4 金刚砂楼面养护

金刚砂地面抹平收光后, 及时采用土工布等材料覆盖, 终凝后浇水保湿养护, 保湿养护时间不少于 14 天。

### 3.5 金刚砂楼面成品保护

1) 金刚砂地坪养护 14 天后, 方可开始后续工作(冬天温度低时, 最好做同条件试块测准砼强度, 再确定是否可以开展哪些工序、增加多大施工荷载等)。

2) 墙柱支模前, 脚手管底部采用模板铺设, 材料堆放位置铺设废旧模板, 拆模时钢管、扣件经人工传递后进行集中堆放, 不允许自由下落砸坏地面。

3) 结构养护 28 天, 同条件试块达到设计要求后方可允许汽车吊、其它重型设备在楼板上行驶、起吊需要对结构楼板进行受力验算, 并经设计院、监理复核方可进行, 汽车吊行驶路线满铺模板, 起吊支腿下增加钢承板。钢梁、檩条等材料堆放区域满铺模板。

4) 砌体结构施工时, 砖块严禁翻斗车自由到卸, 必须经人工传递至集中堆放处且堆放处铺设木模板。砌筑砂浆应放置在灰盘上, 及时清理掉落的砂浆。

5) 装饰及水电安装用移动脚手架、铁扶梯局部加设塑料垫脚或麻布包裹。安装、装修工作完成后方可将土工布撤除。

对已成型混凝土面进行保护成品保护, 是一次成型金刚砂楼面是否成功的主要因素, 各项工序施工前对施工班组交底, 明确各班组施工范围内金刚砂楼面的保护的责任, 制定奖罚措施, 施工过程中加强监管。

## 4 结语

一次成型金刚砂楼面相较于传统金刚砂楼面, 能有效防止面层空鼓、开裂等问题, 具有成本低、增加建筑空间、减少楼面荷载的优点。本文从影响楼面质量的楼面平整度、成品保护等方面进行阐述, 可作为其他仓库、厂房、停车场、维修车间、车库、货仓式商场等建筑类似工程的施工参考。

### [参考文献]

[1] 宋涛. 浅谈工业厂房一次成型耐磨楼面施工工艺 [J]. 江西建材, 2014 (17) .

[2] 姚道煌. 金刚砂地坪一次施工技术 [J]. 结构施工, 2017 (7) .

[3] 李星. 多层框架厂房一次成型大面积金刚砂耐磨硬化地面施工应用 [J]. 广东土木与建筑, 2016 (10-12) .

[4] 中国建筑科学研究院. GB50204-2015 混凝土结构工程质量验收规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.

[5] 江苏省建筑工程集团有限公司. GB50209-2010 建筑地面工程施工质量验收规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.

作者简介: 殷帅杰 男 1989 年 10 月 本科 工程师 邮编: 200120

通讯地址: 上海浦东新区新金桥路 1599 号东方万国企业中心 B2 栋五楼中建八局第三建设有限公司

# 浅析大学图书馆的结构设计

高琴贤

中国城市建设研究院有限公司, 北京 100120

DOI:10.33142/ec.vli1.26

[摘要] 某大学图书馆建筑总高度为34.2米, 建筑面积45084.89平方米。主体结构为框架—抗震墙结构, 中厅大空间为钢桁架结构, 基础形式为筏板基础。从结构三层起悬挑长度为1.95米, 三层以上悬挑长度逐层增加, 顶层最大悬挑长度为6.75米。对大悬挑, 采用了两个结构方案, 方案一采用每层悬挑梁上设置柱, 方案二, 从二层起设置一通长的斜柱子; 另外本项目建筑平面长宽均为87.9米, 由于建筑立面效果的要求, 不允许设置伸缩缝, 属于超长结构, 本文从结构计算、结构设计和结构温度效应控制等方面进行了论述, 并采取了结构优化措施与方案。

[关键词] 结构优化措施; 斜柱子; 大悬挑

随着社会经济的发展和人们生活水平的提高, 对建筑结构设计也提出了更高的要求。发展先进计算理论, 加强计算机的应用, 加快新型高强、轻质、环保建材的研究与应用, 使建筑结构设计更加安全、适用、可靠、经济是当务之急。在实际工作中, 由于种种原因, 结构设计人员容易在砌体结构设计、屋面梁与配筋、楼层平面刚度计算及原则、构造箍筋等环节出现失误。

## 1 项目简况

该图书馆建筑总高度为34.7米, 建筑面积45074.87m<sup>2</sup>。地上37151.64 m<sup>2</sup>, 地下7923.23 m<sup>2</sup>, 地下一层, 地上七层; 效果图如图一。



图一 图书馆效果图

## 2 主体结构设计与分析

本工程外形复杂, 从三层以上结构层层外挑, 且外挑长度逐层递增, 到顶层外挑长度达6.75米; 结构专业前期与建筑专业紧密配合, 选定合理方案, 在保证结构安全的前提下, 最大限度实现建筑的各项功能以及外立面效果。

该图书馆设计使用年限为五十年, 本项目主体安全等级—(二级), 基础的设计等级—(甲级), 结构的抗震设防烈度—(七度), 地震加速度—(0.10g), 设计地震分组—(第一组)。结构形式(框架—抗震墙结构), 抗震设防类别(重点设防类), 抗震墙抗震等级(一级), 框架抗震等级(二级)<sup>[1]</sup>。

采用CABR《PKPM》程序进行计算分析, 并采用北京迈达斯技术有限公司开发的MIDAS/GEN Ver6.6.0进行验证校核。

### 2.1 主要结构构件材料要求

钢材: 钢筋采用HRB400和HPB300级; 型钢采用国产Q345BQ及235B钢;

混凝土强度等级: a) 柱: -1~3层为C45, 4~5层为C40, 5层以上为C35;

b) 剪力墙: -1~3层: C35, 4层以上: C30。c) 梁板: -1~3层: C30, 4层以上: C25。

③墙砌体材料: 本工程外围护墙及内填充墙均采用轻质陶粒空心砌块。

2.2 结构方案比较

为达到建筑立面效果，结构三层以上采用层层悬挑，采取两个方案对比；  
方案一，如下图 2 所示

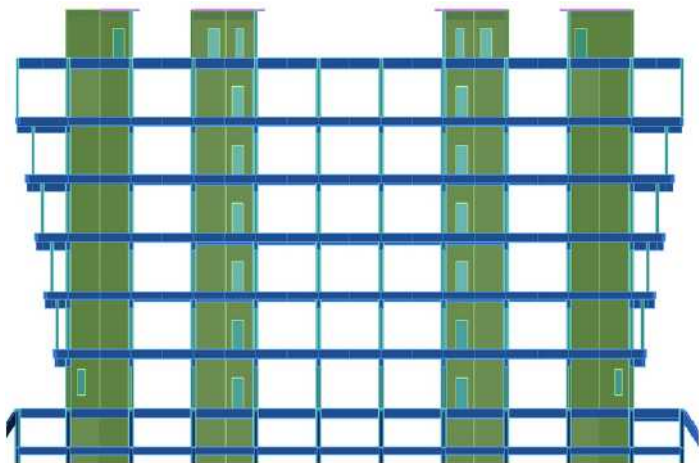


图 2 方案一结构计算简图

此方案结构悬挑部分，采用每层悬挑梁上设置直立柱，用柱支撑上层梁，以此类推；中间每层悬挑梁大小均为 400×1200，直立柱大小为 400×400；整体计算结果如表一；

表一 方案一整体计算指标汇总

| 指标项         |     | 汇总信息                       |
|-------------|-----|----------------------------|
| 总质量(t)      |     | 69086.75                   |
| 质量比         |     | 1.33 < [1.5] (5 层 1 塔)     |
| 最小刚度比 1     | X 向 | 1.00 >= [1.00] (9 层 1 塔)   |
|             | Y 向 | 1.00 >= [1.00] (9 层 1 塔)   |
| 最小刚度比 2     | X 向 | 1.00 > [1.00] (9 层 1 塔)    |
|             | Y 向 | 1.00 > [1.00] (9 层 1 塔)    |
| 最小楼层受剪承载力比值 | X 向 | 0.81 > [0.80] (2 层 1 塔)    |
|             | Y 向 | 0.82 > [0.80] (2 层 1 塔)    |
| 结构自振周期(s)   |     | T1 = 0.8774(X)             |
|             |     | T3 = 0.8765(Y)             |
|             |     | T5 = 0.7744(T)             |
| 有效质量参与系数    | X 向 | 92.35% > [90%]             |
|             | Y 向 | 92.35% > [90%]             |
| 最小剪重比       | X 向 | 2.55% > [1.60%] (1 层 1 塔)  |
|             | Y 向 | 2.65% > [1.60%] (1 层 1 塔)  |
| 最大层间位移角     | X 向 | 1/2466 < [1/800] (6 层 1 塔) |
|             | Y 向 | 1/2664 < [1/800] (6 层 1 塔) |
| 最大位移比       | X 向 | 1.15 < [1.50] (7 层 1 塔)    |
|             | Y 向 | 1.13 < [1.50] (7 层 1 塔)    |
| 最大层间位移比     | X 向 | 1.14 < [1.20] (7 层 1 塔)    |
|             | Y 向 | 1.11 < [1.20] (7 层 1 塔)    |

方案二，如下图 3 所示

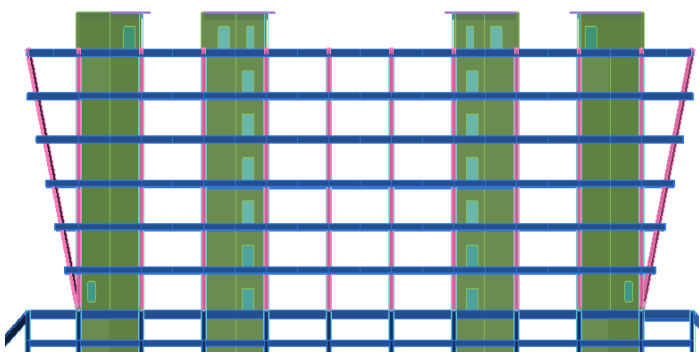


图 3 方案二结构计算简图

此方案悬挑部分采用通长斜框架柱，支撑每层梁，斜框架柱大小为 500×500；

每层悬挑梁为 400×700；整体计算结果如表二：

表二 方案二整体计算指标汇总

| 指标项            |     | 汇总信息                       |
|----------------|-----|----------------------------|
| 总质量(t)         |     | 68489.77                   |
| 质量比            |     | 1.34 < [1.5] (5 层 1 塔)     |
| 最小刚度比 1        | X 向 | 1.00 >= [1.00] (9 层 1 塔)   |
|                | Y 向 | 1.00 >= [1.00] (9 层 1 塔)   |
| 最小刚度比 2        | X 向 | 1.00 > [1.00] (9 层 1 塔)    |
|                | Y 向 | 1.00 > [1.00] (9 层 1 塔)    |
| 楼层受剪承载力比值 (最小) | X 向 | 0.87 > [0.80] (3 层 1 塔)    |
|                | Y 向 | 0.85 > [0.80] (3 层 1 塔)    |
| 结构自振周期(s)      |     | T1 = 0.8730(X)             |
|                |     | T3 = 0.8739(Y)             |
|                |     | T5 = 0.7718(T)             |
| 有效质量参与系数       | X 向 | 94.68% > [90%]             |
|                | Y 向 | 95.69% > [90%]             |
| 最小剪重比          | X 向 | 2.95% > [1.60%] (2 层 1 塔)  |
|                | Y 向 | 2.91% > [1.60%] (2 层 1 塔)  |
| 最大层间位移角        | X 向 | 1/2432 < [1/800] (5 层 1 塔) |
|                | Y 向 | 1/2543 < [1/800] (5 层 1 塔) |
| 最大位移比          | X 向 | 1.02 < [1.50] (8 层 1 塔)    |
|                | Y 向 | 1.05 < [1.50] (3 层 1 塔)    |
| 最大层间位移比        | X 向 | 1.06 < [1.20] (4 层 1 塔)    |
|                | Y 向 | 1.05 < [1.20] (3 层 1 塔)    |

比较这两个方案，第二个方案柱子刚度整体连贯及整体刚度均匀，且方案二悬挑梁尺寸比方案一小了很多，增加了建筑使用净高，避免形成肥梁胖柱；整体计算指标上看，方案二的最大位移比和最大层间位移比均小于方案一，相比之下方案二结构体系更趋于合理，经综合分析最终实施选择了方案二。

3 超长结构与施工问题：

3.1 本项目南北长约87.90m，东西宽约87.90m，双向均为超长结构。

根据当地气象环境，一般选取 30 年一遇月平均最高气温和月平均最低气温。初始温度选取后浇带合拢时室外空气温度为准。

根据气象局及《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012) 提供的资料，初定项目所在地区的月平均最高气温为 25℃，月平均最低温度 -9℃，混凝土收缩当量温差 11℃（考虑后浇带等措施后折减系数采用 0.4），后浇带合拢温度约为 8℃，计算取为 8℃。

3.2 软件计算

温度取值为：降温为 -21.4℃（-9-8-11×0.4=-21.4℃），升温为 6℃（25-8-11=6℃）。根据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012) 要求，温度效应分项系数取值为 1.4，组合值系数为 0.6。同时考虑到徐变对内力的影响，取徐变折减系数为 0.4<sup>[2]</sup>。

3.3 计算条件：

本工程采用 PMSAP（2010 版）分析温度荷载对梁、板、柱的影响。

计算模型：导入 PMCAD 模型

计算温差：+6℃ /-21.4℃

以下为温度荷载的输入参数：

温度荷载参数

砼构件温度效应折减系数

0.4

温度综合组合系数(填写组合值系数与分项系数的乘积)

0.96

砼弹性模量折减系数

1

温度场类型

☒ 连续

☐ 间断

温度1

☒ 温度

☐ 预应力

☐ 砼收缩

温度2

☒ 温度

☐ 预应力

☐ 砼收缩

温度效应风组合值系数

0

温度效应地震组合值系数

0

3.4 计算结果及分析：

(1) 楼板计算结果：

板面温度应力为 2.0MPa 左右,采用附加构造通长钢筋抵抗温度应力作用。取 1m 板带计算如下:

$$A_s + A_s' = \frac{2.0 \times 100 \times 0.4 \times 1000}{360} = 222 \text{mm}^2$$

$A_s = A_s' = 222 \text{mm}^2$ ,为板底板顶所需附加构造通长钢筋。

#### (2) 梁计算结果

由于屋面梁需考虑裂缝,经比较其配筋均为裂缝控制配筋。

因温度作用使多跨度梁产生较大轴力,梁最大的轴力达 840kN。通过计算采用 N8 C 20 的腰筋。

$$A_s = \frac{N}{f_y} = \frac{840 \times 1000}{360} = 2333 \text{mm}^2$$

#### (3) 柱计算结果

柱 PMSAP 计算配筋与 SATWE 计算配筋相比,基本相同,可见温度作用对框架柱配筋不起控制作用。

### 3.5 地下室结构使用阶段的分析计算

本工程在地下室设置两个后浇带,后浇带宽 800mm,间距 30m 左右。后浇带浇灌完成后,整个地下室成为一体,地下室平均设计温差为 6~15℃左右,室内及室外土中的温度变化是比较恒定,在地下室使用期间,室内钢筋混凝土构件在温度不变情况下,线性膨胀几乎为常数。在该阶段由温度作用在工程上的伸缩变形就成了主要因素。但它的影响是有限的,通过以下计算可以得到证明,按地下室最高温差 15℃计算:

$$\Delta L = \alpha \times t \times L = 1 \times 10^{-5} \times 15 \times 87.9 = 0.0132 \text{m}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = 0.15 \times 10^{-3}$$

由于混凝土的极限应变在正常条件下可达  $1 \sim 1.5 \times 10^{-4}$ ,混凝土内配置有钢筋后能提高混凝土的极限拉应变,则不考虑钢筋混凝土的徐变影响的极限拉应变  $\epsilon_{pa}$

$$\epsilon_{pa} = 0.5 \times f_t \times \left(1 + \frac{\rho}{d}\right) \times 10^{-5} = 0.5 \times 1.57 \times \left(1 + \frac{0.6}{1.8}\right) \times 10^{-5} = 0.105 \times 10^{-3}$$

式中:  $f_t$ —混凝土轴心抗拉强度设计值,  $\rho$ —钢筋配筋率,  $d$ —直径;

当考虑混凝土在温度应力的长期作用,发生徐变变形,则总极限应变为:

$$\epsilon_p = 2 \epsilon_{pa} = 2 \times 0.105 \times 10^{-3} = 0.21 \times 10^{-3}$$

$$\text{即 } \epsilon = 0.15 \times 10^{-3} < \epsilon_p = 0.21 \times 10^{-3}$$

由此可见,使用阶段由温度引起的基础底板伸长变形不会造成基础底板开裂。

### 3.6 结构构造措施

(1) 设后浇带:后浇带对减少施工阶段混凝土收缩的影响非常关键。在正常条件下,后浇带合适间距 30~45m。后浇带相邻构件浇筑不少于 45 天后进行闭合,同时应严格控制封闭后浇带时的温度。

(2) 配置构造温度筋。现浇板上层,附加配双向通长温度筋。混凝土板板顶铁钢筋的配筋率  $\geq 0.0015$ 。通长设置的梁中也配置通长的抗扭腰筋。如果遇到有混凝土楼板板孔洞的情况,需要按照标准图集对楼板开洞的地方附加钢筋保证构造措施。

(3) 主体结构封顶,采取适当保温隔热措施。如屋面选择保温隔热材料,填充墙体选择聚苯板作为外墙保温材料等<sup>[3]</sup>。

### 3.7 施工措施

#### 3.7.1 混凝土技术要求

(1) 纯水泥用量不小于 260kg/m<sup>3</sup>,但不得大于 280kg/m<sup>3</sup>。

(2) 严格控制坍落度,特别是泵送抗渗混凝土入泵坍落度应控制在 120~160mm 之内。

(3) 严格控制水胶比,水胶比不应大于 0.45。

#### 3.7.2 施工保障措施

(1) 混凝土结构开裂主要是温度降低引起的;温度升高对混凝土结构的影响不大。超长结构混凝土浇筑的时机以气温较低的气候为好。在高温天气,采用降低原材料温度、减少运输混凝土时吸收外界热量等方法;夏季应安排在早、晚或夜间施工,避免高温入模和钢筋胀曲情况发生<sup>[4]</sup>。

(2) 在混凝土施工中,混凝土面层浇筑完毕,在混凝土初凝前完成二次抹压。

(3) 施工现在浇筑后浇带时温度宜低于两侧混凝土浇筑时的温度。在条件允许的情况下,后浇带应在低温时封闭。后浇带浇筑完毕后亦须加强养护。

(4) 在超长结构混凝土施工中,采用留后浇带或跳仓法施工是防止和控制混凝土裂缝的主要措施之一,跳仓浇筑间隔时间不宜少于 7d<sup>[5]</sup>。

### 4 结语

在立面复杂的结构中,不要草率决定单一结构方案,须采取多个结构方案相互比较,以得到切实合理的结构方案;结构体系的优化和设计过程的精益求精,使结构既能满足建筑的使用功能及平立面要求<sup>[6]</sup>,又能使结构整体受力合理,安全可靠。宏观上,结构周期、位移值符合要求,微观上每一构件受力和配筋合理,最终有利于降低工程造价。通过本工程实例,笔者认为结构选型,概念设计是关键,只有这样,才能使结构设计达到合理性、安全可靠、经济

性的统一；在结构设计中<sup>[7]</sup>，应充分理解建筑师的设计思想，合理利用建筑自身的形态和空间，使建筑与结构融为一体，采用多种空间结构体系，最大限度地实现建筑与结构的完美结合。

#### [参考文献]

---

- [1] JGJ3-2010, 高层建筑混凝土结构技术规程
- [2] GB 50009-2012, 建筑结构荷载规范
- [3] GB 50010-2010, 混凝土结构设计规范
- [4] 纪荣洋. 王文可. 潘可明《建筑结构设计经验探讨》[J]. 低温建筑技术. 2011, (9).
- [5] 莫雪辉《深度探讨如何提高建筑结构设计水平》[J]. 科技资讯. 2009, (28).
- [6] 董晓明. 建筑结构设计的原则及其问题研究 [J]. 科技资讯. 2010(23)
- [7] 徐磊. 高层建筑结构抗震设计问题研究 [J]. 科技致富向导. 2010(23)

# 基于UWB技术施工现场智能定位与监测

李怀柱 夏林灿 邱波 李英章

贵州航天建设工程有限公司，贵州遵义 563000

DOI:10.33142/ec.vli1.47

**[摘要]** 长期以来，建筑企业工程现场的管理采用传统的模式。传统模式主要存在人员管理复杂，管理规范性差，占用人力资源、现场操作是否规范、汇报流程很难及时完成等诸多客观问题，造成日常管理人力成本过高。本文根据UWB技术的特点，提出了一种基于UWB技术定位以及传感器然后通过移动终端观察施工现场人员调度、设备管理的方法。运用UWB技术，深入结合建筑管理，对现场智能定位、作业过程控制、人员管理和设备施工环境进行深入研究和分析，实现智能化施工管理，改变传统管理混杂各类问题，提升了管理人员的工作效率，降低了工作强度。本文通过科学、规范、高效地将智能化工地有关计划部署落地执行，实现规范生产工作行为，提高生产工作规范性，提高人员管理层面的可控性，提高生产过程控制的高效性，最后提高了整个项目的经济效益和社会效益。

**[关键词]** UWB技术；传感器传输；定位；

## 1 本文研究意义及内容

### 1.1 研究的意义

好的管理制度和管理方法会是保证生产安全与稳定的重要措施。随着中国建筑业迅速发展，智能化的运用在建筑工地上面越来越受重视。长期以来针对现场人员管理问题投入太多的人力物力，但是收效甚微，已经越来越不能满足现代化的发展需要。UWB技术以及传感器的应用，时效性于实用性更加完善。基于UWB技术以及传感器，把人员的定位及环境的监测效果通过传输技术在终端上实现，解决基层管理人员对现场人员管理的诸多问题和工作班组现场的违章行为。施工现场的智能化，自动化已是大势所趋。

### 1.2 研究内容

通过信息技术系统和终端应用来解决定位及环境监测问题，实现全流程清晰化促进工作效率，利用UWB定位和传感器即改变传统管理模式，改善工作效率和加强安全操作保障，将安全事故风险降得更低，优化内部管理，改善对外服务水平。

### 1.3 研究现状

在国内，国家对超宽带的发展给予了很大程度的重视和政策支持，国家自然科学基金的大力支持10余项UWB关键技术的研究，多家国内著名公司以及研究机构努力将建筑业与其联系起来。在政府、高校、公司等多个方面的共同努力下，UWB技术必将得到快速的发展，也必将更好的推进智慧工地的进步<sup>[1]</sup>。

## 2 基于UWB技术定位相关概念及关键技术

### 2.1 UWB的相关概念

超宽带无线通信技术（UWB）是一种无载波通信技术。超宽带不使用载波，而是使用短能量脉冲序列，通过正交频分调制或直接测序将脉冲扩展到频率范围。超宽带的主要特点是传输速率高、空间容量大、成本低、功耗低。超宽带也可以称为脉冲无线电。

### 2.2 基于UWB技术定位相关概念

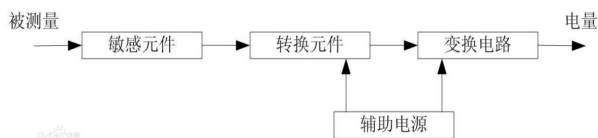
无线定位系统要实现精确定位，首先要获取定位解算所需的参数信息，然后构建相应的解算模型，根据这些参数信息和模型求解定位目标的准确位置。UWB具有超高的时间和空间分辨率，保证其可以准确获得待定位目标的时间和角度信息，时间信息可以转化为距离信息，最终求得待定位目标的位置<sup>[4]</sup>。

目前无线定位技术是指，即定位算法。

## 3 传感器的相关概念

传感器是一种检测装置，它能感知被测信息，并根据一定的规律将信息转化为电信号或其他需要的信息输出形式，以满足信息传输、处理、存储、显示、记录和控制的要求。

传感器具有小型化、数字化、智能化、多功能、系统化、网络化等特点。这是实现自动检测和控制的的第一步。传感器的存在和发展使物体具有触觉、味觉、嗅觉等感官，使物体逐渐变得有生命。一般按其基本的传感功能可分为十大类：热传感器、光传感器、气传感器、力传感器、磁传感器、湿度传感器、声传感器、辐射传感器、颜色传感器和味觉传感器<sup>[6]</sup>。传感器一般由敏感元件、转换元件、变换电路和辅助电源四部分组成，如图所示。



### 3.1 传感器的类型

传感器常用的分类方法有：

按被测量分类

- 1) 机械量：位移、力、速度、加速度
- 2) 热工量：温度、热量、流量（速）、压力（差）、液位
- 3) 物性参量：浓度、粘度、比重、酸碱度
- 4) 状态参量：裂纹、缺陷、泄漏、磨损

按测量原理分类

按传感器的工作原理可分为电阻式、电感式、电容式、压电式、光电式、光纤磁敏式、激光、超声波等传感器。

现有传感器的测量原理都是基于物理的、化学的和生物等各种效应和定律，这种分类方法便于从原理上认识输入与输出之间的变换关系，有利于专业人员从原理、设计及应用上作归纳性的分析与研究。

### 3.2 传感器在智能工地的作用

本次设计研究主要是通过 UWB 技术进行现场的人员定位，以便减少管理成本和管理人员的工作难度。除此之外，传感器的作用也是组成整个系统不可缺少的。安放传感器的作用在于随时监测工人作业时，工地现场环境是否达到可以正常作业的要求。同时，在不同类型传感器的监测下针对不同的设备或环境进行监测，最终实现设备环境的数据采集。

在工地现场作业时，绝大时候的环境和气温是难以预料的。工人在作业的时候并不会对环境的变化或者气温产生防范意识。多数的工人选择不顾环境的变化继续作业，此时，管理人员通过终端系统查看到环境或其他数据情况的异常，则立即进行暂停作业指示。其过程中，传感器的能力即采集需测量的数据，然后通过传输途径至管理终端。

## 4 系统运用分析

整个系统的完成需要各方面以及各因素的结合，其中，UWB 技术的布局需要与传感器链接起来，通过传感器的采集将数据利用 UWB 传输至管理终端。在终端管理平台上对各数据的采集集成分析展示。同时，终端处理器在数据的分析时将人员的位置清晰展示。

### 4.1 基于UWB在现场的定位技术布局

UWB 相较于其他的定位系统更加的适合于工地现场使用，因为 UWB 相较其他定位技术穿透性也较为良好，且准确性也不逊色。施工现场主要的系统建立方式如下：

在工人佩戴安全帽或者胸牌加装定位标签，标签形状简小轻巧，配置便捷，并且不影响任何工种作业（标签具有防水、防火、防高温等功能）。

建筑工地现场设置信号基站，以 UWB 定位技术原理在现场最佳位置设置，且根据现场的布局以及需穿透材质建立起信号传输路径。基站可设室内以及室外两种类型，室内基站可不受其他干扰物影响，室外基站具有防护措施。

基站的建立完成后，需要与无线接收器（CPE）进行数据信号对接，将各基站点与其链接起来。在此过程中，需要对接收器与基站之间建立网络链接。无线接收器（CPE）的设置位置在距离交换机与基站中心点的合适位置。具体情况根据现场设定。

传感器的选择根据不同环境、不同设施的需要。放置位置主要位于人员流动较大的区域和对环境要求较高设施的区域，且传感器的功能为无线网络连接，通过传感器测量监测的环境或设施数据经布置基站传送至接收器，最后将数据传送到终端，进行最终的数据分析处理。

标签发出的数据信号以及传感器发出的测量信号经基站接收后，接入中转接收器，整个过程实现的是信号数据的采集载入。最终在终端管理平台，经数据处理对数据信号进行分析处理，得到来自测量端请求信号，给出定位以及监测量的可视、可读化结果。

可视、可读化效果出现后，终端系统管理软件将人员的定位轨迹和时间进行数据保存至数据库。同理，传感器测量数据也在数据库中储存并且时分分类归纳。通过处理，对比近期各时间段的数据差别，避免异常数据信号发生。

每个标签具有各自的 MACID，监测人员在标签添加工人信息并上传至数据库，实现人员信息确定的功能。并且通过终端处理以及数据分析，标签运动轨迹储存在数据库，可以通过数对于建筑面积较大的工地，不仅仅是对传输信号的考验，也是对成本的考验。建立网络更为健全，数据传输空间更为稳定的基站点位，可以有效的避免建筑面积大的问题。各基站为无线基站，全面实行无线传输。

### 4.2 传感器在现场的布局及传输

传感器在施工作业现场均采用无线传输，不同类型传感器设置于各自需监测的最佳位置。传感器以监测温度、湿度、空气污染情况等为重心，主要监测不利于人员作业情况。采集节点对各被测量进行监测如二氧化碳浓度、湿度等等。数据采集完毕收由调节路由器处理信息，同时对配搭的 UWB 基站进行数据传输（具体的运用方式见上述系统建立方式部分）。

另一方面，传感器的质量选择需根据环境的情况决定，不同的环境针对不同的传感器。设备的数据以及状态建立

也在监测可行性的范围中，工地的设备机械部分较为重要，且形状各一，通过对标签的信息设定最佳状态环境，用以监测是否符合标准。

传感器的运用需要与 UWB 网络进行非常完善的链接，这样，监测的数据以及传输的高效性也会更加准确完美。

## 5 结论与展望

随着中国经济体系的高速发展，中国的建筑行业也是迎来了良好的发展空间。传统的建筑工地管理虽然趋于规范化，但是在实时高效性上仍然存在一些弊端。所以传统施工现场管理已经不能够满足现代工作的需求，信息化技术管理已经成为趋势，智慧工地的理念逐渐在萌发，并且趋于成型。与智能化相结合的工地管理模式具有规范生产工作行为，提高生产工作规范性，提高人员管理层面的可控性，提高生产过程控制的高效性等优点。基于 UWB 技术定位在目前已经是一项走向市场和科技的技术，它的优点在于准确性高，穿透力强。通过 UWB 定位，工地现场的管理难度减轻，力度变大。但是，对于复杂多变的作业现场仍然具有不足之处。

未来的数据传输能力以及定位的准确性会更加的完善，智慧工地的模式将变成一个趋势。中国的建筑业将迎来一个新的管理时代。

## [参考文献]

- 
- [1] 杨洲. 基于 UWB/MEMS 的高精度室内定位技术研究 [J], 2015,
  - [2] 陈筱丹. 基于 UWB 技术的路由算法研究 [D]. 华南理工大学, 2008.
  - [3] 王啸. 衰落信道下差分脉冲位置调制超宽带无线通信系统的性能和容量分析 [D]. 中国海洋大学, 2011.
  - [4] 陈健. 面向 3GPP-LTE 终端无线定位的参数估计与定位解算研究 [D]. 电子科技大学, 2011.
  - [5] 雷文英, 陈伯孝, 杨明磊, 等. 基于 TOA 和 TDOA 的三维无源目标定位方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2014, 36(5):816-823.
  - [6] 徐天龙, 李长城. 传感器和检测仪表的现状与发展趋势分析 [J]. 民营科技, 2011(12):216-216.
  - [7] 肖凌, 祝忠明, 赖敏. UWB 技术在无线传感器网络中的应用 [J]. 信息通信, 2007, 20(2):77-80.

# 新奥法在杨林隧道施工中的应用

力尚廷

中铁十四局集团第三工程有限公司, 山东济南 250000

DOI:10.33142/ec.vli1.27

[摘要] 通过对在建国家高速公路网昆明绕城高速公路东南段控制性工程杨林隧道的介绍, 具体阐述了新奥法施工的原理、要素、要点, 说明了新奥法在隧道施工中的安全质量控制的重要性, 以及在今后的隧道施工中一定要把新奥法施工的具体做法落实到位。

[关键词] 杨林隧道; 新奥法; 施工控制应用

## 1 概况

### 1.1 工程说明

昆明绕城高速公路东南段, 杨林隧道为本项目工程重点控制性工程。杨林隧道设计速度为 80km/h, 双线分离式双向六车道公路隧道, 单洞平均开挖断面约 150m<sup>3</sup>。杨林隧道左线全长 9462 米, 起点里程 ZK13+250, 终点里程 ZK22+712; 右线全长 9420 米, 起点里程 K13+270, 终点里程 K22+690。杨林隧道在左线 ZK17+700 处设施工斜井一座, 斜井全长 1052m、坡度为 -11.615%; 在 ZK18+171.25 处设通风竖井一座, 井深 152 米、内径 9.4 米。

### 1.2 工程地质概况

杨林隧道围岩级别为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级, 位于昆明市嵩明县、宜良县, 属云贵高原一部分, 区域地形属于中山侵蚀切割地貌, 高原面轮廓基本清晰, 微地貌属于高原台地与侵蚀沟谷并存, 碳酸盐分布区具有岩溶地貌特征, 区域海拔高程 1767 ~ 2400m, 相对高差 633m, 隧道最大埋深约 452m。杨林隧道址区地层岩性较齐全, 从远古界~新生界第四系均有出露。杨林隧道穿越断层两条, 均属区域南北向断裂的次级断裂。属于火头村~大东山断层和草子坡~落水洞断层。

## 2 新奥法施工的原理和特点

### 2.1 新奥法中锚杆和喷射混凝土支护的特点

2.1.1 它及时加固围岩, 提供足够的支护能力。

2.1.2 它与混凝土衬砌不一样, 可以容许有一定的变形, 混凝土衬砌变形大了就开裂, 而锚喷支护在一定变形情况下, 能保持支护的完整性与整体性。

2.1.3 锚喷支护同围岩能全面粘结, 中间没有空隙。而木支撑、钢支撑混凝土衬砌很难做到紧密粘结。总的来说锚喷支护具有及时性、封闭性、粘结性、柔性的四大特点。

### 2.2 新奥法中提高围岩自承力的几个要点

在开挖过程中尽量减少对围岩有过大的扰动, 尽量降低开挖爆破的冲击力, 开挖后在围岩还未松动前, 及时加固和支护。在围岩一定的变形过程中, 围岩形成压密拱形成自承能力, 要求支护要有一定的柔性, 只有锚喷支护才能满足这一要求, 并且通过监控量测对变形进行控制。隧道开挖之后, 围岩最终稳定, 是在支护形成闭合圆环以后, 这时的支护力才能发挥, 因此锚喷支护要及时封闭仰拱。

## 3 新奥法在杨林隧道施工中质量控制的要点和措施

### 3.1 杨林隧道施工测量工作

杨林隧道作为特长大断面隧道, 为保证杨林隧道的工程质量, 避免发生工程质量事故, 其中重中之重“测量”是第一位, 测量误差精度一定要满足规范要求, 应安排专人负责隧道测量, 必须坚持“测量两级复核制”, 确保施工测量精度达到要求, 是保证杨林隧道整个工程质量的首要条件。在开工之前聘请了专业测量公司进行了洞外控制网测量, 并编制了《杨林隧道洞内控制测量专项方案》, 施工过程中严格按专项方案实施。

### 3.2 杨林隧道施工开挖安全质量控制

杨林隧道开挖对整个隧道施工安全质量是同样重要的, 对于这种大断面隧道开挖, “短进尺, 快循环, 弱爆破, 少干扰, 早喷锚, 强支护, 勤量测, 紧封闭”是我们必须遵循的原则, 考虑到多方面因素杨林隧道爆破采用水压光面爆破。

#### 3.2.1 水压光面爆破基本技术原理

水压光面爆破是近年来隧道开挖爆破施工中广泛应用的技术, 它通过往炮眼中一定位置放置水袋, 用炮泥在孔口回填堵塞, 由于炮孔中装填了水袋和炮泥, 利用水的不可压缩的特性, 无损失传递炸药能量, 有利于围岩破碎, 产生的“水楔”作用进一步破碎岩石, 防止岩爆; 炮孔最底部的水袋代替炸药卷, 利用在水中的反射波作用不但延长爆破作用时间, 而且水楔作用效果更好, 更有利于岩石破碎; 同时水和炮泥的复合堵塞作用, 有效利用爆破生成的膨胀气

体对围岩产生最后的破碎效果。水压爆破有着显著的“三提高、两减少、一保护”的作用，主要表现在：提高循环进尺、提高光面爆破效果、提高炸药利用率；减少洞渣大块率、振动速度降低，减少对周边围岩扰动；粉尘含量降低，保护作业人员身心健康。

隧道开挖水压光面爆破与常规爆破的炮眼装药结构如下图对比。



图 1 一般爆破结构装药示意图

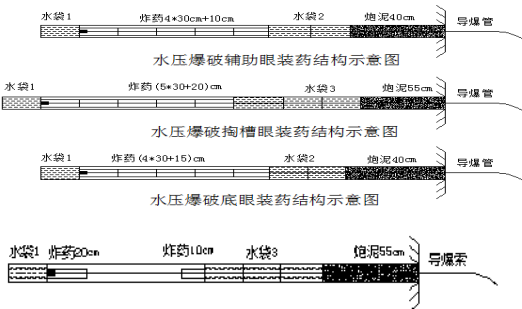


图 2 水压爆破装药结构示意图

### 3.2.2 水压光面爆破的技术要点

- 炮眼底注水长度约为 1 个水袋（20cm）。
- 注意注水工艺，即水袋制作工艺。
- 炮泥制作工艺要好。

### 3.3 正确确定杨林隧道断面开挖尺寸

正确地确定开挖轮廓线，这个轮廓线在设计开挖轮廓线的基础上，加上了允许施工误差，严格控制开挖断面，不允许欠挖、超挖超过允许值。杨林隧道施工配备了徕卡 TS15 内装隧道断面测量软件全站仪及卡西欧 9860 编程计算器，可以更方便、更快捷、更灵活地检测开挖断面，避免超挖、欠挖。

### 3.4 做好杨林隧道锚杆施工质量控制

锚杆加固岩石，一是局部加固，局部岩面通过锚杆的悬吊作用固定到稳定岩石上，阻止岩石的继续松动。二是整体作用，指按规定方向、规定距离，布置系统的锚杆，形成整体岩石拱支撑顶部岩石，提高围岩的自承能力。

锚杆加固岩石能真正起作用的条件：（1）要保证杆件要有足够的强度；（2）杆体锚固在岩石中，保证设计长度；（3）砂浆有足够强度和饱满度，保证锚杆杆体有足够的握裹力，对锚杆孔的岩面有足够的粘结力。

### 3.5 做好杨林隧道喷射混凝土的施工质量控制

喷射混凝土支护被越来越多的人接受，喷射混凝土与原材料、设计配合比都有关，它实际的水灰比是多少，控制在喷射手，喷射手的技术和责任心是至关重要的。技术不好或责任心不强的喷射手，喷出的混凝土颜色发暗（水灰比小），或喷射混凝土流淌（水灰比过大），厚度不均匀，而且普遍厚度不够，粉尘大，回弹大，喷射混凝土强度达不到设计要求。

高质量的喷射混凝土是表面平整、光洁，厚度均匀，并达到要求，回弹少，粉尘少，混凝土强度达到设计要求。为了减少回弹，提高喷混凝土质量，提倡低风压近距离喷射工艺，且垂直受喷面。为了保证杨林隧道喷射混凝土的质量，我们专门成立了专人试验小组，对喷射混凝土进行跟班作业。对于喷射混凝土厚度我们通常是利用锚杆头、埋设厚度标志、是否把拱架填平等来控制。喷射混凝土还有一个容易出现的问题，就是空鼓和钢筋网背后喷射不实，对于这样的问题解决的方法是喷射前必须用水冲洗受喷岩面；钢筋网背后要喷实必须从两侧喷实，双层钢筋网的时候，必须喷完第一层以后，再挂第二层网，再喷，禁止两层网一次挂后喷混凝土，或在钢筋网背后回填石头的作法。

### 4 杨林隧道二次衬砌混凝土施工的质量控制

二次衬砌施作时间是初期支护完全稳定后，才能灌注二次衬砌，这样的施工顺序，应该说二次衬砌除承受防水层传过来的水压力以外，基本不受外力，是安全储备。当然，作到初期支护完全稳定，时间拖得长，而且当遇到一些软弱地层，流变特性突出的地层，需要支护要有足够的刚度，这样需要提前施作二次衬砌。这时，二次衬砌除作安全储备以外，还是要承受一部分地层荷载的。作为施工人员要知道，按新奥法规则，二次衬砌要有一个时间要求的原因何在。

### 5 杨林隧道监控量测

#### 5.1 需要监控量测的围岩类别

根据《公路施工技术规范》要求，结合杨林隧道设计的具体情况，确定对 III、IV、V 类围岩进行监控量测。

#### 5.2 监控量测组成

根据杨林隧道不同地质条件、支护参数、施工方法、确定量测项目、采用非接触式，对杨林隧道进行监控量测。

#### 5.3 信息资料统计及数据分析

现场量测的数据应及时绘制位移与时间曲线，在位移与时间曲线趋于平缓时，应及时对数据进行处理并作出回归

分析。可用对数函数： $u=a\lg(1+t)$   $u=a+b/\lg(1+t)$ ，指数函数： $u=ae^{-b/t}$

通过数据处理和回归分析，围岩失稳一般表现为不收敛或者变形趋势加大，初支喷层裂隙加大。对于围岩稳定的信息主要表现在收敛小于 0.2mm/天，顶下沉小于 0.1mm/天，位移曲线趋于平缓，相对位移值达到计算总位移值的 90%。通过对反馈的信息特征，对危险地段加强支护，使围岩初期支护体系有一定的安全系数，指导和及时施工二次衬砌。

## 6 结束语

通过对杨林隧道工程的施工过程，新奥法施工已不再是什么难事，但要真正做好不易，这要求技术人员要有一定的地质学和岩石力学知识，要充分理解新奥法的原理、要素，不可用片面的想法加以判断。作为施工人员更重要的是把新奥法施工的每一个环节落实到实处，只有这样才能搞好隧道的安全质量控制，才能获得最佳的安全性、经济性、实用性。

## [参考文献]

- 
- [1] 云南省交通规划设计研究院. 国家高速公路网昆明绕城高速公路东南段杨林隧道三阶段第一册施工图设计 [Q]. 昆明: 云南省交通规划设计研究院, 2015:1-2.
- [2] 鲍教贺. 杨林隧道突泥涌水处置浅析. [A]. 铁道建筑技术, 2017(3): 112-115.
- [3] 公路工程. 隧道工程新奥法名词解释. 互联网. 2012-11-13.
- [4] 曹亮. 新奥法在地下工程中的应用. 黑龙江科技信息, 2015-05-05.
- [5] 刘青. 福祿岭隧道监控量测与分析研究. 武汉理工大学硕士论文, 2011-04-01.
- [6] 贺志荣, 潘万云. 监控量测在阿尔格勒特山公路隧道中的应用. 四川建筑, 2012-04-28.
- [7] 毛华为, 范佳. 巴基斯坦 N-J 水电站引水隧洞收敛观测应用与分析. 科技创业家, 2014-04-01.
- [8] 贾晓旭, 赵玉成. 临近桥墩地铁竖井爆破控制技术. 浙江交通职业技术学院学报, 2016-06-20.
- [9] 蒋绪鹏. 控制爆破技术在临近高速公路等复杂环境下的应用. [B]. 铁道建筑技术, 2015(8): 110-113.
- [10] 高文超. 水压光面爆破技术在松阳隧道大路下斜井施工中的应用. [B]. 铁道建筑技术, 2016(3): 34-37.
- [11] 陶世界. 地铁车站浅埋隧道爆破施工技术分析. 江西建材. 2015-05-15.
- [12] 隧道水压爆破施工技术公路工程. 豆丁网. 互联网. 2015-06-22.
- [13] 温玉辉. 公路隧道施工监控量测手段及测试元件埋设方法. 铁道建筑技术, 2006(2): 21-25.
- [14] 王淑芳. 软岩隧道变形动态监测与分析. 中国水运(下半月), 2011-06-15.

## 关于煤矿安全生产责任体系建设的研究

赵杰 王其杰

山东能源临矿集团王楼煤矿, 山东济宁 272350

DOI:10.33142/ec.v1i1.37

**[摘要]** 安全生产一直是我国生产环节秉承的重要理念,而煤矿行业的生产安全更是需要强调的重点。随着国家对煤矿行业的生产安全问题的重视逐渐加强,我国的煤矿安全问题得到有效控制,但煤矿的安全事故仍有发生。因此,建立一套安全管理体系对煤矿安全生产具有重要意义。对我国目前煤矿安全管理体系进行简单介绍,并提出其存在的问题,从而针对安全管理体系建设提出切实可行的建议。

**[关键词]** 安全生产制度; 管理体系; 责任体系

安全生产事关职工的生命安全,事关每个小家的幸福,事关泰安发展稳定大局。安全管理从来都不是临时“抱佛脚”,安全管理不能本末倒置,不能等到出了安全事故的时候才意识到安全的重要性,想要平安、想要发展,山东能源临矿集团王楼煤矿在日常的精细化安全管理工作点滴中坚定守住“安全”这尊大佛。持续加强安全领域的大检查、大排查、大整治,全面推动安全生产关口前移,重心下移,以铁的的决心和措施坚决防范杜绝各类安全生产事故发生。山东能源临矿集团王楼煤矿始终坚持从员工思想上提升安全意识,管理制度上完善健全,落实上狠抓执行到位。

### 1 落实主体责任,重在绷紧安全生产之弦。

#### 1.1 立局责任落实抓安全

山东能源临矿集团王楼煤矿进一步强化责任担当,不断健全完善“党政同责、一岗双责、失责追责”的安全生产责任体系,随着开采水平的延伸和开采范围的扩大,各类安全风险、隐患预防和治理难度逐渐加大,这就要求煤矿企业要突出抓好下水害、火灾、煤尘、瓦斯、冲击地压等重点生产现场的精细化安全管理,提高安全管理水平和安全保障能力,必须在抓制度、安全技术措施落实上下功夫,要重心下移、关口前移,要组织到位、落实到位、执行到位,要严守职责、严肃问责,严格安全考核体系,推进两个责任落实。以铁的担当尽责、铁的手腕治患、铁的心肠问责、铁的办法治本“四铁”精神,狠抓安全大检查,狠抓安全风险分级管控和重大隐患排查治理,才能保障矿井长治久安。

#### 1.2 立局“抓大不放小”抓安全

煤矿企业必须树立“大安全”理念,遵循煤矿安全生产规律,统筹抓好各系统安全生产工作。抓大,就是要管住大系统,治理大隐患,防范大事故;要抓住关键领导、关键的决策部署。防小,就是要管好重点环节、细节、非正常作业点和关键岗位人员,落实重点措施,防止零打碎敲事故发生。

#### 1.3 立局隐患排查治理抓安全

提高认识,强化红线意识,以人民为中心,持续抓好煤矿安全生产,不断提升安全基础管理水平,扎实做好“隐患排查治理”各项工作,是实现煤矿企业安全生产根本手段。山东能源临矿集团王楼煤矿近几年来,持续抓好隐患排查治理工作的组织领导,建立和落实安全隐患排查治理工作机制,以高度负责的精神研究布置好安全隐患排查治理各项工作,精心布置,抓好落实。每月分三次开展隐患排查治理和不定期抽查,始终做到排查关注细节、不留死角、治理不留后患,同时加大在动态生产生产过程精细化管理中隐患排查的频次和密度,尤其是对存在的问题隐患的一线基层区队,明确了监管责任人,对C类以上隐患做到专业负责人挂牌督办,确保了隐患治理工作的落实。

### 2 安全发展,统筹兼顾,重在压实安全生产之责。

#### 2.1 安全责任常抓不懈

山东能源临矿集团王楼煤矿紧紧围绕“企业安全生产责任体系建设”这个主题话安全,坚决强化责任落实,严防各类安全生产风险,全力实现稳中求进、高质量求安全发展。全面落实安全生产主体责任,切实做到不安全不生产。强化安全生产主体责任,健全完善责、权、利相统一,一级对一级负责,一级考核一级的安全责任考核体系。一是遵循谁主管、谁负责,谁分管、谁负责,谁落实、谁负责原则,进一步落实矿→区队(厂)→班组→职工各层级安全生产责任,继续完善“横向到边、纵向到底、责任到人、不留死角”的安全责任体系,实现安全工作超前谋划、超前预想、超前研究和超前防范。推动“四个转变”,通过由“就问题说问题”转变为“就问题说管理”,解决问题重复出现的问题。从“查找直接原因”到“查找问题背后的问题”并重,追根求源;通过重点对“事”监管转变为重点对“人”监管,解决“上紧下松中梗阻”的现象和安全管理“严不起来、落实不下去”的问题,打通安全生产制度落实的“最后一公里”;通过重点对“生产结果”监管转变为对“生产过程”监管,解决“时紧时松间歇症”的现象和现场管理“问题反复”的问题;通过重点对“作业现场”监管转变为对“作业规程和作业现场并重”监管,彻底解决作业规程和作业现场脱

节的问题。二是严格遵守和执行安全生产法律法规、规章制度与技术标准,坚持依法依规加强安全生产,加大安全投入,健全安全管理机构,加强班组安全建设,保持安全设备设施完好有效。三是在特殊时期(政治敏感时间段、节假日、月底月初)、特殊情况(现场有地质变化及开门、过巷、透巷、撤面搬家、特殊运输),严格执行矿领导、科室、区队“三职”盯现场和双值双盯制度,确保动态安全生产。四是各单位负责人是安全生产的第一责任者,认真落实上级及矿井安全决策部署及规定要求,加强安全基础工作,提高安全自主管理能力。把安全生产的责任层层分解,落实到科室、区队、班组及各个岗位,层层签订安全目标责任书(承诺书),形成人人讲安全、人人管安全、人人重视安全的责任体系,构建个人保班组、班组保区队、区队保全矿的安全管理格局。五是依据“谁分管、谁负责、谁督查”的原则,坚持目标、任务、质量、时间、措施“五到位”,落实督查责任。安全监察部门重点对安全文件落实、安全措施执行、安全监督检查、现场隐患整改等全面督查,督查情况及时在安全办公会议上进行通报。紧紧盯住不落实的事,严格追究不落实的人,提高执行力。六是强化各级管理人员责任意识、作风意识和安全发展红线意识,正确处理和把握好安全与生产、安全与效益、安全与稳定发展的关系,把安全工作作为治矿、管矿的第一要务,切实做到不安全不生产。

## 2.2 安全生产警钟长鸣

山东能源临矿集团王楼煤矿坚持每周利用安全活动时间,开展安全警示教育活动,用典型的事故案例来警示人、教育人、规范人。深刻吸取全国及省内外安全生产事故教训,让每一起事故都深刻警示全体员工,企业永远是安全生产主体、内因和根本,只有落实到企业的生产管理行为中,才能最大限度消除安全隐患。利用班前会、安全例会、安全培训干部上讲台、区队班组长上讲台等多种形式,持续组织观看各类事故警示教育片,组织反思大讨论,对照典型事故进行剖析,吸取教训。利用微信、媒体平台等安全警示教育宣传,以血淋淋的教训为背景来警示人、告诫人,规范人,全面稳步开展安全警示教育等各项工作,以此来提高了员工的安全意识,为安全生产打基础。

## 3 强化责任落实,重在实效。

### 3.1 强化责任落实

山东能源临矿集团王楼煤矿反“三违”活动领导小组负责组织推动反“三违”活动工作。制定公司反“三违”活动具体实施细则,进一步细化反“三违”的具体内容和措施要求,并要加强对活动全过程的监督检查工作。

3.1.1 强化安全考核,形成反“三违”考核体系。山东能源临矿集团王楼煤矿按照“三违”类型,进行分级管理及责任考核,制定处罚标准。本着科学、合理、公平、公正的原则,按事实违章、综合违章、严重违章进行“三违”类型划分和分级,为规范“三违”处罚提供依据,以保证“三违”处理的一致性和公正性,制定了《安全管理处罚办法》。公司安监处建立统一台账,每月对“三违”情况进行登记汇总,每周安全例会上进行通报,并存档备查。

3.1.2 强化活动效果,形成反“三违”责任体系。山东能源临矿集团王楼煤矿扎实开展反“三违”专项整治活动。2018年19月份和2017年全年同期相比,三违现象同比下降率为61%,专项行动治理效果明显,达到了预期管控的目的。每季度制定相关反“三违”措施,各级管理人员利用8小时带班和安全执法小分队不断加大“反三违”力度,积极进行不安全行为纠偏,坚决遏制和消除“三违”行为。同时对发生“三违”所在区队班组长、单位负责人和分管领导实行责任挂钩,根据情节轻重严格进行考核。

3.1.3 强化措施落实,形成良好氛围。精细化安全管理要从做到“思想到位、责任到位、执行到位、措施到位、检查到位、治理到位、落实到位”保证安全生产工作有序推进。一是深入开展安全生产薄弱人物的排查,采用谈反思、谈原因、谈后果、谈错误、谈改进措施,通过过五关:处罚关、培训关、谈话关、承诺关、考试关和家属亲情帮教的方式,来促进职工安全行为养成,使职工在现场自觉不“三违”,自觉遵守章守纪,自觉自保互保,自觉规范个人安全行为,实现诚信安全,形成要我安全向我要安全的转变。二是对典型的“三违”人员召开事故隐患案例教育分析会,用“三违”人员现身说法,从而达到违章我一人,教育所有人的目的。实现了靠制度管人、靠流程管事、管文化管企的安全文化深根落地,从而进一步规范了员工的操作行为,使班组安全管理稳步推进、员工安全意识不断增强、企业安全生产体系建设取得实效。

## 4 提高安全意识,抓好基础建设是落实好安全生产工作的基础和前提

4.1 按照“坚持安全发展、强化安全生产管理和监督,有效遏制重特大安全事故”的要求,从全面落实科学发展观,维护职工群众生命财产安全,实现矿区经济社会又好又快发展的高度,充分认识加强安全生产的重要性和搞好安全生产的紧迫性,进一步增强践行以人民为中心的“安全发展”科学理念的自觉性,把安全生产作为落实“五统筹五和谐”战略思想、统领建设高效安全矿井的重要任务,作为构建和谐矿区的重要着力点和切入点之一,摆到“高于一切、重于一切、先于一切、影响一切”的首要位置,抓实、抓紧、抓出成效,实现安全生产持续稳定健康发展。

4.2 强化区队班组自主管理,推进区队、班组安全建设。建立完善以安全为核心的区队、班组管理的考评机制、奖惩机制、选拔任用机制“三项机制”。一是推进“区队自主、班组自治、个人自律”。突出抓好区队长、班组长队伍建设和选拔任用,注重班组自治管理机制建设和自主管理能力培育,进一步落实班组长现场管理、薪酬分配、组织协调等权力,使责任和压力传递到班组、管理重心下移到班组。二是开展对区队、班组长进行轮训,重点培训行为规范、管理技能、安全知识、制度标准等,不断提高管理能力、履职能力,使其知道“管什么、怎么管、管到什么标准”。三是严格执行跟班管理人员、班组长、安监员现场交接班制度,形成现场管理相互监督、制约和保障机制。

4.3 提高全员安全意识。安全生产,人人有责,需要营造良好的企业氛围,引导教育人人关注、人人参与、人人支持安全生产,齐心协力提升全矿安全生产工作水平。让杜绝事故隐患、保证安全成为职工群众的自觉行动,从而全面提升干部职工的安全意识。“安”者,安定和谐也。家之安,则户纳千祥;国之安,则国运昌盛;宇之安,则万物和谐。充分认识落实企业安全生产主体责任的重要意义并采取切实有效的措施,是提高企业本质安全度的必由之路!安全工

作只有起点没有终点，做好安全生产工作，意义更为深远，责任更为重大。我们将安全生产零死亡作为安全管理的崇高理念，发扬钉钉子的精神，扎实有效地抓好安全工作，全力筑牢安全根基，牢守安全红线。紧扣一个“细”字，以“踏石留印，抓铁有痕”的作风和干劲抓整改抓落实，扎实推进安全生产管理再上一个新台阶。

## 5 结束语

山东能源临矿集团王楼煤矿在安全文化责任体系建设过程中，始终树立“制度管人、流程管事、文化管企”文化理念，构建“不忘初心、牢记使命”和“时不我待、只争朝夕”的文化氛围。以安全生产责任体系建设为引领，落实企业主体责任，构建精细化安全管理新秩序，真正实现安全管理的长效管控机制，为推进“落实企业安全主体责任、促进煤矿安全发展”保驾护航。

## [参考文献]

---

- [1] 钱平凡，周健奇。国内外煤矿安全生产先进经验与政策建议 [J]. 煤炭经济研究，2012, 03:91-93
- [2] 曹超。煤炭行业推行安全生产责任保险作用及问题探讨。中国安全生产科学技术，2009, 05:157-161

# 浅谈引风机变频节能改造及日常维护应用

成丽波 陈绍龙

国电湖南宝庆煤电有限公司，湖南邵阳 422000

DOI:10.33142/ec.vli1.38

[摘要] 本文根据宝庆电厂两台机组引风机变频节能改造设计、施工、调试、节能分析及日常维护注意事项，为火电厂同类系统设备节能改造提供参考。

[关键词] 变频器；真空开关；控制逻辑；调试方案；节能经济性

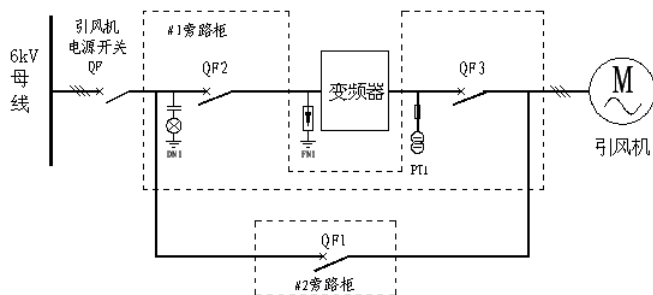
## 1 引风机变频节能改造必要性

国电湖南宝庆煤电有限公司两台 660MW 机组，总装机容量 1320MW，锅炉侧设备为国产设备。为了保证机组的安全稳定运行，机组各辅机的备用容量较大。机组在夏季满负荷时，引风机挡板开度在 75%～80% 左右，能力损失较大，风机效率低，而且将导致电机及机械的使用寿命减少，引起维护工作量和成本大大增加。引风机电机额定功率 6000KW，全年实际最大输出功率不超过 5500KW，节能空间很大，现提出进行 #1、#2 机组共计 4 台引风机变频节能技术改造。

## 2 引风机变频节能改造方案

国电湖南宝庆煤电有限公司 #1、2 机组引风机变频技改工程所采用的变频器为西门子（上海）电气传动设备有限公司提供的空冷型完美无谐波变频器，6KV AC，3 相，50HZ，AC 输入，0-6KVAC 输出。变压器采用 7000KVA 空冷干式 30 脉冲隔离变压器。该变频器的控制方式采用多极 PWM 叠加技术，结构采用多个变频单元串联叠加输出的方式。整套变频装置由旁通柜、变压器柜、功率单元柜和控制柜四部分组成，可以在机组正常运行中实现变频回路和工频回路的自动切换或手动切换。

引风机高压变频改造采用“一拖一自动旁路”方式，如下图所示。变频器一次回路由真空断路器 QF1、QF2、QF3 组成。#1 旁路柜由 QF2、QF3 两台真空断路器组成（采用每台断路器独立立柜方式），#2 旁路柜由真空断路器 QF1 组成。采用铠装移开式开关设备。系统一次接线方案如下图所示：



6kV 电源经真空断路器 QF2 到高压变频装置，变频装置输出经真空断路器 QF3 送至引风机电机变频运行；6kV 电源还可经真空断路器 QF1 直接起动引风机工频运行。安装位置：#1 机组两套引风机变频设备安装与 #1 引风机与电除尘中间走廊，两套共用一个配电室；#2 机组两套引风机变频设备安装与 #2 引风机与电除尘中间走廊，两套共用一个配电室。变频器室采用电机旁就地布置，节约投资费用。

### 2.1 1A 引风机变频设备新增电气回路：

1) 动力电缆：6kV 工作段至电机原动力电缆，改为 6kV 工作段至变频器总进线开关，新增动力电缆由变频设备至电机本体。

2) 开关直流控制电源：#1 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 9 列间隔；

3) 交流电源：变频器控制电源 I 取至 #1 炉锅炉保安 MCCA 段 07F 间隔；变频器控制电源 II 取至 #1 炉锅炉保安 MCCB 段 05H 间隔；变压器空水冷装置动力电源 I 取至 #1 电除尘 PCA 段 03H 间隔；变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #1 电除尘 PCB 段 03I 间隔；

### 2.2 1B 引风机变频设备新增电气回路：

1) 动力电缆：6kV 工作段至电机原动力电缆，改为 6kV 工作段至变频器总进线开关，新增动力电缆由变频设备至电机本体。

2) 开关直流控制电源: #1 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 10 列间隔;

3) 交流电源: 变频器控制电源 I 取至 #1 炉锅炉保安 MCCB 段 07F 间隔; 变频器控制电源 II 取至 #1 炉锅炉保安 MCCA 段 07G 间隔; 变压器空水冷装置动力电源取 I 至 #1 电除尘 PCA 段 05H 间隔; 变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #1 电除尘 PCB 段 04H 间隔;

### 2.3 2A 引风机变频设备新增电气回路:

1) 动力电缆: 6kV 工作段至电机原动力电缆, 改为 6kV 工作段至变频器总进线开关, 新增动力电缆由变频设备至电机本体。

2) 开关直流控制电源: #2 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 6 列间隔;

3) 交流电源: 变频器控制电源 I 取至 #2 炉锅炉保安 MCCA 段 04G 间隔; 变频器控制电源 II 取至 #2 炉锅炉保安 MCCB 段 07H 间隔; 变压器空水冷装置动力电源 I 取至 #2 电除尘 PCA 段 03G 间隔; 变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #2 电除尘 PCB 段 02I 间隔;

### 2.4 2B 引风机变频设备新增电气回路:

1) 动力电缆: 6kV 工作段至电机原动力电缆, 改为 6kV 工作段至变频器总进线开关, 新增动力电缆由变频设备至电机本体。

2) 开关直流控制电源: #2 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 7 列间隔;

3) 交流电源: 变频器控制电源 I 取至 #2 炉锅炉保安 MCCB 段 07I 间隔; 变频器控制电源 II 取至 #2 炉锅炉保安 MCCA 段 07G 间隔; 变压器空水冷装置动力电源 I 取至 #2 电除尘 PCA 段 04H 间隔; 变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #2 电除尘 PCB 段 03H 间隔;

### 2.5 #1 机组引风机变频室新增电气回路:

1) #1 引风机变频室照明空调配电箱电源取至 #1 电除尘 PCA 段 03A 间隔

2) #1 引风机变频室检修电源箱电源取至 #1 电除尘 PCB 段 04F 间隔

### 2.6 #2 机组引风机变频室新增电气回路:

1) #2 引风机变频室照明空调配电箱电源取至 #2 电除尘 PCA 段 03A 间隔

2) #2 引风机变频室检修电源箱电源取至 #2 电除尘 PCB 段 02H 间隔

### 2.7 变频器至热工新增信号:

以 DCS 侧为基准

1) DO 信号: 变频器 DCS 紧急停机指令, 变频器 DCS 远方复位指令, DCS 变频启动指令, DCS 变频停止指令, QF1 断路器 DCS 合闸指令, QF1 断路器 DCS 分闸指令, QF2 断路器 DCS 合闸指令, QF2 断路器 DCS 分闸指令, QF3 断路器 DCS 合闸指令, QF3 断路器 DCS 分闸指令。

2) DI 指令: 变频器准备就绪 (常开点), 电机变频运行 (常开点), 变频重故障 (常开点), 变频轻故障 (常开点), 变频远方 / 就地控制 (常开点), QF1 远方控制模式 (常开点), QF1 位置信号 (常开点), QF1 位置信号 (常闭点), QF1 开关综合报警 (常开点) QF2 远方控制模式 (常开点), QF2 位置信号 (常开点), QF2 位置信号 (常闭点), QF2 开关综合报警 (常开点) QF3 远方控制模式 (常开点), QF3 位置信号 (常开点), QF3 位置信号 (常闭点), QF3 开关综合报警 (常开点);

3) AO 反馈: 变频器给定频率;

4) AI 指令: 变频器运行频率, 变频器输出电流, 引风机变频室温度; 目前真空系统节能改造主要有两种技术路线:

## 3 宝庆电厂 #1、2 机组引风机变频逻辑应用

### 3.1 新增逻辑

1) 引风机高压侧电源开关 QF 逻辑

2) 引风机高压侧电源开关 QF 合闸允许条件

任一台冷却风机运行; 任一台引风机电机油站油泵运行; 引风机电机油站供油压力正常 (大于 0.2MPa); 引风机轴承温度正常 <90℃; 引风机电机前、后轴承温度 <70℃; 引风机入口烟气挡板 1、2 关闭; 引风机出口电动门开状态; 任一台空预器投入运行; 引风机无电气故障; 脱硫系统启动允许; 建立烟风通道; 无跳闸条件; 变频器进线开关 QF2 在分闸位置; 工频旁路开关 QF1 在分闸位置

3) 引风机高压侧电源开关 QF 跳闸条件

引风机 A 轴承温度 >110℃, 延时 5s; 引风机 A 电机前轴承温度或后轴承温度 >80℃; 引风机 A 电机三相线圈温度 >130℃; 引风机 A 轴承 X 向振动过大 7.1mm/s 且 Y 向振动报警 4.8mm/s 加品质判断 (延时 3s); 引风机 A 轴承 Y 向振动过大 7.1mm/s 且 X 向振动报警 4.8mm/s 加品质判断 (延时 3s); 两台冷却风机全停且引风机轴承温度 (>95℃); 两台润滑油泵全停延时 10S 或引风机电机油站供油压力低且低低 (延时 5s); 引风机 A 运行后 60S, 出口电动门关延时 15S; 引风机 A 启动后 60S, 入口烟气挡板全关延时 15S; 两台送风机运行, 两台引风机运行时。送风机 A 跳闸, 联跳同侧引风机 A; 两侧主 / 备用空预器电机均停运延时 2min;

MFT 已跳闸且炉膛压力低 2 且低 3 值 (-4500Pa); 脱硫请求停引风机 A; 循环浆液泵全停;

4) 工频旁路开关 QF1 合闸条件

引风机高压侧电源开关 QF 在合闸位置; 变频器出线开关 QF3 在分闸位置; 变频器进线开关 QF1 控制方式在远方;

变频器进线开关 QF1 无报警

3.2 变频器逻辑

1) 变频器启动允许条件

变频器无轻故障；变频器无重故障；变频器准备就绪；变频器远方控制；引风机高压侧电源开关 QF 合闸状态；变频器进线开关 QF2 合闸状态；变频器出线开关 QF3 合闸状态；

2) 变频器停止条件

变频器重故障信号；变频切工频指令发出；DSC 发变频器停止；就地停止变频器；DCS 发变频器紧急停止；就地紧急停止变频器；

3) 变频切工频逻辑

变频切工频条件

变频器重故障信号来；DCS 上“变频切工频”指令发出；

4) 变频切工频逻辑动作步骤

跳闸变频器出线开关 QF3；跳闸变频器进线开关 QF2；停止变频器运行；超驰关闭引风机静叶至对应负荷位置（该位置由对应负荷静叶曲线给定）；变频器出线开关 QF3 跳开 1.5S 后，合上工频旁路开关 QF1。

5) 工频切变频逻辑

工频切变频条件

由运行人员在 DCS 上按下“工频切变频”按钮，发出工频切变频指令，引风机自动由工频运行方式切换至变频运行方式；

6) 工频切变频逻辑动作步骤

运行人员发出“工频切变频”指令；合上变频器进线开关 QF2；变频器准备就绪，发信号至 DCS；确认变频器转速给定（4 ~ 20mA 模拟量）为额定转速和较高转速（变频给定在 49HZ 以上）；断开工频旁路开关 QF1；合上变频器出线开关 QF3；变频器启动运行

3.3 变频调节自动逻辑

增加变频调节自动调节回路，工作原理同引风机静叶调节回路。任一变频调节投入自动后，两台引风机静叶强制切手动。人为将静叶全开，变频自动调节炉膛负压。通过引风机 A 变频调节操作面板可以设置炉膛负压设定值，通过引风机 B 变频调节操作面板可以设置 A/B 引风机变频指令偏置，变频指令最大偏置不得超过 ±5%，既两台引风机变频频率差最大不得超过 10%，否则输入无效。

原工频情况下静叶调节自动不变（既 A 引静叶调节器调节负压，B 引静叶调节器调节两侧静叶偏置）。

变频自动切手动条件：操作员将变频切手动；变频指令与反馈偏差大；变频反馈品质坏；炉膛压力测点无效；炉膛压力控制偏差 > 500Pa 且 RB 未动作；引风机变频器停止运行。

3.4 修改逻辑

1) 引风机状态判断逻辑

原逻辑中引风机高侧电源开关 QF 的合闸状态代表引风机运行状态，引风机高侧电源开关 QF 的分闸状态代表引风机停止状态，增加变频设备后，引风机状态判断条件需进行相应修改。

原逻辑中引风机跳闸接的是高压侧开关状态，应将原逻辑中单台引风机跳闸的逻辑更改为引风机跳闸综合信号。信号更改后相应引风机 RB 功能、送引风机相互联锁功能以及引风机跳闸联关静叶、进出口挡板功能可不作变动。

2) 引风机变频运行状态判断

以下条件全部满足，则认为该引风机处于变频运行状态：  
引风机高侧电源开关 QF 合闸状态；变频器变频运行状态；

3) 引风机工频运行状态判断

以下条件全部满足，则认为该引风机处于工频运行状态：  
引风机高侧电源开关 QF 合闸状态；引风机工频运行状态。

4) 跟踪逻辑

在原跟踪逻辑中增加以下跟踪逻辑：

任一引风机运行过程中变频切工频，其静叶自动关闭至对应负荷曲线对应下开度。（见附表一、二）

附表一：#1 锅炉引风机静叶开度与机组负荷对应关系：

| 负荷<br>项目 | 0MW | 300MW | 500MW | 660MW |
|----------|-----|-------|-------|-------|
| A引静叶开度   | 35  | 35    | 56    | 85    |
| B引静叶开度   | 34  | 34    | 52    | 80    |

附表二：#1 锅炉引风机静叶开度与负荷对应曲线

| 负荷<br>项目 | 0-300MW | 300-500MW    | 500-660MW     |
|----------|---------|--------------|---------------|
| A引静叶对应曲线 | Y=35    | Y=0.105X+3.5 | Y=0.181X-34.6 |
| B引静叶对应曲线 | Y=34    | Y=0.09X+7    | Y=0.175X-35.5 |

### 3.5 画面修改

#### 1) 风烟系统画面

增加引风机变频操作面板连接, 点击风烟系统画面上的引风机变频按钮弹出变频操作面板。该面板包括 QF、QF1、QF2、QF3 及变频器的操作和状态显示, 变频器频率手操器操作及手自动状态显示, 开关量报警信号的显示 (包括变频器远方 / 就地控制状态、变频器准备就绪、变频器充电中、变频器轻故障报警、变频器重故障报警、变频器故障声报警、变频器控制电源掉电、变压器风机故障、变压器温度过高、开关柜 I 直流电源掉电报警、开关柜 II 直流电源掉电报警) 以及模拟量信号的显示等 (包括变频器电流、变频器频率)。

风烟系统画面增加变频器频率手操器操作及手自动状态显示, 变频器输入电流、变频器输入电压、变频器输出电流及变频器频率信号显示等。

#### 2) 新增光字牌报警

变频器轻故障报警; 变频器重故障报警; 变频器故障声报警; 变频器控制电源掉电; 变压器风机故障; 变压器温度过高; 开关柜 I 直流电源掉电报警; 开关柜 II 直流电源掉电报警; 开关柜 III 直流电源掉电报警; 变频器切手动; 引风机变频切工频引风机工频切变频

### 3.6 引风机启停操作步骤

#### 1) 引风机工频启动步骤

合上引风机高压侧电源开关 QF; 10S 后引风机入口烟气挡板 1、2 联开 (或手动开启); 合上引风机工频旁路开关 QF1; 逐步开启引风机静叶至需要开度

#### 2) 引风机工频停止步骤

关闭引风机静叶; 断开引风机工频开关 QF1; 断开引风机高压侧电源开关 QF

#### 3) 引风机变频启动步骤

合上引风机高压侧电源开关 QF; 10S 后引风机入口烟气挡板 1、2 联开 (或手动开启); 合上引风机变频器进线开关 QF2 向变频器充电; 合上引风机变频器出线开关 QF3; 启动变频器运行; 检查变频频率自动增加至 20HZ, 逐步开启引风机静叶直至全开; 逐步增加引风机变频频率至需要频率

#### 4) 引风机变频停止步骤

逐步减少引风机变频频率至 20HZ 左右; 逐步关闭引风机静叶开度; 停止变频器运行; 断开变频器出线开关 QF3; 断开变频器进线开关 QF2; 断开引风机高压侧电源开关 QF;

#### 5) 引风机变频切工频步骤

将待切工频引风机变频自动解手动; 逐步将待切工频引风机变频频率增至 49HZ 以上, 同时手动逐步关小其静叶开度至对应负荷下相应开度; 维持另一台引风机变频自动; 按下待切工频引风机“变频切工频”按钮; 检查待切工频引风机由变频自动切换为工频运行; 调整炉膛负压正常, 根据实际选择变频自动或工频自动或手动调节炉膛负压

#### 6) 引风机工频切变频步骤

检查待切变频引风机静叶在手动位置; 适当增大炉膛负压; 将待切变频引风机变频频率给定至 49HZ 以上; 维持另一台引风机变频自动; 按下待切变频引风机“工频切变频”按钮; 检查待切变频引风机自动由工频切换至变频运行; 逐步全开切换成功引风机静叶, 并逐步减少切换成功引风机变频频率; 投入两台引风机变频自动

### 4 新增变频器接口信号

对变频器的启停操作, 既可以通过就地的按钮控制, 也可以通过远方的 DCS 来控制, 以下列表为变频器装置与 DCS 的接口信号清单;

1A 引风机变频 (I/O 类型以 DCS 为准):

| 序号 | DCS卡件通道 | 变频器设备位置 | I/O类型 | 中文描述                |
|----|---------|---------|-------|---------------------|
| 1  |         | 变频器控制柜  | DO    | 1A引风机变频器DCS紧急停机指令   |
| 2  |         | 变频器控制柜  | DO    | 1A引风机变频器DCS远方复位指令   |
| 3  |         | 变频器控制柜  | DO    | 1A引风机DCS变频启动指令      |
| 4  |         | 变频器控制柜  | DO    | 1A引风机DCS变频停止指令      |
| 5  |         | 变频器控制柜  | AO    | 1A引风机变频器给定频率        |
| 6  |         | 变频器控制柜  | AI    | 1A引风机变频器运行频率        |
| 7  |         | 变频器控制柜  | AI    | 1A引风机变频器输出电流        |
| 8  |         | 变频器控制柜  | AI    | 1A引风机变频室温度          |
| 9  |         | 变频器控制柜  | DI    | 1A引风机变频器准备就绪(常开点)   |
| 10 |         | 变频器控制柜  | DI    | 1A引风机电机变频运行(常开点)    |
| 11 |         | 变频器控制柜  | DI    | 1A引风机变频重故障(常开点)     |
| 12 |         | 变频器控制柜  | DI    | 1A引风机变频轻故障(常开点)     |
| 13 |         | 变频器控制柜  | DI    | 1A引风机变频远方/就地控制(常开点) |
| 14 |         | QF1断路器柜 | DO    | 1A引风机QF1断路器DCS合闸指令  |
| 15 |         | QF1断路器柜 | DO    | 1A引风机QF1断路器DCS分闸指令  |
| 16 |         | QF1断路器柜 | DI    | 1A引风机QF1远方控制模式(常开点) |
| 17 |         | QF1断路器柜 | DI    | 1A引风机QF1位置信号(常开点)   |
| 18 |         | QF1断路器柜 | DI    | 1A引风机QF1位置信号(常闭点)   |

|    |  |         |    |                     |
|----|--|---------|----|---------------------|
| 19 |  | QF1断路器柜 | DI | 1A引风机QF1开关综合报警(常开点) |
| 20 |  | QF2断路器柜 | DO | 1A引风机QF2断路器DCS合闸指令  |
| 21 |  | QF2断路器柜 | DO | 1A引风机QF2断路器DCS分闸指令  |
| 22 |  | QF2断路器柜 | DI | 1A引风机QF2远方控制模式(常开点) |
| 23 |  | QF2断路器柜 | DI | 1A引风机QF2位置信号(常开点)   |
| 24 |  | QF2断路器柜 | DI | 1A引风机QF2位置信号(常闭点)   |
| 25 |  | QF2断路器柜 | DI | 1A引风机QF2开关综合报警(常开点) |
| 26 |  | QF3断路器柜 | DO | 1A引风机QF3断路器DCS合闸指令  |
| 27 |  | QF3断路器柜 | DO | 1A引风机QF3断路器DCS分闸指令  |
| 28 |  | QF3断路器柜 | DI | 1A引风机QF3远方控制模式(常开点) |
| 29 |  | QF3断路器柜 | DI | 1A引风机QF3位置信号(常开点)   |
| 30 |  | QF3断路器柜 | DI | 1A引风机QF3位置信号(常闭点)   |
| 31 |  | QF3断路器柜 | DI | 1A引风机QF3开关综合报警(常开点) |

注：上表仅为 A 引风机变频接口信号，B 引风机变频接口信号同 A 引风机。

## 5 引风机变频改造后日常维护注意事项

引风机变频运行时，检查空水冷装置及风扇正确投运，开式水母管压力正常，阀门开启，确保引风机变频室内室温不得高于 33 度，必要时将工业空调投入，防止变频设备高温跳闸。

## 6 结束语

目前宝庆电厂 4 台引风机变频运行良好，节能效果明显，同时引风机振动比原工频运行工况下小很多。改造后平均厂用电率降低 0.5% 左右。负荷变化范围波动大的火电机组，尤其是夜间负荷率低的机组，节能效果明显。变频器改造后，每次风机本体检修后，需要测量各种转速下等级震动值，有效规避风机共振区域，避免发生设备共振引起风机损坏。

引风机变频器对运行环境较高，重点解决一下三方面问题。1) 防超温；2) 防尘；3) 防潮。宝庆电厂引风机变频室采用空水冷全密封内循环冷却方式，变频器采用内循环防尘及冷却效果非常好。引风机变频室内部配置除湿机，设备停运后除湿机投运，保持室内干燥，解决了设备停运后受潮无法正常启动的隐患。宝庆电厂设备投运后运行已经超过 2 年，目前设备未发生异常。

## [参考文献]

[1] 西门子新一代控制高压变频用户手册 . 2006

## 工法展示样板在房产项目中的应用

董建君

北京燕化天钰建筑工程有限公司, 北京 102502

DOI:10.33142/ec.vli1.28

**[摘要]** 在电建地产·海赋外滩1-4#楼工程建设中, 根据工程质量管理样板引路制度, 结合房产项目销售的需要, 针对客户关心的工程实体工艺过程及关键部位构造做法, 通过进行工法展示样板的施工定做。使之用于施工技术交底及岗前培训、购房客户参观以了解产品的内在品质等, 既促进了样板引路制度的全面贯彻落实, 又加强了客户购房的决心, 成为房产项目一项重要的营销手段。

**[关键词]** 质量管理; 样板引路; 工法展示样板

### 引言

随着样板引路制度在建设工程项目中的普遍推广, 样板引路制度已成为工程质量管理的一项重要制度, 通过样板引路制度, 可有效防止质量通病与瑕疵, 规范施工质量控制措施, 全面提高施工质量。所以, 为加强项目施工过程中对关键工序的质量控制制度, 在电建地产·海赋外滩1-4#楼工程建设中, 根据公司质量管理体系要求, 结合中国电建地产集团华北区域总部工程样板管理办法, 在本工程主体结构施工前, 设置了工法展示样板, 在工程的质量管理与房屋销售过程中, 既提高了工程实体质量, 又有效促进了房屋交易的成果。

### 1 工程概况

电建地产·海赋外滩(6#)1-4#楼位于抚顺市东洲区东洲北街, 建筑面积17012.08 m<sup>2</sup>, 6-1#楼、6-2#楼、6-3#楼地上6层, 6-4#楼地上7层, 异形柱框架剪力墙结构。参建单位有:

建设单位: 中国电建地产集团抚顺有限公司

设计单位: 亚瑞建筑设计有限公司

勘察单位: 辽宁有色勘察研究院

监理单位: 辽宁承鼎工程项目管理有限责任公司

施工单位: 北京燕化天钰建筑工程有限公司

### 2 工法展示样板概述

工法展示样板是样板引路制度的拓展, 建立工法展示样板, 就是在场地平面布置期间, 集中在工地主入口附近, 专门设置工法样板展示区, 对工程主要分部分项工程进行提前制作, 经各参建方验收合格后用于管理人员、施工人员以及购房客户进行实物展示, 让施工人员和管理人员增强对本项目工艺及质量要求的认识, 还可以增加营销卖点, 展示项目品质。

工法展示样板制作的目的是:

(1) 执行样板引路制度, 施工单位通过工法展示样板进行技术交底和岗前培训, 使交底与岗前培训工作比较直观、清晰。

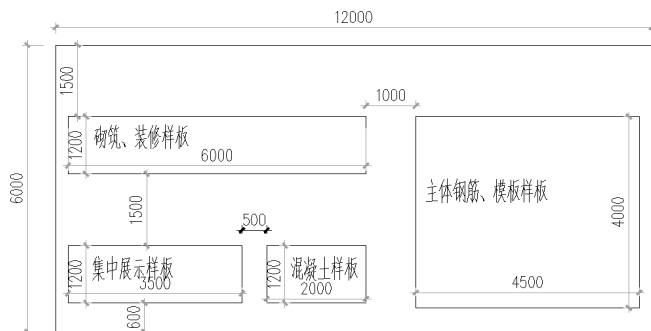
(2) 提供直观明了的实物<sup>[1]</sup>。可根据实物明确质量标准, 监理单位可根据样板进行实体验收。

(3) 通过向购房客户展示工法样板, 不仅能表现出建设单位对工程质量的自信、对产品负责任的态度和打造精品楼盘的决心, 还可以使购房者充分理解产品的内在品质。

### 3 工法展示样板制作方案

为实现上述目的, 就需要打造高质量标准的施工样板, 才能起到引领施工、提高实体质量的作用, 以致达到让购房客户满意、信服, 从而放心的购买房屋。本工程从工法展示样板的方案设计、主要技术措施做法、施工质量重点控制等方面着手, 进行工法展示样板的制作。

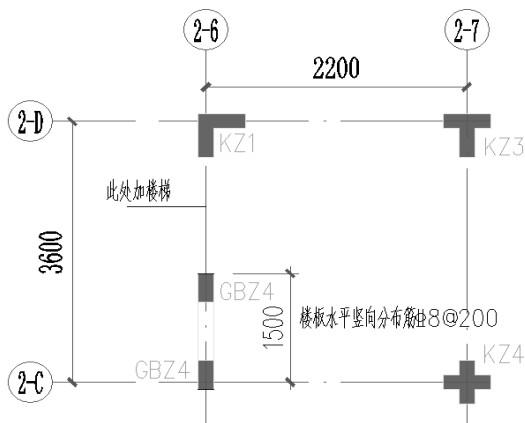
本工程主要工法展示样板有: 材料构配件展示、模板支撑体系展示、结构钢筋、模板分项工程展示、结构混凝土展示、填充墙砌体抹灰及装饰装修展示、外墙装饰装修展示等。工法展示样板平面布置如下所示:



### 3.1 工法展示样板方案设计

#### 3.1.1 钢筋与模板分项工程展示样板方案设计

(1) 选取有代表性的异形框架柱、梁、板进行二次设计如下图所示：



注：楼扳距样板底座高度1.8米，柱梁板楼梯配筋与设计图纸相同， $\Phi 16$  钢筋采用直螺纹套筒。

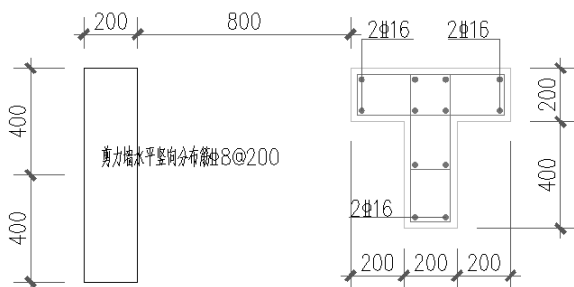
距楼扳低处接头采用套筒连接400长接头。

(2) 展示的主要内容如下：

- ①柱、梁、板、楼梯钢筋的制作、安装、定位筋定位展示；
- ②墙柱保护层厚度控制样式展示；
- ③钢筋连接方式、搭接尺寸、锚固尺寸等。
- ④墙柱、梁板加固、支撑方式，连接中的紧固螺栓及支撑扣件的紧固；
- ⑤模板支撑体系采用的材料如钢管、木方、多层板等。

#### 3.1.2 混凝土分项工程展示样板方案设计

(1) 选取有代表性的异形框架柱、墙、梁、板进行二次设计如下图所示：



注：混凝土样板高度800mm，楼扳配筋8@200双层双向

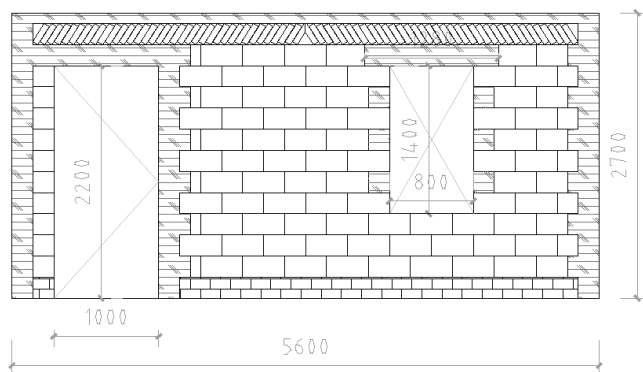
(2) 展示的主要内容如下：

剪力墙、异形柱实体、楼扳混凝土实体。

#### 3.1.3 砌筑、装修工程展示样板方案设计

(1) 砌筑、装修样板方案设计

选取一段砌体，在其上设置有代表性的门窗洞口各一个，进行排版设计，设计图如下图。并在墙体内侧从砌体、拉毛、挂网、底层灰、面层灰等分层展示，每道工序错开 15-20cm，形成一个剖面能清晰反映各层作法。



工法展示样板墙设计排版图

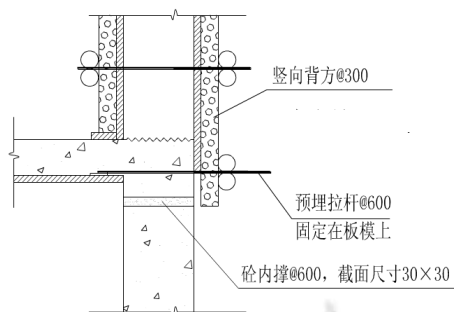
(2) 展示的主要内容如下:

- ①灰缝大小、双面勾缝、组砌方式、斜砌;
- ②构造柱的支设方式、位置留设;
- ③过梁、窗台板的设置;
- ④门窗边预制块的埋设;
- ⑤抹灰拉毛, 挂网具体要求;
- ⑥抹灰分层工艺。

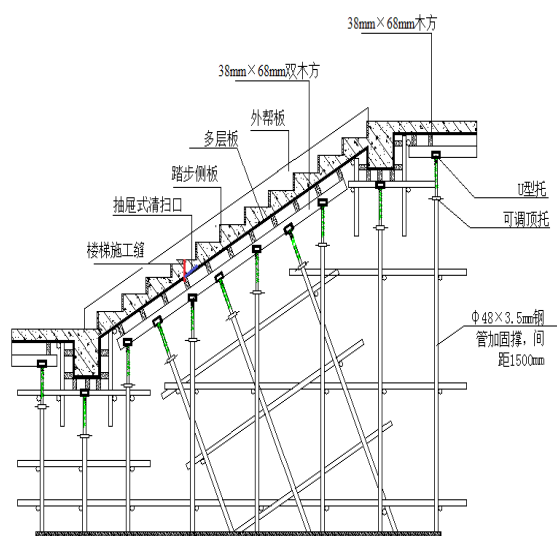
### 3.2 主要技术措施做法

(1) 上下楼层墙柱接茬模板 “下跨”

具体做法为, 在下层混凝土浇筑前, 在下层顶板模板上预埋对拉螺栓杆, 间距 600mm。上层模板安装时, 接茬处模板下跨 100mm, 采用预埋的螺栓进行加固, 避免接茬处混凝土漏浆、出现蜂窝孔洞等质量通病, 设计节点如下图所示:

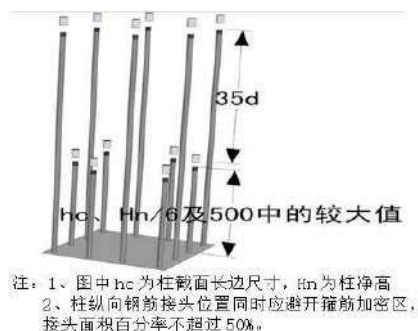


(2) 楼梯施工缝留置: 楼梯施工缝留置 1/3 梯段位置, 楼梯底模在施工缝位置留置抽屉式清扫口。节点图、效果图如下:



楼梯施工缝、清扫口节点图

(3) 钢筋直螺纹接头构造: 本工程直螺纹接头等级为二级, 钢筋直螺纹接头位置应避开箍筋加密区、并符合下图要求, 同一截面接头面积百分率不超过 50%; 钢筋接头端部平头使用台式砂轮片切割机进行切割, 直螺纹接头施工时外露丝扣不得超过 1 个。



### 3.3 质量控制重点

#### (1) 钢筋工程质量控制重点

①墙体、暗柱等竖向构件钢筋绑扎顺序为：先绑竖向立筋，再绑水平钢筋。竖向构件钢筋应先弹放模板位置线，对立筋进行垂直度调整后，再进行绑扎；板、楼梯等

水平构件钢筋应在模板（或垫层）上弹放钢筋位置线，预检合格后方可进行钢筋绑扎。

②钢筋绑扎过程中，严格做好几个 5cm：连梁箍筋伸入暗柱 5cm；板、楼梯起步钢筋距边 5cm；箍筋起步距地 5cm；墙体竖向钢筋起步距边 5cm。

模板安装前，应在墙体上弹放标高控制线，验线合格后方可进行顶板模板安装。

#### (2) 模板工程质量控制重点

①在模板加工过程中，梁模板的底模里口、上口和底口，必须经过刨平刨直，处理后方能安装。

②模板加工完成后，应涂刷缝边漆，拼缝采用硬拼”形式，严禁拼接完成后，在缝隙处粘贴透明胶带。

#### (3) 混凝土工程质量控制重点

①墙体混凝土浇筑应按顺序、分段、分层进行，在施工中用标高检测尺严格控制浇筑高度，严禁一次性浇筑到位。浇筑混凝土前，应先铺垫 5cm 厚同配比水泥砂浆，避免墙体或框架柱烂根。

②混凝土振捣应有序进行，快插慢拔，点位要均匀。

③楼板混凝土收面完成后先覆盖一层塑料薄膜维持混凝土良好的供湿状态，薄膜应尽量贴附在混凝土表面将蒸发的水蒸气再次转化为混凝土养护用水，防止空铺夹层空气流通带走水蒸气，楼板混凝土终凝后改为浇水养护。

#### (4) 砌筑工程质量控制重点

①二次结构砌筑前应先行试摆，砌筑时要双面挂线，做到“上跟线，下跟棱，左右要对平”。

②填充墙砌至接近梁或板底时，应留一定空隙，待填充墙砌完并至少间隔 7 天后，方可用斜砖顶紧，斜砖顶砌要求逐块敲紧砌实，砂浆饱满，不得浮放。

#### (5) 抹灰工程质量控制重点

①抹灰样板施工时严格按操作工艺进行分层施工，操作时从砌体、拉毛、挂网、底层灰、面层灰、装饰面层等分层展示，行成一个阶梯剖面，每个剖面均能清晰反映各层作法，施工完成后在剖面各层作法上注明其名称、材料及工艺要求；

②成活的抹灰面层不宜过分压光，以表面不粗糙、无明显小凹坑、砂头不外露为准。阴阳角应平直成角，不应出现凹凸不平、扭曲等现象。

### 4 工法展示样板的管理

(1) 工法展示样板建成后，必须经施工单位、监理单位、建设单位联合验收合格后方可定为现场工序示范样板。

(2) 项目部各部门管理人员必须学习工序样板并签名确认，保证熟悉每一工序做法及质量标准。

(3) 每一道工序在开工前，必须组织相应班组及全体作业人员到样板区参观、学习，采用书面交底，保证按规范、按图纸施工，并达到工序样板要求。

(4) 项目部必须制定展示区日常管理制度，指派专业技术人员负责管理，负责向参观人员、购房客户进行讲解，便于参观人员、购房客户了解工法展示样板的作用以及工程实体工艺流程等。

### 5 工法展示样板的作用

(1) 通过制作工法展示样板，保证了样板引路制度的有效落实，具有事前策划、事前预控的特点<sup>[1]</sup>，起着引导施工的作用。

(2) 工法展示样板的实施，可以将设计意图和质量宣贯到每一名职工与施工作业人员，做到全员、全过程质量控制，可以起到预防工程质量通病，提高工程质量的作用<sup>[2]</sup>。

(3) 在房产项目中，购房客户通过参观工法展示样板，将影响住房质量的细节以工序分解和实物展示的方式，可以让客户了解工程实体工艺过程及关键部位构造做法。通过工法展示样板的展示，对购房者敞开了胸怀，用品质说话，给予消费者坚定的信心。对房屋成交起到促进的效果。

### 6 结束语

工法展示样板是样板引路制度实施的拓展，通过本项目工法展示样板的实施与对外开放展示，提升了工程项目参与人员整体质量管理水平，提高了工程施工实体质量，对本工程的对外销售增加了竞争力，对房屋交易成交量的提高起到了至关重要的作用。

同时，通过工法展示样板的实施，让工法展示样板的几个作用起到了相辅相成、互相促进的效果。为了得到购房客户的相信、认可，就必须建立高标准的质量样板；建立了高标准的质量样板，才能起到引领施工、作为验收标准的作用；购房客户了解了工程实体质量的关键构造，验房过程中就会关注，就会促进样板引路制度落到实处，真正起到提高实体质量的作用，才能让消费者信赖、认可。

目前，在竞争日益激烈的房产项目中，工法展示样板的制作与展出，已成为房地产商向客户展示开发实力和建设质量的重要手段，同时也是房产项目营销必不可少的一种促销手段。我相信，通过与样板引路制度有机结合的工法展示样板必将受到越来越多的房地产商的青睐，并在房产项目的质量建设中起着不可替代的推进作用。

#### [参考文献]

---

- [1] 李长坤. 基于样板引路的首件会诊制在质量控制中的运用 [J]. 科技创新导报, 2014, NO. 05: 52-53
- [2] 董超. 浅谈“工法样板”在建筑工程中的作用 [J]. 城市建设理论研究, 2014, 10: 第四卷第 30 期

# 免蒸养混凝土在构件生产中的应用探讨

李洪志

大庆油田工程建设公司建材公司混凝土构件厂，黑龙江大庆 163161

DOI:10.33142/ec.vli1.29

**[摘要]** 本文结合生产实际，围绕混凝土构件预制生产过程，探讨混凝土配制新方法和构件生产新工艺工艺，来探寻一条采取免蒸养生产混凝土构件的可行途径，替代蒸汽养生，以便既能节约养生能源成本，又能提高混凝土早期强度和保证生产工期及产量要求，提高后期混凝土构件使用的耐久性需求。

**[关键词]** 免蒸养；减水剂；混凝土配制；效益

**Abstract:** based on the production practice, this paper discusses the new method of concrete formulation and the new technology of concrete component production, so as to explore a feasible way to take the non-evaporative production of concrete component and replace steam to maintain health, so as to save energy cost. It can also improve the early strength of concrete and ensure the production period and output requirements, and improve the durability requirements for the use of later concrete components.

**Key words:** the efficiency of concrete preparation with non-evaporative water reducing agent

## 前言

大庆油田处于北部严寒地区，油田产能地面建设主要集中在一年四季的4月-10月期间，由于施工期短，工期紧，一年中地面建设的主体混凝土工程主要在夏秋季完成，而地面施工中很大一部分是采用预制构件的装配式结构，将现场施工准备期和混凝土养护期转移到预制厂，为工程建设的其他部分提供更多的施工时间，也为地广人稀的采油工程建设提供更便利的条件，节约了建设成本。大庆油田工程建设公司建材公司混凝土构件厂是大庆油田混凝土预制行业的龙头企业，从1962年建厂到现在已有半个世纪的历史，混凝土构件的生产工艺也经历了无数次变革和更新，但构件生产的蒸汽养生传统工艺一直延续到现在，因其可快速提高混凝土强度，达到尽早出窑，提高模具周转频次和腾出生产场地，从而提高产量缩短工期，多年来为油田发展建设作出不可磨灭的贡献；然而蒸汽养护构件每年都需要百万元以上的能源成本，同时还需要投入锅炉房及养生人员等设备及人员成本。近年来，混凝土预制行业出现活源不足，产量下降趋势，导致增加了单位产量的混凝土养生成本增加，特别是春季和入冬以后，更要增加了能源投入，使构件的生产养生成本成倍增加。为了适应企业发展需要，我们进行免蒸养混凝土应用技术研究，以探寻一条节约能源成本，又能满足油田产能需要的混凝土养生途径，以提高混凝土早期强度和保证生产工期及产量要求。

## 1 混凝土构件生产的技术现状

目前建材公司混凝土构件厂生产的混凝土构件产品类型主要有以下三大类，包括：抽油机基础、容器基础、路灯基础、管墩基础、电杆底盘卡盘拉线盘基础等基础类；井口房、牛腿柱、围栏桩、检查桩、框架梁、实心板等厂区别墅类，大跨双T板、桥梁板、桥涵板和预应力电杆等预应力构件类；对于基础类构件混凝土强度需达到设计强度的60%以上即可吊装出窑，对于厂区别墅（井口房、牛腿柱）出窑脱模强度需达到70%以上脱模强度，再进行出窑，摆放；对于预应力构件脱模强度需达到设计强度75%以上，方可放张预应力筋，进行脱模摆放，而对于打垮后张预应力构件，如桥梁板，吊车梁、屋面梁，有的需要达到设计强度的100%以上方可进行预应力张拉和封端，将会需要更长的施工时间；为了缩短蒸汽养护时间，节约天然气能源成本，同时保证生产工期和构件混凝土强度要求，我们根据生产实际，已经对部分构件进行养生制度和配合比的调整，例如：对于预应力电杆，采用碎石和高效减水剂，缩短电杆养生时间可高达20%；在夏季，对于室外生产的基础，可以采用仅送3-5h蒸汽养护后，转入自然养护来生产基础构件，这样可以节省部分养生能源成本。今年我们又通过设计委托，与油田设计院进行沟通，进行非预应力电杆图纸设计，以争取采用免蒸养工艺生产非预应力电杆产品。然而由于客户工期要求，目前大部分混凝土产品还需要采用蒸汽养护，来提高混凝土的早期强度。

## 2 混凝土构件的养护的目的和基本方法

混凝土浇注后，如气候炎热、空气干燥，不及时进行养护，混凝土中混凝土养护水分会蒸发过快，形成脱水现象，会使已形成凝胶体的水泥颗粒不能充分水化，不能转化为稳定的结晶，缺乏足够的粘结力，从而会在混凝土表面出现片状或粉状脱落。

混凝土的养护包括自然养护和蒸汽养护。混凝土养护期间，应重点加强混凝土的湿度和温度控制，尽量减少表面混凝土的暴露时间，及时对混凝土暴露面进行紧密覆盖（可采用篷布、塑料布等进行覆盖），防止表面水分蒸发。暴露

面保护层混凝土初凝前，应卷起覆盖物，用抹子搓压表面至少二遍，使之平整后再次覆盖，此时应注意覆盖物不要直接接触混凝土表面，直至混凝土终凝为止。

混凝土的蒸汽养护可分静停、升温、恒温、降温四个阶段，混凝土的蒸汽养护应分别符合下列规定：

(1) 静停期间应保持环境温度不低于 5℃，灌筑结束 4～6h 且混凝土终凝后方可升温。

(2) 升温速度不宜大于 10℃ /h。

(3) 恒温期间混凝土内部温度不宜超过 60℃，最大不得超过 65℃，恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定。

(4) 降温速度不宜大于 10℃ /h。

3 免蒸养混凝土的配制途径

1) 免蒸养混凝土在混凝土构件生产中，主要是在自然养生条件下依靠外加剂和掺合料的添加，增加混凝土的胶凝材料的活性，使混凝土中水泥胶凝材料快速发生水化反映，同时，减少单位体积混凝土的用水量，从而降低水胶比，增加胶凝材料用量来提高混凝土的早期强度和最终强度，达到混凝土构件快速脱模具，及时拉运或摆放，使生产场地和生产模具及时周转，完成委托构件的产量和工期使用要求；在目前生产厂区状况下，为达到免蒸养，我们需要增加预制场地面积和模具数量，特别在新厂区，随着各个厂房的交付使用，我们充分利用管桩生产线、桥梁生产线，制作基础钢模具，可以利用快脱生产工艺，完成夏季 6、7、8、9 四个月基础类构件的免蒸养，此类构件可延长自然养护时间，增加自然浇水次数，实现免蒸养，此类构件可采用常规配合比，通过部分增加胶凝材料水泥及粉煤灰的用量来实现，进行成本测算确定适合的混凝土配合比，用于工期不紧张的基础类构件生产。

2) 对于 C30-C35 梁板和井口房等厂区类构件，此类构件属于薄壁类构件，构件自身的混凝土强度较高，脱模出窑时的施工荷载较大，需要配制掺加高效减水剂、早强减水剂，通过实验配制低水胶比的常规混凝土，该混凝土即满足强度要求，同时满足施工工艺要求，要适当增加人工成本缩短施工时间，同时要增加养护，增加二次自然养护时间。

3) 对于 C40-C50 预应力混凝土构件用强度较高的混凝土，此类构件混凝土需添加外加剂、部分增加水泥用量，同时增加蒸汽养生，或增加自然养生时间才能达到脱模强度要求，同时增加模具台座周转，对大批量构件生产不利，适合小批量桥梁板生产，需要合理组织施工。

4 实验统计对比分析

2018 年 7 月 -8 月份，我们进行部分构件生产免蒸养实验，对 C30 抽油机基础生产实现全面免蒸养，对室内 C25 快脱构件全面实现免蒸养，通过抽取 7 月 15 至 7 月 22 日七天实验结果，进行实验脱模强度对比及经济效益对比如下：

强度统计表一

| 产品   | 养生时间h | 7天生产构件平均强度(MPa/%) |           |         |
|------|-------|-------------------|-----------|---------|
|      |       | 1d 脱模             | 3d        | 28d     |
| 基础   | 12    | 19.56/65.2%       | 24.00/80% | 39/130% |
| 快脱构件 | 14    | 15.4/61.5%        | 21.25/85% | 32/128% |

经济效益对比表二

| 生产时间 |      | 7月     |           | 8月     |           | 效益（万元） |
|------|------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|      |      | 产量（m³） | 节约天然气（m³） | 产量（m³） | 节约天然气（m³） |        |
| 构件名称 | 基础   | 550    | 40000     | 750    | 50000     | 8~10   |
|      | 快脱构件 | 350    | 25000     | 400    | 30000     | 5~6    |

实验结果：

1) 从统计表可以看出，对于 7～8 月份，平均气温达到 25℃ 以上，不增加外加剂条件下一天养生完全能达到 60% 以上脱模强度，若增加减水剂或调整配合比，则强度会更高。

2) 在增加外加剂和增加胶凝材料同时，可采用在室外生产，增加太阳能养护棚，及时养生覆盖，增加模具及平台场地，以便达到免蒸养同时保证工期和混凝土脱模强度要求。

3) 可在北方夏天亮较早，将施工时间提前到早上生产，将中午高温时间用于养生，达到提高养生效果。

4) 对于二次养生，可采取喷涂养护剂的办法，保证二次养生质量。

5 免蒸养混凝土的经济效益对比

以我厂 2018 年 6 月生产量为月平均产量进行经济效益对比分析：

产出：2018 年 6 月，构件生产量 3250m³，蒸汽养生天然气日使用量 5000～6000m³，月用量达 150000m³～240000m³，天然汽单价：1.5 元 /m³，蒸汽养生天然气成本为 22.5～27 万元。

人工，锅炉房 5 人，120 元 / 人，工资 5\*120\*30=1.8 万元，锅炉房设备维修及保养 1 万元，合计：25.3～38.8 万元；

投入：若完全采用免蒸养，预计增加外加剂成本 12kg，单价：3000 元 /t，则 3250m³ 混凝土增加外加剂成本：12\*3000/1000\*3250=11.7 万元，预计增加水泥用量 15kg，单价：400 元 /t，则 3250m³ 增加水泥用量成本：15\*400/1000\*3250=0.195 万元，合计增加成本 11.7+0.195=11.895 万元，则每月结余蒸汽养生成本：10.605～26.905 万元。

经济效益：一年按生产 6 个月计算，全年可节约蒸汽养生成本：63.63～90.63 万元。

6 结束语

免蒸养混凝土在混凝土构件生产中的应用，主要使用于满足工期要求的自然养护施工，在大庆地区，6 月份到 9 月

份为主要施工日期，日平均气温在 15℃以上，要想最大限度实现免蒸养，还需要在提前销售沟通，及时办理构件委托，确定构件需求，进一步进行试验确定配合比和生产及施工工艺，以便具有足够的养生期，减少场地限制，以便达到免蒸养，来节约养生成本，同时提高混凝土的耐久性。

#### [参考文献]

---

[1] 铁道部丰台桥梁厂，混凝土蒸汽养护 [M] 北京：中国建筑工业出版社，1978

[2] 朱瑶宏，占文，秦明强，等，蒸汽管片混凝土物理力学性能的影响因素研究 [J] 混凝土，2014

[3] 张建纲，毛永琳，陆海梅，蒸汽养护条件下矿物掺合料的水化特性及微观结构 [J] 电子显微学报，2015(2);105-110

作者简介：李洪志：高级工程师，2001年毕业于大庆石油学院建筑工程专业，现任大庆油田工程建设公司建材公司混凝土构件厂技术办主任。tmcjub@126.com

# 汇贤城东区装配式结构施工质量控制要点

陈岗 郭东东

江苏标龙建设集团有限公司，江苏南通 226500

DOI:10.33142/ec.vli1.39

[摘要] 近年来，国家对装配式住宅的政策导向和优惠政策陆续出台，住宅产业化经过了一个惊人的发展过程，现在正处在一个重要转型发展的阶段。装配式钢筋混凝土结构建筑也在这股发展的浪潮中迎来了新机遇，装配式建筑将成为未来房屋建设的主要趋势。

新兴的施工技术，代表着新的挑战，而质量的控制尤为重要，从厂家到现场每个步骤的质量都势必影响着整个建筑的质量，其中结构施工的过程更是重中之重。

[关键词] 装配式；结构施工质量；过程质量控制

## 1 工程概况

汇贤城商品住宅小区东区项目 25#、31# 楼由原先普通建筑更改设计为装配式建筑，本工程主要涉及内、外墙板装配式及叠合板楼板装配式与空调板装配式工艺等：内墙，外墙板包含：墙板、EPS 保温板、保护层（厚度 6cm）；叠合板楼板（厚度 6cm）；叠合梁。

## 2 质量控制前期准备

### 2.1 吊装设备更换增设

根据两栋楼的几何尺寸特点以及单体构件的自重特点，两栋楼原安装的 2 台 QTZ63 塔吊已无法满足吊装要求，需要重新安装 2 台 QTZ220t.m(R75/20) 塔吊，以满足墙体等大型单体构件吊装要求（原塔吊拆除）。

### 2.2 水电安装措施

由于此次新工艺施工，对原有结构和新工艺结构施工衔接部位势必会造成局部冲突，施工过程中应采取有效措施进行处理。对于水电安装人员技术要求也会有很大挑战，对于技术达不到新工艺要求的工人要及时更换，对操作技术工艺不熟悉以及不熟练的要及时进行培训。

### 2.3 新工艺构配件送检

由于采用新工艺施工，构件送检以及检测时间应提前进行相关了解，对取样数量等都要按照现行国家、行业、地方标准进行取样。由于构件自重大，需要提前准备特种作业车进行送检。对于其他需要检测、试验等相关信息要提前获悉。

### 2.4 其他配套措施

对于外架形式原定 6 层以上采用悬挑外架施工，根据装配式特点提前确定悬挑构件部位，绘制详细节点等部位图纸送交装配式厂家，并制定专项措施方案。对于外墙竖向拼缝处防水应制定有效措施，防止外墙渗水发生。制定专项措施预案，采取有效措施做好成品保护。（悬挑构件平面布置图见图 1）

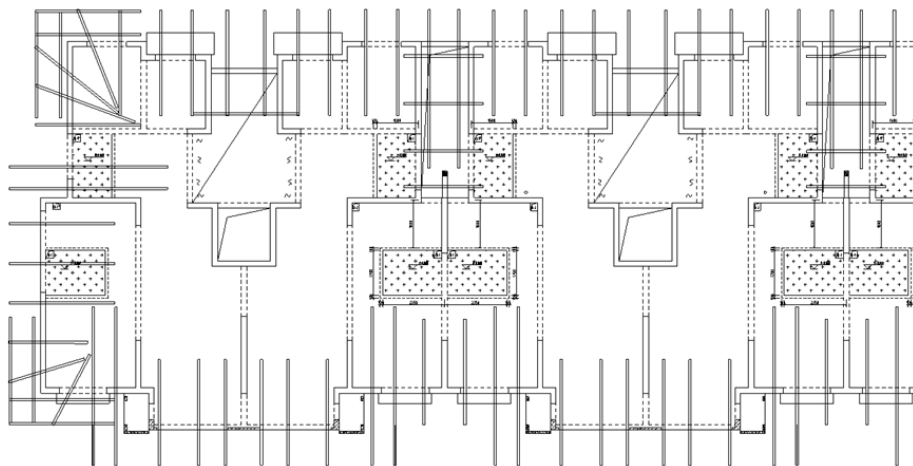


图 1 悬挑构件平面布置图

2.5 预制构件深化设计

首先由厂家根据项目要求以及提供的各项数据进行深化设计，再有项目部技术团队进行会审，提出修改意见，进一步完善深化图，审核通过后书面通知厂家进行生产（预制板墙平面图见图 2、叠合板平面图见图 3、叠合梁平面图见图 4）。

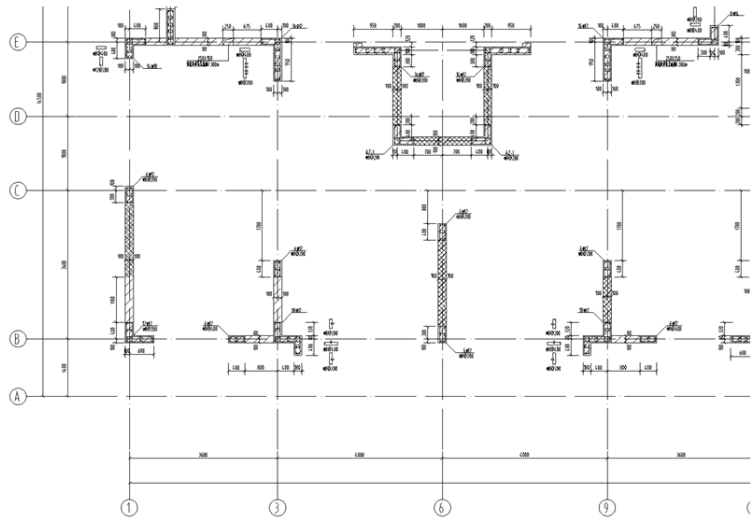


图 2 预制板墙平面布置图

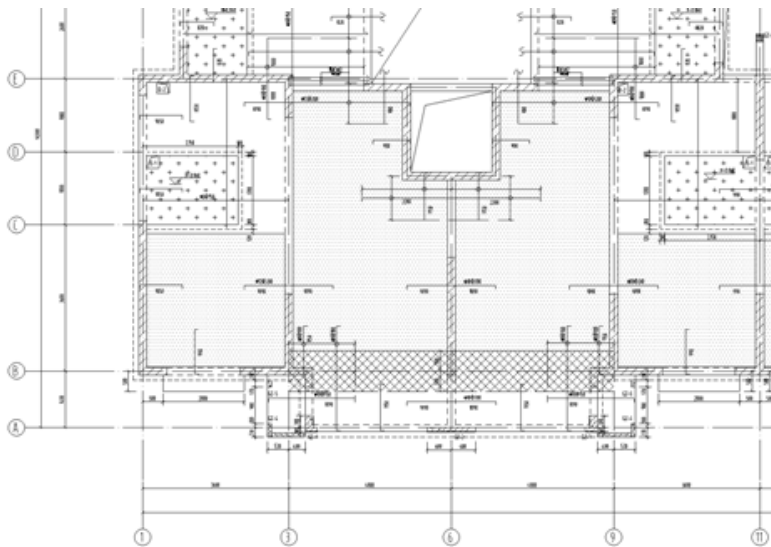


图 3 叠合板平面布置图

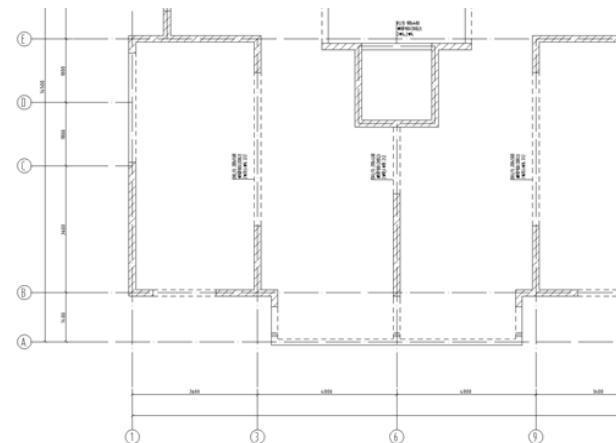


图 4 叠合梁平面布置图

2.6 构件进场验收

构件进场时必须组织相关人员对进场构件的垂直度、平整度、观感质量进行验收，对不符合要求的构件及时退场。

2.7 构件存储工作

墙板堆放时考虑吊点及施工特点，现场制作了墙板堆放钢架，并在底部放置橡胶垫片，墙板与墙板之间用柔性材料隔开，确保墙板在堆放和起吊时不被破坏

楼板存放需预留 2 块~3 块 3 米\*6 米区域，根据构件尺寸合理设置支垫位置，并使层与层之间垫块的位置处在同一垂直面上，确保预制构件堆放时不发生变形损坏。（构件堆放示意图见图 5）



图 5 装配式构件堆放示意图

3 结构施工质量要点

3.1 预制墙板安装步骤

墙边 300mm 控制弹测→水平标高测量→预制墙板逐块安装、固定→墙体钢筋绑扎→质量验收→外墙保温板、模板安装→内墙模板安装→模板验收→浇筑墙体混凝土→拆模、养护

3.2 叠合梁、板安装步骤

叠合梁支撑安装→叠合梁安装固定（两端连接柱范围内箍筋先不绑扎）→两端连接柱范围内箍筋绑扎→叠合板、挑板支撑安装→叠合板、挑板安装→边缝模板、加固→现浇体系模板安装加固→叠合板钢筋、水电施工→吊模施工→钢筋、模板验收→混凝土浇筑→侧模拆除、养护

3.3 灌浆施工

【灌浆钢筋（下端）与现浇钢筋连接→安放套板】（只有现浇结构与预制结构相连接的部位才有本程序施工）→调整钢筋→现浇混凝土施工→预制结构施工→本层主体结构施工完毕→高强灌浆施工。

3.4 施工质量控制要点

3.4.1 预制墙：

（1）预制墙板的位置必须准确，确保上层结构承载了正常传递，同时保证后期分户验收开间、进深尺寸的控制，所以各楼层控制线、标高线的测设必须准确（墙板底部调平示意图见图 6）



图 6 墙板底部调平示意图

（2）构件吊装采用多点吊装梁，根据预制墙板的吊环位置采用合理的起吊点，严禁超载和吊装重量不明的重型构件和设备，起吊要求缓慢匀速，保证预制墙板边缘不被损坏。墙板多点吊装梁吊装示意图如下：

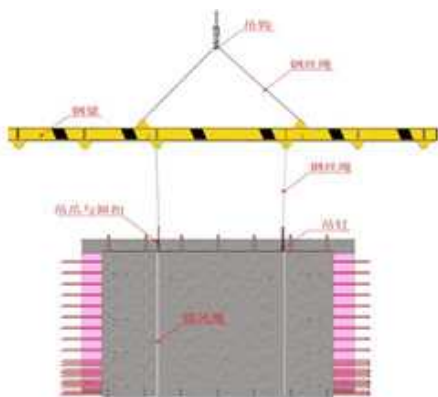


图7 多点梁吊装示意图

(3) 预制墙板吊装前，在安装面上保温板范围及坐浆分仓垂直墙长度方向通常粘贴密封条，经验收合格后方可进行吊装作业。

(4) 预制墙板吊装时，因墙板两侧设计为闭口箍，需要吊装工人在板下降的时候控制好两侧墙柱钢筋，确保墙柱钢筋全部深入闭口箍内，墙板下方放置镜子便于对插筋孔，如插筋与孔有偏差时要及时调整插筋位置，确保墙板能按照控制线准确放置，在调整墙板位置时尽量不要使用撬棍，如必须使用时应垫柔性材料，避免对墙板造成破坏（预制墙板吊装示意图见图8）。



图8 预制墙板吊装示意图

(5) 预制墙板固定时，墙板有预埋套管连接件，而底部则采用锚栓后锚固在结构板面上，这需要结构面混凝土强度等级必须达到规定要求后，方可进行锚固施工，否则容易出现锚固松动的现象。斜支撑放置时，为确保支撑的稳定性，上部长支撑杆水平夹角应控制在  $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$  之间，底部距墙板内侧面垂直距离应在  $1200 \sim 1400\text{mm}$  之间；下部短支撑杆水平夹角应控制在  $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$  之间底部距墙板内侧面垂直距离应在  $800 \sim 1000\text{mm}$  之间。

(6) 通过斜支撑对预制墙板进行垂直度调整时，应采用靠尺对垂直度进行精确控制，直到墙板垂直度达到设计要求。待垂直度和位置都符合设计要求后在墙底部安装定位件固定，锁死斜支撑下端拉环以防人为转动斜支撑造成垂直度偏差（斜支撑安装及调整示意图见图9）。

(7) 斜支撑拆除时间为楼板混凝土浇筑完成后，且现浇混凝土强度达到  $1.2\text{MPa}$  以上。



图9 斜撑安装及垂直度调整示意图

### 3.4.2 叠合梁:

(1) 叠合梁的位置必须准确, 工人吊装前必须在稳定的支架上准确标记出梁的边线, 并确保梁底标高一致。

(2) 叠合梁吊装时应采用多点吊装梁吊装, 做法同预制墙板吊装

(3) 梁吊装完成后, 必须及时矫正位置, 确保梁的侧面与墙面在同一平面上。位置矫正完成后, 加强梁的固定, 避免后续施工对梁造成扰动。梁端头伸出的钢筋在与墙柱钢筋交接时, 应置于墙柱钢筋内侧, 如钢筋位置冲突时, 应及时调整梁筋。

### 3.4.3 叠合板:

(1) 叠合板起吊之前, 应在墙面抄测标高控制线, 并按照方案要求在相应位置设置三角稳定架和钢托, 支承点的间距不超过 2000mm。根据标高控制线, 调整架体高度确保钢托顶面标高符合按照要求, 如果墙顶标高超出要求标高, 则需要开凿, 如果低于要求标高, 则需要填补, 如果留置的钢筋位置有偏位的要及时调整。

(2) 叠合板起吊时, 必须采用多点吊装梁吊装, 至少使用四个吊点, 吊动时严禁快速猛放, 以免冲击力过大造成板面断裂。

(3) 叠合板吊装时, 必须及时调整两侧梁墙边的缝隙大小, 确保能迅速安装到位, 如不能及时到位, 在调整板位置时, 要垫以柔性材料, 不得使用撬棍, 以免对板边造成破坏或对叠合梁的位置造成扰动, 同时还要保证搁置的长度。楼板安装完后进行标高校核, 通过调节板下的支撑, 确保楼板底面水平度符合分户验收标准 (现场吊装示意图见图 10)。

(4) 叠合板安装完成后, 检查板与梁墙之间是否存在较大缝隙, 如存在较大缝隙则须用木条进行封堵, 确保浇筑时不会漏浆 (板与梁缝隙封堵示意图见图 11)



图 10 叠合板现场吊装示意图



图 11 板与梁缝隙封堵示意图

(5) 预制楼板底部拼缝处理: 楼板底部模板拆除以后, 应派专人对预制楼板底部拼缝及其与墙体之间的缝隙进行检查, 对一些缝隙过大的部位进行封堵处理 (具体做法见图 12)。



图 12 板缝处理做法图

### 3.4.3 套筒灌浆

(1) 套筒灌浆施工之前, 应对每种套筒灌浆连接的接头做型式检验, 本工程均采用对中连接, 型式检验要求留置 9 个接头试件, 同时钢筋试件也要留置 3 个。

(2) 本工程套筒灌浆材料采用灌浆料拌合物, 在灌浆施工时, 应制作 40mm\*40mm\*160mm 的拌合物试件, 试件留置个数不少于 1 组, 并不宜少于 2 组。型式检验试验时, 灌浆料抗压强度不应小于 80N/mm<sup>2</sup>,

且不应大于 95N/mm<sup>2</sup>; 当灌浆料 28d 抗压强度合格指标 (fg) 高于 85N/mm<sup>2</sup> 时, 试验时的灌浆料抗压强度低于 28d 抗压强度 > 合格指标 (fg) 的数值不应大于 5N/mm<sup>2</sup>, 且超过 28d 抗压强度合格指标 (fg) 的数值不应大于 10N/mm<sup>2</sup> 与 0.1fg 二者的较大值; 当型式检验试验时灌浆料抗压强度低于 28d 抗压强度合格指标 (fg) 时, 应增加检验灌浆料 28d 抗压强度。

(3) 预制墙板安装完成后,应及时采用座浆料对墙板底部缝隙进行封堵,确保灌浆施工时不漏浆,而座浆料也按照灌浆料拌合物的要求留置试件并进行检验(座浆施工示意图见图13)。在座浆料强度达到要求后方可进行灌浆施工。

(4) 本工程采用机械搅拌压浆法,在搅拌时应根据相关标准和浆料使用说明投放各拌合材料,并确保搅拌充分、均匀。浆料搅拌完成后必须在30min内使用完毕,未使用完或散落的浆料不得二次使用

(5) 灌浆施工时,浆料应从下排灌浆套筒灌浆孔注入,并确保灌浆的连续性,当浆料从上排孔洞溢出时应及时用橡胶塞封堵。此灌浆操作按顺序依次完成,直至灌浆套筒及墙板底部缝隙完全灌满后停止(灌浆示意图见图14)



图13 座浆施工示意图



图14 灌浆示意图

(6) 灌浆施工完成后,必须确保灌浆料同条件试块的强度达到 $35\text{N}/\text{mm}^2$ 之后,才能进行后续接头施工,防止造成扰动。临时固定措施的拆除应在灌浆料抗压强度能确保达到后续施工承载力的要求后进行。

#### 4 成品保护

- (1) 构件堆放及吊装过程中要采取相应防护措施,避免对构件边角造成破坏。
- (2) 构件起吊及降落过程应匀速缓慢,不得猛吊猛降,避免对构件产生断裂破坏
- (3) 构件安装时,不得任意撬动、碰击或移位,如必须进行位置调整时,要垫放柔性材料。
- (4) 构件周边外露钢筋不得随意破坏。
- (5) 安装完成后的斜支撑和三角稳定架,不得随意扰动。
- (6) 管线安装时,不得任意剔凿构件。

#### 5 结束语

本项目在装配式施工的各个环节中严格按照规范和标准要求,最终达到了预期的质量标准,同时积累的大量施工经验,为公司以后装配式的施工奠定了坚实的基础。

#### [参考文献]

- 
- [1] 张霞. 装配式混凝土结构质量控制及监管研究 [J]. 施工技术, 2016(17)
  - [2] JGJ355-2015, 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程 [S]. 中国建筑工业出版社, 2015. 08(第一版)
- 作者简介]: 陈岗, 本科, 学士学位, 工程师, 项目技术负责人, E-mail: 673004053@qq.com  
郭东东, 本科, 助理工程师, 项目技术负责人, E-mail: 344233175@qq.com

# 奥氏体不锈钢厚壁管道埋弧自动焊焊接工艺

田文冲 刘建国

中石化第十建设有限公司, 山东青岛 266555

DOI:10.33142/ec.vli1.40

**[摘要]** 管道埋弧焊具有焊接效率高、焊缝质量稳定可靠等优点, 目前已在公司大口径、厚壁管中实际应用。本文结合在大连恒力工程项目蜡油加氢高压管道焊接施工中, 采用管道埋弧焊进行管道填充、盖面焊接试验, 确定了管道埋弧焊管道坡口形式、焊接参数, 摸索出焊接缺陷产生的原因及预防措施。

**[关键词]** 管道埋弧焊; 焊接特点; 焊接缺陷; 填充盖面焊接

## 前言

随着石油化工业向大口径、厚壁管在工程建设中快速发展, 由于焊接任务量大, 对施工周期要求越来越短, 常规的焊条电弧焊已满足不了高温高压大口径厚壁管道高效率焊接施工进度需求。为了适应市场的竞争, 提高施工进度, 降低成本, 减小劳动强度, 公司积极倡导开发推广新的焊接技术, 提高焊接效率, 保证焊接质量。

2017年, 我公司承担了公司承揽的大连恒力蜡油加氢裂化装置高压管道, 大口径、厚壁管道焊接任务, 采用工厂化加工、自动化焊接进行高压管道的预制, 是体现施工单位管道预制能力、提高高压管道施工效率和降低高压管道施工成本的一个重要举措。

## 1 管道埋弧焊的焊接特点;

①焊接机械化程度高: 管道埋弧焊接时, 引燃电弧、送丝、电弧沿焊接方向移动及焊接收尾等过程完全是通过操作控制盘上的按钮开关来实现控制, 机械操作的程度高。

②焊接效率高: 管道埋弧焊可使用较大的电流, 熔深大, 焊丝熔敷效率大大提高。

③焊缝质量高: 熔渣隔绝空气的保护效果好, 熔渣可降低接头冷却速度, 焊接参数可以通过自动调节保持稳定, 对焊工技术水平要求不高, 焊缝成分稳定, 力学性能比较好。

④劳动条件好: 管道埋弧焊时电弧是在一层颗粒状的可熔化焊剂覆盖下燃烧, 电弧光不外露, 焊接时没有弧光辐射, 减轻对操作者身体的伤害。而且易操作, 减轻手工焊操作的劳动强度, 降低焊接成本, 更好的提高焊接效率。

## 2 管道埋弧焊主要焊接缺陷及预防措施

管道埋弧焊焊接过程中, 如果焊接电流、电弧电压及焊接速度配比不合理 容易造成根部烧穿、气孔、夹渣、未熔合等缺陷。

(1) 气孔: 焊前坡口未清理干净, 焊剂受潮未按要求烘干或焊剂杂质多重复使用, 同时焊剂颗粒度没有根据电流选取, 过粗或者过细, 导致透气性不好, 都容易产生气孔缺陷。

预防措施: 焊前仔细清理坡口两侧的油、锈、和水等污物, 焊剂严格执行烘烤标准, 对于重复利用的焊剂进行筛除细碎渣壳及杂质, 特别是不锈钢焊剂更容易吸收空气中的水分, 根据焊接任务量随用随取, 焊剂的覆盖厚度, 以盖住焊丝周围, 不出现闪光, 保证焊接气体能均匀的溢出。

(2) 夹渣: 焊接时焊枪起弧点偏移位置, 造成了向下焊状态, 容易产生夹渣, 多层多道焊层间渣不干净, 残留在焊缝内, 形成夹渣。

措施: 选择合适的起弧点, 控制电弧始终处在焊缝中心, 采用合理的坡口角度和焊接工艺参数, 道间焊渣清理彻底。

(3) 未熔合: 焊缝两侧坡口角度大小不一样, 导致两侧受热不均匀, 焊枪选用管口倒流位置过大, 焊层之间未完全熔合, 焊接电流过小, 焊接速度过快, 到不到足够的熔深, 坡口角度过小, 焊丝干伸过长。

措施: 采用合适的坡口角度, 焊丝始终对准焊缝中心, 焊接过程中观察好焊丝的偏移度及时调整, 焊枪处在管口倒流角度的位置合适, 选用匹配的焊接工艺参数, 保证合适的焊丝干伸长度与焊件距离。

## 3 焊接材料选用:

以大连恒力施工现场奥氏体不锈钢 TP347 管道为例, 规格为  $\Phi 600 \times 32\text{mm}$ , 从保证焊缝性能同母材匹配的原则出发, 焊丝选用 CHW-347R, 焊剂选用 CHF-601, 焊材的化学成分及熔敷金属的力学性能见表 1、表 2。

表 1 CHW-347 焊丝及熔敷金属化学成分 (%)

| 项目  | C    | Mn   | Si   | S     | P     | Cr    | Ni   | Mo   | Cu   | Nb   |
|-----|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 实际值 | 0.04 | 1.80 | 0.49 | 0.001 | 0.014 | 19.90 | 9.45 | 0.01 | 0.02 | 0.75 |

表 2 熔敷金属的力学性能

| 项目  | 抗拉强度 $b/MPa$ | 屈服强度/ $s_{0.2}$ | 伸长率 $\delta_s /(\%)$ |
|-----|--------------|-----------------|----------------------|
| 标准值 | 432          | 607             | 41.0                 |

### 3.1 坡口形式

管道埋弧焊的焊接电流较大，电弧具有很强的熔透力。热烧层的坡口角度大小尤为关键，如坡口角度太小导致导电嘴送不到底层，容易造成焊接时道间未熔合，如果坡口角度过大，热烧时容易造成打底层击穿。管壁厚度  $\delta \geq 40mm$  的焊件，选择双 V 型坡口，坡口角度为  $60 \pm 2.5^\circ$ ，对于厚度较大的焊件，为了减少焊材填充量、提高焊缝的性能和质量，有条件宜选择 U 型坡口。

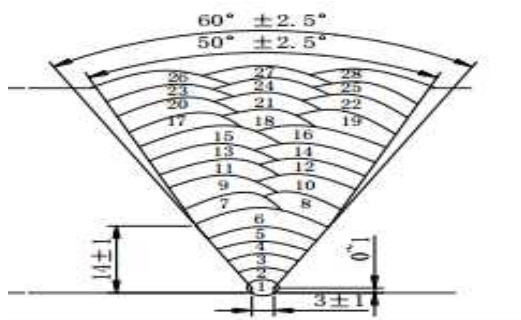


图 1 焊缝坡口形式图

## 4 焊接工艺参数

管道埋弧焊的参数包括：焊接电流，焊接电压，焊接速度等。这些参数主要根据焊件的管径、壁厚和层次，焊接工艺评定参数结合焊接经验来选定，一经确定后，严格执行是保证焊接质量的前提。

### 4.1 焊接电流

焊接电流是埋弧焊最重要的参数。一般焊接条件下，焊接电流与焊缝熔深成正比，随着焊接电流的增加，熔深增加，焊丝的熔化量也相应增加。随着焊接电流的减小，熔深减小。增大焊接电流可以加快焊丝的熔化速度，提高焊接生产率。但焊接电流过大时易造成烧穿或者焊缝余高过高。焊接电流过小时熔深太浅，容易产生未焊透，多层焊时还会产生夹渣，同时电弧的稳定性也变差。

### 4.2 焊接电压

焊接电压增大时，熔宽增大，熔深变浅，焊缝的余高变小。当焊件的组对间隙不够理想时，可以适当地增大焊接电压，以避免烧穿，在增加电弧电压的同时，还应适当增加焊接电流。但焊接电压过高焊缝成形变宽，熔深变浅，容易在焊缝内产生裂纹和气孔，而焊接电压减少时，熔深增加，焊缝变得高而窄，造成脱渣困难。

### 4.3 焊丝直径与伸出长度：

焊接参数不变而焊丝直径增加时，焊缝宽度增加，熔深减小。反之，则熔深增加及焊缝宽度减小。焊接参数不变而焊丝伸出长度增加时，电阻也随之增大，伸出部分焊丝所受到的预热作用增加，焊丝熔化速度加快，结果使熔深变浅，焊缝余高增加，严格控制焊丝伸出导电嘴的长度。

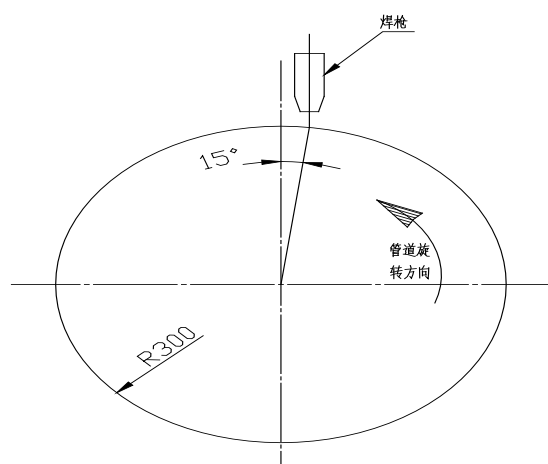


图 2 管道埋弧焊焊枪示意图

### 4.4 焊丝电弧位置

焊丝的电弧位置分为前倾置和后置。焊丝电弧位置不同，电弧对熔池热作用也不同，从而影响焊缝成形。当焊丝前置一定位置时，焊缝宽度较小而熔深较大，但易使焊缝边缘产生未熔合和咬边，并且使焊缝成形变差。反之，由于电弧指向焊接方向，使熔池前面的焊件受到了预热作用，电弧对熔池的液态金属排出作用减弱，而导致焊缝宽而熔深变浅。



图3 焊枪位置示意图



图4 焊接操作过程

#### 4.5 焊剂粒度和堆散高度的控制

焊剂层太薄或太厚都会在焊缝表面引起凹坑、斑点及气孔，形成不平滑的焊道形状，焊剂层的厚度要控制在 25-40mm 范围内。当使用烧结焊剂时，由于密度小，焊剂堆高比熔炼焊剂高出 20%-50%。焊丝直径越大焊接电流越高，焊剂层厚高也相应加大；由于施焊过程操作不规范，细粉焊剂处置不合理，焊缝表面会出现断续的不均匀凹坑，无损检测合格但外观质量受到影响，局部削弱了壳体厚度。

#### 5 填充层焊接

焊接前，由于厚壁管的坡口角度都是 U 形坡口，坡口角度小，埋弧焊枪垂直于 12 点位置，而且又不能摆动，提前对移动式管道升降托持小车的角度进行调整，把焊枪进行轻微的转动方向前置，有利的保证坡口两层充分熔合。填充第一道焊接时，把埋弧焊枪从钟表方位 12 点偏前位置开始焊接，由于打底焊缝较薄，焊枪垂直 12 点焊接容易把焊缝击穿，底层填充焊接的电流，电压，焊接速度要稍快，随着焊接层数的增多，适当加大焊接参数，提高焊接效率。焊件旋转方向为逆时针，这样焊缝成形较好，也不至于使层间接头处过高。

在焊接过程中，管件在压紧式管道驱动器转动时存在一定的偏移，应及时手动微调焊枪离工件的距离大小，否则，易造成焊枪喷嘴接触焊件或电弧太长；要及时手动微调焊枪左右位置，使焊枪喷嘴始终对准焊缝坡口中心，否则，易造成焊偏或未熔合，焊接时及时从焊缝的渣壳的脱落和焊缝为金黄色或者银白色来判断焊层的温度，有效的控制层间温度及管道背面焊缝氧化。



图5 不锈钢热焊层示意图



图6 不锈钢填充焊渣自然脱落示意图

#### 5.1 埋弧焊盖面焊接

盖面层焊接时，由于坡口角度大或者错边，需采用窄焊道，焊层薄，多层多道焊，焊接电流与焊接速度适当降低，应及时提高焊接电压，增加焊缝的宽度，由于管道埋弧焊焊接时电弧在焊剂下燃烧观察不到熔池，焊工焊接时通过观察和听声音，如果电弧燃烧的声音清晰均匀一致，说明焊接参数合适稳定，电弧燃烧的声音高低不一及熔池上的渣壳不规则，电流与电压的配比不合适应及时提调整，更好的确保焊缝圆滑过渡，所以焊工要加强理论与实践的学习运用确保焊接质量。



图 7 多层多道焊示意图



图 8 不锈钢盖面成型示意

表 3 管道埋弧焊主要焊接参数

| 焊件材质  | 规格       | 焊接层次  | 焊接方式 | 焊材      |         | 电源极性 | 焊接电流 (A) | 焊接电压 (V) | 焊接速度 (cm/min) |
|-------|----------|-------|------|---------|---------|------|----------|----------|---------------|
|       |          |       |      | 牌号      | 直径 (mm) |      |          |          |               |
| TP347 | Φ 700x71 | 1-2   | SAW  | CHW-347 | 2.4     | 直流反接 | 200-290  | 30-33    | 40-50         |
| TP347 | Φ 700x71 | 3-6   | SAW  | CHW-347 | 2.4     | 直流反接 | 190-260  | 30-33    | 40-45         |
| TP347 | Φ 700x71 | 7-10  | SAW  | CHW-347 | 2.4     | 直流反接 | 160-250  | 30-32    | 39-50         |
| TP347 | Φ 700x71 | 11-15 | SAW  | CHW-347 | 2.4     | 直流反接 | 160-220  | 30-31    | 40-45         |

## 6 结束语

我公司在大连恒力蜡油加氢裂化装置高压管道焊接施工中，采用工厂化预制，管道施工有序化、焊接自动化，对高压管道前期详细的策划和周密的组织保证了焊接质量，有效的提高施工效率，经过调研和分析制定合理的焊接方法，共预制 19860 寸，管道焊缝无损检测一次焊接合格率 99.2%，同比其它焊接施工方法有效降低施工成本，充分发挥组合式管道埋弧自动焊的优势，实现流水线焊接和生产，解决了高压管线的焊接焊接施工诸多难题，降低了劳动强度，既保证了焊接质量，又提高了施工效率，焊接接头力学性能良好，充分发挥管道埋弧自动焊的优势，实现流水线生产，值得大力推广使用。

## [参考文献]

- [1] 焊工手册：《埋弧焊．气体保护焊．电渣焊．等离子弧焊》主编 周昭伟 机械工业出版社 2003 年 4 月
- [2] 《石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金、镍合金焊接规程》SH/T3523-2009
- [3] 不锈钢焊接冶金学及焊接性 主编 陈剑虹 机械工业出版社 2008 年 10 月
- [4] 《承压设备无损检测》NB/T4013-2010

## 基于风光液流储能一体化技术研究

隋晓峰 谢正和 刘英杰

北京源深节能技术有限责任公司, 北京 100089

DOI:10.33142/ec.vli1.42

[摘要] 通过研究在风电场和光伏电站侧配置动态响应特性好、寿命长、可靠性高的大规模液流电池储能装置,能更好地解决风、光等可再生能源发电的间歇性问题,通过优化储能控制系统控制策略,开发风光储电站联合监控系统,可使风光储电站实现平滑出力、跟踪计划出力、参与系统调峰、调频等功能,提高源网协调能力、提升新能源的消纳能力,为新能源集约化开发和利用提供示范引领作用。

[关键词] 储能;液流电池;源网协调

Abstract: By researching the large-scale liquid-flow battery energy storage device with good dynamic response, long life and high reliability on the side of wind farm and photovoltaic power station, the intermittent problem of renewable energy generation such as wind and solar energy can be better solved. By optimizing the control strategy of energy storage control system, the joint monitoring system of wind-solar storage power station can be developed. Make the wind and solar storage power station achieve smooth output, tracking plan output, participating in system peak shaving, frequency modulation and other functions, improve the coordination ability of the source network, enhance the absorption capacity of new energy, and provide a demonstration leading role for the intensive development and utilization of new energy.

Key words: Energy storage Liquid flow battery Source network coordination

### 1 引言

随着我国经济发展和人民生活水平的提高,能源需求增长迅速,然而,能源安全与环境污染已经成为我国国民经济发展的掣肘。化石能源日益消耗,2015年,我国石油和天然气对外依存度分别为60.6%和32.2%<sup>[1]</sup>。因此,如何安全、清洁的解决我国能源问题是一个重大议题。中国风电资源和负荷逆向分布的特点,以及大规模集中开发的模式,使得新能源消纳应用矛盾十分突出,弃风弃光电量呈逐年增加趋势,2017年我国弃风电量419亿千瓦时、弃光电量73亿千瓦时,弃风、弃光率分别为13.7%、6.2%。图1为2011年至2017年全国弃风弃光率统计表。部分地区仍存在较高的限电比例,其中甘肃(弃风率33%)、新疆(弃风率29%)、吉林(弃风率21%)、内蒙古(弃风率15%)、黑龙江(弃风率14%),弃光率超过5%的地区包括陕西、新疆、甘肃、青海、宁夏。较高比例的弃风弃光造成可再生能源的巨大浪费和发电效益的巨大损失。



图1 2011-2017年弃风情况(数据来源:国家可再生能源中心)

风电、光伏发电等间歇性能源并网给电网带来了深远的影响。风电、光伏等新能源大多以电力电子设备并网,电网高度电力电子化特征将逐步凸显,新能源机组不具备常规机组的频率和电压支撑能力,会导致系统有功和无功储备减少,降低电网的频率和电压调节能力,电网的安全稳定运行面临巨大技术挑战。如何减小规模化风光并网给电网带来的冲击一直是行业内面临的迫切问题。研究表明,风电、光伏发电在时间和空间上存在一定的互补性,而大规模储能可以实现风光发电在时间上的重新分布,利用风光储联合发电的模式解决新能源并网面临的问题已经得到行业内的

普遍认可，国内外已有成功的工程实例，如国家风光储输示范工程，配套建设了储能系统 70 兆瓦，风光储多类型电源互补运行有效改善了单一间歇式能源并网带来的问题。同时在德国、丹麦、美国等风能利用发达国家都不乏这样的工程实践。

2 国内外发展现状及趋势

2.1 液流储能技术

液流电池是一种极具有商业化潜质的大容量电池储能技术，其功率和容量可独立设计，在工程应用方面具有较大的灵活性，根据电解质的不同，主要包括锌溴液流电池、多硫化钠 / 溴液流电池和全钒液流电池。

全钒液流电池自新南威尔士大学 M. Skyllas-Kazacos 等人提出以来<sup>[2-3]</sup>，以其独特的技术优势引起了众多科学工作者的关注。全钒液流电池是一种高效的电化学储能装置。含有活性物质——钒离子的电解液是电能存储介质，存储在电池外部储罐中。钒电解质溶液通过循环系统进入电堆，在电极表面发生氧化还原反应。放电时，电池正负极电势差降低，化学能转化为电能；充电时，电池正负极电势差升高，电能转化为化学能，从而实现了电能的存储与释放。在各储能技术领域，全钒液流电池因其安全性高、使用寿命长、可实时直接监测其充放电状态等特点，已成为规模储能技术领域的首选储能设备之一。

通过近 10 余年的研究开发和示范应用，国内外全钒液流电池技术水平得到显著提高，并积累了丰富的工程经验，典型示范工程见下表 1 所示：

表 1 全钒液流电池典型工程应用

|               | 液流储能系统规格      | 应用场景    | 液流电池生产企业 |
|---------------|---------------|---------|----------|
| 美国犹他州太平洋电力变电站 | 250kW*1000kWh | 削峰填谷    | VRB      |
| 日本北海道风电场      | 4MW*1.5h      | 风储并用    | SEI      |
| 日本横滨光伏电站      | 1MW*5h        | 光储协调    | SEI      |
| 张家口风光储输示范电站   | 2MW*4h        | 风光储联合运行 | 普能       |
| 卧牛石风电场        | 5MW*2h        | 风储联合运行  | 大连融科     |

当前全钒液流电池已经达到了实际应用水平，但是在电池结构设计和电能变换耦合机理协调控制等方面仍要有所突破。

2.2 新能源电站功率控制技术

在新能源有功功率控制方面，大量学者开展了相关研究。在风电机组有功控制方面，研究在电网限负荷时<sup>[4]</sup>，风电机组采用桨距角和转矩控制的模式进行有功控制的策略，确定转矩控制具有更好的动态性能；研究不测量风速<sup>[5]</sup>，利用模糊控制的方法使风机保持在最优转速以追踪最大风能作为有功控制目标，同时设定最优无功以优化机组效率；研究在电网正常运行时风机进行超速减载<sup>[6]</sup>，在电网频率跌落时风机采用模拟惯量控制，从而为电网发生频率跌落时提供更多的有功功率以达到维持电网频率的目的；基于经典优先顺序法提出了一种应用于变速恒频风电场的限出力有功控制策略<sup>[7]</sup>。综合考虑场内风电机组的预测信息、运行状态与控制特性，建立了以风电机组调节性能指标为排序指标的风电场限出力控制序列；研究考虑储能的风电场有功控制 3 层模型<sup>[8]</sup>，即能量管理层、风电场调度层及风力发电机控制层，可实现输出限制、AGC 曲线跟踪控制、调峰控制等综合控制目标；提出根据对风电场下一功率控制周期的各机组预测功率及机组自身运行状况进行分类<sup>[9]</sup>，按不同类机组升降功率的能力不同进行控制；提出一种基于机组实时风速信息分类的有功功率控制策略，该方法根据风力发电机组的运行状态和实时风速等信息对机组进行动态分类，并按风电机组最大发电能力和运行约束条件建立有功分配模型。

在新能源场站无功电压控制方面，研究了双馈风电场内多无功源在时间尺度上的动态响应配合和空间粒度上的物理分布特性<sup>[10]</sup>，研究综合考虑升压站集中动态无功补偿设备和双馈风电机组的无功电压协调控制策略。

3 本研究技术创新点

1) 液流储能系统设计与集成

研究液流电池堆场布置、电池活性物质的反应均匀性，以减小流道流动阻力与流道泄露电流为目的研究电解液流场优化参数，对大功率液流电池研发情况摸底，基于电池 SOC 或端电压的电池主动均衡与容量维持控制策略；大规模液流储能系统的高效电能变换耦合机理协调控制策略，实现液流储能系统的灵活应用和多能源互联切换等技术调研分析。

2) 储能变流器主动支撑控制策略研究与开发

研究基于电压源型虚拟同步发电机和高速通讯网络的站内液流电池系统主动支撑控制策略；对储能与新能源机组的协同调频控制策略，液流储能电池参与电网主动支撑的优化容量配置方案开展专题论证会；对主动支撑、高低电压穿越、黑启动、有源阻尼功能的液流电池储能变流器分析；研究液流电池储能系统特有指标参数，为标准撰写和后续产品提供参考。

3) 风光储联合运行控制策略研究与系统开发

对采用双向 DC/DC 模块二级或者三级升降压（图 2），实现钒电池与充放电设备的电压匹配，在充放电设备设计预充电开关，实现钒电池的预充电激活；通过系统监测钒电池运行状态，在储能系统充放电功率小于一定值时，使系统进入待机状态，泵定期循环，减少泵的耗能；在能量转换系统中，能量来源的切换时间问题及多能源之间的分配控制策略问题是钒电池储能系统灵活应用的一个关键技术进行专项论证。

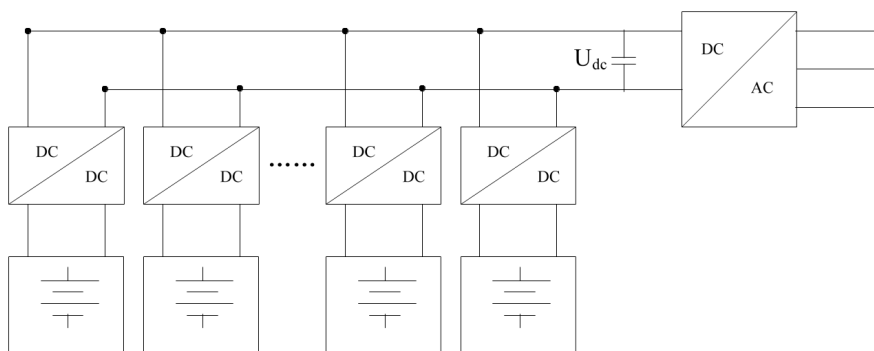


图 2 双级式储能系统 PCS

研究基于液流储能参与电网主动支撑的风光储联合运行控制策略，提出风、光、储多种组合运行控制模式、功能要求和技术性能指标，调研开展联合监控系统的现场调试及技术性能测试，跟踪分析监控系统的运行效果，优化完善监控系统的控制性能。

#### 4) 电压源型虚拟同步发电机控制策略以及风-光-储联合调频控制策略的研究。

风电、光伏等新能源大多以电力电子设备并网，基本不具备惯性和阻尼，新能源高占比情况下会降低系统鲁棒性，增加运行风险，所以新能源具备一次调频功能是大势所趋。然而目前为止虚拟同步发电机技术主要示范于微电网中，应用于大电网商业工程鲜见于报端，本项目需从稳定性分析、策略仿真、硬件设计、实际运行效果等方面进行开发；对于新能源机组-储能联合调频控制策略的研究与工程实现，需要根据新能源机组与储能机组运行性能提出一种协调控制策略；在工程实现的过程中，针对多机组协同控制，仅仅改造变流器而不集群统一控制是行不通的，所以需从场站级别进行整体调研设计。

#### 5) 大数据平台建设

研究电池管理系统（BMS）、能量转换系统（PCS）和无线云端数据系统之间的调控机制和关联作用；研究 BMS 按照固定程序与能量转换系统通讯方式与途径（图 3），提出钒液流电池的充放电控制及泵循环控制，通过研究传感器实时采集钒液流电池中温度、电流、电压、管道压力等数据，深入了解信号读取和传送机制，将采集数据接入能源大数据平台。

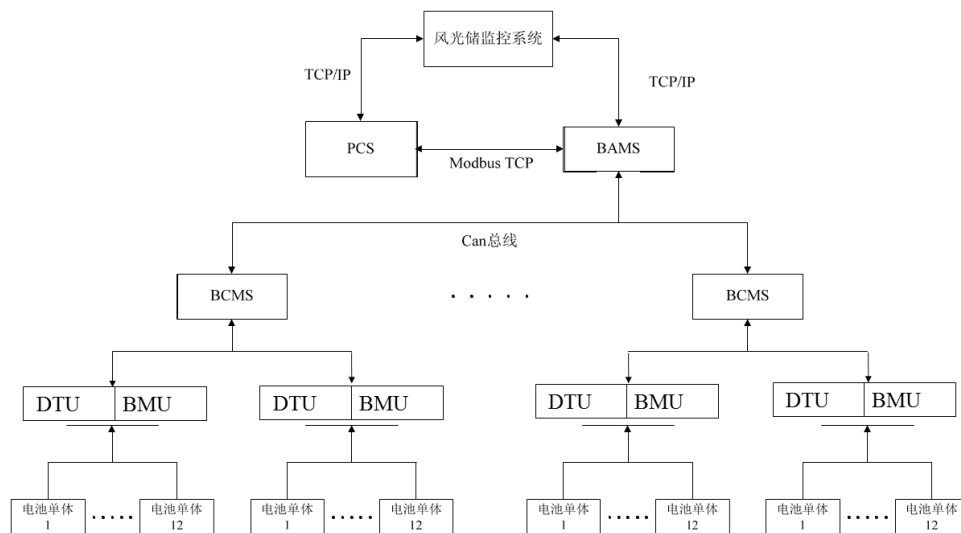


图 3.6-2 储能系统通讯构架

图 3 储能系统通讯构架

### 3 结论

通过本项目的技术集成研究为风光液流储能一体化系统提供技术支撑，探索一条“风-光-储”集约化、高效化的发展解决路径，为我国新能源的开发建设提供示范引领作用。利用本项目研究成果为国内某大型风光储项目提供技术服务；拟实施项目总投资约 7000 万元，全寿命净成本 4200 万元，年消纳风电场弃风电量 550 万度，调峰电量达到 550 万度，风电上网电价按 0.5 元/度计算，调峰服务电价按照 0.38 元/度，每年收入 584 万元，静态投资回收期为 7.19 年。

#### [参考文献]

- [1] 贾承造，庞雄奇，姜福杰．中国油气资源研究现状与发展方向[J]．石油科学通报，2016，1(1):2-23.
- [2] Wang W, Luo Q, Li B, et al. Recent progress in redox flow battery research and development[J]. Advanced Functional Materials, 2013, 23(8): 970-986.

[3]Xiao S, Yu L, Wu L, et al. Broad temperature adaptability of vanadium redox flow battery—Part 1: Electrolyte research[J]. Electrochimica Acta, 2016, 187: 525-534.

[4] 肖运启, 贺贯举, 王昆朋, 等. 电网约束下变速风电机组的限负荷控制策略 [J]. 电网技术, 2014, 38(2): 456-462.

[5] 徐大平, 肖运启, 吕跃刚, 等. 基于模糊逻辑的双馈型风电机组最优功率控制 [J]. 太阳能学报, 2008, 29(6): 644-651.

[6] 丁磊, 尹善耀, 王同晓, 等. 结合超速备用和模拟惯性的双馈风机频率控制策略 [J]. 电网技术, 2015, 39(9): 2385-2391.

[7] 林俐, 谢永俊, 朱晨宸, 等. 基于优先顺序法的风电场限出力有功控制策略 [J]. 电网技术, 2013, 37(4): 960-966.

[8] 乔颖, 鲁宗相. 考虑电网约束的风电场自动有功控制 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(22): 88-93.

[9] 邹见效, 李丹, 郑刚, 等. 基于机组状态分类的风电场有功功率控制策略 [J]. 电力系统自动化, 2011, 35(24): 28-32.

[10] 梅华威, 米增强, 李聪, 等. 采用机组风速信息动态分类的风电场有功控制策略 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(2): 66-68.

作者简介: 隋晓峰, 男, 辽宁抚顺人, 高级工程师, 主要研究方向为能源高效利用、节能环保领域。

# 后注浆灌注桩在吹填场地的适用性研究

张春刚<sup>1</sup> 周思广<sup>1</sup> 申海鹏<sup>2</sup>

1 中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司, 河北保定 071069

2 北京国道通公路设计研究院股份有限公司, 北京 100053

DOI:10.33142/ec.v1i1.43

**[摘要]** 沿海地区吹填场地经过预处理后进行桩基施工, 施工前需进行试验以确定工程桩桩型及设计参数。通过竖向抗压静载试验、水平承载力静载试验并结合桩身应力监测数据, 分析可得达到相同竖向承载力时, 后注浆灌注桩桩长较普通钻孔灌注桩短, 而水平受力状态并没有显著差异, 这不仅可缩短工期, 并可节约成本, 验证了后注浆灌注桩在本吹填场地的适用性。

**[关键词]** 吹填场地; 后注浆灌注桩; 静载试验

**Abstract:** After pre-treatment, pile foundation construction is carried out on the blow-filled sites in coastal areas. Before the construction, tests should be carried out to determine the pile type and design parameters of the project. Static loading test of vertical compression resistance and horizontal bearing capacity should be carried out. Meanwhile, stress monitoring data of pile should be obtained. It can be concluded from the analysis that when the same vertical bearing capacity is achieved, the length of the post-grouting pile is shorter than that of the ordinary bored pile, while the horizontal stress state is not significantly different. The post-grouting bored pile can not only shorten the construction period, but also save the cost. This paper has verified the applicability of post-grouting grouting pile in this blow-in site.

**Key words:** blow-filled sites; post-grouting bored pile; static loading test

## 1 序言

随着我国工业的快速发展, 港口、工业园区等在沿海地区的建设用地需求急剧增长, 导致土地资源出现严重不足, 因此填海造陆工程发展迅猛。某临海项目储罐区场地为新近吹填场地, 经过排水法预处理后需要进行桩基施工。本工程采取试桩对桩型进行优化选择, 桩型采用后注浆灌注桩和普通钻孔灌注桩。

相对普通钻孔灌注桩而言, 后注浆灌注桩是将浆液经注浆装置注入桩侧桩端, 通过浆液的渗扩、劈裂、填充、压密和固结作用, 消除桩身泥皮和桩端沉渣, 增大桩侧阻力和桩端承载力, 从而大幅度提高单桩极限承载力并减少桩基沉降。

本文通过对后注浆灌注桩的加固机理、施工工艺进行介绍, 对后注浆灌注桩和普通钻孔灌注桩的竖向抗压静载试验和水平静载试验数据进行对比分析, 确定本场地两种桩型的优劣性。

## 2 工程概况

本工程位于天津南港工业区内, 吹填材料为细砂、粉砂, 场地在吹填至高程约 +5.5m 左右后, 对吹填砂层采用了无填料振冲挤密处理, 处理后的现地面高程约在 +4.0 ~ +4.3m。初步处理后的吹填层平均厚度约 10m, 以中密~密实状态的细砂为主。

根据工程地质勘察资料, 地表下地层主要分为以下 11 层:

表 1 各地层分层及特征表

| 单元土体   | 地层特征                                                                           | 揭示厚度   |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
| ①吹填砂   | 灰黄色, 饱和, 中密状态, 局部密实; 以细砂为主, 颗粒较均匀, 含少量贝壳屑, 密实度分布不均匀; 构成吹填场地的主要组成部分并反应了吹填层的主要特征 | 约10m   |
| ②淤泥质粘土 | 灰色, 饱和, 流塑状态, 含少量腐植物, 局部间砂或夹薄层粉砂                                               | 约10m   |
| ③-1粉土  | 灰色, 湿~很湿, 稍密~中密状态                                                              | 约20m   |
| ③-2粉细砂 | 灰色、灰黄色, 中密状态; 颗粒较均匀, 含少量贝壳屑                                                    |        |
| ④粉质粘土  | 黄褐色, 饱和, 软塑~可塑状态                                                               | 0~5.0m |
| ⑤-1粘土  | 灰色, 饱和, 软塑~可塑状态                                                                | 13m    |
| ⑤-2粉细砂 | 灰色, 饱和, 中密~密实状态                                                                |        |

|         |                             |         |
|---------|-----------------------------|---------|
| ⑥-1粉质粘土 | 褐黄色，饱和，可塑～硬塑状态              | 23m     |
| ⑥-2粉细砂  | 灰黄色，饱和，密实状态                 |         |
| ⑦粉质粘土   | 褐灰色，饱和，可塑～硬塑状态              | 0～6.6m  |
| ⑧细砂     | 灰色，局部灰黄色，饱和，密实状态，呈厚层分布，连续稳定 | 约14m    |
| ⑨粉质粘土   | 灰色，饱和，可塑～硬塑状态               | 约15m    |
| ⑩粉细砂    | 灰色，饱和，密实状态                  |         |
| ⑩a粉质粘土  | 灰色，饱和，可塑～硬塑状态               |         |
| ⑪粉质粘土   | 灰色，褐黄、黄绿色，饱和，可塑～硬塑状态        | 约7m，未揭穿 |

本工程采用两种桩型进行试验，详细设计参数及检测方法见下表：

表 2 试桩设计参数及检测方法表

| 试桩分组       | 后注浆灌注桩   | 普通旋挖灌注桩  |
|------------|----------|----------|
| 试桩编号       | 试1、试2、试3 | 试4、试5、试6 |
| 桩长         | 61m      | 74m      |
| 桩径         | 1200mm   | 1200mm   |
| 设计桩砼强度     | C40      | C40      |
| 桩端持力层      | ⑥2层粉砂    | ⑧层粉砂     |
| 单桩竖向抗压静载试验 | 3根       | 3根       |
| 桩身应力测试     | 3根       | 3根       |
| 单桩水平静载试验   | 3根       | 3根       |
| 水平位移观测（测斜） | 12m×3    | 12m×3    |

### 3 后注浆灌注桩

#### 3.1 加固原理

##### 3.1.1 桩侧注浆加固原理

桩侧进行后注浆时，浆液先对泥皮进行渗透、置换、消除，对桩周土体进行劈裂、混合、挤密，充填桩侧与桩周土体的间隙，提高桩侧与桩周土体的粘结力，从而提高桩的侧摩阻力；当浆液压力大于桩周土体的孔隙水压力时，浆液将向四周土体渗透，既挤密桩侧土体，又在桩周形成固结体，改善桩与桩周土的咬合性能，提高桩的侧摩阻力。

##### 3.1.2 桩端注浆加固原理

桩端进行后注浆时，桩底虚土可与注入的水泥浆发生物理化学反应形成结石体，压力浆液通过渗透、挤密、填充及固化作用，提高持力层的强度和变形模量。压力达到一定程度，可使桩端形成扩大头，增加桩端承压面积，提高桩端承载力。

#### 3.2 施工工艺

后注浆旋挖钻孔灌注桩的施工工艺流程为：测放桩位→旋挖钻机就位→成孔施工（泥浆护壁）→清孔、安放钢筋笼（注浆管固定在钢筋笼主筋上）→二次清孔→灌注混凝土→成桩后 24 小时进行开环→成桩 3～5 天进行后注浆→28 天后检测验收。

##### 3.2.1 注浆位置确定

本工程后注浆灌注桩采用桩端桩侧复式后注浆工艺，其中桩侧注浆位置在③-2 层、⑤-1 层，距桩顶分别约 40.8m，51.5m。注浆导管沿钢筋笼圆周均匀设置 3 根。

##### 3.2.2 注浆装置

注浆管采用内径 15mm 的钢管，因钢筋笼过长，分为三段制作再进行机械连接。注浆管连接采用丝扣连接。

注浆管均匀绑扎在钢筋笼主筋上，并且布置在钢筋笼内侧，防止在安放钢筋笼时损坏注浆管，影响后注浆效果。固定时，注浆管在桩端应超出钢筋笼，并保证桩端注浆孔深入沉渣不小于 8cm。

桩侧注浆装置采用环状注浆管，即采用四通连接竖向注浆管，再用内置钢丝的花管连接成环状，在花管上均匀布置 4 个注浆点。每个注浆孔用图钉堵塞，并用胶带缠绕，作为注浆单向阀。

##### 3.2.3 施工参数的选择

（1）桩侧及桩端注浆土层均为饱和粉细砂，水灰比过小会降低注浆的有效性，根据工程实践经验，浆液的水灰比采用 0.7:1。

（2）桩端注浆终止压力应根据土层性质及注浆点深度确定。对于风化岩、非饱和黏性土及粉土，注浆压力宜为 3～10MPa，对于饱和土层注浆压力宜为 1.2～4MPa，软土取低值，密实黏性土取高值。本工程桩端注浆土层为饱和粉细砂，注浆压力取为 1.5～2.5 MPa。

（3）单桩注浆量应根据桩径、桩长、桩端桩侧土层性质、单桩承载力增幅及是否复式注浆等因素确定，可按式估算：

$$G_c = \alpha_p d + \alpha_s n d$$

式中， $\alpha_p$ 、 $\alpha_s$ —分别为桩端、桩侧注浆量经验系数， $\alpha_p = 1.5 \sim 1.8$ ， $\alpha_s = 0.5 \sim 0.7$ （本工程分别取 1.5，0.6）；  
n—桩侧注浆断面数，（本工程取 2）；

d—基桩设计直径（m），（本工程取 1.2m）；

$G_c$ —注浆量，以水泥质量计（t）

经计算，单桩注浆量约为 3.3t。

3.2.4 注浆施工

(1) 浆液制备：注浆材料采用普通硅酸盐水泥，水泥强度等级为 P.042.5，受潮结块或过期水泥不得使用。水泥浆采用机械搅拌，应搅拌均匀，浆液中不能有水泥结块及其他杂物，以保证后注浆质量。将搅拌好的浆液通过滤网置于储浆池中，并不断搅拌，防止沉淀。

(2) 开环：在成桩后 24 小时将后注浆装置用高压清水贯通，使注浆孔开封，保证后期注浆的施工质量。

(3) 注浆：注浆在成桩后 3～5 天后进行，压浆采用的水泥浆的水灰比 0.6～0.7，注浆压力为 1.5～2.5MPa。单桩注浆水泥用量估算 3.3t，采用先注稀浆，再压注稠浆的顺序进行压浆操作，直至按设计要求完成压浆工作。实际试桩施工中，3 根注浆管中，第一根注浆管注浆压力约 0.8 MPa，终止压力约 2.5 MPa，注浆量也达到 3.3t。

4 质量保证措施

(1) 桩侧及桩端注浆孔的位置控制

桩侧注浆孔的位置选择在③-2 粉细砂层、⑤-2 粉细砂层，对桩侧阻力偏小的土层进行加固。

桩端注浆孔的位置超过笼底至少 10cm，并进入虚土一定深度，保证注浆质量。

(2) 后压浆采用注浆量和注浆压力双控方法，以水泥注入量控制为主，泵送终止压力控制为辅。水泥压入量达到预定值的 75%，泵送压力超过 2.5MPa，可停止压浆。若水泥浆从桩侧溢出，改间歇压浆、调小水灰比至水泥量满足预定值。

后压浆质量保证关键在于压浆装置绑扎入孔、各道工序成品保护、水泥浆压入操控等全过程控制和及时的检测信息反馈，要点如下：

I、压浆所用材料和设备必须符合要求。

II、钢筋笼压浆导管的连接均采用丝扣连接，经施工方自检及监理检查确认无误后方可进行下道工序。

III、为方便对水灰比的控制与检查，应在搅拌桶上刻画配制水灰比为 0.6～0.7 的标志。

IV、桩底压浆导管设置两道，如果出现一道压浆管堵塞、折断等异常情况，启用另外一道压浆管进行后压浆，如果出现两道压浆导管均损毁，则及时上报项目部总工，由总工程师会同有关人员提出处理方案。

V、桩侧压浆管如果出现堵塞、折断等异常情况，把侧管设计的水泥浆补入本桩的桩底压浆管中，在记录中注明。

5 检测结果

5.1 竖向抗压静载试验

通过竖向抗压静载试验，通过桩身应力监测值，可分析桩侧注浆位置土层侧摩阻力的变化情况，并结合最终沉降值，综合评价两种桩型在竖向荷载作用下的受力特点。试验加载量及分级见下表。

表 3 试验最大加载量及分级表 (kN)

| 分级<br>桩号 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 试1～试6    | 3400 | 5100 | 6800 | 8500 | 10200 | 11900 | 13600 | 15300 | 17000 |

(1) 桩侧阻力

在极限荷载作用下，后注浆灌注桩及普通钻孔灌注桩在两处桩侧注浆位置的桩侧阻力平均值如下表。

表 4 桩侧阻力平均值 (kPa)

| 地层<br>桩型 | 后注浆灌注桩 | 普通钻孔灌注桩 | 差值 | 比例    |
|----------|--------|---------|----|-------|
| ③-2层粉细砂  | 115    | 94      | 21 | 22.3% |
| ⑤-2层粉细砂  | 63     | 50      | 13 | 26.0% |

由上表可见，③-2 层粉细砂、⑤-2 层粉细砂经过后注浆处理，桩侧阻力有明显提高，提高比例超过 20%。

(2) 沉降

单桩静载试验最大加载为 17000kN，后注浆灌注桩及普通钻孔灌注桩的沉降量如下表。

表 5 沉降量 (mm)

| 桩号<br>桩型 | 试1/试4 | 试2/试5 | 试3/试6 | 平均沉降量 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 后注浆灌注桩   | 15.61 | 11.54 | 13.74 | 13.63 |
| 普通钻孔灌注桩  | 13.93 | 12.88 | 12.66 | 13.16 |
| 差值       | 1.68  | -1.34 | 1.08  | 0.47  |

由上表可见，竖向抗压静载试验下，后注浆灌注桩和普通钻孔灌注桩的平均沉降值分别为 13.63mm、13.16mm，相差仅 0.47mm，相差比例仅为 3.57%。

5.2 水平静载试验

本工程在桩顶下 1.2m 处进行水平静载试验，通过水平试验桩的桩身内力测试可测得桩身弯矩分布和最大弯矩位置，绘制出不同荷载下对应的 Mz-z 图

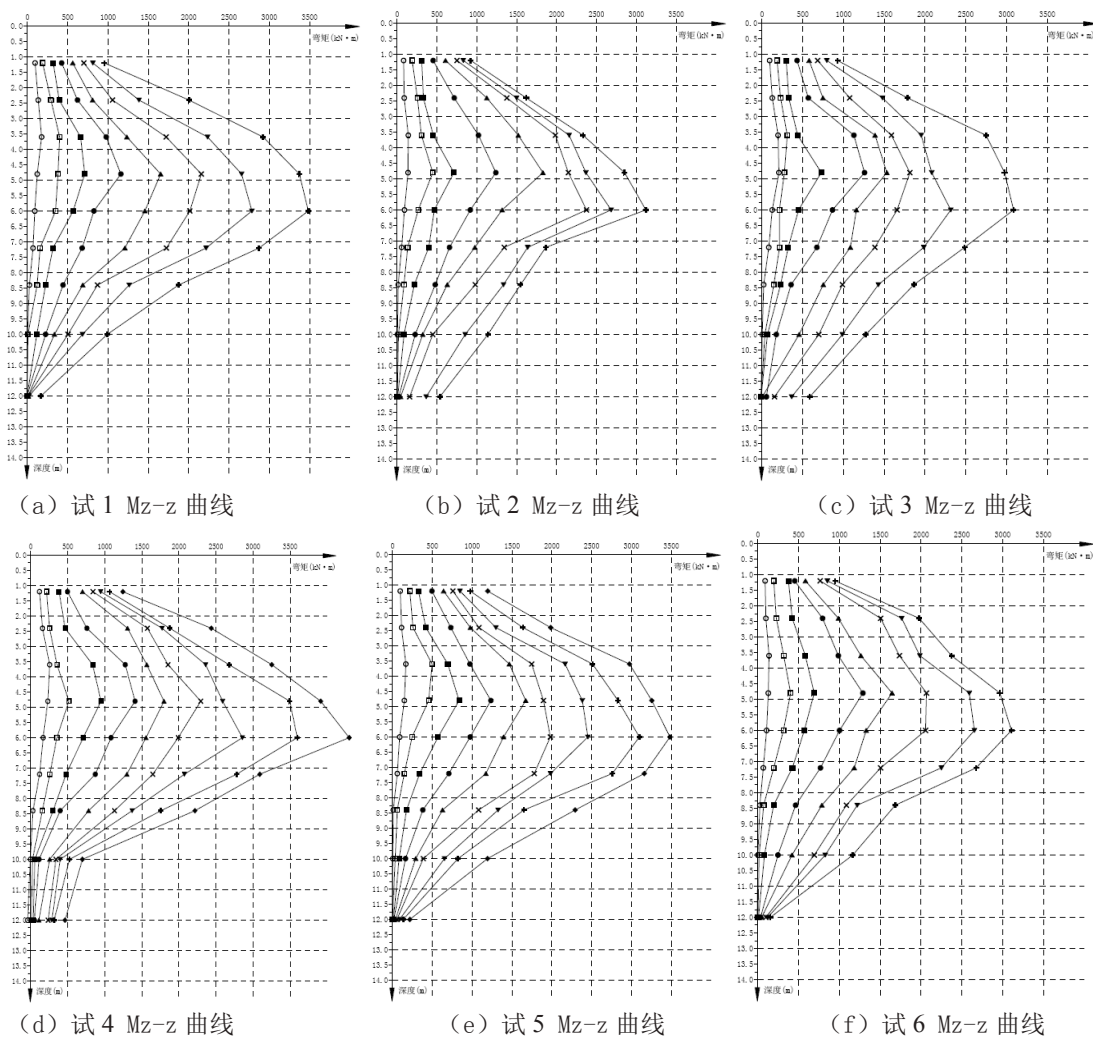


图1 试验桩1-6号Mz-z曲线

由图1可知,最大弯矩随着水平荷载的增大而增大,且水平荷载越大,最大弯矩位置逐渐下移,但位置下移并不明显,往往连续4-5级荷载作用下最大弯矩位置并不发生变化。后注浆灌注桩(试1~试3)、普通钻孔灌注桩(试4~试6)的最大弯矩位置均为桩顶下6.0m,无明显差异。

## 6 结论

(1) ③-2层粉细砂、⑤-2层粉细砂经过后注浆处理,桩侧阻力有明显提高,提高比例超过20%。可知桩侧注浆减弱了泥皮的影响,浆液充填了桩周间隙,增强了桩体与桩侧土体的粘结力,提高了注浆范围内桩侧阻力,进而提高单桩承载力。

(2) 桩长61m的后注浆灌注桩与桩长74m的普通钻孔灌注桩相比,在相同的竖向荷载下,累计沉降相差无几,可知后注浆灌注桩可大幅提高单桩承载力。

(3) 根据水平荷载试验结果证明,后注浆灌注桩与普通灌注桩在水平受力状态下并无明显差异。

(4) 本工程中,达到相同的设计荷载时,后注浆灌注桩的桩长比普通钻孔灌注桩短13m,可以缩短施工工期。每根桩减少混凝土用量约 $14.7\text{m}^3$ ,即使考虑注浆水泥成本,也可大幅降低工程成本。

由以上结论可知,后注浆灌注桩在类似吹填地层中适用性较强,比普通钻孔灌注桩有一定的优势。

## [参考文献]

- [1] JGJ94-2008, 建筑桩基技术规范[S]
- [2] GB50007-2011, 建筑地基基础设计规范[S]
- [3] 邓祥辉, 张永杰, 房海勃. 后压浆钻孔灌注桩承载力分析与试验研究. 建筑科学与工程学报, 2015(32): 58-64.
- [4] 陈立新, 舒斌, 杨宗耀. 灌注桩桩基后注浆施工工法. 岩土工程技术, 2010(24): 51-54.
- [5] 张开伟, 郅正华, 李志勇. 单桩水平静载试验各项测试参数分析. 城市勘测. 2016(16): 167-171;
- [6] 陈祥, 孙进忠, 蔡新滨. 基桩水平静载试验及内力和变形分析. 岩土力学. 2010, 第31卷, 753-758;
- [7] 张术来, 张春刚, 付勇. 新近吹填场地灌注桩不同桩型对比试验研究. 勘察科学技术. 2017(2): 14-17

# 大学校园建筑外空间人性化设计探讨

## ——以云南民族大学扩建工程项目为例

赵玉凤<sup>1</sup> 赵恺<sup>2</sup> 梁生<sup>3</sup>

1 河南城建学院 建筑与城市规划学院, 河南平顶山 467036

2 中国石油塔里木油田分公司矿区服务事业部计划经营部, 新疆库尔勒 841000

3 河南城建学院 建筑与城市规划学院, 河南平顶山 467036

DOI:10.33142/ec.v1i1.44

**[摘要]** 大学校园建筑外部空间是大学精神体现的重要场所之一, 其设计的成败将会直接影响到大学精神的传承。在当前“以本为本”的教育理念的指导下, 针对我国当前大学校园建筑外部空间失落的现状, 文章以云南民族大学扩建工程项目为例, 探讨了大学校园建筑外部空间人性化设计的原则及措施, 最终目标是使大学校园建筑外空间的设计有利于促进学生之间的交流, 创造宜于交流的、富于场所感和归属感的人性化公共空间。

**[关键词]** 大学校园; 建筑外空间; 以本为本; 人性化设计

**Abstract:** The exterior space of university campus building is one of the important places to embody University spirit. The success or failure of its design will directly affect the inheritance of University spirit. Under the guidance of the current education concept of "undergraduate students oriented", pointing at the current situation of the loss of the external space of university campus buildings in China, it was discussed that the principles and measures of humanized design of the external space of University Campus buildings in this paper, taking the extension project of Yunnan University for Nationalities as an example. by the design of the exterior space of university campus building, we wanted to promote communication among students, create a humanized public space that was suitable for communication and full of sense of place and belonging.

**Key words:** University Campus; exterior space of building; Undergraduate students oriented; Humanity Design

### 1 当前大学校园空间规划中出现的问题分析

近几年来, 随着高等教育的逐渐深入, 高等教育大众化的不断普及, 我国的高等教育迅速扩张, 各大专院校也相继进行调整、合并、扩张、新建等。随之而来的是大学的建设问题, 而其中大学校园建筑外空间的建设表现出越来越突出的问题。

(1) 特色建设问题。现今我国各大高等院校因不断扩招、扩建而导致盲目修建大尺度的开敞性校园空间, 使得高校校园规划建设中华文化特色、地域特色缺失的现象越来越凸显, 构建一个具有地域特色的大学校园建筑外空间成为当务之急。

(2) 校园环境景观设计问题。环境景观设计对校园建筑外空间设计具有很大的作用。但现今在校园建设中重建建筑缺环境的现象比较普遍。

(3) 空间尺度上的不协调。空间尺度不协调尤其在各新校园、校区的建设中比较普遍, 往往是在大片的绿中零星的点缀着几栋建筑, 除了建筑、人、空间的尺度不和谐, 建筑之间的尺度也缺乏协调。

(4) 空间僵化, 缺乏人情味。校园空间在规划建设中过多的重视形态图案设计, 盲目追求宏大的气势和完美的构图, 而忽略了对师生行为的理性的分析。

### 2 大学校园建筑外空间人性化空间释义

#### 2.1 大学校园建筑外空间的构成

顾名思义, 大学校园建筑外空间即大学校园建筑以外的空间, 考虑到校园空间使用群体的活动状况, 主要包括以下几个构成要素。

(1) 校园中心。是大学校园建筑外空间的核心空间, 它所形成的场所感和领域感能充分体现大学的精神和文化。同时, 校园中心应通过路径、轴线等与校园其他空间形成有机的联系, 并成为校园视线汇集的焦点, 以创造丰富的独特空间形态与结构。

(2) 校园广场。是校园建筑外空间的重要组成部分, 是校园公共聚会空间, 它的开放性、公共性吸引学生进入

其中进行参与、体验。

(3) 体育运动场地。是校园动态的建筑外空间，是校园最重要的建筑外空间之一，但在现今的校园规划设计中往往被忽略，缺乏就整体环境的综合的规划设计。

(4) 庭院。大学校园的庭院空间同样是学生活动的重要场所，由于其接近教学、宿舍空间。因此，是师生使用最频繁的空间之一。规划中应重视以院落来延续、传承校园的文化和秩序。此外，可以进入读书、休憩的庭院最受学生的欢迎。

(5) 开敞的绿地和草坪空间。绿地和草坪是校园中重要的户外公共空间之一。具有特色的校园绿地和草坪甚至成为校园的重要象征，如清华大学大礼堂前面的大草坪。

(6) 具有场所感的路径。将校园中各种功能的道路和通道营造成场所，在其中预设一定的“事件”，增强师生对空间使用的归属感。

## 2.2 大学校园建筑外空间人性化设计的原则

(1) 场所精神的营造。场所，即特定的人，在特定的空间，从事特定的活动。在大学的户外公共空间中营造场所精神，即在设计中抓住大学这一特色空间，突出师生这一特定环境中的人群，为他们预设发生各种活动的可能性，并尽可能的增加各种空间的利用率。

(2) 空间形态的丰富化。大学生的行为具有趋同性和规律性。从校园空间的整体来说，一个有着合理地空间序列的校园是保证一切行为活动正常进行的基本条件。规划中需要利用构筑物、小品、设施以及绿化来创造空间良好的尺度和围合感，营造丰富的空间层次和变化的空间形态，以使空间符合大学生丰富多彩的个性。

(3) 公众参与。“参与”是指空间和环境的使用者协助完成环境的过程。高校户外空间的使用主体是高校的大学生，他们在心理上具有开放性、自主性，具有很强的参与意识、自主意识和创新意识，对需要什么样的室外交往场所具有较为深刻的体会。通过一定的专业设计理论和既定的模式语言的引导，可以激发出他们活跃的思维，产生良好的效果。

## 3 云南民族大学扩建工程项目分析

### 3.1 工程概况

云南民族大学扩建项目位于昆明市呈贡新城南部，距昆明主城区约 25 公里，西邻滇池，东面及南面分别为阳宗海和抚仙湖，景色优美。校区用地基本为平地，东南部山地以果园为主，植被茂盛、景色秀丽；用地南部有一灌溉河，西部有一较大水塘，西南部沿山脚为一村落（如图 1）。项目周边用地情况参见图 2，校区占地 110.65ha，分两期建设，总建筑面积约 450000m<sup>2</sup>，在校生 2.3 ~ 2.5 万人。

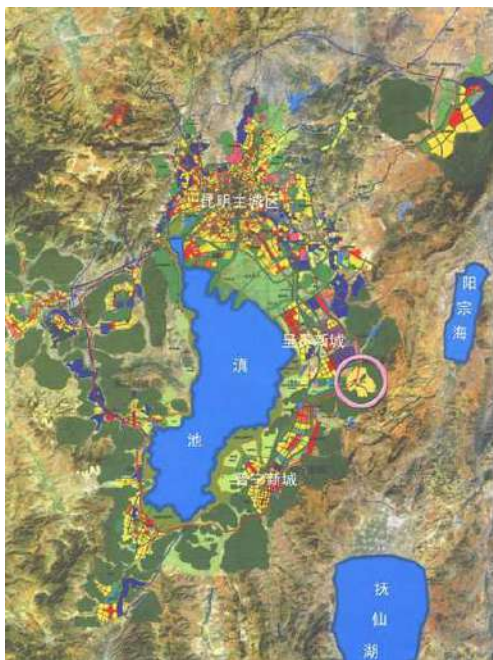


图 1 区位图



图 2 周边总体用地布局

### 3.2 规划设计总体要求

(1) 遵从国家和地方政府有关法律、法规和规章。规划设计应具有浓郁的文化氛围、生态园林风格以及鲜明的个性特点，统一规划，分期实施。在满足总体规划各项指标前提下，尽量留出发展用地，以适应学校事业发展的需要。

(2) 建筑风格协调、统一，功能分区间富于变化。主要建筑单体各具特色，既具有文化底蕴，又体现时代精神。建筑群体间应层次分明，组合有序，疏密有致。规划好校区内的车流、人流，做到人车分流，既不互相干扰，又便于通行与疏散。

(3) 进行合理分区。根据地形地貌、气候、及校园周边环境合理布局，满足环保等部门的标准，使各区在和谐中求统一，统一中见特色，保证师生工作学习与休闲活动互不干扰，并在未来建设或局部调整时，总体框架不受影响。

### 3.3 规划思想

为充分体现云南民族大学的办学目标,规划在总体布局和建筑设计中力图展现新颖的创意和独特的风格,创造具有时代精神和人文底蕴的,现代性、民族性、地方性相融和的生态型校园。(如图3)

(1) 整体化:着眼于整体城市范围,在功能分区及景观设计时,注重将城市设计理念引入校园设计中,重点处理校园与周边道路及功能的关系,使校园设计与大学总体设计融为一体。

(2) 人文化:结合大学的特色,在校园设计中突出民族文化、地方文化特点,通过空间的设计,力图营造富于创新意识,具有崇高人文精神的校园空间环境。

(3) 生态化:尊重自然才是真正地以人为本。现代大学校园应特别重视基地原有的生态系统本规划力求校园环境 与原有生态相融合。以生态环境意识为指导,使行为环境和形象环境有机结合,通过高起点的环境艺术及景观设计创造一个有地域、地区特点的校园环境,以及人与自然、建筑与自然浑然交融的生态空间,体现可持续发展的概念。

(4) 信息化:以时代特征为指导,注重信息的传递,取代各专业封闭独立的传统布局,采取资源共享、整体集中、个体独立的布局方式,既满足学科交叉、高效便捷的要求,又满足各局部功能相对独立的要求。

### 3.4 总体布局与功能分区

云南民族大学校园采取规整式布局与自由式布局相结合的方式,借山景造水体,使得校园总体布局呈现出刚柔相济,理性而富于变化的特性,营造出了现代、典雅、生态的校园氛围。校区分为民族公共文化区,行政接待区,公共教学区,二级学院教学区,体育运动区,学生生活区、生态景观区、生态预留发展区等,各个区域分区明确、闹静分离、互不干扰、联系方便。(如图4)



图3 规划总平面图



图4 功能分区分析图

### 3.5 空间结构

为充分反映民族特色、地方特色与专业特色,传承历史文脉,云南民族大学充分解读了场地的基础元素,取意“花”的形象,象征云南各个民族的团结、灿烂美丽的地方及民族文化、生态、与大自然的和谐共生。并最终形成“一心、六瓣、两带、一轴”的校园空间格局。(如图5)

一心——由图书馆、科技活动中心和民族研究中心所围绕而成的民族文化之园,形成校园主要的人文景观文化空间中心。

一轴——西北人口至校区东南部山顶的一条轴线,这条轴线呼应呈贡新城的圆形发散式路网,从城市设计的角度体现学校的视线对景。

六瓣——围绕中心的六个由教学楼组成的教学院落组团。相互之间由绿化通廊隔开,各自成院落布置。同时,设计中每一“瓣”的教学组团均体现院落布局的特征,并且布局均不同,自由、舒展、民族文化与大自然的和谐共生流动,同时又统一为一个整体,体现民族及地方特色。

两带——贯穿整个校园的“民族文化展示带”以及连接各个教学院落组团的景观水带,这“两带”将校区各个部份有机的联系起来,形成整体,体现着有机生态的概念。

### 3.6 交通组织

云南民族大学的交通组织包括校园出入口的设置、内部车行流线和步行流线的组织,以及机动车、非机动车停车位置的设置。(如图6)

内部车行流线由主路绕教学中心区及生态景观区形成环路,从环路上接次路通往各教学区、行政接待区、生活后勤服务区和次出入口。考虑到消防技术规范的具体要求,紧急情况下消防车可以在中心广场、建筑之间或通廊下穿行。

人车分行,互不干扰,它贯穿各个主要活动空间,保证了校园具有良好的可达性。

在校园的主、次出入口集中设置机动车停车场,对外来车辆进入校区进行有效的控制和管理,并在校内各功能区及重要建筑物附近根据需求配置了相应的机动车与非机动车的停车场地。



图5 空间结构分析图



图6 交通组织分析图

### 3.7 绿化景观

规划贯彻生态校园、绿色校园的设计理念,利用场地原有的水渠、水塘及山地果林,建构极富地方特色的,以“山”、“水”为生态基础的、可持续发展的景观生态格局。(如图7)



图7 绿化景观分析图

规划依托“两带一轴”构建绿化景观,通过“民族文化展示带”和“绿化景观水带”串联起不同的人文及生态景观空间节点,同时和连接山体与核心区的景观轴线构筑成整个校园的生态景观网络,形成水体、广场、绿化、山体绿化相互渗透、相互交融的景观生态格局。

### 4 结语

百年大计,教育为本。高校校园建筑外空间的设计应以校园主体——学生为本,以促进学生之间的交流为目标,创造宜于交流的、富于场所感和归属感的人性化公共空间。

#### [参考文献]

- [1] 周逸湖等著.《高等学校建筑规划与环境设计》[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.2.
- [2] 芦原义信著译.《外部空间论》[M].北京:中国建筑工业出版社,1985.
- [3] 杨·盖尔著,何人可译.《交往与空间》[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.9.
- [4] 引自(意)布鲁诺·赛维著,张似赞译.《建筑空间论》[M].北京:中国建筑工业出版社,1988年.

第一作者简介:赵玉凤(1982—),女,汉族,山东青岛人,河南城建学院 建筑与城市规划学院 讲师 硕士,国家注册城市规划师,主要从事城市规划的教学、研究及实践。

通讯地址:河南省平顶山市新城区河南城建学院 建筑与城市规划学院 467036 E-mail: 731099709@qq.com

# 一种新型控制方式在森基米尔轧机控制系统中的应用

赵静波 张成辉 刘新 滕永懂

首钢智新迁安电磁材料有限公司, 河北迁安 064400

DOI:10.33142/ec.vli1.48

**[摘要]** 本文对森基米尔轧机在带钢轧制过程中厚度控制进行了分析, 针对轧制0.35mm及以上规格带钢时采用传统AGC进行控制, 并使用不同的控制组合方式, 厚度控制效果良好, 在轧制0.35mm以下厚度薄规格带钢过程中, 产生了厚度波动问题, 为解决该问题, 使用速度质量流控制方式, 取得了较好的厚度控制效果。

**[关键词]** AGC控制; 薄规格带钢; 速度质量流控制

**Abstract:** In this paper, First analysis the Sendzimir cold rolling mills thickness control in strip rolling, the traditional AGC is used to control strip rolling of 0.35 mm and above, and different control combination methods are used. The thickness control effect is good. In the process of rolling steel strip with a thickness of 0.35 mm or less, the thickness fluctuation problem arises. To solve this problem, the method of speed quality flow control is proposed and used for thickness control. and a good thickness control effect is obtained.

**Key words:** AGC control; Thin gauge strip steel; Speed quality flow control.

## 前言

随着我国经济的发展, 对于冷轧薄规格带钢的需求越来越大, 据资料显示, 我国目前冷轧带钢生产能力过剩, 但高精产品依然供不应求。作为衡量带钢的重要质量指标, 带钢厚度公差在轧制时的厚度控制精度要求越来越高。从20世纪50年代初以来, 自动厚度控制系统(Automatic Gauge Control AGC)在轧机控制中得到了普遍应用, 并随着轧制要求得到了逐步完善。

森基米尔轧机具有牌坊刚度大、工作辊径小、整体式牌坊的特点, 适用于轧制硬度高的合金材料, 因此, 当一些高硬度带钢进行薄规格轧制时, 随着厚度的逐渐减薄, 需要压下量及轧制过程稳定性要求的逐渐上升, 采用森基米尔轧机进行轧制成为了理想的选择。

## 1 轧机厚度控制原理

板材轧制过程即是轧件产生塑性变形的过程, 也是轧机由于轧件的反作用力产生弹性变形(即弹跳)的过程, 二者同时作用。轧机在轧件咬入前的理论空载辊缝为 $S_0$ , 轧件咬入后, 按照Hook定律, 轧机弹性变形值与轧制力成正比, 弹跳值 $P/M$ , 此时轧件厚度如下式所示:

$$h = S_0 + P/M \quad (1)$$

式中,  $h$  为轧机出口侧带钢厚度,  $S_0$  为轧机空载辊缝值,  $P$  为轧制力,  $M$  为轧机弹性模量。

实际轧制过程中, 当压力较小时, 轧机弹性形变及轧件塑性形变和压力之间呈现非线性关系, 且压力愈小, 所引起的变形也愈加难以精确确定, 亦即辊缝的实际零位难以确定。当轧制力大于固定值 $P_0$ 时, 弹性形变及塑性形变与压力之间可近似为线性关系, 为消除这一非线性区域影响, 在实际中当辊径变化偏差达到1.5mm时, 进行辊缝标零(轧制力为 $P_0$ )。在轧制过程中, 轧制力作用于Y轴方向, 带钢厚度变化于X轴方向, 随着轧制力变化, 根据弹性模量 $M$ 和塑性模量 $Q$ 变化曲线, 可以得到带钢出口厚度变化曲线, 即P-H图(图1)。

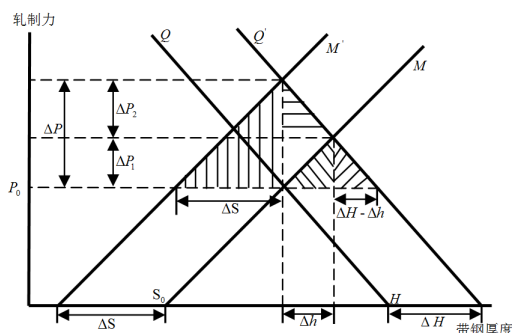


图1 P-H 曲线

2 森基米尔轧机AGC控制方式

2.1 影响厚度控制的因素

由于轧制过程的复杂性，影响带钢厚度变化的因素很多，主要包括轧机方面因素和带钢方面因素。轧机方面因素主要包括轧辊热膨胀、轧辊偏心、轧机主电机与驱动辊之间的同轴度、轧机弹性系数等方面。带钢方面因素包括入口厚度变化、乳化液润滑、实际辊缝值、带钢表面油膜变化、带钢张力变化等方面。轧机方面因素主要通过定期进行设备精度的测量来保证。带钢方面因素由于变化具有特定性，与现场轧制工况息息相关，因此在带钢轧制过程中为了保证出口带钢厚度恒定，往往通过将各种控制结合在一起进行使用，最基本的控制方式就是在保证张力恒定的基础上，通过调节压下的厚度控制方式来保证厚度控制精度。

2.2 森基米尔轧机张力控制方式

森基米尔轧机为单机架可逆轧机，各道次带钢厚度和硬化程度不同，为了保证轧制过程的稳定性，当前国内单机架轧机的控制系统采用了自动电流（Automatic Current Regulator ACR）控制方式，来保证进出口张力恒定。自动电流控制方式通过自动控制系统到传动系统参考输出电流来控制出入口卷取机电机的输出转矩。

$$I_{REF} = I_T + I_{ACC} + I_M \tag{2}$$

式中， $I_{REF}$ 为自动化控制系统的电流参考输出， $I_T$ 为张力电流值， $I_{ACC}$ 为加减速电流值， $I_M$ 为机械损耗电流。

$$I_T = \frac{g}{\xi\phi} \times \frac{D}{2} \times T \times \frac{1}{Gr}$$

其中，

$$I_{ACC} = \frac{GD^2 \cdot N^2}{0.974 \cdot 375 \cdot E \cdot t_{ACC}}$$

$I_M$ 值根据卷取机转速而呈现分段函数，在调试阶段根据现场运行情况通过控制程序实现转速不同时 $I_M$ 电流的分段函数变化。

$g$ 为重力加速度， $\xi\phi$ 为电机扭矩常数， $D$ 为钢卷直径， $T$ 为带钢张力， $G_r$ 为电机齿轮比， $GD^2$ 为机械惯量力矩， $N$ 为电机转速， $E$ 为电机电压， $t_{ACC}$ 为加 / 减速时间， $M$ 为机械损耗转矩， $K_T$ 为转矩电流系数， $\phi$ 为磁场弱磁系数。

2.3 森基米尔轧机AGC控制方式

为了消除由于复杂工况导致的带钢厚差变化，根据轧制时的弹塑性曲线，森基米尔轧机辊缝 AGC 控制手段包括前馈 (FF) AGC、反馈 (FB) AGC、SMITH AGC、BISRA AGC、秒流量 (MF) AGC 和加减速 (ACC/DEC) AGC 控制组成，实际运行中根据道次和各种控制手段的特性，通过一种或者几种控制方法的同时投入来调节有载辊缝，确保带钢厚度控制精度，可以良好的消除各种因素对于轧件厚度控制的影响，森基米尔轧机 AGC 控制系统框图如图 2 所示。

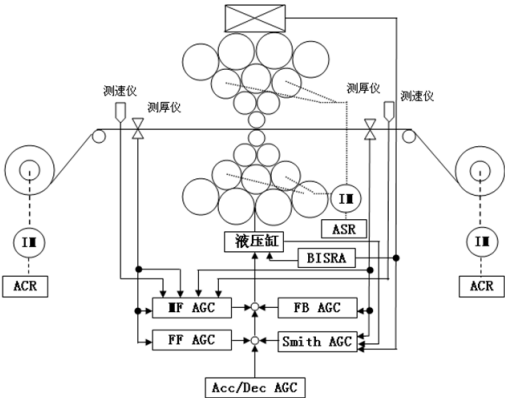


图 2 森基米尔轧机 AGC 控制系统图

AGC 控制系统设计的目的是为了消除由于来料厚差、出口厚差、硬度偏差、轧制速度等所造成的成品厚度偏差，通过控制辊缝改变带钢出口厚度，使带钢达到目标厚度。各 AGC 控制系统对于轧制干扰因素的影响如表 1 所示。

表 1 干扰因素对于各 AGC 的影响

|           | 来料厚差 | 出口厚差 | 硬度偏差 | 轧制速度 | 厚差响应 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| FF AGC    | 有效   | —    | —    | 小    | —    |
| FB AGC    | —    | 有效   | 有效   | 小    | 慢    |
| SMITH AGC | —    | 有效   | —    | 小    | 快    |
| BISRA AGC | 有效   | —    | 有效   | 小    | 快    |
| MF AGC    | 有效   | 有效   | 有效   | 大    | 快    |

—代表无效

基于上述 AGC 控制对于干扰因素的影响，在生产 0.35mm 以上厚度带钢过程中，结合原料情况、以及轧辊粗糙度、乳化液浓度、乳化液流量、轧辊凸度等因素，对各钢种在不同道次采用了不同的厚度控制组合方式，并在成品道次速度高于 45mpm 时采用 MF AGC 和 BISRA AGC 控制相结合的控制方式，可以得到满意的带钢厚度控制结果。图 3 为成品道次厚度控制曲线图，图中红色线为出口成品厚度偏差曲线，绿色线为入口厚度偏差曲线，带钢轧制厚度偏差要求值为

$\pm \sigma \mu\text{m}$ , 成品厚度完全满足要求。

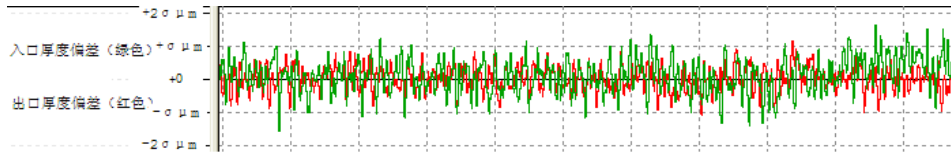


图3 传统AGC控制在0.35mm及以上规格带钢轧制厚度曲线

### 3 森基米尔轧机厚度控制方式的改进

#### 3.1 传统AGC控制在0.35mm以下规格带钢轧制中的应用

在采用上述张力-辊缝进行厚度控制的方式下,生产0.35mm及以上厚度规格带钢时可以取得良好的控制效果,进行0.35mm以下厚度规格带钢生产过程中发现,在带钢宽度大于1100mm,硬度大于800t/mm时,速度大于400mpm的情况下,入口厚度偏差稳定的情况下,出口带钢厚度较易出现波动,如图4所示。红色线为出口成品厚度偏差曲线,绿色线为入口厚度偏差曲线,带钢轧制厚度偏差要求值为 $\pm \sigma \mu\text{m}$ ,由于加减速阶段厚度偏差要求值为 $\pm 2 \sigma \mu\text{m}$ ,在即将加减速时厚度产生周期性波动,导致断带和质量事故等异常情况的发生。

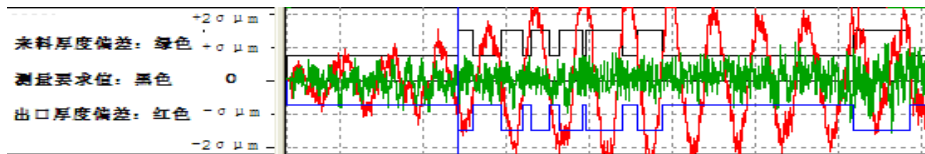


图4 传统AGC控制在0.35mm以下规格带钢轧制厚度曲线

通过对轧制数据进行分析,实际控制中,辊缝变化 $10 \mu\text{m}$ 时,带钢厚度只能达到 $1 \mu\text{m}$ 左右的变化,说明随着带钢变薄、带钢硬化增加、轧制温度上升、轧辊热膨胀、高温情况下的乳化液润滑等原因导致通过辊缝对带钢厚度进行控制较难达到理想结果。此时轧制0.35mm以下厚度带钢高速AGC控制时采用MF+BISRA的控制手段,入口厚度偏差稳定时,由于辊缝变化和带钢厚度变化呈现非线性关系,导致出口带钢厚度的波动,此时入口速度波动、入口张力产生同频率波动。

#### 3.2 AGC控制方式的改进

在轧制0.35mm及其以上规格厚度带钢时,高速情况下AGC控制方式为MF AGC和BISRA AGC两种厚度控制方式。BISRA AGC控制方式辊缝输出值如式(3)所示。

$$\Delta S = -\alpha \cdot \frac{\Delta P}{M} \quad (3)$$

$\Delta S$ : 辊缝输出值;

$\Delta P$ : 当前轧制力与锁定轧制力偏差值;

$M$ : 轧机弹性模量;

$\alpha$ : BISRA增益值

MF AGC控制方式辊缝输出值如式(4)所示。

$$\Delta S = -C_{MF} \cdot \frac{M+Q(1-\alpha)}{M} \cdot \Delta h_{MF} - \int g_{mf} \cdot \frac{M+Q(1-\alpha)}{M} \cdot \Delta h_{MF} \cdot d\tau \quad (4)$$

$$\Delta h_{MF} = \frac{V_e}{V_0} \Delta H \quad (5)$$

式中:

$Q$ : 轧件塑性模量;

$\Delta h_{MF}$ : 秒流量控制出口厚度偏差;

$g_{mf}$ : 积分增益常数;

$C_{MF}$ : 比例增益常数;

$V_e$ : 带钢入口速度;

$V_0$ : 带钢出口速度;

$\Delta H$ : 入口厚度偏差

式(5)为秒流量恒定式,轧制过程遵循质量流相等原则,由(5)式可得:

$$H \cdot V_e = h_{MF} \cdot V_0 \quad (6)$$

$H$ 为入口厚度值,  $h_{MF}$ 为出口厚度值。

根据取向钢轧制过程中的实际数据进行分析,结合秒流量相等原则,由(6)式可得:

$$H \cdot \Delta V_e = \Delta h_{MF} \cdot V_0 \quad (7)$$

$\Delta V_e$ 为入口速度偏差变化值。

因此当轧制0.35mm厚度以下规格带钢轧制时,当厚度变薄、温度上升、速度增加时,辊缝值无法改变出口带钢厚度时,出口厚度偏差产生波动时,由于出入口卷取机采用张力控制,因此入口速度随之产生变化。

为改善轧制0.35mm厚度以下规格带钢厚度波动问题,针对上述分析,基于秒流量相等原则,提出通过改善入口速

度的方式来改变出口厚度变化值，此时出入口卷取机使用 ASR 方式进行控制，出入口张力值通过辊缝变化避免张力波动过大，来保证轧制过程的稳定。改善后森基米尔轧机 AGC 控制系统图如图 5 所示。

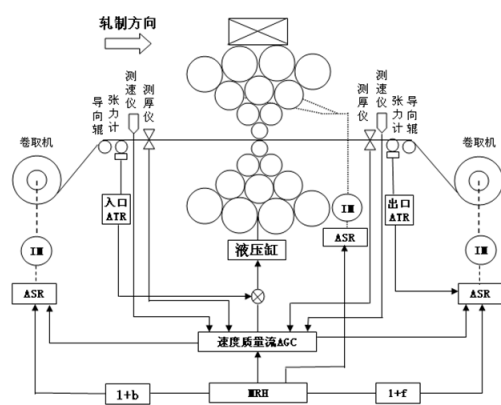


图 5 改进后的轧机 AGC 控制系统图

通过使用速度质量流 AGC 控制，出入口卷取机采用 ASR 控制方式进行速度控制，卷取机速度通过轧线速度匹配 MRH 进行参考速度给出，同时根据速度质量流 AGC 控制进行参考速度的实时修正，从而保证主轧机和出入口卷取机速度相匹配。出口成品厚度偏差通过速度质量流控制方法，根据公式 (7)，通过调整入口速度值  $\Delta V_e$ ，来进行出口厚度调整，保证出口厚度值的恒定，入口张力值根据入口张力计 ATR 控制，经过进行 AGC 厚度控制方式的改进后，轧制厚度曲线如图 6 所示。图中红色线为出口成品厚度偏差曲线，绿色线为入口厚度偏差曲线，带钢轧制厚度偏差要求值为  $\pm \sigma \mu\text{m}$ ，控制效果优于 0.35mm 厚度及其以上规格带钢。

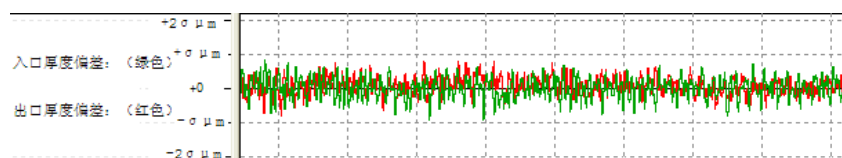


图 6 速度质量流 AGC 在 0.35mm 以下规格带钢轧制厚度曲线

通过在轧制 0.35mm 厚度以下规格带钢轧制时，厚度控制方式的优化，采用了速度质量流 AGC 控制方式，解决了 0.35mm 厚度以下薄规格带钢高速轧制时的厚度偏差过大、厚度周期震荡的问题，成品厚度控制优于 0.35mm 及其以上厚度规格带钢的控制效果。

4 结论

通过对森基米尔轧机在采用传统 AGC 控制情况下，轧制 0.35mm 厚度及其以上规格带钢与 0.35mm 厚度以下薄规格带钢在轧制过程中的厚度控制情况进行了对比，针对 0.35mm 厚度以下薄规格带钢成品厚度控制波动情况，提出了采用新型厚度控制方式速度质量流控制，解决了 0.35mm 厚度以下规格带钢厚度波动问题，通过控制曲线可以看出，相对于传统 AGC 控制，在同样要求成品厚度偏差值为  $\pm \sigma \mu\text{m}$  的情况下，可以取得更好的控制效果，从而实现不采用传统的 FF、FB、BISRA、MF、SMITH、ACC/DEC AGC 进行带钢轧制，而是采用了一种新型的厚度控制方式，达到了良好的控制效果，为冷轧带钢厚度控制提出了一种新型的控制思路。

[参考文献]

[1]YU Hai-liang, LIU Xiang-hua, WANG Chao, Park Hae-doo. Analysis of Roll Gap Pressure in Sendzimir Mill by FEM[J]. ScienceDirect, 2006, 9:30-33.

[2]Gunawardene G W D M, Grimble M J, Thomson A. Static Model for Sendzimir Cold-Rolling Mill[J]. Met Technol 1981, 8(7):274.

[3] 孙杰, 张殿华, 曾玉清, 程平文, 李旭. 单机架可逆轧机自动控制系统 [J], 冶金自动化, 2008, 1(32):45-48

[4] 潘纯久编著. 二十辊轧机及高精度冷轧钢带生产 [M]. 北京: 冶金工业出版社. 2003. 9

[5] 赵静波, 滕永懂, 王建, 龚磊等. 森基米尔轧机在硅钢轧制中的厚度控制分析及改进 [J]. 中国科技博览, 2016, 10(21):92-93.

作者简介: 赵静波 (1982-), 男, 满族, 内蒙古喀喇沁旗人, 硕士研究生学历, 电气控制高级工程师, 研究方向为冶金自动化控制和冶金智能控制应用。

# 沙溪铜矿副井与北风井

## -800m中段两井大型贯通测量

孙金皆

铜陵有色金属集团铜冠矿山建设股份有限公司, 安徽铜陵 244000

DOI:10.33142/ec.vli1.30

[摘要] 在两井大型贯通测量工作中, 通过采用双线投点联合高等级的测量设备进行了复测性定向, 纠正方向, 以提高测量精度, 从而实现高质量的贯通。该方法对类似工程的贯通测量有一定的参考价值。

[关键词] 复测性定向; 贯通测量; 误差预计

### 1 工程概况及质量要求

#### 1.1 工程概况

沙溪铜矿副井地面井口标高 +29.8m, 井底标高 -995m, 井深 1024.8m; 北风井地面井口标高 +49.2m, 井底标高 -812.4m, 井深 861.6m; 副井与北风井 -800m 贯通巷道全长 1560m。根据生产进度情况及客观条件的限制, 先贯通 -800m 上盘, 该贯通相遇点 K 预计在处距北风井 780m, 属于特大型的两井贯通, 是该矿建矿以来首次遇到的两井间的长距离巷道贯通工程。技术上要求很高, 测量系统复杂, 工作量大, 贯通难度大。

#### 1.2 质量要求

两井间巷道对接贯通或巷道与井筒马头门的对接贯通, 依据《有色金属矿山井巷工程测量规范》(YSJ415-93) 要求, 贯通测量接合点中线允许偏差为 30cm, 竖直方向上的允许偏差为 20cm<sup>[2]</sup>。

### 2 贯通测量方案

#### 2.1 已有测量资料情况

矿部地面已建立了控制点多个, 考虑到后期场地的变更, 建井期间, 在各井口附近埋测了近井点。

#### 2.2 -800m中段贯通测量方案

以全站仪为主测设导线。地面控制测量重新进行连接复测, 同一把千米长钢尺同样方法在贯通巷道的两端井筒内分别导入高程。从整个贯通工程来看, 该贯通测量误差的来源主要是地面控制测量, 井筒联系测量和井下控制测量 3 个部分。

##### 2.2.1 地面控制联量

副井与北风井地面均有已知控制点 (GPS E 级点) ES13、ES10、ES4 和 ES5, 用徕卡 TCR1202+R400 全站仪 (2"  $【1+1.5 \times 10^{-6} \times D】$  mm) 进行联测, 由副井附近的 ES13、ES10 联测到北风井附近的 ES10、ES4, 用三架法施测, 水平角 1 次对中 2 个测回, 距离和高差正倒镜且往返各测 6 次, 仪器高、觇标高采用 5m 小钢尺丈量, 精确至 mm 级。观测时仪器的对中整平及各项限差均符合规范规定要求。

经外业手簿的整理和内业计算后, 闭合后其点位误差为 55mm, 高程较差为 32mm, 方位角闭合差为 32"。说明地面已知控制点精度可靠, 可满足工程施工的精度要求。联测后, 分别在副井和北风井井口附近适当位建立了近井点 FJ1、FJ2, NJ1、NJ2。

##### 2.2.2 联系测量

这部分包括两条竖井 (副井与北风井) 的联系测量。

###### (1) 北风井联系测量

北风井联系测量所用的测量设备: 徕卡 TCR1202+R400 全站仪 (2"  $【1+1.5 \times 10^{-6} \times D】$  mm)、徕卡 TS02 plus R500 (2"  $【1+1.5 \times 10^{-6} \times D】$  mm) 全站仪、中船重工 GT3-3 型陀螺经纬仪、千米长钢尺。

定向时采用 2 根长 1000m  $\phi 1.4$ mm 的碳素弹簧钢丝双线投点至 -800m, 以建立北风井的近井点和近井边, 同时用千米长钢尺和 2 台全站仪将地面近井点的高程导入至井下定向点上。巷道施工到一定长度时, 再用陀螺经纬仪进行陀螺定向, 修正几何定向的方位角。

###### (2) 副井联系测量

副井联系测量所用的测量设备及联系测量方法如同北风井。

###### (3) 导入高程测量

用千米长钢尺和 2 台全站仪将地面近井点的高程导入至井下高程控制点上。导入高程至少独立进行两次, 其互差

不得超过井深的 1/8000。导入高程时加入钢尺自重和比长改正及温度改正。

这样联系测量的误差主要包括投点误差、测角与测距误差以及钢尺导入高程误差。

2.2.3 -800m 中段控制测量

(1) 平面控制测量

-800m 中段北风井与副井巷道长 1560m。用徕卡全站仪测设一级导线，水平角采用测回法或全圆观测法一次对中两个测回测角，并变换度盘位置，边长正倒镜位且往返各测四个数据，导线独立施测两次。观测时仪器的对中整平及各项限差均符合相应规范规定。

(2) 高程控制测量

高程控制用 DS3 水准仪施测一级水准，两次仪高测定，其较差不符值不得大于 4mm。观测时仪器的对中整平及各项限差均符合相应规范规定。

3 误差预计所需基本参数的确定

(1) 因地面是由两条竖井各自的控制点建立的近井点，应考虑 ES10 和 ES5 两控制点的测量误差对贯通点 K 的影响。

(2) 北风井地面 +49.2m 至 -800m 定向投点误差：

$$m_{e1} = \pm 4mm;$$

(3) 副井地面 +29.8m 至 -800m 定向投点误差：

$$m_{e2} = \pm 4mm;$$

(4) 北风井 -800m 水平徕卡全站仪测角中误差：

$$m_{\beta 2} = \pm 7'';$$

(5) -800m 水平陀螺定向误差：

$$m_{\beta \text{陀}} = \pm 10'';$$

(6) 地面及井下导线各点与 K 点连线在 Y' 轴上的投影长度，在设计图上量取（见贯通误差预计图），见表 1

| 导线点号          | Ry' (m)   | 导线点号     | Ry' (m) | 导线点号          | Ry' (m)   |
|---------------|-----------|----------|---------|---------------|-----------|
| 地面导线          |           | -800m导线  |         | -800m导线       |           |
| ES5           | 407.4     | F1       | 697.0   | N3            | 289.6     |
| NJ1           | 433.3     | F2       | 685.4   | N4            | 164.3     |
| NJ2           | 458.9     | F3       | 671.0   | N5            | 136.9     |
| ES10          | 733.8     | F4       | 637.4   | N6            | 109.7     |
| FJ1           | 730.2     | F5       | 563.2   | N7            | 82.2      |
| NJ2           | 689.1     | F6       | 443.0   | N8            | 62.6      |
| 以上为徕卡全站仪建立的   |           | F7       | 286.2   | N9            | 50.7      |
| 近井点和近井边       |           | F8       | 145.1   | N10           | 28.7      |
|               |           | N1       | 432.1   | N11           | 7.6       |
|               |           | N2       | 376.5   |               |           |
| $\sum 1R_i^2$ | 2110826.2 | 以上为徕卡全站仪 |         | $\sum 2R_i^2$ | 2912738.2 |
|               |           | 复测导线     |         |               |           |

(7) 导线量边误差按仪器标称精度计算，见表 2

表 2：地面及井下导线量边误差

| 导线边名     | 边长(m) | 中误差<br>(mm) | 导线边名    | 边长(m) | 中误差<br>(mm) |
|----------|-------|-------------|---------|-------|-------------|
| 地面导线边    |       |             | -800m   |       |             |
| ES5~NJ1  | 61.5  | 1.0         | N1~N2   | 58.6  | 1.0         |
| NJ1~NJ2  | 35.5  | 1.0         | N2~N3   | 91.5  | 1.0         |
| ES10~FJ1 | 45.9  | 1.0         | N3~N4   | 131.9 | 1.0         |
| FJ1~FJ2  | 80.1  | 1.0         | N4~N5   | 110.0 | 1.0         |
| -800m    |       |             | N5~N6   | 110.0 | 1.0         |
| F1~F2    | 49.0  | 1.0         | N6~N7   | 110.0 | 1.0         |
| F2~F3    | 32.3  | 1.0         | N7~N8   | 80.4  | 1.0         |
| F3~F4    | 35.3  | 1.0         | N8~N9   | 27.5  | 1.0         |
| F4~F5    | 74.1  | 1.0         | N9~N10  | 27.1  | 1.0         |
| F5~F6    | 120.3 | 1.0         | N10~N11 | 21.7  | 1.0         |
| F6~F7    | 156.8 | 1.0         | N11~贯通点 | 7.7   | 1.0         |
| F7~F8    | 141.1 | 1.0         |         |       |             |
| F8~贯通点   | 145.1 | 1.0         |         |       |             |

(8) 北风井和副井地面近井点的三角高程测量每公里的高差中误差

$$m_{\text{止}} = \pm 20mm;$$

(9) 北风井导入高程中误差： $m_{h1} = \pm 40.4mm$

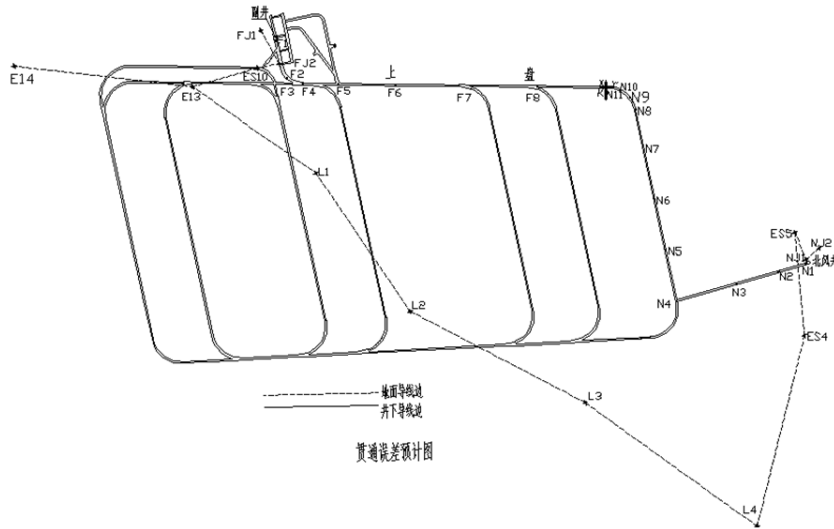
(10) 副井导入高程中误差： $m_{h2} = \pm 41.3mm$ ；

(10) 井下 I 级水准测量中误差： $m_{h1} = \pm 15mm$

$$m_{\text{下}} = \pm 15\sqrt{L_1} = \pm 15\sqrt{1.783} = \pm 20.0mm$$

#### 4 贯通测量误差预计

贯通测量导线点位见误差预计图（1:100），本附图比例尺在打印时已经缩小。根据施工计划，预计 K 点为贯通点。过 K 点作  $X'$  轴和  $Y'$  轴（ $X'$  轴与  $Y'$  轴垂直），建立误差计算假定坐标系，其点位布置见贯通误差预计图<sup>[1]</sup>。



##### 4.1 贯通相遇点 K 在水平重要方向 $X'$ 上的误差预计

(1) 地面导线测量引起 K 点在  $X'$  方向上的测角误差（角度独立测量两次）

$$m_{x'\beta_{上}} = \pm \frac{m_{\beta 1}}{\rho \sqrt{2}} \times \sqrt{\sum R_{y'}^2} = \pm \frac{7}{206265 \times \sqrt{2}} \times \sqrt{2110826.2 \times 10^6} = \pm 34.9 \text{ mm}$$

其中  $\sum R_{y'}^2$  是由预计图上先量得  $R_{y'}$ ，再平方求和而得。

量边误差引起的（边长独立测量两次）

$$M_{x'l_{上}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\sum m_l^2 \cos^2 \alpha'} = \pm 2.3 \text{ mm}$$

其中， $m_l$  为量边误差， $\alpha'$  是各边与  $X'$  轴方向的夹角。

(2) 北风井两次定向平均值的误差引起的

$$M_{1x'\text{定}} = \frac{m_{\alpha 0}}{\rho \sqrt{2}} R_{1r'\text{定}} = \pm \frac{7}{206265 \sqrt{2}} \times 438.9 \times 10^3 = \pm 10.5 \text{ mm}$$

导线测量引起 K 点在  $X'$  方向上的测角误差（角度独立测量两次）

$$m_{x'\beta_{下}} = \pm \frac{m_{\beta 1}}{\rho \sqrt{2}} \times \sqrt{\sum R_{y'}^2} = \pm \frac{7}{206265 \times \sqrt{2}} \times \sqrt{484228.6 \times 10^6} = \pm 16.7 \text{ mm}$$

一井定向的投点误差： $m_{e1} = \pm 4 \text{ mm}$

量边误差引起的（边长独立测量两次）

$$M_{x'l_{下}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\sum m_l^2 \cos^2 \alpha'} = \pm 1.7 \text{ mm}$$

(3) 副井两次定向平均值的误差引起的

$$M_{2x'\text{定}} = \frac{m_{\alpha 0}}{\rho \sqrt{2}} R_{2r'\text{定}} = \pm \frac{7}{206265 \sqrt{2}} \times 699.3 \times 10^3 = \pm 1.6 \text{ mm}$$

一井定向的投点误差： $m_{e2} = \pm 4 \text{ mm}$

测角误差引起 K 点在  $X'$  方向上的误差（角度独立测量两次）

$$m_{x'\beta_{2下}} = \pm \frac{m_{\beta 1}}{\rho \sqrt{2}} \times \sqrt{\sum R_{y'}^2} = \pm \frac{7}{206265 \times \sqrt{2}} \times \sqrt{2428509.6 \times 10^6} = \pm 37.4 \text{ mm}$$

量边误差引起的（边长独立测量两次）

$$M_{x'l_{2下}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\sum m_l^2 \cos^2 \alpha'} = \pm 1.6 \text{ mm}$$

(4) 由陀螺定向引起的误差

$$m_{x'ok}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \times [(y_{o'} - y_{oH'})^2 + (y_{oH'} - y_k')^2 + R_{y_{o'}}^2]$$

$$m_{x'1ok} = \pm \frac{10}{206265} \times \sqrt{563.3^2 \times 1000^2} = \pm 27.3mm;$$

$$m_{x'2ok} = \pm \frac{10}{206265} \times \sqrt{495.3^2 \times 1000^2} = \pm 24.0mm$$

式中:  $R_{y_{o'}} = F5$  点与 K 点连线在  $Y'$  轴上的投影长;  $0_{II} - F1$  点与 F16 点间导线重心;

(5) 贯通在水平重要方向  $X'$  上的总误差

$$M = \pm \sqrt{\begin{aligned} & (m_{x'\beta上}^2 + m_{x'上}^2 + m_{x'1上}^2 + m_{e1}^2 + m_{e2}^2 + m_{x'\beta1下}^2 + M_{x'11下}^2 + M_{2x'上}^2 + m_{x'12下}^2 + m_{x'\beta2下}^2 \\ & + m_{x'1ok}^2 + m_{x'2ok}^2 \end{aligned}}$$

$$= \pm 66.1mm$$

取两倍中误差作为极限误差

$$M_{允} = 2M = \pm 132.2mm$$

#### 4.2 贯通相遇点K在高程上的误差预计

(1) 地面三角高程测量引起的 K 点高程误差

$$M_{H上} = \pm m_{L上} \sqrt{L} = \pm 20 \sqrt{0.223} = \pm 9.4mm$$

(2) 贯通在高程上的总中误差 (以上各项高程测量均独立进行两次)

$$M_{HK平} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{M_{H上}^2 + m_{h1}^2 + m_{h2}^2 + m_{L下}^2} = \pm 43.7mm$$

(3) 贯通在高程上的预计误差

$$M_{H预} = 2M_{HK平} = \pm 2 \times 40.6mm = \pm 87.4mm$$

从误差预计可说明: 该测量方案可满足工程规范要求。 $-800m$  中段北风井与副井的贯通可遵照上述方案执行。

### 5 贯通精度及闭合差

#### 5.1 贯通的实际偏差

新副井与西风井  $-568m$  巷道贯通后, 其实际偏差值见表 3。

| 类别 | 实际偏差 (m) | 预计偏差 (m) | 限差 (m) |
|----|----------|----------|--------|
| 平面 | 0.067    | 0.132    | 0.3    |
| 高程 | 0.043    | 0.087    | 0.2    |

#### 5.2 贯通导线的闭合差

$$f_x = 0.017m, f_y = 0.025m, f_s = \pm 0.030m; f_s / [S] = 1/52000; f_{\alpha} = 18.7''$$

贯通偏差不影响巷道的正常使用, 其偏差值符合规范要求, 达到了预期目的, 取得了圆满成功。

### 6 结语

6.1 在井下恶劣条件下, 采用高等级的全站仪双站投点联合陀螺经纬仪复测性定向, 提高了联系测量成果的精度。

6.2 竖井联系测量时, 由于采用了全站仪的无棱镜功能测定近井点与钢丝间平距和测定近井边的平距, 比用钢尺量距速度快, 量距精度高, 这样大大缩短了联系测量的时间; 减轻了测量人员在恶劣环境条件下的工作时间, 提高了工效。

#### [参考文献]

[1] 张国良.《矿山测量学》[M].徐州:中国矿业大学出版社,主编:张国良 副主编:朱家钰

[2]《有色金属矿山井巷工程测量规范》(YSJ415-93)

[3] 葛立新,王新军,翟加文,张智旺.复杂条件下两井大型贯通测量实践.中州煤炭,2012(4);47-49.

[4] 徐燕新.大型贯通测量方法.山东科技大学学报(自然科学版).2001(20);111-113.

作者简介:孙金皆,男,汉族,安徽铜陵,1967年9月生,1991年7月毕业于昆明理工学院(现昆明理工大学)工程测量专业,测量高级工程师。多篇论文曾在全国性和省部级期刊上发表。联系地址:安徽省铜陵市北京西路29号铜冠矿山建设股份有限公司;邮政编码:244000。

# 印度斯坦锌业SK铅锌矿斜坡道施工技术

冯广奎

中煤第五建设有限公司第三工程处工程管理科，江苏徐州 221000

DOI:10.33142/ec.v1i1.31

**[摘要]** 根据印度SK铅锌矿生产开拓布局及采矿要求、技术特征、地质条件和现场实际情况，在混合井完成井筒装备后，采用南斜坡道下山掘砌、混合井-390m水平上山掘砌的施工方案，通过选择与施工方案和工艺配套、并与施工队伍素质相匹配的机械化配套设备组织快速施工。采用工程项目法管理，按生产、技术、机电、后勤四个部进行人员编制，根据工程需要定岗、定员、定责、定任务，通过内部考核机制，充分调动施工人员的积极性。为了保证施工质量，技术人员根据矿井建设验收标准与规范，制定了一系列质量管理细则。在施工中，从各工序、各环节抓安全，将安全隐患消除在萌芽状态中，确保安全施工无事故。

**[关键词]** 铅锌矿；斜坡道；专业班组；机械化；施工管理

## 引言

斜坡道施工管理的主要模式就是根据现场的实际情况进行机械化配套组织和爆破参数分析，加强施工管理的严密性，通过机械化模式保证施工完工的期限，同时也力求工程的质量保证和整个施工的安全问题。

### 1.工程概况

印度斯坦锌业有限公司SK斜坡道工程合同主要范围：斜坡道掘进、各水平巷道开口掘进、存矸硐室、回风通道、水仓、泵房。斜坡道分两部分施工：1、南斜坡道下山施工，2、混合井竖井上山施工，两个工作面对头施工。斜坡道掘进范围：-105～-382m水平之间，1/7坡度施工，断面5.5m×5m，掘进面积27.5 m<sup>2</sup>，在斜坡道施工期间会进行施工相关的各水平巷道开口、存矸硐室、回风通道、水仓、泵房等措施巷道，以便于斜坡道施工。巷道断面形状及断面尺寸设计如下：

- ①巷道断面形状：巷道断面为直墙拱形；
- ②断面尺寸：斜坡道宽5.5m×高5m；
- ③每20m一个躲避硐室：掘进断面宽1200x高1800x深1000mm。

### 2.工程地质与水文地质

#### 2.1 工程地质

根据已施工过的混合井地质资料显示，-105～-382m水平之间以石墨云母片麻岩、片岩、碳酸钙片岩及钙质硅酸岩为主。

#### 2.2 水文情况

根据揭露岩石水文地质资料显示，此段水文地质类型简单。

### 3.斜坡道布置及支护说明

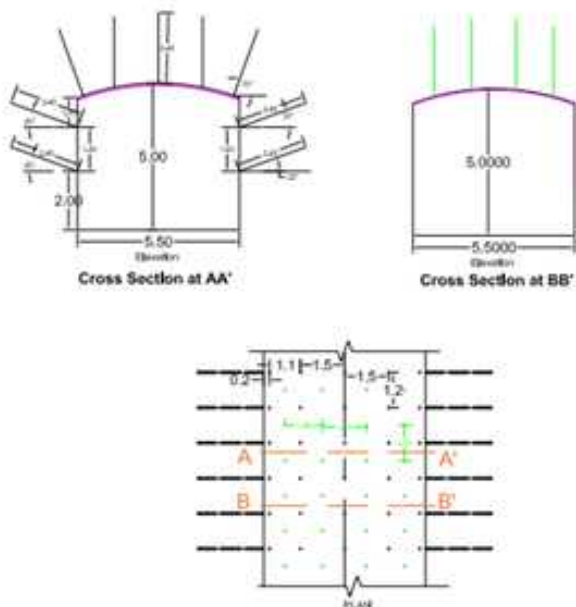
#### 3.1 井巷布置

印度斯坦锌矿SK南斜坡道工程斜坡道布置情况见下表：

| 施工部位            | 长度（m） | 掘进断面（m <sup>2</sup> ） | 工程量（m <sup>3</sup> ） | 备注           |
|-----------------|-------|-----------------------|----------------------|--------------|
| -105～-382m水平斜坡道 | 2000  | 26.59                 | 53180                | 边勘探边设计边施工边施工 |

#### 3.2 支护设计

斜坡道设计为锚杆支护，支护参数：锚杆间排距1200×1500mm，压网锚杆梅花桩布置（详见锚杆布置图）。支护材料：锚杆及锚固剂：锚杆规格Φ22mm@2400mm金属锚杆，托盘规格150×150mm蝶形托盘；网片：2.4×3.8m，网格100mm×100mm的Φ6.5mm金属网；锚固剂选用Φ30mm@2400mm树脂锚固剂。



#### 4. 斜坡道施工方法及施工工艺

##### 4.1 施工方法

斜坡道施工采用机械化作业线工艺施工，打眼采用山特维克双臂凿岩台车凿岩，装药车装炸药，人工连线爆破，使用 21t、17t 铲运机将矸石装入 30t、50t 排矸汽车，由排矸汽车排至地面，爆破时将凿岩台车及铲运机停至安全范围以外，计划采用山特维克双臂凿岩台车找顶、打锚杆、挂网支护。

##### 4.1.1 施工工艺流程

全断面打眼（双臂凿岩台车凿岩）→装药连线、撤人警戒、爆破（装药车装药）→通风洒水→工作面安全检查、处理隐患→出矸→锚杆支护、画轮廓线（双臂凿岩台车打锚杆眼）→下一循环。

要求：1、交接班，各种所用材料、设备备齐。2、钻眼前先检查工作面情况，敲帮问顶，找净顶、帮的危岩活石。3、检查机械，上足润滑油，检查各连接件是否连接牢固，液压台车按照规定及时保养，并按规定加油及相关部件润滑。4、准备齐打眼钎子和钻头，检查钎子是否透气，钻头是否完好。5、检查水管是否有漏水现象。6、检查水压是否能满足要求。7、检查核对巷道的中腰线，按爆破图表的要求定位打眼。8、作业时，要严格遵守岗位责任制，注意自身及他人安全。9、爆破后及时洒水降尘。10、检查机械设备，安全设施，然后进行出矸运输，清理迎头。11、合理安排各工序时间，尽量平行作业。

##### 4.1.2 不良岩层施工措施

当巷道通过断层、破碎带等不良岩层时，需采取如下措施：1、加强地质预报工作，防止因施工原因导致冒顶和片帮的发生。2、采用浅孔小药量爆破，减小对围岩的扰动，放炮后立即找掉浮矸，刷够断面立即进行锚网支护。3、加强顶板管理，严防片帮冒顶的发生，必要时追加锚索支护措施。4、当巷道过含水岩层坚持有掘必探，先探后掘的原则，由建设方负责地质钻探水。

##### 4.2 凿岩方式

施工中采用普通钻爆法破岩方式，全断面掘进施工方法。

##### 4.2.1 准备工作

①提前将台钻加油，工作前检查泵、发动机等正常；并检查管路、接头等无漏油、漏水现象。

②工作前应确定各部操纵杆、控制装置及仪表应处于正常。

③工作面要求清到底板，尽量保持工作面平整，便于支钻。迎头浮动矸石必须及时找掉，按照巷道设计，用红漆在工作面标定好轮廓线。同时，在适当位置标定出周边眼导向线。

##### 4.2.2 钻眼工作

巷道施工使用山特维克型双臂凿岩台车凿岩，直径  $\Phi 38\text{mm} \times 4800\text{mm}$ （长度）规格钻杆，配用  $\Phi 45\text{mm}$ “柱齿”型钻头湿式打眼。阿特拉斯 M2C 型双臂凿岩台车具有自动定位功能，在技术员确定好中、腰线先后，台钻司机将定位设置好就可以自动钻进。在使用山特维克台钻打眼时，打周边眼时，需要台钻司机手动调整台钻钻臂和标定周边眼导向线重合。打顶部眼时，台钻钻杆高度与轮廓线高度一致，以保证爆破后，达到预定爆破效果。空心眼先用  $\Phi 45\text{mm}$  钻头打好后，然后用  $\Phi 102\text{mm}$  钻头套眼。躲避硐室深度为 1.2m，在巷道施工过程中，一次全断面爆破施工完成。

##### 4.3 爆破作业

采用直眼掏槽。采用延期导爆管配合导爆管、导爆索、电雷管起爆，发爆器起爆。

##### 4.3.1 装药前的准备

放炮员必须在工作面附近围岩完好、避开电气设备和导电体的爆破工作地点附近进行装配引爆药卷，测量炮孔角

度和深度是否满足要求，确认无误后方可装药。

#### 4.3.2 装药

①南斜坡道下山巷道装药时，放炮员将炮头制作好后放入炮眼内，由建设方专业装药人员、装药车把胶状炸药装进处理好的炮眼内。

②混合井斜坡道上山巷道装药时，使用  $\Phi 40\text{mm} \times 300\text{mm}$  的水胶炸药（0.39Kg/卷）进行人工装药，使用黄泥做炮泥充填，放炮员应严格按照爆破图表中的设计装药量进行装药，装药时应小心将药卷放进眼内，并用炮棍将其送到眼底，要防止擦破药卷、折破导爆管脚线。装好药的炮眼必须用炮泥封堵严实。

水胶炸药由建设方配送至井口业主管理的炸药库房，需用时由放炮员领取，做好领退记录。

爆破原始条件

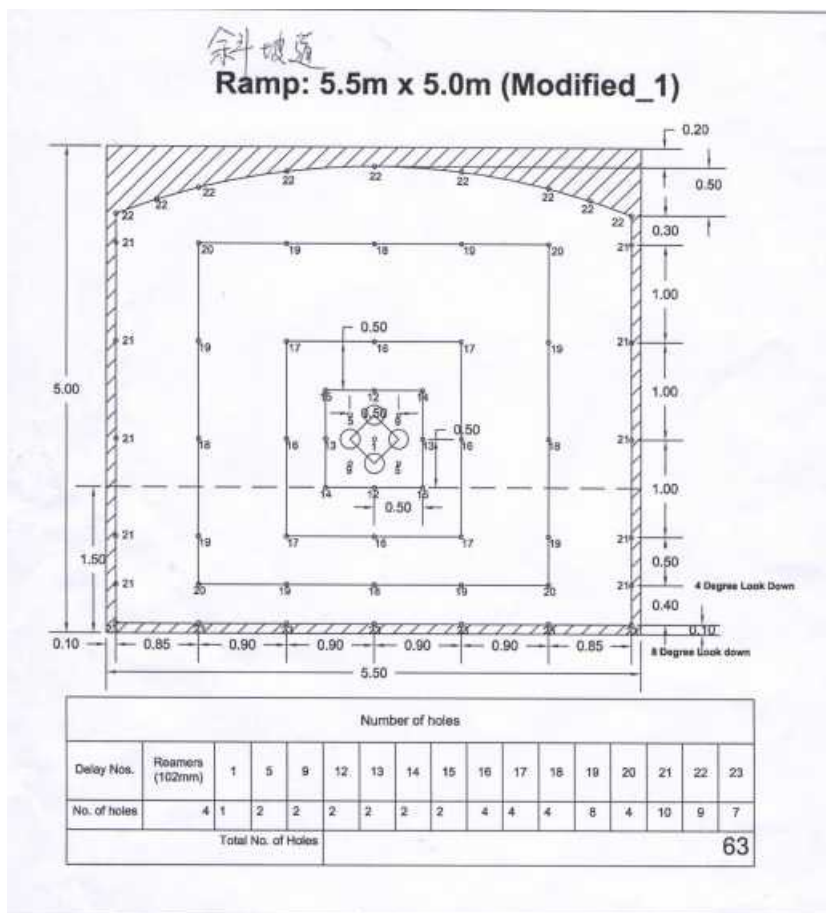
| 序号 | 工程名称 | 名 称     | 单 位            | 数 量      | 备 注 |
|----|------|---------|----------------|----------|-----|
| 1  | 斜坡道  | 掘进高度    | m              | 5        |     |
| 2  |      | 掘进宽度    | m              | 5.5      |     |
| 3  |      | 掘进断面    | m <sup>2</sup> | 27.5     |     |
| 4  |      | 岩石条件    | f              | 12左右     |     |
| 5  |      | 导爆管/电雷管 | 个              | 63/2     |     |
| 6  |      | 炸药（040） | m/卷、kg/卷       | 0.3、0.39 |     |

装药参数

| 炮眼<br>名称 | 数量<br>(个) | 装药量 |     | 炮眼<br>深度 (m) | 数量<br>(kg) | 起爆<br>顺序                              | 段发 | 装药<br>结构         | 联系<br>方式 |
|----------|-----------|-----|-----|--------------|------------|---------------------------------------|----|------------------|----------|
|          |           | 卷/眼 | 数量  |              |            |                                       |    |                  |          |
| 掏槽眼      | 4         | 空心眼 |     | 4.8          |            |                                       |    | 反<br>向<br>装<br>药 | 并<br>联   |
| 掏槽眼      | 1         | 13  | 13  | 4.8          | 5.07       | 1                                     | 1  |                  |          |
| 掏槽眼      | 2         | 13  | 26  | 4.8          | 10.14      | 2                                     | 5  |                  |          |
| 掏槽眼      | 2         | 13  | 26  | 4.8          | 10.14      | 3                                     | 9  |                  |          |
| 掏槽眼      | 2         | 13  | 26  | 4.8          | 10.14      | 4                                     | 12 |                  |          |
| 掏槽眼      | 2         | 13  | 26  | 4.8          | 10.14      | 5                                     | 13 |                  |          |
| 掏槽眼      | 2         | 13  | 26  | 4.8          | 10.14      | 6                                     | 14 |                  |          |
| 掏槽眼      | 2         | 13  | 26  | 4.8          | 10.14      | 7                                     | 15 |                  |          |
| 辅助眼      | 4         | 11  | 44  | 4.6          | 17.16      | 8                                     | 16 |                  |          |
| 辅助眼      | 4         | 11  | 44  | 4.6          | 17.16      | 9                                     | 17 |                  |          |
| 辅助眼      | 4         | 11  | 44  | 4.6          | 17.16      | 10                                    | 18 |                  |          |
| 辅助眼      | 8         | 11  | 88  | 4.6          | 34.32      | 11                                    | 19 |                  |          |
| 辅助眼      | 4         | 11  | 44  | 4.6          | 17.16      | 12                                    | 20 |                  |          |
| 周边眼      | 10        | 8   | 70  | 4.6          | 27.3       | 13                                    | 21 |                  |          |
| 顶部眼      | 9         | 8   | 72  | 4.6          | 28.08      | 14                                    | 22 |                  |          |
| 底部眼      | 7         | 8   | 56  | 4.6          | 21.84      | 15                                    | 23 |                  |          |
| 合计       | 63+4      |     | 631 |              | 246.09     | 备注：单个炸药药卷规格040mm、0.3m/<br>卷、0.39kg/卷。 |    |                  |          |

预期爆破效果

| 序号 | 爆 破 指 标    | 单 位               | 数 量    |
|----|------------|-------------------|--------|
| 1  | 炮 眼 利 用 率  | %                 | 91.3   |
| 2  | 每 循 环 进 尺  | m                 | 4.2    |
| 3  | 每循环爆破实体矸石量 | m <sup>3</sup>    | 115.5  |
| 4  | 每循环炸药消耗量   | kg                | 246.09 |
| 5  | 单位原岩炸药消耗量  | kg/m <sup>3</sup> | 2.13   |
| 6  | 每米巷道炸药消耗量  | kg/m              | 58.59  |
| 7  | 每循环雷管消耗量   | 个                 | 63     |
| 8  | 单位原岩雷管消耗量  | 个/m <sup>3</sup>  | 1.83   |
| 9  | 每米巷道雷管消耗量  | 个/m               | 15     |



#### 4.3.3 连线

采用并联连线方式，连线时须将电雷管脚线的接头刮净并扭结牢固，与放炮母线连接前，两根放炮母线要触碰一下，检查母线是否有电，若发现有电，一定要查明原因，将其电流排除后，才能与雷管脚线相联，连线前远离工作面一端的母线应扭结起来，以防止井下杂散电流经母线而形成通路，连线过程中，无关人员应撤离工作面并设置安全警示牌。

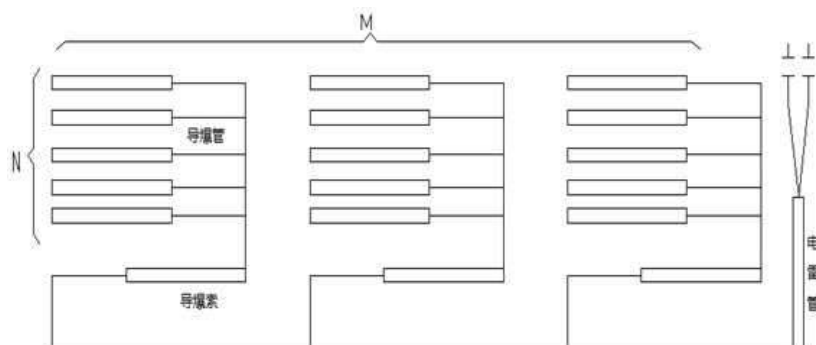
#### 4.3.4 放炮

- ①放炮前，工作面附近的工作机具及设备应撤至安全地点或做好防护工作，防止爆破矸石崩坏设施；
- ②放炮前，必须设专人在所有可能进入放炮地点的通道口上设置警戒；
- ③放炮前，所有人员必须撤至井口或安全距离处，并做好人员的清点工作；
- ④起爆器的钥匙由矿方安全员随身携带，由矿方安全员给起爆器手摇充电，按下起爆按钮；
- ⑤放炮时，如通电不爆，至少要等 15 分钟，方可沿线检查，找出不爆的原因并进行处理；
- ⑦放炮后去掉放炮母线电源，将放炮母线扭接在一起，炮烟吹净后方可进入工作面进行验炮、洒水工作；
- ⑧验炮及安全检查工作由安全员、队长和放炮员同时进行，在确认安全后，方可通知铲运机司机进入工作面出矸；
- ⑨发现瞎炮应及时处理，若为炸药或雷管的质量问题所致，需在距拒爆炮眼 300mm 处另打与拒爆炮眼平行的新炮眼，重新装药放炮来处理，严禁手拉或掏挖瞎炮雷管。

#### 4.3.5 装药结构

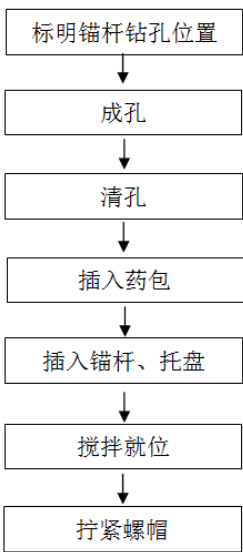
反向装药结构（见下图）。爆破参数详见附图爆破图表。

连线方式如下



4.4 支护形式

4.4.1 永久支护工艺



树脂锚杆施工工艺流程图

4.4.2 树脂锚杆安装与锚固力检验应遵守如下要求：

- ①钻孔：凿岩台车钻孔，孔径为  $\Phi 38\text{mm}$ ，孔深 2.4m。
- ②锚杆安装：人工将装有树脂药包的塑料管装在台钻上，台钻司机将锚固剂送入锚杆眼内，然后用台钻推送锚杆搅动锚固。打锚杆眼前根据设计要求用红油漆标明钻孔的位置，钻孔时注意控制钻孔角度、孔深、钻孔的位置，钻孔结束后用台钻高压水将孔冲洗干净，清除孔内岩碴及孔壁岩粉。
- ③拱顶处 3 个锚杆眼与岩面垂直打眼，两个肩窝处锚杆眼与岩面成  $70^\circ$  夹角，墙部锚杆与岩面成  $20^\circ$  夹角。
- ④安装前测量锚孔深度，要求不小于杆体有效长度。
- ⑤搅拌树脂药卷时，应缓慢推进锚杆杆体，锚杆杆体外露长度不大于 50mm。
- ⑥安装锚杆时前方或下方严禁站人。
- ⑦锚固剂固化后用台钻拧紧螺帽。
- ⑧配合矿方进行锚杆拉拔力试验。

4.5 装载运输

- ①装岩方式：用 21t、17t 铲运机把迎头矸石倒入存矸硐室。
- ②排矸运输：（1）南斜坡道下山施工：由铲运机将工作面矸石倒入存矸硐室，然后由 30/50T 排矸汽车运送至地面或矿方指定地点。（2）竖井上山斜坡道施工：工作面矸石由铲运机倒入存矸硐室内，在距离近时，由铲运机直接将矸石倒入 -395m ~ -490m 废石溜井。在距离远后，用铲运机将矸石装入排矸车，由排矸车将矸石运输、倒入 -395m ~ -490m 废石溜井，通过废石溜井将矸石溜至 -490m 水平，通过 -490m 水平内安装的皮带机运输至箕斗，提升至地面。在 -395m 水平废石溜井上部装有破碎锤、隔筛梁，可将大块矸石破碎后通过隔筛梁，防止堵塞。
- ③人员、物料进出工作面：（1）南斜坡道下山施工：人员由人行车从地面运送至工作面，下放施工材料等由升降车运输。（2）竖井上山施工：人员、材料上下由罐笼运送，罐笼至 -395m 水平，进入巷道后人员乘坐人行车至工作面，物料由升降车运输至工作面。

4.6 管路铺设

风筒、水管、缆线悬挂在拱顶甲方指定位置，风筒距迎头不超过 10m。

5. 辅助系统

5.1 通风系统

5.1.1 斜坡道通风系统方案

下山施工通风路线：-65m（-85m）回风天井→斜坡道工作面；

上山施工通风路线：-395m 回风天井→斜坡道工作面；

随着斜坡道施工深度的不断增加，在其他水平的回风天井施工完成后，考虑将风机挪至近距离点的回风天井，减少供风距离，减少风阻，保证工作面风量满足施工需求。

5.1.2 通风方式

工作面采用压入式通风，在 -65m/-395m 水平回风天井处安装 75KWx2 风机，配 1 路  $\Phi 1400\text{mm}$  胶质风筒，通风至工作面。

5.1.3 局部风机选型

| 型号             | 转速 (r/min) | 风量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) | 风压 (Pa)   | 最大配用电机功率 (Kw) | 备注  |
|----------------|------------|--------------------------------|-----------|---------------|-----|
| SDDFN011.5-III | 1480       | 1254~2283                      | 4123~5739 | 2×75          | 斜坡道 |

5.2 供电

南斜坡道下山施工期间，利用业主 -55m 水平变电所供电，利用电缆硐室将电缆逐层下放，供斜坡道用电，然后在斜坡道安全位置安装配电柜供打钻、排水、照明用电。混合井上山施工期间，利用 -395m 水平变电所供电，在斜坡道安全位置安装配电柜供打钻、排水、照明用电。

5.3 供、排水

5.3.1 供水方式

南斜坡道下山施工用水：由业主现有供水方式供水，衔接甲方原有供水管路敷设距工作面一定位置利用 2 寸软管引致工作面，供施工用水。

混合井斜坡道上山施工用水：利用 -395m 水平水仓内的水作为施工用水。

5.3.2 排水方式

①南斜坡道下山施工排水，工作面将生产用水排至最近阶段临时水仓，临时水仓内电泵将水排至上一级水仓，逐级将水排出至矿方指定水仓。

②混合井下山施工排水：在巷道一侧开挖排水沟，将水引致排水沟，排至 -395m 外水仓，经外水仓沉淀、过滤后流至 -395m 水平泵房，循环使用。当水仓水过多时，利用井筒内永久排水系统，将水排出地面。

5.4 照明、通讯、信号系统

①根据业主照明敷设位置，每隔 20m 往迎头防线敷设一个照明设备。

②信号系统：利用甲方现有系统。

③通讯系统：井下各施工地点均采用电话直接和井上调度室接通。

结束语

本文针对印度 SK 铅锌矿山对斜坡道的开拓与斜坡道全面采矿方法进行分析与研究，其优越性主要包括：斜坡道的开拓工艺比较简单，并且设备的大型化与现代化，能够提高矿山的生产能力，在矿山的每条斜坡道上设置两个出口，能够便于矿上的通风、排水等系统，为矿山的安全性能提供重要保障。并且在斜道破进行开拓的时候，所选用的无轨运输设备，能够方便斜坡道汽车的运输，在缩小启动安装时间的同时，能够从根本上提高矿山的采矿质量与效率。而斜坡道全面采矿法的运用，能够将无轨运输设备应用到采场之中，能够保证采装设备与矿山开拓的一致性，实现矿山开拓与矿山设备的有效结合。除此之外，由于采空区易被雨水淹没，在受到雨水填充的影响下，其围岩的变化程度比较小，会对地压造成大面积的损害，因此，在矿山生产的整个过程中，要对采空区进行胶结填充，如果顶板围岩的稳定性变差的时候，则需要采用喷锚支护对其加固。

[参考文献]

---

[1] 陈金育．矿块崩落法开采丰山铜矿难采矿体的实践 [J]．矿冶。  
[2] 雷学文，肖金发．矿岩可崩性分级的人工神经网络识别 [J]．金属矿山。  
[3] 邓红卫，周科平，高峰，陈庆发．矿岩可崩性的可拓聚类预测研究 [J]．中国安全科学学报。

## 建筑机电设备安装项目管理的思考

罗 超

中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200178

DOI:10.33142/ec.vli1.32

[摘要] 目前, 项目管理中存在问题, 如组织结构不合理, 缺乏对项目管理模式的深入研究, 管理体系不完善, 业主行为不规范等。建筑工程是一个数量庞大、环节众多的系统工程, 其中机电安装工程是建筑工程的重要组成部分。机电安装施工质量直接决定了施工项目的整体水平。因此, 在机电安装过程中, 要加强机电安装管理, 严格控制施工行为, 有效提高机电安装的整体质量, 最终提高建设工程质量。

[关键词] 机电工程; 施工管理; 管理措施

### 引言

质量保证数据是指反映工程施工过程中结构安全和主要功能的真实记录。质量保证信息是否准确、有效和完整, 将直接影响到单位工程的质量等级以及项目使用几年后的维护、加固和改造。在工程建设中, 各种施工技术资料不仅是工程建设的实际证据, 也是基础设施管理的载体, 在工程质量管理中起着非常重要的作用。目前, 由于缺乏相关的质量保证数据编制标准作为编制依据, 各施工单位的技术水平和管理水平存在差异, 机电工程施工质量保证数据存在诸多问题, 如填充不合理、审批和签字不完整、与实际工程情况不一致、数据不真实、与施工进度不同步等。针对电气工程施工质量保证数据管理的现状, 阐述了电气工程施工质量保证数据监督控制的主要内容、常见问题及监督控制方法。

### 1 机电工程项目概述

建安工程中机电工程项目的的作用极为重要, 其主要特征是: 一是机电工程项目在整个施工工序中的主要作用就是承上启下。一般情况下, 在安装施工设备前要把基础做好, 在大型设备进入工厂做好基础之后, 土建工程才可以实施厂房封顶的工作, 之后依照规范化的施工流程进行敷设管线等工作。所以, 管理机电工程项目是有效衔接上下施工工序的重要内容。二是在施工周期上, 安装机电设备的周期一般较长, 其主要工作是: 采购设备、运输设备、安装、对设备进行试运行工作、竣工等施工阶段。必须要将这些工作流程管理好, 从而达到高质量、高效率的施工<sup>[1]</sup>。三是机电工程项目有较大的涉及范围, 所包含的工程项目主要有机械设备类工程、仪器仪表、电子控制类工程、电气工程等等, 这些工程大多在公用、民用和工业方面有所体现, 涉及领域主要有民用式住宅、交通工程、机械制造、化工生产、开采矿山等领域。可以说, 机电工程项目有极为广泛的涉及范围, 其发展对我国社会整体发展都有重要意义。四是在工程竣工上, 机电工程项目在竣工验收所安装的设备时, 要检验工程施工造价、工程效能、设备使用性能和设备售后服务等方面, 对机电工程进行整体验收, 保证机电工程项目质量。

### 2 建筑机电工程中施工管理的作用

针对以上问题, 我国建筑中的机电工程施工需要进行全面管理, 它具有不可忽略的作用。(1) 认识管理的重要性的作用。施工单位、施工人员只有认识到了管理的重要性, 才能进一步加强管理。管理意识得到加强, 才能赶上时代步伐, 跟世界接轨。同时可以应用世界先进科技技术、节省材料成本和时间成本, 使得建筑中的机电工程更加完美, 人们享受到现代化新生活。(2) 对机电工程设计指标进行管理的作用。对机电工程设计指标进行管理首先可以完善设计质量, 使得机电工程质量从源头上得到提升。同时, 机电工程设计在其相关管理下, 能够有效制约源头材料的浪费, 控制设计材料的成本。再次, 对设备的选用进行了管理控制, 可以督促设计人员在保质保量的前提下选用更为廉价的设备, 控制了设备使用成本。工程源头成本是整个工程成本的一部分, 管理好设计源头, 对于整个工程的施工管理都会起到良好的引导作用。(3) 施工规程管理的作用。对施工规程进行管理, 可以使得施工按规程条例进行, 进程有条不紊, 按规程进行的企业应给予适当奖励, 不按规程的企业给予一定处罚, 在施工过程中出现问题时, 应及时与设计人员进行沟通。这样使得机电工程施工更加顺畅、快捷。与此同时, 按规程进行, 可以把控材料质量, 材料采购后要严格进行检验, 防止劣质材料进入机电工程施工现场, 这样既保证了机电工程施工的安全, 同时也避免因劣质材料的查处而耽误了施工工期。(4) 材料成本控制管理的作用。对材料进行成本控制管理, 要深入市场进行调研, 了解实际市场材料价格。实现多人采购, 临时抽检机制, 采购大厂符合质量的材料。这样可以避免采购人员因吃回扣而采购劣质材料, 带来工程隐患, 造成工程成本增加。(5) 对人员进行协调管理的作用。协调管理各类工作人员, 可以均衡各类人员工作, 避免人员不足和过剩现象存在。节省机电工程施工时间, 节约人力成本。既保证了机电工程施工按时完成, 又提高了工作人员积极性, 避免了消极待工现象。

### 3 机电工程项目的具体化管理策略

#### 3.1 目标管理策略

在机电工程管理中,要采用目标化管理策略,其主要包括成本目标、进度目标、质量目标、安全目标、客户满意度和现场目标这几项内容。一是成本目标。管理机电工程项目中,要在预算范围和合同要求下,对资源进行合理化、科学化的运用,尽可能降低损耗,在规定期限进行请款,对工程所需材料进行合理安排,同时要合理控制施工现场人员进出,降低对资金的占用,保证工程整体实施将最高性价比当做目标。二是进度目标。通过项目管理统一化协调,对工程进度进行合理化控制,保证施工能依照一定程序规范化实施。在保证施工质量的基础上,尽可能加快施工进度,在合同规定期限内完成工程项目。三是质量目标。机电工程项目管理中,其质量要达到国家专业化设计、施工方案和施工规范的有关要求,达到工程质量目标,达到预定功能要求,保证工程项目的使用效果与生产能力,保证施工项目能高效化、安全化达成。四是安全目标。在机电工程项目管理中,安全是极为重要的一个因素。施工中必须要确保安全问题,需要控制的内容主要包括:劳动环境、劳动对象和劳动者,要加强对这些因素的合理化约束和控制,保证施工在安全环境中顺利完成<sup>[3]</sup>。五是现场目标。施工现场要实施科学化施工,合理放置施工材料,认真做好保卫和消防、管理劳动者日常生活和环境保护等工作,为施工创建和谐融洽的环境。六是客户满意。机电工程项目的施工中,要加强对专业知识和专业技能的运用,尽可能降低客户方面的变更,确保工程项目能达到客户要求,并实现社会效益的最大化。

#### 3.2 安全管理

##### 3.2.1 协调好经济效益和安全管理之间的关系

在工程项目中,经济效益有两种:间接性经济效益和直接性经济效益。机电工程项目管理中,安全管理需要有大量的资金投入,以确保安全,降低工伤事故的概率,减少工程损失,以实现工程经济效益的最大化。企业要想获得健康可持续发展,其根本就是能获得良好经济效益,而获取经济效益的一个重要前提和保障就是安全管理。

##### 3.2.2 安全管理的具体化措施

在机电工程项目的安全管理中,主要做好人和设备两个方面的安全化管理。一是重视施工现场人员的安全管理问题,为此需要采取的安全措施主要是:第一,机电工程项目中使用的设备,其电源通常是 220V,机电分包人员在对电源进行接引时必须小心谨慎,在必要情况,要安排专业的现场临电人员实施接引工作<sup>[4]</sup>。第二,在进行机电施工的压接线工作时,严禁带电作业。第三,机电施工过程中,接引临时电源的工作必须是总包现场临时持证的电工来做,严禁私拉私接电源。二是加强施工设备安全管理,为此需要采取的管理措施是:第一,在设备进入施工现场之后,没有安全之前,要放在单独的库房中,摆放必须合理。第二,安装机电工程设备必须要在适宜环境下开展,严禁交叉作业的高峰时期安装。第三,在进行设备压接线的工作时,严禁带电作业。第四,在安装并测试完设备后,要及时和总包交接,总包派遣人员实行统一化看护。除此之外,各个分包施工方也要加强对设备的看护和管理。

#### 3.3 技术管理

在机电工程项目的技术管理中,要加强管理安装机电设备的工作。在机电工程项目管理中,要做好机电设备的安装工作,为此需要采取的措施是:其一,施工方依照机电工程施工要求,选取适宜机电设备,对机电设备规格、型号和数量等予以确定。其二,在安装机电设备的位置进行放线以开展初期检查,保证机电设备性能,依据规范化说明书进行严格安装。其三,要做好维护管理机电设备的工作。对机电设备中容易生锈的地方进行深度清洗,保证表面清洗,同时依据有关要求抹上轮滑油。安装机电设备的工程一般有特定、规范的施工流程,其流程主要是:施工准备;复核检查预埋预留,同时安装线管、站台、站厅公共区的电缆桥架;安装线管、设备用房电缆桥架,并进行动力照明的施工;安装电气设备;敷设电缆,搭接线路;受电和单体调试;联动调试和验收。

#### 4 结束语

综上所述,积极推行项目总承包是深化工程项目组织实施方式改革,提高工程建设管理水平,保证工程质量和投资效益,规范建筑市场秩序的重要举措;本文对建筑机电工程中施工管理的特点、现状和作用进行了详细的论述和研究。通过以上论述,了解到机电工程施工是一项全面的系统工程,需要多方面工作协调完成,要想保证建筑机电工程施工的顺利进行,就要采取合理的施工管理措施。在合理的施工管理作用下,施工系统多方面配合工作,各项工作顺利进行。因此施工管理的作用不可忽视,必须给予充分重视。相信在以后的建筑机电工程施工中管理能够充分发挥其作用,建筑机电工程施工会更加顺利、快速的进行。

#### [参考文献]

- 
- [1] 吴家健. 机电工程项目管理的发展趋势及策略分析 [J]. 建筑建材装饰, 2016 (3)。
  - [2] 柳昊, 沈霞美. 机电工程项目管理的发展趋势及策略 [J]. 工程技术: 全文版, 2016 (5): 00063-00063。
  - [3] 杨旭东. 机电工程项目管理的发展趋势及策略分析 [J]. 低碳世界, 2016 (35): 154-155。
  - [4] 陆志发. 机电工程项目管理的发展趋势及策略简述 [J]. 装饰装修天地, 2017 (14)。



## 浅议建设工程成本控制措施

吴红云 张莹娟

南京金鼎工程造价评估有限责任公司, 江苏南京 210000

DOI:10.33142/ec.vli1.41

**[摘要]** 本人通过工程施工实践阐述工程项目成本控制措施, 缩短施工工期及增加工程经济收入等途径来实现成本控制目标, 达到施工项目预期的收益, 工程造价是指建设某项工程项目所花费的全部费用。我们所指的造价管理即是对建设项目在投资决策阶段、设计阶段、招标投标阶段和项目实施阶段以及建设结算阶段实行全过程的管理, 把建设项目的投资控制在批准的投资限额内, 保证项目管理目标的实现, 以求能在建设项目中合理地使用人力、物力、财力, 取得较好的投资效益, 通过施工过程中的工程直接成本控制, 间接成本控制, 质量成本控制达到预期的目的。

**[关键词]** 成本控制; 控制措施; 施工项目

### 前言

施工项目成本控制是工程施工企业内部加强经营项目管理, 提高经济效益的控制措施和方法, 提高经济效益是企业经营生存不变的主要前提, 从而确保施工工期, 工程质量和施工安全的实现; 随着新技术、新工艺、新材料、新工艺不断的更新, 工程造价方面来说还是存在不少的问题, 本文根据自己的专业知识学习和现场实际经验。在一定投资额度情况下, 取得最大的经济效益; 另一方面, 可以间接规范建设市场竞争秩序, 引导建设市场健康有序发展, 取得良好的社会效益。国民经济高速增长, 实行积极的财政政策, 社会固定资产额快速增长。作为固定资产投资的主要项目部分, 建设工程投资大幅度上升, 相应地, 建设工程造价管理工作的重要性也显得越来越突出。搞好工程造价管理工作, 一方面, 可以直接控制、节省投资, 在市场经济条件下工程造价的控制、管理是一个动态过程, 工程造价管理工作要始终贯穿于整个项目实施的全过程。为控制好工程建设资从工程造价管理方面及成本控制措施的实际经验进行了细致的分析。

### 1 工程概况

工程项目名称: 南京市六合区四坝河畔家园 C 地块经济适用房工程, 地上 12 层, 地下 1 层的建筑群体, 建筑面积合计 83646.6 平方米, 工程中标价 11576 万元。

### 2 成本控制措施

工程直接成本主要是指项目成本形成过程中直接构成工程实体和工程材料成本控制对于工程技术含量较低的单位工程, 分包给分包单位, 实行包干控制措施降低用工费用, 减少不必要人工费用的浪费。工程材料用量控制措施, 减少非生产用工和辅助用工, 精减人员严格控制非生产人员比例, 提高施工劳动效率, 提高经济效率。

一般来说, 建筑工程造价施工成本就有一个概预算, 施工企业想要宏观的调控建筑工程的成本, 就要在实际施工成本管理的过程中细致的规划每一个模块的成本预算, 并制定出相对应的成本计划, 尽可能的寻求降低成本的措施和途径。对于建筑机电安装过程中涉及到的施工人员、材料、设备细致规划、合理安排, 尽量减少资金的浪费。建筑工程造价管理是一项综合性较强的管理工作, 其关键在于组织与协调, 同时还涉及了其他专业的管理, 工程施工质量的优劣将决定建筑的使用质量高低, 必须有一个技术过硬的管理团队和健全完善的工程造价管理体系, 从工程实体形成阶段、施工流程、施工工艺、施工方法、人员素质、机具设备、施工环境、材料进场和使用等方面, 对工程造价控制进行全面策划和控制。

### 3 间接成本控制措施

目前, 建筑安装工程质量要求较高, 因而可以开发的工程资源非常丰富。而且好的工程质量能树立良好的企业形象, 为企业的长远发展奠定基础。因此, 应十分重视提高工程质量水平的提高, 降低工程质量成本, 减少成本费用。

控制成本包括预防成本和鉴定成本, 属于质量保证费用, 与质量水平成正比关系; 故障成本包括内部故障成本和外部故障成本, 属于损失性费用, 与质量水平成反比关系。工程质量成本是指项目为保证和提高产品质量而支出的工程费用, 以及未达到质量标准而产生的一切损失费用之和。它包括两个主要方面: 控制成本和故障成本。我们当前迫切需要的是降低工程质量故障成本, 因为故障成本是工程质量无缺陷时就会消失的成本, 我们把可消失的工程质量成本喻为“工程之黄金”, 表示其潜力非常可贵。

当前, 特别控制的是项目部的现场办公费要根据工作制定出标准, 从工程项目内部做起严格控制费用支出。项目管理机构的设置根据工程规模大小和工程难易程度等因素配置相关管理人员; 按照组织设计原则, 选配一专多能的复合型技术管理人才, 降低管理人员的费用。

在工程施工之前必须要设计出详细的施工图, 并且还要制定出详细的工程造价管理计划, 将工程造价工作合理的划分出招标投标阶段, 施工阶段, 工程竣工阶段的造价管理, 对于施工人员的安排和工作的分配要合理, 对于每一个

工程造价人员必须要熟悉施工图纸、使用的设备的说明和使用的方法，对工程造价进行合理控制。

#### 4 工期成本控制措施

项目部施工管理要组织连续，均衡有节奏的施工，合理使用工程资源，降低工期费用，制订先进的经济合理的施工方案，施工方案包括四大内容：施工方法的确定，施工机械的选择，施工顺序的安排和流水施工的组织等。施工方案不同，施工方法不同，工期不同，施工机具不同，因而发生的费用就不同，正确选择施工方案是降低成本的关键所在；制定先进的经济合理的施工方案，以达到缩短工期提高质量，降低工程成本提高经济效益的目的。目前要处理好工期与成本的关系，是施工项目成本管理工作中的一个非常重要课题；对于施工项目而言，工期并非越短越好，项目部需要通过对其工期的合理调整来寻求最佳工期对应的成本，把工期成本控制在最低点；工期成本由工期措施成本和工期损失成本组成；工期措施成本，是项目经理部为了保证工期而采取的措施费用，一般来说工期越短，工期措施成本越小，但当工期短至一定限度时，工期措施成本则会急剧上升，而工期损失成本是因为工期延误而导致的业主索赔成本，这种情况是由于施工环境及自然条件引起的，也可能是内部因素所造成，如停工、窝工、返工等。因自然条件引起的工期损失，其损失额度相应较小，通常情况下不予赔偿或赔偿额度较小，该部分工期损失可不予考虑，而因施工项目内部因素造成的工期损失，随着时间的推移，经验的积累会逐渐减少，综合工期措施成本、工期损失成本的各种因素，就会找到一个工期成本为最低的理想点，工期最短并且成本最低的控制点。施工方案明确工期与成本两个方面的相互关系，采用科学合理技术先进的施工方案，在确保工期达到施工合同条件的前提下，尽可能降低工期成本，切不可为了提高企业信誉和市场竞争力，盲目抢工期赶进度造成增大项目的建造成本，导致项目亏损的现象。施工工期与项目成本的关系是在合理的工期条件下，项目成本支出较低，工期比合理工期提前或拖后都意味着工程成本的增加，因此，在安排工期时要注意处理工期与成本的辩证统一关系，均衡有节奏地进行施工，以求在合理使用资源的前提下，保证工期降低工程成本。

#### 5 工程造价控制措施

在工程招标阶段，认真熟悉招标文件内容，树立明确的时间和成本观念，在招标中使用有效报价技巧，以保证报价在具有竞争力的条件下，最终获取尽可能大的经济效益；如在执行单价合同时，实行不平衡报价的技巧，通过对工程数量变化趋势的分析，在维持总价不变的前提下，相对于正常报价水平，策略地降低实际施工时数量可能减少的分项工程单价，以便在竣工结算时获得可观的额外工程收入；

考虑资金的时间价值适当提高前期费用的报价，降低后期费用的报价，以便达到尽早收回建设资金，加强资金周转的目的，做到早收多收，还可以大大减少不可遇见的工程风险带来的损失。使用好政府工程政策性调价文件，正确计算价差及时办理结算手续。不断完善市场经济变化，各种价格要素由市场进行调节，在工程建设活动中，及时考虑价格变化对工程造价的影响，在工程结算时必须及时、客观、全面地予以考虑。工程主要采用调价系数和实际价格差价方法，相对简单一些，一般工程大都采用调值公式法进行调价，实践证明承包商通过价格调整是获取额外工程收入的重要途径。如果事先确定好调价公式中的各种价格指数及各种可变因素和不变因素的调价比重，则是一种潜在的比较客观增加额外工程收入的方法和措施。我从以上的控制措施来看，在施工项目管理过程中要加强管理人员精细创效益的意识，同时加强施工技术人员的技术管理素质，技术人员必须具备相当的工程造价相关知识，制定最终施工方案前必须制定出多个方案并进行各方案经济对比分析，技术人员既制定方案还应提出材料、用工、设备进场等计划，并进行现场管理。

工程材料管理部门多家询价采购优质价廉材料和设备，工程造价部门对材料设备采购和现场使用进行经济核算和控制，现场严格按照既定方案实施，并不断改进，在管理中做到技术先行才能达到有效的成本控制。

合理安排工程造价技术人员工作安排，对于工程量计算及造价计价规范必须熟悉，对工作中的问题要进行分析；对滞后项目属于建设单位原因，进行工期及费用索赔，提供企业的经济效率。重视并加强施工材料、设备管理是施工现场管理的重要内容。应该在考察保管、工程造价管理离不开对施工材料消耗进行计算，对施工定额实施分解、定量控制，并定期就定额与实际消耗间的误差作定量分析，使材料控制深入施工一线；依据进度计划，严格验收、科学组织材料进场及储备，避免材料反复倒运、停工待料现象的发生，避免人工费及材料费的不必要的支出。同时，在机械设备使用、管理及状态综合评估上，要立足现有机械配制，着力发挥其最大效能，避免机械闲置费浪费。在施工人员培训教育上做到职业道德、专业素质并重；坚决落实操作、维修人员持证上岗；、工程造价控制相统一，切实保障工作效率。

#### 结束语

建筑工程成本控制的核心是将工程成本控制在合理的工程造价限额内，涉及到建筑资源，人力资源、财力资源及物力资源的合理分配；尽管我国已经有了相关的法律、法规，工程造价行为有章可循，但是在执行上活口太大，人为操作因素多，这些法律、法规还不够健全，在实践贯彻中存在着许多问题。同时“有法不依，执法不严”的现象屡见不鲜。加强行业立法，增强守法意识和合同意识，与国际惯例接轨已成当务之急。加强法律法规建设，严格按照国家各工程造价规定，加大管理力度。加强对工作人员素质的培养，提高工程造价管理人才素质。加强信息化建设，实现信息化管理。对于各个工程阶段的支出管理至关重要，通过有效的成本控制科学的配置，让资金得到充分合理的使用，能够保证工程项目顺利竣工，并且获得可观经济效益和社会效益。

#### [参考文献]

- 
- [1] 建设工程成本控制 知识产权出版社 2016 年
  - [2] 建筑工程质量投资控制 知识产权出版社 2015 年

## CSAMT在内丘地热勘查深部构造中的应用

梅久娟 李鹏 孙晓磊 庄丁源

河北省地矿局国土资源勘查中心, 河北石家庄 050000

DOI:10.33142/ec.vli1.49

**[摘要]** 本文主要介绍了可控源音频大地电磁(CSAMT)在深部构造勘查中的应用,以河北省内丘县鹊山湖阿尔卡迪亚国际度假酒店地热勘查为例,在以往资料的基础上,查明工作区地下地质构造的分布情况,通过物探勘查资料分析,测量结果与已知地质信息有较好的对应关系,电性剖面反应明显,基本查明了工作区内地质构造的空间分布特征。

**[关键词]** CSAMT; 卡尼亚视电阻率; 地质构造; 地球物理特征

**Abstract:** This article mainly introduces the controlled source audio frequency magnetotellurics(CSAMT) in deep tectonic survey, and takes the geothermal survey of the Alcadia International Resort Hotel in Yashan Lake, Neiqiu County, Hebei Province as an example, based on the previous data, to find out the distribution of underground Geological structures in the work area. Through the Geophysical survey data analysis, the measured results have a good correspondence with the known Geological information, and the electrical profile reacts significantly, basically identifying the spatial distribution characteristics of the geological structure in the work area.

**Key words:** the controlled source audio frequency magnetotellurics(CSAMT) Karnia apparent resistivity Geological Structure Geophysics

### 1 工作区地质概况

#### 1.1 地层

工作区位于河北省邢台市内丘县西丘村附近,本区地表被第四系黄土覆盖,基岩为古生界二叠系、石炭系、奥陶系等地层。根据收集到的已知地质资料,该区域地层自上至下分别为新生界第四系(Q)、古生界二叠系(P)、石炭系(C)、奥陶系(O)、寒武系(C)、中元古界长城系(ch)等。

#### 1.2 构造

与新华夏系NNE向挤压带伴生的两组扭性断裂,在第二沉降带西部组成了一系列地堑状构造和地垒式构造,形成一系列断陷盆地,石炭二叠系煤层得以保存于断陷盆地中。工作区内存在断裂,以构造断裂发育为主,且以张性及张扭性断裂为主,整个工作区显示了略具波浪状起伏的复杂断块构造特征。工作区处于山西陆台东部边缘,是内丘隆起山地与平原的连接地带,受燕山运动影响,基岩造成复杂的褶皱和断裂,节理发育,工作区西北部为太古界变质岩,东南部为覆盖达数百米的历代沉积岩。

工作区西北、东北、东部以及东南部均分布有几条走向大致平行、密集排列的张扭性断裂,这些断裂分别组成几组断裂带,切割了不同岩层,使工作区西北及东南部含煤地层分别与太古界片麻岩和奥陶系石灰岩直接接触,东北部新生界第四系地层厚度剧增。此断裂带将工作区分成南北两部分,南部相对抬升,北部下降。

地层走向总趋势由北向南由北西转为北北东,倾向由北东转为南东,略称向东凸起的弧形,地层平缓,倾角一般在 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 之间。在断层附近,地层产状有不同程度的变化,采掘揭露,较大断裂倾角可达 $30^{\circ}$ 。

本次工作区位于东庞矿东部属于边界断裂,工作区由中小规模的断裂构造存在。区内奥陶系灰岩与北部的新元古界变质岩系对接,补给甚微,为阻水断层,这些断层使地层由西向东逐次下降呈台阶状。

工作区边界断裂带由F39、F1、F2等三条断层组成,三条正断层大体平行排列,倾向一致,走向 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$  E。F39断层落差数千米,应为主干断裂,F1、F2是其派生构造。这些断层使地层由西向东逐次下降呈台阶状。

##### 1) F1正断层

位于工作区西北部边界断裂带上。本断层走向呈 $N35^{\circ} E \sim N55^{\circ} E$ 方向,倾向 $S55^{\circ} \sim S35^{\circ} E$ ,倾角 $70^{\circ}$ ,落差 $75 \sim 170$ m,区内延伸长度约1000m。

##### 2) F2正断层

为东庞井田西北部边界,走向呈 $N35^{\circ} E \sim N55^{\circ} E$ 方向,倾向 $S55^{\circ} E \sim S35^{\circ} E$ ,倾角 $70^{\circ}$ ,落差 $20 \sim 220$ m,区内延伸长度约1000m。

##### 3) F39正断层

为本次工作区的边界断层。走向 $N40^{\circ} E \sim N35^{\circ} E$ 方向,倾向 $S50^{\circ} \sim S55^{\circ} E$ ,倾角 $70^{\circ}$ ,落差大于500m,使

区内奥陶系灰岩与新元古界的变质岩直接接触，区内延伸长度约 1000m。

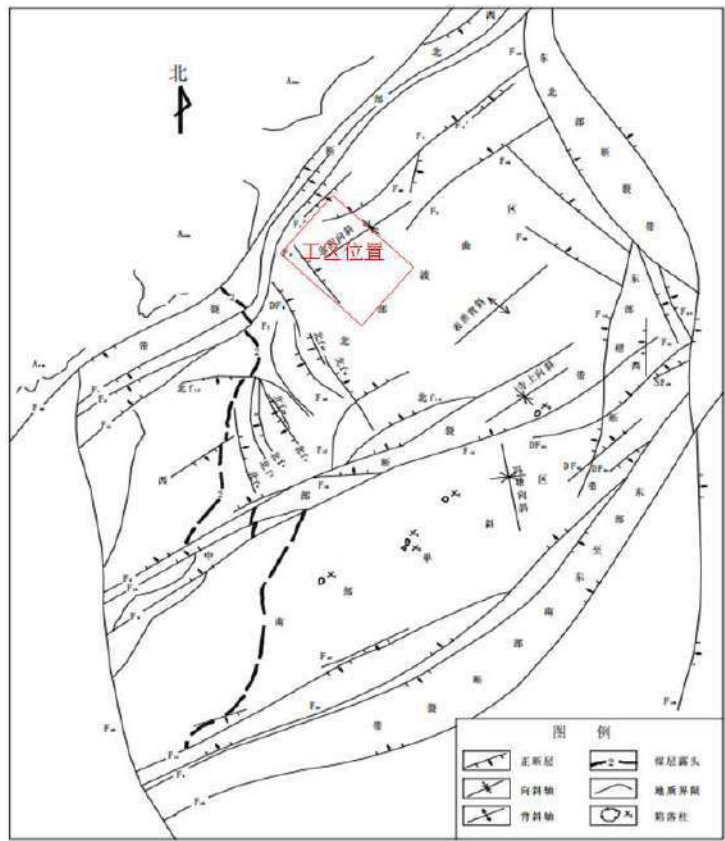


图 1 工作区地质构造图

2 地球物理特征

根据收集到的地质资料及钻孔资料，工区内西北部为片麻岩变质岩地层，电阻率为相对高阻，东南部地层上层为新生界第四系地层、新生界地层之下即为石炭系和奥陶系灰岩地层。正常情况下，纵向上新生界表层视电阻率较低；奥陶系地层以灰岩为主，地层的电阻率较高。整套地层的电阻率在纵向上呈现为低~中~高的特征反映，这说明该区岩性有明显的电性差异，适合开展物探工作。

当地层完整，没有地质构造时，电阻率断面地层电性特征明显（见图 2）。

正断层接触带内裂隙发育，岩石较破碎、疏松。局部会出现明显的含水构造，由于裂隙水体的导电性良好，使得纵向和横向都打破了原有电性的固有变化规律，并有局部低阻异常沿断层破碎带向深部延伸的变化特征，一般情况下表现为相对低阻（如图 3）。

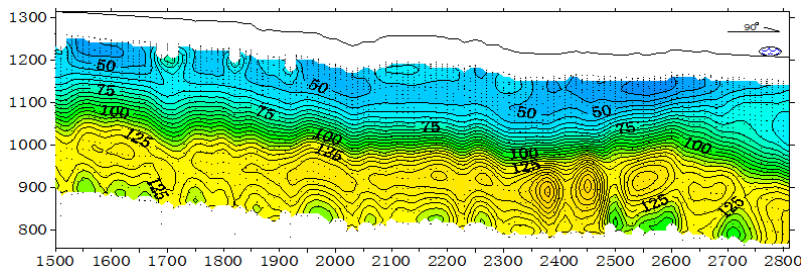


图 2 完整地层地电断面

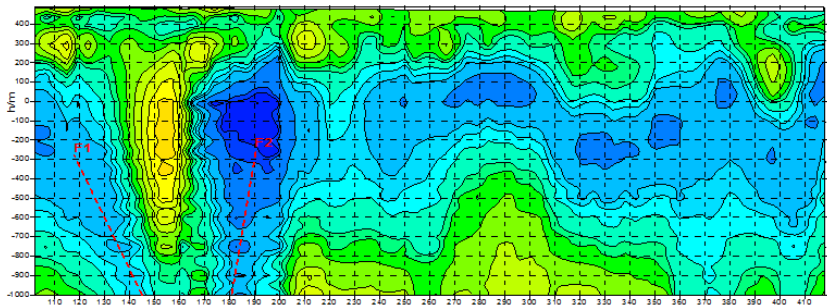


图 3 断层地电断面

### 3 测线布置

根据断层的走向和分布特征,垂直其走向共布置可控源电磁测深剖面三条,其中 I 线长 1.75km,物理点 36 个;II 线长 2.05km,物理点 42 个;III 线长 2.35km,物理点 48 个。

### 4 资料分析

#### 4.1 试验剖面激电应用效果

通过对原始数据资料的认真分析与处理后,绘制了卡尼亚视电阻率断面等值线图(图 4),结合所收集的地质资料,对剖面异常进行分析与解释。图中横轴为剖面点号,纵轴为高程。纵、横坐标均乘 1000 为实际高程和点号。

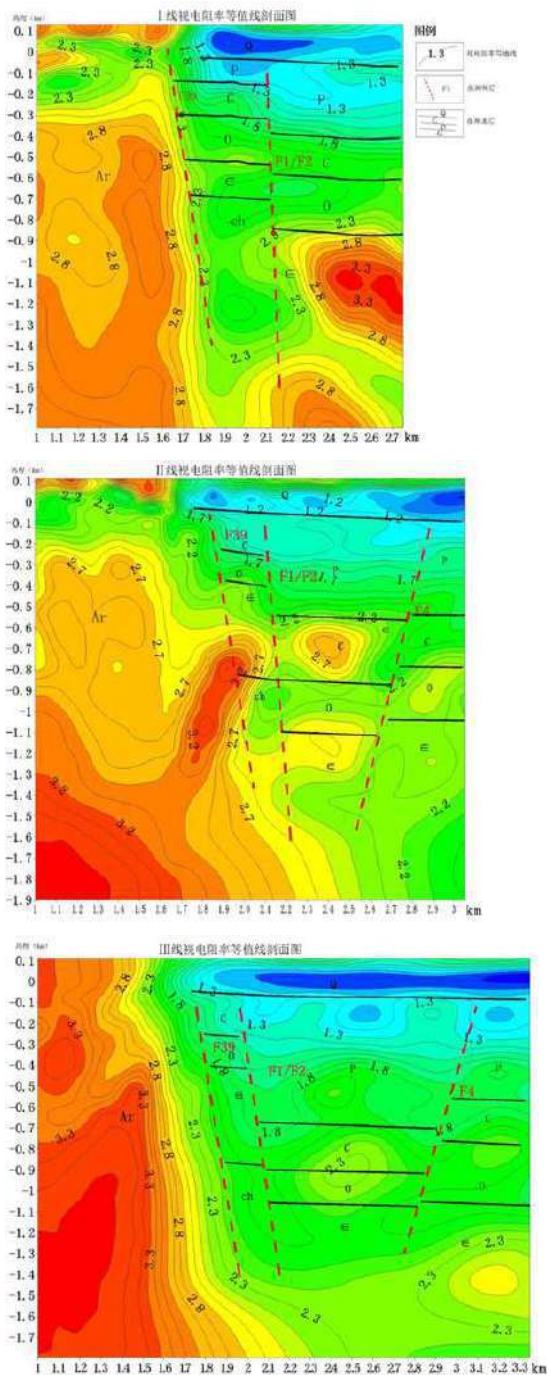


图 4 卡尼亚视电阻率断面等值线图

I 剖面起点点号为 1000 (NW), 终点点号为 2750 (SE), 剖面走向 NW-SE。整条剖面电性结构明显, 纵向上表现为四个电性结构层, 视电阻率为低—中—高型。地表视电阻率为中低阻, 视电阻率对数值小于 1.3, 厚度小于 150m, 为新生界第四系地层, 局部砾石层含水视电阻率值相对较低。第二层视电阻率为中阻, 视电阻率对数值为 1.3—1.8, 厚度 200—400m 左右, F1/F2 断层的上盘厚度较大, 推断为古生界二叠系或石炭系地层。第三层视电阻率值较高, 表现为中高阻层, 视电阻率对数值为 1.8—2.2, 埋深为 350m 左右, 推断为奥陶系灰岩界面, 由于断层的错断使其在断层上下盘的深度变化较大。由于灰岩中溶洞和裂隙中含水导致其中局部视电阻率值较低。第四层视电阻率值较高, 表现为高

阻层,视电阻率对数值大于2.2。埋深为550m左右,推断为寒武系及其以下地层的综合反映。

横向上视电阻率存在明显的梯度变化,在1850点到1950点之间存在一个电阻率梯度变化带,电阻率值较低,相对为一个低阻体。推断此处存在一个断层,由于断层破碎充水使其电阻率变低,根据收集资料推断为F39号断层,断层倾向南东,为张性正断层。2100点附近同样存在另一个电阻率梯度异常带,推断为已知F1、F2断层的综合反映。1000点到1850点之间的高阻体为片麻岩变质地层,埋深200~300m之间存在一个相对封闭的低阻异常体。

II剖面起点点号为1000(NW),终点点号为3050(SE),剖面走向NW-SE。整条剖面电性结构明显,纵向上表现为四个电性结构层,视电阻率为低—中—高型。地表视电阻率为中低阻,视电阻率对数值小于1.3,厚度小于150m,为新生界第四系地层,局部砾石层含水视电阻率值相对较低。第二层视电阻率为中阻,视电阻率对数值为1.3~1.8,厚度200~500m左右,F1/F2断层的上盘厚度较大,推断为古生界二叠系或石炭系地层。第三层视电阻率值较高,表现为中高阻层,视电阻率对数值为1.8~2.2,埋深为350m左右,推断为奥陶系灰岩界面,由于断层的错断使其在断层上下盘的深度变化较大。由于灰岩中溶洞和裂隙中含水导致其中局部视电阻率值较低。第四层视电阻率值较高,表现为高阻层,视电阻率对数值大于2.2。埋深为500m左右,推断为寒武系及其以下地层的综合反映。

横向上视电阻率存在明显的梯度变化,在1850~1950点、2200点和2700~2800点之间分别存在一个电阻率梯度变化带,电阻率值较低,表现为相对低阻异常。推断此处分别存在一个断层,由于断层破碎充水使其电阻率变低,根据收集资料推断1850~1950点的低阻梯度异常带为F39号断层,2200点的低阻梯度异常带为F1和F2断层的综合反映,断层倾向南东,为张性正断层。2700~2800点的低阻梯度异常带为已知F4号断层向西延伸或北程向斜的反映。同样在1000点到1850点之间的高阻体为片麻岩变质地层,埋深190m左右存在一个相对封闭的低阻异常体。

III剖面起点点号为1000(NW),终点点号为3350(SE),剖面走向NW-SE。整条剖面电性结构明显,纵向上表现为四个电性结构层,视电阻率为低—中—高型。地表视电阻率为中低阻,视电阻率对数值小于1.3,厚度小于150m,为新生界第四系地层,局部砾石层含水视电阻率值相对较低。第二层视电阻率为中阻,视电阻率对数值为1.3~1.8,厚度300~600m左右,F1/F2断层的上盘厚度较大,推断为古生界二叠系地层。第三层视电阻率值较高,表现为中低阻层,视电阻率对数值为1.8~2.2,埋深为700~900m左右,推断为石炭系界面;随后电阻率之间抬升,表现为中高阻,推测为奥陶系灰岩界面。由于断层的错断使其在断层上下盘的深度变化较大。由于灰岩中溶洞和裂隙中含水导致其中局部视电阻率值较低。第四层视电阻率值较高,表现为高阻层,视电阻率对数值大于2.2。埋深为900~1000m左右,推断为寒武系及其以下地层的综合反映。

横向上视电阻率存在明显的梯度变化,在1900点、2100点和2700~2800点之间分别存在一个电阻率梯度变化带,电阻率值较低,表现为相对低阻异常。推断此处分别存在一个断层,由于断层破碎充水使其电阻率变低,根据收集资料推断1900点的低阻梯度异常带为F39号断层,2200点的低阻梯度异常带为F1和F2号断层的综合反映,断层倾向南东,为张性正断层。2700~2800点的低阻梯度异常带为已知F4号断层向西延伸或北程向斜的反映。同样在1000点到1850点之间的高阻体为片麻岩变质地层,片麻岩中存在一个视电阻率梯度变化异常带。

通过对三条CSAMT数据资料进行认真分析与处理后,结合所收集的地质资料,将三条剖面按照实际位置对应起来,可以看出,断面之间的相关性较好。遵循由已知到未知、由点到面的解释原则,对剖面进行综合对比分析解释。

根据前述剖面异常特征解释,在工作区范围内剖面的西北部为片麻岩变质地层出露或埋深较浅,且局部存在相对封闭的低阻异常体或视电阻率梯度变化带,分析可能为局部含水或隐伏小构造造成。工作区内剖面中奥陶系灰岩的顶面埋深为350m左右,由于奥陶系灰岩岩溶和裂隙水较发育,岩溶水矿化度较高,导致其中局部视电阻率值较低,并且由于断层的错断使其深度变化较大。寒武系的顶面埋深为550m左右。在三条剖面的2000~2300点,埋深700~1200m均存在一个明显的相对低阻异常体,其中,I线的低阻体埋深为700~1500m左右,推断可能为断层附近奥陶系灰岩岩溶或裂隙相对富水所致,由于深部热源的对流交换,断层附近可能存在地热异常。

横向从西北到东南存在两条明显的视电阻率梯度变化带,推断为断层(断裂带),断层附近地层破碎,断层和溶洞为地下水主要运移通道。

## 5 结论

通过以上资料分析,基本查明了断层分布情况,与已知断层位置对应较好,充分说明了CSAMT在深部构造中勘查的准确性和有效性。

## [参考文献]

- [1] 李鹏等 河北省内丘县鹊山湖阿尔卡迪亚国际度假酒店地热勘查可控源勘查工作报告 河北省地矿局国土资源勘查中心
- [2] 刘国辉等 地下水资源电法勘探新技术 河北地质大学
- [3] 何继善 广域电磁法和伪随机信号电法 中国工程院

## 浅谈沙漠地带燃气管道施工技术要点

王宗尧<sup>1</sup> 于永凯<sup>2</sup> 孙立君<sup>3</sup>

1中为建筑工程有限公司, 河北保定 071000

2河北建研建筑设计有限公司, 河北石家庄 050021

3河北建设集团安装工程有限公司, 河北保定 071000

DOI:10.33142/ec.v1i1.45

[摘要] 沙漠地带最大特点是砂多, 气候干燥, 昼夜温差大, 风多且伴有沙尘。因此, 在沙漠地带燃气管道的施工在运管、布管、焊管、管沟开挖等工作的系数大大增加, 而且沙尘也给施工机械设备的正常运行及管道的焊接质量造成了很大影响。

[关键词] 燃气管道; 沙漠; 技术要点

### 引言

随着西气东输工程产业链的不断延伸, 燃气需求量的不断增加, 沙漠地带燃气管道的施工成为了施工过程中的重点和难点, 而施工技术方法的选择直接影响工程项目的工期、质量和经济效益。

巴州阿洪口首站至博斯腾湖工业园输气管道工程, 管线长约 42km, 线路从阿洪首站出发, 沿博斯腾湖西侧湿地南侧戈壁向西北方向敷设, 至博斯腾乡扬水站处为扬水站加气站预留, 然后向东南方向沿戈壁滩敷设, 经过博斯腾乡后至博斯腾工业园。全线设置三个截断阀室和两个分输阀室, 管道设计压力为 10.0MPa, 管道材质为 L360M, 在沙漠地段使用管道规格为  $\phi 219 \times 7.1\text{mm}$  高频直缝电阻焊钢管 (HFW), 其他地段使用管道规格为  $\phi 219 \times 8.0\text{mm}$  高频直缝电阻焊钢管。

### 1 做好燃气管道施工前的前期准备工作

1.1 工程施工前, 应进行现场勘察, 了解施工现场的自然环境及人文环境, 对沙漠地带燃气管道的施工中的重点难点做好分析, 制定有针对性、切实可行的技术方案。

1.2 做好施工图纸会审工作, 充分了解设计意图, 结合现场勘察结果, 对图纸中存在的问题及时与建设单位、监理单位、设计单位等进行沟通, 提前对图纸中可能存在的问题进行解决, 确保技术方案的顺利实施。

1.3 施工操作人员应具备相关专业基础知识, 在工程施工前应对施工操作人员进行岗前培训, 并做好技术交底工作, 使每位施工操作人员对工程施工技术方法都有相应了解。

1.4 特种作业人员应持证上岗, 上岗前应进行岗前考试, 考试合格后方可上岗进行施工作业。

1.5 根据沙漠地带的施工特点, 施工机械应该选用马力较大的机械, 其他相关机械应根据施工的具体要求配备合理。

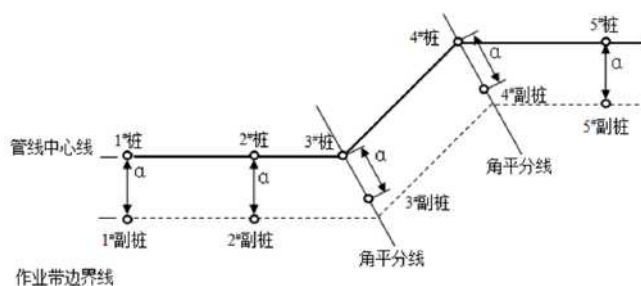
1.6 材料进场使用前, 应对材料做好鉴定验收工作, 确保材料满足工程质量要求。

### 2 燃气管道施工过程中技术要点

#### 2.1 线路桩交接及测量放线

现场交桩时, 接收设计单位设置的线路控制桩 (包括转角、加密桩) 和沿线路设立的临时性、永久性水准基桩及与水准基桩相联系的固定水准基桩。

测量放线施工时, 由于沙漠地带容易迷失方向, 在定桩时要加补桩, 转角桩上要标出明显的转角方向并插上红旗示意。移桩宜采用与管道轴线等距平行移动的方法, 移桩至堆土一侧的施工作业带内, 转角桩应按转角的角平分线方向移动, 平移后形成原桩的副桩, 副桩移至堆土一侧边界线, 对于移桩困难地段, 可采用增加引导桩、参照物标记等方法来确定原位置。沙漠地带管线的测量定位后, 首先采用推土机对沿线进行扫线, 清除沿线较高的沙丘地。



施工移动桩方法图 (注  $\alpha$  为平移时的等距离)

重点、难点：

- (1) 交接桩人员必须熟悉线路走向和所经过的地形地貌。
- (2) 线路控制桩、沿线设置的临时性和永久性水准点要做出明显标记。沙漠地带设置的桩要高一些，防止风沙将其掩埋。
- (3) 对线路上的所有水准点和控制桩进行保护并在明显位置设参照物。
- (4) 测量放线由参加接桩的测量工程师负责，测量仪器经法定计量部门校验合格并在有效期内使用。
- (5) 对局部线路走向有争议地段（如出现新建房屋、高压线杆或大量墓葬等），及时向监理、设计、建设等单位反映，并提出合理的线路调整建议。如确认需修改线路应由设计单位重新定测线路，出具设计变更通知单和变更图，并重新办理交接桩手续。
- (6) 灰线布放采用三点一线的方法用耐磨绳拉线后放出，采用加长杆作为标志放管道中心线时要注意架空电线，防止触电。
- (7) 沙漠地段管线的测量定位后，首先采用推土机对沿线进行扫线，清除沿线较高的沙丘地。

## 2.2 施工作业带

沙漠地带地表较松散，直接采用履带推土机将作业带范围内的沟、沙丘、陡坡等处予以平整，使施工机械、设备得以通过。当管线局部地段通过移动沙丘时，应将移动沙丘推缓或推平，作业带的宽度据地表状况确定。

作业带清理见下图：



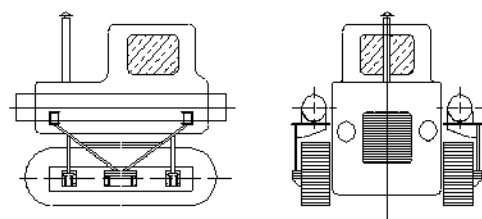
重点、难点：

- (1) 施工作业带宽度必须符合规定要求的宽度，严禁随意超过作业带边线。在施工作业需要更大宽度的时候，在任何清整作业前应由建设单位提前获得批准。
- (2) 作业带宽度内的地面障碍物必须清理干净，并按照建设单位及相关政府部门批准的方式方法移走和处理由于清理和平整作业而产生的剩余材料。
- (3) 作业带内无法清除的地下障碍物必须作出明显标志。
- (4) 作业带通过水渠时要增加过水涵管，使水顺利通过；通过行洪沟渠时要采取过水措施，以保证施工作业下正常进行。
- (5) 清理作业带时要注意保护标志桩和控制桩，对损坏及丢失的要进行补桩。
- (6) 横坡修筑作业带要确保施工期间设备运行的安全，尽量在斜坡上挖土修筑，砌筑的挡土墙要牢固，确保不产生滑坡。
- (7) 横坡施工结束后地貌恢复是重点控制工序，可采取分两步走的方式，对于坡度小比较好恢复的横坡，边回填边夯实，达到原貌。对于坡度比较大的横坡，争取与地方协调，做出适当赔偿后保留挡土墙及作业带，作为今后管道检修的便道。

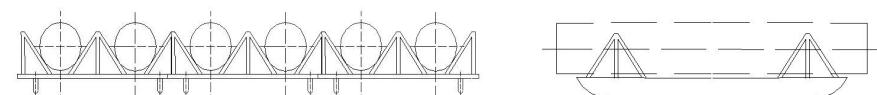
## 2.3 运管、布管

在沙漠地带，管材的运输比较困难，由于沙漠的抗剪强度极小，采用常规的运输方式很难满足施工要求，应采用宽履带推土机牵引自制爬犁进行运管，采用吊管机进行卸管。

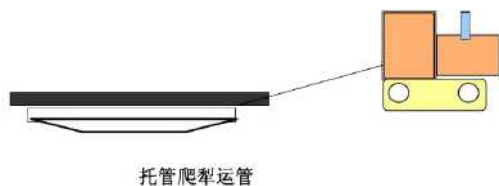
履带车示意图如下：



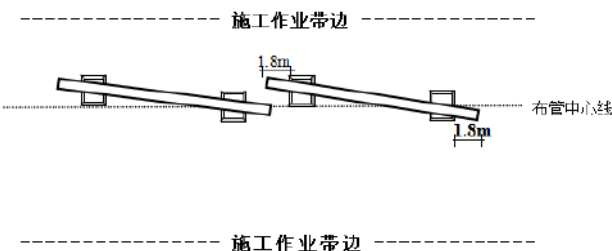
自制爬犁示意图如下：



爬犁应做成封闭型——底及四个侧面均用钢板封焊、形成“船”式。



- 重点、难点：
- (1) 特殊地段运管，根据地形、地质条件编制运管方案，报建设单位（或监理）批准后实施，保证施工顺利进行。
  - (2) 运输车辆拉运管材时，必须采用软质材料的绳索捆扎，不得损伤防腐层，严禁使用钢丝绳直接捆扎防腐管。
  - (3) 钢管吊装必须采用专用吊具，尾钩宽度不小于 60mm，尾钩与管口接触面的曲率应与管子相同。
  - (4) 管材堆放时按要求修筑临时管墩，管墩要采用细土或沙土装袋后码放整齐，卸管及布管时注意对防腐管的保护。
- 管墩布置示意图如下：



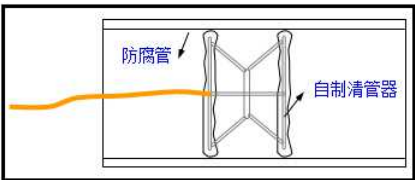
(1) 布管时，管道边缘与管沟边缘应保持一定的安全距离，详见下表：

| 土壤类别    | 干燥硬石土 | 潮湿软土 |
|---------|-------|------|
| 全距离 (m) | ≥1.5  | ≥1.7 |

2.4 管道焊接

长输燃气管道施工中，焊接是一项重要环节，本工程主要采用两种焊接工艺：（手工）纤维素下向焊和氩电联焊，具体焊接方法施工时需编制专门的焊接工艺规程及焊接作业指导书，为了保证焊接质量，施焊前按所拟定的焊接工艺，对参加施焊人员的技能进行鉴定，并报建设单位批准。

管道组对施焊前用自制的内清管器将管道内部清理干净。清管器的做法：用  $\delta=6\text{mm}$   $D=100\text{mm}$  两片钢板中间夹  $\delta=10\text{mm}$   $D=$  管内径的橡胶板，一式两片用钢筋连成筒装。操作：用  $\Phi 6$  钢筋连接在管内拖拉。



清管器示意图

- (2) 焊口正式焊接的起焊点，必须先在两定位焊焊点之间，严禁在定位焊处起焊，焊接时应确保起弧与收弧处的质量，收弧应将弧坑填满，多层焊的层间接头应相互错开。每条焊缝均应一次连续焊完。如因故被迫中断，应采取后热、保温的措施。再焊时必须对以前的焊道进行检查，确认无缺陷后方可继续施焊。
- (3) 管线组焊时，由于沙漠风沙的影响，在刮风天气必需在防风棚内进行作业，同时沙漠地带温差较大，早晚时，容易产生水气，所以早晚施工时，应特别注意管口的干燥问题，不符合规范要求的，要重新加热。
- (4) 管道施焊采用沟上焊接作业，根焊采用纤维素 E6010  $\Phi 3.2$  焊条，填充、盖面采用纤维素 E7010  $\Phi 4.0$  焊条。管道的焊接严格按焊接工艺规程所确定的工艺参数执行。管道焊接组对前必须用清管器清管，清除管内存沙，每天施工结束时，做好管端封堵。焊接作业工序要紧密衔接，尽量缩短施工时间，防止流动沙回淤。

2.5 阴极保护重点、难点

- (1) 阴极保护测试桩施工前按设计图纸的要求制作阴极保护测试桩，并检查外观尺寸及内部结构，接线牢固；各种不同类型的测试桩的接线方式各不相同，则应按图纸要求准确安装不同地段测试桩的类型；沿线的电位与电流测试桩兼做里程桩用，安装时用全站仪测量距离，桩间距离误差不超过规范要求；测试桩的测试导线与管道连接，采用铝热焊接法；测试桩体埋入地下部分回填时分层夯实，防止土方塌陷，桩体倾斜。
  - (2) 镁阳极表面为铸造表面，其表面清洁、平滑、无明显铸造缺陷，检查质量保证书的镁阳极化学成分，符合设计规定。购置已包装好的阳极时，检查阳极是否位于填包料的中间，填包料密实。如提供的带有防水的外包装，在使用时将外包装去掉。
  - (3) 对于现场填包好的阳极，使用前对阳极表面进行处理，清除表面的氧化膜及油污，使其呈现金属光泽。
- 阳极填包料的成分符合下表要求配方，并混合均匀，填料厚度应大于 50mm。

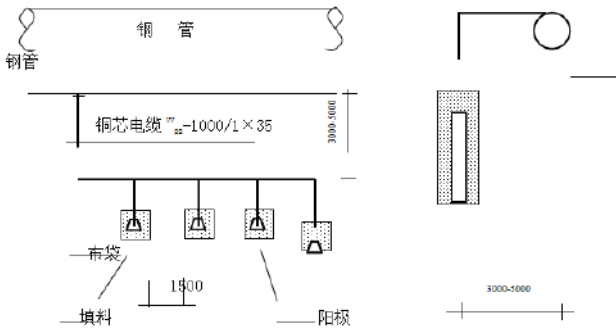
| 用料<br>填量 | 百分比 (%) | 重量 (kg) |
|----------|---------|---------|
| 石膏粉      | 25%     | 12.5    |
| 工业硫酸     | 25%     | 12.5    |
| 膨润土      | 25%     | 25      |

(4) 导线和阳极钢芯可采用铜焊或锡焊连接，搭接焊缝长度不小于 50mm。电缆和阳极钢芯焊接后，采取必要的保护措施，以防连接处损坏。焊完导线的阳极在搬运过程中不得牵扯导线。

(5) 导线的护套完整无损，对于任何裂纹都必须修复。导线敷设符合要求。

(6) 导线和钢芯的焊接处及非工作的阳极端面采用环氧树脂或相当的材料进行防腐绝缘。

牺牲阳极电缆和管道的连接采用铝热焊，一般焊接点位于管道上半部。焊接处采用聚乙烯补伤片防腐绝缘，不得有钢芯外露。安装见下图：



h 阳极垂直埋设，埋设深度为阳极顶端距地表 1.6m。

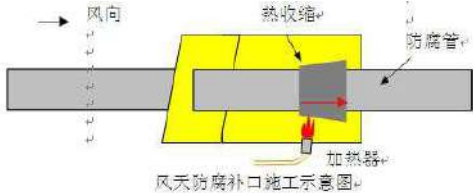
(7) 在采用牺牲阳极的管道测试桩处，应接上和管材相同的辅助片，供作自然电位参数测试用。

(8) 牺牲阳极投产测试，在阳极埋入地下，填包料浇水 10 天后进行，在 30 天后重复测试一次。

(9) 保护电位以两桩间的管道位置处的电位为准。当无法测量时，可以断开桩处的阳极，测其管道的开路电位为参考。

## 2.6 管道补口、补伤

管道焊接严格按照焊接工艺规程施焊，确保焊接合格率。管道焊接完毕所有环向焊缝均应进行 100%X 射线检查。检测合格并经监理认可后，进行防腐补口作业。本项目利用热收缩套将裸露的管口与管子防腐层紧密地结合起来，使管道防腐层成为统一的整体。风天防腐补口示意图如下：



重点、难点：

(1) 防腐补口补伤材料出厂合格证书、质量保证书和商检合格证书齐全。

(2) 管线组装焊接完毕，进行防腐补口时，防腐补口在风力较强的天气，应在上风口设置挡风棚或在防风棚中施工，以防止风将细沙带入套内，降低补口套的粘结强度，应从上风方至下风向的方向从一头烤补到另一侧，如此能有效防止防腐补口套内出现气泡，影响补口质量。

(3) 管道防腐补口施工时管口两侧防腐涂层 200mm 范围内的油污、泥土及其它污物清理干净，管口除锈等级达到规范中规定的级别。

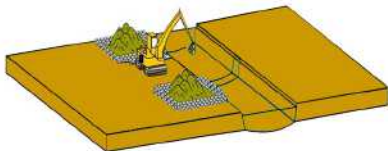
(4) 管口预热温度必须符合规定要求或生产厂家的说明书，预热均匀。

(5) 补口外观逐个目测检查，表面平整，无烧焦碳化现象，无鼓泡、气孔、皱折，接缝处粘胶均匀填满并溢出。

(6) 环向搭边宽度和轴向搭边宽度必须符合规定要求和设计要求。

## 2.7 管沟开挖

根据沙丘地经压实或挤压后，抗压强度较大，但抗剪强度为零、凝聚力极差等特点，工程中采用了长臂挖掘机加大管沟宽度的方法，并将挖出的土使用沙袋进行维护，维护方法见下列示意图。



管沟开挖示意图

重点、难点:

(1) 管沟开挖前应进行移桩, 转角桩按转角的角平分线移动, 其余轴线桩应平移至堆土或组焊一侧距施工作业带边界线 200mm 处; 对于移桩困难地段, 可采用增加引导桩、参照物标记等方法确定原位置。

(2) 管沟开挖与管道组对、焊接、下沟、回填紧密结合, 开挖一段, 完成一段, 每段长度不超过 1.5km, 每段回填后及时进行水工保护施工。

(3) 穿越地下设施时, 设施两侧 3m 范围内, 应采用人工开挖, 与其穿越间距应符合设计要求。对于重要设施, 开挖前应征得其管理单位同意, 并应在其监督下开挖。

## 2.8 清管、试压与干燥

在进行分段试压前必须采用清管器进行分段清管, 清管次数不少于 3 次, 以开口端不再排除杂物为合格。

管道进行试压前, 应在试压管段首、末两端安装压力表和温度计, 其安装位置必须在无阳光直接照射之处, 压力表精度不低于 0.5 级, 温度计分度值不大于 10℃。

重点、难点:

(1) 采用清管器清管时, 清管器运行速度宜控制在 4 ~ 5km/h 为宜, 工作压力宜为 0.05 MPa ~ 0.2MPa, 如遇阻可提高其工作压力, 但最大压力不得超过管道设计压力。

(2) 线路清管合格后, 要用带有铝质测径板的清管器进行管道的变形测径, 测径板的直径大于等于该管段内径的 90% 并小于该段热煨弯头内径的 95%。测径板的尺寸应经监理的认可, 测径板应安装在刚性清管器上以保证在整个运行期间测径板始终处于管道的中心线上。

(3) 测径板通过管道后, 无变形、褶皱为合格, 如果测径板显示有破损, 施工管道方应找出原因并进行必要的修补。

(4) 在进行分段试压前必须采用清管器进行分段清管测径。分段清管应确保将管道内的污物清除干净。

(5) 强度试验: 一般线路段的管段不应小于设计压力的 1.5 倍 (15.0MPa),

穿越段的管段不应小于设计压力的 1.5 倍 (15.0MPa); 先升至 30% 强度试验压力, 稳压 15min, 再升至 60% 强度试验压力, 稳压 15min。稳压期间对管道进行检查, 无异常现象, 继续升压至强度试验压力, 稳压不小于 4h, 以无破裂、无泄漏为合格标准。

(6) 严密性试验压力为管道的设计压力 (10.0MPa), 在强度试验 (15.0MPa) 完成后将管道内降至设计压力 (10.0MPa), 稳压时间不小于 24h, 压降不大于 0.1MPa 为合格。

(7) 当因温度变化或其它因素影响试压的准确性时, 应延长稳压时间。在环境温度低于 5℃ 时, 水压试验应采取防冻措施, 试压完成后应立即对被试管段进行排水清管, 并将试压设备及阀门内的水排尽。试压合格后, 用压缩空气推动清管器进行排水吹扫。

## 2.9 管线下沟

管沟开挖合格后, 合理配备挖掘机将已焊接防腐完成的管道平稳的放入管沟中。

重点、难点:

(1) 下沟前, 由安全员对管沟进行安全检查, 清除沟中的塌方及杂物, 确认沟内无清沟作业人员、设备及机具, 管道内侧无人站立, 无施工物品、用具存放; 使用电火花检漏仪按设计要求的检漏电压检查防腐层, 重点检查管线底部和管子与支墩接触部位的防腐层, 如有破损或针孔及时修补。

(2) 管道下沟由专人统一指挥作业, 在人员集中的通行路口设置醒目标志, 并安排专人巡防。

(3) 使用能够满足施工要求的吊管机配以专用吊具下沟。起吊点距管道环焊缝距离不小于 2m, 起吊高度以 1m 为宜、最大起吊点间距不应超过 26m。吊管机不少于 4 台, 同时起吊并将管道向管沟内移动, 前两台将管道移至管沟中心上方并缓慢下放, 第一台吊管机将管道放入管沟内并后移至最后位置。如此重复直至完成所需下沟管段。

(4) 下沟后对由现场监理人员对下沟的质量进行检查和复测, 包括对管顶标高、曲线的始点、中点和终点标高进行测量。管道标高应符合设计要求。按业主或监理规定填写测量成果表、管道工程隐蔽检查记录。确认合格后在下沟记录上签字, 再进行管沟回填。

## 3 结束语

燃气管道工程施工控制要点涉及广泛, 在沙漠地带施工要努力克服各种因素对施工质量的影响, 本工程项目在施工过程中采取了以上施工方法, 确保了工期的顺利进行, 并保证了工程质量, 同时也为今后在沙漠地带进行燃气管道施工积攒了宝贵的施工经验。

## [参考文献]

- [1] 《输气管道工程设计规范》GB50251-2015
- [2] 《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448-2008
- [3] 《油气长输管道工程施工及验收规范》-GB 50369-2014
- [4] 《石油天然气金属管道焊接工艺评定》SY/T0452-2012
- [5] 《石油天然气建设工程施工质量验收规范 站内工艺管道工程》SY 4203-2007
- [6] 《压力管道规范 - 工业管道》GB/T 20801-2006
- [7] 《工业金属管道工程施工规范》GB 50235-2010
- [8] 《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184-2011

作者简介:

1 王宗尧, 身份证号: 1301321987\*\*\*\*0077

2 于永凯, 身份证号: 1304311987\*\*\*\*1713

3 孙立君, 身份证号: 2307031987\*\*\*\*1013

## C272萃取-镍电积试验研究

张宇飞

新疆鑫业股份有限公司阜康冶炼厂，新疆阜康 831500

DOI:10.33142/ec.vli1.33

**[摘要]** 根据阜康冶炼厂镍精炼节能降耗研究项目方案论证，确定拟采用硫镍矿两段常压浸出一两段加压浸出—C272分离镍钴—电积镍生产工艺。因此加压浸出一萃取—电积是本研究项目试验的重点及难点所在。近年以来，利用我厂原有部分加压浸出设备设施及二段闲置常压浸出釜，先后进行了公司上游单位自产高冰镍加细粒合金的两段常压—一段加压浸出的半工业试验，试验取得了较好的效果，镍钴浸出率大于95%，镍钴的直收率在97%以上，并且常压浸出液的铜铁基本均在0.01g/l以下，为C272萃取分离镍钴及电积试验提供了条件。

**[关键词]** 硫镍矿；常压浸出；加压浸出；C272分离镍钴；电积镍

**Abstract:** According to the project approachment of Research projects on energy saving and consumption reduction in Nickel refining, we use the manufacturing technique to make electrolytic nickel, which is two-stage atmospheric pressure leaching of polydymite and two-stage pressure leaching and separation of nickel and cobalt by C272 and electriplantingnickle. We utilized two-stage atmospheric pressure leaching of polydymite and one-stage pressure leaching to manage Nickel matte with the pressure leaching equipment and two-stage idle atmospheric leaching kettle, and the leaching rate of nickel and cobalt is more than 95%. It provides the good conditions for extracting and separating and electrolyzing the Nickel and Cobalt with C272.

**Keywords:** Polydymite; Atmospheric pressure leaching; pressure leaching; C272; electrolytic nickel

萃取而言，高效萃取设备—离心萃取器国内无经验可以借鉴，对新型萃取剂C272物化性质缺少了解，阜康冶炼厂虽然已有C272进行镍钴分离及深度除杂的生产实践，值得借鉴，但由于上游两个单位供给的原料及外购的氢氧化镍钴原料的组成特点，须针对不同配比后的常压酸浸液进行镍钴分离试验，进一步验证萃取剂的可靠性和经济性，对萃取过程镍铜钴的萃取效率、萃取相比等进行试验确定。电积工艺虽然国内外已有成熟的生产经验可以借鉴，但就阜康冶炼厂自身的溶液体系而言，还缺少这方面的基础研究。为此以常压浸出液为原料进行了C272萃取分离镍钴—电积联动试验。

本次萃取—电积联动试验的试验方案是以萃取小型串级试验及电积镍配液试验基础上确定的。试验过程中又进行了调整，试验取得了满意的效果。为阜康冶炼厂改造初步设计提供详实可靠的设计依据。

### 1 试验内容

#### 试验试剂

##### (1) C272 萃取剂

C272是美国氰胺公司研制的一种新型分离镍、钴萃取剂，1985年首次用于工业生产，1997年以后西方国家60%的钴是采用C272进行镍、钴分离后的产品。其主要成分是三(2,4,4-三甲基戊基)膦酸。工业产品典型的物理性质：含量>85%；呈无色或轻微琥珀色；密度(24℃)为0.92g/cm<sup>3</sup>，粘度(25℃)0.142Pa·s、(50℃)0.037Pa·s；凝固点—32℃；闪点108℃；在水中的溶解度(PH=2.6)为16ppm。

C272对钴镍的分离系数比同样条件下的P507又高出了一个数量级，而且对钙、镁没有萃取性能，反萃铁也较容易，适合用于分离含钴浓度较低的硫酸镍溶液。阜康冶炼厂采用C272分离镍钴已应用于生产。因此，该试验选用萃取剂是C272。

##### (2) 260 # 磺化煤油 精制硫酸 片碱 硼酸

#### 试验原料

萃取所用料液为常压浸出液，其成分如下：(单位g/l) Ni 90-120 Co 1.3-2 Cu<0.015 Fe<0.015 Ca<0.1 Mg<0.1 Pb<0.0003 Zn<0.0003 PH 6.2-6.4

利用萃余液通过调酸及加入硼酸后进行电积。具体成份见表1。

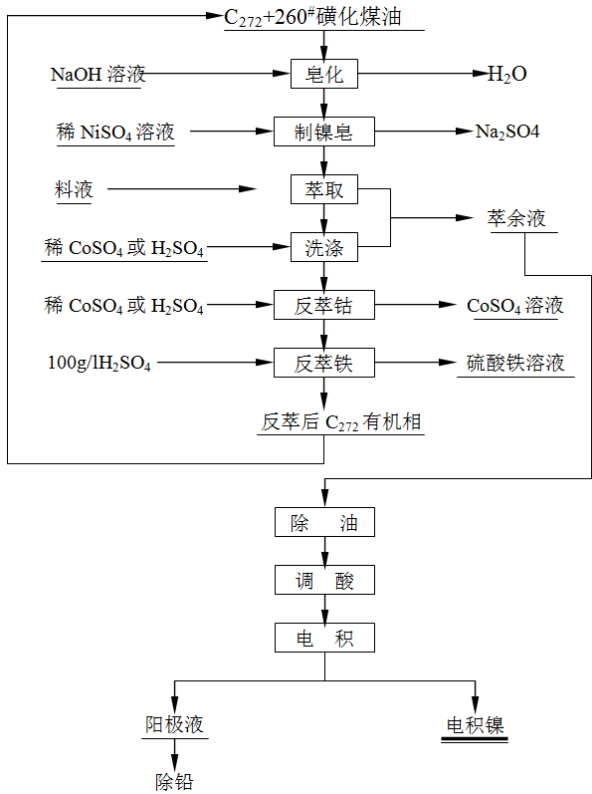
阴极液成分(g/l)

表 1.

| 批次 | Ni    | Co   | Cu    | Fe    | Pb     | Zn     | Na <sup>+</sup> | 有机 (mg/l) |
|----|-------|------|-------|-------|--------|--------|-----------------|-----------|
| 1  | 92.29 | 0.02 | 0.001 | 0.001 | <0.001 | <0.001 | 3.77            | 1.0       |

|   |       |      |       |       |        |        |      |     |
|---|-------|------|-------|-------|--------|--------|------|-----|
| 2 | 97.72 | 0.01 | 0.002 | 0.001 |        |        |      | 2.4 |
| 3 | 93.14 | 0.01 | 0.002 | 0.001 | <0.001 | <0.001 | 2.68 | 3.5 |
| 4 | 90.48 | 0.05 | 0.001 | 0.001 |        |        |      | 2.5 |

试验工艺流程



#### 试验主要设备

- (1) PVC 混合澄清箱
- (2) 除油器（采用两级除油，即一级纤维球和一级活性炭除油）
- (3) 硅整流（最大输出电流为 300A，额定电压为 10V）
- (4) 钢衬玻璃钢电积槽
- (5) 钢衬胶水箱（内置“U”型加热管）
- (6) 中间贮槽及输液泵

#### 试验主要工艺条件

##### 萃取工艺条件

- (1) 有机相组成：10%C272+90%260# 磺化煤油
- (2) 皂化率：55% 左右
- (3) 稀 NiSO4 浓度及流量：Ni25-30g/l
- (4) 相比 O/A =1: 1
- (5) 流比：

萃取段 1.5:1，制镍皂段 3:1，洗涤段 10:1，反钴段 6:11/h，反铁段 10:11/h，

有机相流量：萃取段 401/h，制镍皂段 601/h，洗涤段 72.61/h 反钴段 68.51/h，反铁段 72.61/h，

料液流量：401/h，稀硫酸镍流量：201/h，洗涤液流量：7.41/h，

反钴液流量：11.51/h，反铁液流量：7.41/h，

- (6) 温度：制镍皂段 :45-55oC，萃取段：42-48oC，其它：38-43oC

- (7) 萃取级数：

制镍皂 3 级，萃取 4 级，洗镍 4 级，反钴段 3 级，反铁段 3 级，Na2SO4 澄清 1 级，有机澄清 1 级，共 19 级。

- (8) 混合室停留时间 3min

比沉清速度 5.37m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> h

##### 电积工艺条件

| 电流<br>(A) | 电流密度<br>(A/m <sup>2</sup> ) | 电解液温度<br>(℃) | 同极中心距<br>(mm) | 阴阳极液位<br>差 (mm) | 阴极液PH值  | 阴极规格<br>(mm) |
|-----------|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------|---------|--------------|
| 160       | 220~230                     | 60-65        | 140           | 30~50           | 4.0-4.5 | 400×450      |

| 阳极规格<br>(mm) | 阴极周期<br>(天) | 单袋循环量<br>(ml/min. 袋) | 镍浓度降<br>(g/l) | 每槽阴极数<br>量 (片) | 每槽阳极数<br>量 (片) | 日通电时<br>间 (h) |
|--------------|-------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| 380×500      | 3-4         | 60-65                | 25—30         | 2              | 3              | 24            |

试验过程

C272 分离镍钴半工业试验的料液采用常压浸出液，先进行精密过滤，除去其中的固体悬浮物等杂物，然后采用精制硫酸将料液 PH 调整到 5.5，并取样分析。

用 10%C272 + 90%260 # 磺化煤油配制成有机相，皂化率控制在 55% 左右（用 NaOH 片碱）。

采用转子流量计严格控制萃取过程的流量。通过变频器控制搅拌转速，确保两相充分混合，同时避免有机相乳化。

萃余液由中间槽泵入高位槽，在高位槽进行调酸，保证 PH 值在 4.0-4.5，根据返入的萃余液体积补入硼酸，使其浓度在 4-7g/L 之间。萃余液从高位槽自流经过一级纤维除油器流至阴极液中间槽，阴极液下进上出通过二级碳粒除油器进入阴极液高位槽自流至隔膜袋，满足电积对流量的需求。

萃取试验过程中，制镍皂段和萃取段有时出现絮凝状沉淀，导致试验无法进行，采取措施后这一问题得到一定程度的缓解。

电积试验期间，当电流提至 10A 以上后，阳极区开始有少量气泡产生，随着电流的提升，气泡量增多，并且伴随产生大量的酸雾。

2 试验结果及分析

萃取

萃余液典型结果见表 2。

萃余液典型成分（g/l） 表 2.

| 日期 | 元 素    |      |        |        |
|----|--------|------|--------|--------|
|    | Ni     | Co   | Cu     | Fe     |
| 1  | 100.48 | 0.01 | 0.0002 | 0.0008 |
| 2  | 100.69 | 0.02 | 0.0002 | 0.0005 |
| 3  | 101.57 | 0.02 | 0.0003 | 0.0004 |
| 4  | 101.4  | 0.01 | 0.0002 | 0.001  |
| 5  | 120.73 | 0.02 | 0.0002 | 0.0007 |
| 6  | 101.14 | 0.01 | 0.0002 | 0.001  |

试验结果表明，控制一定的技术条件，Ni、Co 分离系数达 7000 以上，产出的萃余液中 Co 小于 0.02g/l，而且 C272 对 Cu、Fe 等杂质元素有较好的萃取效果，且反萃铁容易。萃余液可满足电积工序对萃取溶液的要求。

由于控制原因、萃取设备级效率较低，反萃 CoSO4 溶液成份（g/l）结果如下：

Co 20-30，Ni 1-2，Cu Fe 0.005，PH 1—2。

电积

（1）槽电压、单位电耗及电流效率

表 3.

| 试验批次 | 平均电流<br>A | 平均电压<br>V | 理论产<br>量Kg | 实际产<br>量Kg | 电积时<br>间h | 理论单位电耗<br>Kwh/Kg. Ni | 实际单位电<br>耗Kwh/Kg. Ni | 电流效率<br>% |
|------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|----------------------|----------------------|-----------|
| 5-4  | 158.6     | 4.0       | 11.67      | 11.26      | 70        | 3.78                 | 3.97                 | 96.48     |

试验期间未调钠，从实际阴极液含钠情况来看，钠离子浓度在 3g/L 左右，平均槽电压为 4.0v；与 2003 年 4 季度 Na+ 浓度为 37g/l，镍离子浓度基本相同小型配液电积结果相比，本次试验平均槽电压高 0.15V，较现有可溶阳极槽电压降低 0.5V；实际槽电压约为理论分解电压的 1.05 倍，系由于线损、电热等因素所致；另外，从槽电压分布压降分析来看，与可溶阳极电解相比，主要区别在阳极板面到阳极耳线间的分布电压，电积约低于电解 0.4v，这一点与总压降二者相差 0.6-0.8V 相吻合。

电解镍生直流电单耗为 3900-4100Kwh/t.Ni；电积试验直流电耗为 3800 Kwh/t.Ni 左右，后者较前者单位电耗大幅降低。

（2）溶液中铅离子浓度变化及除铅

在阴极液铅离子浓度保持在 0.005g/l 以下的情况下，铅阳极电积过中，前 10 天阳极液铅离子浓度呈上升趋势，最高达到 0.0056g/l，随后基本保持在 0.001 g/l 以下，说明电积初期，铅阳极溶解速率较快，日溶解量为 0.6g 左右，由此推算，每生产 1 吨电积镍体系的铅量增加 0.16Kg。

鉴于体系的铅离子浓度大幅上升，为此利用含铅 0.0056 g/l 的混合阳极液进行碳酸钡分段除铅试验，试验条件及结果见表 4。

碳酸钡除铅试验结果 表 4.

| 温度℃ | 阳极液体积ml | 铅量：碳酸钡量 | 搅拌时间min | 除铅后液含铅g/l |
|-----|---------|---------|---------|-----------|
| 65  | 1000    | 1：200   | 10      | 0.001     |
| 65  | 1000    | 1：250   | 10      | 0.0014    |
| 65  | 1000    | 1：300   | 10      | 0.001     |
| 30  | 1000    | 1：200   | 10      | 0.001     |

|    |      |        |    |        |
|----|------|--------|----|--------|
| 30 | 1000 | 1: 250 | 10 | 0.0016 |
| 30 | 1000 | 1: 300 | 10 | 0.0012 |

初步试验结果分析表明,在常温下采用碳酸钡分段除铅效果较明显,碳酸钡的加入量以铅量:碳酸钡量为 1: 200 为宜。

### (3) 电积镍质量

#### a、电积镍物理质量

本次利用 C272 萃余液的电积试验共进行了 4 批,每批电积镍物理质量较前次明显改善。前两批电积镍表面疙瘩较多,烫洗后板面发乌,初步分析认为是极细的碳粒吸附在板面所致。后两批电积镍从外观而言,烫洗后板面呈亮洁的金属光泽,符合电解镍标准。

电积镍板面较平直,但边部结粒严重,由于隔膜袋的限制,阴极尺寸无法放大所致,这一问题在以后的生产实践中可以得到完全解决。

#### b、电积镍化学质量

本次试验对第 3、4 批电积镍取样按照电解镍分析标准进行化学元素分析,结果见表 5。

电解镍分析标准及电积镍实际化学成分 (%) 表 5.

| 元素       | Co      | C       | Si      | P       | S       | Fe      | Cu      | Zn      | As      |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ni9996标准 | 0.02    | 0.001   | 0.002   | 0.001   | 0.001   | 0.01    | 0.01    | 0.0015  | 0.0008  |
| Ni9990标准 | 0.03    | 0.001   | 0.002   | 0.001   | 0.001   | 0.02    | 0.02    | 0.002   | 0.001   |
| 第三批      | 0.0106  | 0.0028  | 0.001   | 0.00010 | 0.00060 | 0.015   | 0.0064  | 0.0019  | 0.00075 |
| 第四批      | 0.0106  | 0.0027  | 0.001   | 0.00010 | 0.00064 | 0.015   | 0.0052  | 0.0013  | 0.00075 |
| 元素       | Cd      | Sn      | Sb      | Pb      | Bi      | Al      | Mn      | Mg      |         |
| Ni9996标准 | 0.0003  | 0.0003  | 0.0003  | 0.001   | 0.0003  |         |         | 0.001   |         |
| Ni9990标准 | 0.0008  | 0.0008  | 0.0008  | 0.001   | 0.0008  |         |         | 0.002   |         |
| 第三批      | 0.00025 | 0.00019 | 0.00015 | 0.00073 | 0.00028 | 0.00045 | 0.00050 | 0.00055 |         |
| 第四批      | 0.00024 | 0.00015 | 0.00013 | 0.00061 | 0.00028 | 0.00045 | 0.00050 | 0.00055 |         |

从以上实际分析结果来看,两批电积镍元素均达到 Ni9996 的标准要求。下一步萃取试验过程中,通过调整萃取工艺参数,使萃余液中杂质元素进一步降低,满足高品质电积镍对元素的要求。

### 结束语

通过对常压浸出液萃取-镍电积联动试验可以得到以下结论:

(1) 新型萃取剂 C272 具有优良的镍钴分离能力,可使常压浸出溶液中钴降低至 0.02g / l 以下,化学稳定性好,水溶性好。

萃取过程中,皂化率应控制在 55%—60% 之间,温度控制在 40—55oC 之间,采用均相皂化,否则,皂化率大于 60%,温度较低时,萃取过程中萃取箱内产生絮凝状物,阻碍试验进行。

(3) C272 对钙、镁较少萃取,萃取过程不出现硫酸钙沉淀,可用硫酸或硫酸钴做反萃液,比较适合硫酸介质体系。

(4) 与 P204、P507 比较,C272 萃取剂反萃铁容易,反萃液 H2SO4 浓度在 100g / l 以下,即可反萃完全,耗酸低。

(5) 纯硫酸体系中进行镍电积生产时增加适量的 Na<sup>+</sup>,有利于槽电压的降低,从而有利于降低电耗。

(6) 铅阳极电解初期电容量从体系中铅离子的上升幅度得以明显反映,即每生产 1 吨电积镍体系的铅量增加 0.16Kg,但通过碳酸钡分段除铅能达到比较理想的除铅深度。

(7) 本次试验表明可研中镍电积各项参数是符合实际的。

### [参考文献]

- [1] 朱祖泽,贺家齐. 现代铜冶金学 [M]. 冶金工业出版社,2003.
- [2] 姚素平. 镍冶炼工艺在中国的优化和改进 [J]. 有色金属(冶炼部分),2008(6):9-11
- [3] 张宇飞,使用过硫酸钠氧化除钴的实验研究,新疆有色金属,2012 年 第 7 期
- [4] 黄璐,从含镍钴废料中回收镍钴时 PH 对去除杂质的影响 [J],湿法冶金,2002(4)

## 可丽耐在建筑装饰项目中的特殊应用研究

朱孝康

浙江江南工程管理股份有限公司，浙江杭州 310007

DOI:10.33142/ec.vli1.34

**[摘要]** 可丽耐是一种以天然矿物质和甲基丙烯酸甲酯为主要原料的人造石材，具有优良的耐酸、耐碱、耐冷热、抗冲击性，抗污性能好，维护方便易修补，色彩时尚选择丰富，加热后可以弯折加工成任意形状。在装饰装修领域被广泛的应用在厨房卫生间台面，创意家私等方面。这里我们以深圳证券交易所营运中心项目（后简称深交所）为例介绍可丽耐这种材料的加工工艺和安装工艺，以及在此实施过程中监理方因着重关注的重难点。

**[关键词]** 可丽耐；人造石板材；雕刻人造石

可丽耐是一种以天然矿物质和甲基丙烯酸甲酯为主要原料的人造石材，具有优良的耐酸、耐碱、耐冷热、抗冲击性，抗污性能好，维护方便易修补，色彩时尚选择丰富，加热后可以弯折加工成任意形状。在装饰装修领域被广泛的应用在厨房卫生间台面，创意家私等方面。这里我们以深圳证券交易所营运中心项目（后简称深交所）为例介绍可丽耐这种材料的加工工艺和安装工艺，以及在此实施过程中监理方因着重关注的重难点。

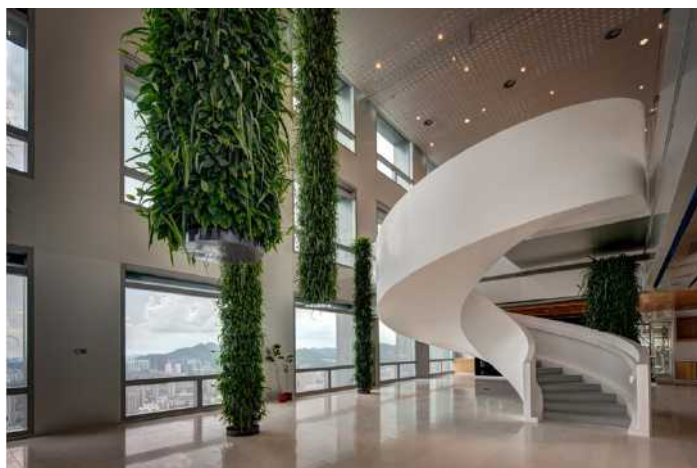
深交所项目中可丽耐的工程量非常大，主要用在以下三个方面：

1、核心筒可丽耐人造石雕刻山水画鎏金。



核心筒可丽耐人造石雕刻山水画鎏金（实景照片）

2、共享空间旋转楼梯。



共享空间旋转楼梯（实景照片）

3、卫生间洗手台面。



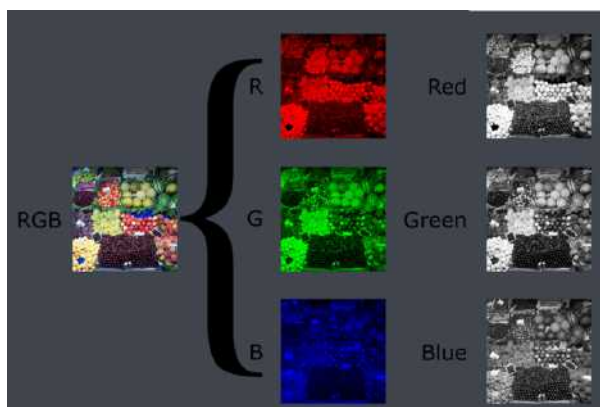
其中核心筒可丽耐人造石雕刻山水画鎏金是本项目最大亮点之一，也是本项目技术攻关的关键重点难点。设计师要求在白色可丽耐人造石上雕刻不规则的“V”型竖向线槽，并在“V”型线槽中镶贴纯度在 98% 以上的金箔，通过线条宽窄的变化在视觉上形成“山水画”图案的装饰方案，既蕴含中国传统文化理念，又具有简约、现代的质感。由于该项目在设计招标阶段并没有成熟的技术方案，需要在项目实施过程中摸着石头过河，因此项目一开始该项工作就成了我们监理方关注的重点。

一、技术攻关

首先要求施工方安排施工人员对现场进行放线定位，再安排一位具备绘画功底的设计师与方案设计方沟通选定山水画图案，并根据现场放样的实际尺寸将满足设计要求的山水画图案整合到装饰立面图上（如下图）。



确认好山水画图案之后，如何将该图案转换成宽度深浅不一的线槽成为技术攻关的重点，通过跟施工单位和加工厂家的反复论证沟通，最为可行的办法就是利用灰度图。灰度图又称灰阶图，可以通过一定的电脑技术手段将原山水画进行转化。和原图相比灰度图只含亮度信息，不含色彩信息，其亮度由暗到明，亮度变化是连续的。故灰度化之后的图像所含信息量大大减少，图像处理计算量也相应大幅减少，方便后续计算。灰度图中每个像素点的颜色深浅都对应一个灰度值，灰度值从 0 到 255，0 代表黑色，255 代表白色。



图片到灰度图的转换

按设计师要求竖向“V”型凹槽中心线间距为 30mm，最窄处凹槽宽度为 1.5mm，最宽处凹槽为 23mm。因此在编辑雕刻机程序的时候，取凹槽中线左右各 15mm 的平均灰度值，灰度为 0 对应凹槽宽度为 23mm，灰度为 255 对应凹槽宽度为 1.5mm，介于中间的灰度值按线性计算相应的凹槽宽度。这样就完成了由图案到雕刻程序的转换。

## 二、供应商比选

包含了可丽耐板材的供应商，以及国内二次加工供应商的比选，首先可丽耐板材在招标文件中明确约定了 LG、三星、杜邦三个可选品牌范围，并且指明所用材料必须是原装进口产品。经过跟业主和施工方案多方考察，三家备选供应商中三星在国内设有生产可丽耐人造石的工厂，供货来源上存在一定的违约风险。杜邦的价格太高几乎是另外两个品牌的两倍，且供货周期比另外两家要长近半个月。为此综合考虑同意施工方选用 LG 品牌作为可丽耐板材供应商。

国内二次加工厂的选择着重于对其加工规模，加工品质，以及以往业绩的考核。规模方面，根据项目工期要求可丽耐的安装必须在 6 个月内完成，而可丽耐板材的进口周期就有 2 个多月，后面还需要预留一个半月左右的贴金箔以及现场安装时间（金箔的施工难度相当大），而根据我们到工厂实地测算要达到本项目的要求一台 CNC 雕刻机一天只能生产约 30 平方，仅我们这个项目就需要两台 CNC 机不间断作业。而厂家不可能因为我们这个项目把其他所有的订单都停掉，所以我们要求本项目的供应商至少有 3 台以上的 CNC 雕刻机。加工品质方面主要是看工厂待出货的产品的品质，以及工厂为项目制作的 1:1 实样的品质。

## 三、材料供货的品质监控

### 人造石板材及加工品质的控制

制作方案和供应商确认之后并不意味着供货品质就可以高枕无忧，必须注意过程中细节的把控。首先是对原材料品质的把控，为确保板块间零色差，在计算好板材数量和损耗之后原料板材一次性下单来货，避免分批材料因批次不同而产生色差。进口板材到货之后，需先到海关查验各种资料是否齐全，确保材料是原装进口，并核对板材的颜色、厚度、品质是否与设计师确认的样板相符。大面积加工前必须坚持样板引路的方针，在现场制作面积约 20 平方的样板墙。以便明确在加工安装的工程中还有哪些细节需要特别留意。



各方对样板墙进行验收

样板制作过程中，我们发现以下几个较明显的问题：

- 1、在线槽宽度变化幅度较大的位置出现明显的凹凸感。
- 2、线槽内有波浪状振荡纹路。
- 3、线槽之间并不完全平行，中心间距有大小。
- 4、线槽与板材边缘不垂直。

经多方沟通及工厂的反复试验论证，我们确定了以下几点加工方案来避免上述问题的发生：

- 1、为避免线槽在宽度突变处的凹凸感，必须将 CNC 雕刻机的雕刻速度由原来的 4 米 / 分钟，降低至 1.5 米 / 分钟。
- 2、线槽内的波浪状振荡纹路和线槽间距的大小是由于 CNC 机在雕刻过程中人造石产生的轻微震动和位移造成的，

因此要求工厂对 CNC 机进行一定程度的技术改造，在操作平台上增加 12 个真空吸盘，将板块牢牢吸附在底板上，减轻加工过程中的板块震动和位移。

3、线槽与板块边缘不垂直是由于板块放置在平台上时的角度偏差造成的，需要在 CNC 机操作平台上牢固固定金属靠山，每块板材在加工时紧靠靠山放置就能避免此问题。

4、板块 CNC 雕刻完成后，用 400# 粗砂纸对板块正面进行打磨，使板块外观均匀一致。

5、CNC 机刀头需要经常更换，否则会影响雕刻的精准度。

金箔粘贴的品质控制

按设计要求为了确保金箔颜色纯正明亮，并且在人造石的整个使用周期内长久保持黄金质感，必须采用 24K 真金箔金含量在 98% 以上。到货验收时除了正常的材料证明资料外工厂必须提供由专业珠宝鉴定机构出具的鉴定证书，并在实施过程中还要随机抽样复试。

贴金箔是可丽耐加工的最后道工序，也是一道完全依靠人力完成的工序。因线槽小且线槽间的间距窄，项目品质要求高，原材料昂贵等因素叠加，该工序的实施难度较大。按设计文件技术要求金箔厚度必须达到 0.12 μm 以上，表面无开裂、磨损、透胶、起皱、气泡、开裂等现象，应确保其防酸碱、抗氧化、防摩擦、不发霉发黑、不褪色。

贴金前需要做一些准备工作，粘贴金箔场地必须与板材加工车间隔离，避免加工板材产生的灰尘影响金箔粘贴的质量。对人造石表面存在的瑕疵进行打磨修补使其表面光滑无杂质。用专业用专用清洗剂清洗人造石表面，将加过过程中附着在人造石表面的灰尘油污清理干净。

在样板制作过程中为确保金箔只粘贴在凹槽内部，整体板面整洁无飞金。在刷底胶的前需用美纹纸沿着凹槽两侧边缘做好保护，刷胶时要涂刷均匀确保没有漏刷，同时也要注意不能涂刷到美纹纸外面去，此过程需要工人非常的细心，稍有偏差就会影响金箔粘贴的效果。但这样一来工人的工作效率非常低下，一个熟练的技术工人一天只能完成 1.5 平方雕刻人造石板的金箔粘贴，在大面积加工生产时无法确保工期。后经与工厂方面沟通试验，大面积加工时的方案取消了贴美纹纸的步骤，改为在贴金完成后对整体板面进行机械打磨，这样只会磨掉平面上的飞金，不会对凹槽内的金箔造成损伤，这样大大提高了贴金的工作效率降低了生产成本满足了工期要求。

贴金完成后，需对板面做全面检查，对漏金、流坠、起皱的部位进行修补。修补完成后用哑光保护涂膜进行 3 遍防护处理。

注意事项

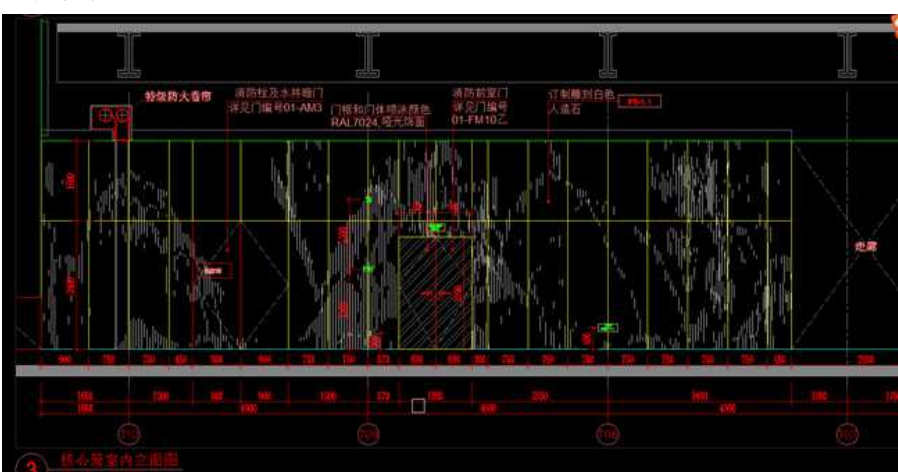
金箔的保护漆完全固化之后需要将全部人造石按照编号顺序摆放于地面上进行预拼，并会同业主、设计、施工方一起按照经确认的排版图进行系统性的检查验收。确保纹理排列规整，图案协调统一，接口完全吻合，无缺棱、掉角、毛边、裂纹等现象。板块的长宽尺寸及对角线偏差不大于 0.5mm。

人造石的包装必须采用木箱打包，合格证和排版图必须随产品一起放入箱内，每块石材背面应打上编号并与排版图上的编号一直，并用箭头指明安装方向。包装时石材面对面背对背放置，并用泡沫隔开。因每块人造石边长边都是满贴金箔，包装时要用泡沫将长边包起来，防止在搬运或运输的过程中因摩擦或磕碰导致金箔脱落。

四、雕刻人造石的挂装施工工艺

1、关于板块分缝以及安装技术方案的分析

人造石标准板块的尺寸是 750\*2400mm，而设计竖向线槽的中心间距为 30mm，因此每块人造石正好是 25 条 V 形凹槽的间距。板块的分缝可以分在两条凹槽的中间，也可以刚好分在凹槽中线处。经过反复对比推敲，大家一致认为在凹槽处分缝会弱化缝隙对整体视觉效果的影响，达到最佳观感效果。板块排版原则上按照竖缝 750mm 间距，横幅 2400mm 间距排列，有门洞的位置，竖缝间距与门扇的宽度保持一致确保整体分缝美观。（因人造石板块可以无缝拼接即使板块宽度超过 750mm 也可以实现）。为了避免加工偏差对安装的影响分缝宽度定为 1.5mm，人造石板块的两侧要满贴金以保障整体效果。

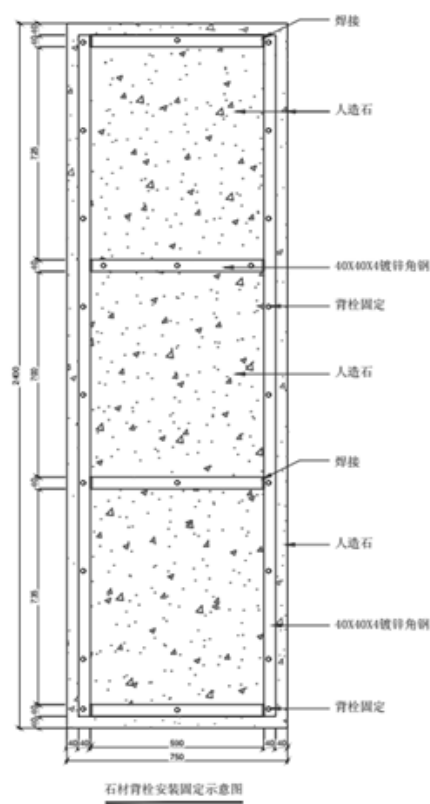


一层西侧核心筒雕刻人造石排版图

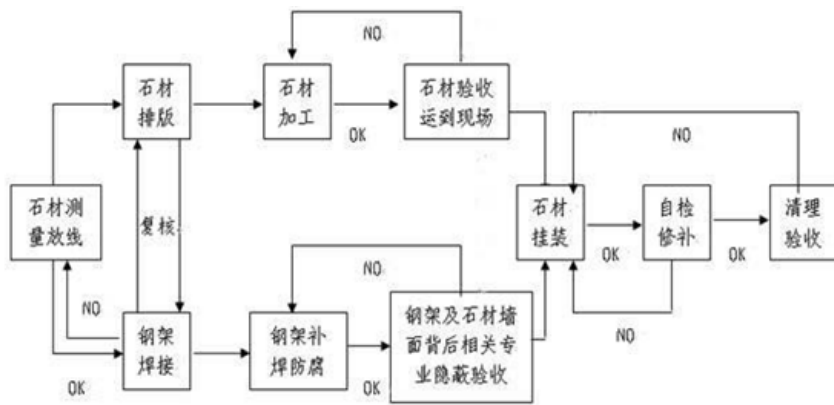
雕刻人造石的安装方式一般有背栓干挂法和 T 型挂件 AB 胶干挂法。最终项目选择的是背栓干挂法，原因如下：

- 1) 背栓干挂石材施工工艺减少现场切割的工程量，减少现场的灰尘，是绿色环保的施工工艺。
- 2) 背栓干挂石材施工工艺现场施工工艺简单快捷，能加快施工速度，对应赶工期非常有利，且减少工人的现场劳动强度。
- 3) 背栓干挂石材施工工艺每块直接独立受力，这样受力合理，避免了石材重量的叠加，有利用石材的施工质量和安全安装。
- 4) 背栓干挂石材施工工艺因构件可以调节石材缝隙，所以比传统干挂石材更能有效的控制石材缝隙的大小，能很好的满足设计师的设计要求。
- 5) 背栓干挂石材可以每一块独立拆卸。

可丽耐人造石是人工合成的材料，板块在物理稳定性方面不如天然石材，会因为温度、湿度、受力的变化产生一定的形变，从而导致板块接缝出现高低差。为此，通过与施工方案沟通在石材安装前需要用4#角钢做加强筋（如图所示），对人造石进行整体加强，防止人造石发现变形。



## 2、施工工艺流程



## 3、主要施工工艺

- 1) 测量放线——准确的测量放线是保障安装质量的前提。
  - a. 依照轴线对结构工程进行复核，并将各结构构件之间的实际间距标注在施工图上；计算实际距离与原图示距离的误差，并分别不同情况消化结构误差，总原则是保证装修和安装精度的部
  - b. 位的尺寸，将误差消化在精度要求较低的部位；关键的墙、地面转折线一定要保障。在高度方向上，应保证吊顶上的净高度要求和吊顶上管道、设备的最小安装高，同时兼顾地面平整和管道、设备；
  - c. 根据调整后的轴线及各层标高放出各层轴线十字基准线及楼面建筑标以上 100cm（装饰施工常规水平线）的基

准线。

d. 根据以上基准线放出石材墙面完成面线；放出各功能区域的实际标高线；按照立面图的分格及造型，根据施工立面的实际尺寸定位放线；主要骨架的位置以粉线弹到墙面基层上，通过放线，保证骨架施工的准确性。

2) 钢架安装——关键是平整度、垂直度符合规范要求，保证链接牢固可靠。

a. 根据放线确定钢骨架位置后首先施工连接件。连接件分二种类型混凝土基层直接采用  $250 \times 250 \times 5@1200$  镀锌预埋板以  $\phi 12$  的膨胀螺栓固定于墙面上；砌筑墙体需采用穿墙螺栓固定预埋板，竖向骨架在结构地面及顶板需同样需固定预埋板。

b. 焊接竖向龙，焊接前需复核预埋板和完成面线。根据完成面线同墙的距离适当设置 10# 槽钢挑件，10# 槽钢龙骨按设计要求结合现场实际焊接于预埋板和挑件上。

c. 经检查竖向主龙骨平整度及间距符合要求，横向 L50 角钢焊接于竖向槽钢上，安装前角钢需根据石材排版钻孔。

d. 质量要求。a、严格按图施工，做到无图纸或图纸不符合要求不施工；b、主龙骨安装垂直度偏差不大于 3mm；完成面前后偏差不大于 2mm；左右偏差不大于 3mm。c、相邻两根横梁的水平标高偏差不大于 1mm；d、螺栓连接的结合面必须加垫片，保证连接牢固可靠，并可进行相关的抗荷载试验。

3) 隐蔽验收。当钢架焊接完毕要做好质量及隐蔽验收记录，确保钢架验收合格，石材墙面背后各种隐蔽分项施工完毕，经现场监理验收合格签字后进行石材安装。

4) 石材排版及加工，根据图纸和现场放线，石材排版和钢架焊接需同步进行，这样可以有效的缩短工期。石材排版完毕经设计确认后交厂家生产。

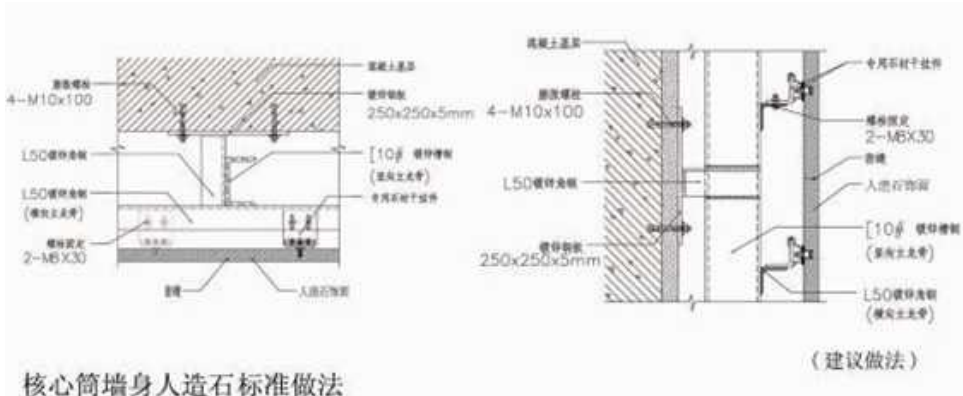
5) 石材安装。

a. 验收石材：验收石材要专人负责管理，要按设计要求认真检查石材规格、型号是否正确，与料单是否相符，加工质量能否到达设计和国家规范要求。

b. 验收钢架，根据设计和装饰验收规范复核龙骨是否合格。

c. 石材安装：a、首先在墙面最下排板材安装位置的上下口拉两条水平控制线，板材安装依据墙面从中间或墙面阳角开始就位安装。安装好第一块作为基准，其平整度以事先设置的灰拼为依据，用线垂吊直，经校准后加以固定。b、安装时，先将挂件利用锚栓固定在石材背面已钻好的锚栓孔上，再将整块石材板通过铝合金挂件挂入横梁的卡扣上，简单固定铝合金挂件后，进行石材平整度的调整。石材的调节利用铝合金挂件的调节螺栓进行调节。当整体石材板块的垂直度及外侧面的直线度满足要求后拧紧调节螺栓固定铝合金挂件于横梁上。c、石材安装固定部位宜先行暂固定，待一个饰面调平后，再行最终固定。d、第一排安装完毕，依次安装上面一排。

d. 石材安装完成后，即可安排石材表面修补及勾缝或大脚处理。（需根据设计要求处理石材缝隙）



6) 成品保护

a. 科学的安排施工顺序，对水、点、暖、通风、设备安装等施工应提前做好，以防止损坏、污染外挂石材饰面板；

b. 在拆架子或上料时，严禁碰撞干挂石材饰面；

c. 饰面完活后，易破损部分的棱角处要用木板做成护角保护，其它配合工种操作时，严防划伤漆面的碰石板；已完工的外挂石材饰面，应派专人看管，以防有在饰面板上乱写乱画等危害成品的行为。

7) 质量标准

a. 主控项目

a) 石材墙面工程所用材料的品种、规格、性能和等级，应符合设计要求及国家现行产品标准和工程技术规范的规定

b) 石材墙面的造型、立面分格、颜色、光泽、花纹和图案应符合要求；

c) 石材孔、槽的数量、深度、位置、尺寸应符合设计要求；

d) 墙角的连接节点应符合设计要求和技术标准的规定。

b. 一般项目

a) 石材墙面表面应平整、洁净，无污染、缺损和裂纹。颜色和花纹应协调一致，无明显色差，无明显修痕；

b) 石材接缝应横平竖直、宽窄均匀；阴阳角石板压向应正确，板边合缝应顺直；凹凸线出墙厚度应一致，上下口应平直；石材面板上洞口、槽边应套割吻合，边缘应整齐；

c) 石材饰面板安装的允许偏差应符合《建筑装饰装修工程质量验收规范》表的规定。

## 五、监理在质量进度把控过程中的关键点

### 1、原材料质量的把控

进口人造石板材在加工之前必须要求厂家提供报关单、商检证明、检验报告、原厂供货证明等文件，批次、数量、规格必须能对应上。

金箔除了常规的验收资料以外必须提供专业珠宝机构提供的金箔纯度检测报告。

比照设计师签字认可的材料样板，查看材料的颜色、外观品质是否完全吻合。

### 2、工厂加工质量的把控

应要求工厂在金箔施工完成后，找一宽阔场地将加工好的人造石按排版图摆放好，通知业主监理方到工厂进行发货前预验收，主要关注以下几个方面：

A、板块的尺寸加工偏差验收，要求对角线偏差小于 1mm，长度宽度偏差小于 1mm。

B、板块的细部观感质量验收，包括人造石的表面的打磨应均匀统一，人造石的雕刻凹槽应光滑平顺且间距大小一致，人造石应无划痕毛边等明显瑕疵，金箔表面颜色一致，无流坠、起鼓、开裂等瑕疵。

C、板块的整体观感质量验收，在板块在地面预拼接摆放完成后设置一高台，登高俯瞰板块的整体观感质量是否合格，主要包括上下板块的雕刻凹槽是否等完全吻合，山水画图案在接缝处是否流畅，板块整体有无明显色差。

### 3、现场安装质量的把控

A、钢骨架焊接质量的把控，包括钢架的材料品种间距与设计图纸相符、钢架的焊接尺寸精度满足干挂石材要求、钢架的焊缝质量满足要求、钢架的防锈处理满足设计说明和规范的要求。

B、石材的安装质量把控，包括人造石的背栓数量及加强筋布置与图纸相符，安装后人造石的接缝均匀大小一致，板块接缝处的表面高低差小于 0.5mm，阴阳角的拼缝和压边关系符合设计要求。

## [参考文献]

---

[1] 黎思琪. 浅谈实体面材可丽耐在建筑表皮中的应用 [J]. 中华民居 (下旬刊), 2012(6).

# 南京地区白蚁对园林景观的危害及其防治

王晓文

南京市古林公园管理处, 江苏 南京 210013

DOI:10.33142/ec.vli1.35

**[摘要]** 白蚁对园林植物的危害呈日趋严重的趋势, 其危害会导致园林树木生长不良、甚至死亡, 从而影响景观效果, 并造成相当的经济损失。本文总结了园林中产生白蚁危害的原因、南京地区主要为害的园林植物的种类、主要为害的白蚁种类、危害状况、危害方式, 白蚁防治方法、注意事项, 并提出了未来白蚁防治技术的改进方向, 为南京地区的白蚁防治工作提供了技术参考。

**[关键词]** 白蚁; 南京; 园林植物; 危害; 防治; 注意事项

白蚁 (termite, white ant), 亦称虫尉属节肢动物门, 昆虫纲, 蜚蠊目。白蚁体软而小, 通常长而圆, 白色、淡黄色, 赤褐色直至黑褐色; 头前口式或下口式, 能自由活动。触角念珠状, 腹基粗壮, 前后翅等长。白蚁是一种多形态、群居性而又有严格分工的昆虫, 通常由工蚁 (或拟工蚁)、兵蚁和繁殖蚁组成。繁殖蚁的蚁后由于生殖腺的发达, 腹部极度膨大, 整个体长可达 60-70 毫米, 有的种类的蚁后甚至可超过 100 毫米。

白蚁分布于热带和亚热带地区, 以木材或纤维素为食。全世界已知白蚁有 2000 多种。我国目前发现达 300 余种, 分布范围很广。除黑龙江、吉林、内蒙古、宁夏、青海和新疆尚未发现外, 其余各省区都有分布和为害。我国长江以南危害的白蚁种类多, 密度大, 能蛀食多种大田作物、经济作物、林木、果树和种苗。

由于城市长期对建筑物、构筑物进行白蚁危害的治理及预防, 城市里的白蚁近十几年来有逐渐向绿地植物转移并呈危害日趋严重的趋势, 逐渐导致园林树木生长不良、甚至死亡, 从而影响景观效果, 并造成相当的经济损失。

## 一、白蚁的习性

(一) 群栖性: 白蚁是一种营巢穴生活的昆虫, 把巢当作大本营, 外出即返。除蚁群中的蚁王、蚁后长住在王宫外, 其他白蚁在外活动时间最长一般为四至七天时间。

(二) 趋暗性: 白蚁畏光趋向于阴暗, 外出采食吸水, 均由地下或者木材内部穿掘隧道而进行。即使离开现取食点到另一处取食, 也要事先筑好泥管式或泥被式的通道, 保持与外部光亮隔绝。

(三) 趋湿性: 白蚁必须生活在有水的地方, 但白蚁喜潮湿又怕水淹。

(四) 整洁性: 白蚁有一种整洁特性, 白蚁群个体间相遇时互相清洁, 互相舐吮, 而且又互相喂食, 彼此还吞食同类的尸体, 及时搬走粪便和脱皮等排泄物。

(五) 趋温性

白蚁和其他昆虫一样, 也是变温动物, 喜温性昆虫, 气温的高低是影响白蚁分布的主要因素; 不同种类的白蚁对温度要求也有显著差别。如黑胸散白蚁能生活在北方各省。

(六) 敏感性: 对外界干扰反应十分敏感。

(七) 嗜好性: 白蚁食谱中, 纤维素占了很大的比重。

(八) 分群性: 白蚁的传播, 主要靠羽化分群。

## 二、南京地区气候特征

南京地区属北亚热带湿润气候, 四季分明, 雨水充沛。常年平均降雨 117 天, 平均降雨量 1106.5 毫米, 相对湿度 76%, 无霜期 237 天。年平均温度 15.4° C, 年极端气温最高 39.7° C, 最低 -13.1° C。

| 南京基本气候情况 (据1971-2000年资料统计) |       |       |      |      |       |       |       |       |      |      |      |       |
|----------------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
|                            | 1月    | 2月    | 3月   | 4月   | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月   | 10月  | 11月  | 12月   |
| 平均温度(°C)                   | 2.4   | 4.2   | 8.7  | 15.2 | 20.5  | 24.4  | 27.8  | 27.4  | 22.8 | 17.1 | 10.4 | 4.5   |
| 平均最高温度(°C)                 | 7.0   | 8.8   | 13.3 | 20.3 | 25.6  | 28.7  | 31.9  | 31.7  | 27.3 | 22.2 | 15.9 | 10.0  |
| 极端最高温度(°C)                 | 21.0  | 26.4  | 29.5 | 33.3 | 35.7  | 37.9  | 39.7  | 38.2  | 37.6 | 32.7 | 28.6 | 21.9  |
| 平均最低温度(°C)                 | -1.2  | 0.6   | 4.7  | 10.6 | 15.9  | 20.7  | 24.5  | 24.2  | 19.3 | 12.9 | 6.1  | 0.4   |
| 极端最低温度(°C)                 | -13.1 | -10.6 | -5.0 | 0.0  | 7.0   | 12.7  | 16.8  | 17.2  | 7.7  | 0.6  | -6.3 | -13.1 |
| 平均降水量(毫米)                  | 37.4  | 47.1  | 81.8 | 73.4 | 102.1 | 193.4 | 185.5 | 129.2 | 72.1 | 65.1 | 50.8 | 24.4  |
| 降水天数(日)                    | 8.1   | 9.1   | 12.1 | 10.4 | 10.4  | 11.3  | 12.4  | 11.3  | 8.9  | 8.2  | 7.4  | 5.7   |
| 平均风速(米/秒)                  | 2.3   | 2.6   | 2.9  | 2.7  | 2.6   | 2.6   | 2.5   | 2.6   | 2.3  | 2.1  | 2.2  | 2.2   |

由于南京的温度、湿度等气候条件十分适宜白蚁的生长、生活、繁殖，因而遭受白蚁的危害较为严重。

### 三、园林白蚁危害因素分析及南京地区白蚁主要为害的植物种类：

#### （一）白蚁对园林树木产生危害的因素

1、地形地势，园林植物栽植讲究空间布局，地势要求有高有低，地形要求有开有合，而白蚁喜潮湿又怕水淹，因此处于坡地、山岗及道路两旁的园林树木（尤其是古树名木）易生蚁患。南京市山林公园：古林公园、清凉山公园、国防园、燕子矶公园、栖霞山内的白蚁危害就较严重。

2、由于园林养护的需要，人为用水（主要是灌溉），为白蚁生存提供了必要的湿度，使白蚁可以维持生理用水。

3、园林植物种类丰富，但同时为追求景观效果，同一片区的种类又相对单一，比如：南京的梅花山，古林公园的梅岭，南京溧水傅家边栽植的植物就以梅花为主，占85%以上，这就为白蚁提供了丰富的食源且又距离巢穴很近，使其获取食物容易。

4、城市道路两旁的绿化大部分都有夜景工程，公园里也都有路灯，因繁殖蚁具有趋光性的特点，灯光极易引来分飞的繁殖蚁，从而导致园林植物易被为害。

（二）南京是历史文化名城，六朝古都，2018年南京建成区绿地率将达到40.75%，建成区绿化覆盖率将达到44.85%，人均公园绿地面积将达到15.5平方米，公园绿地服务半径覆盖率达90%以上。经观察，南京地区白蚁为害的园林植物以乔灌木及古树名木为主，主要品种有：香樟、柳树、麻栎、板栗、梅花、紫叶李、樱花等。

#### 四、白蚁对园林景观的危害状况

经白蚁危害的树木（1）在树干外有明显泥被，严重影响树木的观赏价值。（2）由于树木被蛀空，导致树木易折断、倒伏，由此产生安全隐患并造成一定的经济损失。（3）由于古树名木生长势弱，极易被白蚁危害而造成死亡，需要一定的经费来进行治理，其死亡造成知名景观缺失。

#### 五、白蚁对园林植物的危害方式

白蚁主要通过修筑泥被泥线，将树杆用泥土包裹，然后取食树皮甚至心材。

（1）破坏了植物的韧皮部：造成环蚀，由此，树木的根系因得不到养分的供给而死亡。

（2）破坏了植物木质部：阻断水分和无机盐向树叶运输，从而使叶片的光合作用受到影响，导致植物生长缓慢。

（3）破坏了植物木纤维和韧皮纤维，影响树杆的强度，在恶劣天气下使树杆容易折断。

#### 六、白蚁种类不同,对树木的危害情况也不一样，南京地区主要为害园林植物的白蚁种类及其习性如下

A. 黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* (Shiraki)，白蚁科土白蚁属。其本身含水量就达79%。这属白蚁能构筑大型复杂的地下蚁巢，群体庞大。黑翅土白蚁对树木的危害以树皮为主，分泌蚁酸到树皮内，破坏筛管和导管，使水分和营养不能上下流通，从而抑制树木的光合作用，直到树木慢慢枯黄直至死。黑翅土白蚁幼年巢发展到成年巢，必须经过五年以上的发展过程，才能形成成熟巢，出现有翅成虫分化现象，其一般多在4-7月雷雨中或大雨后的傍晚时分飞。

B. 黄胸散白蚁 *Reticulitermes speratus* (Kolbe)：群体小而散，故叫散白蚁，危害大，治理难，黄胸散白蚁有翅成虫通常在每年10月羽化，次年2-4月分飞，土木两栖。

C. 台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus* Shiraki：具有很强的扩散和适应能力，巢群庞大，典型的土木两栖白蚁，台湾乳白蚁以蛀食木质部为主，啃食得像丝瓜壳一样，所以在树木表面发现蚁害比较少，但实际对树木的危害却很大，还常在一些树干中或根部筑巢，其多在5-7月雷雨中或大雨后的傍晚时分飞。

#### 七、园林植物的白蚁防治措施及注意事项

（一）增强生态观念，加强检验检疫，不要把带白蚁群体的木构件或者树木引入，从而导致白蚁为害及危害的蔓延。

（二）对暂时无白蚁危害的树木，应以预防为主，定期检查，修剪断枝、枯枝，避免机械损伤树木。伤口是白蚁主要的入侵口，因此在修枝，整形等操作中，避免造成大的伤口；已形成的伤口，应及时涂刷糊涂等伤口涂抹剂进行防护。

（三）及时挖除树根，并对根穴及周边地区喷洒白蚁净及填埋地虫净等药物进行处理。

（四）清理周边的枯枝、落叶，尽量减少白蚁源，降低白蚁危害的可能性。

（五）对于有白蚁危害的树木要及时、适时地开展治理：

##### 1、主要措施有：

##### A. 药物喷杀

（1）当白蚁群体发育成熟后会产生相当数量的有翅繁殖蚁并于适当的季节和时间分飞而出形成新的群体，因此当白蚁大量分飞时用杀虫剂喷杀具有一定的效果。（2）发现泥被时刮除泥被，对树木周围的土壤、树干，自地面往上尽量高处及周边树木喷洒白蚁净，并于7天左右复药，复药2次后，注意观察有无白蚁继续为害。（3）苗圃地，土壤处理厚度约与幼苗根系的深度相当。

本方法对白蚁害区域的专业灭治和处理可以达到良好的效果，使白蚁的活动密度大幅度降低，并控制在可控范畴内，从而降低白蚁对周围行道树木、花草等植被生物的迫害；另外，就破巢法与诱杀法而言，实用性也很高，成本也相对较低，且利于该区域公共环境的保护。

B. 灯光诱杀：白蚁具有趋光性，于白蚁分飞季节，在白蚁分飞明显地区使用诱虫灯诱杀。此法简便、环保。

C. 破巢灭蚁：系依据白蚁危害痕迹，采用挖巢活捉蚁后、蚁王，使其无法繁殖白蚁的方式。一般于不影响景观处采用此种方法。由于蚁巢被破坏时，会导致大量的白蚁扩散游离，从而容易导致这些白蚁形成新的群落组织，使白蚁

防治的隐患性增加。因此，在利用破巢法剿灭白蚁时，应当掌握以下几点：（1）挖巢时，应尽量控制在冬季白蚁集中在巢穴时进行。（2）由于白蚁的敏感性，其对外界干扰反应十分敏感。因此动作要快，尽量不要惊动太多数量的白蚁（3）挖完后对巢及周边喷洒白蚁净进行处理。通过这种方法降低白蚁分散产生新群落的隐患。

D. 埋药诱杀：此法主要根据白蚁喜食纤维素等的生活习性进行，用其喜食的东西来诱杀白蚁。不同的白蚁其筑巢地点，取食习性也不同，如家白蚁喜欢松花粉、松木片等；栖白蚁喜欢甜味易分解的食材，如芦苇秆、蕨类植被等。乳白蚁的毒饵筒，放置在其可能活动至的地方，可以是地面，可以悬挂于树干上，也可埋入土里。但对黑翅土白蚁需进行挖坑诱杀，毒饵放入坑中并用沙土封闭。一般7天左右白蚁即来采食。此法通过白蚁互相喂食的特点进行迅速传播，7天左右可致整巢白蚁相继中毒，20天左右相继死亡。此方法非常奏效并简易，目前广泛使用。

2、治理中的注意事项

A. 破巢灭蚁时，（1）要加强安全防护，坑边要有警示，挖完后要及时回填踏实。（2）对被损坏的构筑物及时进行填补与修复。

B. 药物喷杀时，由于味道比较刺鼻，注意做好宣传，并尽量在不影响药物效果的情况下选择人少时喷洒。

结语

白蚁对园林植物的危害性极大，为维护园林景观效果（1）需要对危害园林植物的白蚁种类的生活习性加强研究，坚持防治结合、综合治理的方针，保障园林景观效果。

（2）加强对白蚁防治药物的研究，生产出高效低毒的白蚁防治药物及诱杀剂。

（3）设计中在追求景观效果的同时尽量避免在坡地使用白蚁易危害的树种、在栽植、养护过程中注意栽植不宜过密，及时移栽，修剪，以保障树木透光通风。

[参考文献]

- 
- [1] 广东省昆虫研究所. 白蚁及其防治 [M]. 科学出版社, 1979.
- [2] 上海市松江区园林管理署. 园林树木白蚁虫害的防治 [J]. 国土绿化, 2009(8): 49. [3] 曹莉, 赵瑞华, 陈镜华, 等. 白蚁防治技术 [J]. 昆虫知识, 2007(3): 342-347.
- [3] 李桂祥, 戴自荣, 李栋. 中国白蚁与防治方法 [M]. 科学出版社, 1989.
- [4] 疏义恒, 杨光荣. 园林树木白蚁的生物学特性及防治技术 [J]. 安徽农学通报, 2009, 15(15): 109-110, 168.
- [5] 彭敏, 钟平生, 冉梦莲, 等. 惠州园林树木害虫的危害特点与防治对策 [J]. 江西农业学报, 2007(11): 27-30.
- [6] 林树青. 中国白蚁防治专业培训教材 [M]. 科学出版社, 1994.
- [7] 王建国, 庞正平. 中国白蚁防治研究及其应用 - 高道蓉论文选集 [M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2016.
- [8] 宁瑞清. 城市绿地植物病害及防治 [M]. 中国林业出版社, 2001.



## ABOUT US

Viser Technology Ptd Ltd was founded in Singapore in October 2018 with a global focus on research and development (R&D) of plagiarism detection technology. Despite being a young company, Viser has a group of development experts that utilise state-of-the-art technologies, such as big data analysis and fragmentation, that ensure higher accuracy in results. Parallel to the continuous development of the plagiarism detection technology, Viser also runs a scholarly database of publications which indexes a substantial amount of articles and journals that covering a wide range of research subjects. Viser is committed to reducing the hassles of scholarly publishing and giving the scholars a peace of mind. To achieve this goal, Viser also offers the scholars various academic journals that are integrated with our plagiarism detection feature to ease their process of publishing their latest findings. Viser aims to provide scholars an all-in-one platform that offers solutions to every publishing process that a scholar need to go through to show their latest finding to the world.

