

## 高压旋喷注浆在治理立井表土松散地层中的应用

李宣立

中煤第五建设有限公司第三工程处, 江苏 徐州 221000

[摘要] 姑山铁矿主井井口上部为表面回填, 含碎石、沙土, 成松散地层, 密实度较差, 渗水性强。针对这种地层, 通过高压旋喷止水加固, 实现了对松散地层的固结和防渗处理, 保证了立井井筒表土段施工质量及安全。

[关键词] 松散地层; 高压旋喷; 固结; 防渗; 安全施工

DOI: 10.33142/ec.v4i9.4464

中图分类号: TD262

文献标识码: A

### Application of High Pressure Jet Grouting in Controlling Loose Stratum of Shaft Topsoil

LI Xuanli

The Third Engineering Office of China Coal Fifth Construction Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

**Abstract:** The upper part of the wellhead of the main shaft of Gushan Iron Mine is backfilled on the surface, containing gravel and sandy soil, forming a loose stratum with poor compactness and strong water permeability. For this kind of stratum, the consolidation and anti-seepage treatment of loose stratum are realized through high pressure rotary jet water sealing reinforcement, which ensures the construction quality and safety of the topsoil section of the shaft.

**Keywords:** loose stratum; high pressure rotary jet; consolidation; impervious; safe construction

#### 引言

高压旋喷注浆法, 又称“旋喷法”, 该方法是利用专业钻机钻孔, 把带有喷嘴的注浆管下至预加固土层的深度后, 在地面用高压设备使浆液转换成高压射流, 从喷嘴中喷射出来冲击破坏土体, 使其与浆液搅拌混合, 浆液凝固后, 在土中形成一个固结体与桩间土一起构成复合地基, 从而提高地基承载力, 达到地基加固的目的。

#### 1 工程概况

姑山铁矿露天转地下建设项目主井井筒净直径 $\Phi 5.0\text{m}$ , 井口标高+10.5m, 井底标高-385.00m, 井深395.5m。

主井井口上部+10.5m~-24.2m水平(0m~34.7m): 该段为表土黏土层、黏土+碎石层混层, 土体呈松散状, 密实度低, 分布大量孔隙、裂隙, 强度低, 属于弱含水层, 透水性弱, 在地面工程扰动条件下容易发生沉降。为防止因地面渗水、地下水及地面基础扰动引起的井筒渗水和井口基础不均匀沉降等灾害发生, 需要对表土层进行加固, 增强表土层的抗渗、抗剪切强度, 为此对表土段进行高压旋喷止水加固。

#### 2 施工方案

加固段为+10.5m~-24.2m水平, 为增强表土层底部边界与下部岩层强度的连续性, 注浆加固深度延长至40m。采用三重管旋喷预注浆方式, 加固直径可达到0.8m~1.0m。在井筒荒径外0.6m布置第一排高喷桩钻孔, 间排距为0.9m $\times$ 1.2m, 共布置四排, 成梅花孔, 保证最终形成厚度为4.0m左右的高喷止水帷幕。高喷帷幕钻孔具体布置参数如图1所示。

#### 3 施工工艺

为保证形成连续的止水帷幕, 高压喷射灌浆施工各个环节需密切合作。根据止水要求, 共设置四排高喷桩, 由里向外依次为I、II、III、IV, 为便于施工设计, 每排高喷桩按顺时针进行连续编号, 如图1所示。为避免高喷桩之间的相互影响, 每一排高喷桩分两个工序进行施工。将奇数孔(I-1、I-3、I-5、I-7、I-9...)作为第一序钻孔, 偶数孔(I-2、I-4、I-6、I-8...)作为第二序钻孔, 待第一序钻孔施工完毕之后, 再进行第二序钻孔的施工。第I排孔施工完毕之后, 再进行下一排孔的高喷作业。每排的施工顺序为I、III、II、IV。

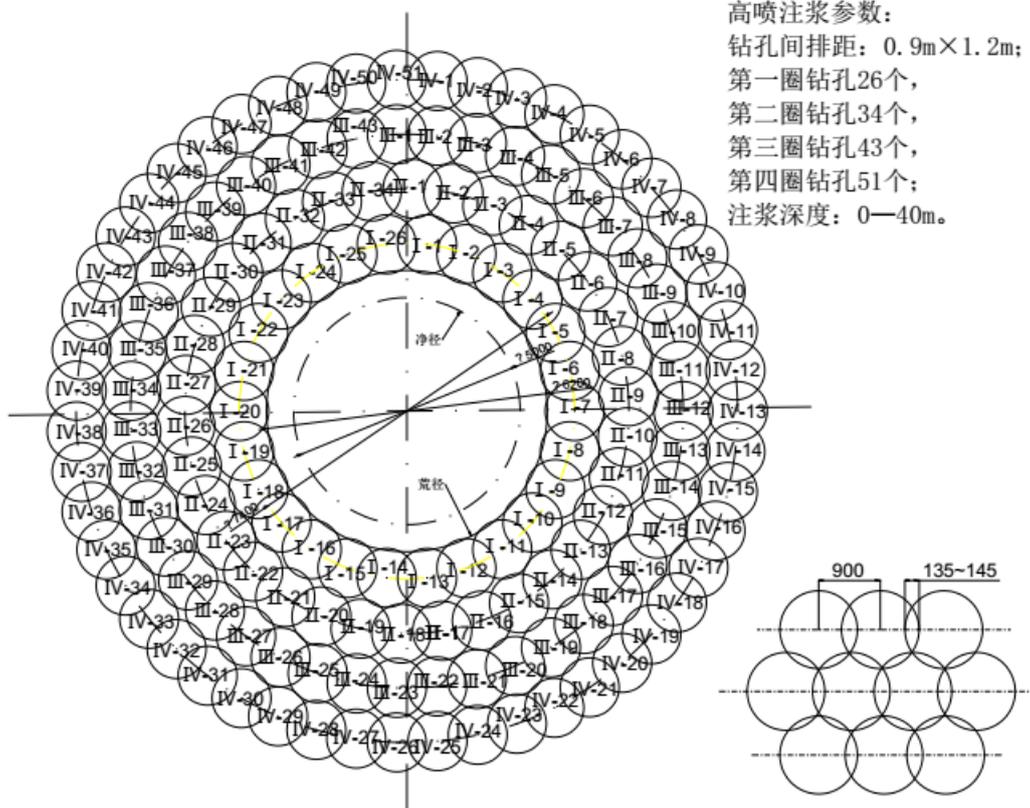


图1 高喷帷幕钻孔布置示意图

#### 4 高喷钻孔参数

##### (1) 注浆孔数确定

$$N = \frac{\pi(D_1 + 2A)}{L}, \quad A = \frac{D_2 - D_1}{2}$$

式中：N是注浆孔数， $D_1$ 是井筒荒径， $D_2$ 是布孔圈直径，A是井筒荒径至布孔圈距离，L是注浆孔间距。

设计高喷注浆孔的间排距为0.9m×1.2m，加固范围为荒径外4m左右，A取0.6m，根据上式可以确定每一圈钻孔数及钻孔排数。钻孔参数见表1。

表1 高喷桩布置参数

加固圈层序	孔深/m	间排距/m	钻孔加固范围/m	钻孔个数
1	40	0.9×1.2	1.1	26
2	40	0.9×1.2	2.3	34
3	40	0.9×1.2	3.5	43
4	40	0.9×1.2	4.5	51

##### (2) 高喷注浆压力的确定

三管旋喷法通过钻孔同时注入三种介质，分别为水、浆液和空气，以增加高喷浆液扩散半径。具体参数参照表2。

表 2 高喷灌浆施工技术参数

高压水	压力 (Mpa)	34~38
	流量 (L/min)	60~80
	喷嘴个数、孔径	2×φ1.8mm
压缩空气	压力 (Mpa)	0.6~0.8
	流量 (m <sup>3</sup> /min)	0.8~1.2
水泥浆	压力 (Mpa)	0.2~1.0
	流量 (L/min)	55~70
喷浆管提升速度 (cm·min)		8~15
喷浆管旋转速度 (r/min)		8~14

## 5 防渗墙施工

### 5.1 高喷防渗墙结构

根据设计技术要求及本工程地质特点,采用三管法高压旋喷灌浆工艺,连接形式为旋喷搭接,搭接长度不小于 10cm。高喷墙性能指标为:墙体最小厚度不小于 90cm,渗透系数: $k \leq i \times 10^{-5} \text{cm/s}$  ( $i$  取值范围为 1~9)。

### 5.2 施工工艺流程图

高喷灌浆防渗墙施工工艺流程见图 2。

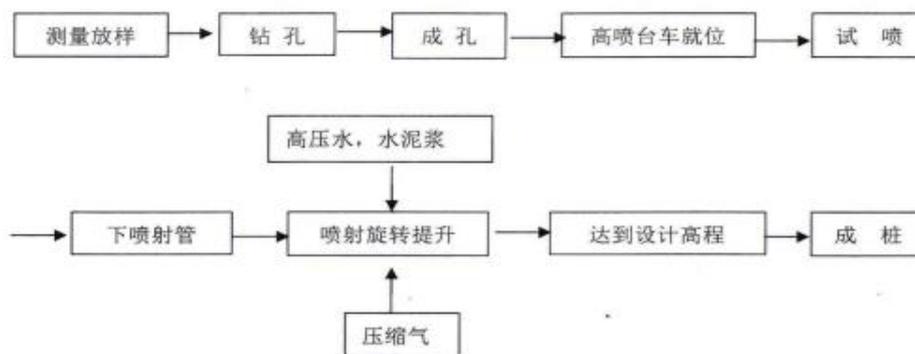


图 2 施工工艺流程图

施工程序为:分两序施工,先施工 I 序孔,后施工 II 序孔, I 序孔与 II 序孔的间隔时间不少于 48h。施工示意图如图 3。

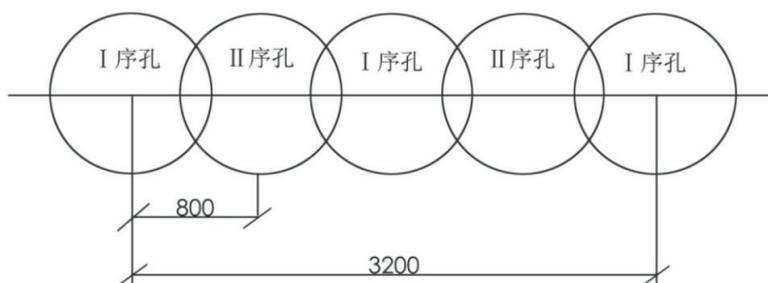


图 3 施工示意图

### 5.3 各工序施工

(1) 测量定位、复核:由专业测量人员,按照方案设计孔数及位置,以井筒为中心进行孔位放定,并用木桩或其他方式标定,钻孔的位置与设计偏差不得大于 50mm,钻杆轴线应垂直对准钻孔中心。施工中应设固定桩,同时在轴线

5~10m 范围设控制桩。孔位确定后，还应有专业技术人员进行复核，避免错误。

(2) 钻孔：施工前先进行场地平整，挖好排浆沟，做好钻机定位。要求钻机安放保持水平，钻杆保持垂直，其倾斜度不得大于 1.5%。钻机成孔直径 130mm，深度以设计加固土层标高为准。钻进过程中，专业技术人员跟班指导，及时记录钻进地层情况，并详细记录。如遇异常情况立即停止钻进，查明原因并采取措施后方可钻进。

(3) 下注浆管：成孔后，检查钻孔质量，符合要求后将注浆管下至设计深度。

(4) 喷射注浆作业：将注浆管贯入到预定深度后，即可自下而上进行喷射作业。施工过程中，必须时刻注意浆液初凝时间、注浆流量、风量、压力、旋转提升速度等参数是否符合设计要求，并随时作好记录。

(5) 冲洗器具：喷射作业完成后将注浆泵的吸水管移到水箱内，在地面上喷射，以便把泥浆泵、注浆管和软管内的浆液全部排除，防止残存的水泥浆将管路堵塞。

(6) 回填注浆：喷射注浆完成后，由于浆液的析水作用，一般固结体均有不同程度的收缩，使固结体顶部出现一个凹穴，容易造成加固地基与建筑基础结合不紧密或脱空现象。为防止这种现象的出现，可采取回灌冒浆或用水灰比为 0.6 的水泥浆补灌。

高喷作业结束后，待加固体固结以后，在井筒直径外 2~3m 位置对称布置两个检查钻孔，钻孔深度超过高喷桩深度 5.0m，根据岩芯判断高喷质量；同时，对钻孔进行压水试验，检查高喷帷幕堵水效果，如果达不到渗透性要求，需补打高喷桩。

#### 5.4 特殊情况处理

(1) 钻孔过程中，根据钻进情况选用合适钻头，为高喷成墙创造良好的基础。

(2) 高喷施工过程中，当孔口冒浆超过注浆量的 20%或完全不冒浆时，需查明原因并采取相应的处理措施；冒浆量太大，可采取提高喷射压力、适当加快提升和旋转速度等措施；孔口完全不冒浆则采取掺加速凝剂、抛填级配料等措施，待冒浆正常后恢复喷射提升。

(3) 高喷施工中，遇喷浆孔与钻孔串浆时，必须及时采取相应措施进行处理。串浆孔应随机安排喷浆作业，如果坍塌时，应用钻机重新钻孔。

(4) 在钻孔过程中，如发现部分地层不含砾石时在高喷时可适当加快提升速度。

### 6 施工设备

根据工程量和施工进度计划，拟组织 1 套高喷设备，按“两钻一喷”配置，及时展开施工，24 小时连续工作，平均每套设备每天完成 120m（包括台车移位等辅助时间），计划工期 60 天（除不可抗拒原因除外）。主要施工机械设备见表 3。

表 3 主要施工机械设备

序号	设备名称	规格型号	单位	数量	功率	备注
1	高喷台车	GP-5	台	1	15KW	
2	钻机	XY-2	台	2	22KW×2	
3	高压泥浆泵	PP-120	台	1	90KW	
4	空压机	YV-6/8	台	1	37KW	螺杆
5	水泥搅灌机	WJG-80	台	1	4KW	
6	低速搅拌机	500L	台	1	4KW	
7	灌浆泵	HB-80	台	2	4KW×2	
8	潜孔钻机	ZG-430	台	1	110KW	根据工作情况配潜孔钻机
9	空压机	KS-21/17	台	1	150KW	
10	电焊机	17KVA	台	1		

### 7 安全保证措施

#### 7.1 施工安全措施

(1) 施工前先全面检查机械各个部分及润滑情况，发现问题及时解决。钻机设备应由专人操作，并持证上岗。

- (2) 现场操作人员要戴安全帽, 配备配齐劳保用品。
- (3) 夜间施工, 设足够的照明设施。
- (4) 施工机械设备, 要保持设备完好率, 并有专业人员保养、维修, 各种设备的传动部分都要安设防护装置。
- (5) 施工现场临时用电严格执行《施工现场临时用电安全技术规范》的规定。临时用电线路的安装、维修和拆除, 均应由持上岗证的电工完成。临时用电必须建立对现场的线路、设施的定期检查制度, 并将检查检验记录存档备查。
- (6) 施工现场应设置消防器材和设施, 并有专人管理, 不得埋压、圈占或挪作它用。

## 7.2 高喷注浆注意事项

- (1) 注浆设备及管路安装完毕后, 必须进行试运转, 注浆系统要满足最大注浆压力和流量的要求, 经试运转或耐压试验, 设备应无异常响声;
- (2) 在插管和喷射过程中, 要注意防止喷嘴被堵, 在拆卸和安装注浆管时动作要快, 水、汽、浆的压力和流量应符合设计值;
- (4) 喷射时, 要做好压力、流量和冒浆量的测量工作, 并按要求逐项记录;
- (5) 搅拌水泥时, 严格按设计规定的水灰比配制, 施工中采取措施防止水泥沉淀, 禁止使用过期和受潮的水泥;
- (6) 每次注浆结束后, 立即拔出注浆管, 压注清水, 使管、泵内不得有残存水泥浆。

## 8 结束语

通过对主井表土段进行高压旋喷止水加固, 实现了对松散地层的固结和防渗处理, 保证了井筒表土段施工质量及安全, 同时为下部井筒施工创造了安全条件。

### [参考文献]

- [1] 杨有章. 高压喷射注浆法(旋喷)地基加固施工[J]. 科学技术创新, 2013(9): 254-254.
- [2] 徐平, 张敏霞, 丁亚红. 高压旋喷注浆加固设计及应用[J]. 山西建筑, 2009, 35(13): 94-95.
- [3] 宋志彬, 张金昌, 冯起增, 等. 防渗加固高压旋喷注浆技术的研究与应用[J]. 探矿工程-岩土钻掘工程, 2003(6): 220-221.
- [4] 林其彬, 刘志浩, 高明军. 高压旋喷灌浆加固防渗墙及其检测新技术[J]. 施工技术, 2012(2): 298-300.
- [5] 徐锋. 高压旋喷桩止水帷幕施工质量控制探讨[J]. 中国水运, 2011(2): 14-15.

作者简介: 李宣立(1985.8-), 男, 毕业院校: 安徽理工大学; 现就职单位: 江苏省徐州市中煤第五建设有限公司第三工程处。