

## 工业厂房深基坑工程施工风险控制研究

汲志高

中国五冶集团有限公司, 四川 成都 610066

**[摘要]**工业厂房深基坑工程具有开挖深度大、地质条件复杂、周边环境敏感等特点, 施工过程中面临边坡失稳、支护结构变形超限、地下水流失引发地面沉降等多重风险, 风险控制水平直接关系工程安全与施工进度。文中从深基坑工程风险控制的重要性出发, 系统分析了工业厂房深基坑施工中存在的前期勘察数据不充分、基坑支护方案针对性不足、施工过程监测管理不到位、安全管理制度落实不严等突出问题, 并针对性地提出了加强工程勘察与风险评估、优化基坑支护设计方案、强化地下水控制与降排水管理、完善施工监测与预警体系、加强施工安全管理与人员培训、建立健全应急响应机制等风险控制措施, 以为工业厂房深基坑工程施工风险防控提供参考。

**[关键词]**工业厂房; 深基坑工程; 施工风险; 风险控制; 基坑支护

DOI: 10.33142/ect.v4i6.19947

中图分类号: TU47

文献标识码: A

### Research on Construction Risk Control of Deep Excavation Engineering in Industrial Plants

Ji Zhigao

China MCC5 Group Corp. Ltd., Chengdu, Sichuan, 610066, China

**Abstract:** The deep foundation pit engineering of industrial plants has the characteristics of large excavation depth, complex geological conditions, and sensitive surrounding environment. During the construction process, it faces multiple risks such as slope instability, excessive deformation of support structures, and ground settlement caused by groundwater loss. The level of risk control directly affects the safety of the project and the construction progress. Starting from the importance of risk control in deep foundation pit engineering, this article systematically analyzes the prominent problems in the construction of industrial plant deep foundation pits, such as insufficient preliminary survey data, inadequate targeted foundation pit support schemes, inadequate monitoring and management of the construction process, and lax implementation of safety management systems. Targeted measures are proposed to strengthen engineering survey and risk assessment, optimize foundation pit support design schemes, enhance groundwater control and drainage management, improve construction monitoring and early warning systems, strengthen construction safety management and personnel training, and establish and improve emergency response mechanisms, in order to provide reference for risk prevention and control in industrial plant deep foundation pit engineering construction.

**Keywords:** industrial plant; deep foundation pit engineering; construction risk; risk control; foundation pit support

### 引言

随着我国工业化的不断推进, 工业厂房向大型化、多层次化方向发展, 深基坑工程的规模越来越大, 基坑开挖深度也屡创新高。深基坑施工由于地质情况复杂、周边环境敏感、施工工艺特殊等原因, 是安全事故多发的危大工程领域。工业厂房深基坑常常遭遇开挖深度大、地质状况差、周边生态复杂等诸多难题, 容易出现坑道坍塌、边坡变形失稳、机器损坏、电击等安全事故, 同时也会给周围建筑和地下管线造成损害。根据有关统计可知, 深基坑施工过程中存在诸多风险因素, 并且这些风险因素之间存在着复

杂的关联关系, 包含人员因素、物料因素、环境因素、管理因素和技术因素这五类共计 21 个安全风险因素, 安全系统的稳定性较低。因此, 对工业厂房深基坑工程施工风险进行系统识别, 并探究相应的风险控制措施, 对保证施工安全、减少安全事故的发生、促进工业厂房建设高质量发展有重大意义。

### 1 深基坑工程风险控制的重要性

深基坑工程风险控制包括勘察、设计、施工、监测全过程, 是保证工程安全、顺利进行的重要措施。工业厂房深基坑施工时间长、难度大、技术要求高, 受地质条件、

周边环境等不确定因素的影响较大, 容易造成基坑坍塌、周边房屋、道路沉降等安全事故。工业厂房建设时, 基坑开挖之后常常距离原有的建筑物以及交通道路较近, 受到工程所在地地质状况和土质状况的影响, 有些基坑在土方开挖和基础设施施工期间会出现边坡塌方、原有建筑物及道路开裂沉降等情况, 严重的话还会造成重大安全事故。深基坑(开挖深度 $\geq 5\text{m}$ 或者虽 $< 5\text{m}$ 但地质条件、周边环境复杂)属于基础施工中风险等级最高的作业之一, 有效开展风险控制不仅能保证基坑自身的安全稳定, 还能保护周边环境、降低经济损失、保障施工人员安全, 是工业厂房深基坑工程管理的主要任务。

## 2 工业厂房深基坑工程施工风险存在的问题

### 2.1 前期勘察数据不充分

地质勘察是深基坑工程设计的基础, 地质勘察数据是否完整、准确直接影响到之后风险控制的效果。但是目前工业厂房深基坑施工中前期勘察数据不足的情况比较普遍。部分项目的勘察点位布置不合理, 对场地土层分布、地下水赋存条件等重要信息的了解不全面, 造成设计方案同实际地质情况存在差异。由于工业厂房深基坑工程受地质条件复杂多变的影响, 勘察工作遇到钻探深度不够、取样代表性差等技术难题, 勘察报告不能全面准确地反映场地工程地质条件。勘察数据的不足会直接导致基坑支护方案的针对性差、施工风险预判不准, 施工过程中很容易出现超出现场地质情况的施工风险, 给基坑安全和施工进度带来很大影响。

### 2.2 基坑支护方案针对性不足

基坑支护方案的科学性、针对性直接影响到深基坑工程的安全施工。目前部分工业厂房深基坑工程的支护方案设计存在着很多不足。一方面设计阶段对于场地地质条件的差异性没有进行深入分析, 支护形式选择单一, 不能很好地考虑到软土、砂性土等特殊地层的施工特点; 另一方面一些施工单位在深基坑挖土设计时制定了严格的挖土程序来减少支护变形, 并且进行了图纸交底, 但是实际施工中却忽略了这些框框, 抢进度、图局部效益, 造成偷工减料和支护结构安全隐患<sup>[1]</sup>。另外, 工业厂房深基坑一般开挖深度大、平面形状不规则, 支护方案针对性设计不足, 深基坑支护结构变形超限(排桩偏移、土钉墙滑移)的风险也随之增加。支护方案针对性不强造成的隐患, 在施工过程中很难被及时发现并加以弥补, 很容易造成安全事故。

### 2.3 施工过程监测管理不到位

施工监测是掌握基坑动态变化、及时预警风险的重要

手段, 但是目前工业厂房深基坑工程的监测管理还存在很多薄弱环节。部分项目在基坑开挖时没有签订第三方监测单位合同, 没有第三方监测数据, 对基坑沉降、地面下沉等主要风险的掌控完全依靠经验判断, 缺少客观连续的变形数据支撑。有的施工单位自基坑开挖开始就未对支护结构的深层水平位移进行施工监测, 不符合相关技术规范的要求, 容易造成安全事故。基坑监测失效是造成深基坑事故频发的主要因素之一, 在没有有效的监测手段的情况下, 基坑支护结构的变形超限、支撑体系存在缺陷等状况不能被及时发现, 等到出现明显征兆的时候往往已经错过了最佳的补救时间。由于监测管理工作不到位, 本应该由预警来提前发现和处理的安全隐患最终酿成重大安全事故。

### 2.4 安全管理制度落实不严

安全管理制度有效落实是保证深基坑施工安全的组织保证, 但是现实生活中存在着制度落实不严的情况。部分施工单位没有按照专项方案组织施工, 没有按规定组织危大工程验收, 基坑局部出现不同程度裂缝后没有按方案采取加固应急措施。部分项目基坑临边没有设置可靠的围挡及防护, 基坑底部积水未及时排除, 局部围檩错位, 降低了基坑支护的抗变形能力。安全管理的“粗放式管控”存在风险盲区, 部分管理人员安全意识淡薄, 安全检查流于形式, 隐患整改没有形成闭环管理, 造成安全管理制度在实际施工过程中层层衰减, 不能起到应有的保障作用。这些制度落实层面的问题, 就成为深基坑施工风险的管理隐患。

## 3 工业厂房深基坑工程施工风险控制措施

### 3.1 加强工程勘察与风险评估

加强工程勘察和风险评估属于深基坑风险控制的第一步。勘察阶段应采用综合探测手段, 合理布置勘察点位, 保证勘察深度和范围满足设计要求, 全面准确地获取场地土层分布、地下水情况、不良地质作用等信息。对工业厂房深基坑要特别注意周边地下管线分布和既有建筑物基础情况, 把它们列入勘察成果。根据勘察数据, 按照“识别、评价、防控、应急”的全过程管理思路, 对深基坑施工过程中地质、环境、施工、管理这四个方面的风险源进行系统分析, 并且采用定性与定量相结合的方法来确定风险等级。风险评估要贯穿于工程的全部过程, 用层次分析法等手段来对各个施工阶段的风险要素展开动态评价, 从而给之后的支护设计, 施工安排以及监测计划赋予科学的支撑。

### 3.2 优化基坑支护设计方案

基坑支护方案的优化属于控制深基坑施工风险的主

要技术手段。设计阶段要根据地质勘察报告，重点考虑土层参数、地下水埋深和渗透性，改进支护方案，先选用复合支护形式。以某电厂工程为例，基坑开挖深度为 11.5~0.1m，施工单位初步提出了地下连续墙、网喷砼护顶+灌注桩+钢支撑四种支护方式，采用层次分析法从安全性、经济性、环保性、施工便捷性四个方面进行分析，得出最佳支护方案为网喷砼护顶+灌注桩+钢支撑。软土地区严禁采用单一种类的土钉墙支护，基坑开挖时必须坚持分层开挖、限时封闭的原则，每层开挖深度不超过 2m，在上层支护结构强度满足设计要求后再进行下层土方开挖<sup>[2]</sup>。设计方案优化要以对现场地质条件、施工条件准确把握为前提，用多方案比选、专家论证等方法保证支护方案安全可靠、经济可行。

### 3.3 强化地下水控制与降排水管理

地下水是影响深基坑施工安全的重要因素之一，地下水控制不当很容易造成坑壁坍塌、坑底隆起、周边沉降等严重后果。工业厂房深基坑水文地质条件一般比较复杂，地下水控制要采用综合治理的方法。基坑工程的地下水控制不仅仅是基坑降水，更多的是将降水、围护和回灌综合考虑设计，既要考虑基坑本身的稳定与安全，又要考虑周边环境的影响，只有充分考虑这两点的一体化设计控制，地下水综合治理才算是可靠的、安全的。当基坑降水会对周边建（构）筑物、地下管线、道路等产生影响的时候，可以使用截水帷幕的方法来控制地下水。对承压水地层要建立分层降水和动态土压平衡技术体系，防止由于承压水头过高造成坑底突涌。降排水管理要贯穿施工全过程，保证排水设施完好畅通，将雨水或者施工用水及时排出基坑，防止积水浸泡边坡。

### 3.4 完善施工监测与预警体系

施工监测和预警体系的健全，是做好深基坑风险动态

控制的重要部分。应该建立覆盖支护结构位移、深层土体位移、地下水位、周边建筑沉降等主要指标的监测网络。深基坑施工监测方案必须在施工前经过专家论证，确定监测项目、预警值和监测频率（一般水平位移预警值取 30mm 或者 0.3%H，沉降预警值取 20mm），开挖阶段每天监测一次，变形速率大于 5mm/d 时加密到 2 小时/次。监测预警体系具体内容见表 1。

在预警机制的创建上要形成黄、橙、红三级预警处置体系，对基坑支护变形、地表和建筑物沉降、地下水位变动实施全时无死角监视。项目部除了要规范布置各种监测点位、严格按分级监测频率进行监测、给各项指标设定准确的控制限值之外，还要根据项目实际情况引进自动化监测手段。利用物联网、智能传感器等技术手段实现对监测数据的实时采集，并将数据传送到系统中，从而完成智能分析工作。因此预警的准确率趋于合理，完成了从事后处理到事前预警的转变。

### 3.5 加强施工安全管理与人员培训

施工安全管理的加强属于深基坑风险控制的组织保证。应当细化完善项目部、班组、岗位三级安全责任清单，将工程建设标准和规范要求全部纳入各岗位的考核体系当中来，保证安全责任贯穿于施工全过程。施工前应做安全技术交底，对施工过程中存在的安全风险进行交底，使现场人员了解深基坑的实际情况及存在的安全风险。施工现场要严格检查特种作业人员持证上岗情况，规范临边防护和临时用电设施的布置，定期对消防设施和应急物资进行检查<sup>[3]</sup>。在人员培训上要形成常态化的安全教育培训制度，把事故案例警示教育、安全操作规程、应急处置技能等纳入培训之中，真正提升所有施工人员的安全意识和安全素质。建立定员定责定时的隐患整改机制、回头看工作制度，对检查出的问题限期整改并复查闭环，形成管理闭环。

表 1 深基坑工程施工监测项目及预警控制标准

监测项目	监测仪器	开挖阶段监测频率	累计预警值	累计控制值	责任人
桩顶水平位移	全站仪	1 次/天	30mm 或 0.3%H	50mm 或 0.5%H	测量工程师
桩顶竖向位移	精密水准仪	1 次/天	20mm	35mm	测量工程师
深层水平位移	测斜仪	1 次/天	50mm	80mm	监测工程师
支撑轴力	钢筋计	2 次/天	设计值 80%	设计值	结构工程师
地下水位	水位计	2 次/天	地下水位下降 2m	设计降深值	降水负责人
周边地表沉降	水准仪	1 次/天	30mm	50mm	测量工程师
周边管线沉降	水准仪	1 次/周	10mm	20mm	监测工程师

### 3.6 建立健全应急响应机制

应急响应机制的形成属于深基坑施工风险控制最后一道防线。根据深基坑施工过程中发生的坍塌、渗漏、涌水涌砂等突发性险情,及时修订完善专项应急预案,保证专项应急预案具有针对性、可操作性。应急物资储备要足额到位,救援设备要定期检修保养,保证一旦出现险情可以迅速调用。应急预案要经由常态化的应急演练来检验其有效性,比如某项目部展开的基坑坍塌应急实战演练,模拟出基坑边坡突然出现局部坍塌,人员被埋压的紧急情况,事故发生之时现场的安全员立刻察觉到险情并向上级部门汇报,应急指挥领导小组随即启动应急预案<sup>[4]</sup>。为了提高应急反应能力,项目部应就坍塌、渗漏等险情制定专门的应急预案并及时修订,常态化开展应急演练,保证一旦出现险情能及时应对、高效处理。应急响应结束之后,要及时开展事故调查和原因分析工作,总结经验教训,完善应急预案和风险控制措施,不断提高施工风险应对能力。

### 4 结语

工业厂房深基坑工程施工风险控制是一个包含勘察、设计、施工、监测等各个环节的综合性工作。针对前期勘察数据缺乏、基坑支护方案针对性差、施工过程监测管理

不到位、安全管理制度落实不严等主要问题,需要从加强工程勘察和风险评价、改善基坑支护设计方案、加强地下水控制和降排水工作、健全施工监测和预警体系、加强施工安全管理及人员培训、建立应急响应机制等多方面进行综合防控。依靠技术手段和管理手段的有机结合,创建起覆盖全过程的深基坑风险防控体系,可以有效地预防和减少深基坑安全事故的发生,给工业厂房建设的顺利进行提供有力的保障。

#### [参考文献]

- [1]胡磊.工业厂房深基坑工程沉降观测及数据分析[J].江西建材,2024,11(1):92-94.
- [2]王丹阳,王凡奇,冶威.工业房地基施工技术运用分析[J].工程建设与设计,2023,12(22):197-199.
- [3]井德顺.工业厂房深基坑建设施工监理风险及防治措施研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(10):163-165.
- [4]刘翔.工业厂房工程中的深基坑支护施工技术[J].四川建材,2023,49(9):79-81.

作者简介:汲志高(1991—),男,上海宝山人,工程师,辽宁科技大学土木工程专业毕业,现就职于中国五冶集团有限公司,从事施工管理工作。