

某风洞工程软土深基坑施工安全控制技术

周秀忠¹, 邓三拱¹, 张晓天¹, 钟义敏¹, 杨 炯²

(1. 四川中成煤炭建设(集团)有限责任公司, 四川 成都 610072; 2. 中国空气动力研究与发展中心低速所, 四川 绵阳 621000)

摘 要: 结合某风洞工程软土深基坑施工的实际情况, 介绍了对工程危险源的辨识及分类、安全管理和安全监督的实施、施工中的安全控制措施, 确保了该工程的顺利施工。

关键词: 软土深基坑; 安全控制技术; 安全管理; 监测; 信息化施工

中图分类号: TU46+3 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2005)07-0016-03

1 工程概况

某风洞工程洞体为钢筋混凝土剪力墙结构, 高 54.60 m(地面以上 39.0 m, 以下 15.60 m), 筏板基础, 基础下部为 $\varnothing 800$ mm 人工挖孔桩, 设计基坑深度 15.60 m, 安全等级和重要性为 I 级, 工期 120 天。

2 工程场地条件及施工难度

该工程场地属龙门山构造带中段, 土层由上至下为素填土(1.20 m), 碎石(2.00 m), 软~可塑状粉质粘土夹淤泥(17.30 m), 下覆基岩为 T_{2j+1} 白云质灰岩。工程施工难度大, 场地狭窄, 北距基坑 7.7 m、东距基坑 7.0 m 为防洪渠和围墙, 南距基坑 11.0 m 为已有建筑, 西距基坑 11.0 m 为主排水管道和军用电缆, 基坑无放坡条件(见图 1)。土体主要为软~可塑状粉质粘土夹淤泥, 高压缩性, 低强度, 高灵敏度, 低透水性, 在振动作用下易出现震陷。

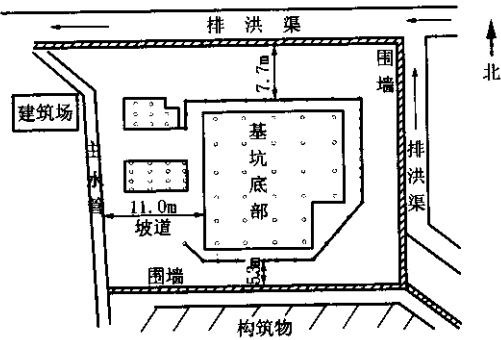


图 1 基坑平面图

3 对工程危险源的辨识及分类

能量、危害物质是危险、危害因素产生的根源,

也是最根本的危险、危害因素。一般地说, 系统具有的能量越大, 存在的危害物质的数量越多, 系统的潜在危险和危害也越大。安全科学理论(即意外释放理论)把危险源列为两大类, 一是施工过程中存在的可能发生意外释放导致能量或危险物质产生, 二是危险源(人、物、环境因素)。一起伤亡事故的发生往往是两类危险源共同作用的结果。第一类是伤亡事故发生的主要因素, 第二类是造成事故的必要条件。要防止伤亡事故, 必须分析研究造成和促成事故的原因, 找出问题的实质, 防患于未然。故以事故基本模型图示之(见图 2)。

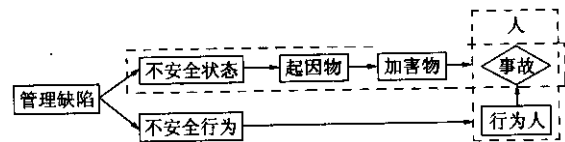


图 2 事故基本模型图

我们把该工程的主要作业程序划为危险源, 并以分析表(表 1)的形式作为安全技术交底文件, 便于现场安全管理。

表 1 某风洞软土深基坑重大危险源分析表

序号	危险点源部位	构成因素或安全关联度
1	土方开挖	土质软, 易流变, 且易发生垮塌, 基坑越深侧压力越大, 无放坡条件, 开挖难度大
2	支撑护壁	支护系统关系边坡稳定, 维系作业人员生命安全, 周边建筑物及地下管线、道路安全
3	水患	土层渗透系数 $K=0.45$ m/d, 降水困难, 一旦地下水淤积, 加重土层软化流变; 大气层降水沉入表土和裂隙下渗增大土层含水率, 加大土压力
4	人工挖孔桩	护壁难度大, 基岩掘进困难, 成孔过程对基坑稳定产生不良影响
5	井下爆破作业	操作不当易造成桩壁垮塌, 飞石伤人, 基坑变形, 厂房桩位移超限, 危及邻近建筑物

4 安全管理和安全监督

4.1 安全管理

现代安全理念即以人为本、关爱生命、安全第一、预防为主。建立健全安全管理制度,按工程的特点组织施工,强化安全人员责任的落实,设立健全有力的安全组织网络(见图 3),确保施工过程的安全和基坑安全,这是安全工作最基本的前提条件。

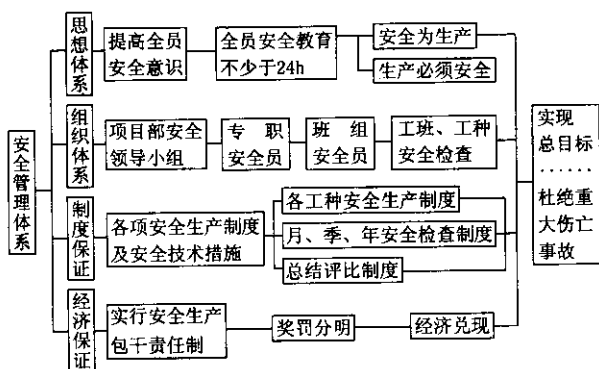


图 3 工程施工安全保证体系图

4.2 某风洞工程的安全监督

由于深基坑安全事故具有突发性和灾难性,某风洞基坑深度已超过 15.6 m,加之淤泥质软土具有的工程地质特征,要确保安全施工,安全监督是起点。

4.2.1 监督原则

安全监督应从支护体系的设计和方案制定入手。深基坑支护设计及施工方案的不完善和不合理是发生安全事故的关键因素。

4.2.2 监督标准

以《建筑工程安全检查标准》(JGJ 59—99)和国家相关技术规范(如《建筑地基基础工程施工质量验收标准》、《建筑基坑支护技术规范》等)为依据。

4.2.3 监督实施

(1)施工前的安全监督。主要是对基坑支护设计单位与个人资质要核查,这是防止无证设计和防止支护体系出现重大安全隐患的根本措施。工程设计人员必须具有国家考核认定的注册岩土工程师执业资格,长期从事岩土工程设计和科研工作。其设计文件采取两审两核的方式予以确保。

(2)施工过程的安全监督。对支护体系工程的检查,如锚杆抗拔试验、支护结构实施报告等情况和降水方案实施效果。从分层开挖、分层支护、人工桩分段开挖、临边支护、坑边荷载等情况实施落实;施工过程的各种监控记录及定性定量分析结论,从支

护结构顶部位移速率、位移量、沉降和沉降速率以及裂隙观测记录分析入手。

(3)施工完工后的安全监督。除正常的竣工验收资料,重要的监督监控记录与分析结论、支护验收资料的移交及后续监控工作转移、基坑使用与维护的有关规定,如坑边距离的要求和垂直距离的规定、深基坑暴露的允许时限,要做到交接清楚,手续完善,责任明确。

5 施工中安全技术控制

5.1 土方开挖

5.1.1 安全要求

(1)开挖必须遵守“由上而下、先撑后挖、分层开挖”的原则,支护与挖土相结合。

(2)基坑边缘至少 1~2 m 无振动,东、西、南侧 18 m 内不得堆放重物。减少坑边缘载荷,防止土体位移塌方。

5.1.2 安全技术措施

(1)上层喷锚未完,不得进行下层开挖。顶层开挖厚度 >2 m,支护分层开挖作业厚度为 1.50 m。淤泥软土层开挖不得超过 0.50 m。

(2)挖至设计边线 30 cm 时停用机械施工,人工修边,清理孤石。

(3)基坑顶周边设置围栏、警示标志,设立生命通道或云梯。

5.2 基坑支护

5.2.1 安全要求

本基坑采用桩、土钉墙复合支护体系,必要时设置支撑或对拉锚系统予以加强,确保基坑足够的刚度和强度。

5.2.2 安全技术措施

(1)沿基坑边缘采用 $\varnothing 600$ mm 嵌岩桩,设置锁口梁和 4 道腰梁,并将锁口梁、腰梁及桩、土钉墙与土体连成整体。

(2)马道坡度控制 1:1.5。土钉墙钢筋墙接、拉网喷浆,土钉长度为开挖深度的 1.2 倍,间距 1 m,水平夹角 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$,锚杆 14 层。

(3)据变形观测数据分析要求,基坑南侧增设 11 根 $\varnothing 600$ mm 护壁桩。

5.3 降、排水系统

5.3.1 安全要求

(1)为防止塌陷及土层软化,采用集水坑降水与井口盖降水相结合,基坑四周设置截水沟,抽排出坡外。

(2)地面排水要与单排水系统结合,纵向坡度 $>3\%$,做到排水畅通。

5.3.2 安全技术措施

(1)基坑四周进行地面修整,冠梁之上设排水沟引入集水坑、泵抽至泄洪沟中。

(2)支护系统、土钉设置过程中留排水管,基坑排水系统采用明排集水,同时引入截水沟至集水坑,泵抽出坑外。

(3)井点降水,土方开挖前机械成孔 6 口,坚持抽水、保持系统完好。

5.4 人工挖孔桩

5.4.1 安全要求

(1)人工挖孔桩危险性大,地下水、流沙、有毒气体、坍塌、漏电、坠物伤害等不安全因素多,必须进行专项安全管理。

(2)严格作业规程规范,杜绝“三违”作业。

5.4.2 安全技术措施

(1)孔底作业人员戴好安全帽,并随身系好“弦提保险绳”,上下作业人员相互照应。

(2)孔口设置安全禁区,严禁孔口旁堆放弃、物料。

(3)检查孔内空气成分,孔深超过 5 m,应进行不间断送风,送风量 ≥ 25 L/s。

(4)安全用电,采用防水绝缘电缆,漏电保护器 15 mA/s,照明电压 12 V。

(5)群孔作业间距、桩身净距 $<2d$ (d 为桩孔直径),且平距 <2.50 m 时,应采用间隔开挖,排桩最小施工净距 ≥ 4.50 m。

(6)软土井圈分段加钢筋护壁。

5.5 井底爆破作业

5.5.1 安全要求

(1)严格执行《爆破安全规程》(GB 6722—2003),爆破人员必须持上岗证。

(2)针对工程特点,制定专项爆破方案,并报批准方可实施。

5.5.2 安全技术措施

(1)依据方案确定安全爆破距离,对炸药的爆力、猛力进行控制,选择岩石 2 号硝安乳化炸药,炮眼数为每组 1~5 个桩孔,7~35 个炮眼,总装药量 1.35~6~75 kg。

(2)使用爆破振动仪器进行监测。

5.6 基坑监测系统

5.6.1 安全要求

(1)基坑维护体系一旦被破坏,将导致灾难性事

故,监测信息维系整个工程安全施工。

(2)专人定时、定点进行实地观测,对获得的数据进行系统分析,确定基坑土体位移点,预测发展变化趋势,并在第一时间将信息报告项目负责人。

5.6.2 安全技术措施

(1)必须设置专人监视、定量监测。对监测项目、数量、测点布置、监测频率、监测报警一并纳入监测系统。

(2)重点监测维护结构的深层土层的沉降、水平位移,邻近建筑物沉降、水平位移及裂隙发展,水位、水量变化等情况。

(3)方法及工具:布点、目测、尺量、巡视,用全站仪观测。

6 结论

该风洞系软土深基坑,是国防重点工程,安全等级和重要性为 I 级。涉及土石方、支撑护壁、降水排水,工艺工序较为复杂,加之场地狭窄,邻近重要建筑不容损伤,工期紧、质量要求高,给施工带来了很大的难度。施工单位克服重重困难,如期完成了任务,工程基础、基坑已完成,受到了业主的好评。安全保障方面有如下几点体会:

(1)安全工作认识到位。从工程接手以后,集团公司领导、安监处及项目施工人员高度重视安全工作对该工程的重要性,认真贯彻“安全第一、预防为主”的方针政策,抓人员落实、制度落实、安全费用投入落实。

(2)安全科学理论与该工程实际相结合,从危险源的辨识到工程各个环节安全控制技术的应用,都为该工程从源头上把好关,防患于未然。

(3)信息化对施工实行动态管理,受益匪浅。深基坑开挖工程复杂多变,不能完全照图施工,位移、沉降、土压力、孔隙水压力、结构内力等诸多变化因素随时威胁着施工安全。2003 年 12 月 21~27 日,基坑西 26 号桩 $\Delta x = 0.50 \sim 2.10$ mm, $\Sigma \Delta x = 7.18$ mm(设计为 $\Sigma \Delta x = 10$ mm)。2004 年 1 月 15 日,基坑东侧距坑 7 m 发现平行展布裂隙 3 m $\times$ 8 cm,过 3 天发展为 4.3 m $\times$ 15 cm。经及时分析认为变形位移趋于发展,决定立即采取反方向压力锚拉、加密锚杆等措施,确保基坑安全。

(4)安全工作是一个安全理论、安全制度技术、安全监督检查整改落实三者高度统一的过程,三者结合,综合利用,才能做到科学管理,是实现安全生产最有效的方法。