

喷锚支护与管井降水技术在基坑支护中的应用

齐晓华

(河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院,河南 南阳 473000)

摘要:南阳市文化小区商住楼 B 座距白河较近,地下水含量非常丰富,水位较高,对基坑开挖的安全性影响很大,施工的主要难点是降水问题。通过制定严格的基坑支护及降水方案,保证了施工的安全。介绍了喷锚支护及管井降水设计和施工工艺在该工程基坑支护中的应用。

关键词:基坑支护;锚杆;挂网喷砼;管井降水

中图分类号:TU473 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)09-0063-05

Application of Shotcrete & Rock Bolt Support and Tube Well Dewatering Technologies in Foundation Pit Support/
Qi Xiao-hua (No. 1 Geological Exploration Institute, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Nanyang Henan 473000, China)

Abstract: Because of the rich water content and high water level, the safety would be influenced in the foundation pit construction for a building in Nanyang City and the main difficulty was dewatering. The construction safety was ensured depending on the strict foundation pit support and dewatering scheme. The paper introduces the application of the design of shotcrete & rock bolt support and dewatering as well as the construction process.

Key words: foundation pit support; bolt; hang net shotcrete; tube well dewatering

1 工程概况

拟建的南阳市文化小区商住楼 B 座位于河南省南阳市文化路与红庙路交叉口西南角。主楼楼高 30 层,呈 T 字形,地下一层,东西长 31.2 m,南北长 30.0 m,剪力墙结构,采用桩(筏)基础。裙楼高 4 层,呈不规则形状,框架结构,采用柱下独立基础。基础开挖深度为 7.0 m,局部最大挖深 9.3 m。

2 工程地质

2.1 地层情况

根据岩土工程勘察报告,地基土层自上而下可分为 6 个工程地质层:

①素填土(Q^{ml}):黄褐色,深褐色,主要成分以粉土、粉质粘土为主,含少许杂质,稍湿,密实,该层土在本场地内均有分布,与下伏地层呈突变接触,层底埋深 1.7~2.5 m,层厚 1.7~2.5 m,平均层厚 2.16 m;

②细砂(Q_4^{al+pl}):黄褐色,稍湿,松散,含 6.5%~14% 泥质,成分主要以长石、石英为主,该层在本场地内均有分布,与下伏地层呈渐变接触,层底埋深 3.3~3.8 m,层厚 1.2~1.8 m,平均层厚 1.45 m;

③中粗砂(Q_4^{al+pl}):黄褐色,湿~饱水,松散~

稍密,含 5.7%~11% 泥质,上部以中砂为主,下部以粗砂为主,成分主要以长石、石英为主,偶含小砾石,该层在本场地内均有分布,与下伏地层呈渐变接触,层底埋深 6.3~7.2 m,层厚 2.6~3.4 m,平均层厚 3.09 m;

④含卵砾粗砂(Q_4^{al+pl}):黄褐色,饱水,稍密~中密,含 11.4%~42.4% 的卵砾石,局部达 55.1%~57.5%,卵砾石成分主要为石英岩、砂岩等,卵砾石粒径一般在 0.2~8 cm 之间,最大可达 20 cm,磨圆度中等,分选性一般,该层在本场地内均有分布,与下伏地层呈渐变接触,层底埋深 10.6~11.5 m,层厚 3.9~5.2 m,平均层厚 4.58 m;

⑤含泥质粗砂(Q_2^{al+pl}):黄褐色,饱水,中密,含 3.5%~8.2% 泥质,局部含泥质较多,局部含 3%~8% 的砾卵,该层在本场地内均有分布,与下伏地层呈渐变接触,层底埋深 18.7~19.7 m,层厚 7.4~8.6 m,平均层厚 7.96 m;

⑥粉质粘土(Q_2^{al+pl}):黄褐色,湿,硬塑~坚硬状,土中含少许的黑色铁锰结核,局部夹粗砂透镜体,该层在本场地内均有分布,与下伏地层呈突变接触,层底埋深 27.0~19.7 m,层厚 7.8~11.2 m,平均层厚 9.38 m。

收稿日期:2013-05-15; 修回日期:2013-05-23

作者简介:齐晓华(1976-),男(汉族),河南南阳人,河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院工程师,地质工程专业,从事探矿工程及岩土工程,河南省南阳市文化路 1096 号。

2.2 水文地质条件

该场地施工期间测得静止水位 3.8 m, 主要含水层为③层中粗砂及下部砂性土体, 属第四系松散岩类孔隙潜水, 渗透性较好, 主要受大气降水和白河水侧向迳流补给。因距白河较近, 与河水有着较好的水力联系, 由于受季节性降水及白河橡胶坝拦蓄水、放水的影响, 地下水有一定的升降幅度, 年变幅为 1~2 m。

3 支护结构设计

3.1 设计思路

基坑支护设计应确保工程的安全可靠, 保证基坑邻近地面建筑物、地下管线的安全, 保证坑内工程桩的安全。在保证安全的前提下力求经济合理、节约造价, 兼顾工期、施工等其它因素。

3.1.1 强调深基坑工程的整体性

设计和施工中要综合考虑工程地质条件、环境条件、施工技术水平、基坑工程施工对工程地质体和环境的影响、技术经济性的优劣等, 即要把基坑工程作为一个系统工程来研究。重视价值工程研究, 注重各种设计方案的技术经济分析, 强调各种技术优势的综合运用, 并根据基坑工程各边边坡的不同情况、不同要求, 提出不同的设计思想和控制标准。从而降低工程造价。

3.1.2 重视工程实践经验, 强调施工组织管理

由于基坑工程的复杂性、多变性, 许多问题并非计算所能解决, 所以工程经验类比的方法仍是解决问题的主要途径之一。设计与施工密不可分, 施工工艺的成功与否关系到整个设计方案的成败, 必须根据特定的地质和环境条件选取特定的适宜的施工工艺, 方能保证设计思想的实现。

3.1.3 强调信息法施工, 注重安全监控和反馈设计

因为深基坑工程其工程地质水文勘察资料、环境情况调查、支护设计计算模型等都难以与实际情况完全相符, 因此我们强调基坑工程设计人员现场跟班作业, 对基坑工程施工实施实时监控, 根据开挖揭露出的地质水文条件变化情况(即基坑工程地质体输出的新信息)和基坑变形监测结果分析, 及时调整设计, 达到控制变形、保护环境的目的。

3.2 地层概况及各土层设计参数选取

为便于分析和计算, 整个场地各层土的厚度及物理力学指标均按照勘察报告中提供的平均值取用。

根据业主提供的勘察报告, 参照《建筑基坑支

护技术规程》(JGJ 120/99)参考数据, 该场地基坑支护设计参数按表 1 选取。

表 1 基坑支护设计参数取值表

层号	地层名称	层厚 /m	$\gamma_k / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	f_k / kPa	E_s / MPa	c、 φ 报告取值	
						c_k / kPa	$\varphi_k / (^\circ)$
①	素填土	2.16	19.5	100		12	14.7
②	细砂	1.45	19.2	120	5.3	0	25.5
③	中粗砂	3.09	19.5	150	8.7	0	25.5
④	含砾粗砂	4.58	19.5	200	17.3	0	30.8
⑤	含泥质粗砂	7.96	19.6	220	13.7	0	32.8
⑥	粉质粘土	9.38	19.4	250	20.7	72.6	13.7

3.3 设计参数值

(1) 锚杆水平间距为 1.50 m, 垂直间距为 1.50 m, 锚杆长 3.0~9.0 m, 锚杆钢筋选用 $\varnothing 18$ mm 的螺纹钢, 锚杆与水平面之间夹角为 $5^\circ \sim 15^\circ$ 。

(2) 喷砼 100 mm 厚, 配比为水泥: 砂: 石子 = 1: 2: 2(质量比), 砼强度相当于 C20。

(3) 配置钢筋网为 $\varnothing 6.5 @ 250 \times 250$, 加强筋采用 $\varnothing 14$ mm 螺纹钢通长连接锚杆端部。

4 基坑降水设计

由于场地孔隙滞水水位埋深位于地表下 3.8 m, 基坑开挖深度最深 9.3 m, 为保证基坑开挖顺利进行以及施工安全, 必须进行降低地下水位处理。

4.1 基坑降水设计

4.1.1 降水设计计算

该基坑属于均质含水层潜水完整井基坑, 且基坑远离隔水边界。

(1) 基坑涌水量计算:

$Q = 1.366k(2H - S)S / \lg(1 + R/r_0) = 5178.7 \text{ m}^3/\text{d}$
 式中: Q ——基坑涌水量; k ——渗透系数, $k = 25.9 \text{ m/d}$; H ——潜水含水层厚度, $H = 16.2 \text{ m}$; S ——基坑水位降深, $S = 5.8 \text{ m}$; R ——降水影响半径, $R = 2s\sqrt{kH} = 237.6 \text{ m}$; r_0 ——基坑等效半径, $r_0 = \sqrt{A/\pi} = 23.0 \text{ m}$; A ——基坑面积, $A = 40.08 \times 41.28 = 1654.5 \text{ m}^2$ 。

(2) 单井出水量计算:

$q = 120\pi r_s l \sqrt{k} = 468.4 \text{ m}^3/\text{d}$
 式中: r_s ——过滤器半径, $r_s = 0.4/2 = 0.2 \text{ m}$; l ——过滤器进水部分长度, 取 $l = 2.1 \text{ m}$ 。

(3) 降水井数量计算:

$$n = 1.1Q/q = 12$$

4.1.2 降水井设计

(1) 降水井深度 22 m ($\pm 0.5 \text{ m}$);

(2) 降水井管径(内径) $D = 300 \text{ mm}$;

(3) 降水管井间距 14 m(可根据实际场地情况位移);

(4) 降水管井距基坑边缘距离 2.0 m。

沿基坑周边布置降水管井 11 眼, 基坑中间布设 1 眼井, 共 12 眼井。

4.2 降水井施工工艺

降水井施工工艺流程: 降水井位测量及布设→钻井→换浆→下放滤水管→填下砾料→洗井→下放潜水泵→设置排水管线→联动抽水。

(1) 降水井位测量及布设: 由钢卷尺定出孔位, 并插入木桩。

(2) 钻井: 钻机到达孔位后, 放置平稳, 并使钻头对准孔位, 采用回转钻机成孔, 孔径 500 mm, 孔要求正、圆、直。

(3) 换浆: 成孔后换浆并稀释孔内泥浆。

(4) 下放滤水管: 安装井管时, 井管垂直插入托盘的插口, 用 3~4 根竹蔑均匀的围在接头处, 再用 8 号铁丝绑 2~3 道, 使井管与托盘连接牢固。起吊托盘和沉淀管, 待兜底绳吃力后, 将垫板抽掉后, 再徐徐下降, 把托盘和第一根井管送入钻孔内, 至井管上口超出基台 0.5 m 左右, 停止下降, 即开始安装第二根井管, 如此往复, 直至将井管下完。井管居中, 不偏不斜, 四周灌入滤料。

(5) 填下砾料: 井管与井壁间填充滤料, 分层填入, 经常测算。

(6) 洗井: 抓紧时间洗井, 直至含砂量 $< 1/10000$ 。

(7) 下泵: 下入潜水泵, 潜水泵位置位于抽水井井口以下约 15 m, 并开始抽水。

(8) 联动抽水: 直至全部井点施工完毕, 投入基坑正常施工抽水。使全部井抽水量不小于设计值, 使降水井进入工作状态。

场地值班人员要 24 h 坚守岗位, 做好台班记录。配备电机、水泵及其它电器设备零部件。

4.3 降水井施工安排

(1) 降水井施工时, 一边成井, 一边洗井, 并同时开始下泵临时抽水, 当排水管线安装完毕后, 由排水管线向外排出; 降水井施工完毕, 联动抽水 7 天后可进行土方开挖。

(2) 降水井施工主要机械设备: 钻机 2 台, 潜水泵组 13 台套, 电箱 3 只, $\varnothing 110$ mm 水管, 水带、电缆若干。

(3) 降水井施工的质量、安全要求: 降水井井身直径须达到或大于设计直径; 井的深度应达到设计

井深; 成井后必须进行一定时间的洗井工作; 井管必须直立, 上端保持水平, 井管安装完毕后, 立即填滤料, 滤料规格必须符合设计要求; 地面排水管线必须符合设计排水量的要求, 其铺设不得影响其它工作的进行, 并不得发生渗漏现象; 抽排水使用深井泵, 必须试运转后方可下入井内; 电器线路安装前必须对所使用的电箱电线进行绝缘测试。

4.4 封井措施

深井降水完毕应采取有效措施封堵井孔, 避免潜水沿井孔及井壁上涌。±0.00 m 以下施工完毕后采取“以砂还砂, 以土还土”的原则, 封堵井孔。

4.5 降水对环境影响的对策

(1) 为了控制基坑降水对基坑四周楼房和路边地下管网造成不利影响, 确保建筑物的安全和基坑工程开挖支护施工的顺利进行, 在满足基坑开挖需要的前提下尽量减少出水量。

(2) 严格控制抽水含砂量 $< 1/10000$ 。

4.6 基坑降水监测

监测的内容包括: (1) 降水过程中, 地下水水位的变化及平面扩展趋势; (2) 降水过程中, 单井水管及基坑总出水量随时间而变化情况。

降水开始前, 所有抽水井统一时间联测静水位, 量测基准点。在降水开始 5~10 天内, 要求每天早晚各观测一次水位、流量, 以后改为每天观测一次, 并作好记录。进入雨季或出现新的补给源时, 增加观测次数。

观测记录应及时整理, 分析水位下降趋势与流量变化, 预测水位下降达到设计要求的时间。根据抽水情况, 研究降水设计的可靠程度或提出调整措施。

5 基坑支护施工工艺

锚杆支护要与基坑开挖紧密配合, 各道工序实行平行作业, 依次有序地进行。土方开挖应分层开挖、分层支护、自上而下进行施工, 注意在基坑边和基底保留 100~200 mm 厚的土层, 由人工修整坑壁和坑底。

5.1 锚杆支护施工顺序

放线→开挖第一层土方→修坡→人工成孔→制作安装锚杆→注浆→封闭孔→挂钢筋网→焊接加强筋→喷砼→养护→开挖下一层土方→重复以上工序至最后一层工作面→观测。

5.2 定位

锚杆采用人工成孔, 按设计的孔位布置进行测

量放线,标出准确的孔位,然后按设计要求的孔长,孔的俯角和孔径进行打孔,严格注意质量,不合格者重新施工。

5.3 锚杆制作安装

锚杆采用 $\varnothing 18$ mm 钢筋制作,为保证锚杆与注浆体之间有足够的握裹力,锚杆钢筋应设定位支架,支架为3根 $\varnothing 6.5$ mm 钢筋成圆弧形与锚杆焊接,沿长方向每隔2 m 设置一个。

5.4 注浆

在安装好锚杆的孔内注入水灰比为0.4~0.5的纯水泥浆,注浆压力 ≤ 0.4 MPa,需二次加压注浆,待孔内返出纯水泥浆立刻将孔口封堵后,方可停止注浆。

5.5 挂网

在修好的边坡坡面上,按各坡面设计要求,铺上一层 $\varnothing 6.5@250 \times 250$ 钢筋网,网筋之间用扎丝间隔绑扎,钢筋搭接要牢固。

5.6 加强筋的焊接

待注浆、绑扎网片施工完成后,用 $\varnothing 14$ mm 螺纹钢将锚杆端部连接起来,焊在杆体上,各焊接点必须牢固。

5.7 喷砼

在上述工序完成后,即可喷射砼,厚度按设计要求喷100 mm,喷射作业应分段分片进行,同一分段喷射顺序应自下而上,喷头与受喷面应保持垂直且距离为0.6~1.0 m。砼强度相当于C20,要求表面基本平整。喷射混凝土用料称量要准确,水泥、石子、砂按1:2:2 配比拌合均匀,随拌随用。基坑四周边沿要将网片和砼面板上翻2.0 m,厚100 mm,形成护坡顶,以增强支护面的整体作用。

5.8 施工作业要求

5.8.1 土方开挖协调要求

- (1)严格按照支护设计坡度和深度开挖。
- (2)基坑开挖时将地面附加荷载减到最小,严禁在坑边堆载或通行重载车。
- (3)开挖下层土时,保护上层支护的边坡,不得碰撞止水结构和支护结构。
- (4)土方开挖后及时施工锚杆等支护结构,尽量减少土体变形,保证基坑安全。
- (5)基坑内各区间台阶先放坡机械开挖,再人工修坡到位。
- (6)实施分层分段跳挖施工,先开挖周边土体,出现紧急情况时便于回填反压。
- (7)在雨期施工前应检查现场的排水系统,做

好基坑周边地表水及基坑内积水的排汇和疏导,防止基坑暴露时间过长或被雨水浸泡。

(8)土方开挖过程中均须分层开挖以分步卸载,减小基坑变形。

(9)实施整体性分层分段开挖施工,先开挖周边土体,出现紧急情况时便于回填反压。首层开挖深度为2.0 m,其余每层开挖深度 ≥ 1.5 m,分段开挖 ≥ 15 m 距离。按边坡稳定情况控制,边坡至少要留有100~200 mm 的人工清理厚度;开挖土体时将靠近基坑边的地面附加荷载减到最小,即移开地面堆载。

(10)当上层锚杆注浆体及喷射混凝土的强度达到设计强度的70%后,方可进行下层土方开挖。开挖下层土时,保护上层支护的边坡,不得碰撞支护结构。

5.8.2 支护作业要求

支护作业及时跟进土方开挖,相互配合,流水作业,掌握支护时机,确保支护质量。

5.8.3 基坑防、排水要求

雨天施工需做好防水工作,防止地面水流入基坑内,及时排除基坑积水,以保证边坡支护。

5.9 施工技术要求

(1)按照设计实施方案进行施工,如有变更报请建设单位和承建单位认可。

(2)所有施工用料应符合设计要求,做到钢材、水泥等无合格证不许进场。

(3)选材:砂应选洁净、质地坚硬的中砂;石骨料选用碎石,粒径 ≤ 15 mm;水的选用应不含影响水泥正常凝结与硬化的有害物质,不得使用污水。钢材、水泥应有产品合格证书,符合使用指标。

(4)施工操作:各工序按先后程序展开作业,遵守安全和操作规程,做到文明施工,各工序由技术人员跟班作业,认真检查施工质量,做好施工记录。

5.10 基本施工条件

- (1)作业用水用电须管线到位,保障施工用水用电。
- (2)道路要求一般载重车辆能进出施工现场。
- (3)提供100 m² 现场加工制作场地及100 m² 机械设备展开作业场地。
- (4)提供一间配件库房,提供生活用水用电等便利条件。
- (5)设备进场后有1~2天施工前准备时间。
- (6)明确支护范围内地下管线和邻近建筑物基础埋设情况。

(7)做好基坑排水和降水工作。

(8)明确土建施工单位的协调配合。

5.11 深基坑工程施工应急处理

(1)基坑局部出现位移、沉降过大,迅速在此区域内采取袋装土反压回填、加撑,局部地段加锚杆、斜撑等补救措施。

(2)基坑侧壁局部出现漏水,迅速采用止水材料缩小范围,埋管引流,注浆封堵。必要时迅速在此区域内采取反压回填的补救措施,并查明水源,采取相应措施止水。

(3)若地面沉降速率过大并有坑底隆起现象,应迅速回填反压,并采用静压注浆、高压旋喷等措施迅速加固坑底及被动区土体。特别注意挖土时间和挖土顺序,若有深层土体流动迹象,应立即停止挖土,查明原因后再开挖。采用进一步增加被动区土压力等方法加固坑底。

(4)发现邻近建筑物沉降过大时,及时查明原因,启动回灌系统或加强支护结构。

(5)应充分了解基坑四周管线的分布、走向及位置,一旦出现管道开裂时,以便及时关闭阀门。做好基坑四周地表水的排泄和下水管道的疏导,防止地表水或雨水对坑壁的冲刷、浸润。雨季要用塑料薄膜覆盖坡面,隔离雨水。

(6)若局部土体因地层原因导致人工成孔困难,原设计锚杆可改用 $\varnothing 48$ mm 锚管替代。

(7)现场应配备一定数量的抢险器材,包括纺织袋、草包、水泵、砂、石料、钢筋等材料。

在基坑开挖前,应由建设单位组织协调好土方

开挖施工单位,基坑支护施工单位,基础施工单位的计划安排工作,尽量缩短基坑施工的工期。

6 结语

由于基坑支护设计与施工是一门综合性的岩土工程工作,基坑开挖后土体和地下水的自然平衡状态会发生巨大的变化,对环境或多或少的影响总是不可避免的。因而加强基坑开挖的环境监测,作好应急抢险准备,防患于未然是很有必要的。由于距河较近,单井出水量大,防止基坑周边沉降过大,本工程设计采取了谨慎的态度,合理确定了基坑支护参数,为基坑支护工程提供了可靠的技术保障。施工过程中选择了正确的施工工艺,有序地安排各施工工序,达到了预期的支护目的。

参考文献:

- [1] SL 256-2000, 机井技术规范[S].
- [2] 张绍波,刘亮,柯善鸿,等. 组合支护方式在大连地区深基坑支护中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(3): 61-63.
- [3] 张帆,阎佳生. BBA 办公楼基坑支护及降水工程安全监测技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(1): 62-65.
- [4] CECS 96:97, 基坑土钉支护技术规程[S].
- [5] 刘作昌,高立明,杨辉廷,等. 新泰盛世佳苑摆喷帷幕止水与桩锚支护应用实例[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(5): 39-41.
- [6] GB 5007-2002, 建筑地基基础技术规范[S].
- [7] 许厚材. 复杂地质条件下基坑支护灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(11): 54-57.
- [8] 樊勇军. 紧邻天然地基的深基坑支护桩施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(2): 71-73, 80.

国内首次粒子冲击钻井试验成功 在硬夹层钻井可节省 1/3 时间

《中国矿业报》消息(2013-09-12) 中国石油川庆钻探工程公司近日在西南油气田龙岗 022-H7 井成功地进行了国内首次粒子冲击钻井技术现场试验。

粒子冲击钻井是将 2%~5% 的钢质粒子随钻井液注入井下,在射流作用下以超过 1000 万次/min 的高频率和大于 100 m/s 的高速撞击岩石,配合钻头切屑齿破碎岩石的一项钻井高新技术。目前,仅美国研制出粒子钻井系统,但也处于现场试验阶段。初步试验表明,使用粒子冲击钻井技术较常规钻井机械钻速提高 3~4 倍。据国外专家预测,使用粒子冲击钻井技术在硬夹层钻井可节省 1/3 的钻井时间。

中国石油集团瞄准这一国际前沿技术,组织川庆钻探与中国石油大学(北京)联合进行技术研发与试验。2010 年起,历经 3 年艰苦研发,技术人员掌握了粒子冲击钻井关键

技术,研制出粒子钻井注入系统与回收系统关键设备,进行了粒子注入罐承压、循环管线冲蚀磨损、粒子沉降和粒子上返等相关室内实验,并在井控模拟井上进行了型式试验,验证这套系统的可行性。

8 月上旬,川庆钻探组织多方对现场试验方案进行周密论证,决定在龙岗 022-H7 井进行现场试验。8 月 17 日 10 时,在现场严格的安全监督下,技术人员精细安装和调试粒子冲击钻井使用的加长喷嘴牙轮钻头,从龙岗 022-H7 井须家河层位井深 2843.72 m 处开始钻进,11.39 h 顺利钻进至井深 2846.34 m。在 1 个多小时的试验中,共注入粒子 8 t,在须家河这个钻井“硬骨头”层位中实现快速钻进。这套钻井系统全套装备的可靠性及钻井工艺的可行性经受住现场考验。