

# 复杂环境下高边坡支护施工技术应用研究

许明书

贵阳工商投资控股有限公司

**摘要：**城市棚户区改造安置房多位于既有建筑物、构筑物交错的因素复杂区域，建设项目用地范围往往受制于周边各种不利因素，基坑施工及小区永久边坡通常存在高边坡支护。本文以贵阳市三马片区金钟桥城市棚户区改造项目支护工程为例，从项目的边坡设计、施工、直至竣工完成，以建设单位项目负责人管理的角度进行剖析研究。

**关键词：**棚户区改造、高边坡支护；过程监测；建设单位管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.04.020

## 一、项目案例概况

金钟桥项目位于贵阳市云岩区百花大道与金燕路交叉口，项目总用地面积32713m<sup>2</sup>，总建筑面积97644.86m<sup>2</sup>，共计4栋高层住宅建筑、一栋幼儿园及地下室等配套建设。本项目高边坡专项设计由建设单位按程序组织边坡勘察设计单位进行二次深化设计，为确保小区永久性边坡安全性、可靠性、经济性，先行组织专家现场踏勘，内部会审优化后再行向住建部门设计质监站报审通过；根据基础材料分析是否需专家论证，开展施工及推进验收工作。

### （一）高边坡概况

本工程拟建建筑物±0.00的对应标高为1215.30m，场地实际地面标高为1204.12m~1220.06m层板面（45.300m），地下室底板标高为1203.30m，故本工程地下室基坑开挖深度为0m~11.0m。

根据设计图纸，本工程地下室边南侧至西侧设计有一条小区道路，小区道路左侧山坡设计有永久性边坡，小区道路右侧为地下室基坑。根据现场实际情况，本工程西侧及南侧为山坡，坡顶原有一商混站生产堆载及110KV高压铁塔，架空线跨越施工区域。土石方开挖深度较大，且该段设计有0~17.3m的永久性岩质边坡，根据设计图纸，该段基坑支护采用放坡格构梁+锚杆/锚索+挂网喷浆支护体系；东侧为百花大道，该处设计基坑底标高与百花大道平齐，开挖后不形成基坑边坡；北侧

临近居民区，该段土石方开挖深度较小，有足够的放坡条件，采用放坡+素喷支护体系。

本项目永久性边坡，边坡安全等级为一级，基坑临时边坡安全等级为一级。

综上所述，本工程地下室基坑土石方开挖属于深基坑开挖，且现场实际情况较为复杂，不同施工段需根据现场情况采取不同的基坑支护方式。

## （二）危大工程梳理

根据项目边坡设计情况，结合危大工程管理办法，开挖深度超过5m（含5m）的基坑（槽）的土方开挖、支护、降水工程。该边坡支护需编制专项方案并组织专家论证，建设单位组织设计及勘察单位作好水文地质交底及相关交底工作。监理单位督促协助施工单位按照程序组织专家论证、施工及验收等全过程施工质量和安全文明把控工作，确保施工按照新形势下的安全与质量要求顺利完成建设，为政府民生工程树立良好形象。

## 二、工艺流程

采用分层开挖分层支护原则，根据现场实际地面情况，本工程施工工艺流程分为两部分：（1）小区道路左侧永久性边坡支护；（2）小区道路右侧基坑土石方开挖及临时边坡支护。

### （一）高边坡支护施工工艺流程

工艺流程一（有锚杆支护+网喷+格构梁）

测量放线→第一层边坡开挖及修整→第一层喷锚支护施工（测量放线→排架搭设→移机就位→孔位调整→钻孔→插入锚杆→插入注浆管→注浆→养护→铺设钢筋网→喷射（C25砼）→格构梁制作）→变形监测→第二层边坡开挖及修整→第二层喷锚支护施工→变形监测（……）→分层开挖及喷锚支护完毕→工程验收。

工艺流程二（有锚索支护+网喷+格构梁）

测量放线→第一层边坡开挖及修整→第一层喷锚支护施工（测量放线→排架搭设→移机就位→孔位调整→钻孔→插入锚索→插入注浆管→注浆→养护→铺设钢筋网→喷射（C25砼）→格构梁制作→锚索张拉→锚头封闭）→变形监测→第二层边坡开挖及修整→第二层喷锚

边坡支护设计概况表

序号	名称	支护设计概况		断面设计概况
		永久性边坡（一级岩质边坡）	基坑临时边坡（一级岩质边坡）	
1	AB段（长160m）	70°放坡+全粘结锚杆+格构梁+挂网喷浆	62.5°放坡+素喷（施工按60°放坡）	1-1断面、2-2断面、3-3断面、
2	BC段（长34m）	60°放坡+格构梁+预应力锚索+挂网喷浆	60°放坡+全粘结锚杆+格构梁+挂网喷浆	4-4断面
3	CD段（长13.7m）	55°放坡+格构梁+预应力锚索+挂网喷浆	60°放坡+全粘结锚杆+格构梁+挂网喷浆	5-5断面
4	DEJ段（长69.5m）	40°放坡+挂网喷浆	40°放坡+素喷	6-6断面、7-7断面
5	EF段（长30m）	45°放坡+挂网喷浆	该处无基坑	8-8断面
6	JH段（长85m）	该处无永久性边坡	45°放坡+素喷	9-9断面
7	合计（392.2m）			

支护施工→变形监测(……)→分层开挖及喷锚支护完毕→工程验收。

### 三、主要施工方法

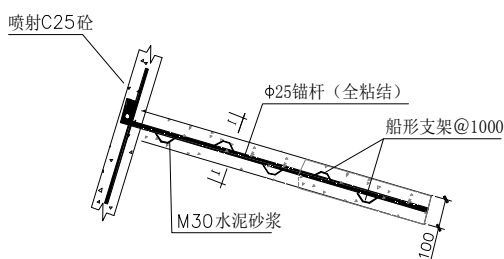
#### (一) 高边坡双排架搭设

采用双层钢管排架和作业平台， $\phi 48 \times 3.5$ 扣件式钢管搭设，内外立杆均顺坡搭设，经受力验算，施工排架立杆纵向间距为1.7m，立杆横向间距为1.2m，横杆步距为1.6m，设计最高搭设高度为10m，内立杆与边坡面间距为0.3m，每一主节点(即立杆、大横杆交汇处)处设置水平横杆，横向水平小横杆均以成型坡面为支撑，正立面及侧立面均匀设置 $45^\circ$ ~ $60^\circ$ 钢管剪刀撑。架体底部设扫地杆，高度距地0.2m处，在坡面上按“三步三跨”设置双排架连墙件，连墙件采用1.5m长 $\phi 48$ 钢管，锚入坡面1.0m，外露0.5m搭接端。锚杆孔位、锚索孔位、泄水孔位及喷锚等作业面均设5cm厚脚手板操作平台及1.5m高钢管及安全带防护。钢管间距搭设充分考虑锚杆、锚索的孔位及方向，便于安全、快速施工。因锚杆锚索钻孔施工与格构梁施工工艺差异，须在喷锚完成后重新调整双排脚手架搭设满足格构梁施工要求。

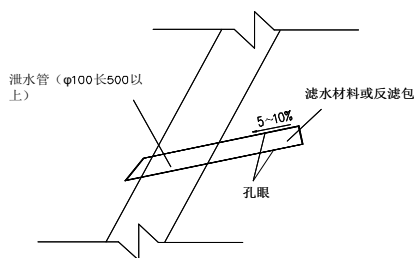
#### (二) 锚杆制安与锚孔注浆

**锚杆钻孔：**锚孔采用锚杆钻机钻孔，钻孔形式为干钻。锚杆钻孔直径100mm，倾斜度为 $20^\circ$ ，实际锚杆钻孔深度超过设计锚杆长度50cm，作为锚孔沉渣段，钻孔深度应预留0.5m长的沉渣段。锚杆钻孔时应同时完成间距3m梅花形布置的泄水孔施工，泄水孔钻孔进入坡体不少于0.5m。

**锚杆制作与安装：**锚杆采用 $\phi 25$ 钢筋，伸入孔内距孔底500mm，锚杆坡面外露端设有10d弯钩。锚杆接长采用双面焊搭接，单面焊接长度不小于10d，双面焊接长度不小于5d。为确保锚杆位置锚孔中央位置沿其长度方向每隔1m焊接 $\phi 8$ 的定位钢筋(船型支架)，详锚杆大样示意图。



锚杆大样示意图



泄水孔大样示意图

**锚孔注浆：**注浆采用M30水泥砂浆，注浆压力不小于0.5MPa，注浆时应做好孔口闭浆。注浆前应先洗孔，将孔内残积及松动的废土清除干净，注浆管应插至距孔底不大于500mm。水泥浆自孔底向外灌注，随着水泥浆的灌入，应逐步的注浆管向外拔出直至孔口，拔管过程中应保证管口始终埋在浆体内，孔口冒浆后方可停止注浆，注浆充盈系数不得小于1。注浆后根据浆液回缩情况及时进行补浆作业，确保孔口注浆饱满。第一次注浆凝固后，沿预留导管进行二次注浆，注浆终压力不低于0.5Mpa。压浆强度达到100%后，按设计要求进行锚杆拉拔试验检测。

#### (三) 边坡喷射砼

喷射混凝土作业前，先对坡面喷射水泥净浆，以确保喷射混凝土与坡面具有良好粘结性。埋设控制喷射混凝土厚度的标志，以确保混凝土喷射的厚度。喷射作业应分段分片依次进行，喷射顺序自上而下进行。喷锚混凝土厚度10cm，分两次喷混成型，首层混凝土喷射厚度为3~4cm。喷头与受喷面应垂直，宜保持0.6~1.0m的距离。第二层喷射混凝土在第一层混凝土终凝后进行。第二次喷射时必须保证厚度和表面的光感。混凝土喷射24h后浇水养护，养护时间不少于7d。

#### (四) 格构梁制安

格构梁界面为300mm $\times$ 400mm，受力主筋为6 $\phi 18$ ，箍筋为 $\phi 8@200$ mm，钢筋保护层厚度为35mm，混凝土强度等级为C30。

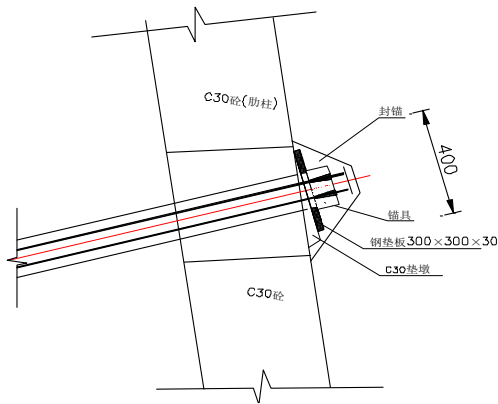
模板体系采用木模板，侧模板与坡面间缝隙采用1:2.5水泥砂浆堵塞。支撑固定体系采用钢管脚手架搭设。当浇筑混凝土强度达到1.2Mpa方可进行拆除。混凝土为商品混凝土，采用汽车臂架泵浇筑。考虑边坡坡度及混凝土和易性，其塌落度控制在180mm~200mm之间。混凝土采用50型插入式振动棒振捣，振捣间距不大于30cm，振捣时特别注意角腋处振捣同时防止过度振捣产生混凝土流失。混凝土在浇筑完毕10~12h后进行浇水养护，养护时间不低于7天。

#### (五) 锚索制安与锚孔注浆

锚索钻孔施工同锚杆。

**锚索：**采用6 $\phi 15.2$ 无粘结型钢绞线，钻孔 $\phi 130$ ，灌注M30水泥砂浆，加微膨胀剂，入射角度 $20^\circ$ ，锚索总长度为12.0m，锚固段长度7.0m。钢绞线下料采用砂轮切割机切割，考虑到锚索张拉工艺要求，实际锚索长度预留2m张拉备用，且不得有机械损伤，张拉前做好包护。钢绞线应沿轴线方向每隔1m设置隔离架线环，锚索编束(包括 $\phi 25$ 注浆管及 $\phi 5$ 排气管)应绑扎牢固。锚索孔径 $\phi 130$ ，钻孔深度大于设计深度0.5m，清孔后，随即安装锚索。锚索压浆管伸入孔底，从下至上一次性压满，直至孔口有浆液溢出，保证浆液饱满，浆液中可加入微膨胀剂和早强剂。待水泥浆强度达到设计强度的85%后，方可进行锚索张拉，预应力锚索张拉按二次四级张拉执行，第一次张拉为第1、2级张拉，第二次张拉为第3、4级张拉，两次张拉时间间隔不小于3天，分级张拉时间间隔不小于15分钟。锚索的第一排锚索设计张拉锁定值：BC段6 $\phi s15.2$ 为500KN；CD段6 $\phi s15.2$ 为

600KN，其中，第一、二、三排进行1.08倍设计张拉力的超张拉，其余按设计1.05倍张拉力的超张拉。使用的张拉设备应在标定期限内，张拉时监理人员应进行现场监理并及时签证。待格构梁施工完成达到设计强度后，即可对锚索进行张拉，张拉完成后对锚索锚头进行封锚，封锚大样如下图：



封锚大样示意图

#### 四、监测措施

本基坑深度超过8m，为了保证基坑工程施工的安全及支护结构和周围建筑物的安全，只有对边坡支护结构、基坑支护结构、基坑周围的岩体和相邻的建筑物进行全面、系统的监测，才能对基坑工程的安全性和对周围环境的影响程度有全面的了解，以确保工程的顺利进行，在出现异常情况时及时反馈，并采取必要的工程应急措施，甚至调整施工工艺或修改设计。

##### (一) 监测项目

根据设计要求永久性边坡及基坑边坡安全等级为一级，监测项目如下：(1) 边坡土体顶部水平位移；(2) 支护结构顶部水平及垂直位移；(3) 周边临近建筑物沉降观测；(4) 人工巡视及裂缝监测；(5) 锚索轴力。

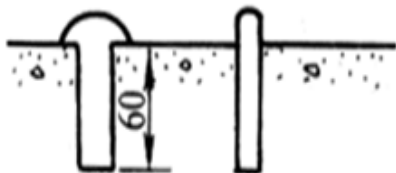
##### (二) 测点布置

按相关规定要求，水准基点设置尽量靠近观测对象，为了保证基准点的稳固可靠性和观测点的观测精度，根据基坑周边的实际情况，本测区设置3个基准点。后期如有变动，再根据实际情况增加基准点数。

基准点采用深埋基准点，灌水泥砂浆，地面端钢筋加焊球形钢珠，涂上黄油加盖保护。本基坑监测点布置及数量根据基坑边坡支护“基坑边坡支护变形监测点平面图”设计图纸埋设。

##### (三) 水准标点

首先确定埋设位置，然后使用冲击钻钻孔，在用锚固剂来固定水准标点，待其凝固后即可使用，本项目拟布设3个基准点，布点形式如下图所示：



#### (四) 沉降及水平观测点的布置及埋设要点

沉降及水平监测点的布置按照基坑边坡支护变形监测点平面图，将水准基点和监测点用红油漆标记。测点埋设方法与要求如下：(1) 基坑沉降及水平观测点的布置间距为15-20米；(2) 设在较为明显，便于施测，通视条件好，在全部观测期内均可使用的地方。(3) 设在受震区域以外，易于保存点位的地方；因此结合本工程的特点，观测点主要布在基坑顶部周边及拐角外，距基坑边约0.10~0.50m左右。观测点布设采用带“+”钢筋埋入锚面10cm，且预留6cm，然后用水泥砂浆做成四方块便于保护观测点，最综钢筋头露出1cm。水准基点、观测点的保护、管理工作极为重要，是取得准确观测数据的关键，因此在施工期间不得破坏和损毁。

#### (五) 监测频次及报警值

(1) 监测频次，根据设计图纸的要求，监测的预计监测频次如下：监测项目在边坡开挖前测定初始数据，且不宜少于2次，取平均值做为基准。根据设计要求，本次监测预计共观测45次，支护结构施工期间3天观测一次；支护结构开挖间歇期、变形趋向稳定时，一周一次；支护结构施工完成后，一月一次；当经历强降雨过程后、测试数据接近监控报警值等情况时，应加密观测次数；当出现事故征兆时应进行连续观测，并及时向有关部门报告观测结果。

#### 结束语

综上所述，涉及复杂环境下高边坡工程属于高层建筑中较为常见危大工程，也是施工现场重大风险源，建设单位必须强化危大工程全过程管控。督促管理、设计、施工及相关单位的主体履职行为，确保边坡施工开挖及支护过程的规范合理，结合周边山顶商混站堆载、铁塔及高压线不利情况编制专项方案，专家论证后使得方案在安全措施、应急处置、关键工艺实施等方面更加完善，参建单位必须进一步提高安全意识，杜绝安全事故的发生，创造良好的建筑安全生产环境。确保高层建筑危大工程有序实施，尤其确保政府民生工程的高效推进。

#### 参考文献

[1] 曹文华. 道路滑坡治理中柔性支护应用分析[J]. 建筑技术开发. 2020, (11).  
[2] 单鸿飞. 公路挖方边坡防护形式的优化组合研究[J]. 工程技术研究. 2020, (22).  
[3] 渐剑. 土木工程中的边坡支护技术的研究[J]. 装饰装修天地. 2019, (21).  
[4] 张修杰, 王成中, 林少忠. 风化花岗岩地区公路高边坡病害特征及对策研究[J]. 灾害学. 2019, (z1). 109-112.

#### 作者简介：

许明书 (1983.01-), 男, 汉, 贵州省黔西县, 本科, 高级工程师, 研究方向: 建筑工程。