

郴州技师学院

郴州技师学院产教融合实训基地
基坑边坡支护工程
(施工图设计)

铭扬工程设计集团有限公司

2024年07月

郴州技师学院

郴州技师学院产教融合实训基地
基坑边坡支护工程
(施工图设计)

专业负责：袁 军 袁军

设 计：张金孝 张金孝

校 对：钱 军 钱军

审 核：何松池 何松池

铭扬工程设计集团有限公司

2024年07月

目 录

1、设计遵循的技术标准与依据 1

2、工程概况 1

3、场地工程地质、水文地质条件 1

4、支护方案设计3

5、基坑边坡支护设计3

6、基坑边坡支护施工技术要求 4

7、基坑边坡支护变形观测方案 10

8、基坑边坡支护质量检验与验收 14

9、信息化施工和应急预案及措施 15

10、危险性较大的分部分项工程保障措施16

11、其他事项16

附 图

图号	图纸名称
06-01	边坡支护平面图
06-02	基坑支护平面图
06-03	边坡监测平面图
06-04	基坑监测平面图
06-05~11	AB~IA 段支护剖面图
06-05~15	大样图
06-05-16	立面图

1、设计遵循的技术标准与依据

1.1 本次基坑边坡支护工程设计遵循的技术标准

《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）
《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011；
《建筑基坑工程监测技术标准》（GB50497-2019）
《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015年版）；
《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB50086-2015；
《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018；
《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202-2018；
《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18-2012；
《工程结构通用规范》GB55001-2021；
《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021；
《混凝土结构通用规范》GB55008-2021；
《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013；
《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021；
《建筑抗震设计规范》GB50011-2010（2016年版）
《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008；
《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106-2014；
《工程测量标准》GB50026-2020；
《室外排水设计标准》GB50014-2021；
《工程测量通用规范》GB55018-2021；
《建筑边坡工程鉴定与加固技术规范》GB50843-2013；
《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》住建部【2018】37 号令（31 号

文）等。

1.2 设计依据

（1）中冶长天国际工程有限责任公司2024年1月提供的《郴州技师学院产教融合实训基地项目全过程工程咨询岩土工程详细勘察》；

（2）建设方所提供的总平面图、相关建筑、结构专业图纸（电子版）等相关图纸。

1.3 计算软件

理正深基坑计算软件7.0版；

2、工程概况

受郴州技师学院委托，我司对郴州技师学院产教融合实训基地基坑边坡支护工程施工图进行支护设计。拟建郴州技师学院产教融合实训基地项目场地于湖南省郴州市苏仙区苏仙岭街道郴州技师学院学校内，北侧为郴州技师学院西门与规划B#产教融合实训楼用地，现状存在一栋一层砼房（天然基础，埋深0.5米），距离坡顶最近距离约10.10m，东侧为家属楼（天然基础、埋深约1.50m），距离坡顶边线最近距离约10.10m，南侧为规划金融中心项目用地与青年大道，西侧为郴江路、郴江河与石榴湾公园，拟建项目场地交通便利，地理位置优越。

根据总图规划，产教融合实训楼±0.00为171.10m，地下室为一层；规划建筑物采用桩基础；地下室开挖后基坑底标高为165.05~165.80m，基坑顶标高为169.60~175.60m，故开挖后形成高3.90~10.55m的临时性基坑；本次基坑支护长度约282m；其中场地南侧、东侧因规划道路建设原因，规划道路标高与周边环境存在高差，故场地南侧及东侧部分区域基坑支护需按永久边坡支护考虑，且部分区域段需待基坑回填完成后再进行边坡支护。边坡顶标高为170.50~175.60m，边坡底规划道路标高为169.60~171.00m，边坡支护高度约0.90~6.00m，边坡支护长度约109m。

3、场地工程地质、水文地质条件

3.1 工程地质条件

在钻探深度范围内，场地主要揭露的上覆第四系地层为填土（Q_{4m}¹）、残坡积粉质黏土（Q₄^{dl+el}）、残积粉质黏土（Q₄^{el}）。场地内下伏基岩为二叠系炭质灰岩（P），

根据附近地段露头工程测绘结果，炭质灰岩（P）地层产状为倾向335°，倾角51°。现将地层特征自上而下描述如下：

1 填土（Q₄^{ml}）①：褐黄色、褐灰色为主，稍湿~湿，结构松散~稍密，主要为回填的黏性土，夹少量风化岩块、碎石等，填土来源主要为原场地挖方弃土，堆填时间1~5年，未完成自重固结，无湿陷性。局部地段底部夹薄层种植土，状态较差，一并归入该层。场地内钻孔均遇该层，本次勘察钻孔揭露厚度为0.60~9.50m。详见照片2.3-1。

2 残坡积粉质黏土（Q₄^{dl+el}）②：黄褐、灰褐色，稍湿~湿，硬塑~可塑，光泽反应稍有光泽，干强度及韧性中等，无摇震反应，系炭质灰岩风化残坡积而成，含约10~25%角砾，粒径大小一般为0.20-2.0cm，大者大于5cm，呈棱角~次棱角状，成分主要为砂岩、灰岩。场地内大部分钻孔遇该层，仅ZK22钻孔未见，本次勘察钻孔揭露厚度为0.70~9.00m。详见照片2.3-2。

3 残积粉质黏土（Q₄^{el}）③：黄褐、灰褐、红褐色，湿~饱和，以软塑为主，局部为可塑状态，主要分布于溶沟、溶槽及溶洞中。此层摇振不反应，光泽反应稍有光泽，干强度及韧性中等，系灰岩风化残积后而成，砾石含量约10%，主要成分为灰岩。本次勘察仅ZK9、ZK13、ZK16钻孔遇该层，本次勘察钻孔揭露厚度为0.40~3.10m。详见照片2.3-3。

4 强风化炭质灰岩（P）：灰黑色、黑色，细晶结构，薄层~中厚层状构造，大部分矿物已风化，节理裂隙发育，冲击钻进困难，岩芯呈炭屑包砾状、碎块状，回水黑色。岩块用手可折断，遇水后软化，失水后碎裂。该层为极软岩，岩体破碎，岩芯采取率为65~72%，岩石质量指标RQD=37~57，为差的~较差的，基本质量等级为V级。场地内大部分钻孔遇该层，仅ZK8、ZK9、ZK14钻孔未见，部分钻孔未予钻穿，本次勘察钻孔揭露厚度为0.70~25.70m。

5 中风化炭质灰岩：灰黑色、黑色，细晶结构，薄层~中厚层状构造，主要由碳酸盐矿物组成，岩芯层面可见炭屑；岩体节理裂隙较发育，方解石细脉沿裂隙面充填。上部岩体较破碎，下部岩体较完整，岩芯主要呈短柱状、长柱状，局部夹少

量碎块状，岩芯长度约为5~45cm，锤击声脆，岩质较硬，岩芯采取率为75~90%，基岩浅部具有一定的风化溶蚀现象，多见溶沟、溶槽、岩土互层等现象。该层主要为较硬岩~坚硬岩，岩体完整程度主要为较完整，局部较破碎，基本质量等级为II~III级。场地内大部分钻孔遇该层，均未予钻穿，本次勘察钻孔揭露厚度1.20~13.70m不等。

3.2 水文地质条件

3.2.1地表水

拟建场地位于郴州技师学院学校内区域，距郴江河约180m，场地除局部低洼处因下雨有积水外，场地内及附近无湖、塘、溪等地表水体。

3.2.2各岩土层含水性及透水性特征

根据本次勘察所取土样的室内试验成果，结合类似工程现场水文地质试验及地区经验，各地层的渗透系数可参考下表中数值。

地层	渗透系数（cm/s）	透水性等级	含水性
填土①	8.05×10-6	微透水，局部中等透水	较弱，雨季时集聚少量上层滞水
残坡积粉质黏土②	3.35×10-6	微透水	弱
残积粉质黏土③	3.68×10-6*	微透水	弱
强风化炭质灰岩④	3.50×10-5	弱透水	弱
中风化炭质灰岩⑤	8.00×10-6	微透水	弱

注：带*为经验值。

3.2.3场地地下水类型及赋存条件

勘察期间，场地地下水主要为上层滞水及基岩裂隙水。

上层滞水主要分布在场内填土①较厚区域，其动态变化受大气降雨、气候变化及生产、生活用水排放影响，水量不大，易与地表水连通。根据完成的勘察钻孔统计，其初见水位埋深1.00~2.80m，标高变化在169.20~174.90m之间；稳定水位埋深1.00~2.80m，标高变化在169.20~174.9.00m之间。

裂隙水主要赋存于炭质灰岩岩溶裂隙中，根据完成的勘察钻孔统计，其初见水位埋深14.60~21.00m，标高变化在149.20~159.73m之间；稳定水位埋深12.00~18.30m，标高变化在153.83~159.07m之间，具承压性，承压水头约0.00~4.80m。

由于本次野外作业工期较短，地下水随季节变化较大，实测的地下水稳定水位与设计、施工期间的地下水位会存在一定的差别，设计、施工时应予注意。

3.2.4地下水补、径、排条件及动态变化规律

上层滞水主要接受大气降雨及生产、生活用水排放补给，向低洼地段（填土深、厚地段）排泄，同时以蒸发形式向大气排泄，随降雨量及气候变化，其水位动态变化较大。根据对场地的调查情况和经验，一般水位年变幅约1~3m。

基岩裂隙水（岩溶裂隙水）主要接受上部上层滞水越流补给及侧向径流补给，并由地势较高地段向地势较低地段径流、排泄，水量及连通性受基岩裂隙发育程度控制，各地段变化较大，分布不均匀。本场地基岩为二叠系灰岩，富水性极不均匀，浅部岩石裂隙或溶蚀较发育，溶蚀裂隙地带为相对富水带，深部基岩较完整，基岩完整地段地下水较贫乏。因本场地未作地下水位长期观测，尚无地下水年变化幅度资料。根据地区经验，建议基岩裂隙水水位变化幅度按2~5m考虑。

3.2.5地下水、土对建筑材料的腐蚀性

场地上层滞水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性；基岩裂隙水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性；场地填土对混凝土结构具微腐蚀性（腐蚀介质为SO₄²⁻），对钢筋混凝土中的钢筋具微腐蚀性。

3.3 岩土设计参数

根据原勘察报告，结合地区经验，反演分析，岩土设计参数如下：

指标	天然重度 γ	内摩擦角 Φ	凝聚力 C	临时边坡放坡高宽比（H为坡高、单位 m）		岩土体与锚固体极限粘结强度标准值 qsk, i（kPa）		岩土与挡墙底面摩擦系数μ
	kN/m3	度	kPa	H<5	H: 5~10	锚杆	土钉	
填土①	19.1	10	10	1: 1.50	1: 1.75	18	16	/

残坡积粉质黏土②	19.6	18	26	1: 1.25	1: 1.50	60	45	0.30
残积粉质黏土③	18.8	12	14	/	/	/	/	/
				H<8	H: 8~15			
强风化炭质灰岩④	22.7	27	90	1: 0.75	1: 1.00	150	110	0.40
强风化炭质灰岩结构面	/	22	50	/	/	/	/	/
中风化炭质灰岩⑤	23.9	40	800	1: 0.50	1: 0.75	1200	/	0.60

4、支护方案设计

4.1 基坑边坡设计参数及强度标准

4.1.1 设计水位：根据勘察报告，取自然地面以下1.0~2.8m；

4.1.2 设计土压力：粘性土或水位以上采用水土合算，砂性土采用水土分算，c、φ采用勘察报告中的固结快剪强度指标；

4.1.3 设计强度：

1) 水泥：42.5MPa以上水泥，各项检测指标应达到相关规范要求；

2) 混凝土：商品砼，详见各剖面图和大样图；

3) 钢筋：φ表示HPB300级钢筋，C表示HRB400级钢筋，C钢筋焊条采用E50型，其余钢筋焊条采用E43型，各项检测指标和焊缝要求达到设计大样图和相关规范要求。钢筋的强度标准值应具有不小于95%的保证率，普通钢筋、预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋的屈服强度标准值f_{yk}、极限强度标准值f_{stk}按《混凝土结构设计规范》（2015年版）取值；

4) 泄水管均为PVC管。

5、基坑边坡支护设计

5.1 设计原则

1) 本次南侧、东侧边坡支护为永久性结构，设计工作年限为50年。基坑支护为临时性结构，设计工作年限（自土方开挖时起算）为2年；在设计工作年限内未

经技术鉴定或设计许可，不得改变结构的用途和使用环境。当支护结构到达年限时需超期服务，应对基坑进行安全鉴定，据此确定是否需增强加固。

2) 本次设计是根据建设单位提供的相关资料及相关图纸，拟建场地岩土工程勘察报告书，结合周边环境条件及边坡支护高度确定的。基坑边坡支护**施工前应根据拟建道路建筑及结构图实地放线，复核其坑坡顶、底边线位置和标高。**

3) 本基坑 FG 段安全等级为二级，重要性系数 γ_0 取值 1.0；其余基坑支护段安全等级为三级，重要性系数 γ_0 取值 0.9；边坡安全等级为二级，重要性系数 γ_0 取值 1.0；

4) 周边环境影响的控制要求：①.周边荷载控制要求：距离坡顶边线 2m 范围内严禁堆载；2m 以外附加荷载控制要求：施工荷载 15~20kPa。施工重载车辆通行区域，地面超载取 30kPa；**坑、坡顶周边施工材料、设施或车辆荷载严禁超过上述限值。**②.基坑顶部水平位移不超过 40mm，沉降不超过 35mm（三级）；③.地表水和地下水控制：基坑、边坡顶、底设置截、排水沟，按现场实际水量布置集水井，集水明排。挡墙上设置泄水孔导出地下水。④.收集周边地下管网，支护结构予以避让和保护或要求管线改迁，管线监测。⑤.收集周边建筑物基础，支护结构予以避让和保护，建筑物监测。

5.2 基坑边坡支护设计

根据周边环境条件、岩土工程条件及基坑边坡支护高度，本项目边坡分为FG、GH两段，其中FG段采用衡重式挡土墙的支护型式；GH段采用排桩+锚索的支护型式；基坑支护分为AB、BC、CF、FG、GH、IA六段，其中AB、GH采用土钉墙的支护型式，BC、CF、FG、IA段采用坡率法支护。基槽开挖后应请勘察单位进行验槽确认并进行地基检测试验，若不满足设计或规范要求时，应采用处理措施。支护结构施工前应进行工艺性试验确定施工技术参数，发现差异应及时反馈。边坡开挖应遵循先撑后挖的原则，结构强度未达到要求前不得向下开挖或回填土方，且后续施工不得损坏支护结构、截排水设施等。**基坑回填检测合格之前均需维护支护结构或降、排水设施，严禁拆（损）。**

基坑开挖过程中应及时汇集抽排坑内积水，水量较大时应提前降水或设置止水措施。**基坑开挖至坑底标高时，应对坑底标高进行检验并及时进行坑底封闭**，并采取防止水浸、暴露和扰动基底原状土的措施。

待地下室完成养护并设置好防水后立即回填，基坑回填应排除积水，清楚虚土和建筑垃圾，填土应根据附近土源选用灰土、压实性较好的黏性土，不得采用膨胀土、淤泥质土或耕植土，砂砾或碎石含量过高时应征询地下室结构专业（满足抗浮要求），回填应分层（每层不超过 30cm）填筑压（夯）实，对称进行，压实系数应 ≥ 0.94 。也可采用素砼或搅拌流动性水泥土（28d 无侧限抗压强度 $\geq 1.0\text{MPa}$ ）灌注回填。

5.3 排水系统

5.3.1 在边坡顶、底设置 500mm×500mm 的钢筋砼排水沟，按 3‰坡度流向沉淀池。边坡截水、排水沟的设置应采取防渗措施。（若边坡顶、底排水沟与道路设计冲突或重合，以道路设计布置为准；在基坑顶、底修筑排水沟，尺寸 300×300mm，临时性支护采用 M10 水泥砂浆和 MU10 实心砖砌筑，M10 水泥砂浆抹面，厚度 $\geq 10\text{mm}$ ；

5.3.2 根据基坑施工开挖实际水量情况，布置一定数量的临时集水井（约 50m/个），尺寸 1000×1000×1000mm，用 MU10 实心砖砌筑，M10 水泥砂浆抹面，厚度 $\geq 10\text{mm}$ 。

5.3.3 抽排地下水统一汇入沉淀池，并经沉淀后方可排入市政管道。

前述截、引、抽排地下水设施共同形成排水体系，统一汇入沉淀池，并经沉淀后滤清方可排入主体或市政管道（具体位置根据主体管道下水井情况现场确定）。

上述设施若与主体排水系统有冲突，应以主体排水系统为主，进行适当调整。

6、基坑边坡支护施工技术要求

6.1 施工工序

6.1.1 土钉墙或放坡支护

基坑开挖线及坑底放线、复核→坑顶截水沟修筑→监测点（含基准点）的设置→监测初始采集→土方分段开挖至第一排土钉/短钉标高以下 **0.5m**→土钉/短钉施工→坡面挂钢筋网及喷砼→土方分段开挖至下一排土钉/短钉标高以下 **0.5m**→……→依次循环至设计基坑底标高→坑底排水沟修筑。

6.1.2 重力式挡土墙支护施工工序：

边坡临时开挖线放线、复核→坡顶截水沟修筑→监测点布置→挡墙基础土方分段开槽开挖至垫层底（每段长度≤6m）→（垫层施工前应进行地基验槽，若地基非强风化岩或承载力达不到设计要求，应采用换填等地基处理方法）垫层施工→重力式挡土墙施工→（挡墙强度≥75%）挡墙后土方分层回填压实→坡底排水沟修筑。

6.1.3 排桩+锚索支护

边坡开挖线及支护桩位放线、复核→坡顶截水沟修筑→监测点（含基准点）的设置→监测初始采集→旋挖桩试挖→旋挖孔灌注桩施工（分两序施工，需待相邻的支护施工完成 **3d** 后）→桩顶冠梁施工→土方开挖至第一排锚索标高以下 **0.5m**→桩间土处理（植筋、挂钢筋网及浇砼）施工→第一排锚索施工→腰梁施工→锚索锁定→土方开挖至下一排锚索标高下 **0.5m**→……→依此循环至设计坡底标高→坡底排水沟修筑。

6.2 施工准备

做好充分的施工准备，主要包括以下内容：

6.2.1 选择有丰富经验的施工队伍，由于该边坡周边环境复杂，地质条件复杂，施工风险大、难度大、施工技术要求高，场地工程地质和水文地质条件、施工组织对本支护工程性状影响极大，只有经验丰富的施工队伍才能确保施工安全。

6.2.2 进一步对基坑边坡周边环境进行详细调查，并编制环境调查报告。明确周边市政管线和地下建（构）筑物现状及渗漏情况，邻近建（筑）物基础形式、埋深、结构类型、使用状况；相邻区域内正在施工和使用的基坑（边坡）工程情况；相邻建筑工程打桩振动及重载车辆通行情况。支护结构施工与拆除应采取对周边环境

的保护措施，不得影响周边建（构）筑物及邻近市政管线与地下设施等的正常使用；若支护结构需爆破拆除，拆除前应对永久性结构及周边环境采取隔离防护措施。

6.2.3 应制定合理的边坡土方分层开挖方案，挖土超出每层短钉的深度不超过 0.50m，严禁超挖施工。应编制完善的施工组织设计和安全专项方案，经监理公司审查合格后方可施工。挡土墙边应设置安全护栏和明显的警示标志，夜间施工时，现场照明条件应满足施工要求。

6.2.4 施工前根据基坑边坡平面图进行现场放线，核实各部位基坑支护结构、顶底标高和边线是否与现场实际情况和总图规划相符，若有差异应及时反馈，待调整后方可进行支护结构施工或土方开挖。

6.2.5 施工前按基坑边坡安全监测方案要求建立好完善的监测体系，并做好初始值的观测，对周边地（路）面、建（构）筑物的裂缝、倾斜等已有变形痕迹要详细测量、照相或摄像保存，以便日后监测结果校核。

6.2.6 施工前应进行施工组织和安全技术交底，如实告知危险源、防范措施、应急预案等，并应作好交底记录。

6.2.7 本项目范围大，基坑边坡深度较大（高达 10.55m），支护材料用量较大，挡土墙外红线内场地狭窄，施工前应充分考虑材料成本及施工场地占用规划，支撑材料应根据施工进度计划先后进场，避免堆积过多材料导致边坡荷载过大。

6.2.8 施工前应对照勘察报告，进一步探明场地周边有无明、暗浜等不良工程地质现象，核实其分布范围和深度，该区域放坡减缓或增强支护措施。

6.2.9 施工前排查周边地下洞室、原有建筑基础等障碍物，提前做好避让、回填或挖除等处理方案，避免支护结构施工困难或受阻。超挖部位需回填应采用素土分层回填夯实，确保边坡支护结构的施工质量和连续。

6.3 土石方施工技术要求

6.3.1 基槽开挖或墙背填土过程中应避开雨天，并及时汇集抽排雨、积水，开挖后应对标高进行检验并及时进行坡面封闭防护处理，并采取封闭措施防止水浸、暴露和扰动基底原状土的措施或进行支挡结构施工。严禁下部掏挖、无序开挖作业

施工；未经设计确认严禁大面积开挖、爆破作业。边坡开挖时，应采取排水措施，坡面及坡脚不得积水。支护结构施工时应设置排水系统。边坡开挖后应及时进行防护处理，并应采取封闭措施或进行支挡结构施工。距离坑顶边线 2m 范围内严禁堆载；2m 以外坡顶超载限值为 15~20kPa。

6.3.2 土方开挖应自上而下、分层分段施工，严禁无序大开挖，每层土方开挖高度不超过 2.0m，待该层坡面处理完成后方可进行下一层土石方开挖。坡面开挖后应人工修坡，平整度达到施工规范要求，要求保证坡形平直均匀。

6.3.3 当分层分段土方开挖时发现坡面土质松散，自稳性差的地段，应减小开挖高度至 1.0~1.5m，并及时进行坡面处理，确保稳定后，方能进行下层土石方开挖。

6.3.4 开挖中如发现土层性质有变化，应修改施工方案，并及时报请建设单位会同设计、监理、地勘研究。

6.3.5 施工期间应注意水土保持，应防止在土方外运过程中对道路的污染，文明施工；并将土方运到指定弃土场，防止乱放弃土形成新的水土流失区域。

6.3.6 在边坡未挖除之前，严禁破坏支护结构或利用支护结构进行其他非本边坡支护的使用。

6.4 支护桩施工技术要求

6.4.1 支护桩大范围施工前应进行试成孔，数量不少于 2 个，验证场地土层情况，测试成桩工艺适宜性和孔壁稳定性。支护桩应分两序跳挖施工，刚完成混凝土浇筑的桩与邻桩成孔的安全距离不应小于 3 倍桩径，待相邻桩浇筑 3d 后方可开始施工另一根。桩孔内虚土和沉渣应清理干净，并用抓斗夯实孔底，桩底沉渣不得超过 100mm。

6.4.2 支护桩施工过程中，若遇到填土、砂卵石层等孔壁自稳性较差地层或暗浜，施工有困难时，应采用钢护筒或泥浆护壁，以确保施工质量及安全。施工过程中需不断检查和校正垂直度，避免成孔破坏或影响支护强度。钻机就位及吊设第一节套管时，应采用两个测斜仪贴附在套管外壁并用经纬仪复核套管垂直度，其垂直

度允许偏差应为 3%。液压套管应正反扭动加压下切。管内抓斗取土时，套管底部应始终位于抓土面下方，抓土面与套管底的距离应大于 1.0m。

6.4.3 支护桩的桩位偏差，轴线和垂直轴线方向的偏差不得大于 50mm，垂直度偏差不得大于 0.5%。不得向坑内偏差和倾斜。孔深允许偏差 0~+300mm，桩径允许偏差 0~+30mm。钢筋笼安装标高允许偏差±100mm。

6.4.4 钢筋保护层厚度为 50mm，误差≤5mm，砼充盈系数为 1.05~1.2，不得超过 1.3。

6.4.5 支护桩钢筋数量、规格长度应满足设计要求。主筋焊接搭接长度不小于 10d，单面焊焊缝长度不小于 10d（双面焊焊缝长度不小于 5d），焊缝宽度不应小于 0.8d，厚度不应小于 0.3d，两主筋端面间隙应为 2~5mm，同一截面接头面积不大于 50%，且相邻接头错开 35d（d 为主筋直径），主筋保护层厚度为 50mm，主筋间距允许偏差±10mm，箍筋间距允许偏差±20mm，钢筋笼直径偏差±10mm，钢筋笼长度允许偏差±50mm。桩纵筋的接头不得设在土层分界处和边坡底面处。

6.4.6 支护桩清孔分两次进行：第一次应在成孔完成后进行；第二次应在安放钢筋笼和导管后进行，保证桩底沉渣厚度不大于 100mm。成桩后应对孔深、桩径、桩位偏差、桩身完整性进行检验，嵌岩桩应对桩端的岩性进行检验，支护桩混凝土强度检验的试件应在施工现场随机留取。一般应在桩检测合格以后方能使用。

6.4.7 冠梁施工前，先将桩顶浮浆凿除清理干净，冠梁钢筋绑扎施工前先采用 10cm 厚 C20 素砼找平底面，冠梁中心同灌注桩中心线，冠梁尺寸和配筋详见大样图，冠梁高差变化处顺接。桩顶露出的钢筋长度应达到设计要求，冠梁上设置锚索的支护桩主筋应伸入冠梁不得少于 35d（d 为主筋直径），冠梁高度不够则弯折。

6.4.8 支护桩砼应连续浇灌，不得有断桩、离析、夹泥现象，浇灌时严禁勾带钢筋笼；砼粗骨料最大直径不大于 25mm；桩顶翻浆高度不应小于 500mm，且应保证凿除浮浆后的桩顶砼强度等级满足设计要求。

6.4.9 采用锚杆或支撑的支护结构，在未达到设计规定的拆除条件时，严禁拆除锚杆或支撑。

6.5 土钉、坡面或桩间土处理施工技术要求

6.5.1 土方开挖施工按照分层分段开挖，分层分段支护的原则进行，每层土方开挖深度不超过本层锚索或土钉孔位标高下 0.5m。开挖后立即进行坡面和桩间土处理（植筋、挂钢筋网及砼面板）。

6.5.2 土钉钻孔位于土层中时宜采用跟管钻进或干钻成孔施工，防止成孔垮土或湿法施工水浸泡软化坑壁土，孔深超过土钉长度 500mm。注浆前应将孔内残留的虚土清除干净。土钉位置的允许偏差为 100mm；土钉倾角的允许偏差为 3°；土钉杆体长度应大于设计长度；钢筋网间距的允许偏差为 ± 30 mm。

6.5.3 钢筋使用前，应调直并清除污锈；当钢筋需要连接时，宜采用搭接焊、帮条焊；应采用双面焊，双面焊的搭接长度或帮条长度应不小于主筋的 5d，焊缝高度不应小于主筋的 0.3d；对中支架的断面尺寸应符合土钉杆体保护层厚度要求。

6.5.4 土钉注浆材料采用 25Mpa 以上的水泥砂浆或水泥浆；水泥浆的水灰比宜取 0.5~0.55；水泥砂浆的水灰比宜取 0.4~0.45，同时，灰砂比宜取 0.5~1.0，拌和用砂宜选用中粗砂，按重量计的含泥量不得大于 3%。水泥浆或水泥砂浆应拌和均匀，一次拌和的水泥浆或水泥砂浆应在初凝前使用。

6.5.5 成孔后套管留在孔内，伸入注浆管（距孔底宜为 100~200mm）在套管内注浆，注浆管口应始终埋入注浆液面内，应在新鲜浆液从孔口溢出后停止注浆；待套管内注满浆液后立即将土钉插入孔内，再拔出套管（每拔 10m 套管在孔口补一次浆，直至套管全部拔出）。

6.5.6 施工完成后应对土钉的抗拔承载力进行检测，抗拔试验可采用逐级加荷法；土钉的检测数量不宜少于土钉总数的 1%，且同一土层中的土钉检测数量不应少于 3 根；土钉抗拔承载力检测值不应小于土钉轴向拉力标准值的 1.3 倍；检测土钉应按随机抽样的原则选取，并应在土钉固结体强度达到设计强度的 70% 后进行试验；

6.5.7 每层土方开挖完成后立即进行坡面或桩间处理（挂网、植筋和喷砼），喷射砼采用 C20 细石砼，挂网采用 $\Phi 8@200 \times 200$ 钢筋网，喷射细石砼厚度 100mm。坡面或桩间处理完成后并达到一定强度后再进行土钉或锚索成孔。钢筋网与坡面的

间隙应大于 20mm；钢筋网可采用绑扎固定；加强筋连接宜采用搭接焊，焊缝长度不应小于钢筋直径的 10 倍。

6.5.8 喷射砼原材料采用 42.5Mpa 以上水泥，细骨料宜选用中粗砂，含泥量应小于 3%；粗骨料宜选用粒径不大于 20mm 的级配砾石；水泥与砂石的重量比宜取 1:4~1:4.5，砂率宜取 45%~55%，水灰比宜取 0.4~0.45，根据实验室配比结果执行；喷射作业应分段依次进行，同一分段内喷射顺序应自下而上均匀喷射，一次喷射厚度为 50mm；喷射混凝土时，喷头与土钉墙墙面应保持垂直，其距离为 0.6m~1.0m；喷砼使用速凝剂等外掺剂时，应做外加剂与水泥的相容性试验及水泥净浆凝结试验，并应通过试验确定外掺剂掺量及掺入方法；喷射混凝土终凝 2h 后应及时喷水养护；喷料应搅拌均匀，随拌随用，保持砼表面平整，呈湿润光泽，无干斑或流淌现象。

6.6 化学植筋施工技术要求

6.6.1 按图纸标注的尺寸位置在现场定位后在规定位置打孔，如遇到混凝土构件内部钢筋，在不影响砼施工和强度的前提下适当偏移，若打断钢筋应及时反馈进行加筋补强或加固处理后再进行成孔。成孔深度满足 22d（单根植筋锚固深度设计值）的要求，对应孔径：25mm 钢筋设计孔径 32mm，28mm 钢筋设计孔径 35mm。

6.6.2 成孔后需清孔，采用高压风吹净孔内粉尘，再用干布蘸丙酮擦洗干净、晾干，胶粘剂按一定比例混合均匀，注入孔内至注满孔体积 2/3 为止。

6.6.3 将准备好的钢筋慢慢旋转进注胶孔内，插到最底为止，此时胶正好充满整个孔洞。将钢筋插进孔内后，如需调整位置，应在 10 分钟内调整好。调整后的钢筋在 1.5 小时内不许扰动，避免影响其锚固强度。

6.6.4 植筋时，其钢筋宜先焊后种植；若有困难而必须后焊，其焊点距基材混凝土表面应大于 15d，且应采用冰水浸渍的湿毛巾包裹植筋外露部分的根部。

6.6.5 植筋完成后应进行现场随机抽取一定数量进行检测：

1) 由相关资质检测单位对同一批号结构胶、每种型号钢筋随机抽取 3 根作为一组，同一批号的结构胶抽验应不小于两组（6 根）。

2) 若有一根钢筋的锚固强度达不到钢筋设计强度,即认为该试件不合格,须以加倍数量试件重新试验。

3) 若重新试验的试件全部合格,则试验完成,该工程施工满足设计要求,并根据现场检测情况由设计、建设单位和监理等参建方确定是否对不合格试件进行补筋。

4) 若重新试验的试件中仍有一个不合格,则须对全部钢筋作现场检测,并作好记录。对不合格钢筋根据现场检测情况进行补筋。

6.6.6 其余施工要求尚应满足《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2013)的相关要求。

6.7 钢管注浆施工技术要求

6.7.1 注浆目的:改善边坡土体工程性能,同时注浆钢管作为锚杆拉筋。

6.7.2 注浆管埋设:全孔埋设 $\Phi 48$ 注浆钢管,壁厚3.5mm(斜向),孔口附近1m段管采用砂浆或粘性土堵塞密实。

6.7.3 注浆:注浆采用(1、3、5...)跳孔进行。

1) 注浆压力:地面以下3m范围内控制在0.3~0.5MPa,3m以下控制在0.6~1.5MPa,注浆材料采用P.O42.5纯水泥浆,由稀至浓进行灌注,水灰比控制在0.8~0.45。注浆量以地面或建筑物不产生隆起、跑浆等异常情况为宜。

2) 注浆结束标准:以注浆量或注浆压力为控制标准

(1) 每米注浆量(水泥用量 $\geq 50\text{kg}$);②注浆压力 \geq 设计压力,并持续10 min,即结束注浆。

6.7.4 施工中的注意事项:

1) 坚持干法、跳孔、分段施工的原则,避免施工对周边建(构)筑物产生不良影响。

2) 控制注浆量,避免注浆过大产生地面及建(构)筑物隆起或堵塞地下管网。

3) 在注浆施工过程中,应对周边建筑物加强观测,增加观测点及加密观测次数,以指导施工。

4) 严格按信息化施工,发现问题及时调整施工工艺、工法,必要时应停止施工,调整方案。

6.8 挡土墙施工技术要求

6.8.1 挡土墙基础的埋置深度应符合以下要求:位于斜坡地面的山坡挡墙,其墙趾埋入深度当地层为软质岩或土质时应 $\geq 1000\text{mm}$,当地层为硬质岩时应 $\geq 600\text{mm}$ 。

6.8.2 挡土墙墙顶用水泥砂浆抹平,厚度20mm。

6.8.3 挡土墙采用的毛石强度不得低于30MPa,采用的砂浆强度等级不得低于M10,砌体的自重必须达到 23kN/m^3 。按挡土墙分段长,整段进行一次性浇灌,分段处应按施工缝处理,即先进行凿毛,将松散部分的砼及浮浆凿除,并用水清洗干净。砼浇灌从低处开始分层均匀进行,分层厚度一般为30cm,采用插入式振捣器振捣,振捣棒移动距离不应超过其作用半径的1.5倍,并与侧模保持5~10cm的距离,切勿漏振或过振。在砼浇灌过程中,如表面泌水过多,应及时将水排走或采取逐层减水措施,以免产生松顶,浇灌到顶面后,应及时抹面,定浆后再二次抹面,使表面平整。

6.8.4 挡土墙每隔20m设置一道伸缩缝,伸缩缝宽度为20mm,缝内沿墙的内、外、顶三边填塞沥青麻筋或涂沥青木板,塞入深度不小于200mm,填塞时要做到缝宽均匀、缝身竖直,填塞密实、无空洞,外表光洁。

6.8.5 挡土墙顶部设置临时防护栏杆,设置的栏杆要求能够具备水平承载力不低于 1.0kN/m ,永久性防护栏杆应根据景观设计进行施工。

6.8.6 挡墙强度达75%以上时,方可回填墙背填料,墙背反滤层应跟随填土施工。墙背回填要均匀,摊铺要平整,逐层填筑,逐层夯实,每层压实厚度 $\leq 30\text{cm}$,墙后填土压实度与附近场地或道路路基的压实度一致,且压实度 ≥ 0.94 。当墙背后全部为填土时,应将墙背后3H范围内的植被铲除干净,并将地表挖成台阶型。墙背填料就近选用场地内土源,尽量选用抗剪强度高和透水性强的砾石或沙土。填土宜先采用场地内粉质黏土或岩屑回填,应按分层压实回填(每层厚度不超过300mm),不得选用膨胀土、淤泥质土、根植土生活垃圾等做填料,分层夯实。确保墙背反滤层和泄水孔的施工质量,底部泄水孔以下至底板以上应设夯实粘土隔水层,立板墙

顶部地面下设置夯实粘土隔水层厚度 0.5m。反滤层采用配合比为（粒径 20mm）粗砾或碎石：（粒径 1~4mm）砂砾或石屑=6:4 的强透水性材料，厚度详见各剖面或大样图，外包两层 300~400g/m² 土工布。

6.8.7 临时开挖基槽时应采用跳槽开挖方式，开挖长度≤10m，挖一段，浇筑一段，保证周边建（构）筑物及施工人员的安全。为避免有限范围填土沿临时开挖面产生滑动，应将开挖面挖成凸凹不平状；回填时，与开挖面接触约 1m 左右厚的填料采用砂类土，并仔细夯实。基槽开挖应提前组织勘察单位和监理单位进行验槽，地基承载力特征值要求≥350kPa，若挡墙地基土达不到承载力要求时，应采用换填等地基处理方法。地基基槽（坑）开挖时，当发现地质条件与勘察成果报告不一致，或遇到异常情况时，应停止施工作业，并及时会同有关单位查明情况，提出处理意见。地基基槽（坑）验槽后，应及时对基槽（坑）进行封闭，并采取防止浸、暴露和扰动基底土的措施。

6.8.8 换填地基要求：①.换填材料可选用级配良好碎石、粗砂、中砂等，砂石的最大粒径不宜大于 50mm，或采用体积配合比 3:7 的灰土石灰宜选用新鲜的消石灰，其最大粒径不得大于 5mm。土料宜选用粉质黏土，土料应过筛且最大粒径不得大于 15mm。填料不得含植物残体、松软杂质、垃圾等杂质。②.砂石宜用振动碾压，灰土采用平碾或柴油夯，具体施工方法、分层铺填厚度、每层压实遍数宜通过现场的试验确定。③.每层厚度不得超过 30cm，为保证分层压实质量，应控制机械碾压速度。上下两层的缝距不得小于 500mm，且接缝处应夯压密实。换填的施工质量检验应分层进行，并应在每层的压实系数符合设计要求后铺填上层。灰土拌合均匀后，应当日铺填夯压；灰土夯压密实后，3d 内不得受水浸泡。换填验收合格后，应及时进行基础施工。④.质量检测：a.对灰土换填的施工质量可选用环刀取样、静力触探、轻型动力触探或标准贯入试验等方法进行检验；b.对碎石换填的施工质量可采用重型动力触探试验等进行检验。压实系数可采用灌砂法、灌水法或其他方法进行检验，实系数 $\lambda_c \geq 0.94$ 。⑤.检测数量要求：采用环刀法检验换填的施工质量时，取样点应选择位于每层厚度的 2/3 深度处。检验点数量，每 10m~20m 不应少于 1 个点；采

用标准贯入试验或动力触探法检验垫层的施工质量时，每分层平面上检验点的间距不应大于 4m。

6.9 锚杆（索）施工技术要求

6.9.1 锚索钻孔应超出钢绞线末端 500mm，成孔前应对孔位标识。

6.9.2 锚索施工前应编制好分项组织设计，挖土方作业必须与锚索施工配合，每层挖土方作业面应在锚索孔标高 500mm 处，严禁超挖，并平整好锚索安装范围内场地，以方便锚索施工。

6.9.3 锚索大面积施工前应进行基本试验，以验证锚索的成孔可行性和施工参数。试验及后续成孔过程中取出的土体特征应按孔号逐一加以记录，并及时与设计所认定的土层加以比较，发现偏差较大时，根据 3.4 条表中锚杆的极限粘结强度标准值 q_{sk} 值及时修改锚索设计施工参数。

6.9.4 钻孔位于松散土层、砂层及圆砾等强透水层中时应采用跟管钻进成孔施工，防止成孔垮土或湿法施工水浸泡软化坑壁土，孔深超过锚索长度 500mm，孔深允许偏差±30mm，孔位允许偏差±50mm，孔距允许偏差±100mm，自由段的套管长度允许偏差±50mm，锚杆长度和孔径不应小于设计长度，钻孔倾角允许偏差 3°，当成孔过程中遇有障碍需调整孔位时，不得损害支护原定的安全程度。

6.9.5 钢绞线置入孔中前，应先装上对中用定位托架，保证钢绞线形成一体，处于钻孔的中心部位，托架沿拉筋长的间距为 2.00m，托架的构造应不妨碍浆体自由流动，托架可为金属或塑料件。

6.9.6 锚索均采用二次注浆，第一次采用重力或低压（0.4~0.6Mpa）灌浆，采用底部灌浆方式，导管底端插入孔底，在灌浆同时，将导管缓慢的以匀速撤出，导管的出浆口应始终处于孔中浆体的表面以下，保证孔中气体、浆液、水等能全部逸出，第二次注浆采用高压注浆（2~3Mpa），孔口设止浆塞，在首次灌浆初凝后 2~4h 内向孔中二次灌注水泥净浆，注满后保持压力 5~8min。

6.9.7 灌浆材料用 42.5Mpa 水泥，注浆体强度 M30，浆体应按配合比配制，一次灌浆宜选用灰砂比 1: 1~1: 2，水灰比 0.4~0.45 的水泥砂浆，灰砂比宜取 0.5~1.0，或水灰比 0.5~0.55 的水泥净浆；二次高压注浆宜使用水灰比 0.5~0.55 的水泥净浆，

适量加入外加剂以促进早凝剂和控制泌水，施工时当浆体和易性不能满足要求时应通过外加化学减水剂来解决，不准任意加大用水量，浆体应搅拌均匀，防止混入杂物堵管。

6.9.8 锚索防腐等级为 II 级：①锚头采用过渡管，锚具用混凝土封闭或用钢罩保护；②自由段采用注入油脂外套波纹管防腐，套管两端 100~200mm 长度范围内用黄油充填，外绕扎工程胶布固定，波纹管两端扎紧，防止浆液进入；③锚固段采用注入水泥浆的波形管。

6.9.9 预应力锚索的张拉锁定应符合下列要求：

(1) 当锚索固结体的强度达到 20Mpa 或设计强度的 80%后，方可进行锚索的张拉锁定；

(2) 拉力型钢绞线锚索宜采用钢绞线束整体张拉锁定的方法；

(3) 锚索锁定前，应按 1.5 倍轴向拉力标准值进行锚索预张拉；锚索张拉应平缓加载，加载速率不宜大于 0.1Nk/min；在张拉值下的锚索位移和压力表压力应能保持稳定，当锚头位移不稳定时，应判定此根锚索不合格；

(4) 锁定时的锚索拉力应考虑锁定过程的预应力损失量；预应力损失量宜通过对锚定前、后锚索拉力的测试确定；缺少测试数据时，锁定时的锚索拉力可取锁定值得 1.1 倍~1.15 倍；

(5) 锚索锁定应考虑相邻锚索张拉锁定引起的预应力损失，当锚索预应力损失严重时，应进行再次锁定；锚索出现锚头松弛、脱落、锚具失效等情况时，应及时进行修复并对其进行再次锁定；

(6) 当锚索需要再次张拉锁定时，锚具外杆体长度和完好程度应满足张拉要求。

6.9.10 锚索施工前应仔细核查周边建筑基础位置处或阳角处的相互关系，成孔过程中应采取措施（调整锚索倾角，方向）避免锚索位于邻近建筑物桩基底部及打入房屋基础或发生串孔。

6.9.11 锚索或支撑在未达到设计规定的拆除条件时，严禁拆除锚索或支撑。

6.10 边坡的维护要求

6.10.1 未经设计确认严禁大面积开挖、爆破作业。

6.10.2 土质边坡开挖时，应采取排水措施，坡面及坡脚不得积水。

6.10.3 岩质边坡开挖爆破施工应采取避免边坡及邻近建（构）筑物震害的工程措施。

6.10.4 边坡开挖后应及时进行防护处理，并应采取封闭措施或进行支挡结构施工。

6.10.5 施工期及竣工后两年，应定期巡视周边环境情况与对应监测数据对比，直至边坡稳定，边坡稳定影响范围内的堆载，不得超过设计要求的荷载限值。

6.10.6 支挡结构应定期排查，发现破损及时修复。对周边截、排水系统和泄水孔进行排查，发现堵塞、封堵或失效，应进行修复、疏通或在邻近补增并做好反滤措施，在雨天进行排查验证，确保能够泄水和排水通畅。

6.11 基坑的维护要求

6.11.1 基坑土方开挖的顺序应与设计工况相一致，严禁超挖；基坑开挖应分层进行，基坑开挖尚应均衡进行；基坑开挖不得损坏支护结构、降水设施和工程桩等。

6.11.2 基坑周边施工材料、设施或车辆荷载严禁超过设计要求的地面荷载限值。

6.11.3 基坑开挖至坑底标高时，应及时进行坑底封闭，并采取防止水浸、暴露和扰动基底原状土的措施。

6.1.4 基坑回填应排除积水，清除虚土和建筑垃圾，填土应按设计要求选料，分层填筑压实，对称进行，且压实系数应满足设计要求。

7、基坑边坡支护变形观测方案

基坑边坡支护变形监测应委托第三方监测，施工单位和监测单位应同时进场，基坑边坡工程施工前，应编制基坑边坡工程监测方案。监测应按审查通过的监测方案和现行规范的相关要求进行，监理方应进行旁站，确保监测数据真实有效；

7.1 监测目的

基坑边坡工程进行现场监测的目的：

7.1.1 为施工及时提供监测结果和信息，使参建各方能够完全客观真实地把握工程质量，掌握工程各部分的关键性指标和所处的状态；

7.1.2 对可能发生危及支护工程本体和周围环境安全的隐患进行及时、准确的预报，确保支护结构和相邻环境的安全；

7.1.3 在施工过程中通过实测数据检验工程设计所采取的各种假设和参数的正确性，及时改进施工技术或调整设计参数以取得良好的工程效果，做好优化设计和信息化施工。

7.2 监测方法及内容

7.2.1 监测方法

基坑边坡工程的现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法。

7.2.2 监测内容

1) 仪器监测

根据本场地岩土工程地质、水文质条件、基坑边坡安全等级、周边环境条件及《建筑基坑工程监测技术标准》(GB50497-2019)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2018)等规程规范，本基坑支护 FG 段按二级基坑进行监测，其余支护段按三级基坑进行监测，基坑部分应监测至基坑回填，监测内容主要为：

区段安全等级		二级	三级
监测项目			
坑顶水平位移		应测	应测
坑顶竖向位移		应测	应测
土体深层水平位移		应测	应测
地下水位		应测	应测
锚索/土钉拉力		宜测	宜测
周边地表竖向位移		应测	应测
周边建（构） 建筑物变形	竖向位移	应测	应测
	倾斜	应测	宜测
	水平位移	应测	应测

区段安全等级		二级	三级
监测项目			
	裂缝	应测	应测
周边地下管线变形		应测	应测
周边道路竖向位移		应测	宜测

边坡按二级进行监测，应监测至挡土墙竣工后两年，监测内容主要为：

区段安全等级	测点布置位置	二级
边坡监测项目		
坡顶水平位移和垂直位移	支护结构顶部或预估支护结构变形最大处	应测
地表裂缝	墙顶背后 1.0H（岩质）~1.5H（土质）范围内	应测
坡顶建（构）建筑物变形	边坡坡顶建筑物基础、墙面和整体倾斜	应测
降雨、洪水与时间关系	-	应测
锚杆（索）拉力	外锚头或锚杆主筋	选测
支护结构变形	主要受力构件	选测
支护结构应力	应力最大处	选测
地下水、渗水与降雨关系	出水点	选测

2) 巡视检查内容（视情况确定）

①支护结构成型质量；②喷砼面板有无裂缝出现；③有无影响观测工作的障碍物；④坑（坡）后土体有无裂缝、沉陷及滑移；⑤有无涌土、流沙、管涌；⑥周边管道有无破损、泄漏情况；⑦周边建筑有无新增裂缝出现；⑧周边道路（地面）有无裂缝、沉陷；⑨邻近基坑及建筑的施工变化情况；⑩开挖后暴露的土质情况与岩土勘察报告有无差异；⑪土方开挖分段长度、分层厚度及结构设置是否与设计要求一致；⑫场地地表水、地下水排放状况是否正常，降水、回灌设施是否运转正常；⑬周边地面有无超载；⑭监测基准点、监测点完好状况；⑮监测元件的完好及保护情况。

7.3 基坑监测的相关要求

7.3.1 基坑监测点的布设

1) 支护结构的水平位移和垂直位移监测

坑（坡）顶水平和垂直位移监测点可共用：沿坑顶每隔 15~20m 布置一个监测点，监测点距坑（坡）顶边线约 0.3m（可置于顶梁上，用铆钉枪射入铝钉以便观测），另应在周边建（构）筑物上布设监测点，可埋设 1Φ16 L=150mm 的 HRB335 普通螺纹钢，埋设完钢筋后须灌入 M15 强度的水泥浆加固短筋根部，(监测点平面位置详见监测点平面布置图)。工作基点埋深深度不小于 20cm，且应布于侧壁的延长线上。

2) 深层位移监测

土体深层水平位移监测点宜布置在基坑周边中部、阳角处及有代表性的部位。监测点水平间距为 20~50m，且每边监测点数目不小于 1 个。用测斜仪观测深层水平位移时，当测斜管埋设在围护墙体内，测斜管长度不小于围护墙的深度；测斜管埋设在土体中，测斜管不小于基坑开挖深度的 1.50 倍，并应大于围护墙的深度。以测斜管底为固定起算点，管底应嵌入到稳定的土体中。

3) 地下水位监测

地下水位监测点应沿基坑、被保护对象的周边或在基坑与被保护对象之间布置，监测点间距 20~50m。相邻建筑、重要的管线或管线密集处应布置水位监测点。水位观测管的管底埋置深度应在最低设计水位或最低允许地下水位之下 3~5m。承压水水位观测的滤管应埋置在所测得承压含水层中。

7.3.2 变形允许值、报警值、监测周期及精度等级

根据《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）、《建筑基坑工程监测技术标准》(GB50497-2019)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2018)等规程规范及本基坑的具体情况，将基坑支护段位移变形的允许值、报警值、监测周期及精度等级等建议于下表：

监测项目		监测等级	累计值		变化速率 (mm/d)	精度要求 (mm)	监测周期
			绝对值(mm)				
水平位移	支护结构	二级	---	40	2	≤1.5	
	支护结构	三级	---	55	5	≤2.0	
垂直位移	支护结构	二级	---	30	2	≤1.5	
	支护结构	三级	---	40	3	≤1.5	
深层水平位移	土体	三级	---	60	4	---	
土钉内力		三级	---	75%f	---	---	
裂缝观测	地表裂缝	---	---	10（既有裂缝）	持续发展	---	

监测项目		监测等级	累计值		变化速率 (mm/d)	精度要求 (mm)	监测周期
			绝对值(mm)				
				2（新增裂缝）			

- 注：1、累计值取绝对值和相对高度(h)控制值两者的小值，f—设计极限值（锚杆为 1.2 倍标准值）。
- 2、当监测项目的变化累计值达到表中累计值的 70%或变化速率连续 3d 到达表中值时，应报警。
- 3、当建筑物倾斜度累计值达到 2/1000 或倾斜速度连续 3d 大于 0.0001H/d（H 为建筑承重结构高度）时应报警。
- 4、当坡顶邻近建筑物出现新裂缝、原有裂缝有新发展应报警。
- 5、当地下水位变化累计值达到 1000mm 或变化速度大于 500mm/d 时应报警。

当基坑工程监测数据超过预警值，或出现基坑、周边建（构）筑物、管线失稳破坏征兆时，应立即停止基坑危险部位的土方开挖及其他有风险的施工作业，进行风险评估，并采取应急处置措施。

当出现下列情况之一时，必须立即进行危险报警，并应通知有关各方对基坑支护结构和周边环境保护对象采取应急措施：

- 1) 支护结构的位移值突然明显增大或底部出现流砂、管涌、隆起、陷落等；
- 2) 支护结构的支撑或锚杆体系出现过大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象；
- 3) 基坑周边建筑的结构部分出现危害结构的变形裂缝；
- 4) 基坑周边地面出现较严重的突发裂缝或地下空洞、地面下陷；
- 5) 基坑周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等；
- 6) 出现基坑监测单位提出的其他危险报警情况，或根据当地工程经验判断，出现其他必须进行危险报警的情况。

7.3.3 监测频率

本次基坑监测频率采取定时与跟踪相结合的方法。具体监测频率见下表：

监测等级	施工进度		监测频率
三级	开挖深度 H	≤H/3	1 次/4d
		H/3~2H/3	1 次/3d
		2H/3~H	1 次 2d
	底板浇筑后时间（d）	≤7	1 次 2/d
		7~14	1 次/3d

二级			14~28	1 次/7d
			>28	1 次/12d
	开挖深度 H		≤H/3	1 次/3d
			H/3~2H/3	1 次/2d
			2H/3~H	1 次/d
	底板浇筑后时间（d）		≤7	1 次 2/d
			7~14	1 次/3d
			14~28	1 次/7d
			>28	1 次/10d

当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1) 监测数据达到报警值；
- 2) 监测数据变化较大或者速率加快；
- 3) 存在勘察未发现的不良地质；
- 4) 超深、超长开挖或未及时加撑等违反设计工况施工；
- 5) 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏；
- 6) 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计限值；
- 7) 支护结构出现开裂；
- 8) 周边地面突发较大沉降或出现严重开裂；
- 9) 邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂；
- 10) 基坑底部、侧壁出现管涌、渗漏或流沙等现象。

7.4 边坡监测点的布设

7.4.1 支护结构的水平位移和垂直位移监测

坡顶水平和垂直位移监测点可共用：沿坡顶每隔 15m 布置一个监测点，监测点距坑顶边线约 0.3m（可置于顶梁上，用铆钉枪射入铝钉以便观测），另应在周边建(构)筑物上布设监测点，可埋设 1Φ16 L=150mm 的 HRB335 普通螺纹钢，埋设完钢筋后须灌入 M20 强度的水泥浆加固短筋根部，(监测点平面位置详见监测点平面布置图)。工作基点埋深深度不小于 20cm，且应布于边坡侧壁的延长线上。

7.4.2 深层位移监测

土体深层水平位移监测点宜布置在边坡周边中部、阳角处及有代表性的部位。监测点水平间距为 20~50m，且每边监测点数目不小于 1 个。用测斜仪观测深层水平位移时，当测斜管埋设在围护墙体内，测斜管长度不小于围护墙的深度；测斜管埋设在土体中，测斜管不小于开挖深度的 1.50 倍，并应大于围护墙的深度。以测斜管底为固定起算点，管底应嵌入到稳定的土体中。

7.4.3 支护结构应力监测

梁内力监测点应布置在受力、变形较大且有代表性的部位。监测点数量和水平间距视具体情况而定。竖直方向监测点应布置在弯矩极值处，竖向间距宜为 2~4m。

7.4.4 地下水位监测

地下水位监测点应沿边坡、被保护对象的周边或在边坡与被保护对象之间布置，监测点间距 20~50m。相邻建筑、重要的管线或管线密集处应布置水位监测点。水位观测管的管底埋置深度应在最低设计水位或最低允许地下水位之下 3~5m。承压水水位观测的滤管应埋置在所测得承压含水层中。

7.4.5 锚杆（索）拉力及预应力损失值内力监测

锚杆的内力监测点应选择在受力较大且有代表性的位置，边坡每边中部、阳角处和地质条件复杂的宜布置监测点。每层锚杆的应力监测根数不宜少于锚索总数的 10%，且均不应少于 3 根。各层监测点位置在竖向上宜保持一致。每根杆体上的测试点宜设置在锚头附近和受力有代表性的位置。

7.4.6 变形允许值、报警值、监测周期及精度等级

根据《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）、《建筑基坑工程监测技术标准》(GB50497-2019)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2018)等规程规范及本边坡的具体情况，将边坡位移变形的允许值、报警值、监测周期及精度等级等建议于下表：

监测项目	边坡等级	累计值		变化速率 (mm/d)	精度 等级	精度 要求 (mm)	监测周期
		绝对值(mm)					
水平位移	二级	---	40	3	二级	<2.0	边坡开挖

垂直位移		二级	---	30	2	二级	<2.0	起至边坡竣工后两年并不再抽取地下水止；
深层水平位移		二级	---	45	2	二级	<2.0	
锚索内力		二级	---	70% <i>f</i>	---	---	---	
建筑物位移	水平	---	---	15	2	---	---	---
	垂直	---	---	15	2	---	---	---
	倾斜度	---	---	2‰	<0.1‰	---	---	---
裂缝观测	地表	---	---	10（既有裂缝）	持续发展	---	---	---
				2（新增裂缝）				

注：1、累计值取绝对值和相对边坡高度(*h*)控制值两者的小值，*f*—设计极限值（锚杆为 1.5 倍标准值）。

2、当监测项目的变化累计值达到表中累计值的 70%或变化速率连续 3d 到达表中值时，应报警。

3、当建筑物倾斜度累计值达到 2/1000 或倾斜速度连续 3d 大于 0.0001*H*/d（*H* 为建筑承重结构高度）时应报警。

4、当坡顶邻近建筑物出现新裂缝、原有裂缝有新发展应报警。

5、当地下水位变化累计值达到 1000mm 或变化速度大于 500mm/d 时应报警。

7.5 监测周期

本次边坡设计为永久性支护，监测周期为边坡开挖至边坡支护竣工后两年且变形趋于稳定。

7.6 注意事项

- 7.6.1 本边坡为永久性支护，监测周期为边坡开挖至边坡支护竣工后两年。施工前应建立观测网点，取得各监测数据的初始值；对周边建（构）筑物进行调查；对存在的问题进行拍照记录。
- 7.6.2 在施工开挖过程中，应对坡顶的侧向位移进行监测，当位移与当时的坡高之比超过 1‰数值时，应密切加强观察并及时对支护采取加固措施；
- 7.6.3 发生异常情况或在 24 小时内其位移值超过 8mm 时，应立即停止开挖，并应立即查清原因和采取措施，方能继续开挖。
- 7.6.4 大面积开挖或上部有大面积堆载时，应加大深层水平位移及桩体内力监测频率。

8、基坑边坡支护质量检验与验收

- 所有支护结构的施工质量检验应满足《建筑边坡工程技术规程》(JB50330-2013)等规范的有关标准和规定进行检验，检测点的数量和频率应满足上述规范要求。
- 8.1 支护结构的原材料质量检验应包括下列内容：①.材料出厂合格证检查；②.材料现场抽检；③.砂浆和混凝土的配合比试验，强度等级检验。
- 8.1 锚杆（索）施工前应进行基本试验，专门用于基本试验的非工作锚杆（索）应不少于 3 根。
- 8.2 锚杆（索）抗拔承载力的检测应符合下列规定：
- 1) 验收试验锚杆的数量取每种类型锚杆总数的 5%，且均不得少于 5 根；
- 2) 检测试验应在锚固段注浆固结体强度达到 20MPa 或达到设计强度的 80%后进行；
- 3) 检测锚杆（索）应采用随机抽样的方法选取，质监、监理、业主或设计单位对质量有疑问的锚杆也应抽样作验收试验；
- 4) 抗拔承载力检测值应大于 1.5 倍轴向拉力标准值；
- 5) 检测试验应按《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）附录 C 的验收试验方法进行；
- 6) 当验收锚杆不合格时应按锚杆总数的 30%重新抽检；若再有锚杆不合格时应全数进行检验。并及时通知设计单位，以便设计单位根据检测结果复核确定是否在同排还是下排锚索高度相邻位置增加锚索或锚索长度。
- 8.3 锚索浆体强度检验用试块的数量每 30 根锚杆不应少于一组，每组试块应不少于 6 个。
- 8.4 钢筋位置、间距、数量和保护层厚度可采用钢筋检测仪复检，当对钢筋规格有怀疑时可直接凿开检查。
- 8.5 基坑支护段：应进行面层喷射混凝土的现场试块强度试验，每 500m² 喷射混凝土面积的试验数量不少于一组，每组试块不少于 3 个；墙面喷射砼厚度应采用

钻孔检测，点数宜每 500m² 面积一组，每组不应少于 3 个。全部检测点的面层厚度平均值不应小于厚度设计值，最小厚度不应小于设计厚度设计值的 80%。

8.6 基坑或边坡回填时，应对回填施工质量进行检验，压实系数 ≥ 0.94 。

8.7 注浆检验应在注浆结束 28d 后进行，可采用标贯、轻型动力触探或静力触探进行加固地层的均匀性检测，ABC 段加固土体深度范围每隔 1m 取样进行室内试验，确保满足加固土体强度（ $C_k \geq 15\text{kPa}$ ， $\phi_k \geq 13^\circ$ ）。检验点不少于注浆孔数的 2%~5%，当检验点合格率小于 80%，应对不合格的注浆区实施重复注浆。

8.8 土钉施工前应进行基本试验，专门用于基本试验的非工作土钉应不少于 3 根。

8.9 土钉抗拔承载力的检测应符合下列规定：

1) 土钉检测数量不宜少于土钉总数的 1%，且同一土层中的土钉检测数量不应少于 3 根；

2) 土钉抗拔承载力检测值不应小于土钉轴向拉力标准值的 1.2 倍；

3) 检测土钉应采用随机抽样的方法选取；

4) 检测试验应在注浆固结体强度达到 10MPa 或达到设计强度的 70%后进行；

5) 应按《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)附录 D 的试验方法进行；

6) 当检测的土钉不合格时，应扩大检测数量。

8.10 所有支护桩均应对混凝土强度、桩身完整性和深度进行检测，且应进行成桩质量和桩身强度检测，嵌岩支护结构应对桩端的岩性进行检验。桩长超过 15m 时，应采用声波透射法检验桩身完整性；当对桩身质量有怀疑时，还可采用钻芯法进行复检；其余支护桩采用低应变动测法检验，对低应变检测结果有怀疑的灌注桩，应采用钻芯法进行补充检测。钻芯法应进行单孔或跨孔声波检测，混凝土质量与强度评定按国家现行有关标准执行。

8.11 挡土墙厚度和强度的检验应符合：①.可用凿孔法或钻孔法检测厚度；②.厚度平均值应大于设计厚度，最小值应不小于设计厚度的 90%；③.抗压强度的检测和评定应符合国家现行标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 等的有关规定。

8.12 挡土墙基础埋深检测应符合设计及相关规范要求。墙后回填粘土需进行压实度检测，压实度 ≥ 0.94 。

8.13 GH 段可用凿孔法或钻孔法检测面板护壁厚度，每 100m² 抽检一组。芯样直径为 100mm 时，每组不应少于 3 个点；厚度平均值应大于设计厚度，最小值应不小于设计厚度的 90%；混凝土抗压强度的检测和评定应符合国家现行标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 等的有关规定。

8.14 其余相关原材料送检及试块留置试验要求按现行相关国家及地方标准执行。

9、信息化施工和应急预案及措施

9.1 信息化施工

9.1.1 基坑边坡开挖应根据设计要求进行监测，实施动态设计和信息化施工。

9.1.2 施工期间，按要求进行变形观测，并及时将观测结果反馈给建设单位和设计单位，观测期间先合理建立监测点和观测点系统，观测细则按有关规程规范进行，雨天加密观测。

9.1.3 本次基坑边坡支护工程一是项风险较高（高度大，地质条件多变及临山体）、较大范围支护的施工工程，为了确保支护安全，必须在施工过程中实施信息化施工。

1) 在施工过程中，对支护的动态变化进行监测，并把获得的信息通过设计复核调整再反馈到施工中去，提高支护方案的科学性和合理性，使边坡经过支护后安全、可靠、稳定。为此，要求按本说明中的监测技术要求在场地或附近地段设置位移观测点，监测边坡以及邻近建筑物、道路的水平位移情况；对设计方案通过信息施工法加以补充完善。通过信息化施工，及时了解和掌握整个场地动态变化，发现异常，及时做出反应，研究相应对策，解决出现的问题，确保施工顺利进行以及边坡的稳定。

2) 当实际开挖地质资料与设计参考地质资料不同，或施工过程中发现周边环境

与设计收集资料不同时，应及时反馈给设计人员，按实际情况对原设计方案进行校核修改、完善。

3) 经检测，若支护结构质量未达到设计要求，须反馈给设计人员，对支护结构进行补强。

4) 由于各种原因，若边坡出现险情，应及时向设计汇报，采取抢险措施，同时调整设计方案与施工参数。

9.2 应急预案及措施

为了保证基坑边坡安全，各参与方须通力合作进行，采取有效的维护及应急措施，主要应做到以下几点：

9.2.1 施工单位应根据施工、使用与维护过程的危险源分析结果编制支护施工安全专项方案和应急方案，各方案应通过专家论证合格后方可进行支护施工；

9.2.2 根据勘察报告，本场地内的地下水主要为场地平整回填的填土中的上层潜水，水量不丰富，埋藏深，本边坡采用集水明排的方式处理地下水。若开挖过程中发现水量较大或无法排干，应补充降水井或其他措施，确保地下水不会对周边环境造成影响；

9.2.3 支护施工前应通过组织演练检验和评价应急预案的适用性和可操作性；

9.2.4 本支护工程变形监测数据超过报警值，或出现边坡、周边建（构）筑物、管线失稳破坏征兆时，须立即停止施工作业撤离人员，等险情排除或采取相应加固措施后方能恢复施工；

9.2.5 监测数据达到监测预警值时，应立即预警，通知有关各方及时分析原因并采取相应措施。

9.2.6 当支护工程发生险情时，应采取下列措施：

1) 边坡变形超过报警值时，应调整分层、分段土方开挖等施工方案，并采取坡脚回填反压后增加临时支撑、锚索等；

2) 周围地表或建筑物变形速率急剧加大，边坡有失稳趋势时，可采取卸载、局部或全部回填反压，待稳定后再进行加固处理；

3) 坡底隆起变形过大时，应采取坡脚加载反压、调整分区、分步开挖、及时浇筑快硬混凝土垫层等措施；

9.2.7 支护工程施工引起邻近建筑物开裂及倾斜事故时，应根据具体情况采取下列措施：

- 1) 立即停止土方开挖，回填反压；
- 2) 增设锚索或支撑；
- 3) 采取回灌、降水等措施调整降深；
- 4) 在建筑物基础周围采用注浆加固土体；
- 5) 制订建筑物的纠偏方案并组织实施；
- 6) 情况紧急时应及时疏散人员。

9.2.8 当支护工程引起邻近地下管线破裂时，应采取下列应急措施：

- 1) 立即关闭危险管道阀门，采取措施防止产生火灾、爆炸、冲刷、渗流破坏等安全事故；
- 2) 停止土方开挖，回填反压、边坡侧壁卸载。
- 3) 及时加固、修复或更换破裂管线。

10、危险性较大的分部分项工程保障措施

本次基坑边坡支护最大高度达 10.55m，根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》住建部 2018 年 37 号令，该支护属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。

基坑边坡施工前，施工单位应针对本项目的重点部位和环节编制完善的施工组织设计和安全专项方案，方案中应根据该项目特点进行危险源（如坍塌、高处坠落、机械伤害、触电火灾、物体打击、基底隆起流沙、溶洞坍塌、起重吊装、中毒和中暑等）分析和防护措施，经监理公司审查及专家论证，并严格按照施工规范规程和施工图的相关要求进行施工。周边堆载严禁超过设计要求，土方开挖严禁超挖。并加强监测和日常巡视工作，建立信息反馈制度，信息化施工，发现问题及时处理，确保施工安全。结合本工程施工特点、周边环境条件及地质情况，

结合本工程施工特点、周边环境条件及地质情况，充分考虑施工技术难度和困难、不利条件等，经多方分析，本次基坑边坡支护施工的主要重点部位和环节及保障措施详见下表：

支护施工危险性清单及预防措施表

序号	潜在危险因素	相关预防措施
1	施工工序错误	1、加强管理，严格按照设计和规范要求制定安全有效的开挖方案，每层开挖不超过 2m，并及时进行支护，同时在开挖前必须及时抽排明水，并对机械操作人员进行交底，监理单位技术人员在场旁站防止超挖； 2、进行试挖孔，严格控制坑顶荷载不得超过设计要求，对完成的支护结构进行保护； 3、加强对土方开挖的监控，确保监测数据上报的及时性，及时预警； 4、止水帷幕应进行试喷和围井试验，确保帷幕止水效果； 5、支护桩成孔中与同区段设计采用的钻孔对比，发现差异及时反馈。
2	锚索松弛	1、锚索基本试验和试成孔，确保锚索施工的可行性和有效性； 2、锚索和锁具进行试验，确保强度和耐久性； 3、确保锚索施工质量，加强预应力监测和预警。
3	管理滞后	1、加强安全教育和安全交底； 2、建设单位随时掌握现场施工情况，及时解决现场管理问题； 3、监查现场教育、交底和培训等书面资料。
4	机械操作失误	1、加强安全教育和安全交底； 2、高压线、斜坡或积水等危险部位施工时应安排技术人员在场旁站指挥； 3、严格按照专家审查合格的施工方案和专项方案中的要求进行施工； 4、停用的机械应停放在固定的场地，严禁放置坑边或对妨碍其他施工工序； 5、大型机械上坑边应查验是否超载。
5	工作环境	1、炎热、暴雨、大雾或雪天等异常天气条件下应做好劳保措施和应急预案； 2、安抚和劝慰，并解决现场施工的实际困难； 3、合理安排和调整作业时间，加强检查力度； 4、不满足施工条件严禁施工，下井前应提前通风排毒； 5、及时清理积雪或淤积物，保证截、排水畅通，夜间应确保光线和做好防护。
6	抢工期	1、严禁超挖或支护结构强度不足时开挖下一层土方； 2、避免施工人员连续加班疲劳作业； 3、严格把控施工工序和施工质量； 4、及时检查和对比，发现问题及时处理和纠正； 5、规定好作息时间，避免疲劳作业； 6、开挖至基底后及时封底，地下室施工完后及时回填。
7	交叉作业混乱	1、编制详细的施工组织设计和专项方案，并经专家组审查合格后方可施工； 2、现场及时交底和定期培训； 3、监理和技术管理人员旁站，检查和抽查，发现问题及时纠正； 4、加强监测，预警或较大变化及时分析，适时停工避险，排除险情后再进行施工； 5、严禁酒后或疲劳作业，制定合理的作息时间，确保现场施工人员精神集中。
8	应急滞后	1、加强施工人员的安全教育，严格制定安全制度并设置监管机构，设立安全警示标识； 2、编制详细的应急预案并组织演练，保留逃生通道并设置指示标识； 3、发放劳保用品，设立救援机构和物资；
9	支护结构超期	1、严格按照设计工作年限控制开挖暴露时间，及时封底和回填，不能按时完成或中途

	使用	出现停工时应及时反馈，进行加固或反压等保护措施； 2、加强监测和坑顶荷载控制； 3、主体施工和使用时应对支护结构进行保护。
--	----	---

注：其余重大危险源及预防措施，施工单位应按相关规定编制专项方案并经专家组审查合格后方可施工。

11、其他事项

11.1 未经设计认可，禁止坡顶堆载超载及增建建筑物，坡脚不得随意开挖。

11.2 本设计图纸须经审图机构审查通过并盖章后方可施工。