

光明区循环经济产业园项目场地平整工程

第三方监测方案

唐

拟同意

于

2026.9.7

李

深圳市光明区建筑工务署

2026年9月7日



目录

1 工程概况	1
2 监测目的	7
3 执行技术标准及监测依据	8
4 监测内容及工作量	8
5 监测工作的实施	9
5.1 监测基准网	9
5.1.1 沉降监测基准网	9
5.1.2 水平位移监测基准网	10
5.2 边坡水平位移监测	12
5.2.1 边坡水平位移监测点埋设	12
5.2.2 使用仪器	13
5.2.3 观测方法	13
5.3 边坡沉降监测	14
5.3.1 边坡沉降监测点布设	14
5.3.2 边坡沉降监测方法及技术要求	14
5.3.3 坡顶部竖向位移监测计算方法	16
5.4 红坳渣土场水平位移与沉降监测	16
5.5 红坳渣土场测斜监测	16
5.6 红坳渣土场自动化水平位移与沉降监测	18
5.7 外环高速水平位移与沉降监测	19
5.7 外环高速倾斜监测	19
5.8 项目重难点分析	20
5.9 巡视检查	20
5.10 监测点保护	21
5.11 测点损坏补救	21
5.11.1 测点损坏补救的原则	21
5.11.2 测点损坏补救措施	22
5.11.3 测点损坏补救的工作程序	22
5.11.4 补救的机械设备及材料	22
5.11.5 监测点补救后数据衔接	23
6 监测周期、频率与报警制度	23
6.1 边坡与红坳渣土场监测周期和频率	23
6.2 外环高速监测周期和频率	23
6.2 报警制度	23
7 监测成果提交	24
8 监测预警	25
9 应急预案及措施	25

9.1 预警预防机制	25
9.2 预警发布和响应	26
9.2.1 预警发布	26
9.2.2 预警响应	26
9.3 突发工程事故应急响应	27
9.4 生产安全事故应急响应	28
10 项目监测人员组织及拟投入的仪器设备	30
10.1 监测人员组织	30
10.2 仪器设备	31
12 附图	32

光明区循环经济产业园项目场地平整工程

第三方监测方案

1 工程概况

1.1 地形、地貌特征

光明区循环经济产业园项目场地平整工程位于深圳市光明区南部地区，凤凰街道凤凰社区、玉塘街道，外环高速以南，光明环境园西侧。

本项目工程内容：场地清表、局部填土、乔木砍伐、进场道路拓宽建设、边坡防护、场地排水及水土保持、监测设施迁改等工程，场地平整面积为 48380 平方米。



图 1.1 拟建项目位置

本项目主要为场平工程，整体地势呈南高北低的特点，勘察期间测得钻孔孔口标高在 55.17 ~ 102.97m；据了解，场地原为采石场，人工无序回填形成高边坡，于 2015 年

发生滑坡事故，后对边坡进行了放坡治理并设置排水系统，边坡现状基本稳定。原始地貌单元属低丘陵坡地。

场地平整施工期间边坡支护剖面图如下：

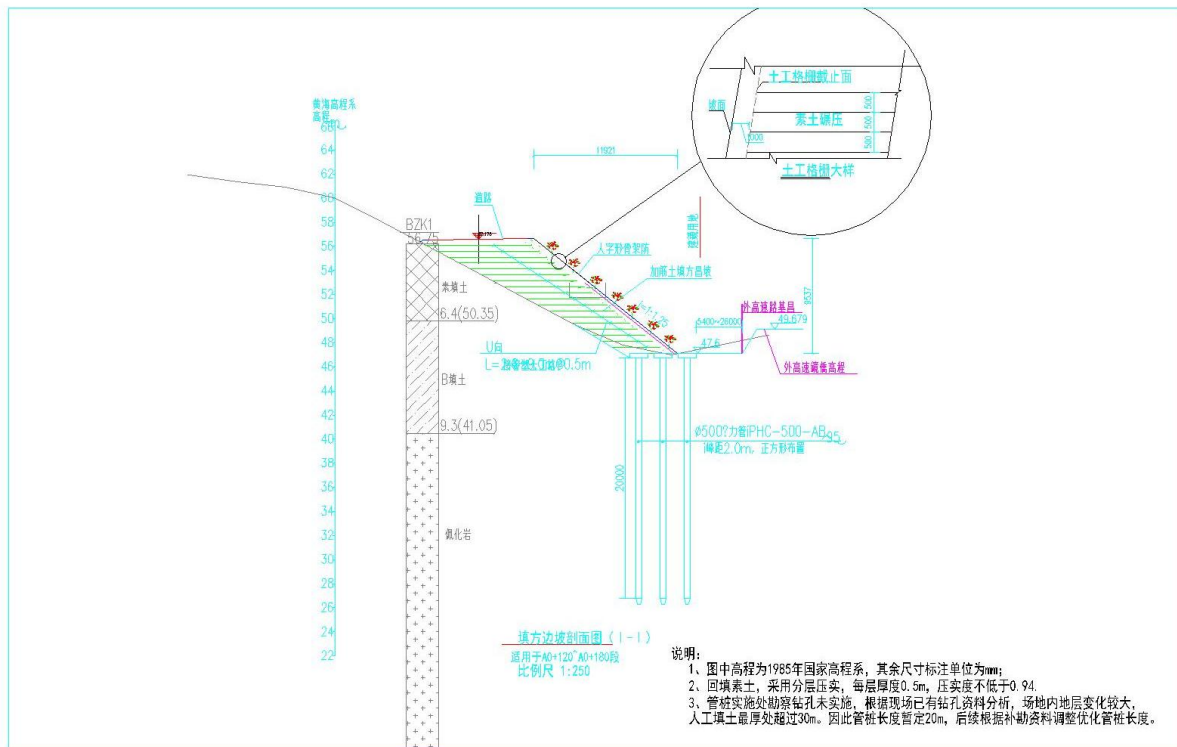


图 1.2 I-I 剖面图

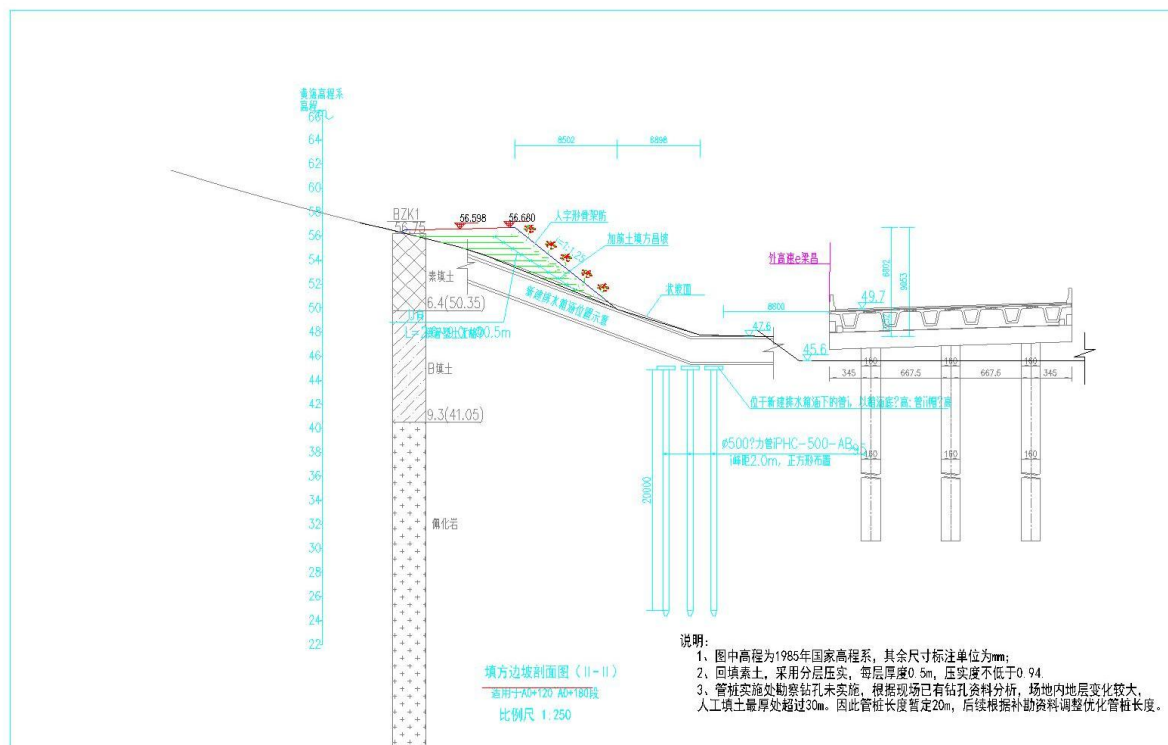


图 1.3 II-II 剖面图

1.2 地层岩性

(1) 地层岩性的划分

根据野外钻探揭露的地层,按成因时代及路基土的物理力学性质,场地地层共划分为5个岩性单元层,自上而下依次为混凝土地面、第四系人工填土层(Q^{ml})、第四系冲洪积层(Q^{al+pl})、第四系残积层(Q^{el}),下伏基岩为白垩纪燕山期花岗岩层($\eta\gamma^{5K1}$)。

(2) 地层岩性的评述

根据野外钻探结果,按各岩土层沉积时代、成因及物理力学性质进行分层,对各地层特征评述如下:

1) 混凝土地面

混凝土地面(层号为①层):该层在钻孔中揭露,厚度0.30~1.10m,平均厚度0.55m。

2) 第四系人工填土层 (Q^{ml})

场地内人工填土层成分复杂，主要有素填土、杂填土、填石三个亚类。杂填土主要成份为黏性土、砖块、混凝土碎块、生活垃圾等，主要为周边工程施工时堆填而来；素填土以黏性土、粗砾砂为主，不均匀分有风化碎石块；填石以花岗岩碎块石为主。上述填筑物多呈混合填入，堆填不序、无明显分层，在设计、施工使用中应充分注意其适用性。各层详述如下：

杂填土(层号为②-1层)：堆填时间 10 年以上，灰褐色、红褐色、灰白色等杂色，主要黏性土及风化碎石块、混凝土块、砖块、碎瓷砖、塑料袋等组成，成分混杂，硬杂含量约 20%~50%，块径在 3~15cm，干~稍湿，结构松散~稍密，未经过系统的密实处理，为欠固结土，属不均匀性地基土，高压缩性，密实度差，具微湿陷性，后期需进行加固处理。素填土(层号为②-2层)：堆填时间在 10 年以上，红褐色、灰白色、浅黄色，主要由黏性土、砂砾组成，层中局部不均匀分布有 10%的风化碎石块、混凝土块，干~稍湿，结构松散~稍密，未经过系统密实处理，为欠固结土，属不均匀性地基土，高压缩性，密实度较差，具微湿陷性，后期需进行加固处理。

填石(层号为②-3层)：该层为原采石场弃土，堆填时间在 10 年以上，灰绿色、灰白色，主要由花岗岩碎块石组成，粒径在 3~20cm，呈棱角形，稍密~中密，缝隙充充填有黏性土、砂等，级配一般，分选性较好。

3) 第四系冲洪积层 (Q^{al+pl})

淤泥质黏土(层号为③层)：灰黑色，湿，软塑~流塑，层中含有少量的腐殖质，有机质含量约 3%，局部不均匀分布有约 5%的中细砂颗粒，略有腥臭味，无摇振反应，干强度低，韧性低。

中砂(层号为③-1层)：该层在利用的 XZK103 号钻孔中揭露。褐黄色、灰白色、炭灰色，松散~稍密，饱和，石英质，分选性较好，局部含有少量的粉黏粒及腐殖质。层

顶埋深 18.70m，层顶标高 32.38m，厚度 2.20m。

4) 第四系残积层 (Q^{el})

砂质黏性土(层号为④层): 黄褐色、灰白色、浅黄色、红褐色等, 可塑~硬塑, 岩芯呈土柱状, 不均匀含约 20%~30%的石英质中粗砂, 少量砾砂, 遇水易软化, 属花岗岩残积土, 切面稍有光泽, 无摇振反应, 干强度中等, 韧性中等。

5) 白垩纪燕山期花岗岩层 ($\eta\gamma^{5K1}$)

白垩纪燕山期花岗岩层, 粗、中粒花岗结构, 块状构造, 主要矿物成分为石英、长石、黑云母等。本次勘察划分为全风化、强风化(分为土状强风化、块状强风化)、中风化和微风化四个风化带, 各风化带特征描述如下:

全风化花岗岩(层号为⑤-1 层): 红褐色、灰白色、褐黄色, 少量的灰绿色, 裂隙极发育, 除石英外各种矿物已风化呈黏性土, 岩芯呈砂土状, 水浸易软化崩解, 用合金钻头易钻进。岩石坚硬程度属极软岩, 岩体完整程度为极破碎, 岩体基本质量等级为 V 级。

土状强风化花岗岩(层号为⑤-2-1 层): 黄褐色、红褐色、灰白色, 裂隙极发育, 岩芯呈砂土状, 局部分布有少量的碎块状强风化岩块, 块径在 1~5cm, 能折断不易捻碎, 主要成分由石英、长石、云母等矿物组成, 水浸易软化崩解, 原岩结构可辨, 用合金钻头易钻进。岩石坚硬程度属极软岩, 岩体完整程度为极破碎, 岩体基本质量等级为 V 级。

块状强风化花岗岩(层号为⑤-2-2 层): 褐黄色、铁锈色、灰白色混灰色斑点, 裂隙发育, 裂面多有铁锰质浸染, 主要成分由石英、长石、云母等矿物组成, 岩芯呈块状, 半岩半土状, 部分遇水易软化, 块径在 1~10cm 不等, 风化不均匀, 层中局部分布有中风化岩, 岩质较硬。钻进时有响声, 用合金钻头不易钻进, 属软岩~较软岩, 岩体破碎, 岩体基本质量等级为 V 级。

中风化花岗岩(地层编号为⑤-3 层): (见图 4.2.2-11 中风化岩岩芯) 灰白色、

灰绿色、锈黄色等，中粒花岗结构，块状构造，由石英、长石及云母等矿物组成，节理裂隙较发育，沿裂隙面有次生矿物生成，风化不均匀，层中局部分布有强风化岩块，岩芯呈块状，块径在 2~10cm，少部分短柱状，柱长 8~20cm，锤击声哑，用金刚石钻头钻进，进尺较慢。岩石坚硬程度为较软岩~较硬岩，岩体完整程度为较破碎，岩体基本质量等级为Ⅳ级，RQD=0%~40%。

微风化花岗岩（地层编号为⑤-4层）：灰白色、灰绿色，中粒花岗结构，块状构造，由石英、长石及云母等矿物组成，节理裂隙稍发育，局部沿裂隙面有次生矿物生成，风化不均匀，层中局部分布有中风化岩，岩芯呈柱状为主，少量块状，柱长 8~40cm，块径在 4~10cm，锤击声较清脆，用金刚石钻头钻进，进尺较慢。岩石坚硬程度为较硬岩~坚硬岩，岩体完整程度为较完整，岩体基本质量等级为Ⅲ级，RQD=30%~90%。

1.3 水文地质条件

（1）地表水

勘察区现状为坡地，长满灌木杂草，勘察期间拟建场地内除排水系统坡脚沉淀池中有少量积水外未见地表水体。

（2）地下水类型

根据《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ476-2019）附录 A.0.1 条地下水类型划分，本场地地下水类型分为包气带水、潜水和承压水。

包气带水：表现特征为孔隙水

主要赋存于②-1层杂填土、②-2层素填土和局部②-3层填石中，部分位于地下水位以上；②-1层杂填土、②-3层填石水的渗透性较大，为中等~强透水层；②-2层素填土水的渗透性一般~较大，为弱~中等透水层。

潜水：表现特征为孔隙水

主要赋存于③层淤泥质黏土和④层砂质黏性土中，水的渗透性一般，为弱~微透水层。

承压水：表现特征为基岩裂隙水

赋存于⑤-1层全风化花岗岩、⑤-2-1层土状强风化花岗岩、⑤-2-2层块状强风化花岗岩、⑤-3层中风化花岗岩和⑤-4层微风化花岗岩中。

⑤-1层全风化花岗岩、⑤-2-1层土状强风化花岗岩含有少量基岩裂隙水，水的渗透性较小，属弱透水层；⑤-2-2层块状强风化花岗岩、⑤-3层中风化花岗岩，含有基岩裂隙水，受基岩节理裂隙控制，基岩裂隙水水量分布极不均匀，属中等~强透水层；⑤-4层微风化花岗岩中，含有少量基岩裂隙水，水的渗透性很小，属微透水层。基岩裂隙水因上部覆盖有黏性土，故具有承压性。

（3）地下水的补给、径流与排泄

场地内地下水主要接受大气降水的垂直入渗，以及邻近含水地层的侧向渗透的补给，通过大气蒸发及地下径流的形式排泄；下部的基岩裂隙水主要接受大气降水及地下水渗透的补给，经地下径流排泄。根据场地地势，总体趋势为南高北低，地下水总体径流方向亦受此影响，自南流向北，渗流较平缓。

2 监测目的

（1）监测施工过程中周围地层的变形情况，掌握施工中地层的变形和破坏规律，采取有效措施进行控制，确保施工质量和安全。

（2）掌握支护体系的受力和变形规律，并对其合理性、安全性、稳定性和经济性进行评价，以便优化设计方案和参数。

（3）根据地质条件和施工方法，对重要设施的影响作出定量评价，并根据其受力和变形特点，提出加固和保护方案，确保环境安全。

（4）通过现场监测结果反馈和信息化施工，及时调整施工组织，优化资源配置，选择较佳的施工时机，达到安全、优质、高效施工的目的，并为今后类似工程提供借鉴。

（5）通过监控信息反馈，进行安全和经济评价。在确保质量和安全的前提下，降低工程成本和造价，使工程投资得到有效控制。

3 执行技术标准及监测依据

- (1)《国家一、二等水准测量规范》(GB/T12897-2006);
- (2)《工程测量标准》(GB50026-2020);
- (3)《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013);
- (4)《工程测量通用规范》（GB55018-2021）
- (5)《边坡工程技术标准》(SJG85-2020);
- (6)《广东省安全生产条例》(2017 年修正);
- (7)《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(住建部令〔2018〕37 号)；
- (8)《广东省住房和城乡建设厅关于房屋市政工程危险性较大的分部分项工程安全管理的实施细则》（粤建规范〔2019〕2 号））
- (9)深圳市住房和建设局关于印发《深圳市深基坑工程管理规定》的通知（深建规〔2025〕3 号）
- (10)其它与本工程项目有关的规范、条例、法律条文及深圳地区有关管理办法、规定等；
- (11)《光明区循环经济产业园项目场地平整工程施工图设计》（电子版），中国瑞林工程技术股份有限公司，二〇二六年八月。

4 监测内容及工作量

根据《光明区循环经济产业园项目场地平整工程施工图设计》（二〇二六年八月）资料，本项目监测项目包括：边坡水平位移监测、边坡沉降监测、外环高速水平位移监测、外环高速沉降监测、外环高速倾斜监测、沉降监测基准网、水平位移基准网，另外需对红坳渣土场水平位移恢复性监测点布设、红坳渣土场沉降恢复性监测点布设、红坳渣土场测斜恢复性监测点布设、红坳渣土场自动化水平位移恢复性监测点布设、红坳渣土场自动化沉降恢复性监测点布设，具体工程量见下表 4.1。

表 4.1 监测点布设工作量统计表

编号	工作内容	数量	单位	点号	备注
----	------	----	----	----	----

1	边坡水平位移监测	6	点	JC01-JC06	共点布设
2	边坡沉降监测	6	点	JC01-JC06	
3	红坳渣土场水平位移监测	4	点	XCW1-XCW4	共点布设
4	红坳渣土场沉降监测	4	点	XCW1-XCW4	
5	红坳渣土场测斜监测	10	点	XCX1-XCX10	
6	红坳渣土场自动化水平位移监测	2	点	XWY1-XWY2	共点布设
7	红坳渣土场自动化沉降监测	2	点	XWY1-XWY2	
8	外环高速水平位移监测	6	点	WY1-WY6	共点布设
9	外环高速沉降监测	6	点	WY1-WY6	
10	外环高速倾斜监测	2	点	QX1 ~ QX2	
11	沉降监测基准网	3	点	BM1 ~ BM3	
12	水平位移基准网	3	点	JD1 ~ JD3	

表 4.2 监测工作量统计表

编号	工作内容	数量	单位	监测次数	监测工作量
1	边坡水平位移监测	6	点	70	420
2	边坡沉降监测	6	点	70	420
3	外环高速水平位移监测	6	点	100	600
4	外环高速沉降监测	6	点	100	600
5	外环高速倾斜监测	2	点	10	20
6	沉降监测基准网复测	1	km*次	3	3
7	水平位移基准网复测	3	点	3	9

5 监测工作的实施

5.1 监测基准网

5.1.1 沉降监测基准网

(1) 基准点的埋设

沉降监测基准点埋设在边坡施工影响范围以外的稳定区域、视野开阔的地区，以利于观测。基准点布设在施工影响范围外的稳定区域布设 3 个沉降基准点，基准点编号为 BM1 ~ BM3。

(2) 基准点测量

1 测量使用仪器

沉降监测基准网联测采用常规几何水准测量的方法,仪器拟采用瑞士产的徕卡 LS15 电子水准仪进行观测,记录采用水准仪自带自动记录程序。

表 5.1-1 沉降观测仪器及其主要精度指标

仪器型号	标称精度	仪器照片
徕卡 LS15 (水准尺采用标准的徕卡钢瓦尺(GPCL3))	$\pm 0.2\text{mm/km}$	

2 测量技术要求

采用假定高程系统,首先假定其中一基准点的高程,以该点为起算点,以闭合水准的观测方式联测其余 2 点的高程,作为各点高程的初始值,需进行往返观测。沉降监测基准网观测按照《工程测量标准》变形监测二等精度要求进行测量,应符合表 5.1-2、表 5.1-3 中规定的技术要求。

表 5.1-2 沉降监测基准网的主要技术要求

等级	相邻基准点高差中误差(mm)	每测站高差中误差(mm)	往返较差或环线闭合差(mm)	检测已测高差较差(mm)
二等	0.5	± 0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.40\sqrt{n}$

注: n 为测站数

表 5.1-3 沉降监测基准网的主要技术要求

等级	仪器类型	视线长度	前后视的距离较差	前后视的距离较差累积	数字水准仪重复测量次数
二等	DS05	$\leq 30\text{m}$	$\leq 0.5\text{m}$	$\leq 1.5\text{m}$	3

5.1.2 水平位移监测基准网

5.1.2.1 基准点的埋设

水平位移监测基准点应设置在变形区域以外、位置稳定、易于长期保存的位置且互相通视，便于引测。本工程分别布设 3 个水平位移监测基准点，拟在边坡周边稳固位置



图 5.1 强制对中观测墩示意图

埋设观测墩，基准点拟布设在边坡施工影响范围以外的稳固桩基建(构)筑物上，埋设方式为用冲击电钻在建筑物上钻孔，然后用膨胀螺丝固定 L 型小棱镜。强制对中观测墩：钢标高 1.2m，顶部装有强制对准器，形式规格示意见右图 2。使用强制对中基座，可消除仪器的对中误差。

5.1.2.2 基准点的测量

(1)测量使用仪器

水平位移监测基准点采用极坐标法测量，拟采用 Trimble S9HP 全站仪或其它满足精度要求的全站仪。

表 5.1-4 水平位移观测仪器及其主要精度指标

仪器型号	标称精度	仪器照片
Trimble S9HP	测角 0.5 秒、测距 0.8mm+1ppm*D (注：D 为两点间距离 (km))	

(2)测量技术要求

本项目的水平位移监测控制网拟采用独立坐标系统，布点时应充分顾及网的精度、

可靠性和灵敏度等指标。根据本项目工程情况，水平位移基准网联测按《工程测量标准》(GB50026-2020)中变形监测二等精度要求进行。

表 5.1-5 水平位移监测基准网的主要技术要求

等级	相邻基准点的点位中误差(mm)	平均边长L(m)	测角中误差(″)	测边相对中误差	水平角观测测回数(0.5″级仪器)
二等	3.0	≤200	1.8	1/100000	4

表 5.1-6 测距的主要技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回读数较差(mm)	单程各测回较差(mm)	气象数据测定的最小读数		往返较差(mm)
		往	返			温度(°C)	气压(Pa)	
二等	2mm级仪器	3	3	3	4	0.2	50	≤2(a+b×D)

监测基准网尽量布设为近似等边三角形，水平位移基准网的检查方法根据实地情况采用导线测量方法或极坐标法进行检测。

导线测量法：对于监测区域周边建构筑物密集的监测基准点，则采用导线测量的方法对工作基点进行监测。根据实地情况，各水平位移基准点组成闭合导线。具体观测技术要求与水平位移监测基准网联测的技术要求相同。

5.2 边坡水平位移监测

5.2.1 边坡水平位移监测点埋设

按设计要求拟布设 6 个水平位移监测点。水平位移监测点布设在设计现场选定的边坡顶部上，监测点编号分别为 JC01 ~ JC06(位置详见监测布点图)。监测点的埋设时，先用冲击电钻在边坡顶部钻孔，然后放入监测点，测点采用徕卡小棱镜(如图 3)，测点的四周用水泥砂浆填实。



图 5.2 边坡水平位移监测点样式

5.2.2 使用仪器

水平位移监测拟采用美国天宝制造的 Trimble S9HP(标称精度为：测角 0.5 秒、测距 0.8mm+1ppm)或其它满足精度要求的全站仪。



图 5.2-1 Trimble S9HP

5.2.3 观测方法

水平位移监测按虚拟断面法计算坐标确定其位移量和位移方向。按本工程的实际情况和设计文件，水平位移监测按《建筑基坑工程监测技术标准》（GB 50497-2019）中表 6.2.4 和表 6.2.5 的规定执行，其主要技术要求见下表 5.2-1 和 5.2-2：

表 5.2-1 水平位移监测精度要求

水平位移预警值	累计值 D(mm)	D≤40		40 < D≤60	D > 60
	变化速率 v _D (mm/d)	v _D ≤2	2 < v _D ≤4	4 < v _D ≤6	v _D > 6
监测点坐标中误差(mm)		≤1.0	≤1.5	≤2.0	≤3.0

注：1 监测点坐标中误差系值监测点相对测站点（如工作基点等）的坐标中误差，监测点相对于基准线的偏差中误差为点位中误差的 1/√2。
2 当根据累计值和变化速率选择的精度要求不一致时，水平位移监测精度优先按变化速率预警值的要求确定。
3 以中误差作为衡量精度的标准。

表 5.2-2 全站仪标称精度要求

监测点坐标中误差(mm)	一测回水平方向标准差(")	测距中误差
1.0	≤0.5	≤(1mm+1ppm)
1.5	≤1.0	≤(1mm+1ppm)

注：1 测站至监测点的距离不宜大于 300m。
2 监测点的测回数应根据观测精度要求、全站仪标称精度、测站至监测点的距离等因素综合确定。

外业观测时温度、气压实时现场量测，并及时输入到仪器。仪器电脑自动录入，将各观测限差预编在记录程序里，超限处重测。

5.3 边坡沉降监测

5.3.1 边坡沉降监测点布设

本项目边坡沉降监测点与边坡水平位移监测点共点布设。

5.3.2 边坡沉降监测方法及技术要求

边坡沉降监测仪器拟采用 Trimble S9HP(标称精度为:测角 0.5 秒、测距 0.8mm+1ppm)或其它满足精度要求的全站仪或水准仪。

在测站点设站，以定向点方向作为零方向，依次测出监测点的水平角、垂直角和距离。观测时温度、气压实时现场量测，并及时输入仪器。仪器自动存储记录，并将各观测限差预编在记录程序里，超限时自动重测。

三角高程测量常采用中间设站观测方式，其类似于常规的水准测量作业方式，即在已知点和监测点中间适当位置架设全站仪，通过测定两个观测点间的高差，由已知点的高程推算出监测点的高程。观测时温度、气压实时现场量测，并及时输入仪器。仪器自动存储记录，并将各观测限差预编在记录程序里，超限时自动重测。

如图 5，假设设站点为 A ，监测点为 B ，已知点为 C (已知高程 H_c)，在设站点 A 上安置全站仪，观测已知点 C 和监测点 B 。

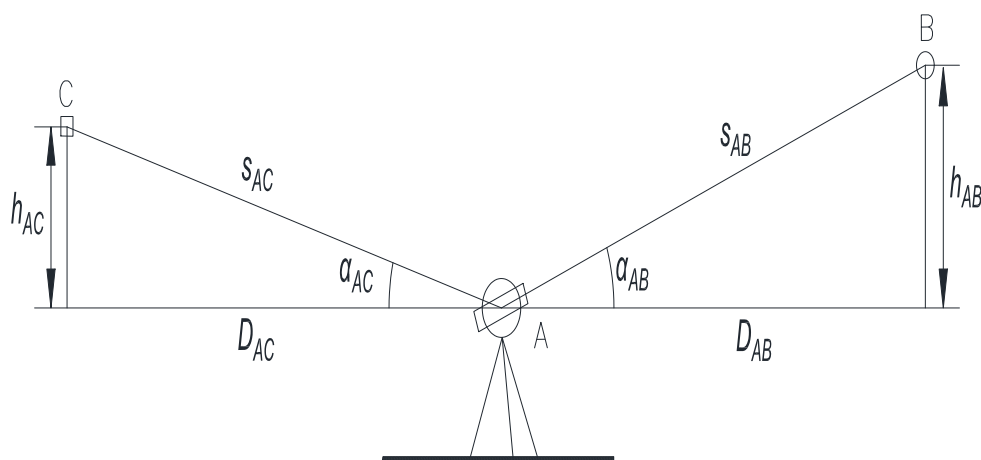


图 5.3 三角高程测量示意图

(1)作业要求

1)应在后视点、前视点上设置棱镜，在中间设置全站仪。观测视线长度不宜大于300m，最长不宜超过500m，视线垂直角不应超过 20° 。每站的前后视线长度之差，对三等观测不宜超过30m，四等观测不宜超过50m。

2)视线高度及离开障碍物的间距宜大于1.3m。

3)当采用单棱镜观测时，每站应变动1次仪器高进行两次独立测量。当两次独立测量所计算高差的较差符合下表规定时，取其算术平均值作为最终高差值。

表 5.3-1 两次测量高差较差限差

沉降观测等级	两次测量高差较差限差(mm)
三等	$10\sqrt{D}$
四等	$20\sqrt{D}$
注：D 为两点间距离（km）	

(2)距离和垂直角观测要求

1)每次距离观测时，前后视应各测两个测回。每测回应照准目标1次、读数4次。距离观测应符合下表规定。

表 5.3-2 距离观测要求

全站仪测距 标称精度	一测回读数间较差限差(mm)	测回间较差限差(mm)	气象数据测定最小读数	
			温度($^{\circ}\text{C}$)	气压(mmHg)
$1\text{mm}+1\text{ppm}\cdot D$	3	4.0	0.2	0.5
注：1ppm 表示每千米 1mm，2ppm 表示每千米 2mm。				

2)每次垂直角观测时，观测测回数及限差应符合下表规定。

表 5.3-3 垂直角观测要求

全站仪测角标 称精度	测回数		垂直角测回差限差 (")	指标差较差限差(")
	二等	三等		
0.5"	4	2	3	3

3)观测宜在日出后 2h ~ 日落前 2h 的期间内目标成像清晰稳定时进行, 阴天和多云天气可全天观测。

5.3.3 坡顶部竖向位移监测计算方法

根据三角高程的原理, 计算仪器横轴中心 A 与监测点 B 、已知点 C 的高差:

$$h_{AC} = D_{AC} \times \tan \alpha_{AC}$$

$$h_{AB} = D_{AB} \times \tan \alpha_{AB}$$

监测点 B 与已知点 C 之间的高差 h_{CB} 为:

$$h_{CB} = (D_{AB} \times \tan \alpha_{AB} - D_{AC} \times \tan \alpha_{AC}) + \left(\frac{D_{AB}^2 - D_{AC}^2}{2R} \right) - \left(\frac{D_{AB}^2}{2R} K_{AB} - \frac{D_{AC}^2}{2R} K_{AC} \right) - (V_B - V_C)$$

监测点 B 的高程 H_B 为:

$$H_B = H_C + h_{CB}$$

式中: K 为: 地球平均曲率半径(m);

K_{AB} 、 K_{AC} 为: 前视、后视大气垂直折光系数;

V_B 、 V_C 为: 前视、后视棱镜高(m)。

使用三角高程方法测量高差, 可仿照水准测量方法形成闭合路线或附和路线, 计算闭合差, 进行平差计算, 消除偶然误差提高测量精度。

通过监测点的两次高程值的差值即可确定监测点的沉降变化。

5.4 红坳渣土场水平位移与沉降监测

按设计要求拟布设 4 个监测点。监测点布设在设计现场选定的红坳渣土场边坡顶部上, 监测点编号分别为 XCW1-XCW4(位置详见监测布点图)。监测点的埋设时, 先用冲击电钻在边坡顶部钻孔, 然后放入监测点, 测点采用徕卡小棱镜(如图 3), 测点的四周用水泥砂浆填实。

红坳渣土场水平位移与沉降监测方法参照 5.2 和 5.3。

5.5 红坳渣土场测斜监测

按设计要求拟布设 10 个测斜监测点。测斜监测点布设在设计现场选定的红坳渣土场边坡顶部上, 监测点编号分别为 XCX1-XCX10(位置详见监测布点图)。

测斜管埋设深度为 30 米。具体埋设方法如下：

(1) 测斜管采用地质钻机成孔的方式进行点位布设。

(2) 将外径 70mm，内径 60mm，壁厚 5mm，2 米/根的 PVC 测斜管用外径 80mm，内径 70mm，壁厚 5mm，0.20 米/根的接头逐节连接在一起，接管时除外槽口对齐外，还要检查内槽口是否对齐。管与管连接时先在测斜管外侧涂上 PVC 胶水，然后将测斜管插入接头，在接头四个方向用型号为 M4×10 的自攻螺丝钉紧固接头与测斜管。

(3) 在每个接头两端用防水胶布包扎，防止水泥浆从接头中渗入测斜管。

(4) 测斜管底部用 $\Phi 70$ 管配套底盖用 4 颗 M4×10 自攻螺钉呈 90° 均布拧紧，盖与管端接缝处涂 PVC 胶水，缠 2 层防水自粘胶带；测斜管顶部塞入 $\Phi 70$ 管配套顶盖，盖与管端接缝处缠 2 层防水自粘胶带固定，顶盖一般不打钉（测前取出）。

(5) 测斜管就位放置后，测斜管露出围护结构 20mm 左右。检查测斜管一对导槽是否垂直于地面，测斜管上下槽口是否扭转。满足要求后封住测斜管下口。



图 5.5-1 测斜监测点成孔埋设示意图

测量方法如下：

测斜观测分正测和反测，观测时先进行正测(每个测斜仪的导轮架上都标有一个正方

向), 再进行反测, 每 0.5m 读数一次。测斜仪探头放入测斜管底等候 5 分钟, 以便探头适应管内水温, 观测时注意仪器探头和电缆线的密封性, 以防探头数据传输部分进水。

测斜观测时每 0.5m 标记一定要卡在拉线上的相同位置, 每次读数一定要等候电压值稳定才能读数, 确保读数准确性。

拟选用武汉基深 CX-3E 测斜仪或其它满足精度要求的测斜仪。该仪器测量精度 $\pm 0.01\text{mm}/500\text{mm}$, 记录方式采用自动记录。



图 5.5-2 测斜监测仪器示意图

5.6 红坳渣土场自动化水平位移与沉降监测

按设计要求拟布设 2 个自动化监测点。自动化监测点布设在设计现场选定的红坳渣土场边坡顶部上, 监测点编号分别为 XWY1-XWY2(位置详见监测布点图)。

本项目需安装 GNSS 位移监测站进行自动化监测, 监测点布置方法如下:

在项目实施阶段, 首先进行现场勘察与选址, 将基准站布设于变形区外稳定基岩或坚固建筑承重基础上, 监测站布设于变形敏感部位, 确保点位上空 15° 仰角无遮挡且远离电磁干扰源; 随后开展基础设施施工, 浇筑混凝土观测墩并预埋强制对中基座, 同步完成避雷针及独立接地网 (电阻 $\leq 4\Omega$) 建设, 预留强弱电分离穿线管。设备安装时, 将天线固定于基座并精确整平、指北, 控制相位中心偏差小于 2mm, 接收机装入防水机箱并连接太阳能供电系统与 4G/北斗短报文通信模块, 配置采样频率、截止高度角及

CGCS2000 坐标参数。最后进行不少于 24 小时的静态初始观测，通过与基准站联合解算验证点位精度与稳定性，确认数据实时回传至监控平台并配置预警阈值，完成系统上线与验收。



图 5.5-2 自动化监测仪器示意图

5.7 外环高速水平位移与沉降监测

按设计要求拟布设 6 个监测点。监测点布设在设计现场选定的外环高速上，监测点编号分别为 WY1-WY6(位置详见监测布点图)。监测点的埋设时，先用冲击电钻在高速路上钻孔，然后放入监测点，测点采用徕卡小棱镜(如图 3)，测点的四周用水泥砂浆填实。

外环高速水平位移与沉降监测方法参照 5.2 和 5.3。

5.7 外环高速倾斜监测

整体倾斜观测可采用在外环高速桥墩上采用投点法，在底部观测点位置安置钢卷尺等量测设施；在每测站安置全站仪投影时，按正倒镜法测出每对上下观测点标志间的水平位移分量，再按矢量相加法求得水平位移值（倾斜量）和位移方向（倾斜方向）。在监测期间，对该桥墩整体倾斜进行监测，针对本项目的建筑类型，暂定布置 2 个倾斜监测点。

5.8 项目重难点分析

（1）本项目主要监测对象为危险性较大危岩体

应对措施：施工前现场联合设计、监理对整个边坡现状危岩体进行排查选取，针对施工过程中对边坡产生的扰动影响，及时反馈岩体变形数据，对新产生的危岩体，增加布设监测点。

（2）恶劣天气（暴雨、强风）、电磁干扰、设备老化等导致数据异常或设备失效

应对措施：采用抗干扰设计（如防雷、防水设备）；定期校准维护，冗余部署关键传感器。

5.9 巡视检查

本边坡工程施工及使用期内，监测期间应由专业工程师进行巡视检查，巡视检查内容包括但不限于以下项目：

（1）施工工况

开挖后暴露的土质情况与岩土勘察报告有无差异，边坡周边堆载是否能够满足设计要求。

（2）周边环境

周边市政道路是否出现裂缝、沉陷、临近边坡及建构筑物的施工变化情况。

（3）监测设施

基准点、监测点完好状况、监测元件的完好及保护情况、有无影响观测工作的障碍物。

对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境、监测设施的巡视检查情况应做好记录。检查记录应及时整理，并与监测数据进行综合分析。巡视检查如发现异常和危险情

况，应及时通知建设方及其他相关单位。

5.10 监测点保护

监测点是一切测试工作的基础，因此特别加强对各监测点的保护工作，完善检查、验收措施。

a)在每个监测点埋设完成后，立即检查埋设质量，发现问题及时整改；埋设人员及时填写埋设记录，并准确测量初始数据存档，作为开挖时监测的参考；现场负责人进行实地验收，并在埋设记录上签字确认。

b)对于所有预埋监测点的实地位置做精确记录，露出地面的做出醒目标志，并设保护装置；测点在施工过程中如遭破坏，尽快在原位置或尽量靠近原测点处补设，以保证观测数据的连续性。

c)加强与施工单位的联系和沟通，作好双方的配合工作。

d)详细了解施工动态，为合理分析数据提供必要依据。

e)观测点的保护：对于所有预埋监测点的实地位置事先做好精确记录，做出醒目标志。

f)在施工过程中须注意对所有监测点进行保护，对损坏的监测点及时恢复、更新初始值，并报监理单位和建设单位审查备案。

5.11 测点损坏补救

5.11.1 测点损坏补救的原则

a)测点松动或脱落立即补救；

b)监测数据因观测条件变化不能正常读取时立即补救；

c)测点不能反映真实变形时立即补救；

d)测点被遮挡或观测条件不具备时采取补救措施；

e)原有测点埋设不符合规范要求时采取补救恢复措施；

f)测点被损坏时及时采取恢复措施；

g)测点损坏后无法通过其他办法恢复时按原有埋设办法及时补救；

h)电子元件或传感器失去性能作用或超过使用期间后立即敦促施工监测重新布设。

5.11.2 测点损坏补救措施

边坡沉降及水平位移监测点补救措施

1)在原监测点位旁边用电钻钻孔，重新安装沉降监测点及监测小棱镜，重新采集数据。

2)监测点注明监测醒目编号，并喷写“监测标志严禁破坏”等保护字样。

5.11.3 测点损坏补救的工作程序

在日常巡视检查及监测工作中检查测点损坏情况及测点保护情况,如发现测点损坏或使用不正常,及时查明测点损坏程度及状况并分析原因,当明确测点以破坏并失去监测作用时,并立即启动测点损坏补救方案,由责任方或原归属人进行现场补救,监理单位进行现场旁站监督,如补救结果不符合要求需重新补救,最后测点验收合格即完成补救工作。

5.11.4 补救的机械设备及材料

a)测点补救所需的机械设备

在测点补救工作中,为了提高工作效率和补救能力,需准备优良的机械设备和劳动工具:岩土百米机钻、发电机、冲击钻、铁锤、铁锹、水平位移基准点安装模板、锄头、铁钳、AB强力胶、铁丝、防水胶布等作业工具。

b)测点补救所需的材料

测点补救所需配备的材料有:水平控制点磁质标志、高程控制点磁质标志、预制水泥柱、水平位移监测标志、钢筋、水泥、测点保护铁盖等测点补救材料。

5.11.5 监测点补救后数据衔接

监测点补救完成从新采集初始值后，补救监测点的累计变化量应加上被破坏前监测点的累计变化量。

6 监测周期、频率与报警制度

6.1 边坡与红坳渣土场监测周期和频率

- (1) 观测周期：边坡与红坳渣土场监测从项目施工开始，至边坡工程竣工后不少于2年，且直至变形稳定。
- (2) 观测频率：边坡施工前，须测得初读数（三次观测取平均值）。

表6.1 挡墙监测频率

正常情况	施工期	一周两次
	竣工后	一次/月
	竣工半年后	一次/3个月
	竣工一年后	一次/半年
雨季情况	暴雨季节	加密监测频率

6.2 外环高速监测周期和频率

- (1)观测周期:项目施工开始，至边坡工程竣工后不少于2年，且直至变形稳定。
- (2)观测频率:边坡施工前，须测得初读数（三次观测取平均值）。

表6.1 挡墙监测频率

正常情况	施工期	一次/天
	竣工后	一次/月
	竣工半年后	一次/3个月
	竣工一年后	一次/半年
雨季情况	暴雨季节	加密监测频率

在监测期内，如遇到长时间连续降雨、遇暴雨台风或者沉降、倾斜等变化较大等情况时，则增加观测次数，增加的次数需经委托方下达书面文件。

6.2 报警制度

根据《光明区循环经济产业园项目场地平整工程施工图设计》(二〇二六年八月)资

料和《建筑边坡工程监测技术标准》(GB 50497-2019)要求,本边坡监测的报警值及控制值见表 6.2:

表6.2 监测项目的报警值及控制值

编号	监测项目	预警值指标		变化速率
		预警值	控制值	
1	边坡水平位移监测	22.5mm	30mm	3mm/d
2	边坡沉降监测	30mm	40mm	3mm/d
3	红坳渣土场水平位移监测	22.5mm	30mm	3mm/d
4	红坳渣土场沉降监测	30mm	40mm	3mm/d
5	红坳渣土场测斜监测	37.5mm	50mm	4mm/d
6	红坳渣土场自动化水平位移监测	22.5mm	30mm	3mm/d
7	红坳渣土场自动化沉降监测	30mm	40mm	3mm/d
8	外环高速水平位移监测	22.5mm	30mm	3mm/d
9	外环高速沉降监测	30mm	40mm	3mm/d
10	外环高速倾斜监测		3%	倾斜率增速连续两个月大于0.05%/月,且短期内无收敛趋势

注: 1、当监测项目的变化速率达到表中规定值或连续 3d 超过该值的 75%, 应报警。

当出现以下情况之一时, 必须立即进行危险报警, 并应对边坡支护结构和周边环境中的保护对象采取应急措施。

- (1)监测数据达到控制值的累计值。
- (2)边坡支护结构或周边土体的位移值突然明显增大。
- (3)边坡支护结构的支撑出现过大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象。

7 监测成果提交

- (1)《光明区循环经济产业园项目场地平整工程第三方监测周报》一式四份。
- (2)《光明区循环经济产业园项目场地平整工程第三方监测总结报告》一式四份。
- (3)甲方要求的其他资料。

8 监测预警

现场进行观测后，根据监测数据分析，在发现超预警值数据(速率、预警值)时，立即以电话、短信等方式告诉建设单位、监理、设计及施工等相关单位。书面报告次日提交给建设单位、监理、设计及施工等相关单位。

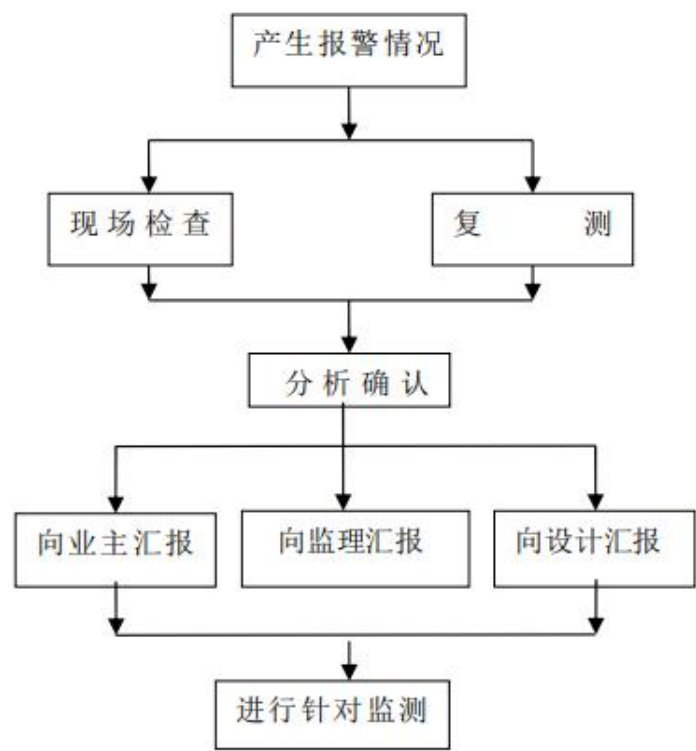


图8.1 预警流程示意图

9 应急预案及措施

主要适用于边坡监测过程中包括发生预警及突发事故的应急处理，以及作业过程中出现的人员坠落、受伤、触电、落水等情况的应急处理。

9.1 预警预防机制

建立监测预警预防机制，应急处置措施应实行机制化，防止人为因素影响，具体如下：

(1)应急处置分为 3 个部分，预警应急、突发工程事故应急、安全生产应急，针对不同监测项目，在 3 个不同应急部分提出不同应急处理措施，措施的实施方包括应急小组各组成人员所属单位，重点应为施工单位、监测单位。

(2)启动应急措施后，项目的一切施工活动均应为应急措施服务，不得出现与应急措

施相左的施工、监测活动。

(3)应急措施是整个施工安全保障的一部分,在日常的施工活动中,应急措施的人员、设备、材料的组织安排应包含其中。

9.2 预警发布和响应

9.2.1 预警发布

预警分为监测预警、巡查预警；各类预警按严重程度由小到大分为三级，即黄色预警、橙色预警和红色预警。

监测预警：根据设计单位提出的监测控制指标，按照监测预警条件(详见表 14)发布；

巡查预警：由监理和第三方监测单位按照巡查预警条件发布；

预警第一时间通过电话、短信、微信等快捷方式报送至建设单位、监理单位、施工单位、设计单位、勘察单位相关人员。

表 9.2 监测预警条件

序号	预警等级	预警状态描述
1	黄色	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值的 70%；或双控指标之一达到控制值的 80%
2	橙色	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值的 80%；或双控指标之一达到控制值
3	红色	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值

当出现下列警情之一时，应根据严重程度按预警监控管理制度发布巡查预警。

- 1、边坡支护结构出现明显变形、较大裂缝、断裂、较严重渗漏水、低鼓，锚杆出现松弛或拔出等；
- 2、周边地表出现突然明显沉降或较严重的突发裂缝、坍塌；
- 3、建(构)筑物周边环境出现危害正常使用功能或结构安全的过大沉降滑移、倾斜变形及过大裂缝等；
- 4、根据当地工程经验判断应进行警情报送的其他情况。

9.2.2 预警响应

(1)黄色预警响应

黄色预警信息发布后：一般由监理单位组织召开监测预警处理专题会议，参加人员包括：总监、项目经理、项目技术负责人、第三方监测技术负责人。会议应针对预警监测项目分析原因、采取相应措施，第三方监测单位加强监测。后续监理例会应持续对预警监测项目进行关注，评价所采取措施的效果，确定是否要采取进一步措施。

(2)橙色预警响应

橙色预警信息发布后：由监理单位组织召开监测预警处理专题会议，参加人员包括：建设单位代表、总监、项目经理、项目技术负责人、第三方监测负责人、项目技术负责人，必要时应请设计相关专业人员参加。会议应针对预警监测项目分析原因、采取相应措施并加强监测。后续监理例会应持续对预警监测项目进行关注，评价所采取措施的效果，确定是否要采取进一步措施。

(3)红色预警响应

红色预警信息发布后：由监理单位立即组织召开监测预警处理专题会议，参加人员包括：建设单位代表、总监、项目经理、项目技术负责人、第三方监测负责人、项目技术负责人、单位主管领导、设计相关专业人员和质安站相关领导及专业人员等。会议应针对预警监测项目分析原因、采取相应措施并加强监测，必要时施工单位应组织专家论证，制定专项方案和专项措施。后续监理例会应持续对预警监测项目进行关注，评价所采取措施的效果，确定是否要采取进一步措施。

9.3 突发工程事故应急响应

(1)突发工程事故预防措施

①加强对不良地质区域的监测和巡视，如果发现沉降变化速率加大、局部出现较大裂缝等异常情况，应立即通知施工方，采取相应施工措施，同时加密监测点、监测频率和加大巡视力度。

②台风、暴雨期间，加大巡视力度，同时增加人员和仪器，利用一切可能进行观测的时段进行监测，保证边坡和周边环境的安全。雨季施工时应加强现场巡视，防止地表水渗入开挖面内。

(2)出现突发事故后的应急程序

一旦在监测过程中出现突发工程事故，首先应立即通知相关单位，包括建设单位、

施工单位等，同时确保监测人员仪器处于事故影响范围之外，应急领导小组人员(包括项目负责人、项目技术负责人、单位主管领导，必要时单位主要领导)立即到现场，配合建设单位单位进行应急救援，具体流程见下图 9。

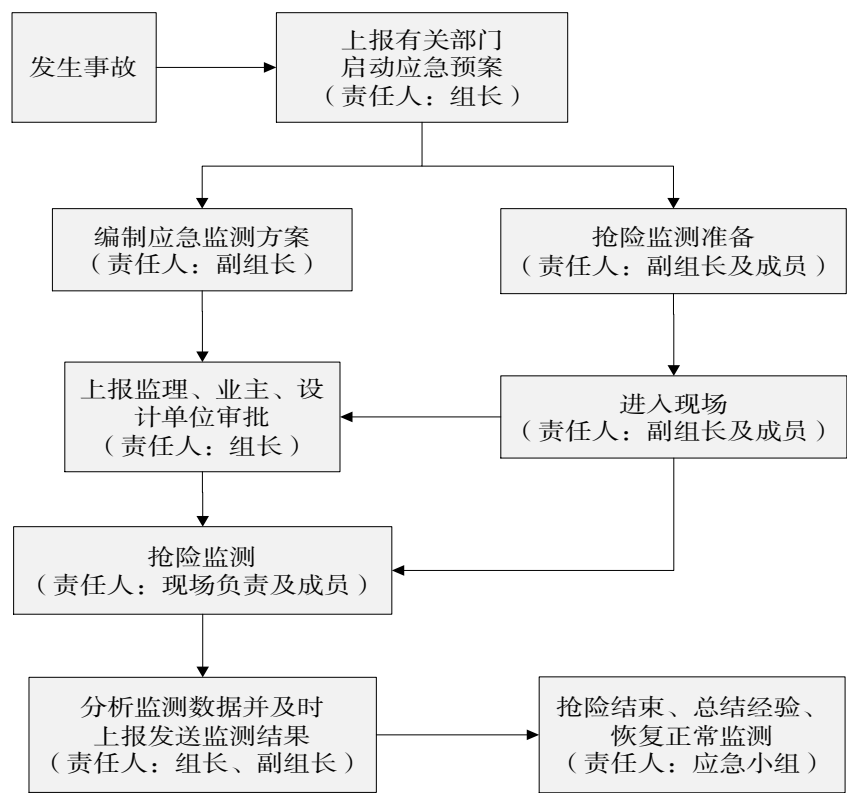


图 9.3 突发事故应急响应流程

9.4 生产安全事故应急响应

结合本工程的实际情况，生产安全事故主要包括：机械伤害、高处坠落、物体打击和中毒事故、淹溺事故、火灾、触电等事故。

(1)机械伤害、高处坠落、物体打击和中毒事故救援响应

事故发生后，发现者立即向同事大声呼救，如果有受伤者，立即拨打 120 医疗急救中心电话求助，并将事故情况及时向单位负责人和安全管理人員报告，实施救援。对出血者施救，用止血药绑压。对骨折者施救，要注意轻移动，必要时用硬木托槓固定。对毒蛇咬伤者施救，立即用饮用水清洗伤口，挤出带毒的血，防止毒液进入体内，同时服用蛇药。对昏迷者施救，有胸部按压法、对口吹气法等。在采用临时抢救措施的同时，尽快将伤员送往就近医院救治。

(2)淹溺事故救援响应

事故发生后，发现者立即向同事大声呼救，救援人应做好保证自身安全的措施，穿好救生衣进行。如果溺水者沉下水底，救援人员须脱救生衣潜水救人，则由会游泳的人施救，有的人虽会游水，但可能会发生抽筋溺死的危险，做热身运动挂安全带拉安全绳后，再下水救人。同时拨打 120 医疗急救中心电话求助，并将事故情况及时向单位负责人和安全管理报告，实施救援。

(3)中毒事故救援相应

如有人中毒昏迷后，应立即向上风向地区转移，并用湿毛巾护住口鼻；到了安全地带立即休息，避免剧烈运动，以免加重心肺负担，恶化病情；眼或皮肤接触液氯时立即用清水彻底冲洗，中毒者可适当使用钙剂、维生素 C 和脱水剂；早期足量使用糖皮质激素和抗生素，可以减轻呼吸道和肺部损伤；使用超声喷雾途径，将药物直接送达呼吸道，效果较好；患者应及时送到大医院或有职业病科的医疗单位救治。

吸入气体者立即脱离现场至空气新鲜处，保持安静及保暖。眼或皮肤接触液氯时立即用清水彻底冲洗。

(4)火灾事故救援响应

①当火灾事故发生后，现场人员首先拨打 119 消防报警电话，报警内容应包括：事发的时间、地点、火灾性质(有无化学物品物质)危险程度、有无人员伤亡以及报警人姓名及联系电话，并报告单位负责人实施救援。

②现场管理人员或其他人员立即组织救护伤者和围困人员，在做好自身防护基础上积极实施自救。山地火灾宜横向无火处逃生，在火灾初期，救援人员戴上湿口罩或头部裹上湿毛巾，把衣服浇湿，启用现有各种消防设备、器材灭火。

③对受伤人员，打 120 医疗急救中心电话求助，在进行必要的现场处理后迅速送往医院救治。

④火灾扑灭后，仍要派人监护，预防次生灾害发生。

⑤触电急救

进行触电急救，应坚持迅速，就地，准确，坚持的原则。触电急救必须分秒必争，立即就地迅速用心肺复苏法进行抢救，并坚持不断地进行，同时及早与医疗部门联系，争取医务人员接替救治。在医务人员未接替救治前，不应放弃现场抢救，更不能只根据

没有呼吸或脉搏擅自判定伤员死亡，放弃抢救。只有医生有权做出伤员死亡的诊断。

触电急救步骤：

①立即切断电源，或用不导电物体如干燥的木棍、竹棒或干布等物使伤员尽快脱离电源。急救者切勿直接接触触电伤员，防止自身触电而影响抢救工作的进行。

②如果触电患者仍能保持神志清醒，呼吸心跳均自主者，伤员就地平卧，严密观察，暂时不要站立或走动，防止继发休克或心衰。

③如果触电患者出现呼吸停止，心搏存在者，就地平卧解松衣扣，通畅气道，立即口对口人工呼吸，有条件的可气管插管，加压氧气人工呼吸。亦可针刺人中、十宣、涌泉等穴，或给予呼吸兴奋剂。

④触电患者呼吸心跳均停止者，则应在人工呼吸的同时施行胸外心脏按压，以建立呼吸和循环，恢复全身器官的氧供应。

⑤现场抢救中，不要随意移动伤员，若确需移动时，抢救中断时间不应超过 30 秒。移动伤员或将其送医院，除应使伤员平躺在担架上并在背部垫以平硬阔木板外，应继续抢救，心跳呼吸停止者要继续人工呼吸和胸外心脏按压，在医院医务人员未接替前救治不能中止。

10 项目监测人员组织及拟投入的仪器设备

10.1 监测人员组织

本项目监测人员组织见下表 10.1。

表 10.1 本项目监测人员组织一览表

序号	姓名	出生年月	执业资格/职称	拟在本项目中 从事专业
1				
2				
3				
4				
5				
6				

7				
8				
9				
10				
11				
12				

10.2 仪器设备

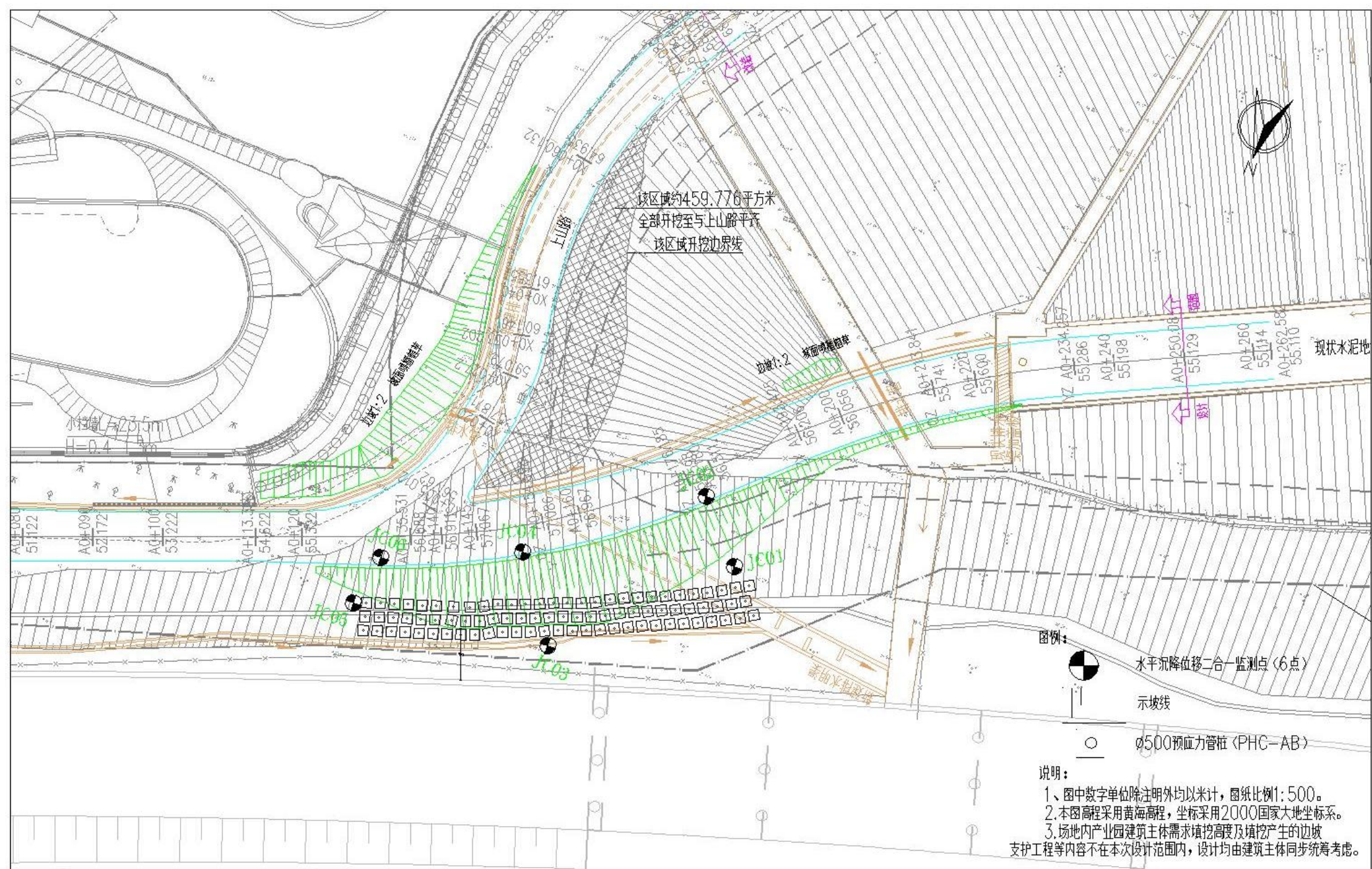
本项目的仪器设备见下表 10.2。

表 10.2 本项目的仪器设备一览表

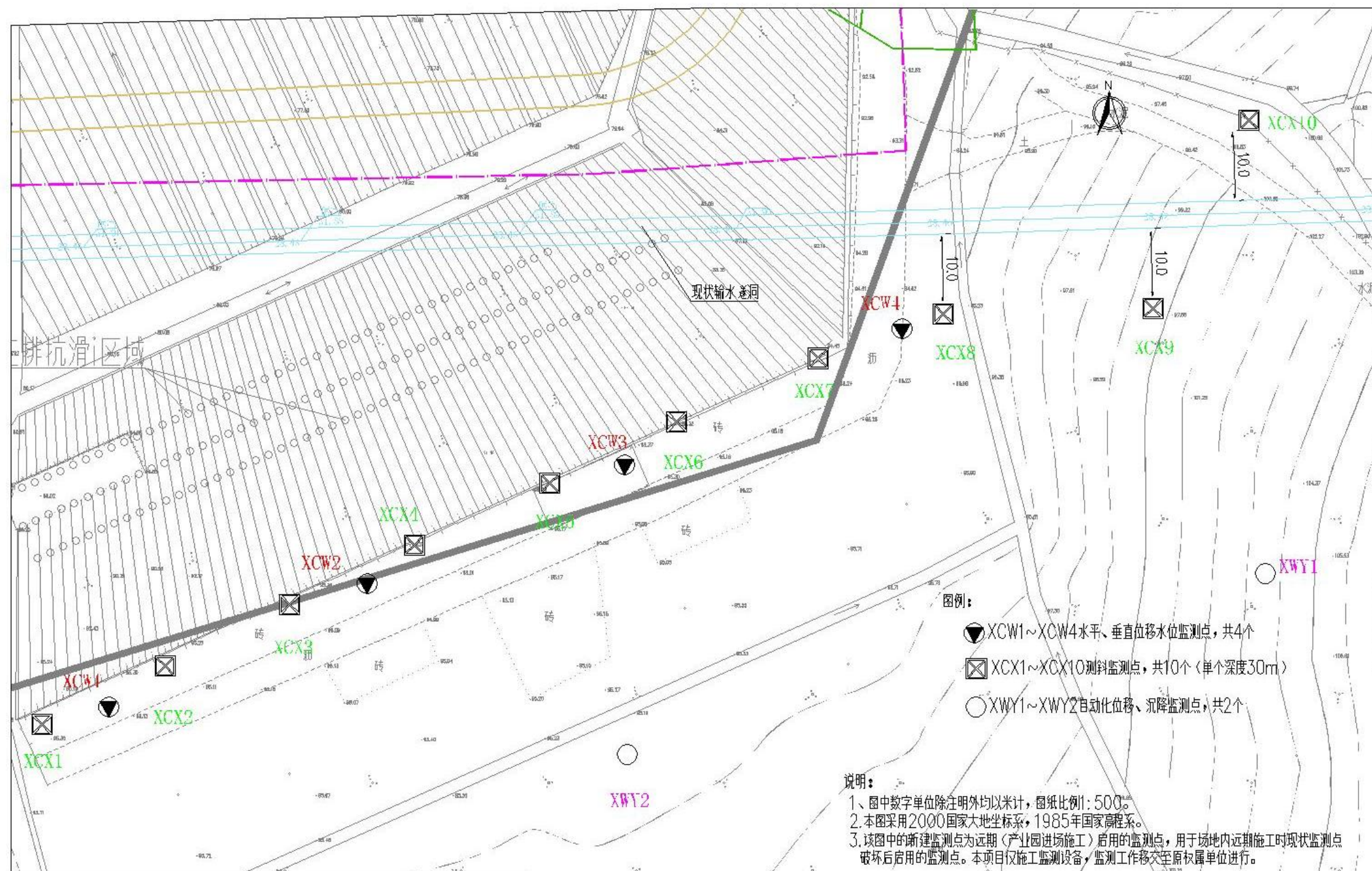
序号	设备名称	数量	规格型号	主要工作、性能指标	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					

备注：全站仪含配套的对点器、反射镜等；水准仪含配套的钢瓦水准标尺等。

12 附图



项目边坡防护监测平面布置图



红坳渣土场新建监测点平面位置图

