

提高单级锚定板挡土墙的支护高度



青岛瑞源工程集团有限公司

小花花 QC 小组

2018 年 4 月

目录

一、QC 小组简介	1
二、选择课题	3
三、现状调查	4
四、设定目标	6
五、分析原因	8
六、确定要因	9
七、制定对策	17
八、对策实施	19
九、检查效果	23
十、巩固措施及标准化	27
十一、总结及展望	29

一、QC 小组简介

1、小组概况

表 1-1 小组概况表

单位名称：青岛瑞源工程集团有限公司					
QC 小组名称	小花花 QC 小组			成立时间	2017.1.10
课题名称	提高单级锚定板挡土墙的支持高度			注册编号	RYKC2017-004
				课题类型	攻关型
活动时间	2017.2.6~2017.7.10			活动时间	每周 1 次，每次 不少于 2 小时
QC 小组成员简介					
编号	姓名	性 别	职称/职务	小组职务	小组分工
1	朱志华	女	工程师	组长	总负责
2	孔锁财	男	工程师	副组长	技术负责
3	姚伟	男	工程师	副组长	对策实施
4	吴腾	男	工程师	组员	现状调查
5	闫守谦	男	高工/注册岩土工程师	组员	要因确认
6	吕文芳	女	高工/注册岩土工程师	组员	原因分析
7	王娟	女	助工	组员	效果检查
8	刘守森	男	工程师	组员	总结分析
9	张亚蔚	男	施工员	组员	现场操作
10	王海亮	男	技术工人	组员	现场操作

制表人：朱志华

时间：2017.2.6

2、小组荣誉：

小组课题“提高基坑阳角处预应力锚杆合格率”荣获 2017 年度国家工程建设（勘察设计）优秀 QC 小组一等奖。



图 1-1 QC 小组荣誉

拍摄者：朱志华

时间：2017.2.6

3、小组活动计划

表 1-2 小组活动计划表

活动阶段	活动内容	活动时间
P	选择课题	2017.2.6-2017.2.7
	现状调查	2017.2.8-2017.2.10
	设定目标	2017.2.11-2017.2.12
	分析原因	2017.2.13-2017.2.15
	确定要因	2017.2.16-2017.2.17
	制定对策	2017.2.18-2017.2.19
D	实施对策	2017.2.20-2017.2.28
C	检查效果	2017.3.1-2017.6.30
A	制定巩固措施	2017.7.1-2017.7.5
	总结和今后打算	2017.7.6-2017.7.10
QC 学习		贯穿整个活动过程

制表人：朱志华

时间：2017.2.6

二、选择课题

1、工程背景

上汽青岛清洁能源客车建设项目边坡支护工程，边坡回填高度约 2.0~18.0m，支护段全周长约 1780m。场区地形起伏较大，呈西高东低、南高北低趋势。场区周边存在较多已有建筑物。



图 2-1 清洁能源客车零部件生产建设项目效果图

制图人：吕文芳

时间：2017.2.7



图 2-2 周边建筑物与场区位置关系

制图人：吕文芳

时间：2017.2.7

2、选择课题

针对以上回填土边坡支护工程，小组成员对挡墙支护方式进行对比分析，见表如下：

表 2-1 边坡支护方式对比分析表

挡墙支护类型		优点	缺点
加筋土挡土墙		支护高度大	变形控制能力弱，回填预留施工工作面大
锚定板挡土墙	单级挡墙	不侵占红线内空间，变形控制力强	支护高度一般不超过 10m
	多级挡墙	支护高度大，变形控制力强	侵占红线内空间
重力式挡土墙		施工快速简便	占地面积大，侵占红线内空间，支护高度有限
扶臂式挡土墙		不侵占红线内空间，变形控制力强	占地面积大，支护高度有限

制表人：吕文芳

时间：2017.2.7

通过以上对比，可以发现变形控制力强的锚定板挡土墙较适合本工程。由于建设方不允许边坡支护侵占红线内空间，所以本工程优先考虑单级锚定板挡土墙。但传统单级锚定板挡土墙支护高度一般不超过 10m，难以满足本边坡的支护需要。因此，如何提高单级锚定板挡土墙的支护高度成为该工程的设计难点。

QC 小组迎难而上，为圆满完成建设方交给的任务，将“提高单级锚定板挡土墙的支护高度”作为本次活动的课题。

三、现状调查

1、国内调查

小组成员对 2014 年-2017 年国内 33 处使用单级锚定板挡土墙(以下简称“锚定板墙”)的支护高度进行统计(见图 3-1)。统计发现，随着支护高度增加，锚定板墙使用限制增加，超过 15m 的挡墙仅有 2 例。

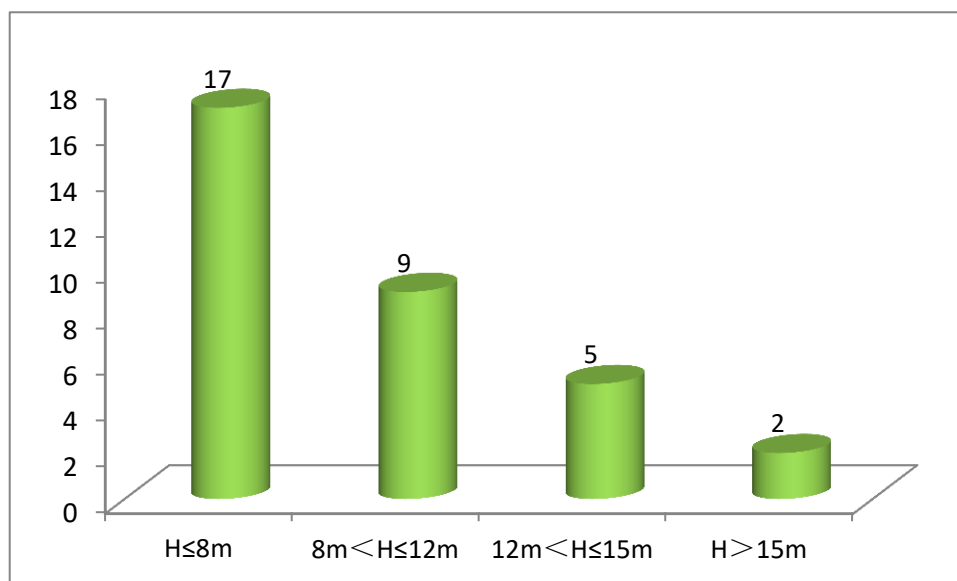


图 3-1 单级锚定板墙支护高度统计图

制图人：吕文芳

时间：2017.2.8

2、青岛市调查

小组成员对 2015 年-2017 年青岛市 5 处使用单级锚定板挡土墙的边坡进行统计，结果见表 3-1。

表 3-1 (2015 年-2017 年) 单级锚定板墙支护构成统计表

项目	支护高度	支护体系构成
盛世福邸挡土墙	8.5m	钢筋拉杆、肋柱、矩形空心板、锚定板
中德生态园 G-2 区边坡回填支护工程	9.0m	钢筋拉杆、肋柱、矩形空心板、锚定板
四季阳光厂区边坡支护工程	12.0m	钢筋拉杆、肋柱、方桩基础、钢筋混凝土墙、锚定板
安子片区一期挡土墙	13.6m	钢筋拉杆、预应力管桩基础、钢筋混凝土墙、锚定板
香江丽城挡土墙	14.8m	钢筋拉杆、短桩基础、钢筋混凝土墙、锚定板

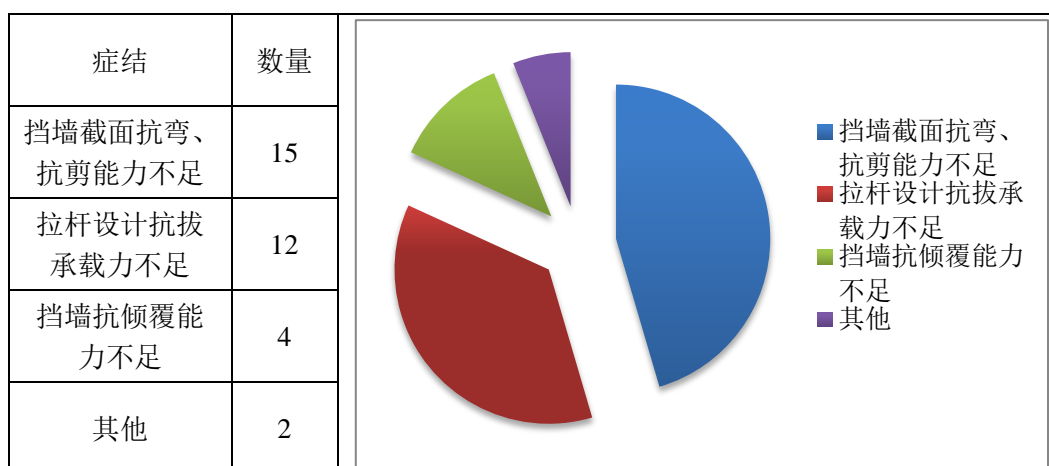
制表人：吕文芳

时间：2017.2.8

3、症结查找

小组成员对 33 处国内回填土边坡中影响单级锚定板墙支护高度的症结进行调查统计，结果见表 3-2。

表 3-2 影响单级锚定板墙支护高度原因统计表



制表人：吕文芳

时间：2017.2.10

由表 3-2 可以看出，影响单级锚定板墙支护高度的症结为：

- 1) 挡墙截面抗弯、抗剪能力不足
- 2) 拉杆设计抗拔承载力不足

四、设定目标

本边坡最大支护高度为 18m，建设单位要求采用单级锚定板墙成功实现边坡支护。目标设定及目标依据图如下（见图 4-1、4-2）。

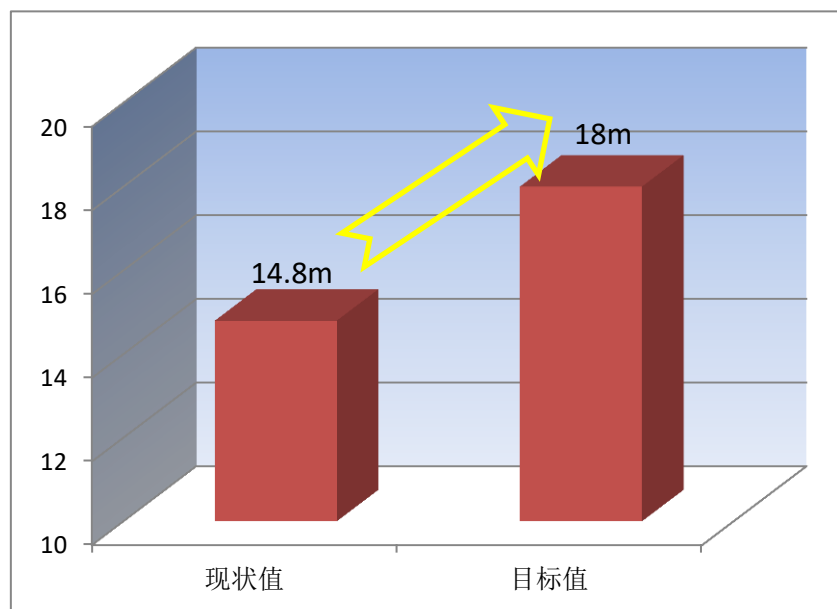


图 4-1 目标设定图

制图人：吴腾

时间：2017.2.11

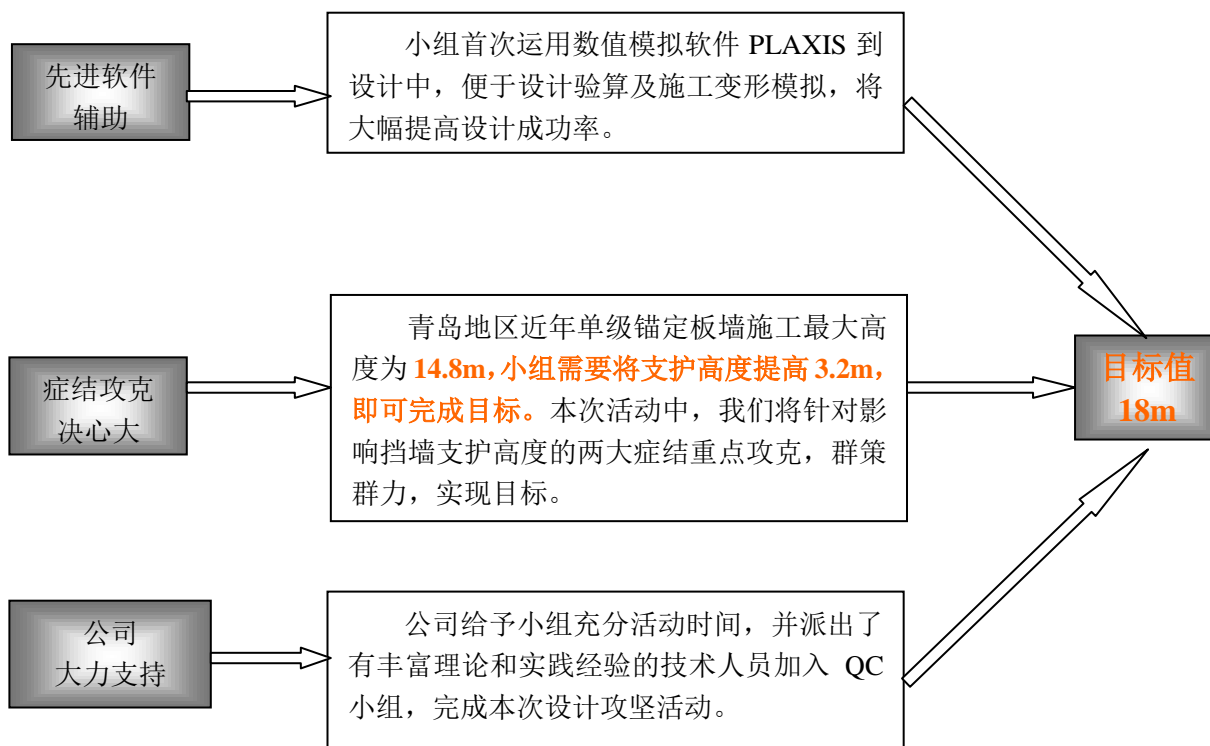


图 4-2 设定目标依据图

制图人：吴腾

时间：2017.2.12

五、分析原因

小组成员开展“头脑风暴法”对影响锚定板墙支护高度的症结进行分析，并将末端因素进行统计（见图 5-1、表 5-1）。

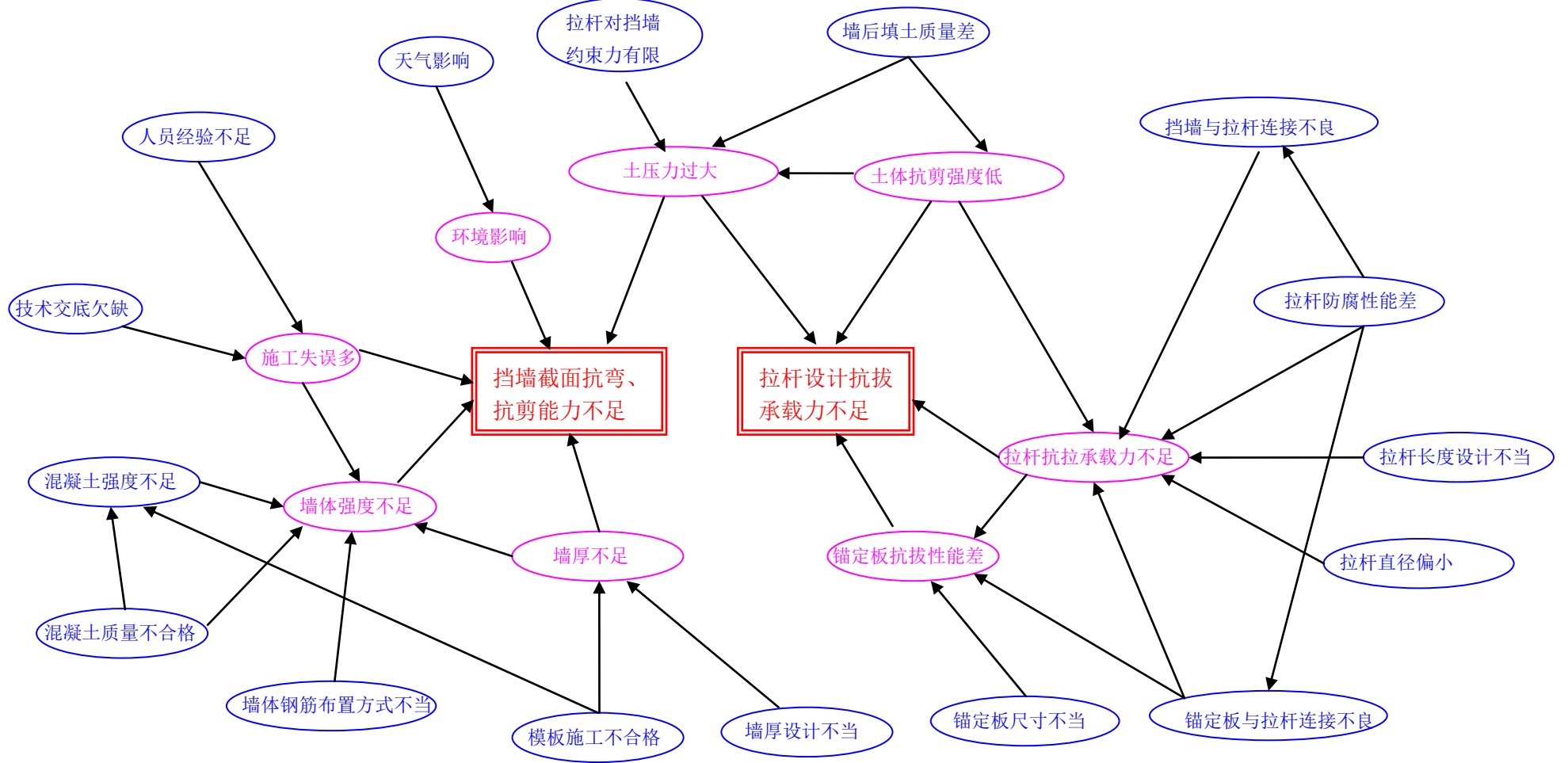


图 5-1 原因分析关联图

制图人：吴腾

时间：2017.2.14

表 5-1 末端因素统计表

序号	末端因素	序号	末端因素
1	天气影响	8	墙厚设计不当
2	拉杆对挡墙约束力有限	9	模板施工不合格
3	墙后填土质量差	10	墙体钢筋布置方式不当
4	拉杆防腐性能差	11	混凝土质量不合格
5	拉杆长度设计不当	12	技术交底欠缺
6	拉杆直径偏小	13	人员经验不足
7	锚定板面积偏小		

制表人：孔锁财

时间：2017.2.15

六、确定要因

1、要因确认过程

要因确认一：天气影响

确认方法：现场调查

确认标准：天气对挡墙施工的影响程度。

确认过程：天气影响属于不可抗力，且项目部对高温作业及雨季作业均有应对措施，要求全体施工人员加以重视。



图 6-1 高温及雨水作业应对措施

拍摄者：孔锁财

时间：2017.2.16

确认结果：非要因

要因确认二：拉杆对挡墙约束力有限

确认方法：统计分析

确认标准：拉杆对挡墙的拉力随着挡墙支护高度增加而增强。

确认过程：小组成员对青岛地区锚定板墙支护体系的土压力进行统计分析，发现挡墙高度小于 12m 时，拉杆作用明显，高度再增加，拉杆作用出现瓶颈，对挡墙拉力相对减小。

表 6-1 拉杆上下土压力变化统计表

项目名称	挡墙高度	拉杆上部土压力最大值(KN)	拉杆下部土压力最大值(KN)	土压力变化值(KN)	土压力缩减比
盛世福邸挡土墙	8.5m	156	133	23	14.7%
中德生态园 G-2 区边坡回填支护工程	9.0m	189	164	25	13.2%
四季阳光厂区边坡支护工程	12.0m	205	176	29	14.1%
安子片区一期挡土墙	13.6m	267	236	31	11.6%
香江丽城挡土墙	14.8m	350	331	38	10.8%

制表人：孔锁财

时间：2017.2.16

确认结果：**要因**

要因确认三：墙后填土质量差

确认方法：现场调查

确认标准：墙后填土应选择透水性较强的无黏性土填料，且应分层回填碾压，每层厚度不大于 30cm，压实系数不小于 0.94。

确认过程：

(1) 小组成员对现场回填料进行调查，发现场区土质不均，料场堆放粘性土比重最大，不能完全满足回填要求。

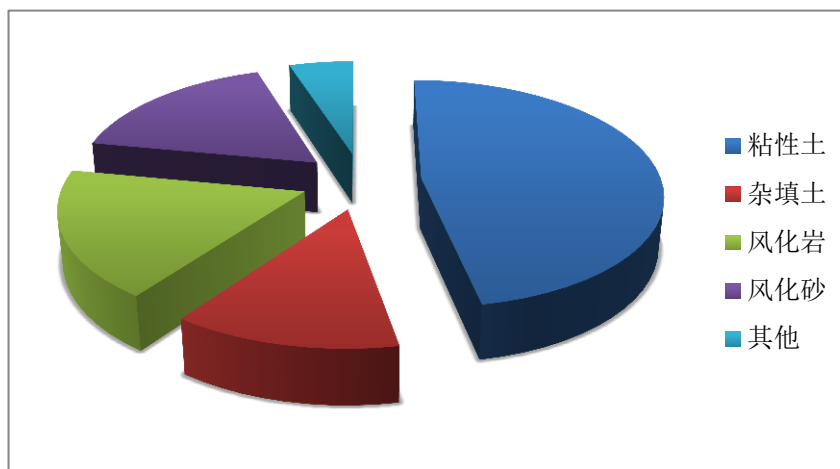


图 6-2 土料构成比例

制图人：孔锁财

时间：2017.2.16

(2) 小组成员对青岛市 16 处挡墙后填土进行调查，发现分层回填厚度及压实系数多处不合格。

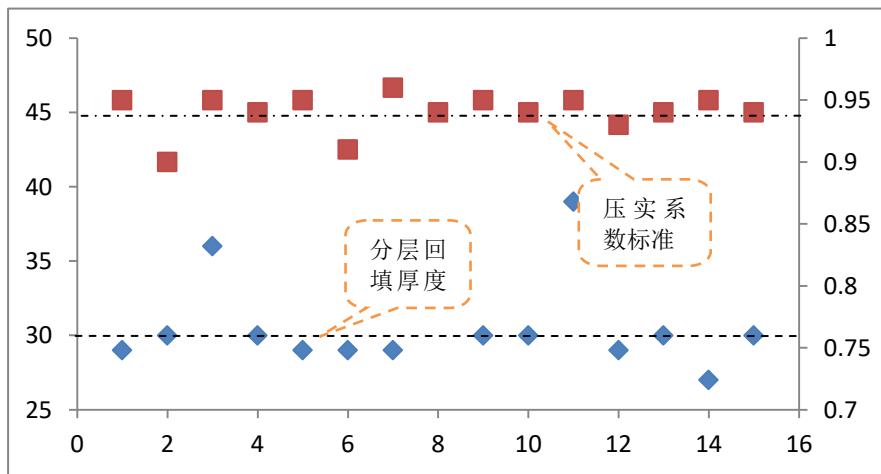


图 6-3 分层回填厚度及压实系数统计图

制图人：孔锁财

时间：2017.2.16

确认结果：**要因**

要因确认四：拉杆防腐性能差

确认方法：现场检查

确认标准：防腐操作满足《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 规范要求。

确认过程：2017 年 2 月 16 日，小组成员对本工程永久性锚杆施工现场进行调查，发现防腐施工过程如下：除锈--刷沥青船底漆--涂钙基润滑脂后绕扎塑料布再涂润滑油后--装入塑料套管--套管两端黄油填充--套管外侧 C30 砼包裹。满足规范要求。



图 6-4 锚杆防腐施工

拍摄者：孔锁财

时间：2017.2.16

确认结果：非要因

要因确认五：拉杆长度设计不当

确认方法：理论分析

确认标准：满足拉杆抗拉承载力要求。

确认过程：小组成员对拉杆抗拉承载力进行计算，发现拉杆抗拉承载力与拉杆长度无关。

计算公式：
$$N \leq f_{py} A_p$$

f_{py} --- 钢筋抗拉强度设计值（钢筋为HRB400时， $f_{py} = 360\text{KN} / \text{mm}^2$ ）

A_p --- 钢筋截面面积， $A_p = \pi d^2 / 4$, d 为钢筋直径）

确认结果：非要因

要因确认六：拉杆直径偏小

确认方法：统计分析

确认标准：满足拉杆抗拉承载力要求。

确认过程：小组成员对锚定板墙拉杆直径进行统计分析，发现拉杆直径与挡墙高度没有直接关系，可以满足抗拉承载力要求。

表 6-2 拉杆直径统计表

项目名称	挡墙高度	拉杆选型
盛世福邸挡土墙	8.5m	HRB400 钢筋，直径 25mm
中德生态园 G-2 区边坡回填支护工程	9.0m	HRB400 钢筋，直径 28mm
四季阳光厂区边坡支护工程	12.0m	HRB400 钢筋，直径 28mm
安子片区一期挡土墙	13.6m	HRB400 钢筋，直径 25mm
香江丽城挡土墙	14.8m	HRB400 钢筋，直径 32mm

制表人：孔锁财

时间：2017.2.16

确认结果：非要因

要因确认七：锚定板面积偏小

确认方法：计算分析

确认标准：锚定板面积可以满足挡墙截面抗弯、抗剪能力。

确认过程：2017 年 2 月 16 日，小组成员利用理正岩土计算软件对锚定板尺

寸和挡墙截面抗弯、抗剪能力的关系进行计算分析。

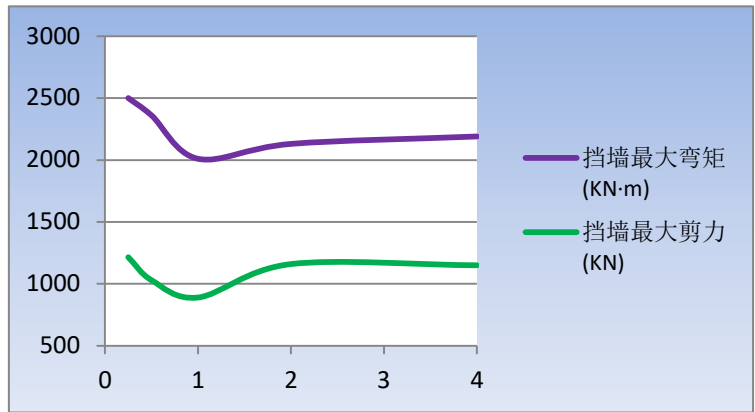


图 6-5 锚定板面积与挡墙弯矩、剪力关系曲线

制图人：孔锁财

时间：2017.2.16

计算发现，当锚定板面积从 0.5m^2 增加至 4m^2 ，开始挡墙截面所受弯矩及剪力均减小，但当到达 1m^2 附近时出现低值，之后再增大截面积对挡墙抗弯及抗剪能力提高不明显。原因是锚定板抗拉力需要拉杆与锚定板的协同作用，并非尺寸越大，对挡墙抗弯抗剪能力改善越大，且目前常采用的锚定板截面形式在 1m^2 左右，可以满足挡墙受力要求。

确认结果：非要因

要因确认八：墙厚设计不当

确认方法：统计调查

确认标准：墙厚满足挡墙截面抗弯及抗剪要求。

确认过程：2017年2月16日，小组成员对青岛地区10个锚定板墙墙厚进行统计，调查发现，挡墙厚度在350~800mm之间，不同厚度墙体均广泛使用。

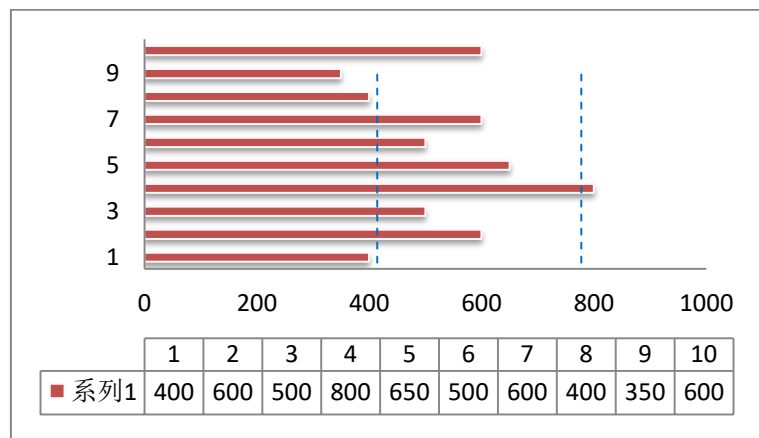


图 6-6 锚定板墙墙厚统计条形图

制图人：闫守谦

时间：2017.2.16

确认结果：非要因

要因确认九：模板施工不合格

确认方法：现场调查

确认标准：模板施工满足《建筑施工模板安全技术规范》（JGJ162-2008）要求。

确认过程：2017年2月17日，小组成员对现场模板施工进行检查，发现模板尺寸合格，无水无油无破损，工人操作满足《建筑施工模板安全技术规范》（JGJ162-2008）要求。



图 6-7 模板施工图

拍摄者：闫守谦

时间：2017.2.17

确认结果：非要因

要因确认十：墙体钢筋布置方式不当

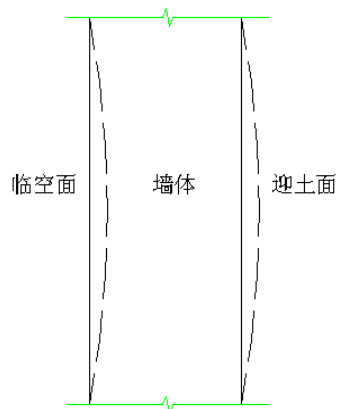
确认方法：统计调查、计算分析

确认标准：墙厚满足挡墙截面抗弯及抗剪要求。

确认过程：2017年2月17日，小组成员对青岛地区锚定板墙墙体钢筋布置方式进行调查，发现墙体钢筋均匀布置在两侧。但根据挡墙受力机理分析，墙体靠近填土侧相对受拉，临空侧相对受压，受力并不均匀，由此会带来钢筋材料浪费以及挡墙受力不均，削弱挡墙截面抗弯及抗剪能力。

表 6-3 墙体钢筋布置方式统计表

项目	墙厚/板厚	墙体配筋
盛世福邸挡土墙	400mm	均匀布筋， Φ18@200mm
中德生态园 G-2 区 边坡	400mm	均匀布筋， Φ20@200mm
四季阳光厂区边坡 支护	700mm	均匀布筋， Φ20@200mm
安子片区一期挡土 墙	800mm	均匀布筋， Φ22@200mm
香江丽城挡土墙	800mm	均匀布筋， Φ25@200mm



制表人：闫守谦

时间：2017.2.17

图 6-8 挡墙受力示意图

确认结果：要因

要因确认十一：混凝土质量不合格

确认方法：现场调查

确认标准：混凝土强度满足《混凝土强度检验评定标准》GB/T50107-2010。

确认过程：2017年2月17日，小组成员对现场混凝土施工进行调查，同时对施工现场的 C30 混凝土进行取样试验。经过标准养护，混凝土抗压强度满足要求，95%的抽查产品抗压强度能够满足 $\geq 30\text{Mpa}$ 。



图 6-9 混凝土浇筑照片及检验合格报告

拍摄者：闫守谦

时间：2017.2.17

确认结果：非要因

要因确认十二：技术交底欠缺

确认方法：调查、分析并查阅施工档案

确认标准：会议记录及施工档案完备

确认过程：2017年2月17日，小组成员赴施工现场调查，查阅交底记录，

资料完整。



图 6-10 现场技术交底

拍摄者：姚伟

时间：2017.2.17

确认结果：非要因

要因确认十三：人员经验不足

确认方法：调查分析

确认标准：施工人员从业年限均超过五年

确认过程：2017年2月17日，小组成员赴施工现场调查。随机抽查10名人员档案，发现人员从业年限均超过五年。

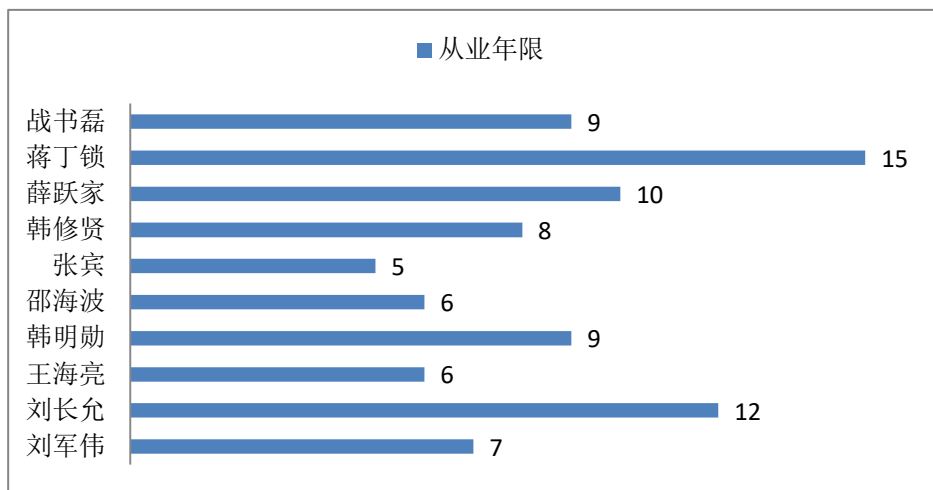


图 6-11 人员从业年限条形图

制图人：姚伟

时间：2017.2.17

确认结果：非要因

2 要因确认结果

- 1) 拉杆对挡墙约束力有限
- 2) 墙后填土质量差
- 3) 墙体钢筋布置方式不当

七、制定对策

针对确定的要因，小组成员开展“头脑风暴法”，制定了对策评价选择表（见表 7-1）。



图 7-1 小组会议

拍摄者：姚伟

时间：2017.2.18

表 7-1 对策评价选择表

序号	要因	对策	评价					综合得分	选定方案
			有效性	可实施性	经济性	可靠性	时间性		
1	拉杆对挡墙约束力有限	拉杆使用预应力钢绞线	○	◎	◎	◎	◎	23	★
		加密拉杆	△	◎	◎	○	◎	19	
		在拉杆端部连接钢筋混凝土板	◎	◎	○	◎	◎	23	★
2	墙后填土质量差	对填土进行加固处理	◎	◎	△	◎	△	17	
		从场区外寻找好的土源	◎	○	○	◎	○	19	
		合理搭配料场土料，划分土料使用区域	◎	◎	◎	◎	◎	25	★
3	墙体钢筋布置方式不当	增大受拉侧钢筋直径	◎	◎	△	◎	◎	21	
		受拉侧钢筋加密，受压侧适当减小	◎	○	◎	◎	◎	23	★
备注		◎-5分；○-3分；△-1分							

制表人：闫守谦

时间：2017.2.18

小组成员经过对策比选，开展“头脑风暴法”，按照“5W1H”的原则制定了对策表（见表 7-2）。

表 7-2 制定对策表

序号	要因	对策 What	目标 Why	措施 How	地点 Where	落实时间 When	负责人 Who
1	拉杆对挡墙约束力有限	拉杆使用预应力钢绞线，同时在拉杆端部设置钢筋混凝土隔板	增加拉杆承载力，分割墙后土体，减少挡墙承受的弯矩及剪力	1) 根据朗肯土压力理论确定土体滑裂面； 2) 根据滑裂面初定钢绞线长度、隔板尺寸及布置方式； 3) 利用岩土数值模拟软件 PLAXIS 模拟计算挡墙弯矩及剪力； 4) 利用折线破裂面法验算优化后锚定板墙稳定性。	办公室	2.20-2.23	王娟 朱志华
2	墙后填土质量差	合理搭配料场土料，划分土料使用区域	满足墙后填土要求，实现土料最优调配	1) 规划场区不同土料的回填区域； 2) 根据料场土料组成，合理确定土料的混合比例；	施工现场	2.24-2.26	刘守森 吕文芳 姚伟
3	墙体钢筋布置方式不当	受拉侧钢筋加密，受压侧适当减小	使挡墙中钢筋混凝土发挥最大效力	1) 利用 PLAXIS 软件对钢筋布置方式进行模拟，根据墙体所受弯矩及剪力对钢筋间距进行优化调整； 2) 满足最小配筋率的前提下，根据模拟结果设置钢筋间距；	施工现场	2.27-2.28	吴腾 张亚蔚

制表人：朱志华

时间：2017.2.19

八、对策实施

对策实施一：拉杆使用预应力钢绞线，同时在拉杆端部设置钢筋混凝土隔板

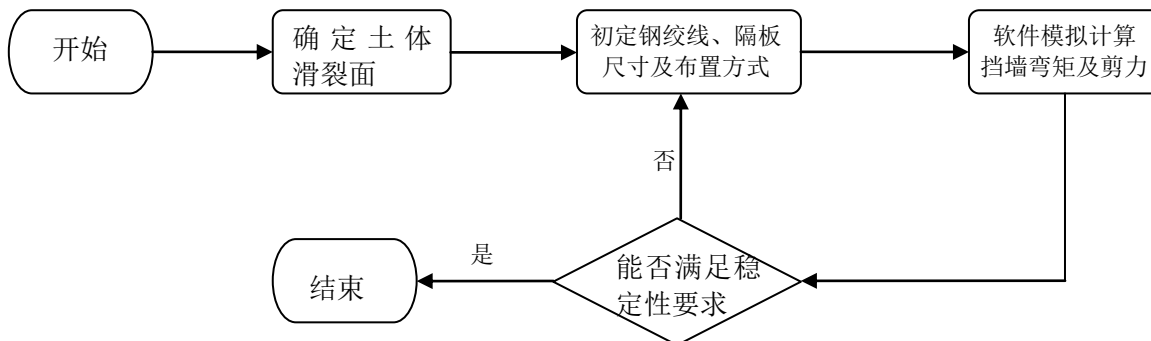


图 8-1 对策一实施流程图

制图人：王娟

时间：2017.2.20

(1) 确定土体滑裂面

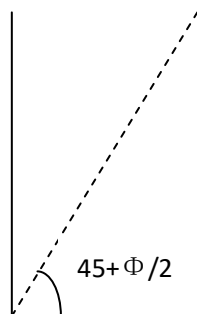


图 8-2 朗肯土压力滑裂面

制图人：王娟

时间：2017.2.20

(2) 初定钢绞线、隔板尺寸及布置方式

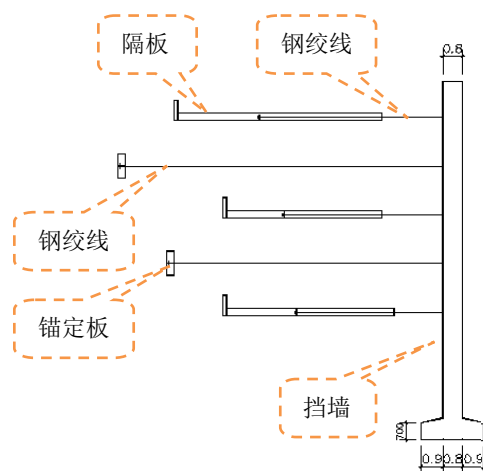


图 8-3 设计图纸

制图人：王娟

时间：2017.2.20

拉杆设计：沿填土深度方向共设置 5 道拉杆，采用“长短相间”的组合形式，每道拉杆均选用高强预应力锚索。

隔板设计：第 1、3、5 道拉杆沿土体水平方向设置 300mm 厚钢筋混凝土板，板末端设置 200*800mm 钢筋混凝土挡板，钢绞线伸入板内。

(3) 数值模拟过程：

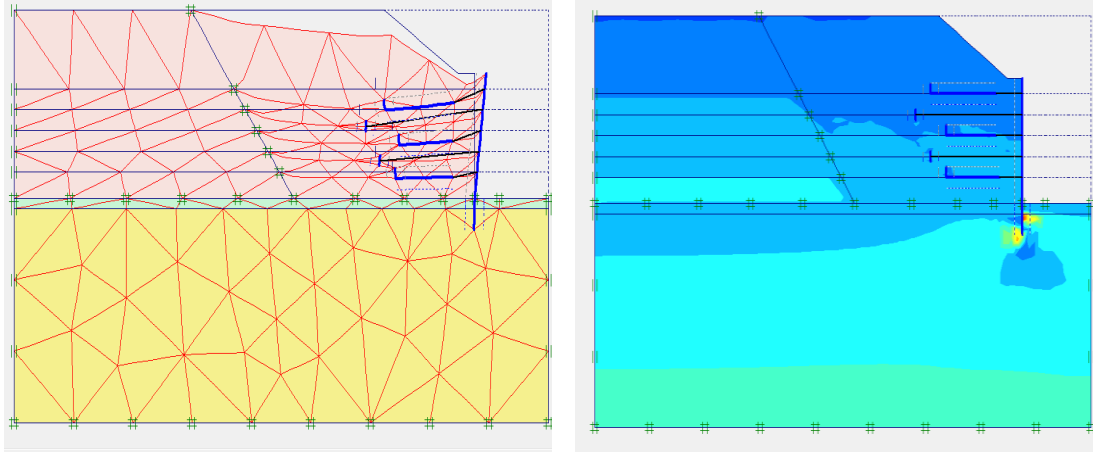


图 8-4 锚定板墙计算网格及水平总应力图

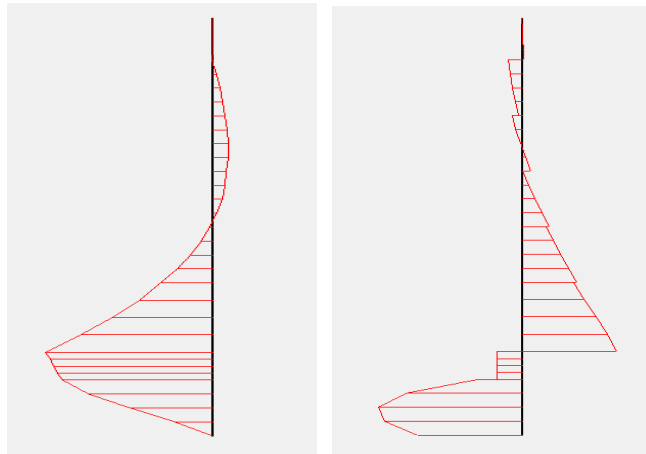


图 8-5 挡墙弯矩及剪力图

制图人：王娟

时间：2017.2.21

(4) 挡土墙整体抗滑稳定性系数为：

$$K_s = \frac{R_G}{T_E} = \frac{f(G+W)}{E} = \frac{2628.2}{965.3} = 2.72 \geq 1.8$$



表 8-1 对策一实施后效果检查表

比较类别 比较项目		对策实施前		对策实施后		结论
		挡墙弯矩	挡墙剪力	挡墙弯矩	挡墙剪力	
每层拉 杆施 工 后 对 挡 墙 的 影 响	第一层	268	105	232	87	挡墙弯矩 及剪力均 有效减小, 目标实现
	第二层	669	352	580	256	
	第三层	660	130	460	85	
	第四层	1650	654	1380	462	
	第五层	1291	750	964	680	

制表人：朱志华

时间：2017.2.22

对策实施二：合理搭配料场土料，划分土料使用区域

(1) 填土水平区域划分：挡墙后 20m 范围内使用透水性好且强度高的风化砂，墙体向内部分依次使用粘性土、风化岩、杂填土，回填区域中央可采用粘性土。

(2) 填土竖向分类：将透水性较好的土层置于最底层，依次向上填筑透水性相对差的土层。

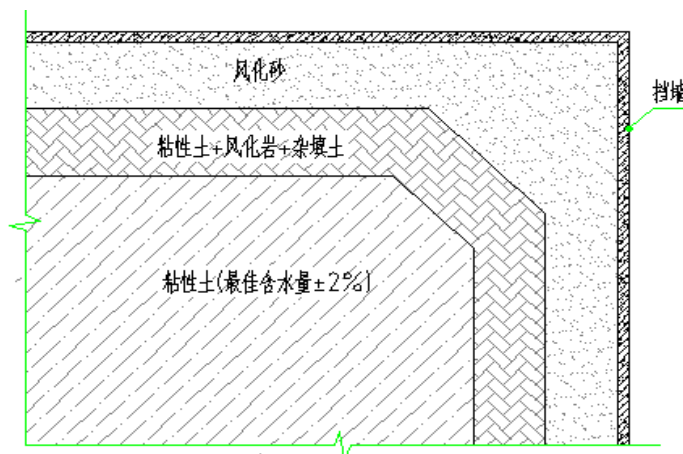


图 8-6 回填料水平区域划分图

制图人：刘守森

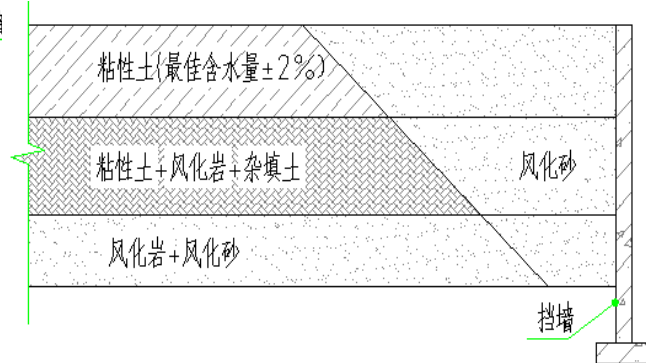


图 8-7 回填料竖向分类图

时间：2017.2.24

(3) 回填要点：

- 1) 严格控制粘性土含水量在最佳含水量±2%范围内；

- 2) 保证泄水孔处反滤层的施工质量;
- 3) 墙身达到设计强度的 75%后方可进行回填。在距墙身 0.5~1.0m 以内, 使用小型压实机具进行压实;
- 4) 回填土每层压实后应测量干密度, 合格后方可进行上层回填。



图 8-8 灌砂法测回填后干密度

拍摄者: 刘守森

时间: 2017.2.24

表 8-2 对策二实施后效果检查表

比较类别 比较项目	对策实施前	对策实施后	结论
满足回填要求的 土料比重	50%	80%	目标实现

制表人: 吕文芳

时间: 2017.2.25

对策实施三: 受拉侧钢筋加密, 受压侧适当减少

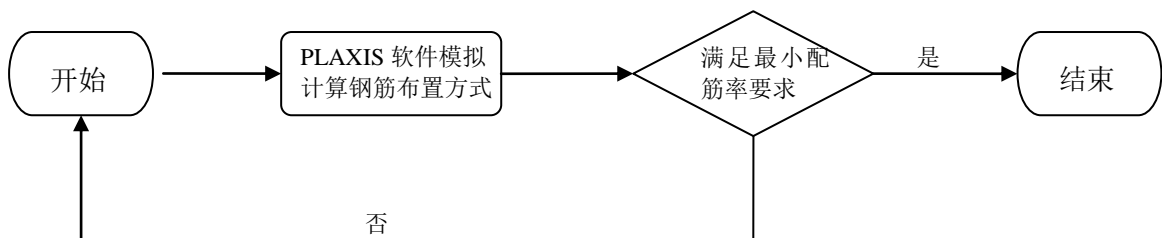


图 8-9 对策实施三流程图

制图人: 吴腾

时间: 2017.2.26

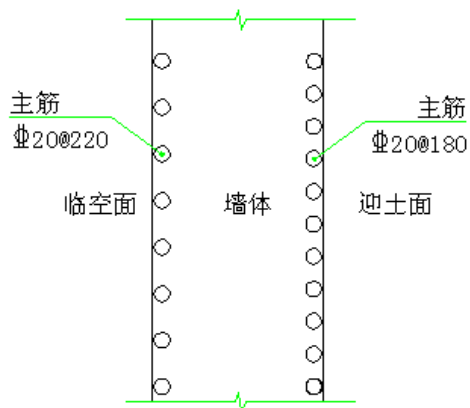


图 8-10 挡墙主筋布置俯视图

制图人：张亚蔚

时间：2017.2.26

对策实施后小组对挡墙截面最大抵抗弯矩及剪力进行对比，结果见表 8-3。

表 8-3 对策三实施后效果检查表

比较类别 比较项目	对策实施前	对策实施后	结论
挡墙截面最大抵抗弯矩	2050KN·m	2420KN·m	挡墙最大抵抗弯矩及剪力均明显增加 目标实现
挡墙截面最大抵抗剪力	850KN·m	1220KN·m	

制表人：张亚蔚

时间：2017.2.28

九、检查效果

1、施工照片



图 9-1 钢筋混凝土隔板

拍摄者：张亚蔚

时间：2017. 5. 25



图 9-2 单级锚定板墙外立面

拍摄者：张亚蔚

时间：2017.6.5

2、变形监测结果分析

本次对挡墙变形的监测选取 3~8 监测点，布置如图 9-1 所示，从 2017 年 3 月 1 日开始至 2017 年 6 月 30 日为止，共监测 120 天、43 期。

挡墙水平位移最大 8.7mm，最后一期水平位移 0.3mm，最后一期最大水平位移速度 0.02mm/d；地表最大沉降为 9.6mm，最后一期最大沉降 0.2mm，最后一期最大沉降速度为 0.01mm/d。挡墙弯矩最大值 2110KN·m，剪力最大值 985KN。

边坡变形曲线及受力图见图 9-3~9-5。

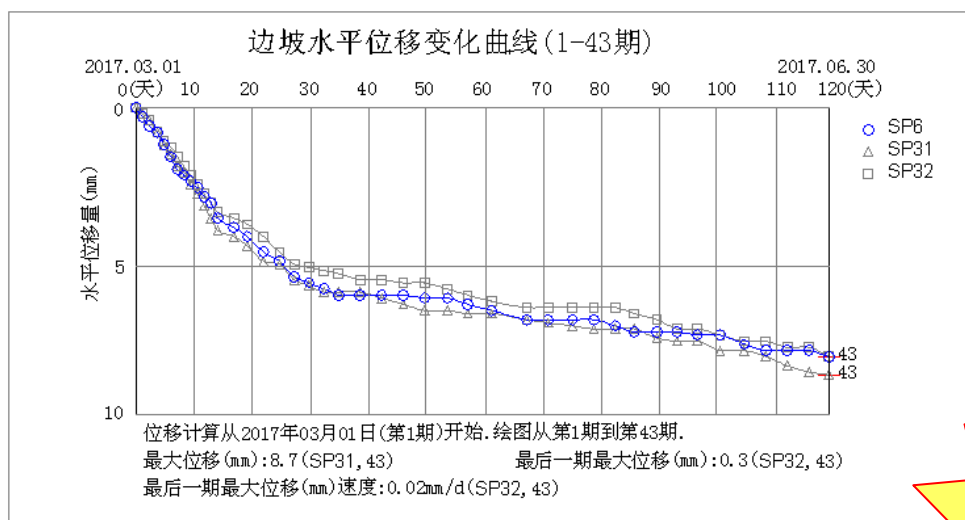


图 9-3 边坡水平位移变化曲线

制图人：张亚蔚

时间：2017.6.30

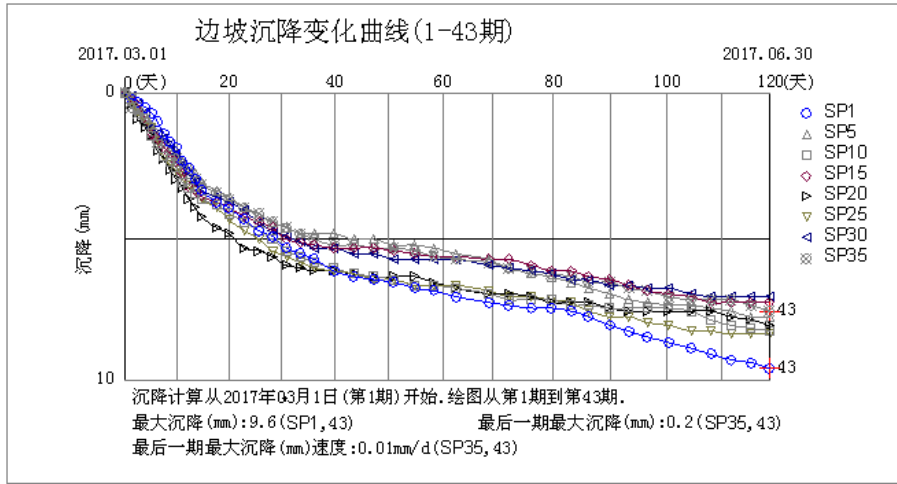


图 9-4 边坡沉降变化曲线

制图人: 张亚蔚

时间: 2017. 6. 30

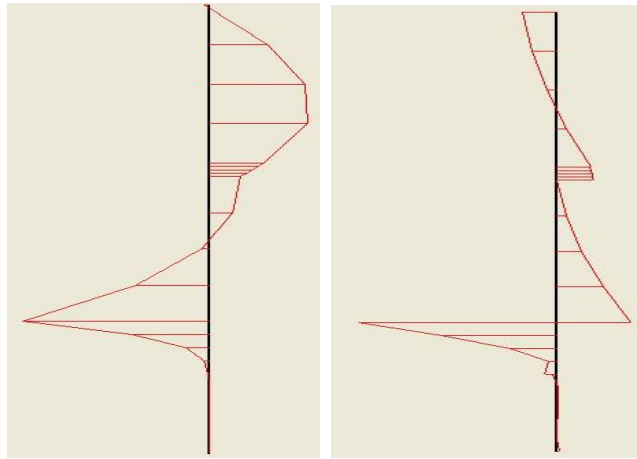


图 9-5 挡墙弯矩及剪力图

制图人: 张亚蔚

时间: 2017. 6. 30

3、小组活动前后成果对比:

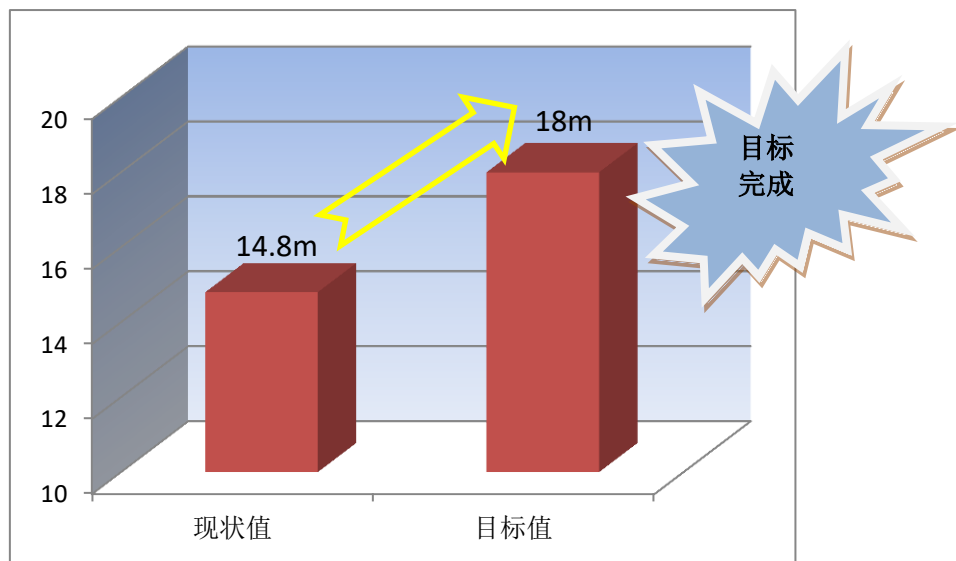


图 9-6 小组活动成果对比图

制图人：张亚蔚

时间：2017. 6. 30

4、经济效益分析

(1) 成本分析

改进后的单级锚定板墙，取消了墙外肋柱，减小了锚定板尺寸，改变了拉杆材料，增加了钢筋混凝土隔板，总计造价节省 49538 元。

表 9-1 工程造价分析

构件	本次采用尺寸	常规尺寸	节省混凝土用量	节省钢筋用量
挡土墙	800mm	400~800mm		
肋柱	无	300*300mm	216.90m ³	2.034t
锚定板	300*1000mm	1000*1000mm	415.23m ³	3.641t
拉杆	2ΦS15.2 钢绞线	Φ25~Φ32 钢筋		
钢筋混凝土隔板	厚 300mm	无	-521.3 m ³	-4.305t
总计			110.83 m ³	1.37t
节省造价	110.83*400+1.37*3800=49538 元			

制表人：吕文芳

时间：2017. 6. 30

(2) 工期分析

改进后的锚定板墙，减少了肋柱，模板施工简单，拉杆间距增大，隔板自带回填土压实功能，分层回填操作方便。对比隔板施工增加的工期，总工期仍节省 16 天。

表 9-2 工期分析

项目	数据
挡墙节省工期	23 天
拉杆节省工期	11 天
回填节省工期	6 天
隔板增加工期	24 天
总工期节省	16 天

制表人：吕文芳

时间：2017. 6. 30

5、安全效益分析

改进后的锚定板墙采用钢筋混凝土隔板与预应力锚索拉杆，一方面增加了拉杆的抗拔承载力，另一方面分隔了土体滑裂面，削弱了土体整体下滑力，减小

了挡墙受力，整体稳定性系数达到 2.7 以上，满足设计要求。

6、无形效益分析

在本次 QC 活动中，小组成员各展所长，按 QC 理念开展工作，并运用各种 QC 工具分析问题，活动结束后，各成员的 QC 基础理论水平得到了提高，小组成员的团队精神、学习能力、专业技能、攻关能力等都得到了进一步提升，集体凝聚力得到加强。

表 9-3 自我评价分析表

项 目	自我评价	
	活动前	活动后
QC 知识	82	94
专业知识	90	98
解决问题能力	80	96
经济意识	87	93
质量意识	85	98
团队意识	85	98

制表人：刘守森

时间：2017.6.30

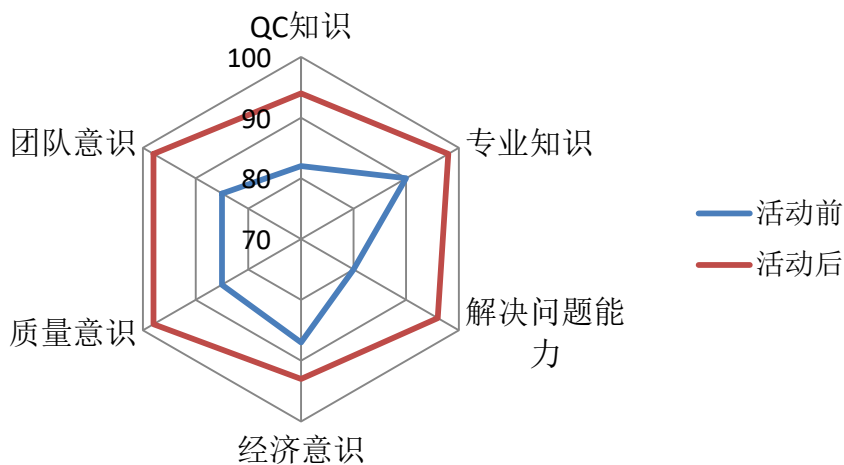


图 9-7 小组活动雷达图

制图人：刘守森

时间：2017.6.30

十、巩固措施及标准化

为巩固成果，使本次 QC 活动所提出的改进施工方法能够更好得在实践中应用，采取了以下措施：

1、资料编写归档：针对 QC 活动成果进行专家分析论证，确保技术可行，效果显著；将此次 QC 活动中所有图纸及设计参数资料编写归档，准备申请设计

专利。

2、推广应用：小组成员们以现场施工过程为基础对设计参数进行了整理和充实，编写并组织学习《新型单级锚定板挡土墙设计指导书》，细化了设计内容。并将指导书纳入公司技术档案，作为设计部门现场指导施工的技术文件，同时也作为公司员工的技术培训教材。

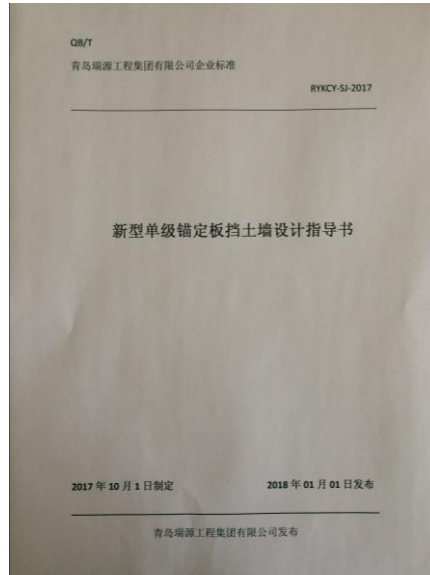


图 9-8 新型单级锚定板挡土墙设计指导书

拍摄者：张亚蔚

时间：2017. 11. 15

3、论文发表：该项设计成果经整理发表于 2017 年 11 月版《地下空间与工程学报》。



图 9-9 论文发表

拍摄者：张亚蔚

时间：2017. 11. 15

十一、总结及展望

1、总结：

通过本次 QC 活动，我们提高了设计、管理、施工人员的专业技能和协调配合解决问题的能力，成功完成了建设单位交给的任务，并提高了企业在业界的知名度。本次攻关活动，是小组人员通力合作、集思广益、攻坚克难的结果，推动了企业创新能力发展，推动了回填土地区开发建设。

2、展望：

本公司今后将在提高设计水平方面加大投入，更加重视对 QC 活动的推广与开展，使本公司设计水平、攻坚克难能力再上一个新的台阶。

由于改进后的单级锚定板墙还存在隔板施工工期长等问题，是一项重要攻关课题。接下来我们计划将《提高单级锚定板挡土墙的施工效率》列为下一次攻关课题。