

# 提高基坑桩顶水平位移监测的工作效率



**发表单位：山东正元建设工程有限责任公司**

**小组名称：济南轨道交通 R2 线监测 QC 小组**

**小组类型：现场型**

**成立时间：2017 年 10 月**

**完成时间：2017 年 12 月**

# 目 录

1. 小组概况.....	1
1.1 小组简介.....	1
1.2 课题背景.....	2
2. 选择课题.....	2
2.1 提出课题.....	2
2.2 活动计划.....	4
3. 现状调查.....	5
4. 目标设定.....	7
4.1 目标设定.....	7
4.2 可行性分析.....	8
5. 原因分析.....	9
6. 要因确认.....	10
7. 制定对策.....	16
8. 实施对策.....	17
9. 效果检查.....	27
9.1 课题目标值实现情况.....	27
9.2 经济效益.....	29
9.3 社会效益.....	30
10. 制定巩固措施.....	30
11. 总结及今后打算.....	31
11.1 总结.....	31
11.2 今后打算.....	32

## 1. 小组概况

### 1.1 小组简介

课题名称	提高基坑桩顶水平位移监测的工作效率						
小组成立时间	2017年10月			小组注册时间	2017年10月08日		
活动时间	2017年10月-2017年12月			课题类型	现场型		
活动次数	8次			平均每次活动时间	3小时		
集体活动出勤率	100%			小组成员 质量学习学时	36小时		
小 组 成 员							
序号	姓名	性别	年龄	文化程度	职 称	组内职务	组内分工
1	陈允斌	男	29	硕士	工程师	组 长	组织、统筹
2	张建国	男	35	硕士	工程师	副组长	策划、实施
3	韩 进	男	30	专科	工程师	副组长	策划、实施
4	宋云龙	男	35	硕士	高级 工程师	技术顾问	检查指导
5	范可歆	男	25	本科	助理 工程师	组 员	现场 协调、落实
6	王小康	男	28	硕士	助理 工程师	组 员	现场 协调、落实
7	刘洪磊	男	28	专科	助理 工程师	组 员	现场 协调、落实
8	牛洪庆	男	29	专科	助理 工程师	组 员	现场 协调、落实
9	高峰	男	25	专科	助理 工程师	组 员	现场 协调、落实

## 告

10	刘志成	男	23	专科	助理 工程师	组 员	现场 协调、落实
----	-----	---	----	----	-----------	-----	-------------

## 1.2 课题背景

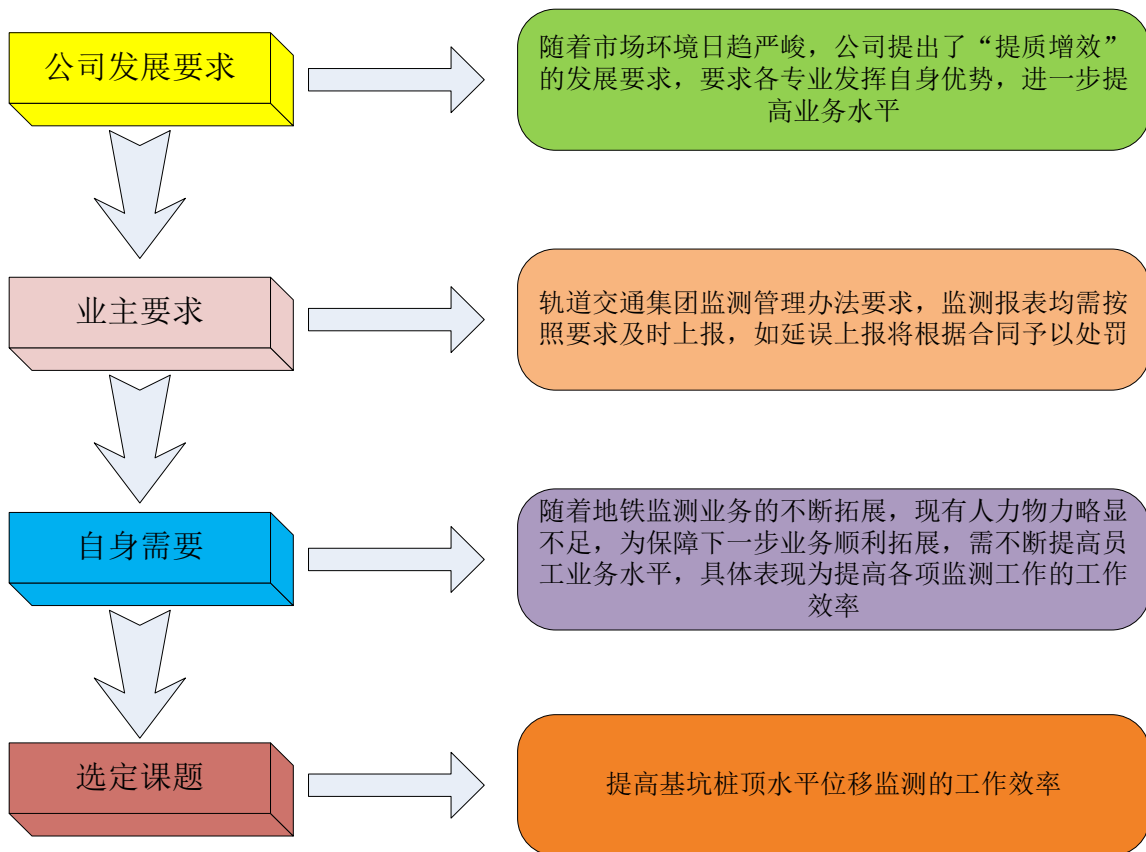
为应对日趋严峻的市场经营环境，2017年，公司提出了“提质增效”的战略发展要求。在公司战略指导下，各部门各专业均针对自身业务实际开展了一系列自我提高活动。随着济南地铁的不断兴建，我公司相继在济南地铁R1、R2、R3线中承接了第三方监测业务，并投入了大量人力物力，能否在保质保量的前提下优化资源配置、提高监测工作效率，已经成为制约我方地铁监测业务进一步拓展的关键因素。

## 2. 选择课题

### 2.1 提出课题

地铁监测中，基坑监测占很大比重，其中，桩顶（坡顶）水平位移监测又是基坑监测的重要组成部分，在各等级基坑监测中均为必测项目。由于存在作业机械遮挡视线、监测点布设质量良莠不齐、工作基点位置不当等因素，导致桩顶（坡顶）水平位移测量工作效率不高。本活动依托我单位承接监测工作的在建济南地铁R2线任家庄站车站基坑进行试验研究，拟通过消除、改进桩顶水平位移监测工作的影响因素，以提高桩顶水平位移监测的工作效率，减少该项工作所占用人力物力，进而为优化项目资源配置做出贡献。

告



## 2.2 活动计划

小组活动计划表

阶段	活动程序	计划进度 (2017 年)							
		2017. 10. 08 -2017. 10. 18	2017. 10. 18 -2017. 10. 28	2017. 10. 28 -2017. 11. 08	2017. 11. 08 -2017. 11. 18	2017. 11. 18 -2017. 11. 28	2017. 11. 28 -2017. 12. 08	2017. 12. 08 -2017. 12. 18	2017. 12. 18 -2017. 12. 28
P 计划	选择课题	----- -----							
	现状调查	----- -----							
	目标设定	----- -----							
	原因分析		----- -----						
	要因确认		----- -----						
	制定对策			----- -----					
D 实施	实施对策				----- -----	----- -----	----- -----		
C 检查	效果检查						----- -----		
A 总结	巩固措施							----- -----	
	总结回顾 及今后打 算								----- -----
注：计划活动时间：----- 实际活动时间：-----									

### 3. 现状调查

本课题对济南地铁 R1 线基坑监测情况进行了调研，调研对象主要为已完工车站基坑、明挖区间基坑，通过调查、统计分析得出了目前济南地铁基坑监测中桩顶水平位移监测的大致工作效率情况（见表 3.1、表 3.2）。

表 3.1 桩顶水平位移监测现状统计

项目名称	基坑规模 (长*宽)	桩顶水平 位移监测 点数量 (个)	监测 人数 (个)	监测 用时 (h)	单点监测 平均耗用 工时 (h)
玉王明挖 区间	652m*17.5m	48	3	5.0	0.31
王府庄站	340m*20.7m	30	3	4.0	0.40
王大区间 风井	77.6m*19.5m	6	2	1.0	0.33
大杨庄站	514m*22.7m	57	3	4.6	0.24
演马庄 西站	359.6m*19.7m	44	3	2.9	0.20
综合平均耗用工时					0.30

表 3.2 桩顶水平位移监测工作时间占比情况

项目名称	桩顶水平位移监测耗用工时 (h)	全部监测工作耗用工时 (h)	工时占比
玉王明挖区间	15.0	41.5	36.1%
王府庄站	12.0	35.0	34.3%
王大区间风井	2.0	6.5	30.8%
大杨庄站	13.8	42.0	32.7%
演马庄西站	8.8	26.5	33.2%
平均工时占比			33.4%

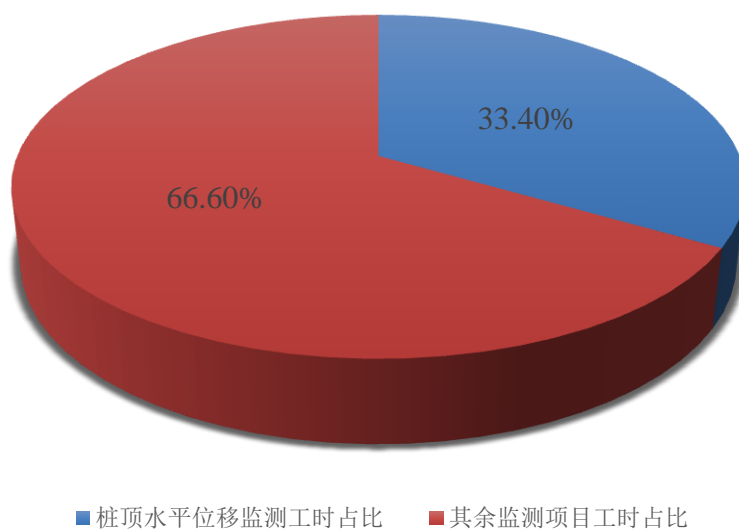


图 3.1 桩顶水平位移监测平均工时占比

**结论：**由表可见，各个基坑桩顶水平位移监测单点监测



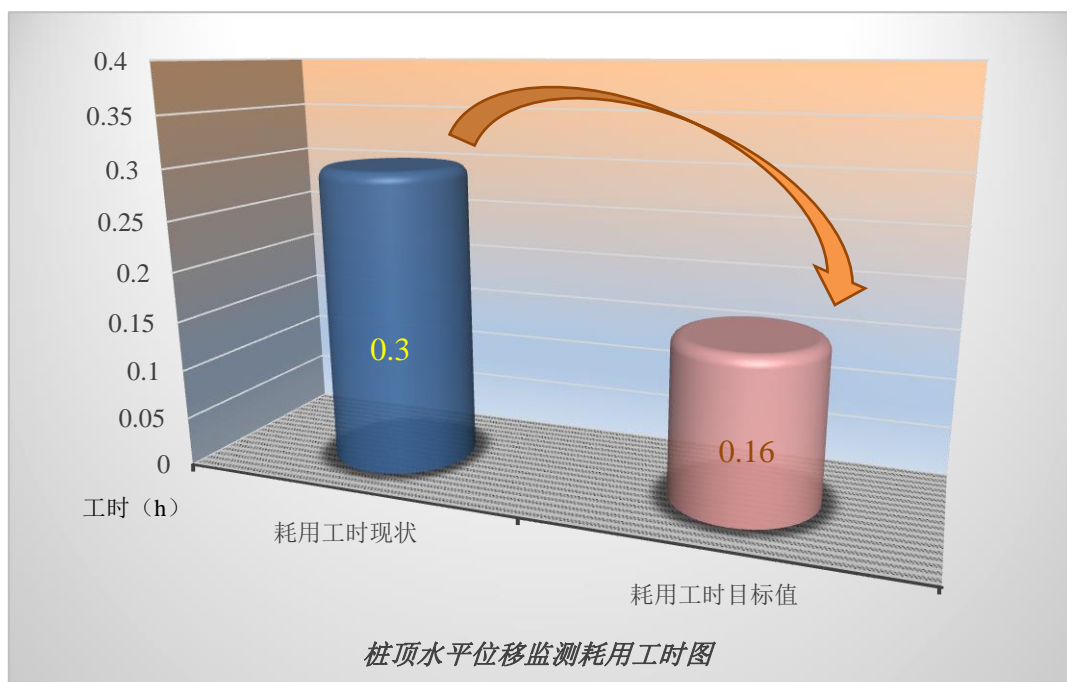
## 告

平均耗用工时为 0.20h—0.40h，桩顶水平位移监测单点监测综合平均耗用工时为 0.30h；桩顶水平位移监测工作时间占总工作时间比重为 30.8%—36.1%，平均工时占比为 33.4%；调查结果显示，目前桩顶水平位移监测工作效率不高，占用工作时间较长，在整个基坑监测工作中，该项工作工时占比超过了 30%，如能显著提高该项工作的工作效率，将大大有益于整体工作效率的提升。

## 4. 目标设定

### 4.1 目标设定

根据现状调查的结果，结合内外条件，拟定本次 QC 活动目标定为：桩顶水平位移监测的单点监测平均耗用工时降至 0.16h 以下。



---

## 图 3.2 目标值设定

### 4.2 可行性分析

1. 本 QC 小组成员多为业务骨干，工作经验丰富，且均参与过多个地铁工程监测项目，工作能力较强，技术水平较高，团队协作默契。

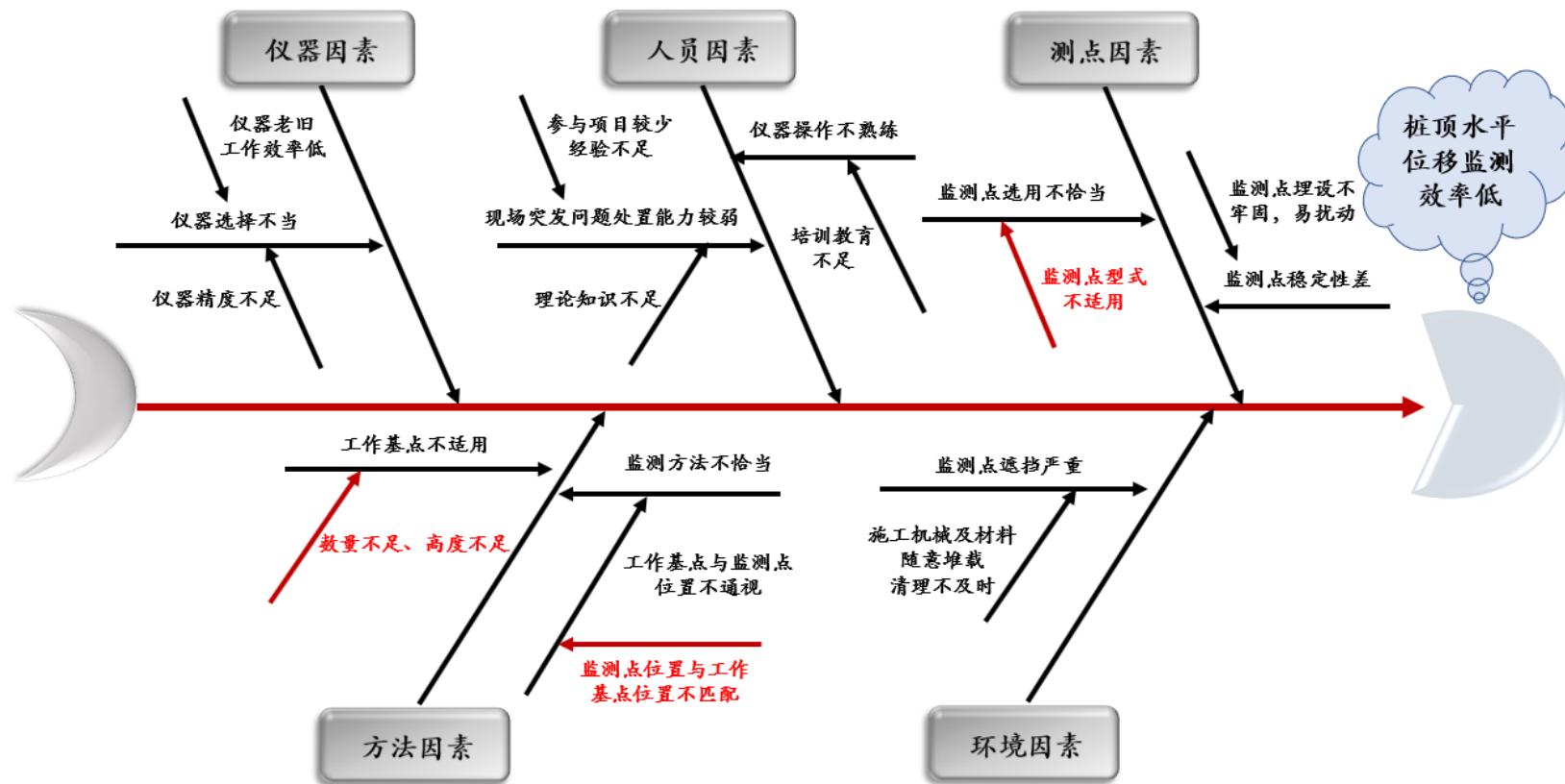
2. 本 QC 小组课题选择在任家庄站车站基坑开展，该项目施工单位对我方工作十分支持，相互沟通顺畅，能够积极配合我方工作。

3. 通过现状调查分析，提高基坑桩顶水平位移监测工作效率主要从取消测量中监测员逐个安置监测棱镜、转而采用固定棱镜或反光片，以及统筹布置工作基点及监测点使之相互通视等方面入手，从工程实际来讲以上想法具备可行性，理论上行得通。

基于以上分析，小组成员一致认为，通过大家共同努力，能够实现既定目标。

### 5. 原因分析

结合现场调查分析结果，本 QC 小组成员全员集思广益，就课题展开了集中讨论，采用“头脑风暴法”从多个方面全面分析了导致基坑桩顶水平位移监测效率不高的诸多因素，绘制因果分析图如下：



## 6. 要因确认

小组成员对“因果分析图”中的 10 个末端因素是否“要因”逐一进行现场调查、取证、辨识。

### 要因确认一：仪器老旧、工作效率低

本项目采用日本索佳 SokkiaNET05 全站仪进行桩顶水平位移监测，该全站仪较为先进，功能强大，且操作简便。

**结论：非要因**

### 要因确认二：仪器精度不足

项目使用的日本索佳 SokkiaNET05 全站仪精度较高，能够满足本项目测量要求，仪器参数见下表。

**表 6.1 SokkiaNET05 全站仪主要参数表**

角 度 测 量	
精度（标准偏差 ISO-17123-3）	0.5''
测量方法	绝对编码，连续，对径测量
最小读数	0.5'' /0.0001gon/0.002mil
补偿方式	液体双轴补偿器
设置精度	0.5''

## 告

距离测量	
圆棱镜测程 (GPR1)	3500m
反射片 (60mm×60mm)	200m
精度/测量时间 (标准偏差 ISO-17123-4)	棱镜: $(0.8+1\text{ppm}\times D)$ mm; 反射片: $(0.5+1\text{ppm}\times D)$ mm
无棱镜距离测量	
精度/测量时间 (标准偏差 ISO-17123-4)	$(1.0+1\text{ppm}\times D)$ mm

### 结论：非要因

#### 要因确认三：参与项目较少、经验不足

项目人员多为经验丰富老员工，平均工作年限 4 年，且参与过多个类似地铁工程监测项目，实践经历充分。

### 结论：非要因

#### 要因确认四：理论知识不足

本项目成员学历水平较高，含硕士研究生 3 名，本科生 6 名，所学专业涵盖测绘工程、地质工程、岩土工程等对口专业，理论知识充足。

**结论：非要因****要因确认五：培训教育不足**

根据项目培训交底制度，对本项目人员均进行了完善的技术交底、技术培训，并进行了理论知识及技能考核，项目人员考核成绩优良。

**结论：非要因****要因确认六：监测点型式不适用**

以往类似工程监测项目所采用的监测点为棱镜连接头，在每次测量时需将棱镜插入棱镜连接头后进行测量，测量过程为测量员将棱镜安置在某个监测点上一仪器操作员照准读数—测量员取下棱镜前往下个监测点处安置棱镜—仪器操作员照准读数，循环往复，常称测量员逐个安置棱镜的过程为“跑杆”，实际整个测量过程中，仪器照准时间较小，主要时间都花费在“跑杆”上，如将监测点改为固定式监测点，取消“跑杆”时间，则整个工作效率会大大提升。

**结论：要因****要因确认七：监测点埋设不牢固、易扰动**

## 告

在监测点埋设不牢固的情况下难以保证测量精度，可能会导致返工而影响监测效率；以往类似项目监测点为嵌入式监测点，在冠梁或挡土墙浇筑后埋入，嵌入深度超过整个监测点长度的 50%，测点埋设较为稳固，一般情况下，除非机械等强大外力扰动，否则监测点不会产生变动。

**结论：非要因****要因确认八：工作基点数量不足、高度不足**

工作基点数量及高度，往往决定了工作基点与监测点的通视效果，数量过少或高度不足均会导致工程条件稍有变化监测点即被遮挡无法通视，为测量被遮挡监测点则需要进行转站，进而导致监测时间大幅增加且监测精度难以保证；以往项目中往往忽视了工作基点布置的重要性、实用性，仅程序化的将工作基点布置在基坑四角处，该法并不可取。

**结论：要因****要因确认九：监测点位置与工作基点不匹配**

在满足规范及设计要求的情况下，工作基点与监测点的位置应当作为一个整体统筹布置，以保证其相互通视、且通视条件被破坏的概率尽可能低，过去的项目中仅机械性的按照测点布设间距进行监测点布设，而未充分考虑测量是否方

便。

### 结论：要因

#### 要因确认十：施工机械及材料随意堆载、清理不及时

基坑土方开挖及主体结构施工期间，难免会产生施工机械及材料堆载遮挡监测点的情况，且有些时候施工机械长期在某位置施工导致通视条件较差、影响测量，在工期压力或者施工方便性的驱使下上述情况有时难以避免，作为监测方则需要在工作基点及监测点布置充分考虑到该影响因素，将其作为一个常态条件进行考虑。

### 结论：非要因

表 6.2 要因确认汇总表

序号	末端原因	验证人	验证时间	是否要因
1	仪器老旧、工作效率低	陈允斌	2017. 11. 20	否
2	仪器精度不足	韩进	2017. 11. 20	否
3	参与项目较少、经验不足	陈允斌 韩进	2017. 11. 22	否



## 告

序号	末端原因	验证人	验证时间	是否要因
4	理论知识不足	韩进 范可歆	2017.11.22	否
5	培训教育不足	陈允斌 范可歆	2017.11.22	否
6	监测点型式不适用	陈允斌 韩进	2017.11.25	是
7	监测点埋设不牢固、易扰动	刘洪磊 高峰	2017.11.27	否
8	工作基点 数量不足、高度不足	陈允斌 韩进	2017.11.27	是
9	监测点位置与 工作基点不匹配	陈允斌 韩进	2017.11.28	是
10	施工机械及材料随意堆载、 清理不及时	牛洪庆 刘洪磊	2017.11.28	否

## 7. 制定对策

要因确认后，小组成员按照“5W1H”的方法进行了分析讨论，制定了对策实施表如下：

表 7.1 对 策 表

序号	要因	对策	目标	措施	时间	地点	负责人
1	监测点型式不适用	根据现场条件，改用固定式棱镜或反光片	减少监测员逐个安置棱镜的“跑杆”时间	充分掌握现场场地布置，结合使用固定式棱镜或反光片	2017.10.28	任家庄 车站现场	张建国
2	工作基点数量不足、高度不足	结合场地布置，不少于3个符合要求的工作基点	提高工作基点实用性，充分发挥工作基点作用	工作基点采用强制对中墩，且高度应经计算得出，工作基点数量不少于3个	2017.10.28		陈允斌
3	监测点位置与工作基点不匹配	统一考虑监测点及工作基点的布置	确保工作基点与监测点相互通视，减少转站	监测点布设前，模拟实际测量，优选工作基点及监测点布设位置	2017.10.28		韩进

## 8. 实施对策

### 8.1 对策一实施：结合使用固定式棱镜或反光片

当前技术条件下可采用的固定式测点有固定式棱镜、反光片，经 QC 小组成员多次集中讨论认为，可尝试单独使用固定式棱镜、反光片，或两者结合使用，以达到经济性、实用性的最佳平衡。小组成员首先对固定式棱镜、反光片的自身特点及应用特点进行了对比分析，如下表所示。

表 8.1 多类型固定式水平位移监测点特点分析表

类型/式样	棱 镜		反光片
	大棱镜	小棱镜	
是否满足精度要求	满足	满足	满足
优点	目标大，容易查找；转动灵活，使用时角度可任意调整；可回收重复利用	目标小，不易破坏；使用时，角度一定范围内可调；造价适中（90 元/个）；可回收重复利用	目标小，不易破坏；安装简便；造价低（1.2 元/个）
缺点	体积大，易破坏；造价高（220 元/个）	目标小，不易查找，需与测点标识配合使用	使用时角度不可调，反射角度（范围）相对有限，超限后无法正常读数

### 尝试方案一：大棱镜+反光片结合使用

根据任家庄场地条件，小组讨论决定首先尝试采用大棱镜+反光片组合使用的方案。监测点布设原则为：监测点布设围绕工作基点展开，以尽量保证监测点与工作基点相互通视，测点布设示意图见图 8.1。考虑到基坑北侧为施工主便道，遮挡较严重，故基坑北侧将监测点布设于挡土墙内侧，采用反光片（图 8.2）；基坑东西两侧监测点布设于挡土墙内侧，采用大棱镜（图 8.3）；基坑南侧监测点布设于挡土墙外侧，采用大棱镜（图 8.3）。

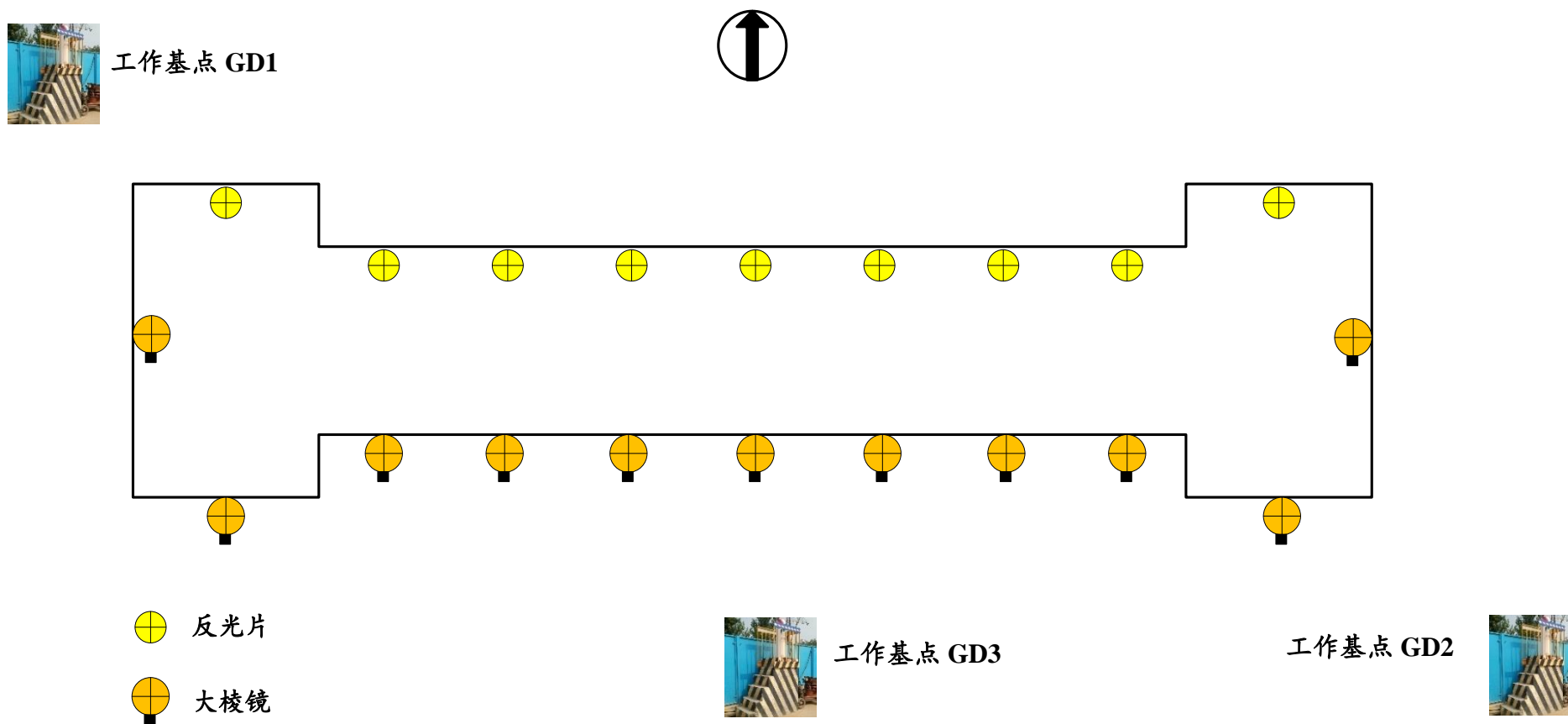


图 8.1 桩顶水平位移监测点布设示意图（方案一：大棱镜+反光片结合使用）



## 8.2 基坑北侧挡墙内侧布设反光片



图 8.3 基坑东侧、南侧、西侧挡墙外侧布设大棱镜图

### 方案一实施效果：大棱镜+反光片结合使用

大棱镜+反光片结合实用，实践证明一定程度上提高了监测效率，但仍存在一定弊端：（1）当反光片距离工作基点较远或反光片反射面与视线夹角较小时，均出现读数困难的情况，稳定性不好；（2）大棱镜保护难度大，体积大经常被磕碰，使用过程中破损率较高，大大增加了成本投入，经济

性较差。

经过小组成员全员讨论决定，在方案一的基础上进行改进，拟采用全部监测点使用小棱镜的方案。

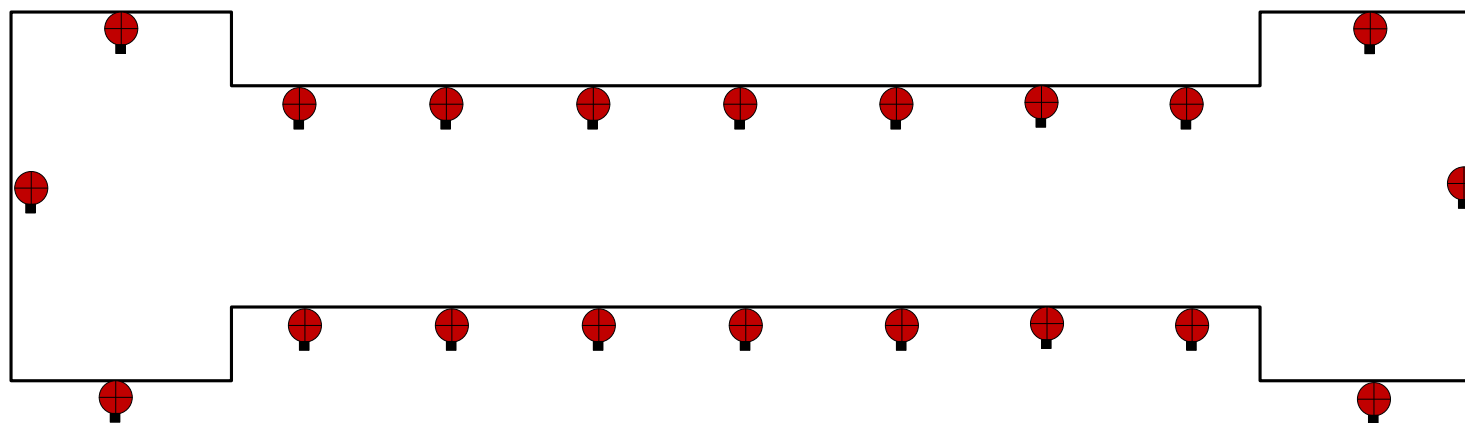
### **尝试方案二：全部使用小棱镜**

经小组成员进一步调研得知，国内已有较多大型城市（如广州）地铁基坑桩顶水平位移监测采用固定式小棱镜，取得了较好的应用效果，但该法在山东地区尚未得到应用，结合地区特点，本 QC 小组活动试图将该先进经验引入济南地区；充分考虑小棱镜的应用特点后，小组成员决定采用小棱镜替代大棱镜及反光片。方案二的监测点布设原则同方案一。

测点布设示意图见图 8.4，布设实例图见图 8.5、图 8.6。



工作基点 GD1



小棱镜



工作基点 GD3



工作基点 GD2

图 8.4 桩顶水平位移监测点布设示意图（方案二：全部使用小棱镜）





图 8.5 基坑北侧小棱镜布设实例图



图 8.6 基坑南侧小棱镜布设实例图

### 方案二实施效果：全部使用小棱镜

在全部改用小棱镜后，测量效率得到了进一步提升，且避免了监测点不够醒目、保护难度大、测量精度难以保证等弊端，实践证明，该法应用性较强，可帮助实现本 QC 小组活动目标。

### 8.2 对策二实施：结合场地布置，设置不少于 3 个符合要求的工作基点

## 告

根据以往长期监测经验可知，场内工作基点的高度、数量、位置是否满足要求，是影响桩顶水平位移监测工作效率的关键因素。由于理想的工作基点布设相对麻烦，很多监测单位常布设简易工作基点使用，实际是舍本逐末、因小失大的做法。

**措施 1：工作基点采用强制对中墩，且高度应经计算得出，工作基点数量不少于 3 个**

任家庄站车站基坑长 208.5m，标准段宽约 19m，盾构井段宽约 24m；由于工作基点 GD3（距离基坑南侧挡土墙 5.0m，如图 8.5）被作为主要使用观测基点，故对 GD3 的适用高度进行计算，计算模型见图 8.7，经计算可知，当工作基点 GD3 高度大于 1.45m 时，能够实现与基坑北侧全部桩顶水平位移监测点相互通视，进而满足工作基点尽可能监控全部监测点的要求，为提供更好的现场观测条件，小组决定将基准点布设高度定为 3m。结合任家庄站场地布置，共布设 3 个工作基点（高度 3m），分别位于基坑东南侧、西北侧、南侧，3 个工作基点构型局部控制网，可有效控制整个场区。为消除仪器对中误差，以尽可能的提高观测精度，工作基点采用强制对中观测墩如图 8.8、图 8.9。

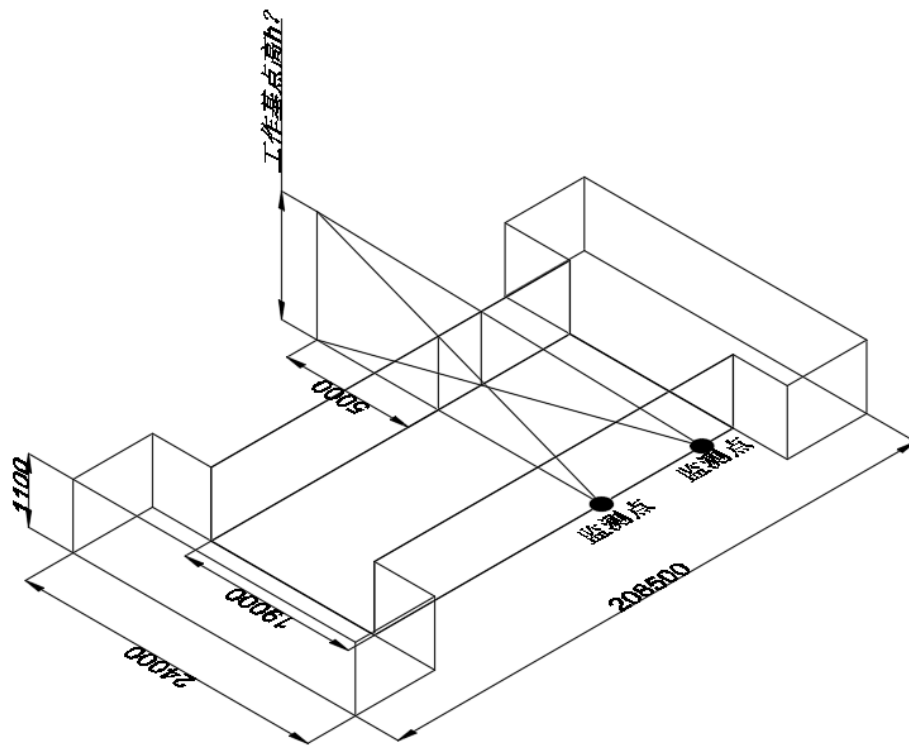


图 8.7 工作基点高度计算模型

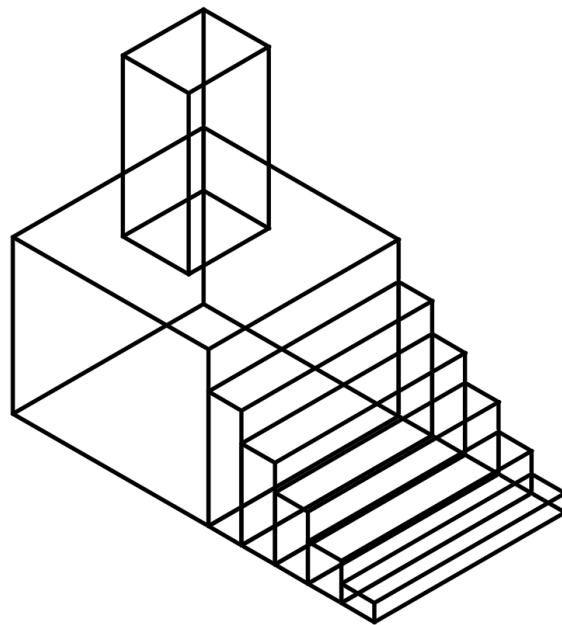


图 8.8 强制对中观测墩式样

## 告

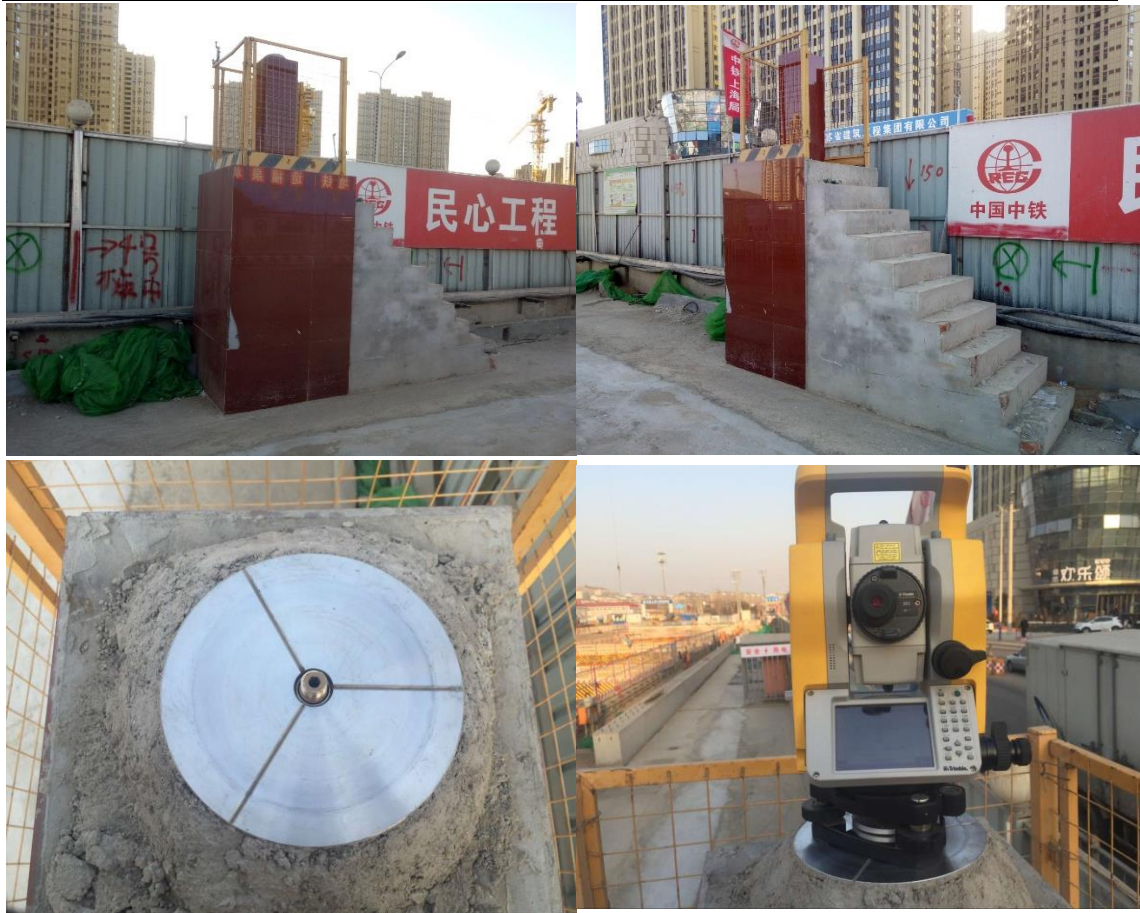


图 8.9 水平控制网工作基点-强制对中观测墩

### 8.3 对策三实施：监测点布设前，模拟实际测量，优选工作基点及监测点布设位置

工作基点布设完成、监测点布设之前，在满足测点布设间距的前提下，先大致定位出各个监测点应布置的位置，然后将全站仪架设在工作基点上，环视整个车站基坑，模拟实际测量过程，通过仪器视口观察协助确定监测点最终布设位置，同时调整棱镜镜面朝向使之面向全站仪（如图 8.10），最后再将监测点（棱镜）进行固定，以最大程度满足监测点与工作基点之间相互通视的要求。



告



图 8.10 监测点安装位置及棱镜朝向定位图

## 9. 效果检查

### 9.1 课题目标值实现情况

## 告

本 QC 小组成员针对查找分析出的要因，逐一制定了相应解决对策，并将其全部应用于任家庄站基坑桩顶水平位移监测体系的构建，取得了良好的效果，经多次实际测量统计，单个桩顶水平位移监测点平均耗用工时降至 0.1h<目标值 0.16h，超额实现了既定目标。此外，采取本 QC 小组制定的措施后，桩顶水平位移监测用时占比降至约 15.3%，**整体监测效率相比之前粗略估算则提升了 20%**，基坑监测整体工作效率得到了大幅提升。

表 9.1 桩顶水平位移监测耗时统计

项目名称	基坑规模 (长*宽)	桩顶水平位移监测点数量 (个)	监测人数 (个)	监测用时 (h)	单点监测平均耗用工时 (h)
任家庄站	208.5m*19m	27	2	1.33	0.10

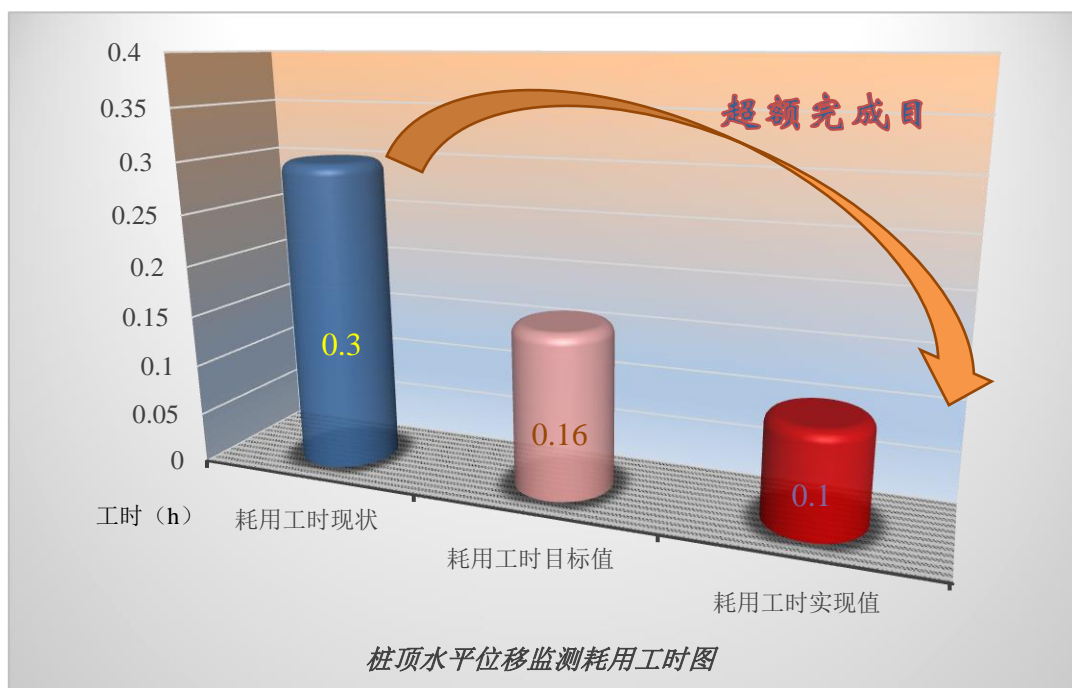


图 9.1 桩顶水平位移监测耗用工时图

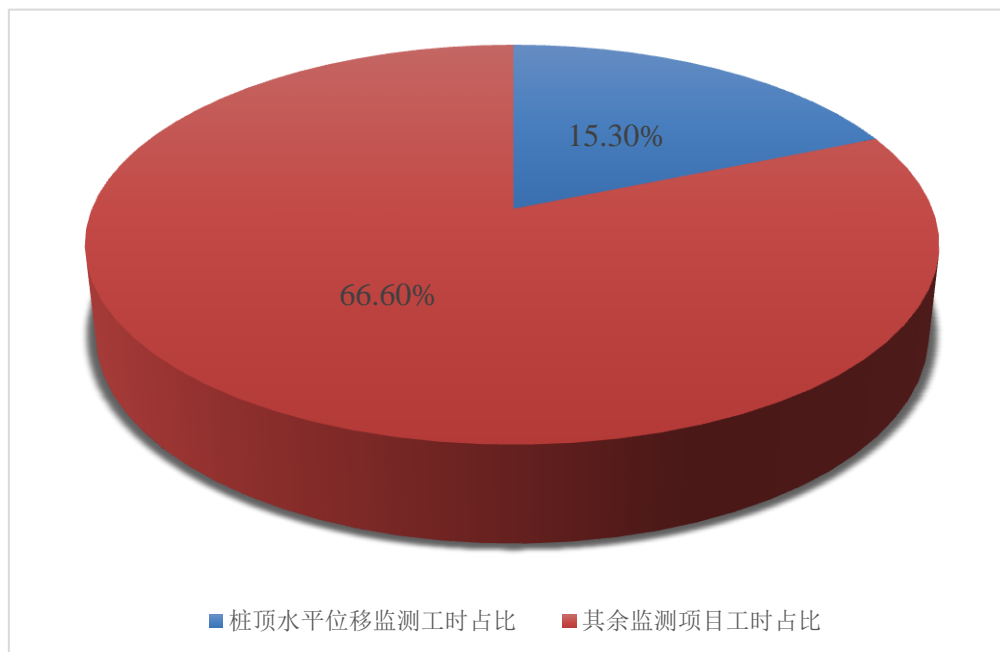


图 9.2 桩顶水平位移监测耗用工时占比图

## 9.2 经济效益

通过开展本次 QC 活动，解决了桩顶水平位移监测耗费人力过多的问题，使得任家庄站整体监测工作效率大幅提升，在工作量不变的情况下，现场配备监测人员可缩编 1 人，按照项目工期 1 年计算，缩编 1 人可节省约 50000 元工资支出，减除棱镜等材料增加导致的直接支出 1890 元，可为项目带来约 **48110 元** 的经济效益。

表 9.1 成本变化分析表

序号	项目	项目人员配置 (人)	人均工资 (元/人)	监测点单价 (元/个)	监测点数量 (个)
----	----	------------	------------	-------------	-----------

## 告

序号	项 目	项目人员配置 (人)	人均工资 (元/人)	监测点单价 (元/个)	监测点数量 (个)
1	传统桩顶水平位移监测方案	5	50000	20	27
2	任家庄站改进后桩顶水平位移监测方案	4		90	
3	成本差值	$(5-4) * 50000 - (90-20) * 27 = 48110$ 元			

### 9.3 社会效益

1. 通过开展本次 QC 活动取得了一系列有益成果，在提高任家庄站监测工作效率的同时，提高了监测成果的精度及可靠性，此外，规范的工作基点及监测点也成为基坑现场良好文明施工形象的一部分，此举受到各相关单位尤其是业主单位的一致好评，为我单位赢得了良好声誉，进一步加深了济南地铁集团对我单位的信任。

2. 本次 QC 小组所取得的成果，具备在济南地铁乃至山东地区广泛推广的价值及条件，我项目部计划将成果进一步完善后向济南地铁推荐将其纳入济南地铁监测标准化体系。

### 10. 制定巩固措施

为进一步巩固本次 QC 活动所取得的成果，针对对策表中的内容制定以下巩固措施：



## 告

1. 明确桩顶水平位移监测点（小棱镜）的安装标准及注意事项，制作不同情况下适用的桩顶水平位移监测点（小棱镜）保护措施，并喷涂醒目的监测点标识，确保监测点既方便实用，又不会被轻易破坏。

2. 对工作基点的样式进一步优化，使之稳定适用且美观醒目，将优化后的工作基点纳入监测标准化体系。

## 11. 总结及今后打算

### 11.1 总结

本次 QC 小组活动，小组成员按照 PDCA 的循环分析方法，结合工程实际，群策群力，最终实现了预期目标，提高了基坑桩顶水平位移监测的工作效率。通过本次活动，增强了小组成员分析解决问题的能力及团队默契，锻炼了小组成员按照 PDCA 循环进行课题攻关的能力，培养了小组成员的创新意识，同时也增强了小组成员的专业自信及工作积极性。

表 11.1 QC 活动自我评价表

	团队精神	QC 知识	创新意识	工作积极性	分析解决问题的能力
活动前	8	5	5	7	7
活动后	9	8	9	9	8

## 告

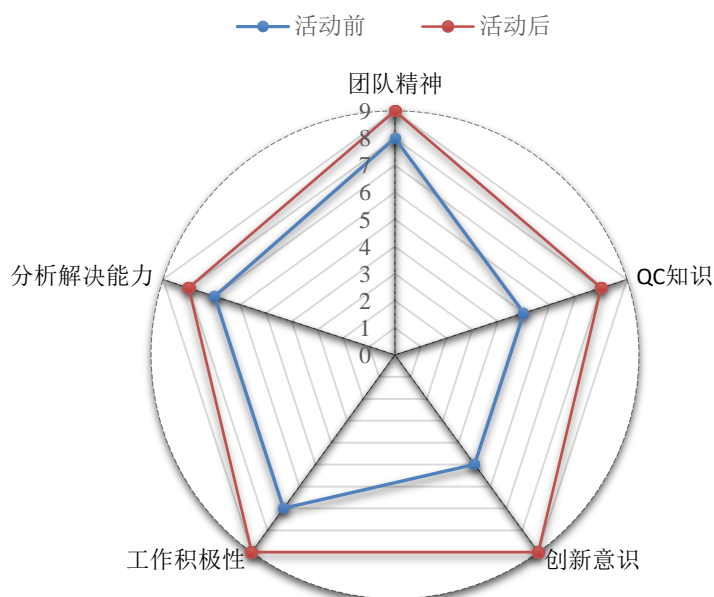


图 11.1 小组活动雷达图

## 11.2 今后打算

通过本次活动，使大家认识到充分发挥利用好 QC 小组活动，可以有效提升质量、提高工作效率、创新工作思路、提高管理水平。下一步计划将本次 QC 活动取得的成果进一步完善后进行内外部推广应用，同时，研究分析自动化监测代替人工监测的可能性，进一步挖掘提高监测工作效率的潜力。此外，进一步消化吸收本次 QC 小组活动的实践经验，以便在今后遇到其他问题时可以熟练地采用 QC 小组活动的形式进行解决提高。