

提高电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率



小组名称： 战狼 QC 小组

发表人： 丛 旭

企业名称：北京万兴建筑集团

日 期： 2019 年 1 月 4 日

目录

1.工程概况.....	1
2.QC 小组介绍.....	3
3.选择课题	5
4.现状调查	7
5.设定目标	9
6.原因分析	10
7.确定主要原因	11
8.制定对策	20
9.对策实施	26
10.效果检查.....	33
11.巩固措施.....	36
12.总结和下一步打算	38

1. 工程概况

表 1-1 项目简介表

项目简介	
工程名称	永兴河北路（大广高速~磁大路）道路及综合管廊工程（六标段）
工程地点	北京市大兴区榆垓镇
建设单位	北京新航城开发建设有限公司
设计负责人	北京市市政工程设计研究总院有限公司
勘察单位	中航勘察设计研究院有限公司
施工总承包	北京万兴建筑集团有限公司
监理单位	北京伟泽工程项目管理有限公司
管廊长度	总长 1612.0m（其中明挖段长 1454m、暗挖段长 158m）
项目总投资	工程总造价 4.87 亿，其中管廊结构造价 1.5 亿
开竣工日期	2018 年 7 月 28 日~2019 年 9 月 30 日

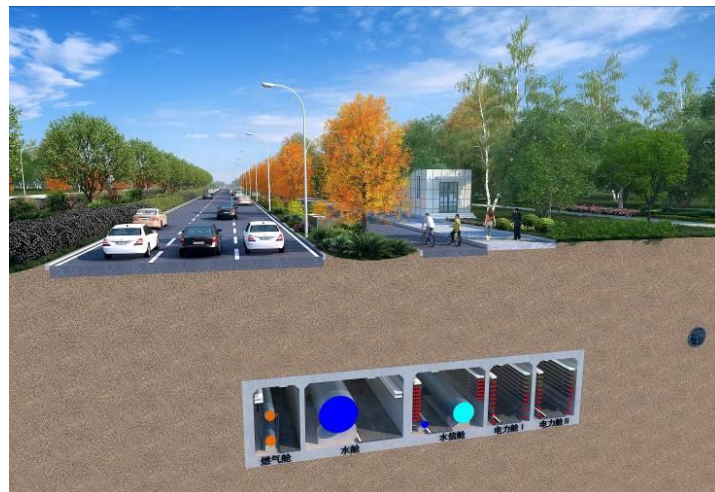


图 1-1 项目效果图

永兴河北路综合管廊及道路工程作为 2019 年北京大兴国际机场临空经济区市政交通配套工程，受到市政府、集团的高度重视。

主管廊断面设计结构包含电力舱、水信舱、水舱、燃气舱。其中电力舱是保证新机场正常通航的重要供电通道，包含了大量的电缆、电力支架。需在侧墙中预埋的大量 T 型螺栓（螺栓长 219mm，纵向

布置间距 1m，竖向每列布置 3 个或 4 个，本工程共计含有 16000 多个)。

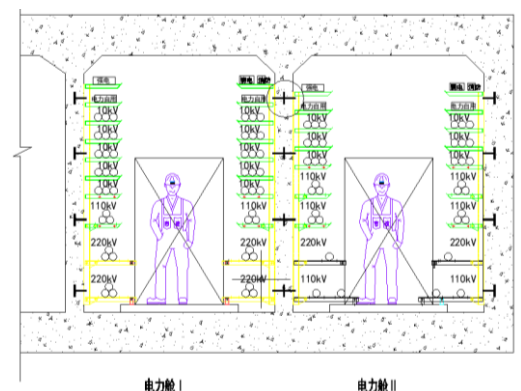


图 1-2 电力舱结构剖面图

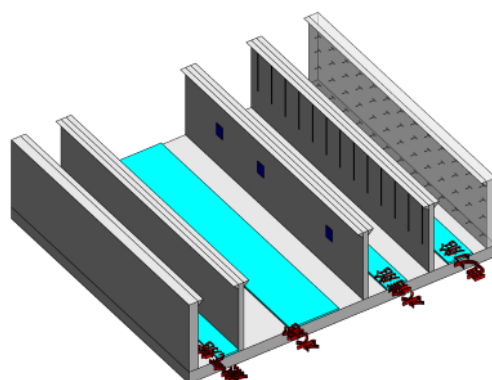


图 1-3 综合管廊 BIM 效果图

综合管廊工程结构纵向坡度变化较多(其中主管廊电力支架须与管廊底板垂直，分支节点处二层支管廊电力支架需斜向布置)，这也使得 T 型螺栓预埋质量难以控制。

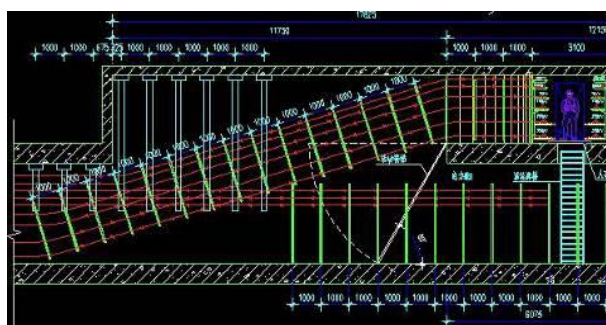


图 1-4 二层支管廊电力支架布置 CAD 图



图 1-5 二层支管廊电力支架布置照片

2. QC 小组介绍

永兴河北路道路及综合管廊工程 QC 小组新成立于 2018 年 8 月，本次活动是本小组第一次 QC 活动，课题类型为现场型，课题题目为“提高电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率”。

表 2-1 QC 小组概况表

小组名称	战狼 QC 小组	小组注册号	WXQC-2018-01
课题名称	提高电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率	课题登记号	WXQCkt-2018-01
课题类型	现场型	活动日期	2018 年 9 月—2018 年 12 月
小组成立时间	2018.8.25	出勤率	97%
活动次数	2 次/周	QC 培训时间	55 课时/人

制表人：丛旭

制表时间：2018 年 9 月 3 日



图 2-1 质量管理活动小组骨干培训结业证书

QC 小组成员包括公司经理，技术，生产，和劳务共 10 人。吕宝山经理任组长，负责组织协调全面决策，孙大雷、宋晓可共任副组长，提供技术支持和指导。

表 2-2 小组成员分工表

序号	姓名	年龄	文化程度	组内职务	项目岗位	职称	组内分工
1	吕宝山	50	本科	组长	公司经理	高级	组织协调、全面决策
2	孙大雷	37	本科	副组长	执行经理	中级	策划、指导、方案决策
3	宋晓可	40	本科	副组长	技术总工	高级	成果策划、指导、标准化
4	吕爱华	38	本科	组员	技术负责人	中级	检查落实、成果编写
5	王海波	33	本科	组员	技术员	中级	检查落实
6	郝再国	36	本科	组员	技术员	中级	信息统计
7	丛旭	25	研究生	组员	技术员	助理级	信息统计
8	张海丰	32	本科	组员	BIM 工程师	中级	模型策化
9	刘超	27	本科	组员	BIM 工程师	中级	模型策化
10	张宝祥	38	专科	组员	电工班组长	助理级	组织实施

制表人：丛旭

日期：2018 年 9 月 3 日

3. 选择课题

3.1 几项课题对比分析筛选

QC 小组成员根据现场实际情况，运用“头脑风暴法”，提出了 4 个课题，按照重要性、时间性、经济性、预期效果、可实施性 5 个方面进行综合打分评价，初步筛选出“提高电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率”为本次 QC 活动小组的课题方向，选题比较见下表：

表 3-1 课题对比分析筛选表

课题名称	重要性	时间性	经济性	预期效果	可实施性	评价	确定
提高变形缝处混凝土成型质量	7	7	7	8	7	36	×
提高电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率	9	8	8	9	9	43	√
提高钢筋焊接达标率	6	7	7	5	8	33	×
提高侧墙阴角尺寸一次验收合格率	7	6	7	6	8	34	×

制表人：丛旭

日期：2018 年 9 月 5 日

3.2 公司质量目标

根据业主方新航城开发建设有限公司质量验收标准，集团公司要求 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率不低于 92%。

3.3 施工现场实际质量现状

选取现场保通航施工段，经下表统计分析，本工程 T 型螺栓一次验收合格率仅为 82.5%，亟需提高。

表 3-2 T 型螺栓预埋体系验收合格

项目	一工区 116m	二工区 155m	三工区 55m	合计
检测点数	150	150	100	400
合格点数	121	125	84	330
合格频率	80.7%	83.3%	84%	82.5%

制表人：丛旭

日期：2018 年 9 月 6 日

所以根据上述的原因，我们 QC 小组本次的选题题目最终确定为“提高电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率”。

4. 现状调查

为提高综合管廊电力舱侧墙 T 型螺栓预埋安装合格率,对之前已抽查 400 处检查点的质量情况进行整理;其中现场存在的问题共计 70 个,一次验收合格率仅为 82.5%;再对存在质量问题的检查点进行分层分类统计:

1、首先按布设类型分类统计,从饼分图看出两者所占比例持平,故不需进一步分层统计。

表 4-1 布设类型分类统计表

序号	类别	频数	频率
1	直线布设	38	54.3%
2	斜向布设	32	45.7%
3	合计	70	100%

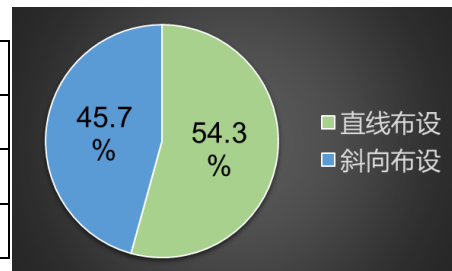


图 4-1 布设类型分类统计饼分图

2、再按问题发生部位分类统计,可以看出 T 型螺栓自身预埋质量问题比例高达 94.3%,对其再次分类统计,排列具体现象。

表 4-2 问题发生部位分类统计表

序号	类别	频数	频率
1	T 型螺栓自身预埋质量问题	66	94.3%
2	螺栓周围混凝土质量问题	4	5.7%
3	合计	70	100%

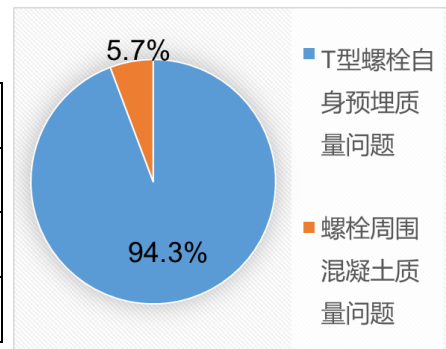


图 4-2 问题发生部位分类统计饼分图

制表人: 丛旭

日期: 2018 年 9 月 7 日

表 4-3 T 型螺栓预埋质量问题统计表

序号	不合格项目	频数	累计频数	频率	累计频率
1	T 型螺栓位置偏差	26	26	39.4%	39.4%
2	T 型螺栓外露长度偏差	23	49	34.8%	74.2%
3	T 型螺栓墙面垂直度偏差	8	57	12.1%	86.3%
4	T 型螺栓变形	5	62	7.6%	93.9%
5	其他	4	66	6.1%	100%
合 计		66	66	/	100%

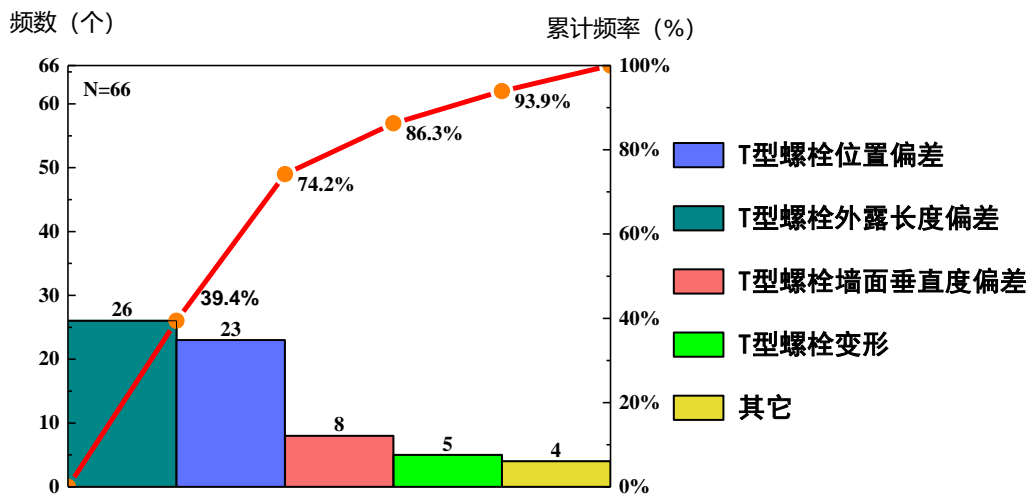


图 4-3 缺陷项目排列图

制表人：丛旭

日期：2018 年 9 月 5 日

结论：由以上调查结果及分类统计可以看出，最终影响 T 型螺栓预埋一次验收合格率的主要问题为“T 型螺栓位置偏差”和“T 型螺栓外露长度偏差”，其累计频率高达 74.2%，为关键少数项，是要解决的主要对象。

5. 设定目标

根据上述统计表和排列图分析得出，只要将“T型螺栓位置偏差”和“T型螺栓外露长度偏差”两个质量问题解决95%，则合格率为：

$$[400-70+(26+23)\times 95\%]\div 400\times 100\%=94.1\%$$

结合QC小组成员目标期望，最终确定目标合格率为94%。

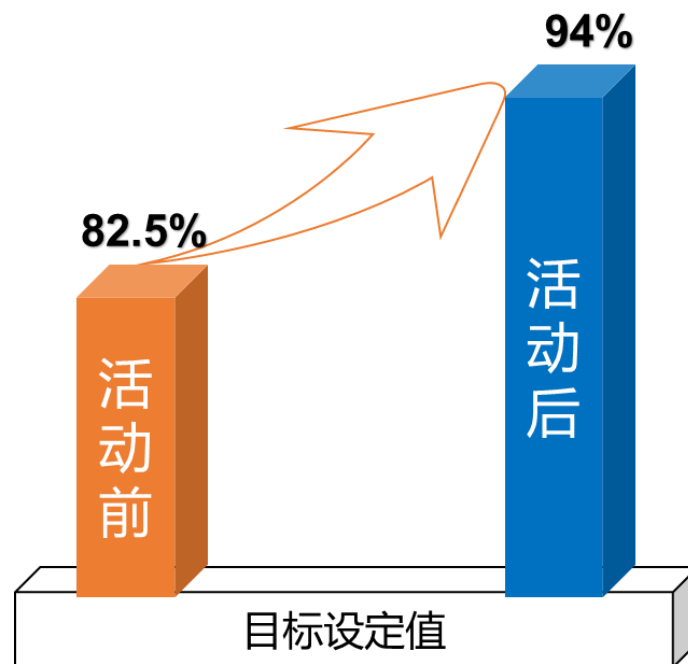


图 5-1 活动目标柱状图

制图人：丛旭

日期：2018年9月10日

6. 原因分析

小组多次组织召开“诸葛亮会”，采用“头脑风暴法”对存在的问题进行讨论，对影响电力舱 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率的两个主要因素“T 型螺栓位置偏差”和“T 型螺栓外露长度偏差”用关联图进行了分析，得出了 7 条末端因素，如关联图所示：

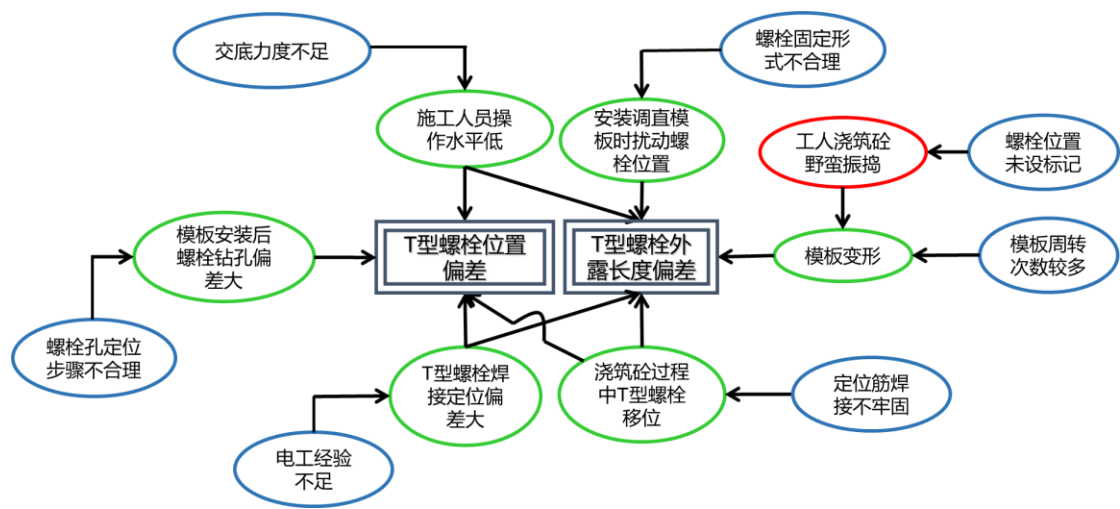


图 6-1 T 型螺栓位置偏差和 T 型螺栓外露长度偏差原因分析关联图

制表人：丛旭

日期：2018 年 9 月 13 日

7. 确定主要原因

7.1 要因确认计划表

根据上述 7 条末端因素，我 QC 小组制定了要因确认计划表，专人专项逐条调查论证分析。

表 7-1 要因确认计划表

序号	末端因素	确认方法	责任人	确认时间	确认地点
1	交底力度不足	调查分析	郝再国	2018 年 9 月 19 日	项目部 施工现场
2	电工经验不足	调查分析 现场测量	王海波	2018 年 9 月 20 日	施工现场
3	螺栓孔定位步骤不合理	调查分析 试验	丛旭	2018 年 9 月 25 日	施工现场
4	定位筋焊接不牢固	试验	王海波	2018 年 9 月 28 日	施工现场
5	模板周转次数较多	试验 调查分析	张海丰	2018 年 10 月 1 日	施工现场
6	螺栓位置未设醒目标识	调查分析 试验	刘超	2018 年 10 月 3 日	施工现场
7	螺栓固定形式不合理	调查分析 试验	吕爱华	2018 年 10 月 9 日	施工现场

制表人：王海波

日期：2018 年 9 月 18 日

7.2 要因逐一确认


【末端因素】1：交底力度不足

确认方法	确认内容	确认地点	确认人	确认时间
调查分析	交底力度不足对症状影响情况	项目部、施工现场	郝再国	2018年9月19日
确认过程	<p>成员于10月中旬抽查了30名工人技术交底考核分数，并将其对应的施工区域的T型螺栓位置和外露长度验收合格率进行汇总分析，得到以下散点图：</p>  <p style="text-align: center;">图 7-1 技术交底考核</p>  <p style="text-align: center;">图 7-2 T型螺栓合格率与交底考核分数散布图</p> <p>通过散点图可以看出：技术交底考核分数与T型螺栓位置和外露长度验收合格率无明显相关性，即交底力度不足对症状影响程度较小。</p>			
确认结论	经验证交底力度不足对症状影响程度小			非要因

制表人：郝再国

日期：2018年9月19日

【末端因素】2：电工人员不足

确认方法	确认内容	确认地点	确认人	确认时间															
调查分析 现场测量	电工人员经验不足对症结影响情况	施工现场	王海波	2018年9月20日															
确认过程	<p>小组成员随机抽取电工 25 人，其中从事电气预埋工作满 1 年有 18 人，其余 7 人不足 1 年。检查他们所负责的施工区域 T 型螺栓位置及外露长度合格率，结果如下：</p> <div style="text-align: center;">  <p>图 7-3 电工正在定位螺栓位置</p> <p>表 7-2 螺栓位置及外露长度合格率统计表</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>电工工作经验</th> <th>人数</th> <th>T 型螺栓位置偏差合格率</th> <th>T 型螺栓外露长度偏差合格率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>≥1 年</td> <td>18</td> <td>94.2%</td> <td>93.9%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><1 年</td> <td>7</td> <td>93.4%</td> <td>94.7%</td> </tr> </tbody> </table> <p>结论：通过调查发现，他们所负责区域的 T 型螺栓位置及外露长度合格率基本相同，无明显偏差，验证了电工人员经验不足对症结影响程度很小。</p> </div>				序号	电工工作经验	人数	T 型螺栓位置偏差合格率	T 型螺栓外露长度偏差合格率	1	≥1 年	18	94.2%	93.9%	2	<1 年	7	93.4%	94.7%
序号	电工工作经验	人数	T 型螺栓位置偏差合格率	T 型螺栓外露长度偏差合格率															
1	≥1 年	18	94.2%	93.9%															
2	<1 年	7	93.4%	94.7%															
确认结论	<p>经验证测量人员经验不足对症结影响程度小 非要因</p>																		

制表人：王海波

日期：2018 年 9 月 20 日

【末端因素】3：螺栓孔定位步骤不合理

确认方法	确认内容	确认地点	确认人	确认时间
调查分析 试验	螺栓孔定位步骤对症结影响情况	施工现场	丛旭	2018年9月25日
确认过程	<p>1、成员现场调查发现，木模板上螺栓孔定位步骤为先在模板上放线定位打孔，后进行模板的拼接安装。成员认为可能会由于模板间的拼缝造成支模后螺栓孔位的位置偏差，进而导致 T 型螺栓位置偏差，遂进行如下对照试验</p>			

进行验证。

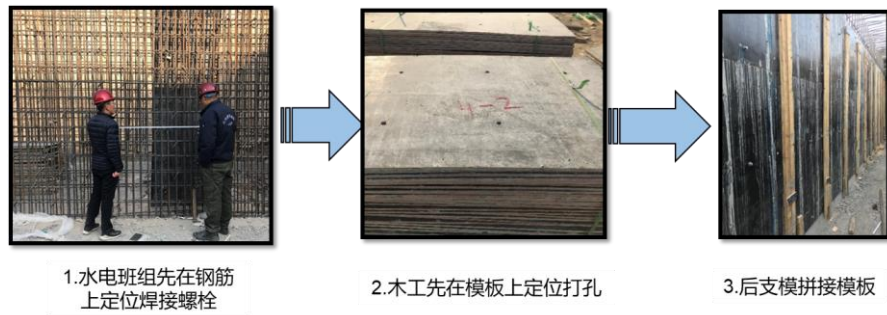


图 7-4 T 型螺栓预埋安装步骤

2、成员选取一个试验段（变形缝间距 20m），北侧墙采用原定位步骤施工，南侧墙则按照先支模后定位螺栓孔的步骤施工（其他条件不变），待拆模后，没侧墙随机抽取 30 个 T 型螺栓进行复核，位置偏差情况（允许偏差 $\leq 5\text{mm}$ ）如下表所示。

表 7-3 螺栓位置偏差统计表 单位/mm

检查点编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
北侧墙	4	2	3	3	4	1	3	5	5	4
南侧墙	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0
检查点编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
北侧墙	2	6	3	3	5	3	2	6	3	4
南侧墙	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1
检查点编号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
北侧墙	3	2	5	7	3	5	4	2	4	3
南侧墙	0	0	1	0	2	2	0	0	2	0

表 7-4 螺栓位置偏差汇总表

位置	不合格点数	合格率	平均偏差量
北侧墙（原步骤）	3	90%	3.6mm
南侧墙（新步骤）	0	100%	0.6mm

结论：由上表看出，采用新定位螺栓孔定位步骤后 T 型螺栓位置没有出现不合格点位，平均偏差量更小，预埋位置更准确；但原定位步骤偏差相对较大，合格率较低，说明模板安装前先定位螺栓孔的步骤无法规避模板在后期拼接安装过程中，由于拼缝等不可避免因素造成的误差，因此这种螺栓孔定位步骤并不合理，对症结影响程度很大。

确认结论

经验证螺栓孔定位步骤不合理对症结影响程度很大

要因

制表人：丛旭

日期：2018 年 9 月 25 日

【末端因素】4：定位筋焊接不牢固

确认方法	确认内容	确认地点	确认人	确认时间															
试验	定位筋焊接不牢固对症结影响情况	施工现场	王海波	2018年9月28日															
确认过程	<p>小组成员选取尚未焊接 T 型螺栓的试验段进行如下对比试验(分为两个对照组)：第一组电工班组按照平时施工习惯进行预埋安装；第二组仍是相同的电工班组人员施工，提高定位筋焊接质量要求及验收标准，其他条件不变。待拆除模板后，成员分别从两组螺栓中抽取 40 个，检查 T 型螺栓位置及外露长度偏差情况，具体如下。</p> <p style="text-align: center;">表 7-5 焊接质量调查表</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th>试验组</th> <th>对照变量</th> <th>检查点位</th> <th>合格点位</th> <th>合格率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一组</td> <td>焊缝质量不变</td> <td>40</td> <td>34</td> <td>85%</td> </tr> <tr> <td>第二组</td> <td>焊缝质量提高</td> <td>40</td> <td>35</td> <td>87.5%</td> </tr> </tbody> </table>  <p style="text-align: right;">图 7-5 焊接定位筋</p> <p>经试验验证，定位筋焊缝质量提高对合格率没有明显改善，故定位筋焊接不牢对症结影响很小。</p>				试验组	对照变量	检查点位	合格点位	合格率	第一组	焊缝质量不变	40	34	85%	第二组	焊缝质量提高	40	35	87.5%
试验组	对照变量	检查点位	合格点位	合格率															
第一组	焊缝质量不变	40	34	85%															
第二组	焊缝质量提高	40	35	87.5%															
确认结论	定位筋焊接不牢固对症结影响程度小 非要因																		

制表人：王海波

日期：2018年9月28日

【末端因素】5：模板周转次数较多

确认方法	确认内容	确认地点	确认人	确认时间
试验 调查分析	模板周转次数对症结的影响	施工现场	张海丰	2018年10月1日

确认过程

1、针对不同模板周转次数，成员于试验段进行了如下预埋实验，每种模板预埋 20 个 T 型螺栓，待拆模后对 T 型螺栓外露长度进行检查，具体如下：

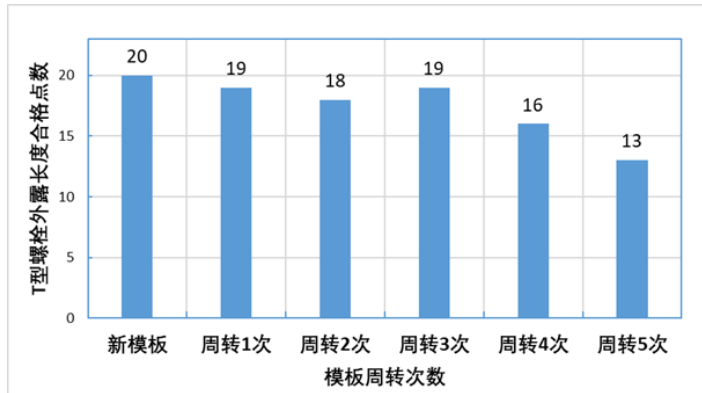


图 7-5 模板质量与合格点数柱状图

试验小结：周转次数≤3 次的模板，螺栓的不合格点数明显较少；对症结影响很小。

2、然后小组成员通过查阅技术交底，交底中已明确要求模板最大周转次数不得超过 3 次；并对现场正使用模板进行了检查，随机抽查了 40 块模板，周转次数情况如下：

表 7-6 现场模板周转次数调查表

周转次数	0 次	1 次	2 次	3 次	总计
模板数量	14	7	11	8	40
所占比例	35%	17.5%	27.5%	20%	100%

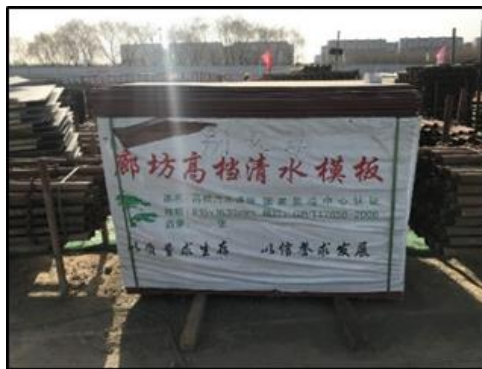


图 7-6 施工现场模板堆放情况

结论：经调查验证。现场使用的模板无变形等质量问题，合格率为 100%，因此对症结影响程度较小。

确认结论


经验证模板周转次数较多对症结影响程度小

非要因

制表人：张海丰

日期：2018 年 10 月 1 日

【末端因素】6：螺栓位置未设醒目标识

确认方法	确认内容	确认地点	确认人	确认时间															
调查分析 试验	螺栓位置未设醒目标识对症结影响情况	施工现场	刘超	2018年10月3日															
确认过程	<p>1、QC小组对每个班组的混凝土浇筑前及过程进行现场检查，发现T型螺栓预埋处并未设置醒目标识以提醒小心振捣。</p> <p>2、成员在试验段进行了以下试验，在侧墙浇筑前，对该施工区域电力舱外侧墙螺栓位置处涂抹红漆作为醒目标识，并提醒砼工人在该处小心振捣，但内侧墙并未设置，待拆模后测量T型螺栓外露长度合格率。</p> <p style="text-align: center;">表 7-7 T型螺栓外露长度试验调查表</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>项目</th> <th>是否涨模</th> <th>螺栓数量</th> <th>不合格点数</th> <th>合格率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外侧墙</td> <td>否</td> <td>120</td> <td>8</td> <td>93.3%</td> </tr> <tr> <td>内侧墙</td> <td>否</td> <td>120</td> <td>7</td> <td>94.2%</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-right: 50px;">  <p>图 7-7 设置醒目标识</p> </div> <p>经试验验证，有无醒目标识T型螺栓外露长度合格率基本一致，与现状情况相符，因此对症结影响程度很小。</p>				项目	是否涨模	螺栓数量	不合格点数	合格率	外侧墙	否	120	8	93.3%	内侧墙	否	120	7	94.2%
项目	是否涨模	螺栓数量	不合格点数	合格率															
外侧墙	否	120	8	93.3%															
内侧墙	否	120	7	94.2%															
确认结论	<p>经验证螺栓位置未设醒目标识对症结影响很小 非要因</p>																		

制表人：刘超

日期：2018年10月3日

【末端因素】7：螺栓固定形式是否合理

确认方法	确认内容	确认地点	确认人	确认时间
调查分析 试验	螺栓固定形式对症结影响情况	施工现场	吕爱华	2018年10月9日

(1) QC 小组成员查阅设计图纸，并到现场核对 T 型螺栓的固定形式，发现螺栓与模板之间没有固定措施，导致螺栓在支模调直过程中被扰动，遂进行以下试验进行验证。

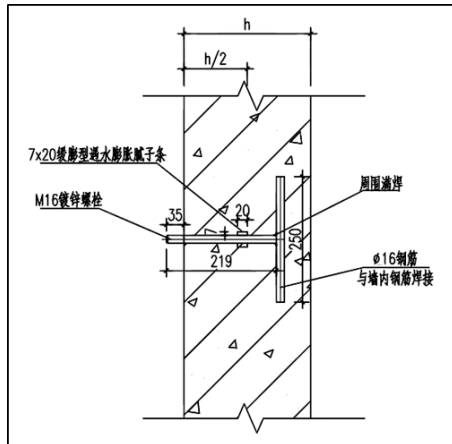


图 7-8 T 型螺栓预埋设计图



图 7-9 T 型螺栓现场固定形式

确认过程

(2) 成员安排同一施工班组进行对照试验（各预埋 50 个螺栓），第一组仍按原方法预埋螺栓，第二组仅更改固定形式（增加了与模板固定措施——两个螺母将螺栓固定在模板上）。侧墙拆模后，成员分别测量了 T 型螺栓外露长度，绘制如下图。

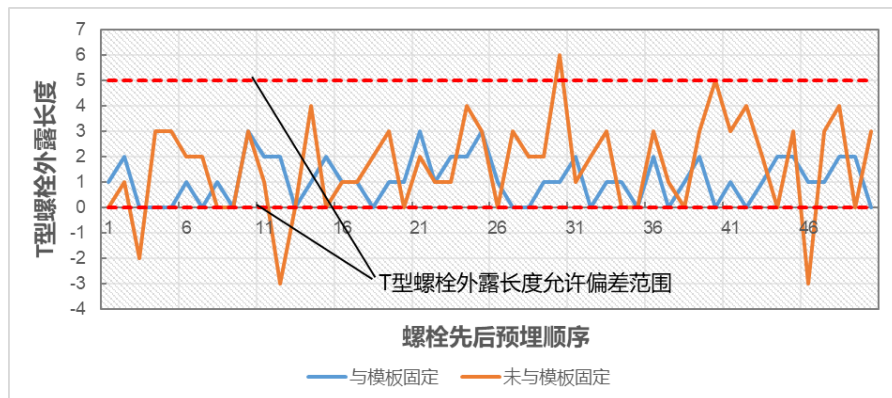


图 7-10 两组试验 T 型螺栓外露长度折线图

结论，由图表可以看出更改固定形式后 T 型螺栓外露长度均合格，明显优于原固定形式（4 处不合格）。这是由于该固定方式没有与模板保持相对位置的措施，因此在安装调直模板过程中，螺栓容易被模板扰动，对定结影响程度较大。

确认结论

经验证安装方法不合理对定结影响程度大

要因

制表人：吕爱华

日期：2018 年 10 月 9 日

7.3 要因确认结果

小组成员通过以上 7 个末端因素的分析确认,找到了 2 个造成“T 型螺栓位置偏差”和“T 型螺栓外露长度偏差”的主要原因:

1
**螺栓孔定位步骤
不合理**

2
**螺栓固定形式
不合理**

8. 制定对策

8.1 提出对策方案

(1) 针对要因一“螺栓孔定位步骤不合理”，小组成员提出两种对策备选方案分别如下：



图 8-1 要因一对策方案树图

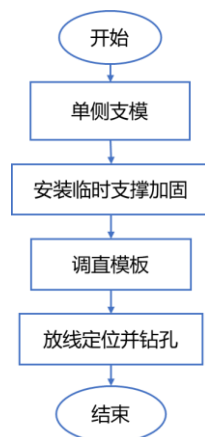


图 8-2 “先支模后定位钻孔”流程图

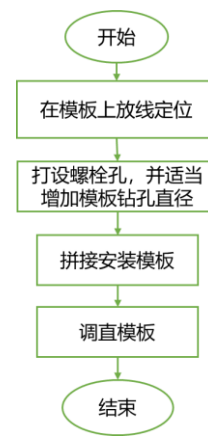


图 8-3 “适当增加钻孔直径”流程图

制表人：丛旭

日期：2018 年 10 月 11 日

(2) 针对要因二“螺栓固定形式不合理”，小组成员提出两种对策备选方案分别如下：

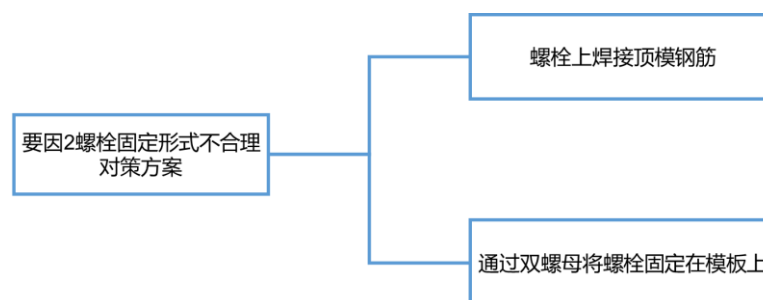


图 8-4 要因二对策方案树图

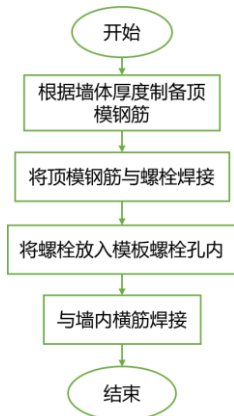


图 8-5 “螺栓上焊接顶模钢筋”流程图

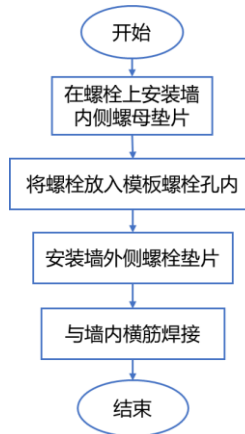


图 8-6 “通过双螺母将螺栓固定在模板上”流程图

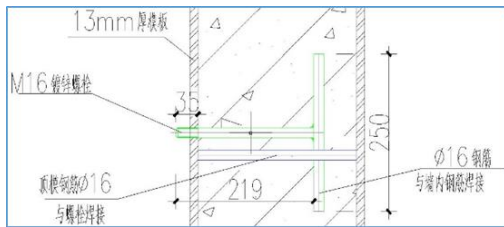


图 8-7 “螺栓上焊接顶模钢筋”实施示意图

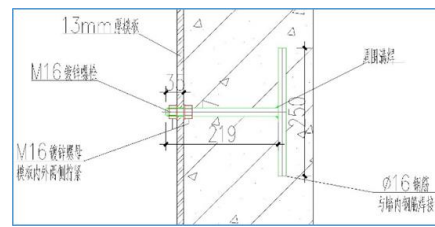


图 8-8 “通过双螺母将螺栓固定在模板上”实施示意图

制表人：丛旭

日期：2018 年 10 月 13 日

8.2 对策方案评价

(1) 根据要因 1 “螺栓孔定位步骤不合理”的备选方案，小组成员在现场选取试验段进行了对照试验，具体试验结果如下表。



图 8-9 “先支模后定位钻孔”试验



图 8-10 “适当增加钻孔直径”试验

表 8-2 要因 1 “螺栓孔定位步骤不合理” 备选方案对比试验表

对策方案	标准	位置偏差≤5mm	负责人	王海波	时间	2018.10.20
备选方案 1: 先支模后定 位钻孔	内业	确定预埋螺栓数量、间距				
	外业	制作拼接木方等加固材料，按照方案 1 的定位步骤进行施工。				
	时间性	15min（制作拼接木方）+60min（拼接模板）+15min（模板螺栓孔定位放线时间）=90min				
	经济性	拼接木方就地取材，无额外成本增加				
	试验结果	共预埋 20 个螺栓，全部合格，有效性好				
	结论	仅需定位放线一次，施工效率提高；解决了拼缝造成螺栓孔位偏差的问题，定位更准确；测量定位方法简单，工人更容易接受。				
备选方案 2: 适当增加钻 孔直径	内业	确定预埋螺栓数量、间距及螺栓孔直径				
	外业	根据施工段长度，适当增加螺栓孔直径，预留出可偏差量，按原定位步骤施工				
	时间性	30min（模板螺栓孔定位放线时间）+80min（拼接模板）+25min（钻孔封堵）=135min				
	经济性	0.5 元封堵材料/孔×20 个=10 元				
	试验结果	共预埋 20 个螺栓，全部合格，有效性好				
	结论	有效性好且工艺简单，但存在混凝土漏浆等明显缺陷，需要有效的封堵措施才能达到质量要求。				

制表人：王海波

日期：2018 年 10 月 20 日

(2) 根据要因 2 “螺栓固定形式不合理” 的备选方案，小组成员在现场选取试验段进行了对照试验，具体试验结果如下表。

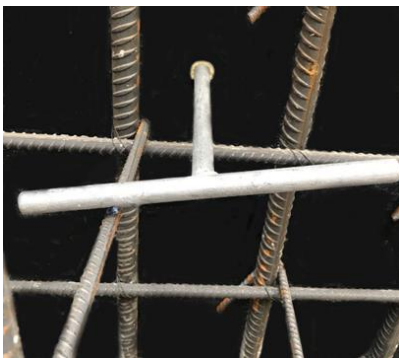


图 8-11 “螺栓上焊接顶模钢筋” 试验



图 8-12 “通过双螺母将螺栓固定在模板上”
试验

表 8-3 要因 2 “螺栓固定形式不合理” 对策方案对比试验表

对策方案	标准	误差范围 (0, +5mm)	负责人	丛旭	时间	2018.10.23
备选方案 1: 螺栓上焊接 顶模钢筋	内业	查阅图纸确定侧墙厚度、螺栓外露长度				
	外业	制备顶模钢筋, 在两端涂抹防锈涂料, 后与螺栓焊接, 按方案固定形式预埋				
	时间性	2min (焊接顶模钢筋) + 2min (安装并与墙内钢筋焊接) = 4min 4min/个 × 30 个 = 120min				
	经济性	3 元/450mm 顶模钢筋 × 30 个 = 90 元				
	试验结果	共预埋 20 个螺栓, 全部合格, 有效性好				
	结论	焊接工作费时费力, 顶模钢筋会影响混凝土的美观性。				
备选方案 2: 通过双螺母 将螺栓固定 在模板上	内业	查阅图纸确定螺栓外露长度				
	外业	准备螺母垫片, 通过双螺母将螺栓拧紧固定在模板上, 其余预埋步骤不变				
	时间性	1.5min (安装螺母) + 2min (与墙内钢筋焊接) = 3.5min 3.5min/个 × 30 个 = 105min				
	经济性	0.6 元/螺栓垫片 × 30 个 = 18 元				
	试验结果	共预埋 20 个螺栓, 全部合格, 有效性好				
	结论	解决了模板扰动螺栓难题, 同时保证拆模后螺栓与墙面平齐; 垫片有效预防螺栓孔附近混凝土漏浆等				

制表人: 丛旭

日期: 2018 年 10 月 23 日

8.3 确定对策方案

小组成员结合试验结果从多角度、多方位考虑，对每个要因的对策分别进行了对比分析，并通过组内开会讨论等方式对对策进行综合评价，最终确定了优选方案。

表 8-4 对策评价表

要因	对策	评价					优选方案
		有效性	可实施性	经济性	可靠性	时间性	
螺栓孔定位步骤不合理	先支模后定位钻孔	合格率100%	定位方法简单，工人容易接受，可实施性好	0元	从根本上解决了偏差问题，可靠性好	90min	首选
	适当增加钻孔直径	合格率100%	定位方法未改变，方便实施，可实施性好。	10元	钻孔增大若封堵不到位，容易造成漏浆等问题，可靠性一般	135min	次选
螺栓固定形式不合理	螺栓上焊接顶模钢筋	合格率100%	螺栓数目多，焊接工作量较大，可实施性一般	90元	通过顶摸金的支撑，稳定性得到提高，但顶模钢筋影响混凝土外观，可靠性一般	120min	次选
	通过两个螺母将螺栓固定在模板上	合格率100%	工艺简单，工人容易接受，可实施性好	18元	通过螺母夹紧模板，同时焊接在钢筋上，稳定性好，可靠性高。	105min	首选

制表人：吕爱华

日期：2018年10月23日

8.4 制定对策实施表

根据对策方案分析表，小组遵循“5W1H”原则制定了实施对策表。

表 8-5 实施对策表

序号	主要原因	对策	目标	措施	地点	时间	负责人
1	螺栓孔定位步骤不合理	先支模后定位钻孔	螺栓孔定位偏差 ≤5mm	1.优化定位步骤； 2.三维建模演示测量定位方法； 3. 现场样板示范；	办公区 施工现场	2018年11月	吕爱华 郝再国 刘超
2	螺栓固定形式不合理	通过两个螺母将螺栓固定在模板上	外露长度允许偏差（0，+5mm）	1.设计螺栓加固形式； 2.三维建模演示安装方法； 3. 现场样板示范；	办公区 施工现场	2018年11月	王海波 张海丰 丛旭

制表人：吕爱华

日期：2018年10月23日

9. 对策实施

9.1 对策实施一——先支模后定位钻孔

(1) 优化定位步骤

小组成员召开会议，使用头脑风暴法，优化定位方案，经小组成员共同努力，初步确定出先支模后定位钻孔的定位步骤。



图 9-1 小组成员召开会议

通过咨询项目一线经验丰富的施工班组长，最终确定了详细的施工步骤：

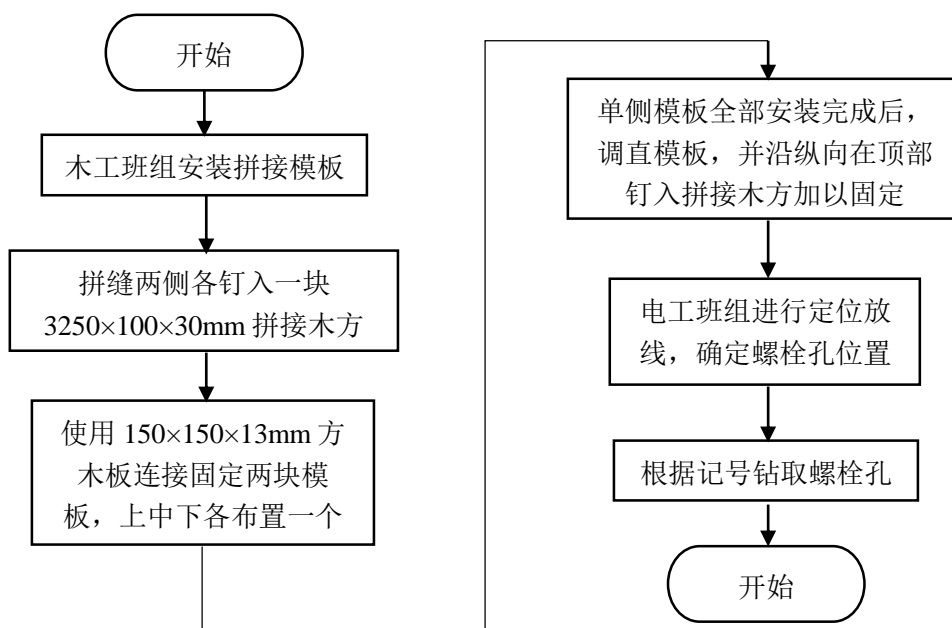


图 9-2 定位方法施工步骤图

其中安装拼接木方和方木板的加固形式，仅作为临时支撑措施，不承受其它外部荷载，故就地取材，选取施工现场木方进行简单加工即可满足受力要求。

(2) 三维建模演示测量定位方法

刘超利用 BIM 软件对施工段的模板建立三维模型，导入 NAVISWORKS 软件制作模板测量定位步骤的三维动画，充分利用三维动画的可视化优点，对现场水电、木工班组预演示，更加形象直观，有助于工人理解。

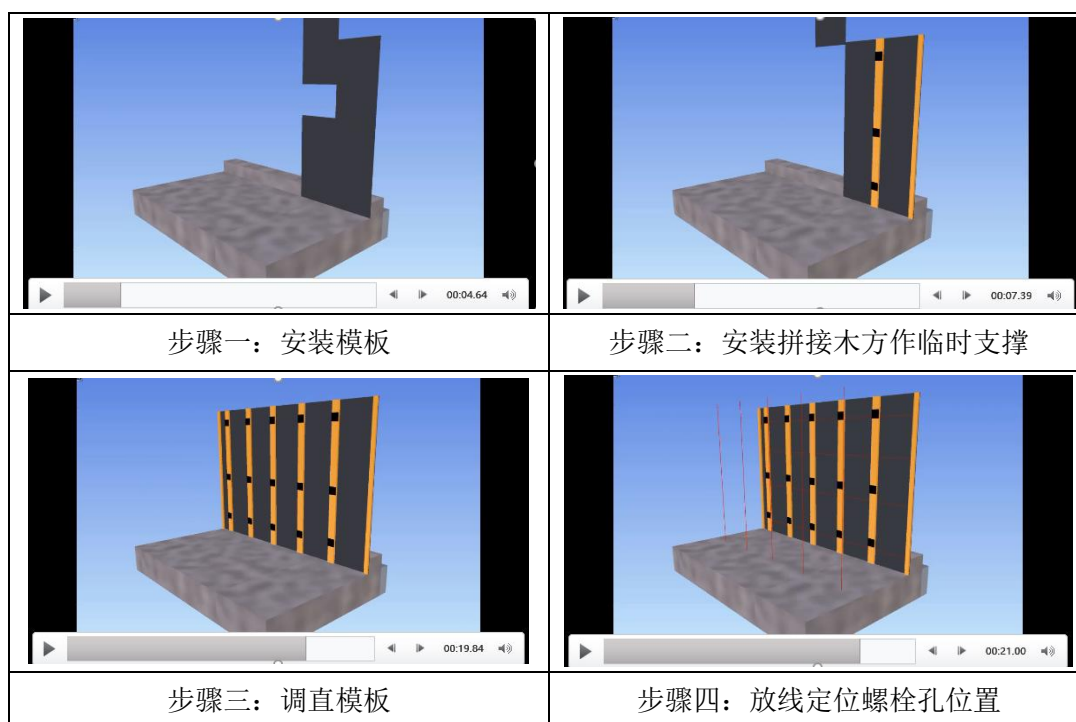


图 9-3 新螺栓孔定位步骤三维动画演示

制图人：刘超

日期：2018 年 10 月 24 日

(3) 现场样板示范

现场设立实体样板演示段，对木工与电工班组演示优化后的模板螺栓孔定位步骤，在充分展示本工程各工艺节点施工要点、明确各项质量标准，积极落实“样板先行”制度，贯彻“百年质量”方针。

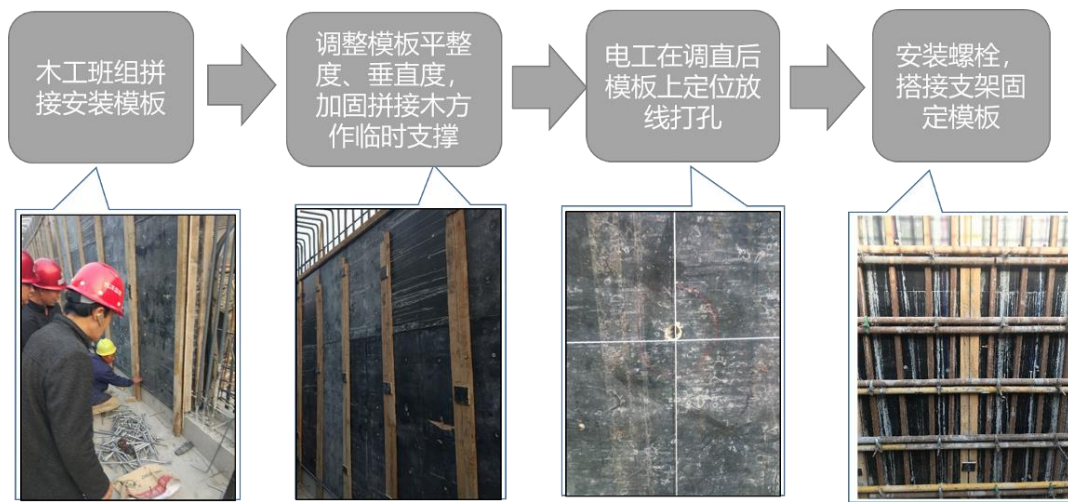


图 9-4 现场样板段示范螺栓孔定位步骤

(4) 验证对策目标

通过对螺栓孔定位步骤优化，现场施工质量有了显著的提高。小组成员对实施效果进行检查，随机抽取 75 个螺栓孔，复核其位置偏差情况具体测量结果如下：



图 9-5 对策实施后螺栓孔位置情况

表 9-1 螺栓孔洞复核结果(单位: mm)

检查点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
误差	2	1	1	0	4	0	3	0	2	0	0	1	1	0	1
检查点	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
误差	1	0	1	3	0	0	1	0	1	3	0	0	1	1	0
检查点	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
误差	1	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
检查点	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
误差	1	1	0	0	0	0	1	2	2	0	1	0	1	0	0
检查点	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
误差	0	1	3	0	1	2	2	0	1	1	3	2	0	1	0

制表人: 郝再国

日期: 2018 年 11 月 28 日

根据调查分析, 验证以上对策实施后, 螺栓孔定位偏差均在允许范围内 ($\leq 5\text{mm}$), 完成对策目标。

9.2 对策实施二——通过两个螺母将螺栓固定在模板上

(1) 设计螺栓加固形式

小组成员召开会议, 对 T 型螺栓固定形式进行优化设计, 经小组成员共同努力, 设计出 T 型螺栓预埋加固形式。



图 9-6 成员讨论螺栓固定形式

本工程侧墙模板厚度为 13mm, 预埋螺栓设计外露长度为 35mm, M16 镀锌 T 型螺栓规格 219×250mm, 设计采用 M16 原厂配套的镀锌螺母+垫片, 布置形式如示意图所示。

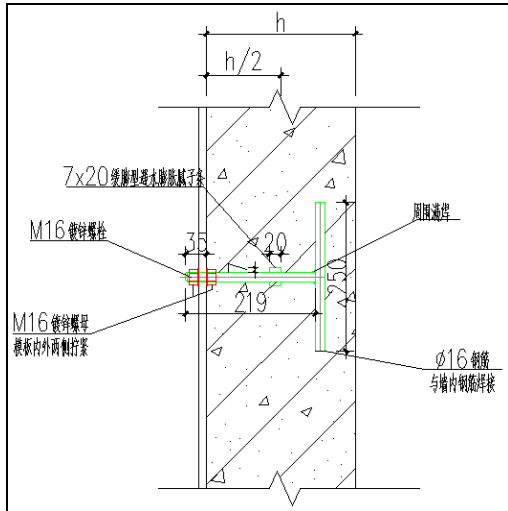


图 9-7 固定形式优化设计图

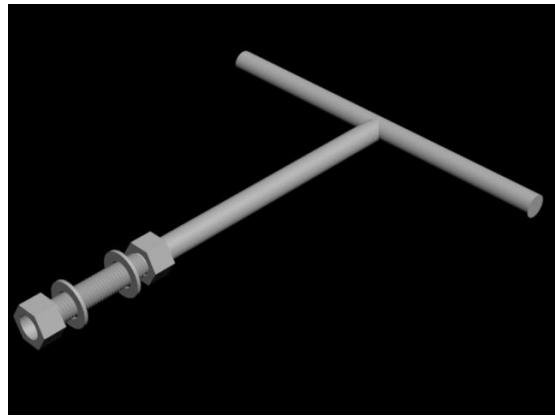


图 9-8 固定形式三维示意图

制图人：丛旭

日期：2018 年 10 月 25 日

具体安装步骤如下图所示：

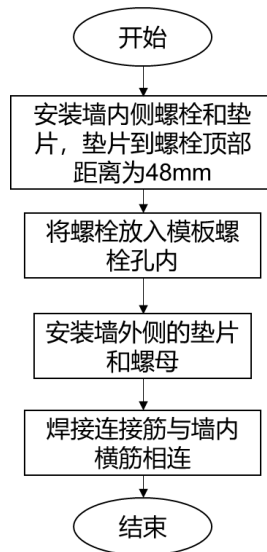


图 9-9 新固定形式预埋安装流程图

(2) 三维建模演示安装方法：

BIM 工程师张海丰于 QC 活动伊始建立结构及预埋模型，通过一系列动画及节点演示，更简单直观的明确螺栓固定方法。

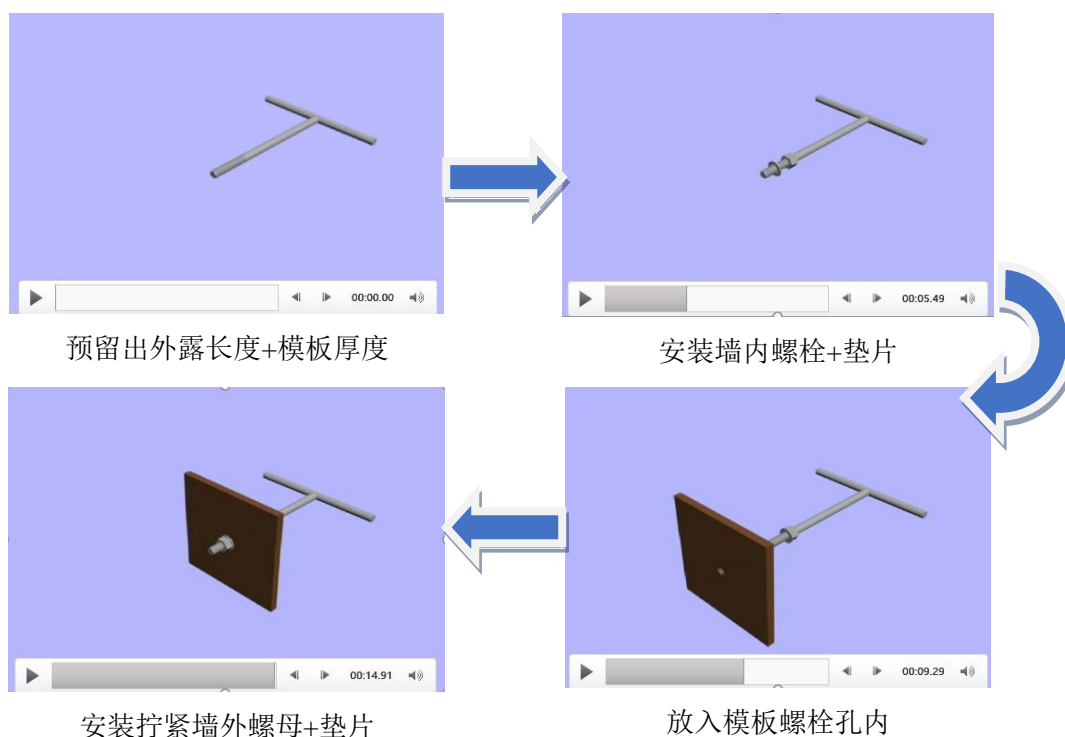


图 9-10 T 型螺栓固定形式三维动画

制图人：张海丰

日期：2018 年 10 月 25 日

(3) 现场样板示范

现场设立实体样板示范段：按照新的固定形式安装 T 型螺栓，通过与钢筋和模板的连接，有效拉结成为整体。通过多元化演示方式，技术工人对施工工艺及质量标准的领悟程度有了显著的提高。



图 9-11 现场演示 T 型螺栓固定形式

拍摄人：王海波

拍摄时间：2018 年 10 月 28 日

(4) 验证对策目标

现场严格按照设计方案预埋安装 T 型螺栓,待电力舱侧墙结构拆模后, T 型螺栓无明显偏移或变形,螺栓周围混凝土质量较好,王海波随机对 T 型螺栓外露长度进行检测,具体如下:

表 9-2 T 型螺栓外露长度复核结果统计表

工区名称	检查数量/个	合格数量/个	实测实量合格率
一工区	20	20	100%
二工区	20	20	100%
三工区	20	20	100%
平均合格率		100%	



图 9-12 实测实量

制表人: 王海波

拍摄时间: 2018 年 11 月 10 日

采用本工艺后, T 型螺栓预埋质量问题得到了有效控制,螺栓外露长度误差值都控制在目标值以内(0, +5mm),实现了对策目标。

10. 效果检查

10.1 目标检查

2018年11月底剩余保通段电力舱主体结构完成，我们于对策实施后对T型螺栓进行了现场检验，累计抽查了1000个预埋螺栓，出现问题55处，一次验收合格率提高到94.5%，具体检查结果如下表：

表 10-1 T型螺栓预埋质量问题统计表

序号	不合格项目	频数	累计频数	频率	累计频率
1	T型螺栓变形	17	17	30.9%	30.9%
2	T型螺栓墙面垂直度偏差	13	30	23.6%	54.5%
3	T型螺栓位置偏差	10	40	18.2%	72.7%
4	其他	10	50	18.2%	90.9%
5	T型螺栓外露长度偏差	5	55	9.1%	100%
合计		55	/	100%	/

■ 合格率 ■ 不合格率

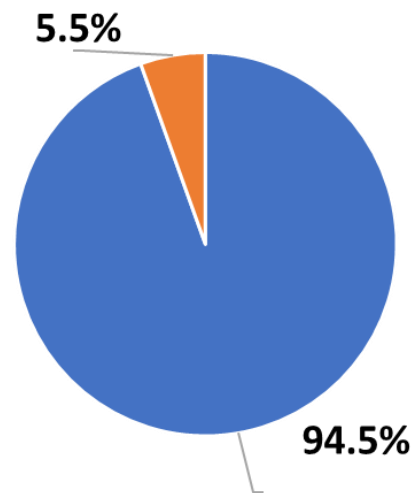


图 10-1 一次验收合格率饼分图

制表人：丛旭

拍摄时间：2018年11月24日

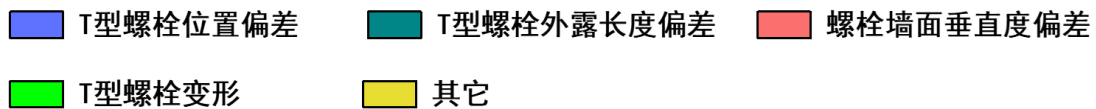
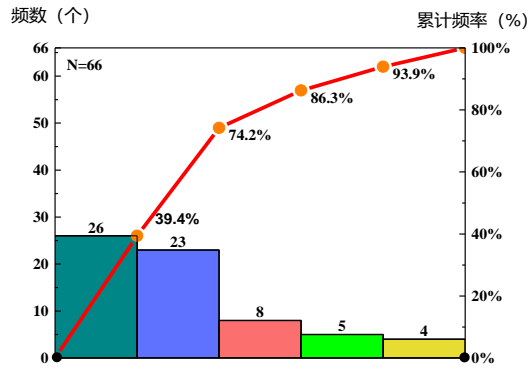


图 10-2 活动前缺陷项目排列图

图 10-3 活动后缺陷项目排列图

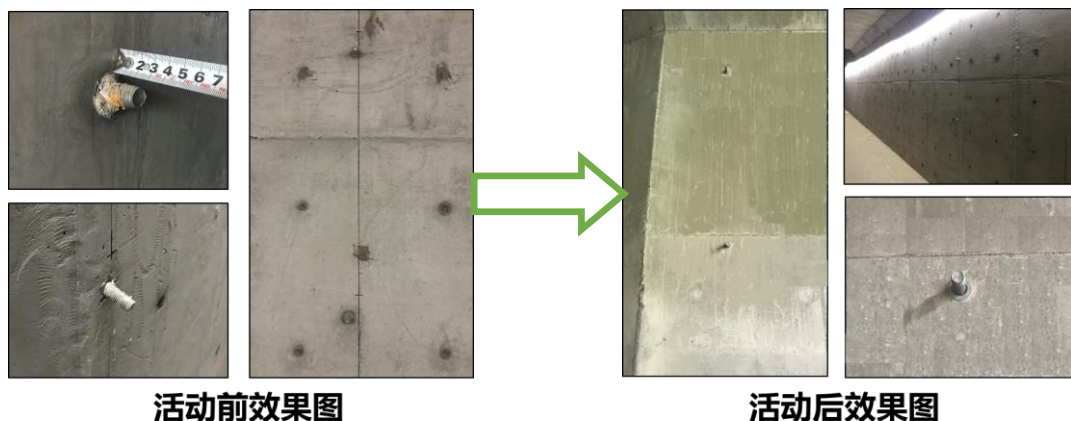
制表人：丛旭

拍摄时间：2018 年 11 月 24 日

由缺陷项目排列图可见，原主要质量缺陷项目“T型螺栓位置偏差”和“T型螺栓外露长度偏差”已经大幅减小，不再是T型螺栓预埋一次验收合格率的主要缺陷项目。经过QC小组的共同努力，T型螺栓预埋一次验收合格率也达到了得到了大幅度提升，由82.5%提升到94.5%，实现了94%课题目标。

10.2 现场效果

本次QC小组结合BIM技术深化节点，利用模型模拟演示，极大的降低了现场施工风险；多元化的演示方式，使工人更加形象、直观的了解新工艺工法。在质量不断提升的过程中，整改、返工的概率就大大缩小，为实现工期目标奠定了坚实基础。



活动前效果图

活动后效果图

图 10-4 活动前后效果对比

拍摄人：王海波

拍摄时间：2018 年 11 月 25 日

10.3 经济效益

通过 QC 小组活动我们不仅提高了 T 型螺栓一次验收合格率，也大大提高了结构混凝土成型质量，避免了大量返修施工，为今后电力支架安装做好了铺垫；达到了节约相关的二次施工的人工费及材料费、施工工期缩短等良好效益。

表 10-2 经济效益表

序号	项目	合计 (万元)
1	螺母垫片增加费用： 0.6 元/个×1 个/螺栓垫片× (16000-4018) 个螺栓	-0.7
2	减少二次修补费用： 活动后提高了 12%，本项目共 16075 个 T 型螺栓，活动前已经 完成 4018 个配电箱的预埋，已知 不合格整改费用约 20 元/个，减少 由于预埋不合格而返工造成的费 用计算为： $(16075-4018) \times 12\% \times 20$	2.9
3	工期奖励： 5 天×2 万/天	10
合计	1+2+3	12.2



图 10-5 QC 小组活动成果效益认证书

制表人：丛旭

拍摄时间：2018 年 12 月 22 日

10.4 社会效益

2018 年是综合管廊建设的攻坚年，北京市、首发、新航城领导多次莅临现场视察场馆建设工作，行业同仁前来观摩、各大媒体纷纷报道，管廊工程充当整个新航城的能源输送主要通道，工程质量的不断提升也起到了积极作用，为我在大兴地区打造了良好口碑与企业形象。

“地下管廊通万里，手中建筑过百年”，永兴河北路综合管廊及道路工程将再接再厉，为航城建设添贺加彩。



图 10-6 新航城领导视察工作

11. 巩固措施

11.1 效果巩固

对策实施后，保通航段 1、2、3 工区 T 型螺栓预埋质量合格率有了明显的提高。我们将制订的对策应用到后续管廊结构的施工中，为检验对策实施后的质量效果能否维持在良好的水准，对非保通航 T 型螺栓预埋质量进行抽查，具体结果如下：

表 11-1 巩固期 T 型螺栓体系预埋质量调查表

序号	部位	检查点数	合格点数	不合格点数	合格率
1	1 工区	150	142	8	94.7%
2	2 工区	150	143	7	95.3%
3	3 工区	150	142	8	94.7%
合计		450	427	23	94.9%

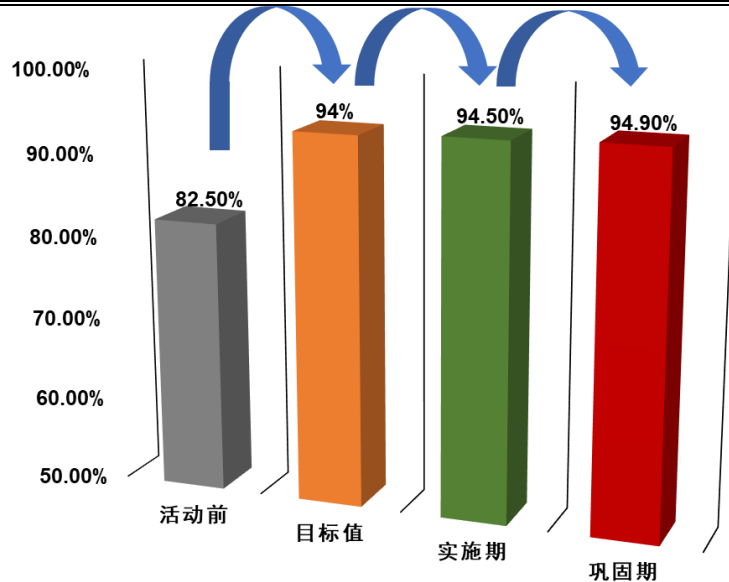


图 11-1 不同时期 T 型螺栓一次验收合格率柱状图

制表人：丛旭

拍摄时间：2018 年 12 月 30 日

由下表可见合格率为 94.9%，较对策实施期模板体系一次验收合格率有了新的提高，均优于目标值 94%，且维持稳定，说明巩固措施有效。

11.2 编制指导书

为了巩固在“提高综合管廊电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率” QC 活动中取得的良好质量效果，我们将对策一“先支模后定位的测量方法”及对策二“两个螺母将螺栓固定在模板上的预埋形式”整理、归档、总结，经公司主管部门批准，纳入企业标准，并于 2018 年 12 月编制了公司级《综合管廊 T 型螺栓预埋安装施工指导书》，为 T 型螺栓预埋体系提供技术指导，加强施工过程中的质量控制和监督检查，普及 T 型螺栓验收的各项要点，有助于在其它综合管廊项目中进行应用推广，提高综合管廊电力舱侧墙 T 型螺栓预埋体系一次验收合格率。

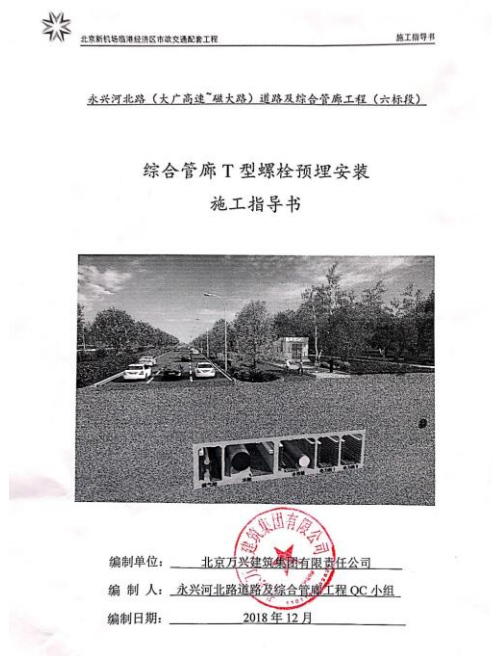


图 11-2 施工指导书

12. 总结和下一步打算

12.1 QC 小组活动总结

1、专业技术方面

通过 QC 小组活动的展开，小组成员学到了许多专业技术的技能和经验，对于 T 型螺栓的预埋安装工艺，有了更深一步的了解，掌握了螺栓预埋的要点，对于提高工程质量、加强施工现场管理等方面起到了积极的作用。

2、管理技术方面

在整个活动过程中，小组活动严格按照 PDCA 循环程序进行，项目小组成员在 QC 项目策划、诊断、工具运用等能力方面有了显著提升。活动中获得的经验对于今后从事建筑工程施工和管理方面等工作，都有很大启发和提高。

3、综合素质方面

通过此次 QC 小组活动，团队配合上更默契，是广大技术人员和管理人员的质量意识、个人能力、团队精神、责任心无形中得到了很大程度的提高，为今后施工总结了经验。同时也锻炼出良好的 QC 队伍，为以后解决其它质量难题创造了良好的环境。

经过为期 4 个月的 QC 活动，我们圆满完成了预定的质量目标，提高了我们的质量意识、技术素质和解决问题的能力，并使我们团队协作能力得到了提升，综合素质得到了大大加强，针对本次活动的情况与小组成员评分统计表结果绘制了雷达图：

表 12-1 综合素质自我评价表

序号	自我评价		
	评价内容	活动前（分）	活动后（分）
1	团队意识	7.0	8.5
2	质量意识	7.5	9.5
3	个人能力	8.5	9.0
4	解决问题信心	7.2	8.5
5	工作热情与干劲	7.5	8.5
6	QC 知识	6.5	9.0

制表人：丛旭

拍摄时间：2018 年 12 月 30 日

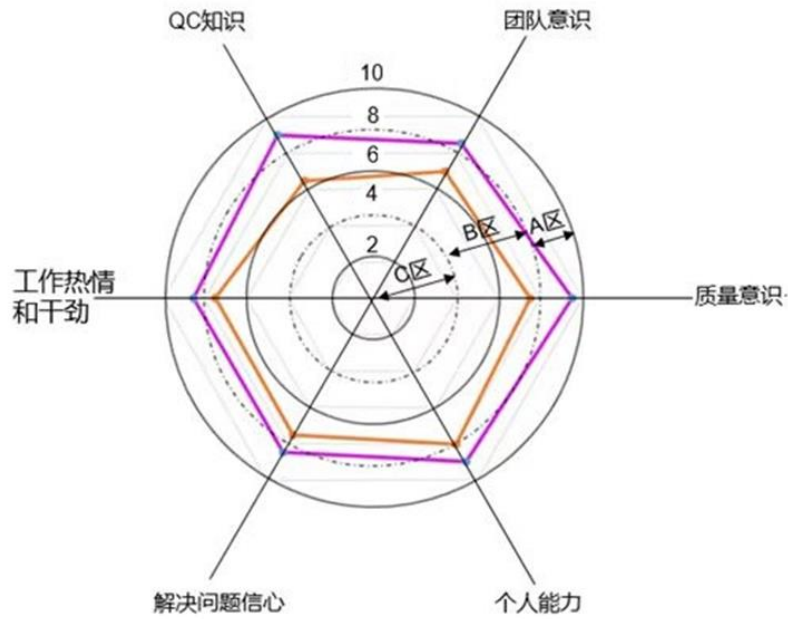


图 12-1 综合素质评价雷达图

通过此次活动，小组的团队精神、质量意识、改进意识、进取精神、个人能力均得到明显的提高，本次 QC 活动成功有效！

12.2 下一步打算

今后打算：通过此次活动的成功举办，我们 QC 小组将继续努力，积极准备下一个课题——“提升水信舱侧墙预埋槽道一次验收合格率”，充分发挥我小组的技术优势和团队优势，提高预埋槽道的施工质量。