

# 塔式起重机标准节螺栓防松装置的研制



山东日建集团群贤毕至 QC 小组

2019.5

## 一. 小组介绍

### (一) 课题背景

塔式起重机（下称“塔吊”）在现代工程建设中占据着重要地位，尤其是随着建筑业的发展，其在建筑施工过程中是不可或缺的重要工具。塔吊作为建筑施工中运载货物的重要垂直运输工具，其安全性往往是整个项目安全管理工作的重中之重。

本工程为山东水利职业学院实训楼，地上五层，建筑高度 23 米，建筑面积 38788.63m<sup>2</sup>，安装有一台 QTZ80 和两台 QTZ40 塔吊，塔吊在工作中，经常受到振动、冲击和变载荷作用，螺栓连接中的螺纹斜面间的摩擦力可能瞬时消失或减小，这种现象的多次重复出现就会使连接逐渐松脱，影响连接的刚性及紧密性，若发现不及时，极有可能发生螺栓脱落，造成重大安全隐患。针对此问题，我们决定由 QC 小组来承担这一创新任务。





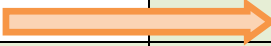


### (二) 小组简介

表 1-1 小组概况表

|        |                   |        |                         |            |                |            |      |
|--------|-------------------|--------|-------------------------|------------|----------------|------------|------|
| 小组名称   | 群贤毕至 QC 小组        |        |                         | 成立时间       | 2013 年 1 月 4 日 |            |      |
| 课题名称   | 塔式起重机标准节螺栓防松装置的研制 |        |                         |            | 课题类型           | 创新型        |      |
| 小组注册日期 | 2018 年 1 月 5 日    | 小组注册编号 |                         | RJJT-18-01 |                |            |      |
| 课题注册日期 | 2018 年 2 月 1 日    | 课题注册编号 |                         | JT-18-01   |                |            |      |
| 小组人数   | 10 人              | 出勤率    |                         | 98%        |                |            |      |
| 小组活动次数 | 20 次              | 活动时间   | 2018. 3. 1-2018. 12. 31 |            | TQM 教育时间       | 人均 32 小时以上 |      |
| 小组成员   |                   |        |                         |            |                |            |      |
| 序号     | 姓名                | 性别     | 年龄                      | 文化程度       | 职务             | 职称         | 组内职务 |
| 1      | 张磊                | 男      | 55                      | 本科         | 总工程师           | 研究员        | 组长   |
| 2      | 刘阁                | 男      | 27                      | 本科         | 技术员            | 助理工程师      | 组员   |
| 3      | 孙文博               | 男      | 37                      | 本科         | 安全员            | 高级工程师      | 组员   |
| 4      | 刘建国               | 男      | 26                      | 本科         | 质检员            | 助理工程师      | 组员   |
| 5      | 张玲钦               | 女      | 29                      | 本科         | 资料员            | 助理工程师      | 组员   |
| 6      | 丁愉乾               | 男      | 26                      | 本科         | 机械工            | 助理工程师      | 组员   |
| 7      | 潘光秀               | 女      | 26                      | 本科         | 电工             | 助理工程师      | 组员   |
| 8      | 滕菲                | 女      | 29                      | 本科         | 资料员            | 助理工程师      | 组员   |
| 9      | 孟捷                | 男      | 28                      | 本科         | 资料员            | 助理工程师      | 组员   |
| 10     | 卞晓林               | 女      | 29                      | 本科         | 技术员            | 助理工程师      | 组员   |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 3 月 1 日

表 1-2 小组活动计划表

| 项目 | 时间           |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|----|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 2018.3.10    | 2018.3.20                                                                         | 2018.3.30                                                                         | 2018.4.10                                                                         | 2018.5.15                                                                           | 2018.5-2018.12                                                                      |
| P  | 选择课题         |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|    | 设定目标及目标可行性分析 |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|    | 提出方案并确定最佳方案  |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|    | 制定对策         |                                                                                   |  |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
| D  | 对策实施         |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |                                                                                     |
| C  | 效果检查         |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |                                                                                     |
| A  | 标准化          |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |
|    | 总结和下一步打算     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |  |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018年3月2日

## 二、选题理由

- 需求：**施工现场塔吊在高层建筑的施工中作为施工现场运载货物的重要工具使用，其安全性非常重要，是整个项目管理的重要环节。这其中，标准节螺栓松动是塔吊管理的“老大难”问题，项目部必须定期对螺栓进行紧固，浪费了较大的人力物力。对于塔吊标准节螺栓松动问题，急需研制一种装置，减少或消除螺栓频繁松动的问题。
- 现状：**在日常施工中发现，塔吊标准节螺栓会随着使用时间的增加而发生松动，且肉眼几乎无法分辨其是否发生松动，由于一台塔式起重机动辄几十个螺栓，操作工人很难及时发现某一个螺栓存在松动，必须由专人定期对螺栓逐一进行检查，且不易操作，至少需要两名工人配合作业，费时费力。小组成员在我公司范围内选取十台塔吊作为调查对象，查阅塔吊维护保养记录，统计出2018年1月-2月两个月的螺栓松动情况（统计数据见表2-1），经统计，目前平均每台塔吊每月出现12.05次螺栓松动现象。

表 2-1 螺栓松动统计表

|           | 1月(次) | 2月(次) |
|-----------|-------|-------|
| 塔吊 1      | 12    | 13    |
| 塔吊 2      | 13    | 11    |
| 塔吊 3      | 10    | 14    |
| 塔吊 4      | 14    | 9     |
| 塔吊 5      | 15    | 14    |
| 塔吊 6      | 12    | 10    |
| 塔吊 7      | 11    | 13    |
| 塔吊 8      | 13    | 8     |
| 塔吊 9      | 12    | 15    |
| 塔吊 10     | 10    | 12    |
| 平均        | 12.2  | 11.9  |
| 平均(次/台/月) | 12.05 |       |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018年3月2日

3. 必要性：近年来各级主管部门对施工现场安全管理工作呈现高压态势，但每年全国仍会发生数起塔吊安全事故，造成重大财产损失。日照市住建管理部门于2017年发布了《关于对建筑塔吊实行六个严禁四项处罚的通知》，进一步加强了对施工现场塔吊的监督管理。我公司积极响应上级主管部门要求，多次组织塔吊安全专题会议，探讨塔吊安全管理新举措。寻求塔吊管理新技术、新方法。



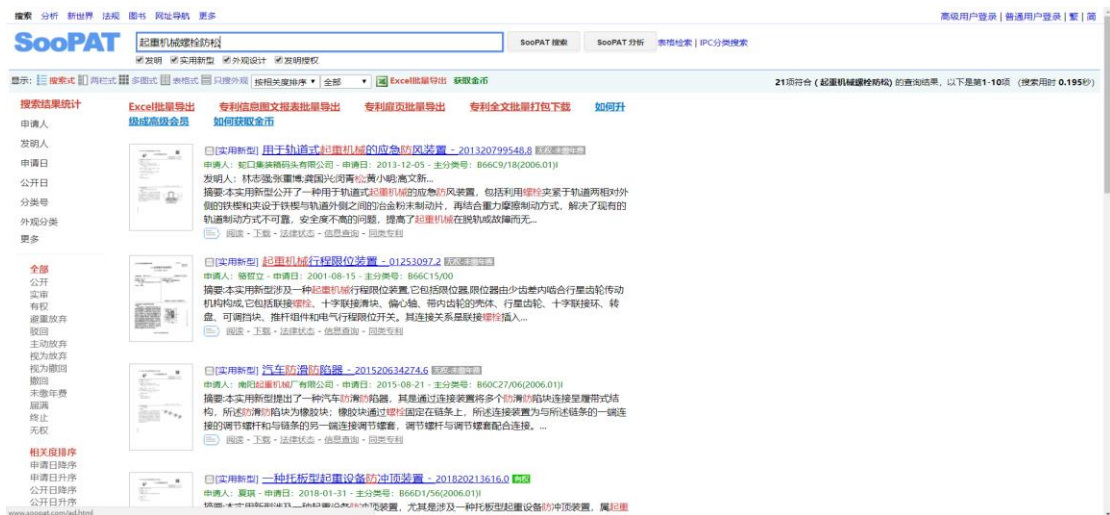
图 2-1 组织会议

#### 4. 查新与借鉴：

(1) 查新：小组成员设想，研制一种机械装置，使塔吊标准节螺栓无法松动，以降低安全风险。首先小组成员通过国家专利信息网、中国知网等手段查询，没有合适的技术设备或相关文献资料。



图 2-2 中国知网网站截图



查新人：刘阁 审核人：张玲钦 时间：2018年3月5日

图 2-3 专利查新网站截图

(2) 借鉴：首先，小组成员设想，借鉴原有螺母结构，通过对现有螺帽进行改造，在螺栓与螺母相同位置开槽，使用卡销固定，从而达到阻止螺栓旋转的目的。



图

图 2-4 高强螺母

其次，小组成员经过调查发现，可借鉴固定扳手的内角套筒结构，制作一个可固定在塔吊螺栓上的装置，同时通过合适的外形设计，达到阻止螺栓旋转的目的。



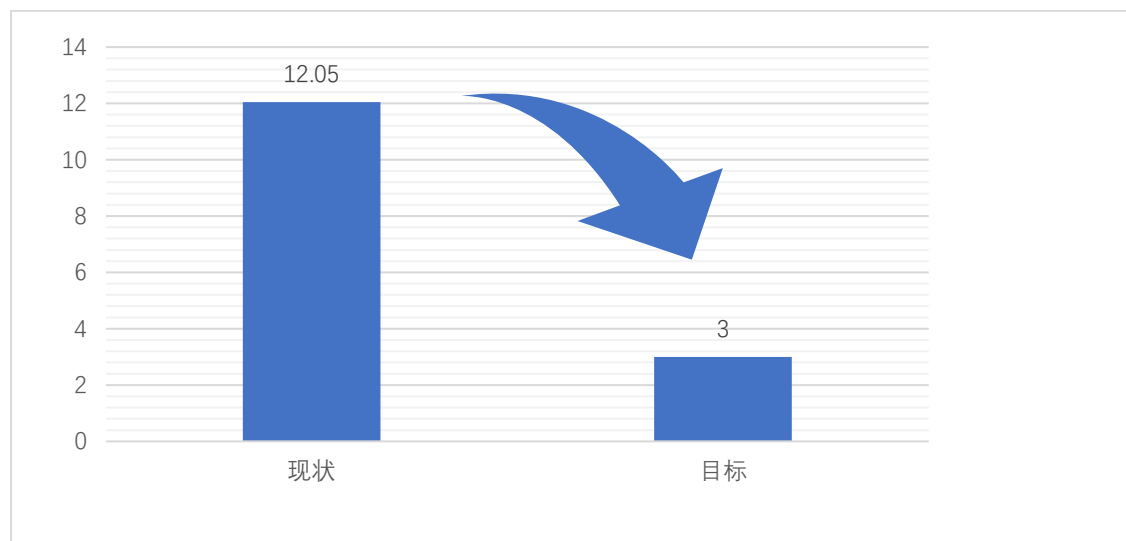
图 2-5 固定扳手

所以，我们小组选择的课题是“塔式起重机标准节螺栓防松装置的研制”。

### 三、设定目标及目标可行性分析

#### （一）设定目标

小组成员设想，研制一种塔吊标准节螺栓防松动装置，减少或消除标准节螺栓松动现象的发生。将螺栓松动的频率由目前的 12.05 次/月，降低至 3 次/月。



制图人：刘阁 审核人：孙文博 时间：2018 年 3 月 10 日

图 3-1 目标设定柱状图

#### （二）目标可行性分析：

1、小组成员通过调查，使用由螺母改装的防松装置，其最大紧固力矩取决于固定销可承受的剪力。经计算，若使用 Q460 高强钢做固定销，其可承受的最大剪力为 1500N，可以满足塔吊螺栓的紧固要求；同时目前市面上 M30-M36 的固定扳手，最大可承受力矩约为 2000N·M，完全满足塔吊螺栓 900-1200N·M 的紧固要求，因此能够达到螺栓松动频率小于

3次/月的目标要求。

2、本QC小组成员技术水平高，连续三年获得全国QC成果一等奖。本小组成员由公司技术质量部、安全生产部总工办以及BIM中心人员组成，平均年龄32岁，多次参与QC活动，熟练掌握小组活动程序，具备分析问题解决问题的能力，能够较好的完成课题。

3、集团公司为鼓励创新，提高集团公司科技水平，对本次活动给予大力支持，先行拨付QC小组活动经费1万元。

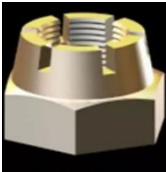
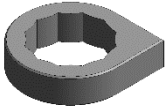
小组成员通过借鉴查新、资源配备、材料、创新环境等方面分析，一致认为目标可以实现。

#### 四、提出方案并确定最佳方案

##### (一) 总体方案

针对塔吊标准节螺栓存在的易松动问题，针对施工塔吊工作时会产生震动、扭动的特点，2018年3月15日，小组成员通过借鉴“螺栓与螺母相同位置开槽，使用卡销固定”和“固定扳手的内角套筒结构”，初步提出六角开槽螺栓防松装置、止动螺帽防松装置两个方案。根据初步提出的两个总体方案，我们对方案进行对比分析：

表 4-1 总体方案分析评价表

| 项目                        | 技术可行性                                                                                                                                                                                             | 经济合理性                                                                                                 | 预期效果                                                       | 时间性                         | 结论  |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----|
| 方案一<br>六角开槽<br>螺栓防松<br>装置 | <p>1.借鉴原有螺母结构，制作一个螺帽，在螺帽与螺栓相同位置开槽，使用卡销卡住螺栓。其工作原理是在螺栓与螺栓上开槽，槽中插入固定销，使其无法发生松动。使用Q460高强度钢，可承受约1500N剪力。</p> <p>2.需使用高强度钢材制作，且需替换原有螺栓，加工成本较高，每套螺栓的价格约为150元。</p> <p>3.开槽后会影响到螺帽与螺栓的强度，大约降低强度10-20%。</p> |  <p>单个装置成本约80元</p> | <p>此方案防松效果较好，预计可将螺栓松动频率将至三次左右。但在螺帽与螺栓上开槽，成本高且会显著减低其强度。</p> | <p>设计-采购-试验三个阶段大约需要5天时间</p> | 不采用 |
| 方案二<br>止动螺帽<br>防松装置       | <p>1.借鉴套孔固定扳手，制作一个内孔比塔吊标准节螺栓稍大，外径为多边形的装置，安装在标准节螺栓中，靠外侧的螺栓上，使装置紧靠在塔吊标准节上，达到限制螺栓转动的目的，最大可承受2000N·M力矩。</p> <p>2.此方案结构简单，成本较低，每个装置成本约为50元。</p> <p>3.防松动效果好，可以使螺发生松动频率降低为0；</p>                        |  <p>单个装置成本约20元</p> | <p>此方案防松效果较好，满足课题要求，预计可将螺栓松动频率将至1次以下。</p>                  | <p>设计-采购-制作越须3天时间</p>       | 采用  |

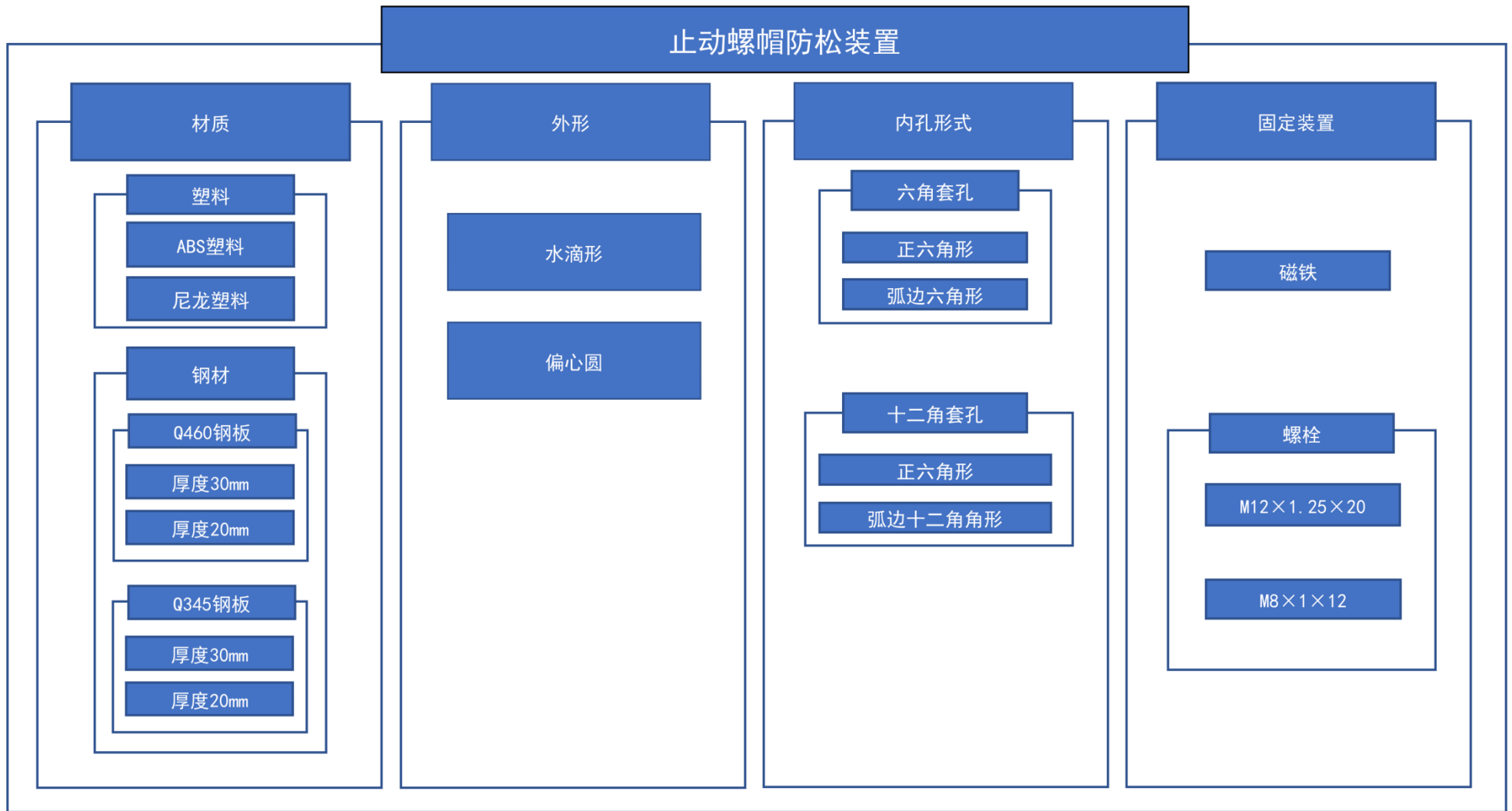
制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018年3月15日

结论：

小组成员从技术可行性、经济合理性、时间性、预期效果等几个方面对比分析，确定方案二“止动螺帽防松装置”为我们的最佳方案。

##### (二) 方案分解

小组成员对最佳方案“止动螺帽防松装置”进行分解，得到以下亲和图：



制图人：刘阁 审核人：孙文博 制图时间：2018年3月15日

图 4-1 最佳方案亲和图




(三) 分级方案选择

1. 材料的选择

(1) 选择材质



表 4-2 材料方案分析表

| 材质 | 方案分析                  |                                                                                    | 特点                            | 分析结论 |
|----|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|
| 塑料 | 1.使用尼龙塑料或 ABS 塑料制作套环， |   | 优点：重量轻，便于运输、安装，单个成本较低。        | 不采用  |
|    |                       |                                                                                    | 缺点：易老化，耐磨性较差，强度较低，耐候较差。       |      |
| 钢材 | 1.使用钢材制作套环            |  | 优点：性能可靠，强度高，耐磨性好，不易老化，循环使用次数多 | 采用   |
|    |                       |                                                                                    | 缺点：单个成本较高。                    |      |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 3 月 15 日

(2) 材质型号


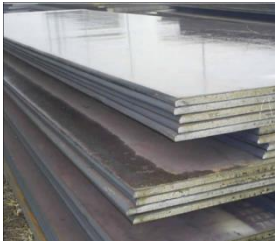
表 4-3 材质型号方案分析表

| 材料     | 方案分析                  |                                                                                     | 特点                                                              | 分析结论 |
|--------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|
| Q460 钢 | 使用强度较高的 Q460 钢板，加工装置。 |  | 优点：强度较高，受力强度达到 460Mpa 时才会发生塑性变形。抗拉强度在 550-720Mpa 之间，力学性能完全满足要求。 | 不采用  |
|        |                       |                                                                                     | 缺点：因其强度过高，故加工难度大，成本高                                            |      |
| Q345 钢 | 使用普通 Q235 钢板，加工装置     |  | 优点：屈服强度 345Mpa，抗拉强度在 470--630Mpa 之间，强度满足要求的前提下，具有易加工、成本低的特点。    | 采用   |
|        |                       |                                                                                     | 缺点：相较 Q460 钢，其强度低，力学性能相对较差。                                     |      |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 3 月 15 日

### (3) 材料尺寸

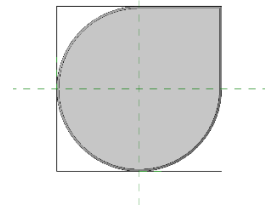
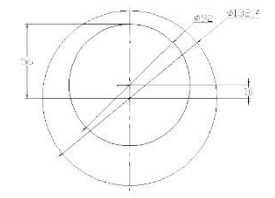
表 4-4 材料尺寸方案分析表

| 材料尺寸       | 方案分析                        |                                                                                   | 特点                                                                                        | 分析结论 |
|------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 厚度<br>30mm | 使用厚度为<br>30mm 的钢板，<br>加工装置。 |  | 优点：材料厚度为<br>30mm，尺寸较大，经<br>计算，最小横截面为<br>120mm <sup>2</sup> ，所能承受最大<br>拉力为 60KN。           | 不采用  |
|            |                             |                                                                                   | 缺点：厚度较大，相应<br>加工难度高，成本高，<br>质量大，不易安装                                                      |      |
| 厚度<br>20mm | 使用厚度为<br>20mm 的钢板，<br>加工装置  |  | 优点：材料厚度为<br>20mm，体积相对较<br>小，成本低，加工简<br>单，最小横截面为<br>80mm <sup>2</sup> ，所能承受最大<br>拉力为 40KN。 | 采用   |
|            |                             |                                                                                   | 缺点：抗拉强度相对较<br>低，但满足要求。                                                                    |      |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 3 月 15 日

### 2. 外形选择

表 4-5 外形方案分析表

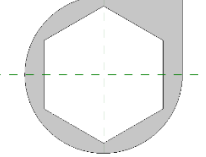
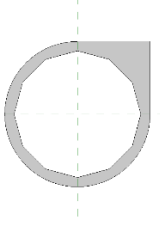
| 外形  | 方案分析                                            |                                                                                     | 特点                                                                                                               | 分析结论 |
|-----|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 水滴形 | 将装置外形设计<br>成水滴形，利用<br>其直角边抵住标<br>准节，阻止螺栓<br>旋转。 |  | 优点：结构简单，易加<br>工，经计算，装置与标<br>准节接触面积为<br>620mm <sup>2</sup> ，其与标准节为<br>面接触，增大了接触面<br>积，减少了因螺栓旋转<br>施加在接触部位的压<br>力。 | 采用   |
|     |                                                 |                                                                                     | 缺点：与偏心圆方案<br>对比，无缺点。                                                                                             |      |
| 偏心圆 | 使用厚度为<br>20mm 的钢板，<br>加工装置                      |  | 优点：利用偏心圆外圆<br>到内圆圆心距离不相等<br>这一原理，实现组织螺<br>栓旋转。                                                                   | 不采用  |
|     |                                                 |                                                                                     | 缺点：与标准节为线接<br>触，装置施加在标准节<br>上的压力大，易损伤标<br>准节防锈漆。                                                                 |      |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 3 月 15 日

### 3. 内孔形式的选择:

#### (1) 内孔形状

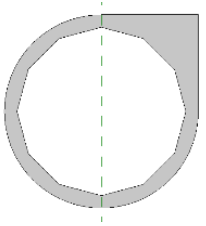
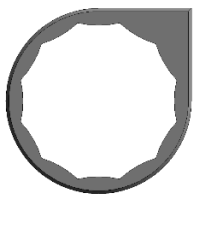
表 4-6 内孔形状方案分析表

| 内孔形式  | 方案分析                                                                   |                                                                                    | 特点                                  | 分析结论 |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------|
| 六角套孔  | 1. 使用加工设备, 在装置中心根据螺栓规格, 制作六角内孔, 使内孔可与标准节螺栓完成配合, 外形可抵住标准节角钢, 形成对螺栓的限制。  |   | 优点: 结构简单, 制作成本相对较低                  | 不采用  |
|       |                                                                        |                                                                                    | 缺点: 因角数较少, 安装时最小调整角度为 60 的倍数, 可调性不高 |      |
| 十二角套孔 | 1. 使用加工设备, 在装置中心根据螺栓规格, 制作十二角内孔, 使内孔可与标准节螺栓完成配合, 外形可抵住标准节角钢, 形成对螺栓的限制。 |  | 优点: 角数较多, 每次调整角度为 30 度, 可调性高。       | 采用   |
|       |                                                                        |                                                                                    | 缺点: 加工成本略高。                         |      |

制表人: 刘阁 审核人: 孙文博 制表时间: 2018 年 3 月 15 日

#### (2) 套孔形状

表 4-7 套孔形状方案分析表

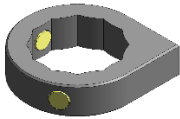
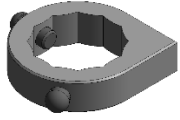
| 套孔形状  | 方案分析                     |                                                                                     | 特点                                                | 分析结论 |
|-------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------|
| 正十二角  | 将套孔加工成正十二角形, 固定在标准节螺栓上。  |  | 优点: 结构简单, 加工难度低                                   | 不采用  |
|       |                          |                                                                                     | 缺点: 正十二角, 螺栓卡固较松, 有可能出现滑脱现象。                      |      |
| 弧边十二角 | 将套孔十二角边加工成弧形, 固定在标准节螺栓上。 |  | 优点: 十二角边为圆弧形, 减小了螺栓活动范围, 同时增大了与螺栓的接触面积, 不会出现滑脱现象。 | 采用   |
|       |                          |                                                                                     | 缺点: 加工成本略高。                                       |      |

制表人: 刘阁 审核人: 孙文博 制表时间: 2018 年 3 月 15 日

#### 4. 固定装置的选择:

##### (1) 固定方式

表 4-8 固定方式方案分析表

| 固定方式 | 方案分析                                     |                                                                                   | 特点                    | 分析结论 |
|------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|
| 磁铁   | 1.在装置两侧打孔,使用圆柱形强磁铁,将装置吸附在塔吊标准节螺栓上,防止装置掉落 |  | 优点:结构简单,易安装、拆除。       | 不采用  |
|      |                                          |                                                                                   | 缺点:固定不牢固,易脱落。强磁铁成本较高。 |      |
| 顶紧螺栓 | 1.在装置两侧打孔并套丝,使用螺栓将装置顶紧在标准节螺栓上。           |  | 优点:固定牢固、可靠,成本低        | 采用   |
|      |                                          |                                                                                   | 缺点:不易安装。              |      |

制表人:刘阁 审核人:孙文博 制表时间:2018年3月15日

##### (2) 固定螺栓

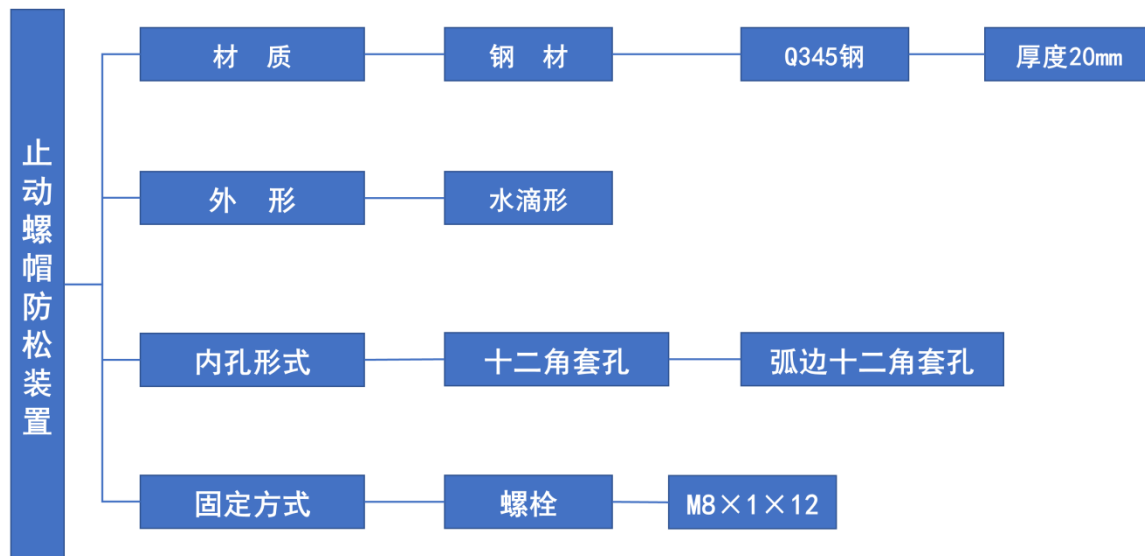
表 4-9 固定螺栓方案分析表

| 螺栓型号        | 方案分析                                                                                                                                                                   | 特点                                                                  | 分析结论 |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|
| M8×1×12     | 1.在装置两侧打孔并攻丝,使用直径8mm、螺距1mm、长度12mm的螺栓将装置紧固在标准节螺栓上。经计算,定位孔上下两侧最小截面尺寸为48mm <sup>2</sup> ,按该型号钢材抗拉强度500MPa计算,可承受24KN拉力,满足装置强度要求。<br>2.经试验测试,牙距1mm的螺栓比牙距1.25mm的螺栓具有更好的紧固效果。 | 优点:螺栓直径小,打孔后上下两侧各剩余6mm,对装置强度影响较小。同时,细牙螺纹紧固性能好。                      | 采用   |
|             |                                                                                                                                                                        | 缺点:。无                                                               |      |
| M12×1.25×20 | 在装置两侧打孔并攻丝,使用直径12mm、螺距1.25mm、长度20mm的螺栓将装置紧固在标准节螺栓上。经计算,打孔后定位孔上下两侧最小截面尺寸为32mm <sup>2</sup> ,可承载16KN拉力。                                                                  | 优点:打孔后上下两侧各剩余4mm,经计算,打孔后定位孔上下两侧最小截面尺寸为32mm <sup>2</sup> ,可承载16KN拉力。 | 不采用  |
|             |                                                                                                                                                                        | 缺点:孔径过大,对装置强度影响较大,且增加不必要的成本。                                        |      |

制表人:刘阁 审核人:孙文博 制表时间:2018年3月15日

#### (四) 最佳方案系统图

(1) 经过分析，确定最佳方案系统图如下：



制图人：刘阁 审核人：孙文博 制图时间：2018年3月15日

图 4-2 最佳方案系统图

(2) 确定方案后，我们组织成员，以 QTZ80 塔吊为实验对象，对塔吊标准节螺栓的实际尺寸、螺栓位置、螺栓高度等数据进行现场测量。测得数据见表 3-12。



图 4-3 现场测量



图 4-4 现场测量

表 4-12 固定方式方案分析表

|         | 螺距 P | 厚度 K | 对边 S | 内径 |
|---------|------|------|------|----|
| 尺寸 (mm) | 3.5  | 24   | 46   | 30 |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 3 月 17 日

(3) 现场测量后，小组成员根据实测数据，绘制装置图纸，并使用 BIM 技术建立三维模型。

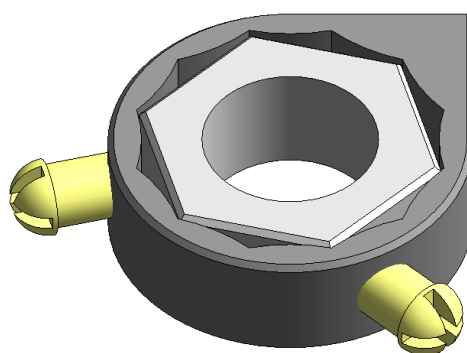


图 4-5 三维模型

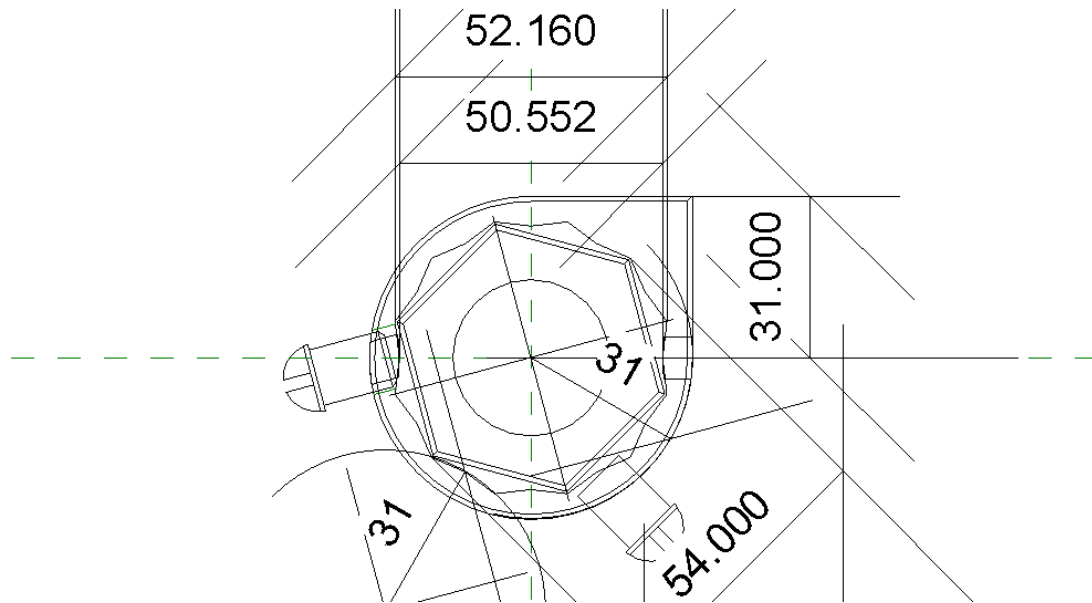


图 4-6 设计图纸

## 五、制定对策

根据最佳方案，制订对策表如下：

表 5-1 对策表

| 序号 | 对策         | 目标                                                      | 措施                                                                               | 地点   | 时间          | 负责人 |
|----|------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|-----|
| 1  | 选购材料       | 加工尺寸公差 ± 0.1mm                                          | 1. 市场选购符合要求的钢材，采购厚度 20mm 的 Q345 钢板；<br>2. 对钢板进行裁切下料，裁切至 65mm×65mm；               | 钢材市场 | 2018. 3. 25 | 刘建国 |
| 2  | 加工内十二角弧边套孔 | 内孔对角尺寸为 54mm，最小边距为 50.55mm，最大边距为 52.16mm，加工尺寸公差 ± 0.1mm | 1. 绘制加工路径<br>2. 将粗加工后的钢材，按照图纸要求进行冲孔；<br>3. 进行内十二角制作；<br>4. 测试内孔加工是否符合设计要求；       | 施工现场 | 2018. 3. 31 | 刘阁  |
| 3  | 加工水滴形外形    | 按照设计要求加工装置外形，外形为直径 62mm 圆，加工尺寸公差 ± 0.1mm                | 1. 绘制加工程序；<br>2. 对装置外形进行加工；<br>3. 对装置进行倒角；<br>4. 检查外形尺寸是否符合设计要求。                 | 施工现场 | 2018. 4. 3  | 张玲钦 |
| 4  | 加工固定装置     | 固定孔直径 8mm，固定螺栓长度 20mm，均为牙距为 1mm 的细牙螺纹。采购合格率 100%。       | 1. 采购直径 12mm 的顶紧螺栓；在<br>2. 装置相应位置钻固定孔；<br>3. 将定位孔内侧套丝；<br>4. 将顶紧螺栓安装至固定孔，检查是否可行。 | 施工现场 | 2018. 4. 6  | 孙文博 |
| 5  | 安装调试       | 装置安装完成后进行安装调试，装置安装应牢固可靠，安装合格率 100%。                     | 1. 对塔吊螺栓进行紧固，使其力矩达到要求；<br>2. 将装置安装在实验塔吊上，使用两侧螺栓进行固定；<br>3. 检查装置安装后的效果。           | 施工现场 | 2018. 4. 10 | 刘阁  |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 3 月 20 日

## 六、对策实施

### (一) 实施一：选购材料

**措施一：**由3月25日，由刘建国负责，根据设计要求，在建材市场采购厚度20mm的钢板一张。并对钢板的尺寸，强度进行检测，保证原材料性能达标。

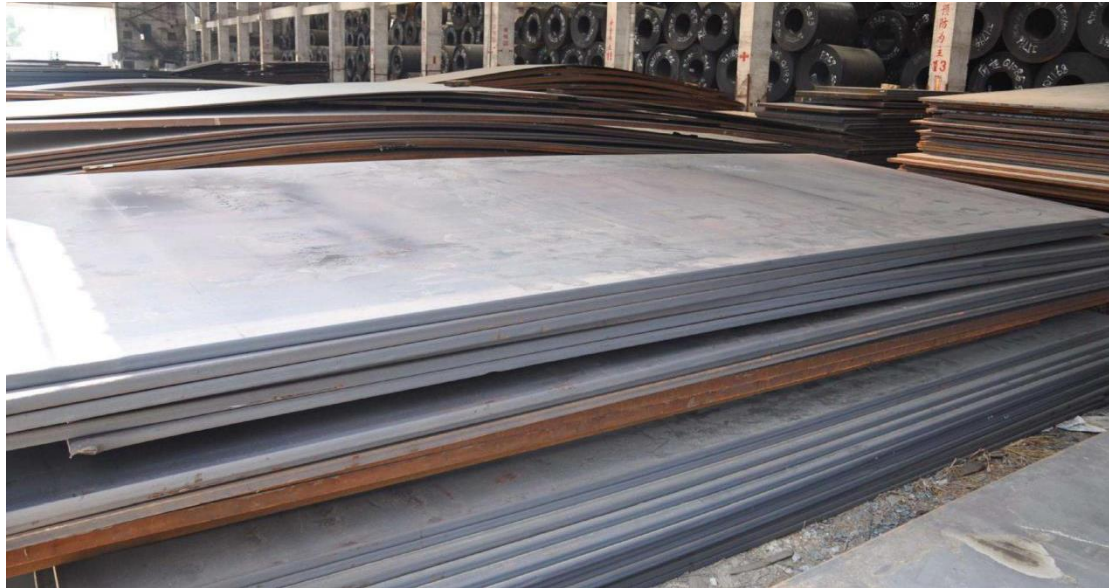


图 6-1 45#钢

**措施二：**将采购的原材料按照图纸进行裁切下料，该装置设计为外径62mm，为保留一定加工余量，将钢板裁切成65×65mm的方形钢块，以便在下一步加工中保证尺寸准确。共裁切十组，并依次编号1-10。



图 6-2 初加工模型



**效果验证：**使用游标卡尺对裁切好的原材尺寸进行测量，测量结果见表 5-1。

|         | 样品 1 | 样品 2 | 样品 3 | 样品 4 | 样品 5 | 样品 6 | 样品 7 | 样品 8 | 样品 9 | 样品 10 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 长度 (mm) | 65.5 | 65.4 | 65.3 | 65.1 | 65.2 | 64.9 | 65.1 | 64.9 | 65.0 | 65.0  |
| 宽度 (mm) | 65.0 | 65.1 | 64.9 | 65.0 | 65.1 | 65.0 | 65.0 | 64.9 | 65.0 | 65.1  |

表 6-1 原材尺寸测量表

经测量，装置样品尺寸符合要求。

**(二) 实施二：加工内十二角弧边套孔**

**措施一：**小组成员通过市场调查，走访多家机械加工厂，最终选择设备较为齐全且加工费用相对较低的日照天源机械加工厂进行下一步加工。

3月31日，由刘阁负责，在日照天源机械加工厂，对工件内孔进行加工。

装置下料后，为保证加工尺寸与设计图纸要求相符，我们优先使用加工精度相对较高的线切割设备对工件进行加工。

小组成员按照制作的 CAD 图纸，将工件外形图纸导入数控加工设备中，编写加工程序，绘制外形走刀路径，程序编写完成后，核对程序是否正确，是否可正常运行；

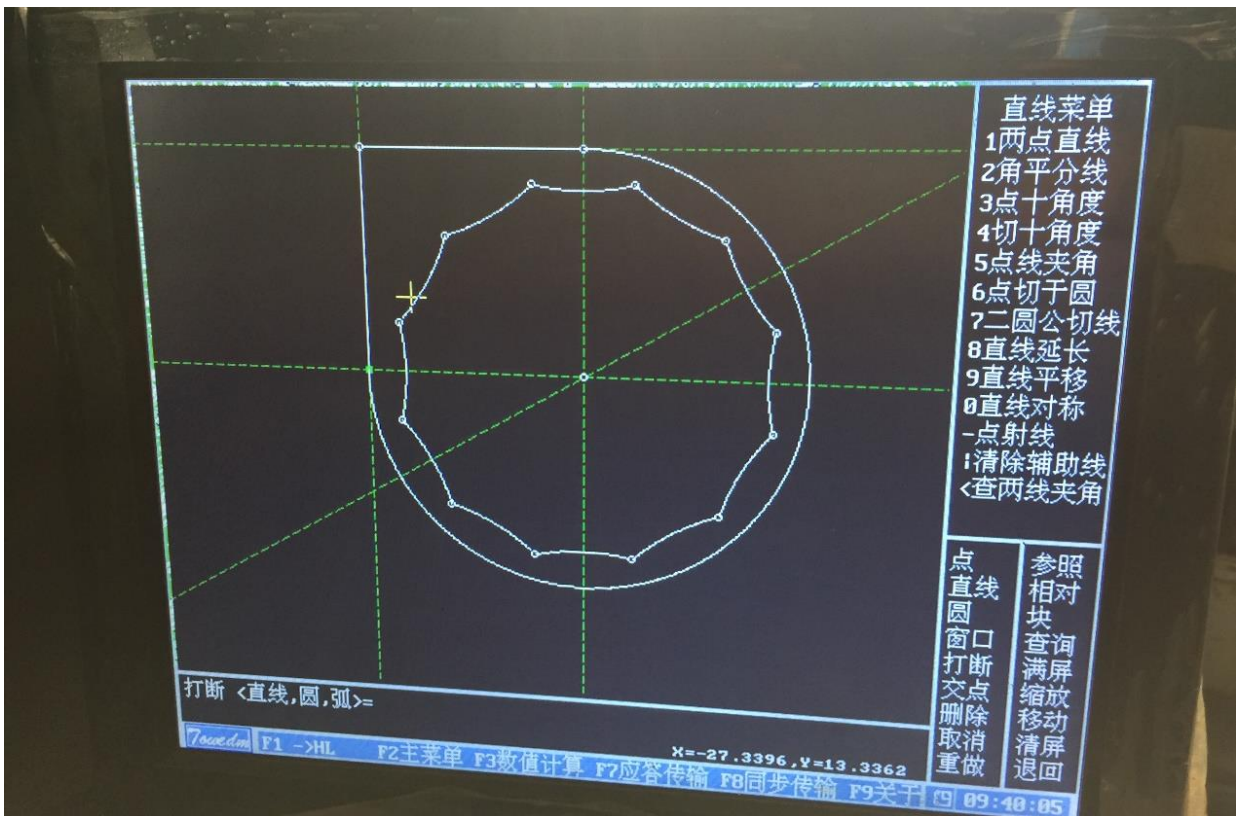


图 6-3 走刀路径

**措施二：**将实施一中加工好的工件，装夹在钻床操作台上，使用直尺及圆规定位出工件圆心点，并做标记。选用直径 30mm 的钻头，在工件中心钻制圆孔，圆孔加工完成后，检查其位置是否合格。

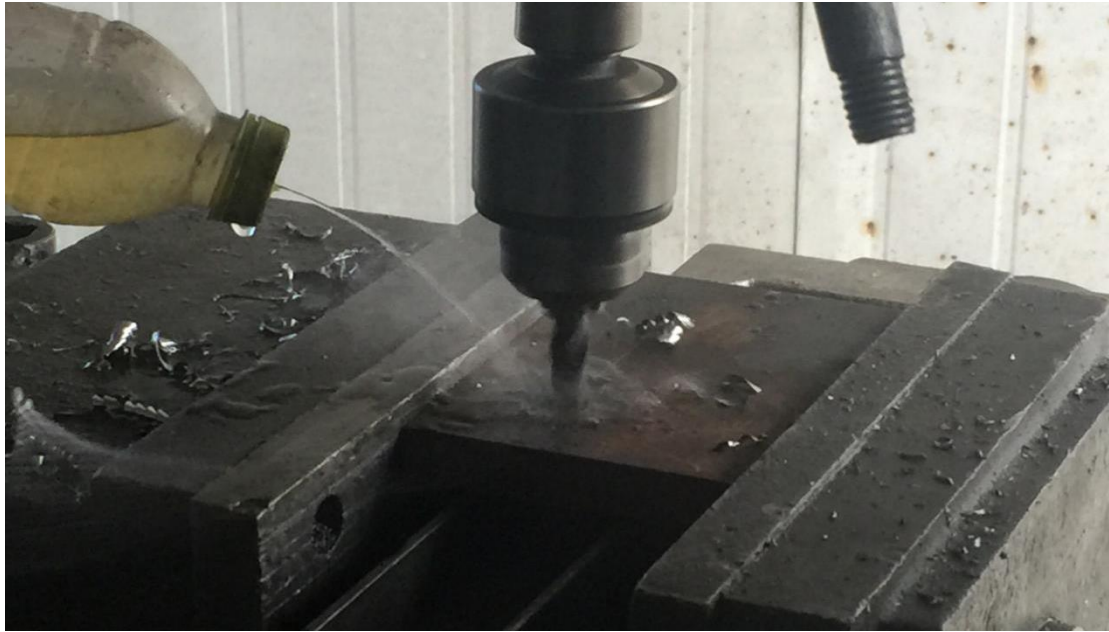


图 6-4 钻孔过程



图 6-5 内孔加工

**措施三：**圆形内孔制作完成后，再次对工件进行下一步加工：

- (1) 将工件装夹在机床操作台上，确保装夹水平度，检查装夹位置合理性，确认装夹牢固，防止加工过程中工件出现倾斜、位移；



图 6-6 工件装夹

(2) 工件装夹完成后，加载内孔走刀路径。

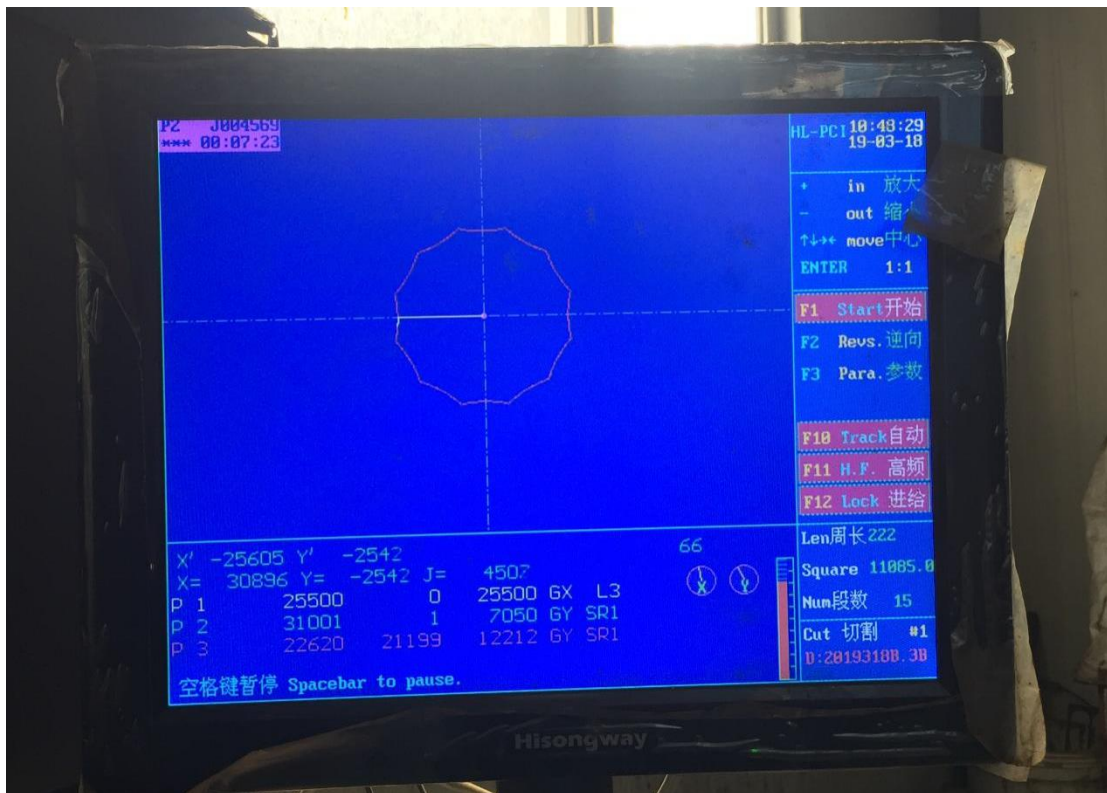


图 6-7 走刀路径

(3) 安装钼丝，钼丝安装完成后，进行对刀，将电流调小，电极丝缓慢移近工件，至有火花产生且均匀时停止，对刀完成；



图 6-8 对刀过程

(4) 启动设备，对工件内孔进行加工；



图 6-9 内孔加工过程

**措施四：**由刘阁负责，对加工好的十二角内孔进行测量。

**效果验证：**

对十个样品进行测量，检测结果如下：

表 6-2 装置内孔测量记录表

| 项目                | 样品编号  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 角距<br>(mm)        | 54.01 | 54.03 | 54.01 | 54.01 | 54.01 | 53.99 | 53.98 | 54.01 | 54.01 | 54.00 |
| 边距<br>max<br>(mm) | 52.01 | 52.01 | 52.02 | 52.01 | 52.01 | 52.02 | 51.98 | 52.00 | 52.01 | 52.02 |
| 边距<br>min<br>(mm) | 51.00 | 51.01 | 51.01 | 51.00 | 51.01 | 51.02 | 50.99 | 50.98 | 51.00 | 50.99 |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018年3月26日

经检测，装置尺寸符合设计要求。

**(三) 实施三：**加工水滴形外形

**措施一：**内孔加工完成后，4月3日，在日照天源机械加工厂，由张玲钦负责，进行工件外形加工：

- (1) 小组成员按照制作加工设备走刀路径，将工件外形路径加载至数控加工设备中，核对程序是否正确，是否可正常运行；

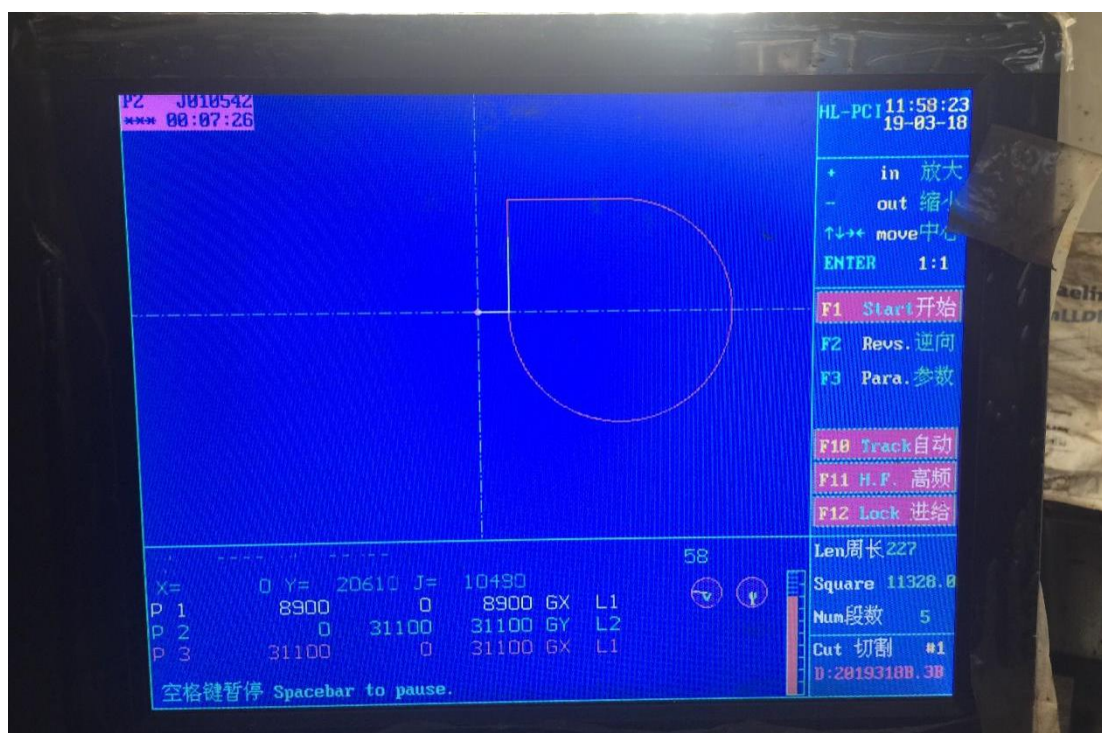


图 6-10 外形走刀路径

- (2) 将工件装夹在机床操作台上，确保装夹水平度，检查装夹位置合理性，确认装夹牢固，防止加工过程中工件出现倾斜、位移；



图 6-11 工件装夹

- (3) 安装钼丝，钼丝安装完成后，使用火花法进行对刀，将电流调小，电极丝缓慢移近工件，至有火花产生且均匀时停止，对刀完成；



图 6-12 对刀过程

- (4) 启动设备，进行工件外形加工；



图 6-13 加工过程

- (5) 工件外形加工完成后，使用锉刀对工件边缘进行倒角，防止其边缘过于锋利导致人员受伤。



图 6-14 工件外形

**效果验证：**使用游标卡尺对裁切后的十组样品进行测量，测量结果如下：

表 6-3 样品尺寸测量记录表

| 项目         | 样品编号  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 直径<br>(mm) | 75.03 | 75.03 | 75.03 | 75.02 | 75.03 | 75.03 | 75.03 | 75.02 | 75.02 | 75.02 |
| 厚度<br>(mm) | 20.05 | 20.05 | 19.96 | 20.03 | 19.94 | 20.06 | 20.03 | 20.00 | 19.98 | 19.99 |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018年4月5日

经检测，10组样品尺寸均达到要求。

#### （四）实施四：加工固定装置

**措施一：**4月6日，由刘阁负责，到建材市场采购直径为8mm，长度为12mm的螺栓作为顶紧螺栓。



图 6-15 顶紧螺栓

**措施二：**使用钻床，加工固定孔：

- （1） 为保证加工好的工件能可靠的固定在塔吊标准节螺栓上，在设计中，我们将定位孔设置在工件的两侧对边，以使顶紧螺栓最大限度保证固定装置的可靠性。加工过程中，我们首先依照设计图纸，使用尺规，定位固定孔的水平位置及角度；
- （2） 将工件按照设计角度装夹在钻床操作台上，因工件需要竖向安装，所以装夹必须牢固可靠，以防加工过程中工件掉落，引发安全事故；





图 6-16 工件装夹

(3) 工件装夹完成后，选用 6.5mm 直径的钻头，在工件相应位置，钻制两个定位孔；



图 6-17 钻孔

**措施三：** 定位孔钻制完成后，将工件固定在操作台中，使用牙距为 1.75mm 攻丝工具，将固定孔内部套丝。



图 6-18 攻丝装置



图 6-19 攻丝过程

**措施四：**参照设计图纸，将定位螺栓安装至装置定位孔，检验定位孔是否准确，螺栓与定位孔是否配合良好。



图 6-20 定位螺栓

效果验证：对十组样品定位孔的尺寸进行测量，测量数据如下：

表 6-4 样品固定装置测量记录表

| 直径<br>(mm) | 样品编号 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| 定位孔一       | 6.51 | 6.51 | 6.50 | 6.50 | 6.49 | 6.51 | 6.50 | 6.50 | 6.51 | 6.50 |
| 定位孔二       | 6.51 | 6.50 | 6.50 | 6.51 | 6.50 | 6.51 | 6.50 | 6.50 | 6.50 | 6.50 |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018年4月9日  
 经检查测量，定位孔位置与设计图纸要求一致，定位孔尺寸符合设计要求；定位孔与定位螺栓配合紧密。



图 6-21 装置效果图



图 6-22 装置实物图

**(五) 实施五：安装调试**

**措施一：**4月10日，由刘阁负责，将制作完成的装置进行现场安装调试，首先，使用扳手对塔吊螺栓进行紧固，使其紧固力矩达到要求。

**措施二：**小组成员对装置的兼容性进行测试，随机挑选 20 个螺栓，检查装置的兼容性。将制作完成的装置安装至塔吊标准节螺栓上，使装置直角边抵住标准节，内孔套在标准节螺栓上，并将两侧固定螺栓安装到位，使其牢固可靠。



图 6-23 装置实物图



图 6-24 装置安装效果图

**措施三：**检查安装是否牢固，装置与螺栓是否能啮合，固定装置是否牢固可靠。

**效果验证：**装置内孔可与塔吊标准节螺栓完成配合，定位螺栓可牢固的将装置固定在标准节螺栓上，装置直角边可抵住标准节。统计表如下：

表 6-5 安装测试情况统计表

|      |    | 螺栓编号 |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|      |    | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 样品编号 | 1  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 2  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 3  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 4  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 5  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 6  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 7  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 8  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 9  |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|      | 10 |      |   |   |   |   |   |   |   |   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 合格   |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   | 不合格 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018年4月12日

## 七、效果检查

2018年5月1日，小组成员将加工好的装置安装在现场的塔吊上，截止2018年12月1日塔吊拆除，由小组成员对装置使用期间的数据进行统计。



图 7-1 装置安装图 (1)



图 7-2 装置安装图 (2)

(一) 对策实施前后改善程度：

由刘阁对测试结果进行统计，统计每月发生松动的螺栓数量，统计表如下：

表 7-1 测试结果统计表

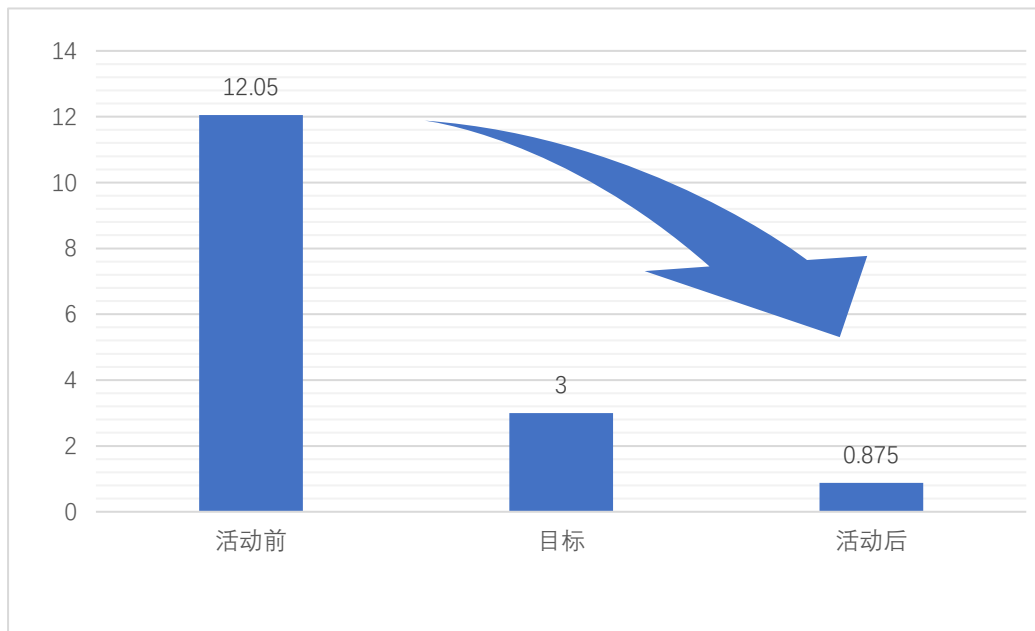
| 时间（天）   | 发生螺栓松动次数（次） |
|---------|-------------|
| 五月份     | 1           |
| 六月份     | 0           |
| 七月份     | 1           |
| 八月份     | 0           |
| 九月份     | 1           |
| 十月份     | 2           |
| 十一月份    | 2           |
| 十二月份    | 0           |
| 平均（次/月） | 0.875       |

制表人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 12 月 6 日

(二) 目标完成情况：

经统计，活动前未使用塔吊标准节螺栓防松装置时，平均每月出现 12.05 次螺栓松动现象；而开展 QC 活动，使用塔吊标准节螺栓防松装置后，平均每月出现 0.875 次螺栓松动现象；低于我们制定的活动目标平均每月出现 3 次螺栓松动现象。因此，我们的目标实现了！

由此可见，使用塔吊标准节螺栓防松装置，可大大提高标准节螺栓的紧固性能，减少螺栓松动现象的发生，极大的提高塔吊的安全系数。同时减少了管理及维护成本，使建设项目向着更安全，更高效的方向发展。



制图人：刘阁 审核人：孙文博 制表时间：2018 年 12 月 6 日

图 7-3 目标对比图

(三) 经济效益

使用塔吊标准节螺栓防松装置，只需在原有螺栓上增加防松套环，便可防止螺栓松动，此装置可减少工人对螺栓的次数，减少高空作业带来的风险，降低管理成本。同时可创造一

定的经济效益，具体计算如下：

(1) 节约人工 270 工时：

塔吊标准螺栓维护需 1 工时/台/次，每月进行十次维护，该项目共一台塔吊，每月共 10 个工时。使用塔吊标准节螺栓防松装置后，每月仅需进行 2 次检查，每次仅需 0.25 个工时。至 2018 年 12 月 1 日塔吊拆除，该项目共节约 200 工时。节约人工费用 60000 元。

(2) 该塔吊工 160 个螺栓，共需加工 160 个防松装置，改装置批量加工费用为 30 元/个。  
增加费用：装置加工费  $30 \times 160$  台=4800 元；  
扣除小组成员交通、咨询、材料等活动费用 3000 元，  
共创造经济效益： $60000-4800-3000=52200$  元。  
采用塔吊标准节螺栓防松装置，经济效益显著。

## 经济效益证明

山东日建集团群贤毕至 QC 小组，经过小组成员努力创新，研制起重机械标准节螺栓防松装置，该装置原理简单，有效解决了起重机械标准节螺栓易松动等问题，为该工程施工提高了施工效率及安全系数。

使用起重机械标准节螺母防松装置，可减少工人对螺栓的紧固次数，减少高空作业带来的风险，降低管理成本。同时可创造一定的经济效益，具体计算如下：

(1) 节约人工 270 工时：

塔吊标准螺栓维护需 1 工时/台/次，每月进行十次维护，该项目共一台塔吊，每月共 10 个工时。使用塔吊标准节螺栓防松装置后，每月仅需进行 2 次检查，每次仅需 0.25 个工时。至 2018 年 12 月 1 日塔吊拆除，该项目共节约 200 工时。节约人工费用 60000 元。

(2) 该塔吊工 160 个螺栓，共需加工 160 个防松装置，改装置批量加工费用为 30 元/个。

增加费用：装置加工费  $30 \times 160$  台=4800 元；

扣除小组成员交通、咨询、材料等活动费用 3000 元，

共创造经济效益： $60000-4800-3000=52200$  元。

采用塔吊标准节螺栓防松装置，经济效益显著。

特此证明。

山东日建建设集团有限公司

二〇一八年十月十八日

图 7-4 经济效益证明



#### （四）社会效益

课题在施工塔吊使用过程中，提高了施工塔吊安全系数，减少标准节螺栓松动现象的发生，减少高空作业带来的风险，降低了管理成本。在创造一定的经济效益的同时，也创造了很好的社会效益，本工程还获得了本年度“省级安全文明标准化优良工地”；后续在相家庄安置区工程、岚山金牛岭安置区工程中，该方案运行稳定，可靠性高，得到了建设方、监理方等的高度赞扬与认可。

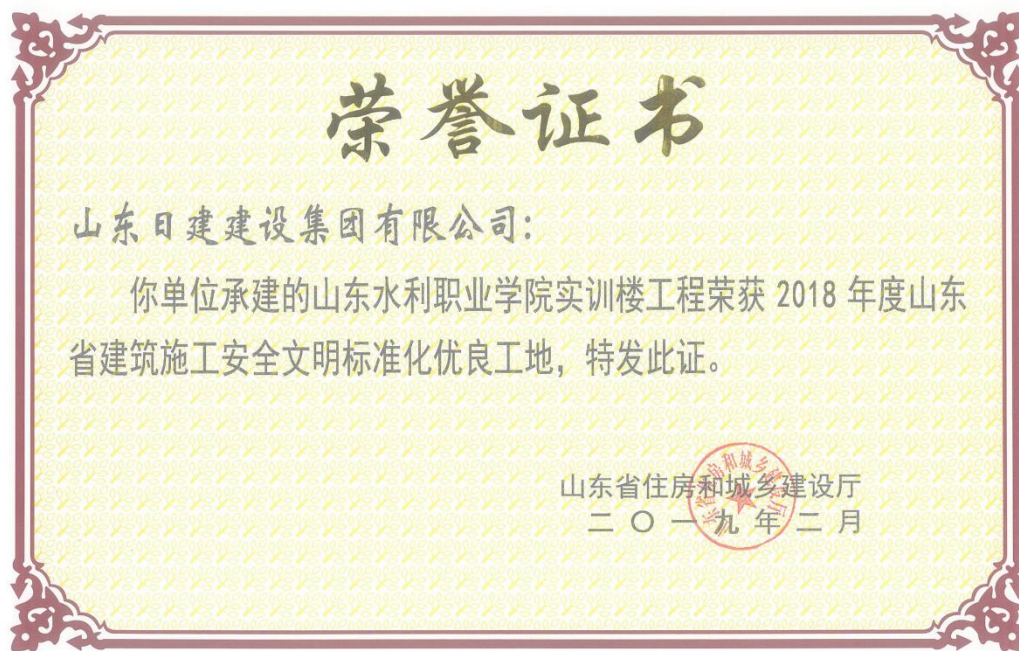


图 7-5 省级安全文明工地证书

#### 八、标准化

- 1、我们编制了《施工现场塔吊标准节螺栓防松装置设计说明及制作方法》，经总工办审批，纳入公司质量安全环保管理体系。
- 2、公司将此成果进行整理，正在申请专利。

# QB

山东日建建设集团有限公司企业技术标准

---

RJ-JS-369

## 施工现场塔吊标准节螺栓防松装置 设计说明及制作方法

2018. 12. 31 发布

2019. 1. 31 实施

---

山东日建建设集团有限公司总工办 发布

图 8-1 《施工现场塔吊标准节螺栓防松装置设计说明及制作方法》

### 九、总结及下一步打算

#### 1、专业技术的提高

小组成员通过 QC 活动的开展，能够掌握施工现场塔吊标准节螺栓防松装置的制作要点、工艺要求和具体制作技术，并能够熟练操作该装置，在预防塔吊螺栓松动安全隐患的工作方面，积累了大量的实际经验。

## 2、管理技术的提高

小组成员掌握了按照 PDCA 程序的要求提出方案的路径和方法，对 PDCA 循环有了更进一步的认识，熟悉了创新型课题的研发步骤及程序，改进了我们思考问题的思维方式，能够正确合理的使用统计工具，解决施工过程中遇到的技术难题。

## 3、小组综合素质的提高

小组成员通过 QC 活动，积累了相关经验，增强了求知意识和质量意识，提升了创新能力和团队协作精神，提高了分析和解决问题的能力，改善了 QC 小组的整体精神面貌，同时也吸引了更多新学员的加入。

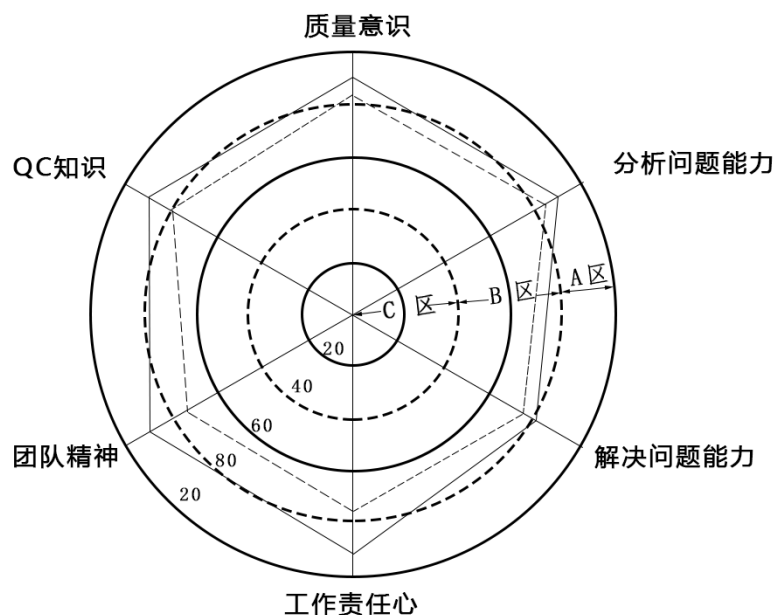
表 9-1 综合素质自我评价表

| 序号 | 项目     | 活动前（分） | 活动后（分） |
|----|--------|--------|--------|
| 1  | 质量意识   | 85     | 90     |
| 2  | 分析问题能力 | 85     | 90     |
| 3  | 解决问题能力 | 75     | 80     |
| 4  | 工作责任心  | 75     | 90     |
| 5  | 团队精神   | 75     | 90     |
| 6  | QC 知识  | 80     | 90     |

制表人：潘光秀

审核人：孙文博

制表时间：2018 年 9 月 30 日



制图人：刘阁

审核人：孙文博

制图时间：2018 年 9 月 30 日

图 9-1 综合素质评价雷达图

从上图可以看出，经过本次 QC 小组活动，小组成员的质量意识、分析与解决问题能力、工作责任心、团队精神以及 QC 知识都有了不同层次的提高，但我们要不骄不躁，在既有的基础上更上一层楼，继续开展 QC 活动，进一步提高技术人员的技术水平及业务能力，增强质量意识，创新求实，攻克质量技术难关，以提高经济和社会效益。我们的下一个课题是：“塔式起重机新型控制系统的研制”。