

大跨度采光顶钢构件安装辅助装置研制

泰强 QC 小组

1. 工程概况

1.1 工程概况：

万达广场工程位于日照市山东路以北，青岛路以西，地下两层，地上四层，总建筑面积 151032 m²，是日照市最大的单体工程。

1.2 工程特点：

屋面有椭圆形采光顶 1 座，中心高度 27.7m，长轴 32m，短轴 22.6m；圆形采光顶 1 座，中心高度 27.3m，直径为 20.9m，连廊 8 座。采光顶钢结构架设在顶层砼结构梁上，钢构件主要规格是：250×100×6mm、局部 300×200×10mm 钢龙骨，8Low-E（钢化）+12Ar+6（半钢化）+1.52+6（半钢化）双银中空夹胶玻璃；圆形和椭圆形采光顶的钢构件 90%以上为异型，主要采用场外加工、制作，现场安装的方式，主体砼结构完成后才能进行钢构件的安装作业。



图 1-1 万达广场效果图



图 1-2 椭圆采光顶效果图

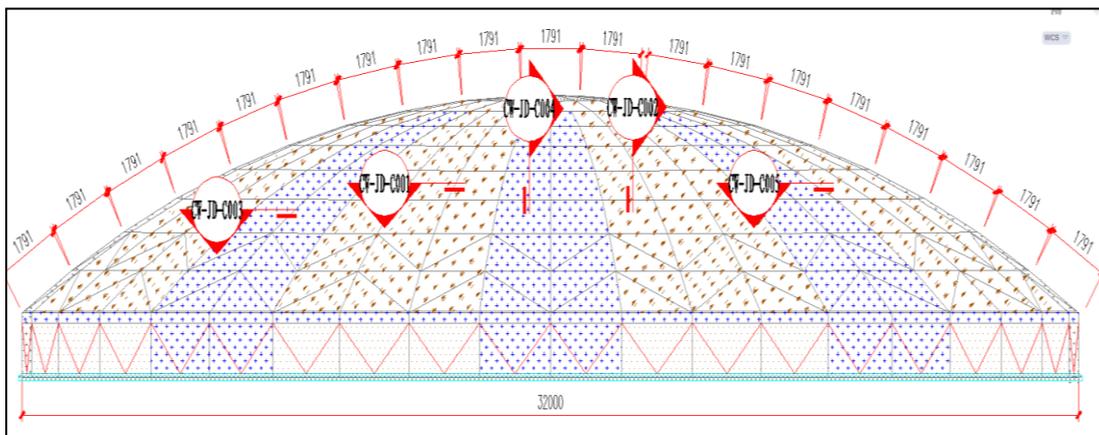


图 1-3 椭圆采光顶 CAD 立面图

2. 小组简介

表 2-1 小组概况表

小组名称	泰强 QC 小组	成立时间	2014 年 6 月 10 日
课题名称	大跨度采光顶钢构件安装 辅助装置研制	课题类型	创新型
小组注册编号	TTJG-2018-020	活动次数	42 次
课题注册编号	TTJGKT-2018-020	QC 教育时间	66 学时
活动时间	2018 年 8 月 1 日-2018 年 12 月 30 日	QC 小组出勤率	100%
成员简介			

序号	姓名	性别	职称或职务	学历	组内职务	QC 教育课时	组内分工
1	丁兆良	男	工程师	研究生	组长	66 学时	全面负责
2	王 斌	男	工程师	本科	副组长	66 学时	策划组织
3	高月秀	女	工程师	本科	组员	66 学时	技术指导
4	单保项	男	工程师	本科	组员	66 学时	技术策划
5	王惠丽	女	工程师	本科	组员	66 学时	资料收集
6	孙 飞	男	工程师	本科	组员	66 学时	技术指导
7	何修良	男	工程师	本科	组员	66 学时	质量检查
8	申 圳	男	工程师	本科	组员	66 学时	对策实施
9	庄光营	男	工 人	专科	组员	66 学时	对策实施
10	王 军	男	工 人	专科	组员	66 学时	对策实施
小组业绩		本小组多次获得日照市及山东省建筑业 QC 优秀成果奖，还曾于 2016 年获得“全国工程建设优秀质量管理小组”二等奖，2017 年获得“全国工程建设优秀质量管理小组”一等奖和中质协“全国优秀质量管理小组”。2018 年获得“全国工程建设优秀质量管理小组”一等奖。					

制表人：王惠丽

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 2 日

3. 选择课题

3.1 需求分析

(1) 本项目为我市重点工程，工期紧，甲方要求竣工时间不得延期。但因上合峰会、环保专项检查及天气等原因，基础、主体施工工期滞后 80 天，但合同竣工时间不得延误，经工期倒排和分析计算，装饰工程与安装工程必须提前进场，穿插作业，但采光顶施工会占用 1-4 层中空部位空间，造成装饰工程与安装工程无法穿插施工，成为关键工序。如要达到工期要求，采光顶施工占用 1-4 层中空部位的时间不得超过 60 天。

(2) 我们对传统的大跨度钢结构构件施工方法进行调查分析：

表 3-1 大跨度钢结构构件传统施工方法

名称	施工工艺	特点
高空拼装法	先在设计位置处搭设满堂脚手架，然后用起重机把构件分件(或分块)上吊至空中的设计位置，在支架上进行焊接拼装。	满堂脚手架占用工程实体中空部位，其它工序暂停施工，焊接工程量大，高空作业多。
整体安装法	先将构件在地面上拼装成整体，然后用起重机械将其整体提升到设计位置上加以固定。	无需高大的拼装支架，高空作业少，易保证焊接质量；但需要起重量特别大的起重设备，安装场地要求条件高。
多机抬吊法	安装前先在地面上对构件进行错位拼装作业，然后用多台起重机将拼装好的构件整体提升到柱顶以上，在空中移位后落下就位固定。	用于高度和重量都不大的中、小型构件结构，安装场地要求条件较高。

制表人：王惠丽

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 3 日

1) 传统方法有高空拼装法、整体安装法、多机抬吊法。由于采光顶位于本工程屋面中间部位，场地限制，无法采用整体安装和多机抬吊法，进行安装作业。

2) 高空拼装法一般采用满堂脚手架支撑施工，从一楼至屋顶搭设高度 21m 的满堂脚手架，形成整体作业平台。满堂脚手架会占用 1-4 层中空部位空间，致使其他工序无法穿插施工，只能拆除满堂脚手架支撑体系方可进场，采光顶分项工程施工工期为 120 天，即占用 1-4 层中空部位的时间为 120 天。



图 3-1 满堂脚手架

经上述分析，采光顶施工占用 1-4 层中空部位的时间不得超过 60 天的需求不能实现。

3.2 查新工作

建筑行业中是否有更好的方法或者工具，能在规定工期内快速、安全的实现大跨度采光顶钢结构施工呢？小组成员王斌、王惠丽展开了查新工作，通过在中国知网、国家科技成果网、万方数据、百度等门户网站检索关键词“大跨度 采光顶 钢构件 安装辅助 装置”进行查新，试图找到一些可供借鉴的思路，小组成员通过专利网站未检索到可以直接实现在既定工期条件下实现大跨度采光顶钢构件施工的方法及装置。

表 3-2 课题查新表

需查新课题名称	大跨度采光顶钢构件安装辅助装置研制	查新目的	项目鉴定
查新人员	王斌、王惠丽	查新时间	2018 年 8 月 4 日
查新地址	查新结果		

<p>中国知网 http://www.cnki.net/</p>	
<p>国家科技成果网 http://www.tech10.net/</p>	
<p>万方数据 http://www.wanfangdata.com.cn/index.html</p>	
<p>查新结论</p>	<p>通过查新后，查新结果中未发现有针对性的大跨度采光顶钢构件安装辅助装置信息。</p>

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018年8月5日

3.3 提出创新思路

小组成员经过反复调查发现可借鉴身边事物，从索膜结构及弹跳床得到灵感启发。

索膜结构以膜材、钢索及支柱构成，利用钢索与支柱在膜材中导入张力以达到稳定的形式，其立柱及钢索张力的结构原理可实现空中结构的稳定性；弹跳床由床框架、弹跳布、连接于床框架和弹跳布之间的弹性元件如弹簧或弹性织带以及支撑床框架的数个支撑脚组成。弹跳床通过弹性元件将弹跳布张拉在床框架中，空中形成一个受力的面，人可以在上面实现弹跳，其受力面的平面结构原理可实现空中作业面。借鉴上述创新思路，通过借鉴索膜结构立柱及钢索张力的结构原理可实现空中结构的稳定性和弹跳床受力面的平面结构原理可实现空中作业面的技术方案，设想可以研制类似的空中平台，在采光井顶层椭圆形梁中空部位设置空中作业平台，承载上部施工荷载，避免占据 1-4 层中空部位空间，从而避免与其它地面作业冲突导致的工期滞后，从而实现合同工期的需求。



图 3-1 索膜结构图

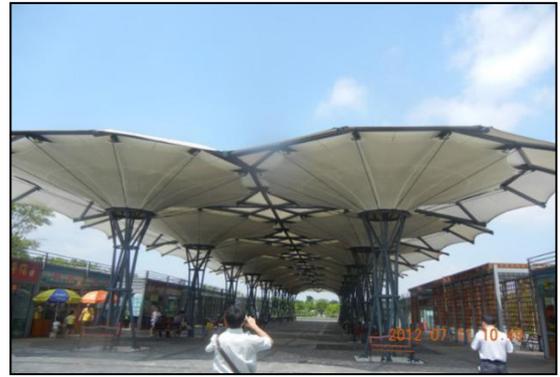


图 3-2 索膜结构图



图 3-3 弹跳床图



图 3-4 弹跳床图

3.4 确定课题

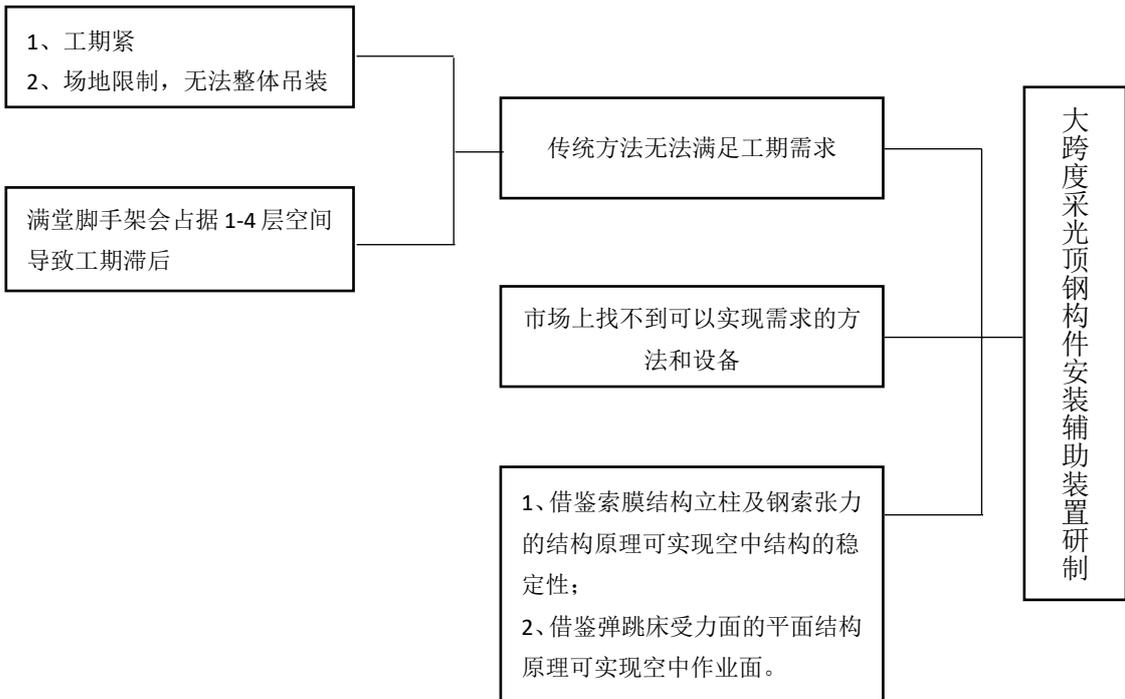


图 3-5 确定课题

制图人：王惠丽

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 6 日

小组确定本次 QC 活动课题为“大跨度采光顶钢构件安装辅助装置研制”。

4. 设定目标及目标可行性分析

4.1 目标设定：采光顶施工占用 1-4 层中空部位的时间不得超过 60 天。

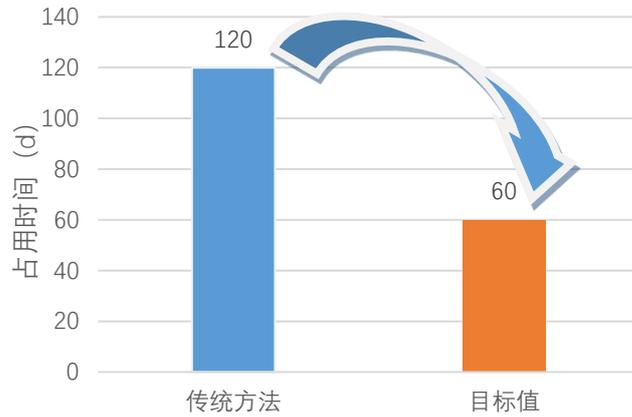


图 4-1 目标值

制图人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 8 日

4.2 目标可行性分析

1、理论分析

(1) 方法方面行性分析

首先小组成员对施工完成的索膜结构的安装及拆卸时间进行了统计分析，统计时间如下：

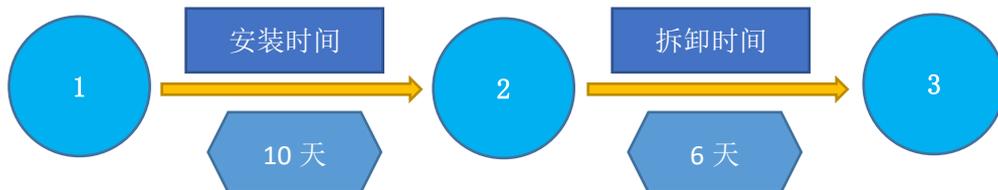


图 4-2 操作时间统计

制图人：高月秀

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 8 日

考虑到采光顶面积较大，实现高空作业的结构复杂性，所以理论分析大跨度采光顶钢构件安装辅助装置安装时间约为 15 天，拆卸时间约为 10 天。

大跨度采光顶钢构件安装辅助装置原理为在 4 层顶搭建可以实现采光顶施工的作业平台，即只有在安装与拆卸过程中占用 1-4 层中空部位空间，在此装置上进行采光顶施工时不会占用 1-4 层中空部位，从而不会影响其他工序穿插施工。本装置安装与拆卸理论计算时间为 25 天，即采光顶施工占用中空部位 1-4 层的时间为 25 天，小于目标值 60 天。

2、能力、资源可行性分析

(1) 人员方面可行性分析

QC 小组共有 10 名组员，由技术中心、项目部技术人员和钢结构公司人员组成，技术水平高，动手能力强。其中研究生 1 名，本科生 7 名，专科生 2 名；工程师 8 名，工人 2 名。依托公司的

省级企业技术中心，具有多年研发创新经验，熟练掌握小组活动程序。

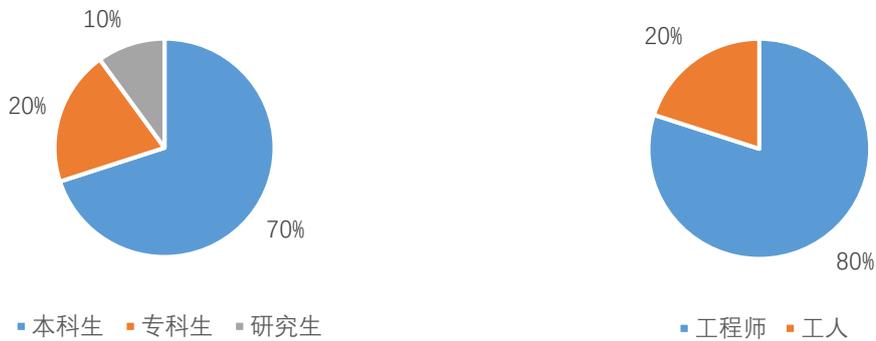


图 4-3 小组成员学历比例、职称比例饼分图

制图人：高月秀

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 8 日

表 4-1 小组研制国家级成果列表

序号	研制成果	奖项	研制时间
1	《深水基坑边坡锚杆作业装置的研制》	全国一等奖	2018 年 7 月
2	《外墙面砖嵌缝机的研制》	全国一等奖	2017 年 7 月
3	《降低住宅工程室外伸缩缝渗漏率》	全国二等奖	2016 年 7 月

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 8 日

(2) 材料方面可行性分析

施工现场拥有多种材料，有部分研制所需材料可直接从施工现场中选取，保证操作平台的研制。

表 4-2 材料统计表

序号	名称	型号	数量
1	方管	30mm×30mm×3mm	20m
		50mm×50mm×5mm	30m
		80mm×80mm×8mm	30m
2	槽钢	6.3#	30m
3	角钢	∠40×4	30m
4	工字钢	10#	10m
5	钢板	1250mm×3000mm×3mm	5 块
6	架管	各种型号	若干
7	钢丝绳卡扣	各种型号	若干
8	木方	各种型号	若干
9	竹胶板	15mm	若干
10	安全网	各种型号	若干

制表人：王惠丽

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 8 日

(3) 机械方面可行性分析

施工现场机械设备齐全，多种材料可供使用，工地紧临建材市场，可随时购买。

表 4-3 机械设备统计表

序号	名称	型号	数量
1	电钻	WX372	1 个
2	切割机	J3G-400	2 台
3	电焊机	ZX7-200	2 台
4	电动紧固扳手	Ds3-E	1 台
5	扳手	各种型号	5 把
6	塔吊	QTZ-80	1 台

制表人：王惠丽

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 8 日

(4) 环境方面可行性分析

1) 公司具有省级企业技术中心，BIM 技术小组给予技术支持。

2) 本课题得到公司领导的高度重视和大力支持，为小组开展此次活动提供了 20000 元专项资金支持。



图 4-4 山东省企业技术中心

(5) 测量方面可行性分析

研制过程中我们运用经纬仪、水准仪、张力检测仪、卷尺、塞尺等测量工具对方案的效果随时进行有效的检测，对不足之处及时进行信息反馈，再进一步优化。

综合上述：从理论上、经验上进行分析，QC 小组成员一致认为目标值一定可以实现！

5. 提出方案并确定最佳方案

5.1 提出方案

小组人员结合索膜结构立柱及钢索张力的结构原理可实现空中结构的稳定性和弹跳床受力面的平面结构原理可实现空中作业面的技术方案制定了“中部支撑型空中平台”的方案，充分考虑影响中部圆形环的固定和空中焊接作业的关键因素，确定了辅助装置支撑系统和操作平台系统两大部分，小组成员运用系统图对组成部分进行了整理，如下图所示：

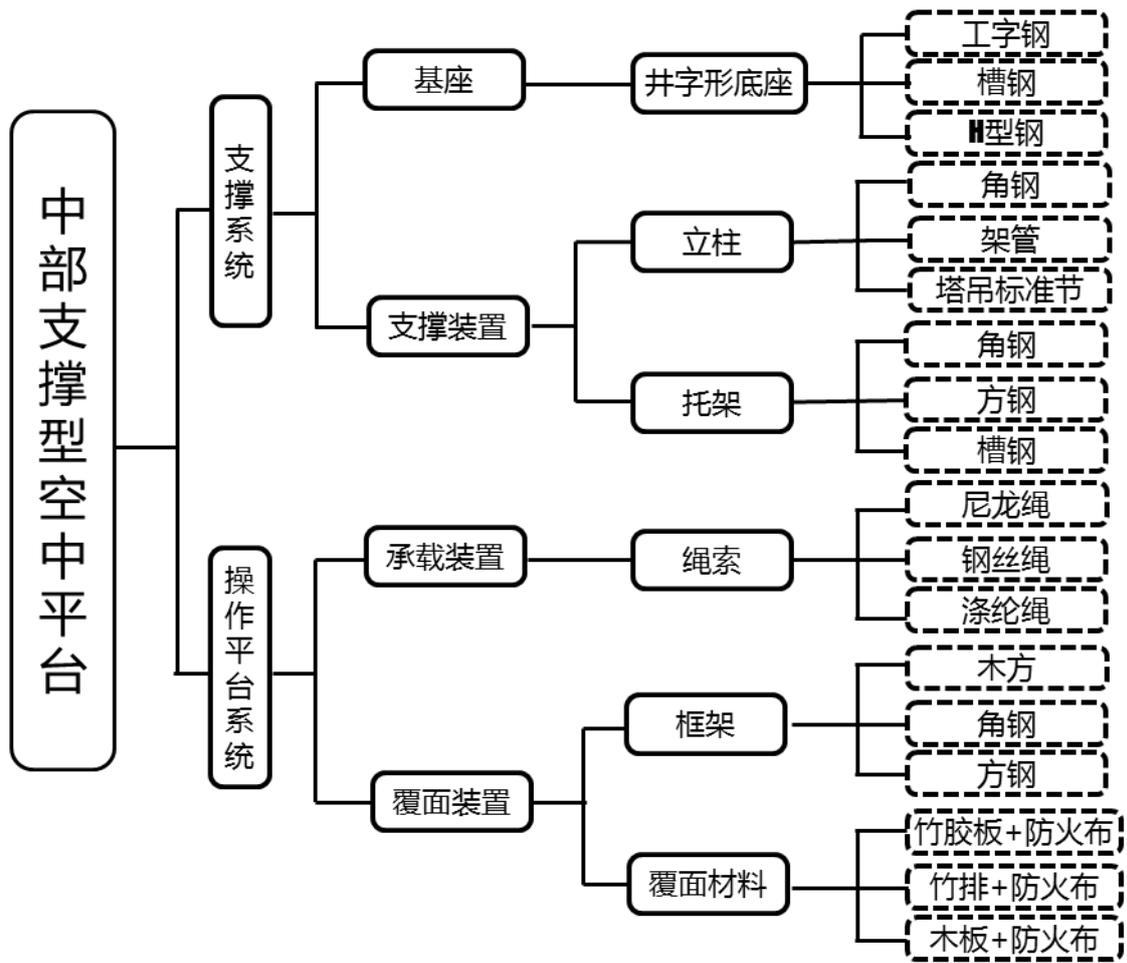


图 5-1：总体方案系统图

制图人：王斌

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 10 日

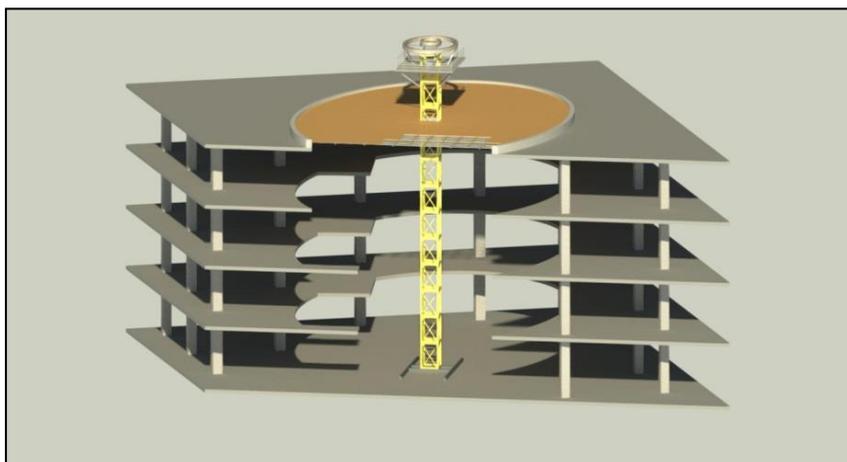


图 5-2：总体方案 BIM 模型图

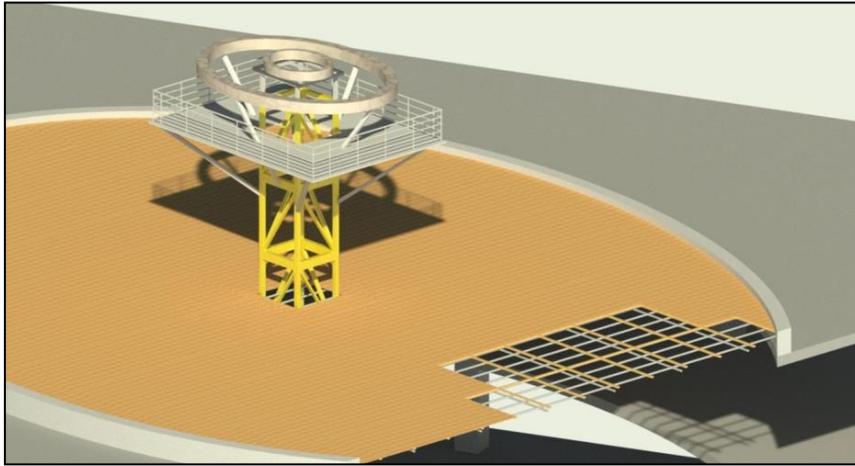
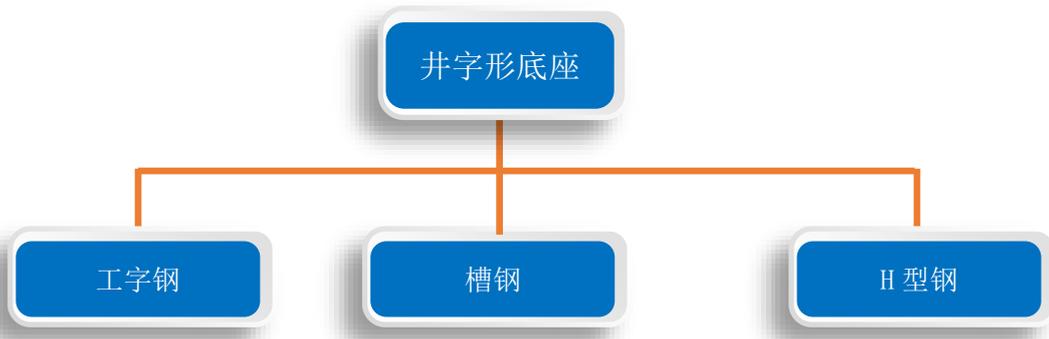


图 5-3：总体方案 BIM 模型图

根据 BIM 模型细化分解及之前的论证，实施方案还需要解决好基座、支撑装置、承载装置、覆面装置四个方面的问题。经过小组成员分析讨论，对方案进行了细化分解，提出方案如下图：

A. 井字形底座方案选择



工字钢



槽钢



H 型钢

表 5-1 基座方案分析表

方案	工字钢	槽钢	H 型钢
机械强度	<p>施工现场使用 10#工字钢较多，抗弯截面系数 $w=49\text{cm}^3$，材料允许应力 $[\sigma]=170\text{MPa}$，$[\sigma]=M/W$，弯矩 $M=\text{力} \times \text{力臂} L$，取跨度 0.5m 进行计算，因此 $F=[\sigma] \times W/L=170 \times 4900/1000 \times 0.5=1666\text{kg}$，满足现场实际荷载要求。</p>	<p>施工现场槽钢使用 6.3#较多，抗弯截面系数 $w=36.8\text{cm}^3$，材料允许应力 $[\sigma]=170\text{MPa}$，$[\sigma]=M/W$，弯矩 $M=\text{力} \times \text{力臂} L$，取跨度 0.5m 计算，因此 $F=[\sigma] \times W/L=170 \times 3680/1000 \times 0.5=1251.2\text{kg}$，不满足现场实际荷载要求。</p>	<p>施工现场 H 型钢使用 m 较多，抗弯截面系数 $w=32.3\text{cm}^3$，材料允许应力 $[\sigma]=170\text{MPa}$，$[\sigma]=M/W$，弯矩 $M=\text{力} \times \text{力臂} L$，取跨度 0.5m 进行计算，因此 $F=[\sigma] \times W/L=170 \times 3230/1000 \times 0.5=1098.2\text{kg}$，不满足现场实际荷载要求。</p>
可操作性	<p>工字钢易切割下料，焊接难度中，制作简单。立柱间距大，受到集中力与侧向荷载时，工字钢为双向对称截面，同等截面积情况下，惯性矩最大，双向稳定性高。施工难度较低，但焊接量较大，施工周期较长。</p>	<p>槽钢易切割下料，焊接难度小，制作简单。立柱间距较大，受到集中力与侧向荷载时，槽钢为单向对称截面，同等截面积情况下，单向稳定性较高。施工难度较低，焊接量较大，施工周期较长。</p>	<p>H 型钢不易焊接，易切割下料，操作困难。</p>
经济合理性	<p>单价：30 元/m，按 30m 计算；$30\text{m} \times 30 \text{元/m}=900 \text{元}$</p>	<p>单价：26 元/m，按 30m 计算；$30\text{m} \times 26 \text{元/m}=780 \text{元}$</p>	<p>单价：24 元/m，按 30m 计算；$30\text{m} \times 24 \text{元/m}=720 \text{元}$</p>
综合评估	<p>工字钢抗弯能力达到要求；但制作难度中等，成本费用稍高</p>	<p>槽钢抗弯能力达不到要求，虽价格稍中，但制作难度小，操作简便</p>	<p>H 型钢抗弯能力达不到要求，价格低，但操作性难度大</p>
结论	采用	不采用	不采用

制表人：单保项

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 15 日

B.立柱方案选择

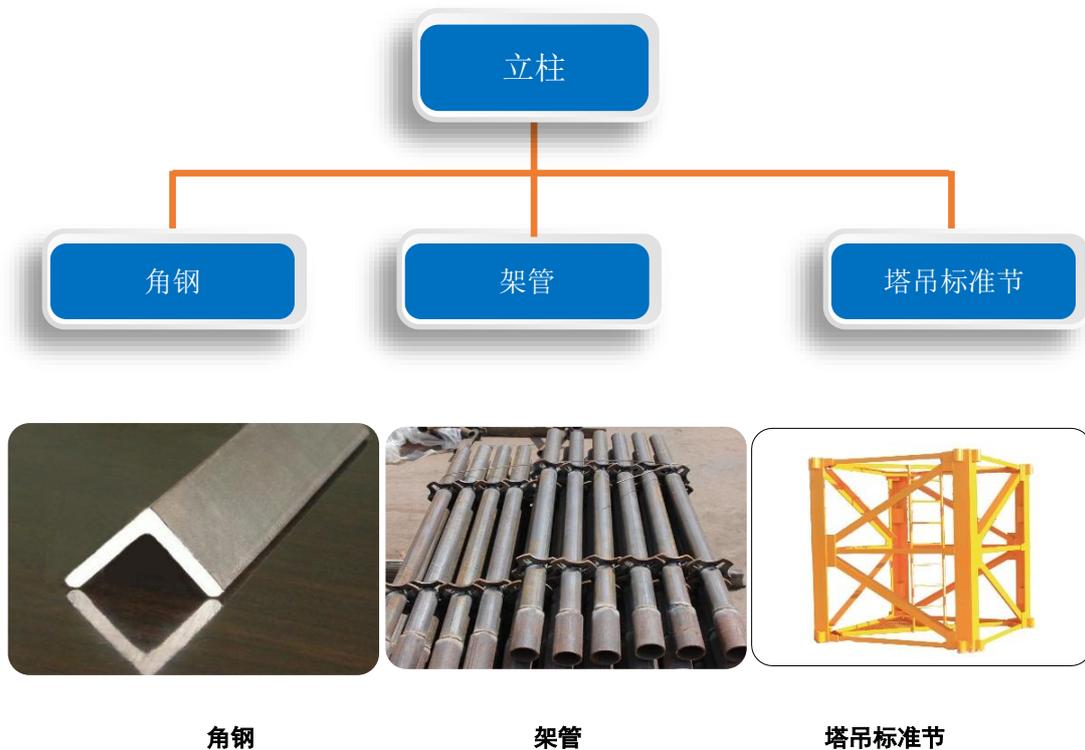


表 5-2 立柱方案分析表

方案	角钢	架管	塔吊标准节
可操作性	角钢需要切割下料并焊接，焊接难度大，需要对整体承重进行试验验算。	搭设 24 m 高度后承重，需要搭设 4mX4m，占地面积大，稳定性较差。	成品塔吊标准节安全性能高，且安装简便，易于装卸。
经济合理性	单价：12 元/m，按 2000m 计算； 2000m×12 元/m=24000 元	单价：11.3 元/m ³ ，半径 13m，高度 24.5m，计算：11.3 元/m ³ ×3.14×(13m) ² ×24.5m=146913 元	单价：10 元/节/天，需要 12 节，预计使用 100 天 计算：10 元/节/天×12 元×100=12000 元
时间性	安装用时 15d	安装用时 10d	安装用时 2d
综合评估	制作难度大，成本费用稍高	占地面积大，成品费用适中，稳定性差	操作简便，费用低
结论	不采用	不采用	采用

制表人：单保项

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 17 日

C. 托架方案选择

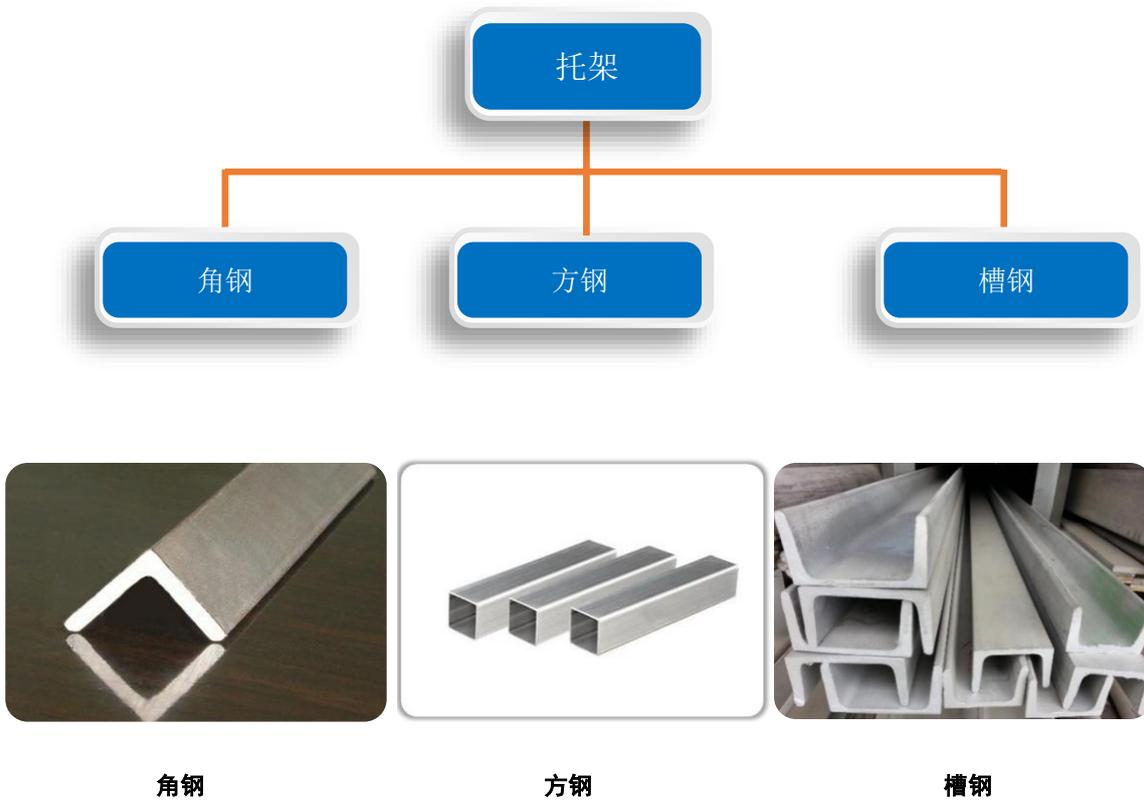


表 5-3 托架方案分析表

方案	角钢	方钢	槽钢
机械强度	施工现场使用 $\angle 40 \times 4$ 角钢较多, 抗弯截面系数 $w=30.6\text{cm}^3$, 材料允许应力 $[\sigma]=170\text{MPa}$, $[\sigma]=M/W$, 弯矩 $M=\text{力} F \times \text{力臂} L$, 跨度 4m, 因此 $F=[\sigma] \times W/L=170 \times 3060/1000 \times 4=130.05\text{kg}$	施工现场方管使用 $80\text{mm} \times 80\text{mm} \times 8\text{mm}$ 较多, 抗弯截面系数 $w=32.5\text{cm}^3$, 材料允许应力 $[\sigma]=170\text{MPa}$, $[\sigma]=M/W$, 弯矩 $M=\text{力} F \times \text{力臂} L$, 跨度 1.5m, 因此 $F=[\sigma] \times W/L=170 \times 3250/1000 \times 4=138.13\text{kg}$	施工现场槽钢使用 6.3#较多, 抗弯截面系数 $w=36.8\text{cm}^3$, 材料允许应力 $[\sigma]=170\text{MPa}$, $[\sigma]=M/W$, 弯矩 $M=\text{力} F \times \text{力臂} L$, 跨度 1.5m, 因此 $F=[\sigma] \times W/L=170 \times 3680/1000 \times 4=156.4\text{kg}$
重量	4#角钢重量 2.422kg/m , $40\text{m} \times 2.422\text{kg/m}=96.88\text{kg}$	$80 \times 80 \times 8\text{mm}$ 的方管重量 4.44kg/m , $40\text{m} \times 4.44\text{kg/m}=177.6\text{kg}$	6.3#槽钢重量为 6.635kg/m , $40\text{m} \times 6.635\text{kg/m}=265.4\text{kg}$
经济合理性	单价: 18 元/m, $40\text{m} \times 18 \text{元/m}=720 \text{元}$	单价: 22 元/m, $40\text{m} \times 22 \text{元/m}=880 \text{元}$	单价: 26 元/m, $40\text{m} \times 26 \text{元/m}=1040 \text{元}$
综合评估	角钢抗弯能力差, 自重轻, 价格适中。	方管抗弯能力差, 自重适中, 价格高。	槽钢抗弯能力强, 自重大, 价格高。
结论	不采用	不采用	采用

制表人: 单保项

审核人: 王斌

日期: 2018 年 8 月 18 日

D. 绳索方案选择

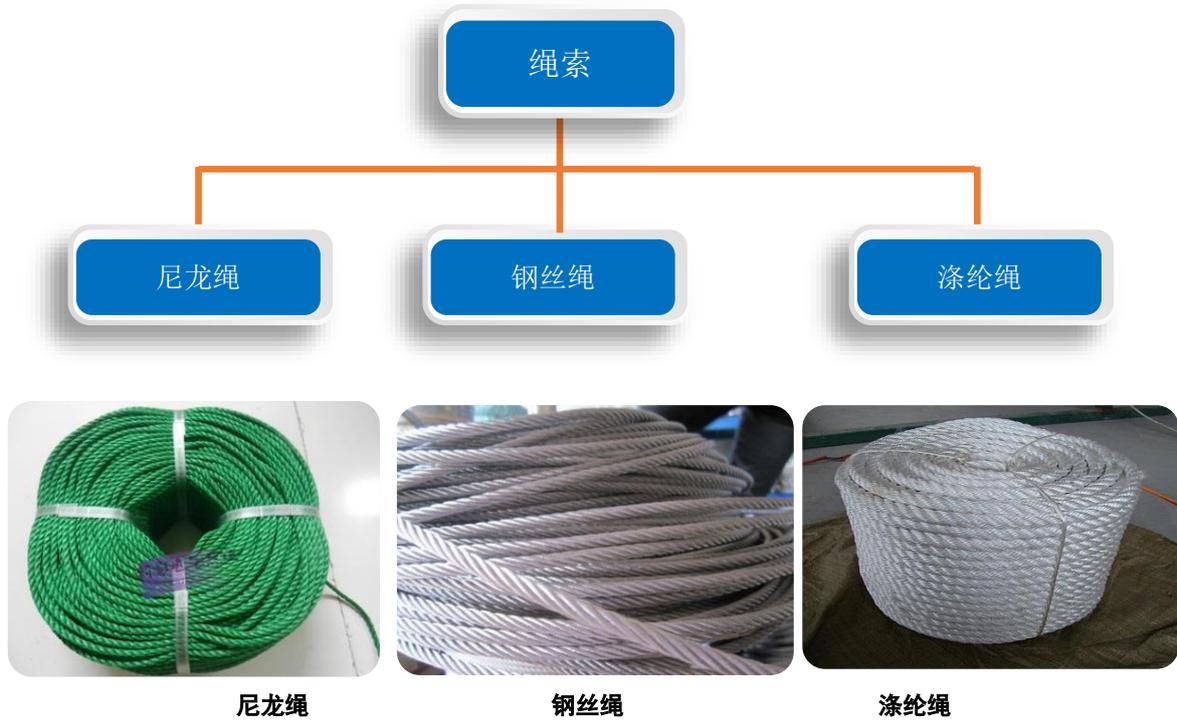


表 5-4 绳索方案分析表

方案	尼龙绳	钢丝绳	涤纶绳
机械强度	弹性大	强度高，可以进行张拉	弹性大
耐久性	尼龙绳易磨损	钢丝绳耐磨损	涤纶绳易磨损
经济合理性	单价：5 元/m，2700m×5 元/m=13500 元	单价：8 元/米，2700m×8 元/m=21600 元	单价：4 元/m，2700m×4 元/m=10800 元
综合评估	弹性较大，易磨损，价格适中	强度高，张拉后满足要求，价格高	弹性大，易磨损，价格便宜
结论	不采用	采用	不采用

制表人：单保项

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 20 日

E. 框架方案选择

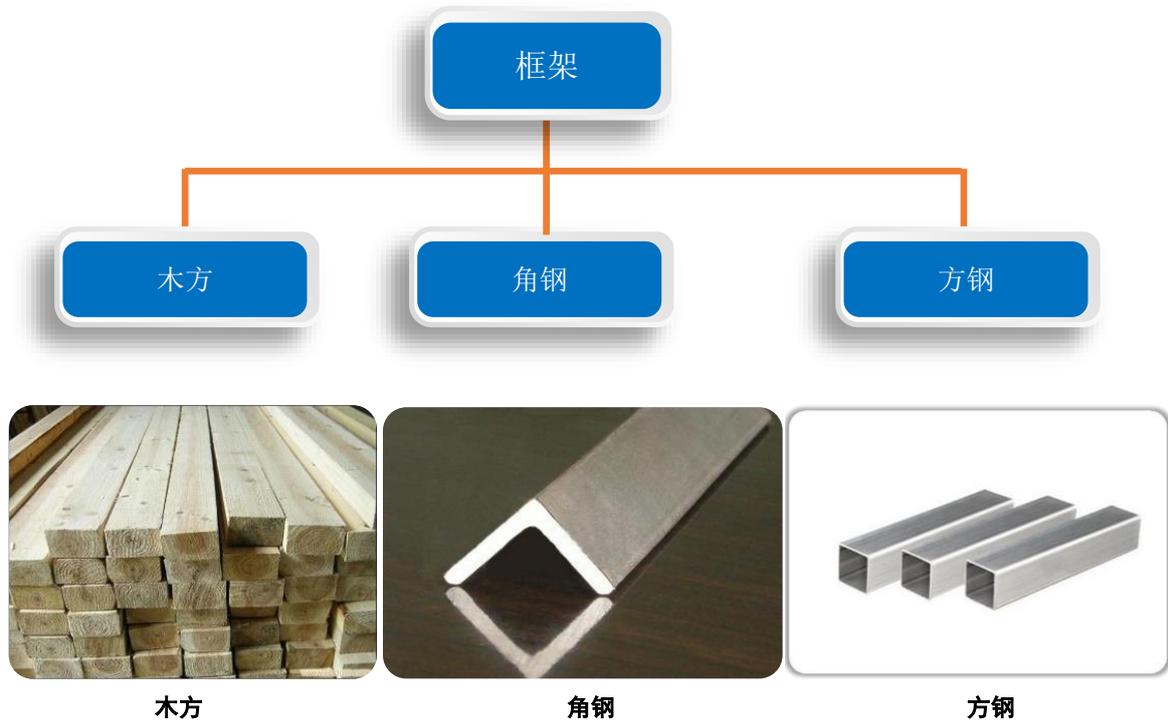


表 5-5 框架方案分析表

方案	木方	角钢	方钢
重量	40 × 70 × 3000mm 的木方重量 0.51kg/m, 1300m × 0.51kg/m =663kg	4#角钢重量 2.422kg/m, 1300m × 2.422kg/m =3148.6kg	80 × 80 × 8mm 的方管重量 4.44kg/m, 1300m × 4.44kg/m =5772kg
可操作性	便于固定木材类板面材料	需要焊接操作麻烦	需要焊接操作麻烦
经济合理性	单价: 2 元/m, 1300m × 2 元/m=2600 元	单价: 18 元/m, 1300m × 18 元/m=23400 元	单价: 22 元/m, 1300m × 22 元/m=28600 元
综合评估	重量轻, 易于固定, 价格便宜	重量大, 操作麻烦, 价格贵	方管抗弯能力强, 自重大, 价格高
结论	采用	不采用	不采用

制表人: 单保项

审核人: 王斌

日期: 2018 年 8 月 22 日

E. 覆面材料方案选择

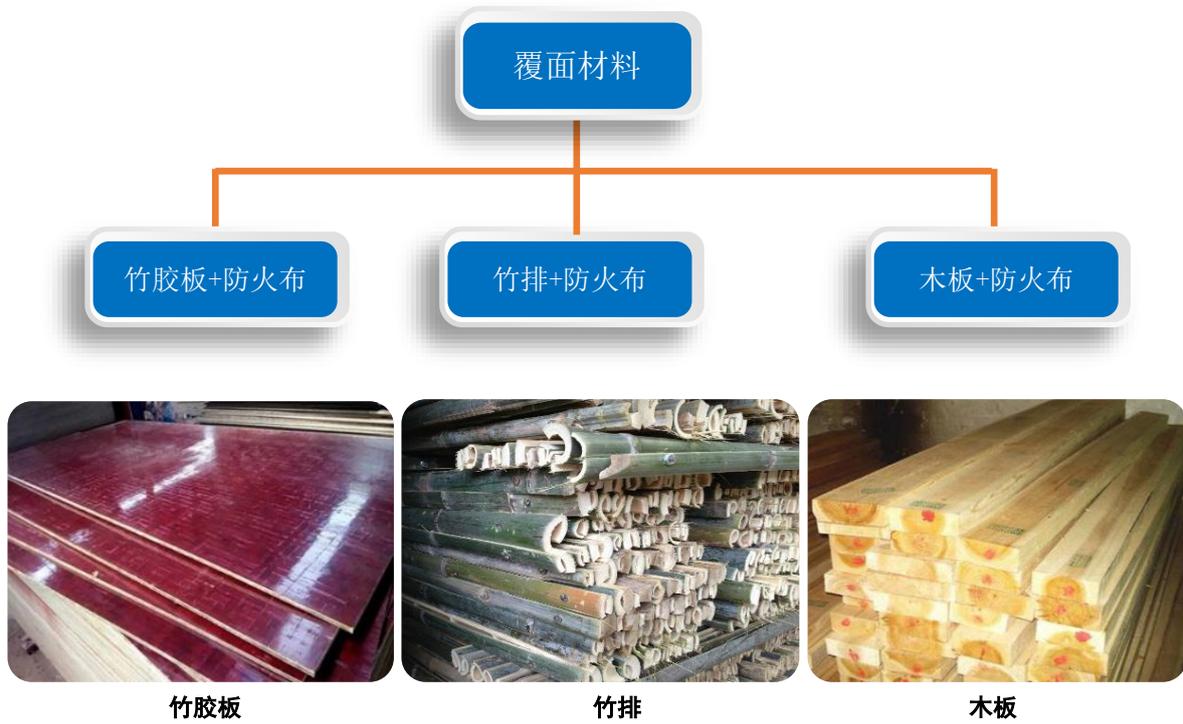


表 5-6 覆面材料方案分析表

方案	竹胶板	竹排	木板
重量	1220×2440×15mm 的竹胶板重量 42.9kg/张，200 张×42.9kg/张=8580kg	3000×300×35mm 竹排重量 16kg/个，635 个×16kg/个=10160kg	50×200×3000mm 的木板重量 1.5kg/张，950 张×15kg/m=14250kg
可操作性	易于固定	不易固定操作麻烦	易于固定
经济合理性	单价：45 元/张，200 张×45 元/张=9000 元	单价：40 元/个，635 个×40 元/个=25400 元	单价：40 元/张，950 张×40 元/张=38000 元
综合评估	重量轻，易于固定，价格便宜	重量中等，操作麻烦，价格贵	重量超重，易于固定，价格贵
结论	采用	不采用	不采用

制表人：单保项

审核人：王斌

日期：2018 年 8 月 24 日

4) 经过优化，确定最佳方案：

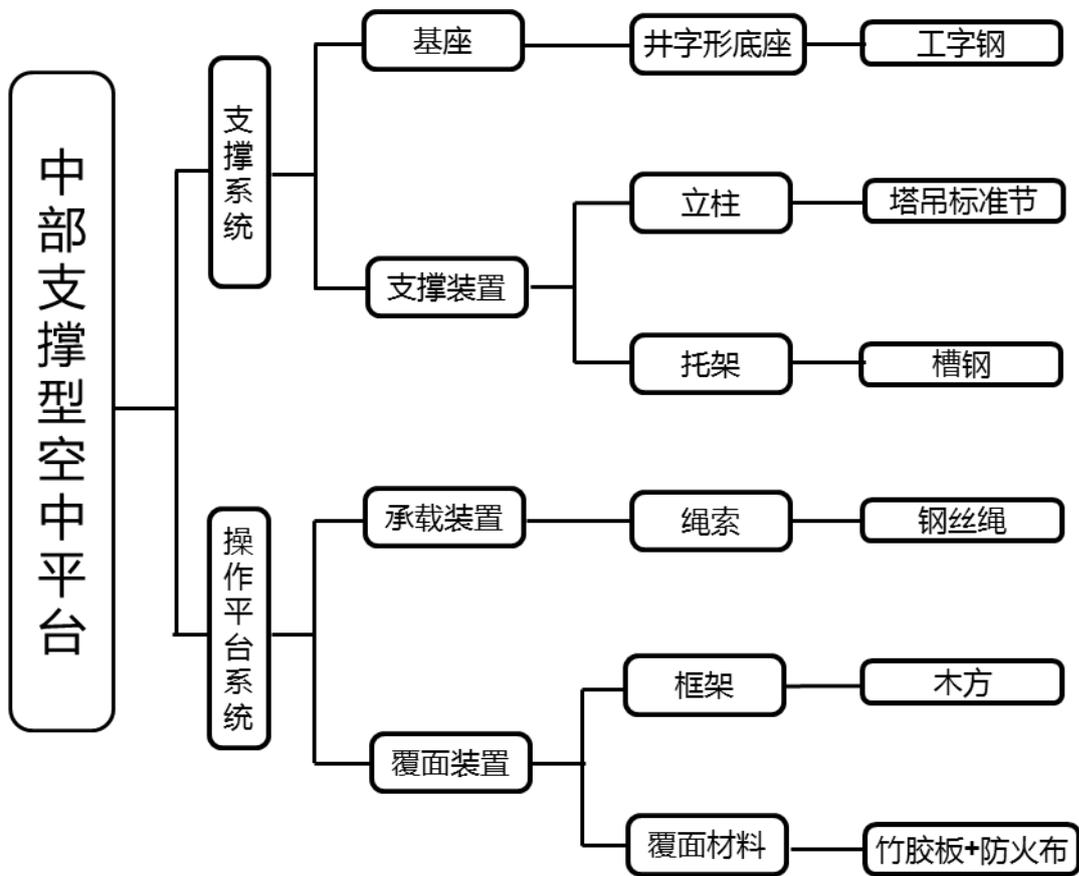


图 5-4 最佳方案系统图

制图人：王斌

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 24 日

各部件方案优化完成后，小组成员何修良于 8 月 25 日对各部件整理成下图：

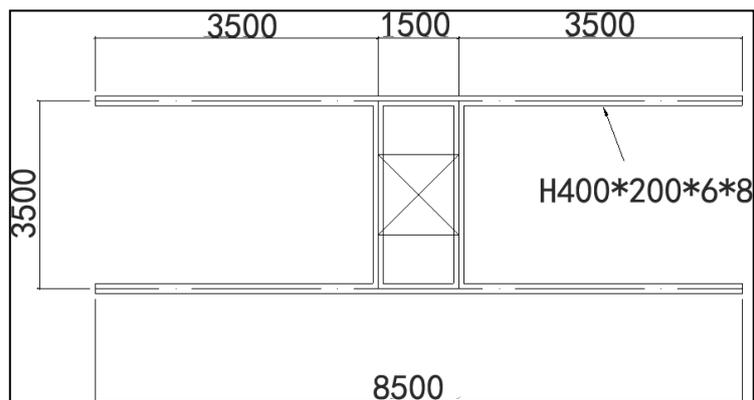


图 5-5 基座 CAD 图纸

制图人：何修良

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 25 日

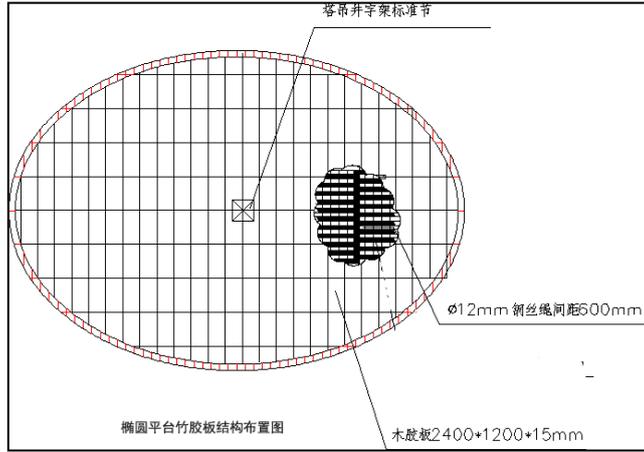


图 5-6 操作平台构造 CAD 图纸

制图人：何修良

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 25 日

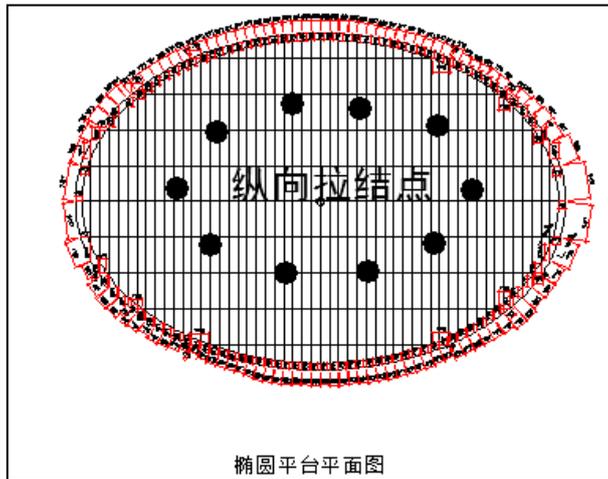


图 5-7 纵向拉结点 CAD 图纸

制图人：何修良

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 25 日

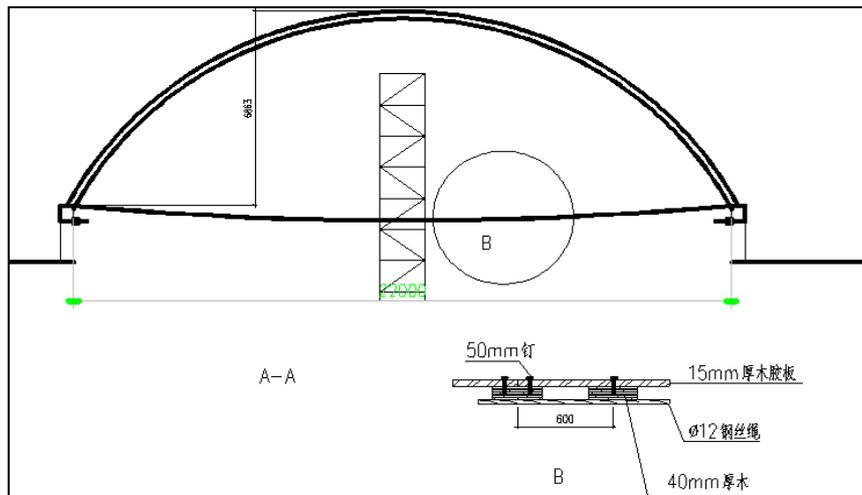


图 5-8 辅助装置 CAD 剖面图纸

制图人：何修良

审核人：丁兆良

日期：2018 年 8 月 25 日

6. 制定对策

表 6-1 对策表

序号	对策	目标	措施	地点	负责人	时间
1	采用工字钢制作基座	1、水平度偏差 $\leq 2\text{mm}$ 。	1、采购 H400 \times 200 \times 6 \times 8H 工字钢、H350 \times 175 \times 8 \times 6H 工字钢各 2 根； 2、按照图纸进行切割 H400 \times 200 \times 6 \times 8H 钢长度为 8.5m，H350 \times 175 \times 8 \times 6H 钢长度为 3.5m； 3、将切割完成的工字钢焊制成纵向铺两根，横向 2 根钢焊接成井字形底座平台框架； 4、在 ± 0.00 处安装椭圆形定位平台，采用型钢两端坐在主体结构梁上，与主体结构梁处采用 4 套 M20 \times 260 的化学锚栓连接固定。	施工现场	单保项 庄光营	2018 年 8 月 30 日-8 月 31 日
2	采用塔吊标准节制作竖向支撑	1、井字架垂直度偏差 $\leq 20\text{mm}$ 。	1、租赁 40#塔吊标准节； 2、将塔吊标准节安装在井字形底座中心，共 12 节标准节，总高度 26.65m。	施工现场	孙 飞 王 军	2018 年 9 月 2 日-9 月 4 日
3	采用槽钢制作托架	1、安装尺寸偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$ ； 2、焊伤损坏率 $\leq 2\%$ 。	1、采购槽钢； 2、根据图纸进行切割； 3、将切割好的槽钢塔吊标准节顶部，进行焊接安装。	施工现场	申 圳 庄光营	2018 年 9 月 5 日-9 月 6 日
4	采用钢丝绳制作承载装置	1、钢丝绳张力与设计偏差 $\leq 0.2\text{KN}$ ； 2、现场模拟与现场条件形式一样的固定方式，采用手拉葫芦给实验件施加张力 73KN，24 小时卡扣无明显变化。	1、采购 $\phi 12\text{mm}$ 钢丝绳； 2、根据图纸和要求计算每根钢筋长度，并进行裁剪； 3、短轴方向设置 $\phi 12\text{mm}$ 钢丝绳间距 600mm，长轴方向设置 $\phi 12\text{mm}$ 钢丝绳间距 2400mm，钢丝绳通过钢套管 DN32mm 穿过结构梁（提前预留），采用 4 个钢丝卡扣将钢丝绳固定在结构梁外侧，卡扣与结构梁之间加木方； 4、使用 2 吨手拉葫芦进行钢丝绳张拉，顺序为先长轴方向后短轴方向，从中间开始对称向两侧进行，张拉数值为 1.47KN，拉紧后用 4 个卡扣固定，卡扣末端预留钢丝绳长度不小于 0.5m； 5、根据图纸设置 9 根钢丝绳与中心立柱拉结，以增加钢丝绳网中部承受荷载能力。	施工现场	王 斌 王 军	2018 年 9 月 7 日-9 月 9 日

5	采用木方作为框架材料	1、材料厚度偏差 $\leq 2\text{mm}$ 。	1、采购 40mm 厚木方； 2、在钢丝绳网上面铺设一层安全防坠网。	施工现场	何修良 庄光营	2018年9月10日-9月11日
6	采用竹胶板+防火布作为覆面材料	1、安装尺寸偏差 $\leq 5\text{mm}$ 。	1、采购 15mm 厚竹胶板、防坠网、防火布； 2、现在钢丝绳网上面铺设一层安全防坠网； 3、然后再进行竹胶板铺装； 4、上面铺设二层防火布。	施工现场	王惠丽 王 军	2018年9月12日-9月13日

制表人：高月秀

审核人：王斌

日期：2018年8月28日

7. 对策实施

[实施一] 采用工字钢制作基座

1、2018年8月30日小组成员单保项、庄光营按照对策表采购 H400 \times 200 \times 6 \times 8H 工字钢、H350 \times 175 \times 8 \times 6H 工字钢各 2 根；

2、按照图纸进行切割 H400 \times 200 \times 6 \times 8H 钢长度为 8.5m；H350 \times 175 \times 8 \times 6H 钢长度为 3.5m；

3、将切割完成的工字钢焊制成纵向铺两根，横向 2 根钢焊接成井字形底座平台框架；

4、在 ± 0.00 处安装椭圆形定位平台，采用型钢两端坐在主体结构梁上，与主体结构梁处采用 4 套 M20 \times 260 的化学锚栓连接固定，用水平仪找平，上部集中荷载有效分散到主体结构承重梁及柱。



图 7-1 工字钢焊制图



图 7-2 工字钢焊制图

效果检查：对基座水平度进行测量，水平度误差均小于 2mm，达到对策目标要求，措施有效！具体见下表：

表 7-1 尺寸偏差统计表

序号	基座设计标高 (mm)	实测尺寸 (mm)	偏差 (mm)
1	400	401	1

2	400	400	0
3	400	399	1

制表人：单保项

审核人：丁兆良

日期：2018年8月31日

[实施二] 采用塔吊标准节制作竖向支撑

- 1、2018年9月2日小组成员孙飞、王军按照对策表对租赁40#塔吊标准节12节；
- 2、将塔吊标准节安装在井字形底座中心，共12节标准节，总高度26.65米。



图 7-3 塔吊标准节安装过程图

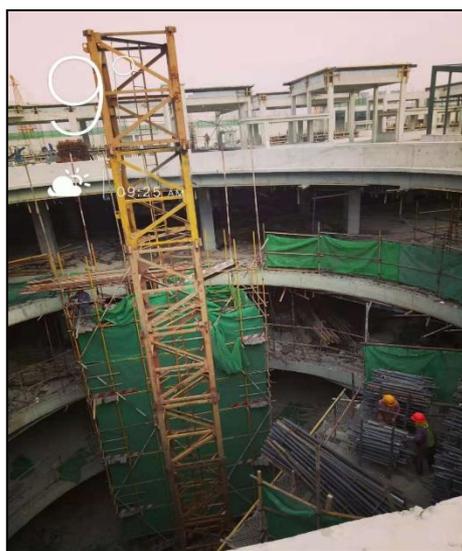


图 7-4 塔吊标准节安装完成后效果图

效果检查：对井字架垂直度进行测量，各垂直度偏差小于 20mm，达到对策目标要求，措施有效！具体见下表：

表 7-2 尺寸偏差统计表

序号	垂直度偏差 (mm)	结论	垂直度偏差 (mm)	结论
1	12	合格	14	合格
2	21	合格	13	合格
3	15	合格	15	合格

制表人：孙飞

审核人：丁兆良

日期：2018年9月4日

[实施三]采用槽钢制作托架

- 1、2018年9月5日小组成员申圳、庄光营采购槽钢；
- 2、根据图纸进行切割；
- 3、将切割好的槽钢在塔吊标准节顶部进行焊接安装。



图 7-5 槽钢切割



图 7-6 槽钢焊制安装

效果检查：1、对托架尺寸进行检查，尺寸偏差均 $\leq \pm 2\text{mm}$ ，具体见下表：

表 7-4 拉力测试统计表

序号	设计尺寸 (mm)	实测尺寸 (mm)	偏差 (mm)
1	3500	3501	1
2	2700	2702	2
3	1500	1501	1
4	3500	3502	2

制表人：申圳

审核人：丁兆良

日期：2018年9月6日

2、我们随机选取了 30 处焊缝进行检查，焊伤损坏率 $\leq 2\%$ 。检查结果如下：

表 7-5 焊缝损伤统计表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
是否损伤	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否
序号	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
是否损伤	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否	否
损伤率	0														

制表人：申圳

审核人：丁兆良

日期：2018年9月6日

结论：框架焊接完成后，各受力杆件安装尺寸偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$ ，焊伤损坏率 $\leq 2\%$ ，达到对策目标要求，措施有效！

[实施四] 采用钢丝绳制作承载装置

- 1、2018年9月7日小组成员王斌、王军采购 $\phi 12\text{mm}$ 钢丝绳；
- 2、根据图纸和要求计算每根钢丝绳长度，并进行裁剪；
- 3、短轴方向设置 $\phi 12\text{mm}$ 钢丝绳间距 600mm，长轴方向设置 $\phi 12\text{mm}$ 钢丝绳间距 2400mm，钢丝绳通过钢套管 DN32mm 穿过结构梁（提前预留），采用 4 个钢丝卡扣将钢丝绳固定在结构梁外侧，卡扣与结构梁之间加木方。穿钢丝绳顺序按先穿短轴方向后长轴方向进行；
- 4、穿好钢丝绳后进行张拉，张拉钢丝绳顺序先长轴方向后短轴方向，从中间开始对称向两侧进行，钢丝绳一端为固定端，另一端为张紧端，钢丝绳张拉使用 2 吨手拉葫芦张拉钢丝绳，张拉数值为（1.47KN）拉紧后的钢丝绳用 4 个卡扣固定，卡扣末端预留足够的钢丝绳长度（不小于 0.5 米）；
- 5、根据图纸设置 9 根钢丝绳与中心立柱拉结，以增加钢丝绳网中部承受荷载能力。

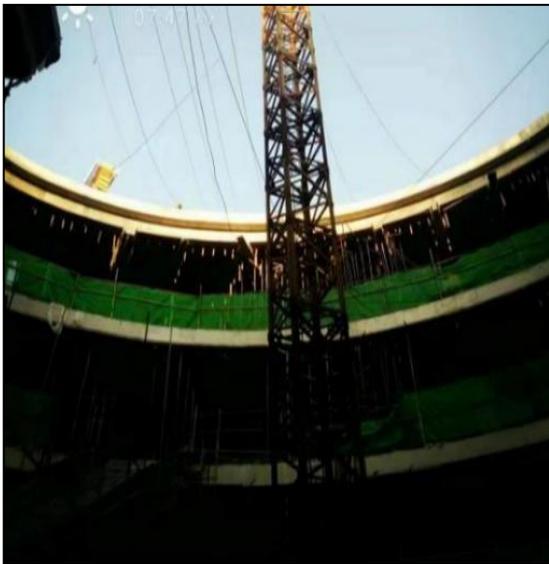


图 7-7 短轴方向钢丝绳设置

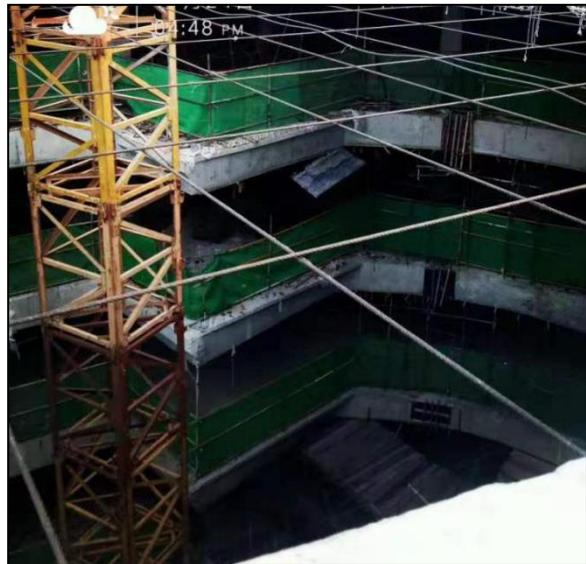


图 7-8 钢丝绳设置完成



图 7-9 钢丝绳固定卡扣紧固



图 7-10 钢丝绳固定



图 7-11 拉结钢丝绳设置



图 7-12 拉结钢丝绳设置

效果检查：1、对钢丝绳张拉力进行现场检测，钢丝绳张力与设计偏差均不大于 0.2KN，达到目标要求，具体见下表：

表 7-5 张拉力检查统计表

序号	张拉力 (KN)	实测张拉力 (N·m)	偏差 (mm)
1	1.47	1.49	0.02
2	1.47	1.50	0.03
3	1.47	1.48	0.01

制表人：王斌

审核人：丁兆良

日期：2018 年 9 月 9 日

2、选取 4 个钢丝绳卡扣，现场模拟一个与现场条件形式一样的固定方式，采用手拉葫芦给实验件施加张力 73KN 检查 24 小时后检查卡扣变化情况，均无明显变化，具体见下表：

表 7-6 钢丝绳卡扣情况统计表

序号	钢丝绳卡扣 1	钢丝绳卡扣 1	钢丝绳卡扣 1	钢丝绳卡扣 1	结论
张拉力	73KN	73KN	73KN	73KN	合格
变化情况	无	无	无	无	

制表人：王斌

审核人：丁兆良

日期：2018 年 9 月 9 日

结论：钢丝绳张拉力与设计偏差均不大于 0.2KN，钢丝绳卡扣均无明显变化，达到对策目标要求，措施有效！

[实施五] 采用木方作为框架材料

- 1、2018 年 9 月 10 日小组成员何修良、庄光营采购 40mm 厚木方；
- 2、先在钢丝绳网上面铺设一层安全防坠网。



图 7-13 木方存放

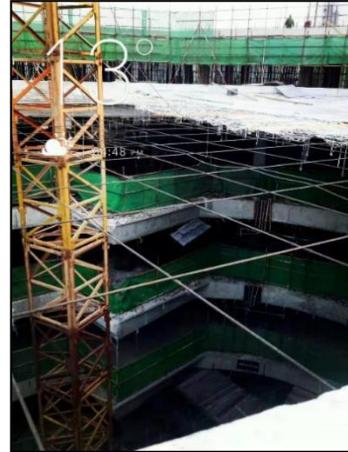


图 7-14 安全防坠网敷设图

效果检查：对木方厚度进行测量，各尺寸偏差均 $\leq 2\text{mm}$ ，达到对策目标要求，措施有效！具体见下表：

表 7-7 安装间距偏差统计表

序号	实测尺寸偏差 mm	实测尺寸偏差 mm	实测尺寸偏差 mm	结论
1	1	1	1	合格
2	2	1	1	
3	1	2	1	

制表人：何修良

审核人：丁兆良

日期：2018年9月11日

[实施六] 采用竹胶板+防火布作为覆面材料

- 1、2018年9月12日小组成员王惠丽、王军采购15mm厚竹胶板、防坠网、防火布；
- 2、将竹胶板进行铺装，并用自攻丝固定在底部木方上；
- 3、上面铺设两层防火布。



图 7-15 覆面材料敷设



图 7-16 覆面材料敷设完成

效果检查：对竹胶板安装缝隙尺寸进行测量，各尺寸偏差均不大于 5mm，达到对策目标要求，措施有效！具体见下表：

表 7-8 安装间距偏差统计表

序号	实测尺寸偏差 mm	实测尺寸偏差 mm	实测尺寸偏差 mm	结论
1	3	4	2	合格
2	4	2	3	
3	3	3	4	

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018 年 9 月 13 日

8. 效果检查

8.1 目标完成情况

施工平台安装完成后，经过专家验收，满足安全施工需要。我们采用此装置提前完成了采光顶施工安装任务，并顺利通过建设单位、监理单位验收。



图 8-1 采光顶钢构件安装图

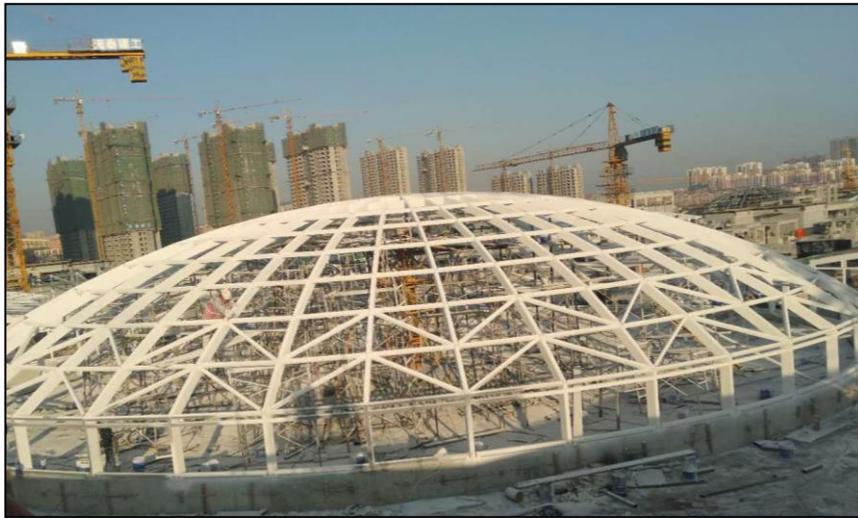


图 8-2 采光顶骨架安装完成图



图 8-3 采光顶完成图

小组成员何修良对采光顶施工工期进行统计，总施工工期为 100 天，其中只在辅助装置安装和拆卸过程中占用 1-4 层中空部位空间，占用时间为 23 天，小于目标值 60 天。

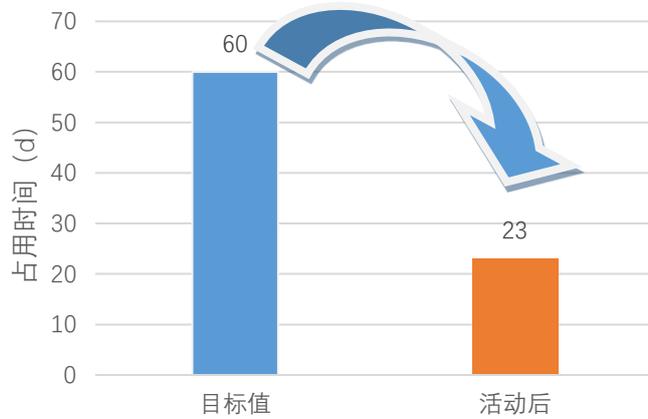


图 8-4 目标完成情况

制图人：何修良

审核人：丁兆良

日期：2018 年 12 月 8 日

8.2 经济效益

小组成员对辅助装置成本进行了统计、核算：

表 8-1 成本对比统计表

方案选择	成本费用	人工费	共计费用
经济效益	满堂脚手架辅助安装 7200 根 6m ϕ 48 钢管按照使用 90 天租赁价格计算)：5600 \times 6 \times 0.015 \times 90=58320 元； 8400 根 0.8m 长钢管 (按照使用 300 天租赁价格计算)：3200 \times 0.8 \times 0.015 \times 90=9072 元； 1200 个转卡 (按照使用 90 天租赁价格计算)：1200 \times 0.011 \times 90=1188 元； 竹胶板：200 \times 45=9000 元； 共计：77580 元。	组装、安装人工费用：6 人 \times 220 元/人/天 \times 15 天=19800 元； 拆卸人工费用：6 人 \times 10 天 \times 220 元/人/天=13200 元；费用共计：19800+13200=33000 元。	77580+33000=110580 元
	中部支撑型空中平台 工字钢：30m \times 30 元/m=900 元； 竹胶板：200 张 \times 45 元/张=9000 元 塔吊标准节租赁费：10 元/节/天 \times 12 元 \times 90=10800 元； 角钢：40m \times 18 元/m=720 元； 钢丝绳：2700m \times 8 元/m=21600 元； 木方：1300m \times 2 元/m=2600 元； 胶板：200 \times 45=9000 元； 共计：54620 元。	组装人工费：2 人 \times 0.5 天 \times 220 元/天=220 元； 安装人工费：6 人 \times 2 工时 \times 220 元/天=2640 元； 拆卸人工费用：6 人 \times 3 天 \times 220 元/人/天=3960 元； 4 次安装费用共计：220+2640+3960=6820 元。	54620+6820=61440 元
节省费用：110580-61440=49140 元			

制表人：高月秀

审核人：丁兆良

日期：2018 年 12 月 15 日

经济效益证明	
成果名称	大跨度采光顶钢构件安装辅助装置研制
应用范围	采光顶钢构件安装作业施工
应用地址	万达广场工程
应用时间	2018年8月1日-2018年12月30日
经济效益	49140元
应用单位	日照天泰建筑安装工程有限公司
成果应用说明	<p>兹证明泰强质量管理小组制作的大跨度采光顶钢构件安装辅助装置，成本低，操作简单、灵活，能够胜任采光顶钢构件安装工程的施工，顺利完成万达广场工程，较之传统施工方法节约成本；</p> <p>满堂脚手架辅助安装： 成本费用：7200根Φ48钢管：5600\times6\times0.015\times90=58320元； 8400根0.8m长钢管：3200\times0.8\times0.015\times90=9072元； 1200个转卡：1200\times0.011\times90=1188元； 竹胶板：200\times45=9000元 共计：77580元。</p> <p>人工费：组装、安装人工费用：6人\times220元/人/天\times15天=19800元； 拆卸人工费用：6人\times10天\times220元/人/天=13200元； 共计：19800+13200=33000元； 共计费用：77580+33000=110580元。</p> <p>中部支撑型空中平台： 成本费用：工字钢30#\times30元/米=900元；竹胶板200张\times45元/张=9000元； 塔吊井子架租赁费10元/节/天\times12天\times90=10800元；角钢40#\times18元/米=720元； 钢丝绳2700m\times8元/米=21600元；木方1300m\times2元/米=2600元；胶板：200\times45=9000元； 共计：54620元。</p> <p>人工费：组装人工费：2人\times0.5天\times220元/天=220元； 安装人工费：6人\times2工时\times220元/天=2640元； 拆卸人工费用：6人\times3天\times220元/人/天=3960元； 4次安装费用共计：220+2640+3960=6820元； 费用：54620+6820=61440元； 节省费用：110580-61440=49140元。</p> <p>特此证明。</p>
证明部门	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  主管部门 (盖章) </div> <div style="text-align: center;">  财务部门 (盖章) </div> </div>

图 8-5 经济效益证明文件

8.3 社会效益

大跨度采光顶钢构件安装辅助装置的研制成功，取得了良好的社会效果，采用大跨度采光顶钢构件安装辅助装置施工与传统方法相比，有安装速度快、便捷、安装完成投入使用后，其它工序可不受影响、可同时施工等多方面的优势，得到了建设方、监理方等的高度赞扬与认可，充分体现了天泰建筑公司的科技技术水平，为公司进一步扩大市场打下了坚实的基础，2018年12月，公司顺利承揽诸城万达工程。

9. 标准化

小组成员把活动中的成功做法，总结经验，加以整理，上报公司，经公司总工程师批准，编制了《大跨度采光顶钢构件安装辅助装置技术要求》企业标准（Q/TTJG0001-2018）。

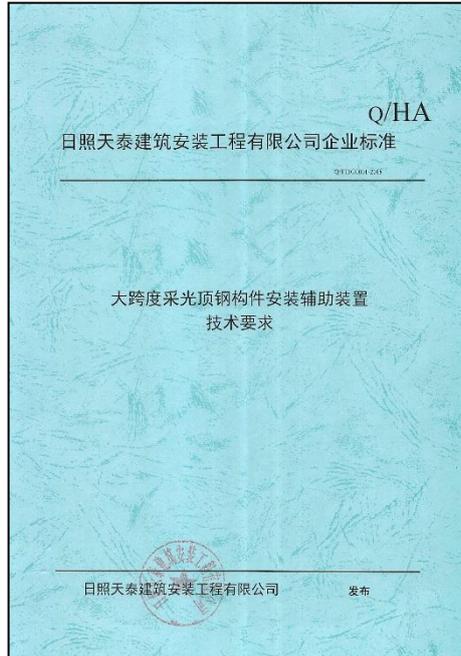


图 9-1 大跨度采光顶钢构件安装辅助装置技术要求

10. 总结和下一步打算

(1) 专业技术方面

学习并理解了钢结构力学的理论知识，并且有效的解决了大跨度采光顶钢结构安装占用空间而影响工序穿插的问题，从技术方案的制定、到实施过程方面均积累了宝贵的施工经验。

表 10-1 专业技术总结表

序号	内容	实施前	实施后
1	钢结构力学知识	BIM 技术与力学知识结合不好	采用软件对力学技术的应用分析能力提升
2	办公软件使用	只熟悉 excel、word、ppt 常用功能，制图计算等很少涉及	熟练使用办公软件进行数据处理
3	问题解决的方式方法	由于分析原因不全面，通常不能提出高效、直接的措施，且不注重团队合作	能全面思考，利用团队的力量，工作效率大大提高
4	现场记录	只记录自己当时想到的影响等资料	能够考虑长远，提高各工序过程控制的效果

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018 年 12 月 26 日

(2) 管理技术方面

QC 小组成员学会了科学研究、分析、解决问题的能力，学会了用数据说话；学会了严格按照 PDCA 程序解决问题，逻辑性强。管理知识提高，使我们的管理工作更为严谨。

表 10-2 管理技术总结表

序号	活动内容	主要优点	存在不足	今后努力方向

1	选择课题	贴合现场实际，能有效解决生产难题	对“小、实、活、新”理解不透彻	根据现场需求选择课题，全员参与，不局限于小组成员内部
2	设定目标及目标可行性分析	自选目标，目标设定合理可行	同行业施工水平调查不充分	设定目标前对同行业施工水平进行统计分析
3	提出方案并确定最佳方案	提出的各种方案都切实可行，是经验积累得出的	提出方案创新度需提高	成员提高素质，想法更丰富
4	制定对策	对策制定符合实际，准备过程中分	对策实施人更丰富	人员联动参与更强
5	对策实施	对策制定符合实际，实施过程严格执行	对策实施过程小组成员配合默契不足	小组成员应加强沟通，将理论和现场实际紧密结合
6	效果检查	以现场调查，实测实量方式进行验证	数据采集方式单一	进行效果检查时使用更多的方式采集数据
7	标准化	归纳总结课题成果形成标准，规范作业工艺	活动结束后小组成员有所懈怠	立项专利工法等项目
8	总结和下一步打算	能从管理技术、专业技术、综合评价详细总结，可行性高	需详细调查成员报告	吸纳更多新人

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018年12月26日

(3) 小组成员综合素质方面

小组制定了个人素质综合评价标准，并对本次QC活动前后的个人综合素质进行了自我评价，编制了个人素质综合评价表和小组综合素质评价表，并绘制了雷达图。

表 10-3 个人综合素质评价标准

序号	评价内容	评价分值S				
		S≥90	90>S≥80	80>S≥70	70>S≥60	S<60
1	改进意识	改进意识极强	改进意识较强	具有主动性	改进意识一般	改进意识淡薄
2	团队精神	主动合作	合作融洽	偶有不愉快	不主动合作	不能合作
3	个人能力	变现突出	能力较强	能力一般	需进一步提升	需要加倍努力提升
4	QC工具掌握	完全掌握	灵活运用	大部分掌握	小部分掌握	仅了解基础知识
5	进取精神	积极进取	主动进取	能够树立进取精神	一般	进取精神淡薄
6	质量意识	意识极强	意识较强	能够树立质量意识	多数情况能够注重质量	质量意识淡薄

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018年12月29日

表 10-4 个人综合素质评价表

姓名	改进意识		团队精神		QC 工具运用技巧		工作热情		进取精神		质量意识	
	活动前	活动后	活动前	活动后	活动前	活动后	活动前	活动后	活动前	活动后	活动前	活动后
丁兆良	92	93	88	95	89	90	88	96	92	98	85	94
王 斌	90	94	92	95	87	90	90	96	90	98	84	95
高月秀	88	94	90	97	88	91	90	96	90	98	86	96
单保项	90	93	91	95	87	91	91	95	90	97	85	95
王惠丽	91	92	89	95	89	90	90	97	90	99	83	94
孙 飞	89	92	90	93	88	89	91	95	90	98	84	93
何修良	90	94	88	94	86	90	90	96	90	98	85	95
申 圳	92	93	90	95	88	92	89	96	91	98	85	95
庄光营	90	92	92	95	88	88	89	97	89	98	87	97
王 军	88	93	90	96	90	89	92	96	88	98	86	96
平均	90	93	90	95	88	90	90	96	90	98	85	95

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018 年 12 月 29 日

表 10-4 小组综合素质评价表

序号	项目	自我评价	
		活动前	活动后
1	改进意识	90	93
2	团队精神	90	95
3	QC 工具运用技巧	88	90
4	工作热情	90	96
5	进取精神	90	98
6	质量意识	85	95

制表人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018 年 12 月 29 日

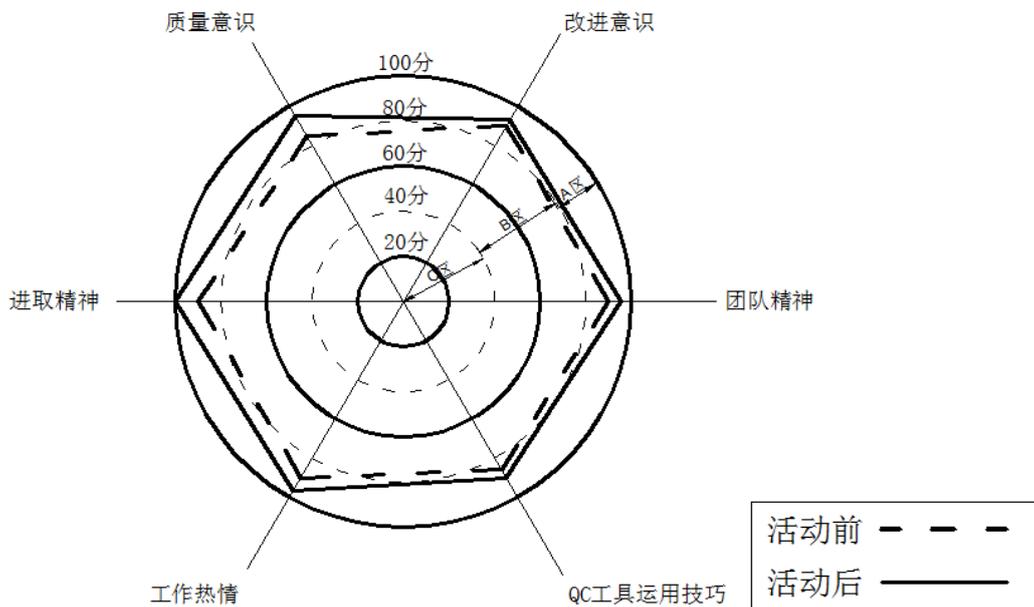


图 10-1 自我评价雷达图

制图人：王惠丽

审核人：丁兆良

日期：2018 年 12 月 29 日

在今后的施工过程中，我们将再接再厉，将 QC 活动持久的、高质量的进行下去。目前小组成员备选了三个课题，并分别从“紧迫性”、“可操作性”、“重要性”进行分析，如下表：

表 10-5 小组课题选择评价表

序号	课题名称	紧迫性	可操作性	重要性	结论
1	新型剪力墙甩浆机	使用成品砂浆后抹灰空鼓较多。	抹灰空鼓原因众多，机械较复杂。	抹灰空鼓，难以控制，给工程质量造成困难。	不选定
2	新型无尘钻孔机的研制	每个工程都进行一些钻孔。	机械原理较复杂。	粉尘污染空气，对施工人员身体也有影响。	不选定
3	装配式建筑预制构件定位装置的研制	目前装配式工程已经大面积开始。	装配工地多，可操作性强，进行试验模拟性强。	研制装配式建筑预制构件定位装置，保证现场预制构件定位准确，提高工作效率。	选定

制表人：王惠丽

审核人：王斌

日期：2018 年 12 月 30 日

经过小组成员评价，一致决定将“**装配式建筑预制构件定位装置的研制**”定为下一个活动课题。