

# 智能交通产业园项目

## 空中连廊吊顶幕墙吊装专项施工方案



智能交通产业园项目

二〇二二年八月

## 推荐说明

方案整体技术含量较高，颠覆了传统的幕墙施工方法。

利用卷扬机施工，只需通过施工电梯将卷扬机运输至空中连廊楼板上方便简单组装即可。节省大量人力物力，节能环保。整体的吊顶施工是在吊顶下方的加工场区先拼装龙骨，后安装面材，提高了施工中满焊及安装的质量。利用在空中连廊楼板上方便布置好的卷扬机机组吊装，改变了施工人员在吊顶的下方先龙骨后面材的施工工艺，杜绝了施工中的安全隐患。通过应用卷扬机分单元整体吊装吊顶幕墙，显著提高了工作效率，加快了工程的进展。

方案可广泛应用于塔楼与塔楼之间空中连廊以及塔楼屋面外挑较大的挑檐临空超过 30m 的吊顶幕墙的单元装配式吊装施工。实用性较强，可满足装配式吊顶的施工要求。

方案施工工艺成熟，三年来方案应用于智能交通产业园、济南护理职业学院图文信息中心大楼项目、烟台城发城市广场外装饰项目、中原网球中心二期工程四个项目，完美完成了吊顶铝板幕墙的施工。

施工完成后总结形成济南市工法 1 项，河南省工法工法 1 项。中国施工企业管理协会工程建设微创新技术大赛三等成果 1 项，授权实用新型专利 1 项（一种装配式幕墙龙骨连接定位结构，专利号 ZL 2022 2 1470937.1），受理发明专利 1 项（一种超高吊顶幕墙分单元整体吊装设备及其施工方法）。

## 目 录

1 工程概况 .....	6
1.1 建筑幕墙安装工程概况和特点 .....	6
1.2 施工平面及立面布置 .....	7
1.3 施工要求 .....	10
1.4 周边结构概况及气候 .....	10
1.5 风险辨识与分级 .....	13
1.6 参见各方责任主体单位 .....	14
2 编制依据 .....	15
3 施工计划 .....	17
3.1 施工进度计划 .....	17
3.2 材料与设备计划 .....	17
3.3 材料与设备计划 .....	18
4 施工工艺技术 .....	19
4.1 技术参数 .....	19
4.2 工艺流程 .....	21
4.2.1 连廊吊顶优化及节点深化 .....	21
4.2.2 测量放线 .....	22
4.2.3 吊点布置 .....	23
4.2.4 卷扬机与钢丝绳走向布置 .....	23
4.2.5 提升设备的选择 .....	26
4.2.6 提升设备的安装 .....	27

4.2.7 提升设备的调试 .....	28
4.2.8 单元板块的组装 .....	28
4.2.9 单元板块的起吊 .....	30
4.2.10 单元板块的就位安装 .....	30
4.3 施工方法及操作要求 .....	31
4.3.1 测量放线 .....	31
4.3.2 吊点布置 .....	32
4.3.3 卷扬机与钢丝绳走向布置 .....	33
4.3.4 板块垂直提升和固定 .....	36
4.4 检查要求 .....	38
<b>5 施工保障措施 .....</b>	<b>40</b>
5.1 组织保障措施 .....	40
5.1.1 安全组织机构 .....	40
5.1.2 安全相关人员安全职责 .....	41
5.2 技术措施 .....	44
<b>6 施工管理及作业人员配备及分工 .....</b>	<b>47</b>
6.1 施工管理人员 .....	47
6.2 专职安全人员 .....	48
6.3 特种作业人员 .....	48
6.4 其他作业人员 .....	49
<b>7 验收要求 .....</b>	<b>51</b>
7.1 验收标准 .....	51

7.2 验收程序及人员 .....	53
7.3 验收内容.....	54
<b>8 应急处置措施 .....</b>	<b>56</b>
8.1 应急管理机构 .....	56
8.2 应急事件及其应急措施 .....	57
8.3 救援医院信息.....	59
8.4 应急物质准备.....	60
<b>9 计算书 .....</b>	<b>61</b>

## 1 工程概况

### 1.1 建筑幕墙安装工程概况和特点

智能交通产业园项目位于济南市绕城高速以东、旅游路以北、港元八路以南、港兴元路以西，总建筑面积 19.2 万 m<sup>2</sup>。本工程抗震设防烈度为 7 度，防火等级一级。整个项目由 1#生产车间、2#生产车间、3#大数据中心组成。其中 1#车间塔楼连廊吊顶幕墙距离地面高度 83.6 m。根据建办质〔2018〕31 号文，安装高度超过 50 m 的幕墙为超过一定规模的危险性较大的分部分项工程，本工程连廊吊顶幕墙高度为 83.6 m，属于超危大工程。幕墙类型为传统框架式铝板幕墙但为悬空吊顶铝板幕墙，面积约 550 m<sup>2</sup>，整体呈“凸”字型，幕墙龙骨为 100×50×4mm、50×50×4mm 热镀锌方钢管，面层为 3mm 厚铝单板。空中连廊的主体结构为钢结构，钢结构已按照整体提升的方式提升至安装位置并安装固定完成。

表 1.1-1 空中连廊详情一览表

空中连廊概况	详情	备注
空中连廊吊顶幕墙面积	550 m <sup>2</sup>	/
幕墙系统	钢龙骨铝板幕墙	/
空中连廊相对地面高度	83.6m	/
主体结构类型	钢结构	连廊地面为后浇筑混凝土



图 1.1-1 空中连廊吊顶幕墙实景图

## 1.2 施工平面及立面布置

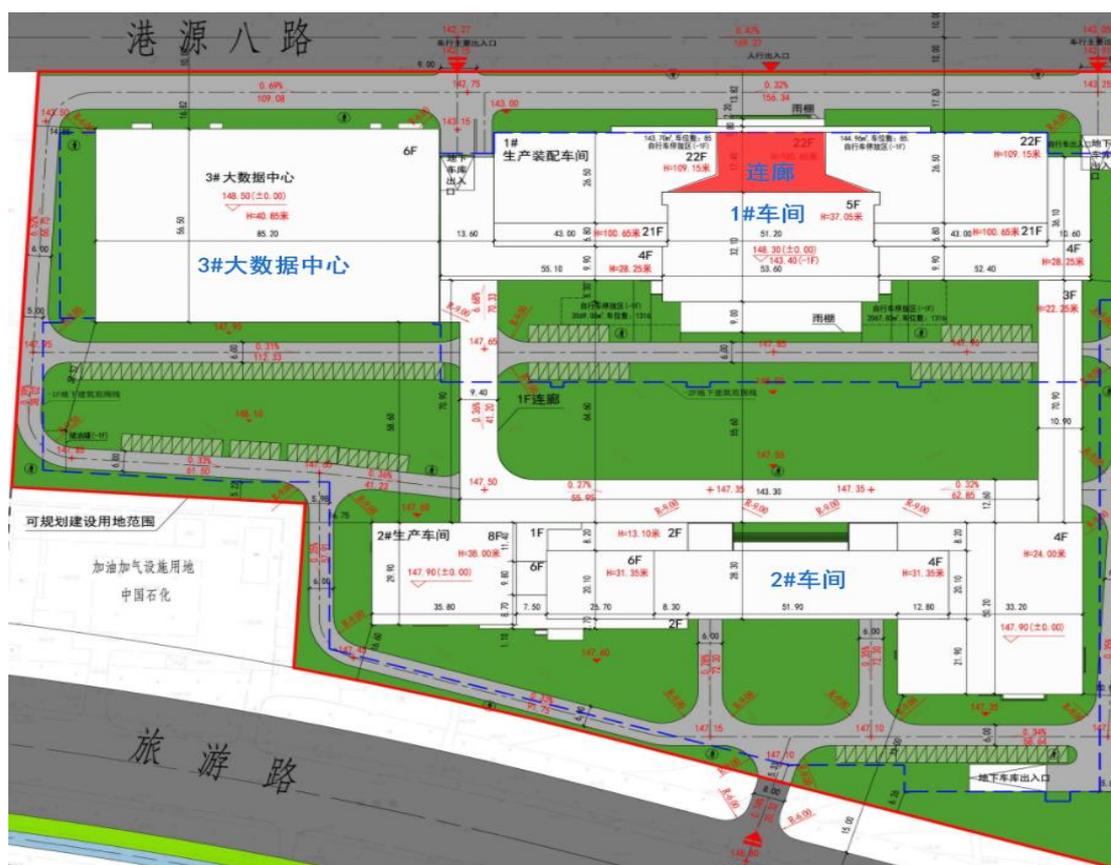


图 1.2-1 场地平面图

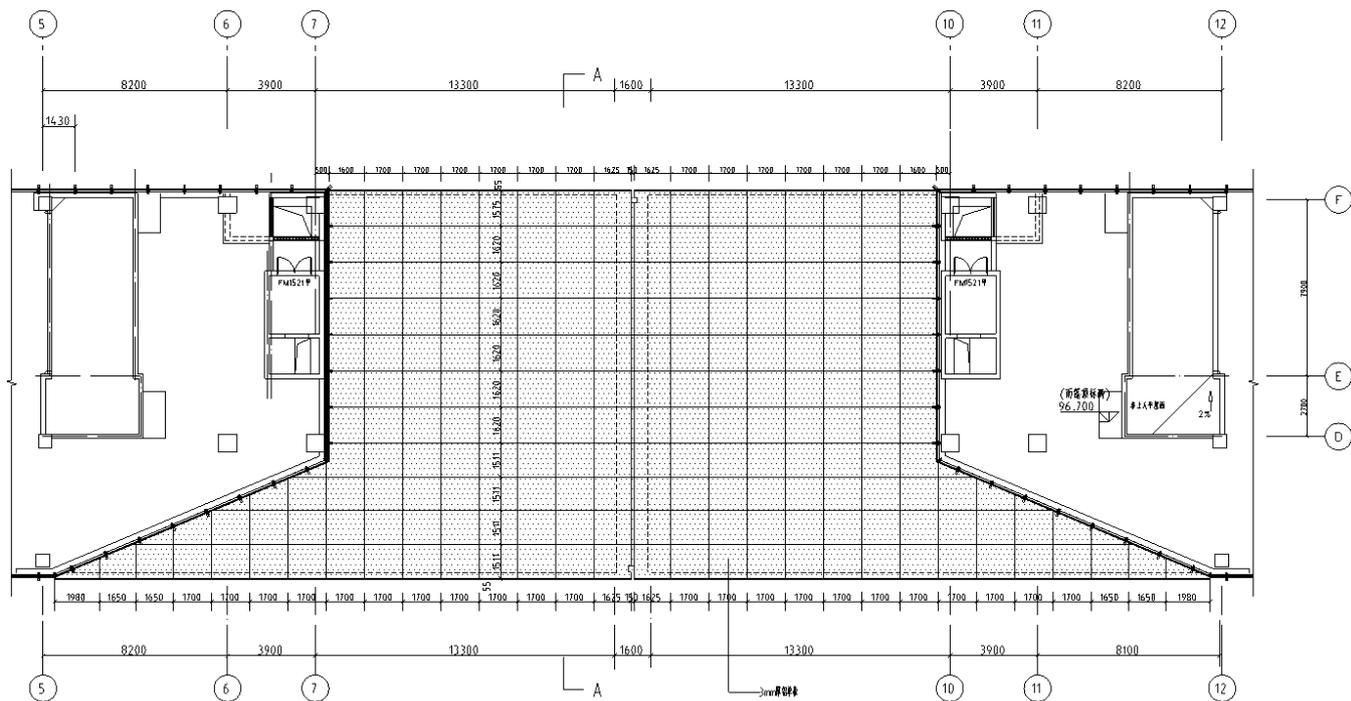


图 1.2-2 空中连廊吊顶平面图

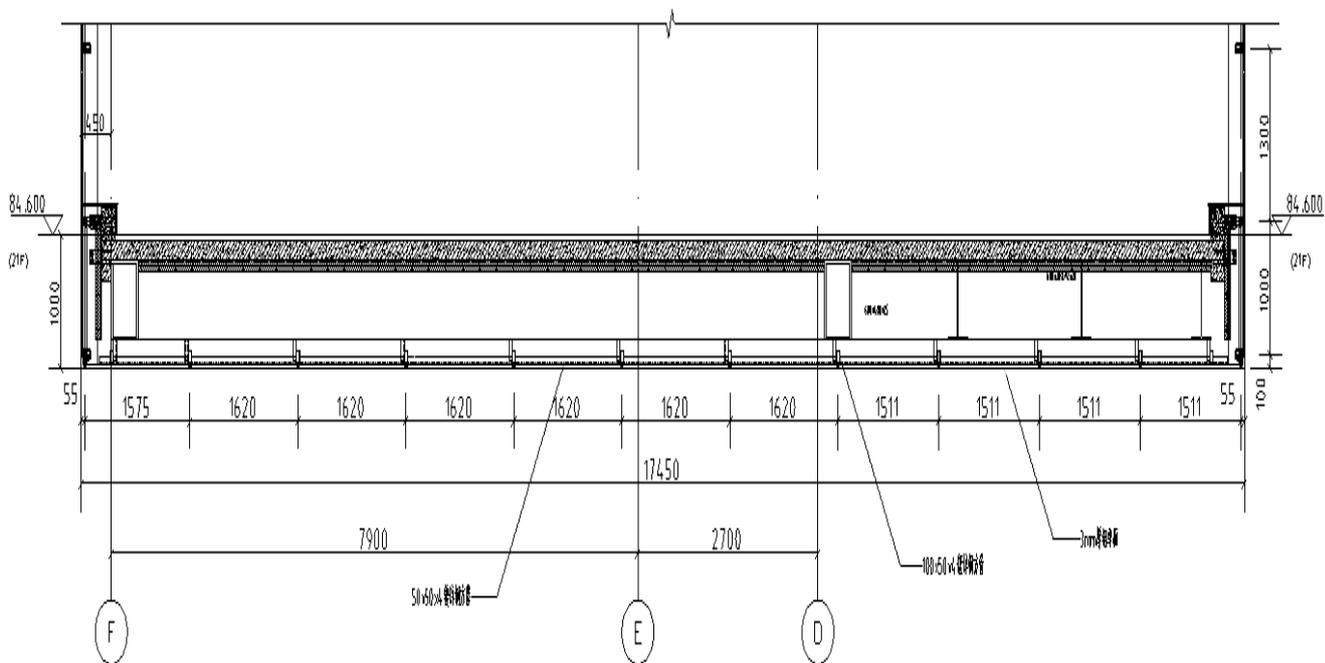


图 1.2-3 空中连廊吊顶剖面

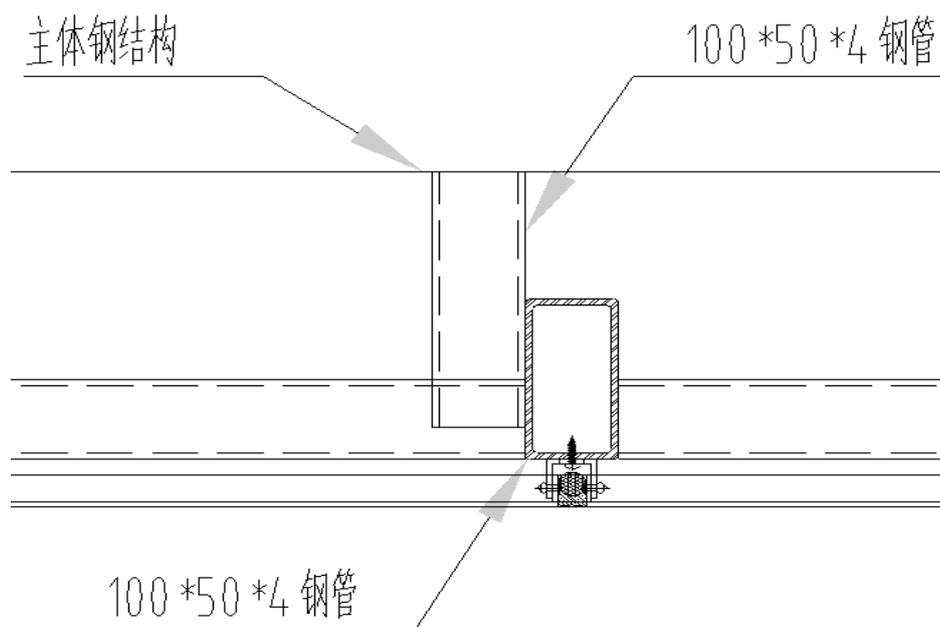


图 1.2-4 空中连廊优化前节点图

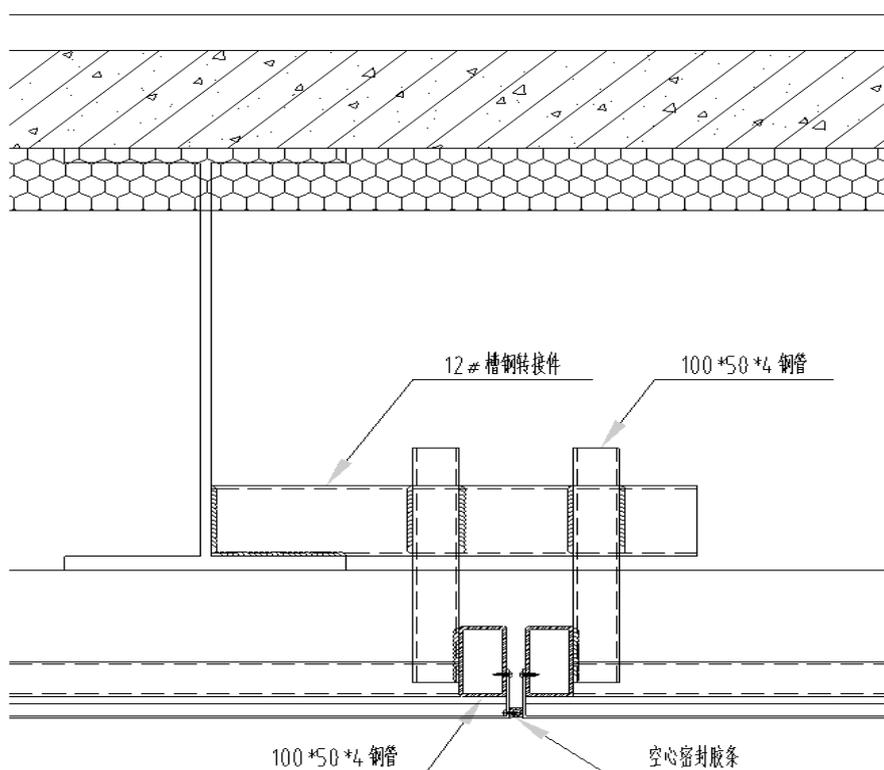


图 1.2-5 空中连廊优化后节点图

### 1.3 施工要求

本工程安全目标要求为山东省建筑施工安全文明工地，工期要求为 2020 年 6 月 1 日~2021 年 5 月 19 日。本工程 1#车间空中连廊吊顶的施工开始时间为 2021 年 3 月 20 日~2021 年 4 月 20 日。

### 1.4 周边结构概况及气候

1#车间东西塔及空中连廊的结构均为钢结构。空中连廊的钢结构分别在东西两塔处固定，中间断开悬挑的钢结构类型。悬挑钢结构总质量为 430t。连廊吊顶幕墙施工前钢结构已安装完毕。

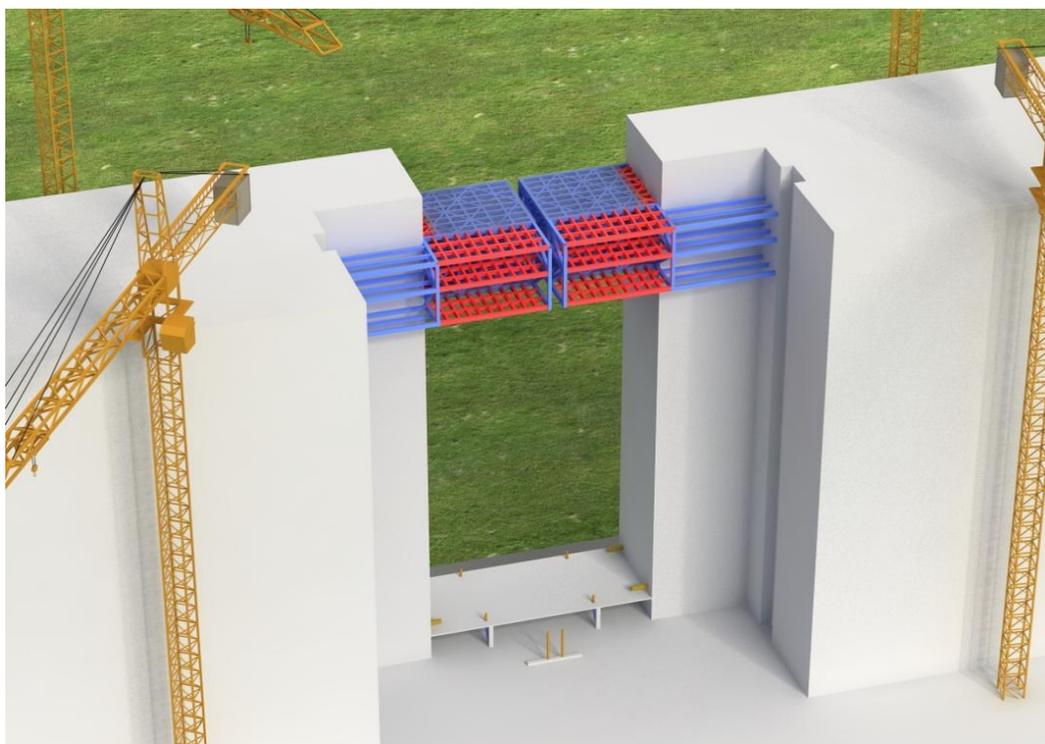


图 1.4-1 空中连廊钢结构模型图

空中连廊吊顶幕墙施工季节为春季，施工的天气选定了静风适合吊装的情况，更有利于施工质量的把控及降低安全风险。根据济南市往年风力情况，查询后得知在计划施工的 30 天施工时间内约存在 15 天时间的静风天气适合单元板块的吊装。往年风力情况见下图 1.4-2、图 1.4-3。

2020年03月10日	晴/晴	13℃ / 3℃	北风 1-2级 / 北风 1-2级
2020年03月11日	晴/晴	18℃ / 9℃	南风 4-5级 / 南风 4-5级
2020年03月12日	小雨/小雨	20℃ / 7℃	南风 4-5级 / 南风 4-5级
2020年03月13日	多云/晴	11℃ / 3℃	北风 1-2级 / 北风 1-2级
2020年03月14日	晴/晴	15℃ / 4℃	北风 3-4级 / 北风 3-4级
2020年03月15日	晴/晴	18℃ / 8℃	南风 1-2级 / 南风 1-2级
2020年03月16日	多云/晴	18℃ / 10℃	南风 4-5级 / 南风 4-5级
2020年03月17日	晴/晴	23℃ / 13℃	北风 1-2级 / 北风 1-2级
2020年03月18日	晴/晴	27℃ / 8℃	南风 4-5级 / 南风 4-5级
2020年03月19日	晴/晴	18℃ / 11℃	北风 3-4级 / 北风 3-4级
2020年03月20日	晴/晴	25℃ / 15℃	南风 4-5级 / 南风 4-5级
2020年03月21日	多云/晴	25℃ / 8℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年03月22日	晴/晴	19℃ / 8℃	北风 1-2级 / 北风 1-2级
2020年03月23日	晴/多云	23℃ / 12℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年03月24日	晴/多云	24℃ / 15℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年03月25日	多云/多云	23℃ / 12℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年03月26日	小雨/多云	13℃ / 3℃	北风 5-6级 / 北风 5-6级
2020年03月27日	多云/多云	13℃ / 3℃	北风 3-4级 / 北风 3-4级
2020年03月28日	晴/晴	15℃ / 6℃	北风 1-2级 / 北风 1-2级
2020年03月29日	多云/晴	16℃ / 6℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年03月30日	多云/多云	16℃ / 8℃	南风 1-2级 / 南风 1-2级
2020年03月31日	多云/阴	17℃ / 8℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级

图 1.4-2 济南市往年 3 月份天气表

日期	天气状况	气温	风力风向(白天/夜间)
2020年04月01日	阴/小雨	14℃ / 7℃	东北风 4-5级 / 东北风 4-5级
2020年04月02日	多云/晴	13℃ / 5℃	南风 1-2级 / 南风 1-2级
2020年04月03日	晴/晴	21℃ / 9℃	南风 1-2级 / 南风 1-2级
2020年04月04日	晴/晴	17℃ / 5℃	东北风 3-4级 / 东北风 3-4级
2020年04月05日	晴/多云	20℃ / 9℃	南风 1-2级 / 南风 1-2级
2020年04月06日	多云/多云	23℃ / 13℃	南风 4-5级 / 南风 4-5级
2020年04月07日	多云/小雨	22℃ / 10℃	东北风 3-4级 / 东北风 3-4级
2020年04月08日	小雨/小雨	16℃ / 8℃	东南风 3-4级 / 东南风 3-4级
2020年04月09日	中雨/阴	9℃ / 5℃	东北风 4-5级 / 东北风 4-5级
2020年04月10日	中雨/小雨	9℃ / 5℃	北风 3-4级 / 北风 3-4级
2020年04月11日	多云/晴	17℃ / 7℃	北风 3-4级 / 北风 3-4级
2020年04月12日	晴/晴	20℃ / 8℃	北风 3-4级 / 北风 3-4级
2020年04月13日	晴/晴	25℃ / 15℃	南风 1-2级 / 南风 1-2级
2020年04月14日	晴/晴	26℃ / 17℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年04月15日	多云/雷阵雨	26℃ / 14℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年04月16日	多云/晴	21℃ / 11℃	南风 3-4级 / 南风 3-4级
2020年04月17日	晴/晴	20℃ / 9℃	北风 3-4级 / 北风 3-4级
2020年04月18日	多云/小雨	21℃ / 11℃	北风 1-2级 / 北风 1-2级
2020年04月19日	小雨/多云	17℃ / 11℃	西风 3-4级 / 西风 3-4级
2020年04月20日	晴/晴	18℃ / 7℃	北风 4-5级 / 北风 4-5级

图 1.4-3 济南市往年 4 月份天气表

## 1.5 风险辨识与分级

表 1.5-1 工程建设一览表

序号	作业活动	危险源	可能导致的事故	风险等级	控制措施
1	施工前准备（开施工洞及安装机械）	现场高空坠物	物体打击	三级	严格执行公司制度、安全员旁站
2		电焊焊接施工机具	火灾	三级	准备好有效的灭火器，持证上岗
3		高空作业未系安全带	高空坠落	三级	严格执行公司制度
4	材料吊运	汽车吊	物体打击	三级	严格执行公司制度、安全员旁站
5	单元板块组装	施工机具使用前未进行试验	机械伤害	三级	对施工机具进行试验
6		电动工具未绝缘电压试验	触电	三级	电动工具进行绝缘试验
7		进入现场未戴安全帽	物体打击	三级	严格执行公司制度
8	单元板块吊运	高空作业未系安全带	高空坠落	三级	严格执行公司制度
9		结构施工层下未架设防护网，离地面 3m 处未搭设 6m 的安全网	高空坠落、物体打击	三级	设置防护
10		现场焊接时，下方未设接火斗或盘	火灾	三级	做好防火措施

## 1.6 参见各方责任主体单位

表 1.6-1 工程建设一览表

工程名称	智能交通产业园项目	工程性质	工业建筑
建设规模	6.8 亿元	工程地址	济南市绕城高速以东、旅游路以北、港元八路以南、港兴元路以西
总占地面积	约 76.5 亩	总建筑面积	192037.29 m <sup>2</sup>
建设单位	山东高速信息集团有限公司	责任人	李晓枫
设计单位	山东省交通规划设计院	责任人	荀艳
监理单位	山东贝特建筑项目管理咨询有限公司	责任人	鞠强
总承包单位	中建八局第二建设有限公司	责任人	张伟
分包单位	中建八局第二建设有限公司	责任人	徐庆迎
工程主要功能或用途	生产厂房		

## 2 编制依据

序号	类别	文件名称	编号
1	国家行政文件	关于进一步加强玻璃幕墙安全防护工作的通知	建标[2015]38号
2		危险性较大的分部分项工程安全管理规定	住建部37号令
3		关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知	建办质31号文
4		住房和城乡建设部办公厅关于印发危险性较大的分部分项工程专项施工方案编制指南	建办质48号文
5	地方行政文件	济南市建筑工程安全专项施工方案编制审查与专家论证实施细则	/
6		济南市建筑施工高处作业吊篮安全管理暂行规定	济建质安监字[2012]4
7		济南市住房和城乡建设局关于印发建筑施工安全管理十条的通知	济建质安字[2021]33号
8	国家行业规范	建筑结构荷载规范	GB50009-2012
9		建筑施工高处作业安全技术规范	JGJ80-2016
10		建筑机械使用安全技术规程	JGJ33-2012
11		施工现场临时用电安全技术规程	JGJ46-2005
12		建筑施工安全检查标准	JGJ59-2011
13		金属与石材幕墙工程技术规范	JGJ133-2013
14		建筑幕墙工程检测方法标准	JGJ/T324-2014

15		建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法	GB/T15227-2007
16		建筑幕墙、门窗通用技术条件	GB/T31433-2015
17		建筑装饰工程装饰装修工程质量验收规范	GB50210-2018
18	其他	智能交通产业园项目建筑图纸	/
19		智能交通产业园项目幕墙深化图纸	/
20		智能交通产业园项目施工组织设计	/



铝单板	3mm	3003H	2021年3月23日
不锈钢板	1.5mm	/	2021年3月23日
泡沫棒	Φ16	/	2021年3月23日
耐候密封胶	590ml/支	/	2021年3月23日

## 2. 施工设施及材料计划

表 3.2-2 施工设施及材料计划一览表

材料种类	规格	数量	进场时间	退场时间
热镀锌角钢	50×50×4mm	50支	2021年3月20日	/
定滑轮	/	10个	2021年3月20日	2021年4月20日
卷扬机	4.5kV	3台	2021年3月23日	2021年4月20日
U型卡扣	/	10个	2021年3月23日	/
倒链	Φ16	/	2021年3月23日	2021年4月20日

## 3.3 材料与设备计划

表 3.3-1 材料与设备计划一览表

工种	数量	进场时间	退场时间
焊工	6人	2021年3月20日	2021年4月20日
幕墙安装工	10人	2021年3月20日	2021年4月20日
打胶工	3人	2021年3月20日	2021年4月10日

## 4 施工工艺技术

### 4.1 技术参数

表 4.1-1 空中连廊结构参数

空中连廊概况	详情	备注
空中连廊吊顶幕墙面积	550 m <sup>2</sup>	整体呈“凸”字型
幕墙系统	钢龙骨铝板幕墙	/
幕墙龙骨规格	100×50×4、50×50×4 热镀锌方钢管	/
幕墙面层	3mm 厚铝单板	/
空中连廊相对地面高度	83.6m	/
主体结构类型	钢结构	连廊地面为后浇筑混凝土

空中连廊主体为钢结构，钢结构已按照整体提升的方式提升至安装位置并安装固定完成。

由于连廊吊顶作业面面积比较大且全部悬空。材料垂直及水平运输难度大、安装作业平台的设置成为影响工期、质量和成本的主要因素，传统的作业平台一般采用满堂脚手架或轨道式吊船，满堂脚手架需从地面架设到悬空的吊顶下部，但受到架设高度和荷载的限制。轨道式吊船需要在空中连廊楼板以下悬挂导轨，再把特制的与连廊等宽度的吊船挂在导轨上，以便形成水平移动作业平台。悬挂导轨及把吊船挂在导轨上就需要复杂的起吊设备和严密的安全保护措施。

施，此法费时费力，安全防护难度大，受限条件多，增加了施工成本。

因此根据现场施工计划实施一种分单元整体吊装吊顶幕墙的施工方法。根据分单元整体吊装的设想计划采用卷扬机作为吊装的动力设备。卷扬机采用三台配合的方式，有机的形成一个整体吊装运行的卷扬机组。整个连廊吊顶铝板幕墙共计分为 10 个单元，其中 1-8 为矩形单元，9-10 为三角形单元。单元与单元之间的接缝由于采用整体吊装而无法实现打胶密封的效果，因为我们研发了一种可安装在铝板侧面的空心密封胶条，实现了单元板块与单元板块的接缝密封，有效阻止了水汽的入侵，解决了钢龙骨幕墙龙骨的防腐问题。通过空心胶条的设计也实现了整体连廊吊底的视觉效果。

表 4.1-2 动力设备参数

电机功率	4.5kW	槽钢长度	650mm
机器尺寸	950×520×460mm	机器自重	160kg
起升速度	单绳 16m/min	额定起重	单绳 1500kg
	双绳 8m/min		双绳 3000kg

### 国标3吨裸机



图 4.1-1 卷扬机实物图

## 4.2 工艺流程

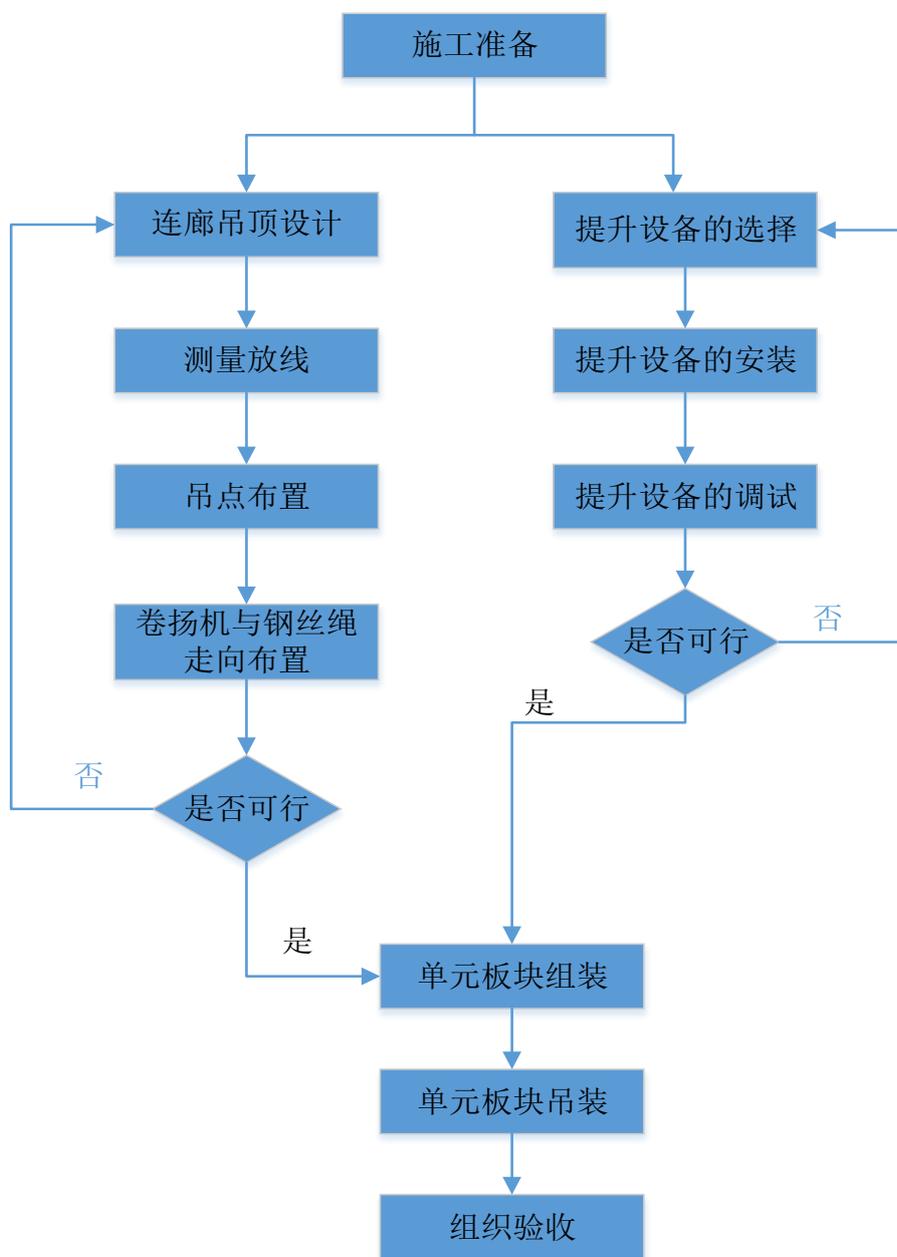


图 4.2-1 施工工艺流程

### 4.2.1 连廊吊顶优化及节点深化

由于采用了起吊钢丝绳通过吊孔穿过廊桥楼板将单元板块吊升就位与廊桥底部，属于隔着楼板盲吊，因此，连廊吊顶幕墙的设计舍弃了构件式骨架、铝单板饰面固定、保温岩棉填充等传统的构件式幕墙吊顶设计，而是从吊装的角

度出发，将整体的吊顶在平面上分成逐个单元板块，每个板块按顺序起吊到位后在高空连廊底部逐块对接，直到完成吊顶整体造型。这就要求：单元板块的设计不仅要考虑其安装到位后的强度，而且要考虑吊装中板块的刚性和变形，即变形应控制在弹性范围之内，通过软件的计算以及现场实际的预吊操作确定合理的均布 5 个吊点即可满足板块的刚性和变形等要求。合理的确定 5 个吊点的位置。吊点的布置如下图。

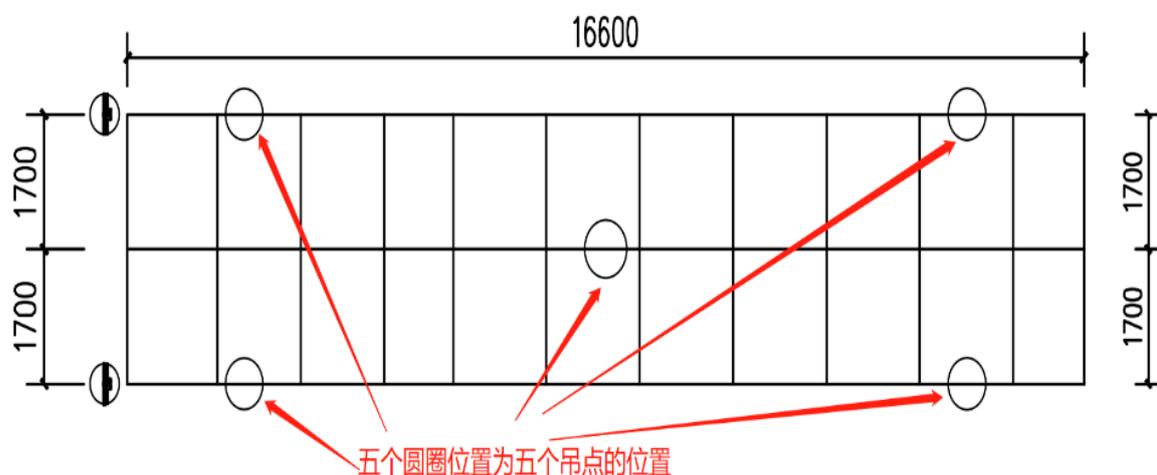


图 4.2-2 吊点布置图

#### 4.2.2 测量放线

测量放线定位是本工程施工的重点和关键工序。首先对连廊钢结构尺寸及吊点位置复核。按设计图纸将吊点钢丝绳穿过孔位置尺寸放样到连廊楼板上表面，并将孔位按单元板块编号，其次依据施工现场空间大小、穿过孔与卷扬机钢丝绳的走向确定卷扬机安装方位，原则是五根钢丝绳能顺利通过各自的穿过孔，在空间上又不能互相干扰。这需要在计算机模拟和现场实际协调相结合，最终确定放线尺寸。

### 4.2.3 吊点布置

按设计图纸将吊点钢丝绳穿过孔位置尺寸放样到连廊楼板上表面，依此来预留吊点洞口并将孔位按单元板块编号。吊点位置为  $200 \times 300\text{mm}$  的孔洞便于钢丝绳穿过。通过 BIM 模型及现场实际放样确定最终的吊装点位置为下图所示圆圈位置。

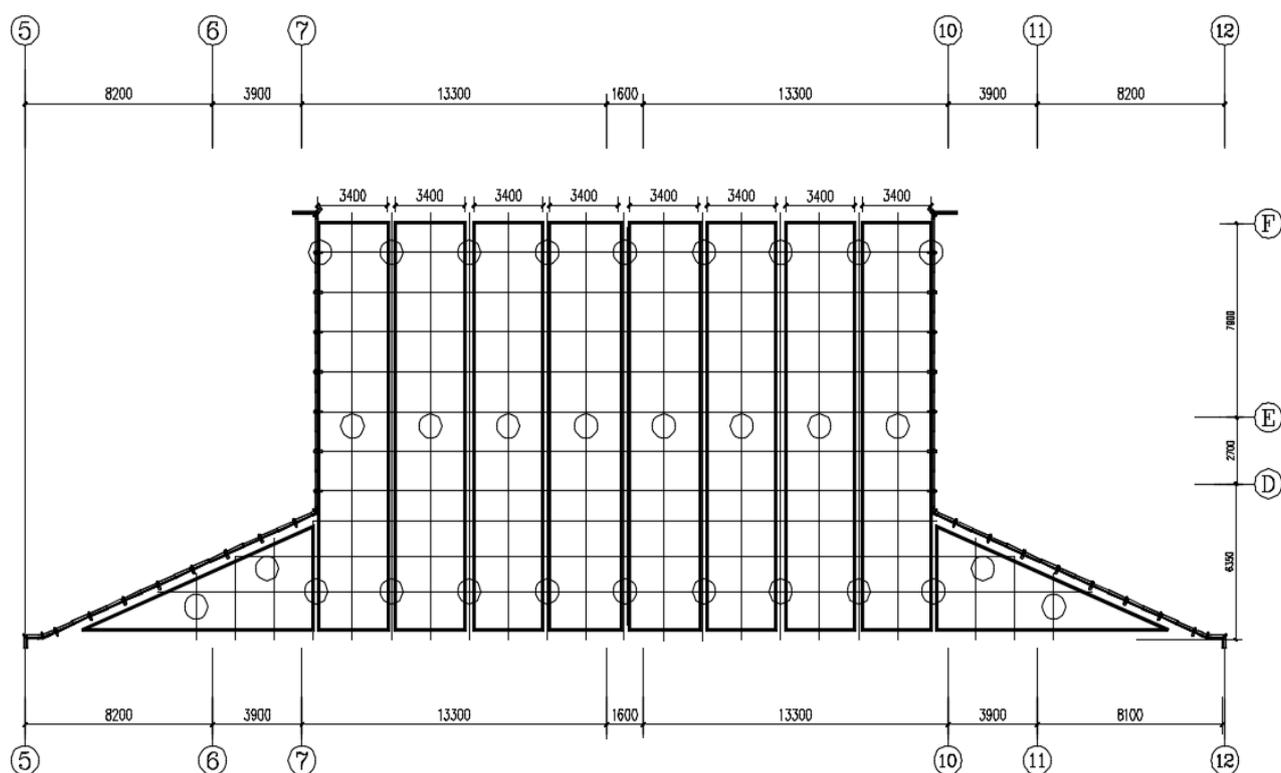


图 4.2-3 吊装点位置布置图

### 4.2.4 卷扬机与钢丝绳走向布置

按照下列因素确定钢丝绳走向：

- 1) 施工现场条件：吊顶上部楼板平面为矩形，可在其上布置吊孔和导向滑轮。在连廊上方有放置三台卷扬机的空间及承重。
- 2) 卷扬机安装方位：根据吊孔与卷扬机钢丝绳的走向确定卷扬机安装方位，

由于每个单元板块五个吊点，有五根钢丝绳通过各自的吊孔。这需要在卷扬机和吊孔间设置导向滑轮，第一组导向滑轮要保持钢丝绳与卷扬机卷筒轴心线垂直，能按顺序整齐排列在卷筒上。第二组导向滑轮要使钢丝绳由水平方向转到垂直起吊方向并按吊孔定位。随着每个单元板块的起吊完成，移动第二组导向滑轮到新的吊孔位置。为保证五根钢丝绳能顺利通过各自的吊孔，在空间上又不能互相干扰，针对上述技术要求，我们在计算机模拟和现场实际协调相结合，最终确定了卷扬机位置、设计了特殊支架的转向滑轮。

其中卷扬机 1 和卷扬机 2 第一次布置在空中连廊伸缩缝西侧的西半部中间位置，依次分别吊装单元板 1~4。吊装完成后扬机 1 和卷扬机 2 第二次布置在空中连廊伸缩缝东侧的东半部中间位置，依次分别吊装单元板 5~8。最后吊装单元板块 9 和 10。卷扬机 3 每吊装一个单元板块挪动一个位置，从西往东由单元板块 1~8 依次变换位置。具体布置如下图所示：

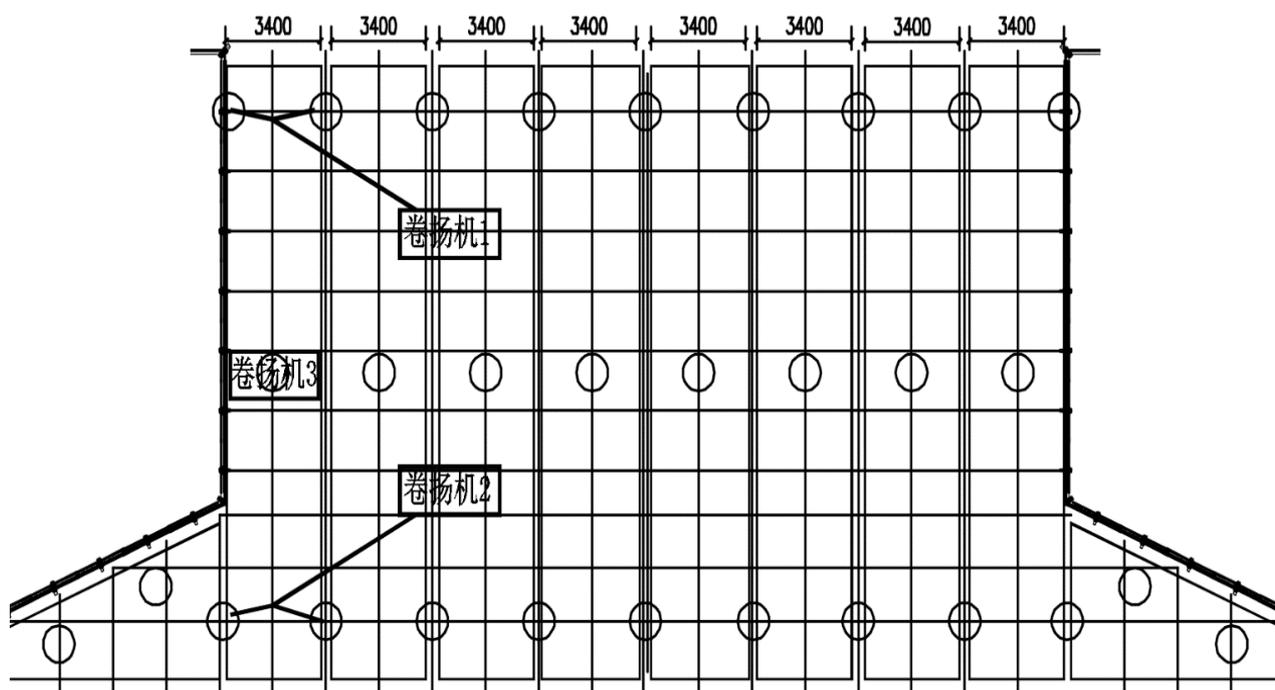


图 4.2-4 卷扬机 1 和 2 首次布置图

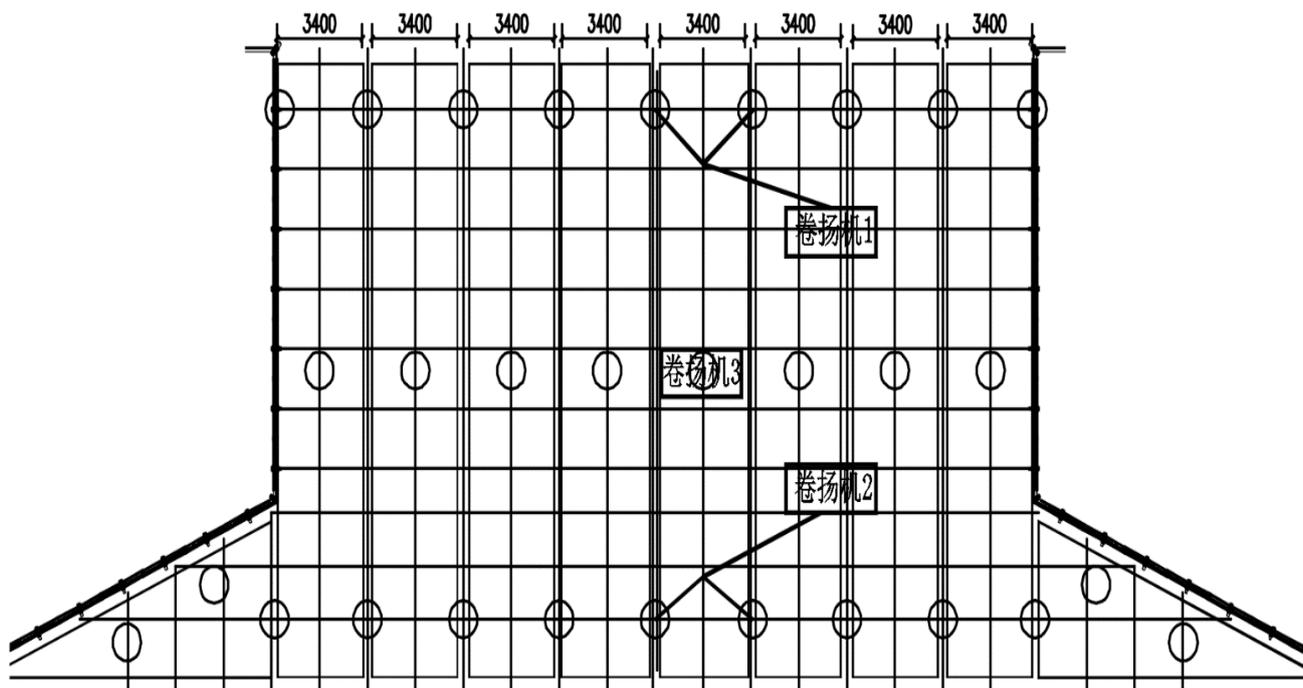


图 4.2-5 卷扬机 1 和 2 第二布置图

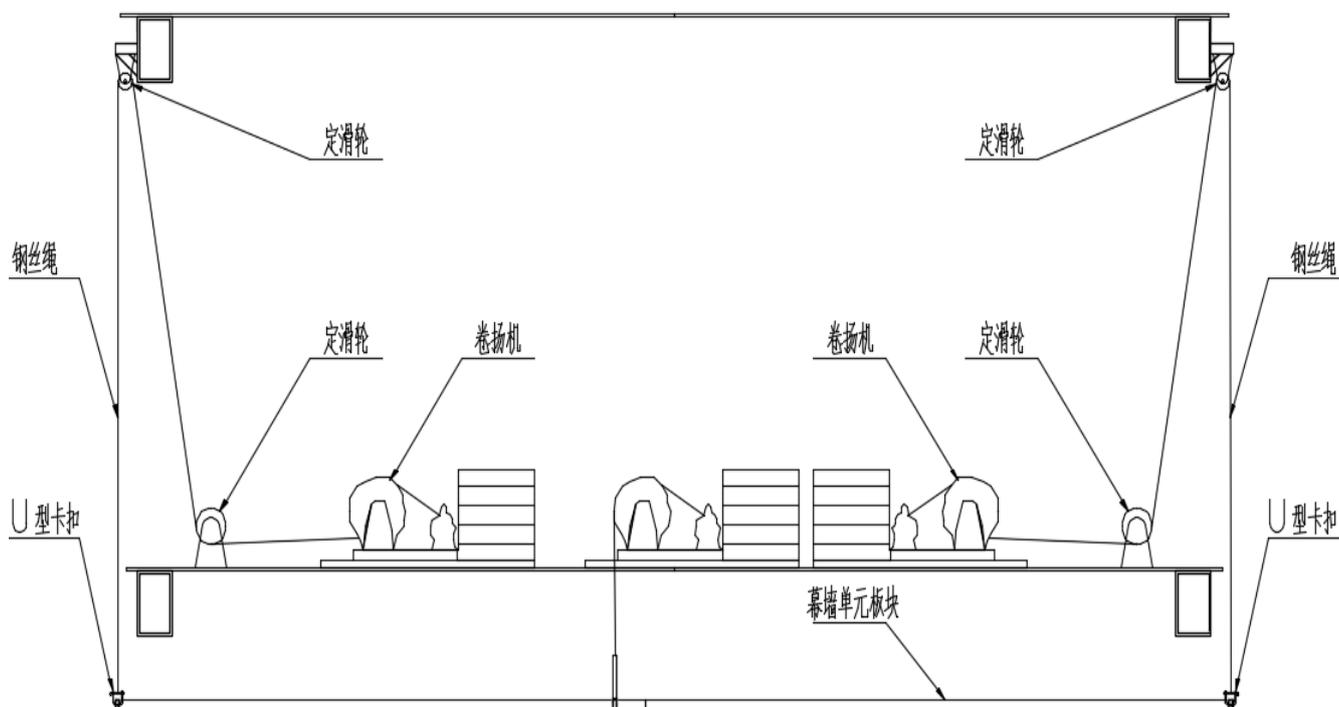


图 4.2-6 卷扬机和滑轮、钢丝绳剖面示意图

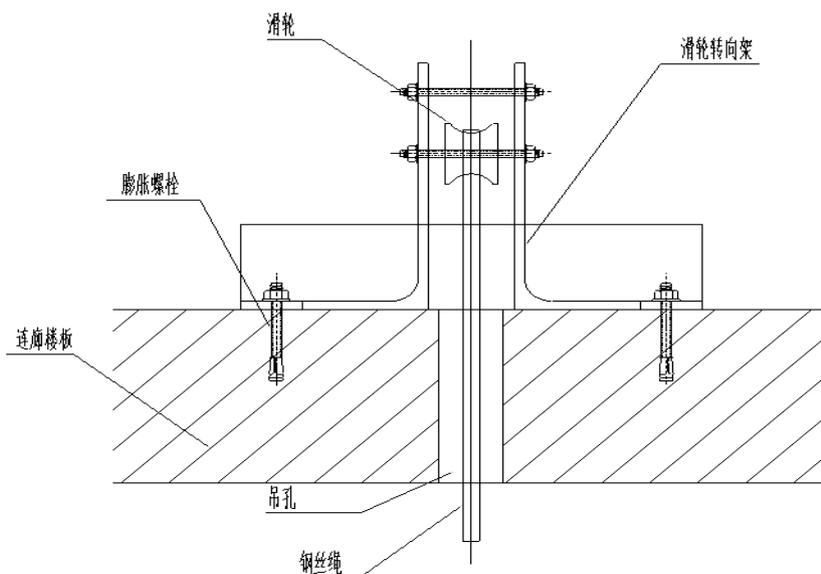


图 4.2-7 吊孔处滑轮转向架

#### 4.2.5 提升设备的选择

单元板块提升使用 3 台起吊重量 3 吨的电动卷扬机作为提升设备，三台卷扬机接入同一个二级配电箱，每台卷扬机可分别控制开关运行。也可以总控三台卷扬机同步开关运行。所使用的 U 型卡扣包上绝缘的橡胶制品，杜绝板块就位焊接时的电流影响。每个单元板块重量 1300kg，三台卷扬机起重负荷合计 9000kg，吊装负荷率 14.4%，满足要求。每个板块设 5 个吊点。

### 国标3吨裸机



电机功率	4.5KW	槽钢长度	650mm
机器尺寸	950×520×460mm	机器自重	160公斤
起升速度	单绳16米/分钟	额定起重	单绳1500公斤
	双绳8米/分钟		双绳3000公斤

图 4.2-8 卷扬机参数



图 4.2-9 吊装用 U 型卡扣

#### 4.2.6 提升设备的安装

卷扬机安装方位：根据吊孔与卷扬机钢丝绳的走向确定卷扬机安装方位，由于每个单元板块五个吊点，有五根钢丝绳通过各自的吊孔。这需要在卷扬机和吊孔间设置导向滑轮，第一组导向滑轮要保持钢丝绳与卷扬机卷筒轴心线垂直，能按顺序整齐排列在卷筒上。第二组导向滑轮要使钢丝绳由水平方向转到垂直起吊方向并按吊孔定位。随着每个单元板块的起吊完成，移动第二组导向滑轮到新的吊孔位置。为保证五根钢丝绳能顺利通过各自的吊孔，在空间上又不能互相干扰，针对上述技术要求，在计算机模拟和现场实际协调相结合，最终确定了卷扬机位置、设计了特殊支架的转向滑轮。



图 4.2-10 定卷扬机固定做法

#### 4.2.7 提升设备的调试

卷扬机组按照设定的安装思路进行安装后进行运行调试。首先将钢丝绳全部按起吊时的方案全部下放至板块位置。一是调试包括三台卷扬机的同步联动，确保三台卷扬机的运行速度和启停时间一致。二是调试三台卷扬机可以单独运行控制，确保吊运中高度不一致时可单独微调在空中实现单元板块的水平提升。

#### 4.2.8 单元板块的组装

将铝板吊顶幕墙平面分成 10 个单元板块。单元板块采用  $100 \times 50 \times 4\text{mm}$  热镀锌矩形管。用焊接连接组成框架结构并将吊顶装饰面板固定在框架上，形成单元板块。板块宽度 3.4m，长度 16.6m。框架上焊接  $100 \times 50 \times 4\text{mm}$  热镀锌矩形管作为吊杆，吊杆位置与廊桥钢结构预装点相协调，该吊杆在吊装到位后直接同钢结构进行焊接。单元板块及吊点的示意图如下。

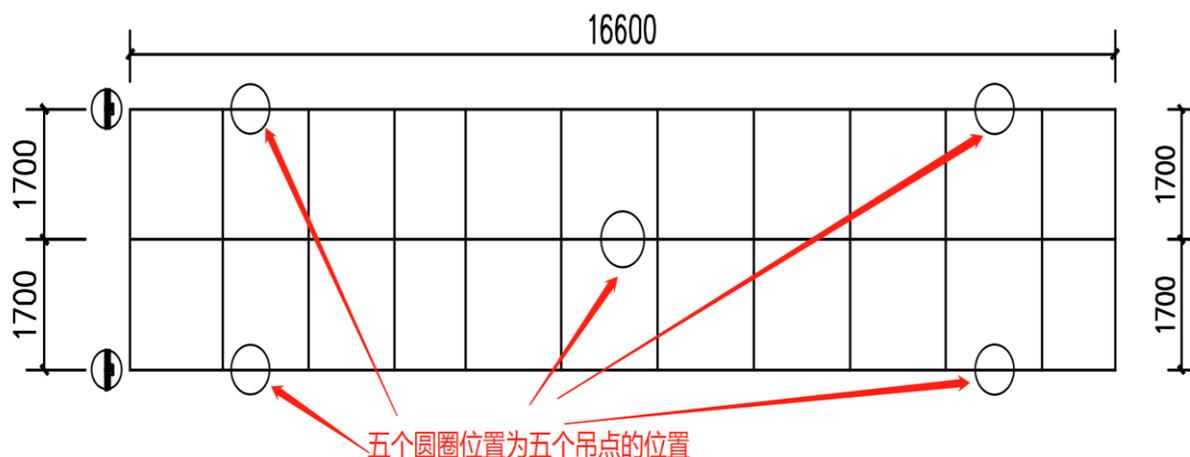


图 4.2-11 单元体 1~8 吊点位置

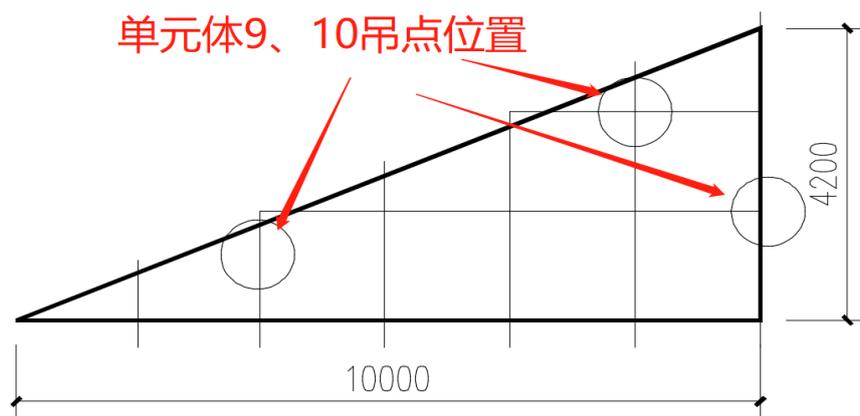


图 4.2-12 单元体 9 和 10 吊点位置

为了保证加工质量板块均在现场 6 层屋面组装完成，8 个板块的尺寸为 16600×3400mm，另外两个的尺寸是 10000×4200mm 的三角形。主龙骨采用 100×50×4mm 热镀锌钢管，次龙骨采用 50×50×5mm 热镀锌钢管。为保证单元板块的刚度，所有起吊的位置均采用 100×50×4mm 的热镀锌钢管。具体尺寸详见下图。

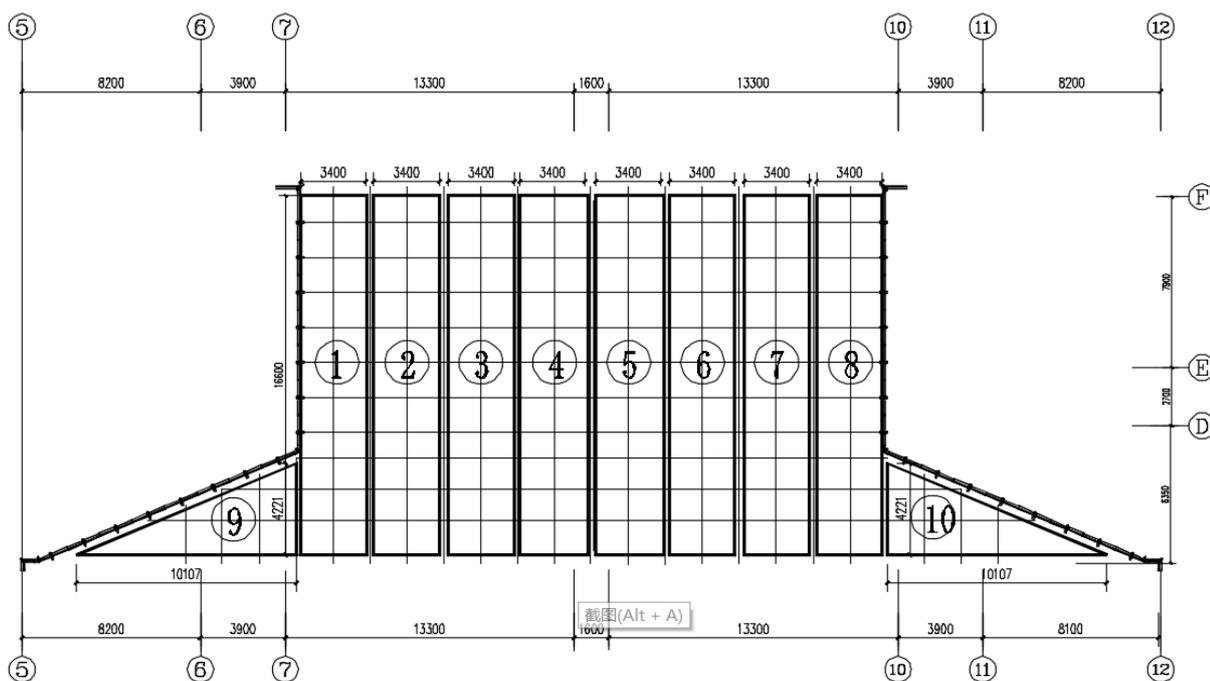


图 4.2-13 单元板块整体布置图

### 4.2.9 单元板块的起吊

板块重量：最大板块为 1300kg（除板块净重外，还须含有吊挂件等附加重量）吊装及施工方案：在板块 1~8 单元体上设 5 个吊装点，在板块 9 和 10 单元体上设置 3 个吊点。吊装点根据吊装板块质量平均分布位置进行布置，两端 4 个吊装点使用 U 型卡扣穿过 100×50×4mm 热镀锌钢管作为吊装点。起吊之前检查配电箱是否正常，检查无误后，将用电开关送电，三个卷扬机同步提升单元板块。提升过程通过临近吊篮跟踪卷扬机起吊的单元板块同步升高。吊篮中人员配备对讲机如发现板块五个点提升的速度高度不一致，需要对讲机呼叫楼顶的控制开关人员将卷扬机同步断电后，将分控开关也全部断电，然后将总开关推上，再把速度慢的卷扬机开关推上。达到五个吊点同一高度后将另外两台卷扬机开关送电。至此三台卷扬机又可以同步提升单元板块。

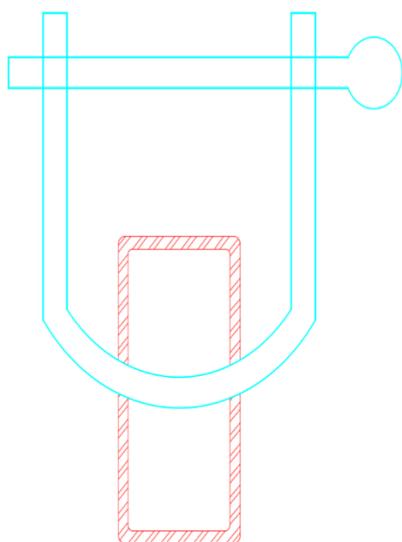


图 4.2-14 两端吊装点

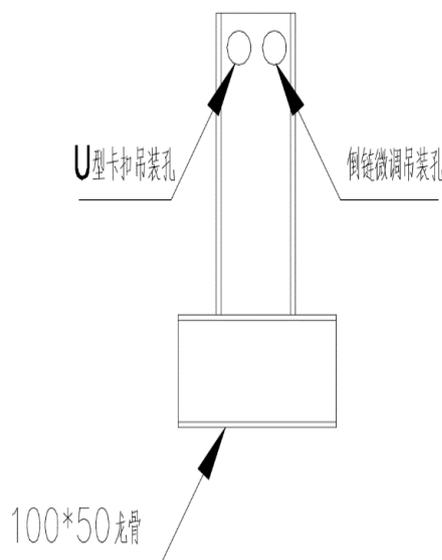


图 4.2-15 中间吊装点

### 4.2.10 单元板块的就位安装

当卷扬机将单元板块提升至连廊下部近位置处时，停止使用卷扬机提升单元板块，采用 5 个倒链挂到吊点的位置通过人工将单元板块缓慢提升至安装就位位置。校准无误后施工人员对幕墙转接件与主体结构进行焊接。焊接后进行焊渣敲除涂刷防锈漆。



图 4.2-16 倒链提升单元板块就位

### 4.3 施工方法及操作要求

#### 4.3.1 测量放线

测量放线定位是本工程施工的重点和关键工序。首先使用全站仪对连廊主体结构尺寸位置复核与模型对比。根据测量后的点位微调模型，使调整后的模型与施工完成的主体结构保持一致，便于幕墙的下料与施工。

模型修改后进行幕墙的下料与吊装孔的布置，将吊装孔的位置于模型上标注，使用全站仪在现场进行找点后，确认无误后进行开洞作业，以实现分单元整体吊装的方案。



图 4.3-1 全站仪测量

### 4.3.2 吊点布置

按设计图纸将吊点钢丝绳穿过孔位置尺寸放样到连廊楼板上表面，并将孔位按单元板块编号。吊点位置将钢结构钢楼承板开  $200 \times 300\text{mm}$  的孔洞便于钢丝绳穿过。通过 BIM 模型及现场实际放样确定最终的吊装点位置为下图所示圆圈位置。

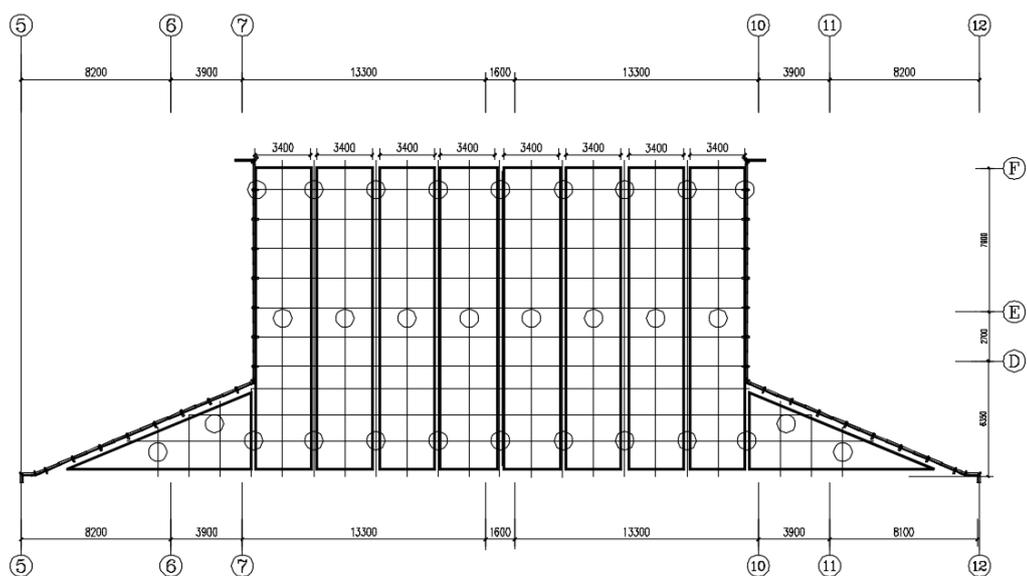


图 4.3-2 吊装点位置布置图



图 4.3-3 吊装孔

### 4.3.3 卷扬机与钢丝绳走向布置

按照下列因素确定钢丝绳走向：

1) 施工现场条件：吊顶上部楼板平面为矩形，可在其上布置吊孔和导向滑轮。在连廊上方有放置三台卷扬机的空间及承重。

2) 卷扬机安装方位：根据吊孔与卷扬机钢丝绳的走向确定卷扬机安装方位，由于每个单元板块五个吊点，有五根钢丝绳通过各自的吊孔。这需要在卷扬机和吊孔间设置导向滑轮，第一组导向滑轮要保持钢丝绳与卷扬机卷筒轴心线垂直，能按顺序整齐排列在卷筒上。第二组导向滑轮要使钢丝绳由水平方向转到垂直起吊方向并按吊孔定位。随着每个单元板块的起吊完成，移动第二组导向滑轮到新的吊孔位置。为保证五根钢丝绳能顺利通过各自的吊孔，在空间上又不能互相干扰，针对上述技术要求，我们在计算机模拟和现场实际协调相结合，最终确定了卷扬机位置、设计了特殊支架的转向滑轮。

其中卷扬机 1 和卷扬机 2 第一次布置在空中连廊伸缩缝西侧的西半部中间

位置，依次分别吊装单元板 1~4。吊装完成后扬机 1 和卷扬机 2 第二次布置在空中连廊伸缩缝东侧的东半部中间位置，依次分别吊装单元板 5~8。最后吊装单元板 9 和 10。卷扬机 3 每吊装一个单元板块挪动一个位置，从西往东由单元板块 1~8 依次变换位置。具体布置如下图所示：

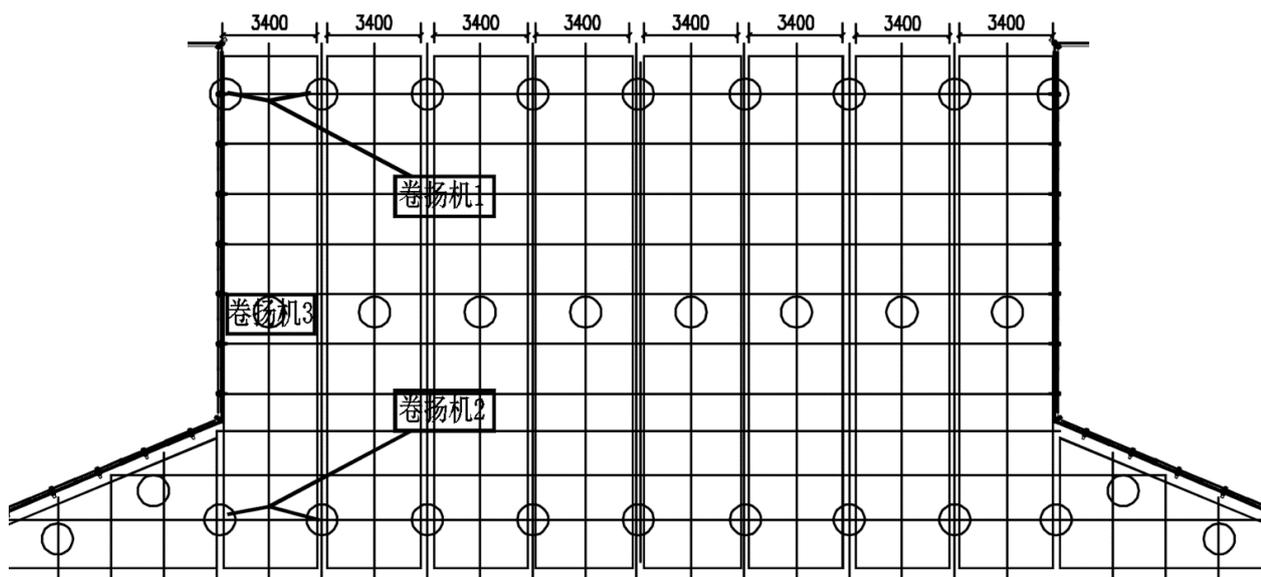


图 4.3-4 卷扬机 1 和 2 首次布置图

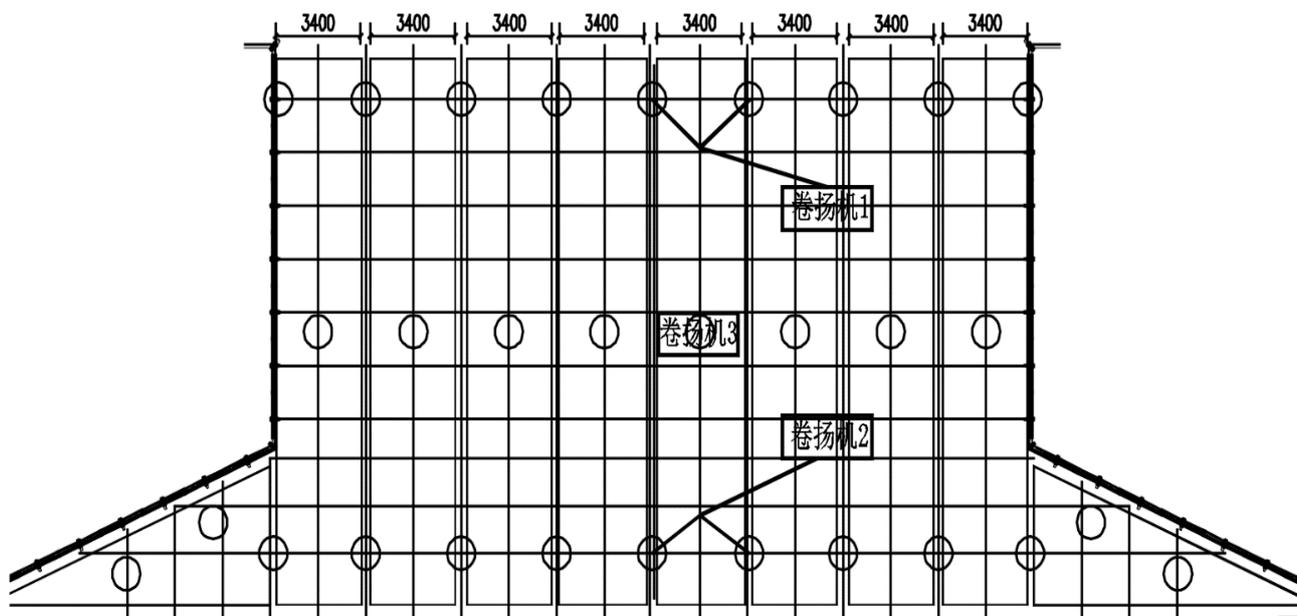


图 4.3-5 卷扬机 1 和 2 第二布置图

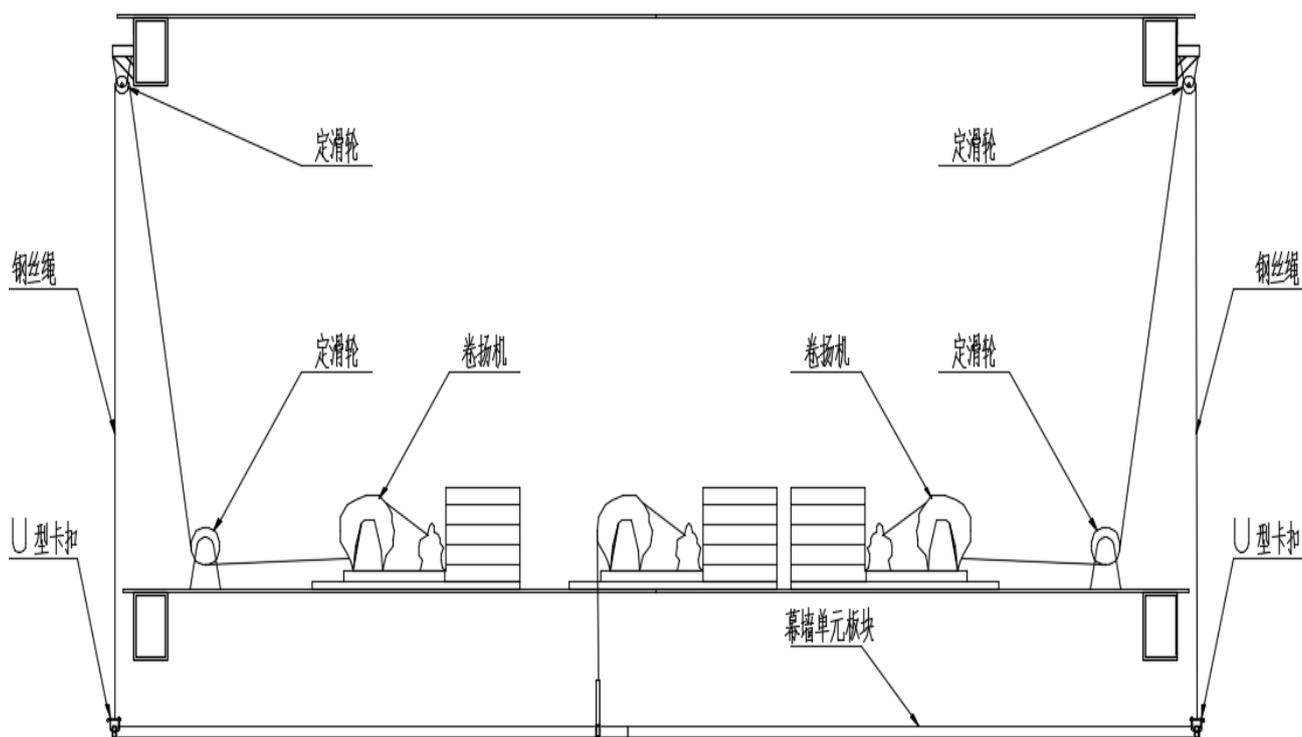


图 4.3-6 卷扬机和滑轮、钢丝绳剖面示意图

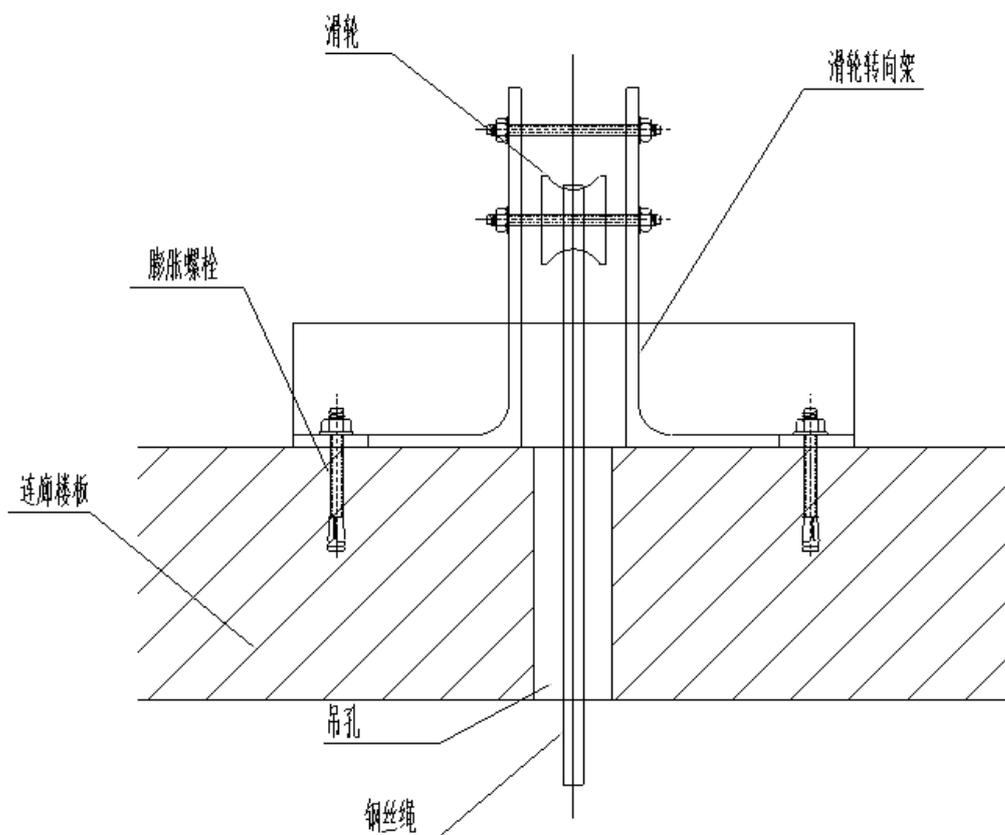


图 4.3-7 吊孔处滑轮转向架

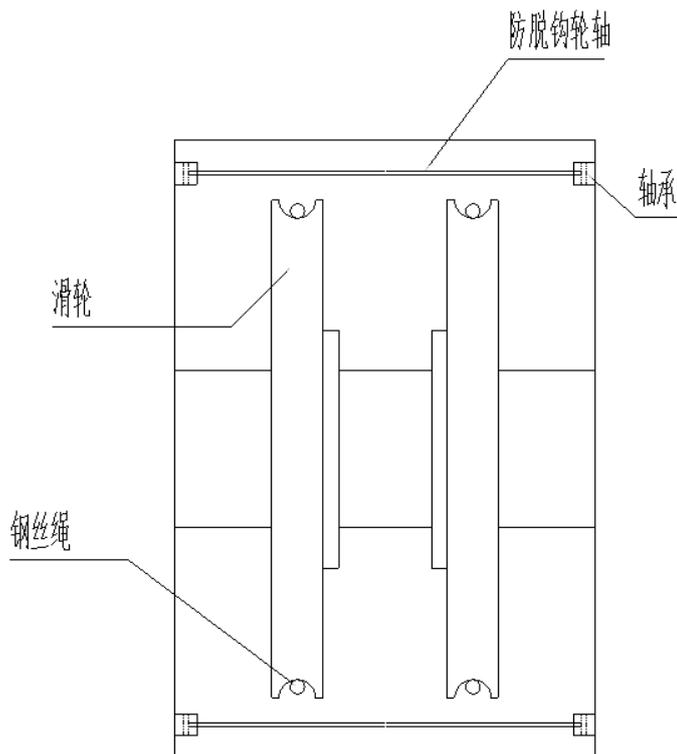


图 4.3-8 定滑轮防脱钩装置

#### 4.3.4 板块垂直提升和固定

1) 影响垂直提升的几个因素：

A、高空风对垂直提升的影响。

B、三台卷扬机同步操作对提升的影响。

C、在提升至靠近连廊底部近距离处，需要精准对接。

2) 针对上述几个影响提升的几个因素，采取了几项措施：

第一条措施：选择静风的天气，避免碰撞到建筑幕墙并有利于起始斜提升的准确到位。

第二个措施：三台卷扬机既有分别控制又有联动同步控制，以便应对提升及最后板块精确对接和就位。

第三个措施：由于钢丝绳通过楼板盲吊板块，有必要在连廊两侧设置电动吊篮，板块吊升过程中，辅助人员可乘吊篮随行监控吊升过程并与卷扬机操作人员协调联系。

### 3) 单元板块的固定：

根据图纸要求。单元体 1~8 这 8 个单元体每个总计均布 10 个固定点。9~10 这两个单元体每个总计均布 5 个固定点。所有固定点附近在钢结构上开  $300 \times 200\text{mm}$  的方洞口，便于施工人员将固定点焊接固定并涂刷防锈漆。当卷扬机将单元板块提升至连廊下部时，停止使用卷扬机提升单元板块，采用 5 个倒链挂到吊点的位置通过人工将单元板块缓慢提升至安装就位位置。所有固定位置如下图所示。

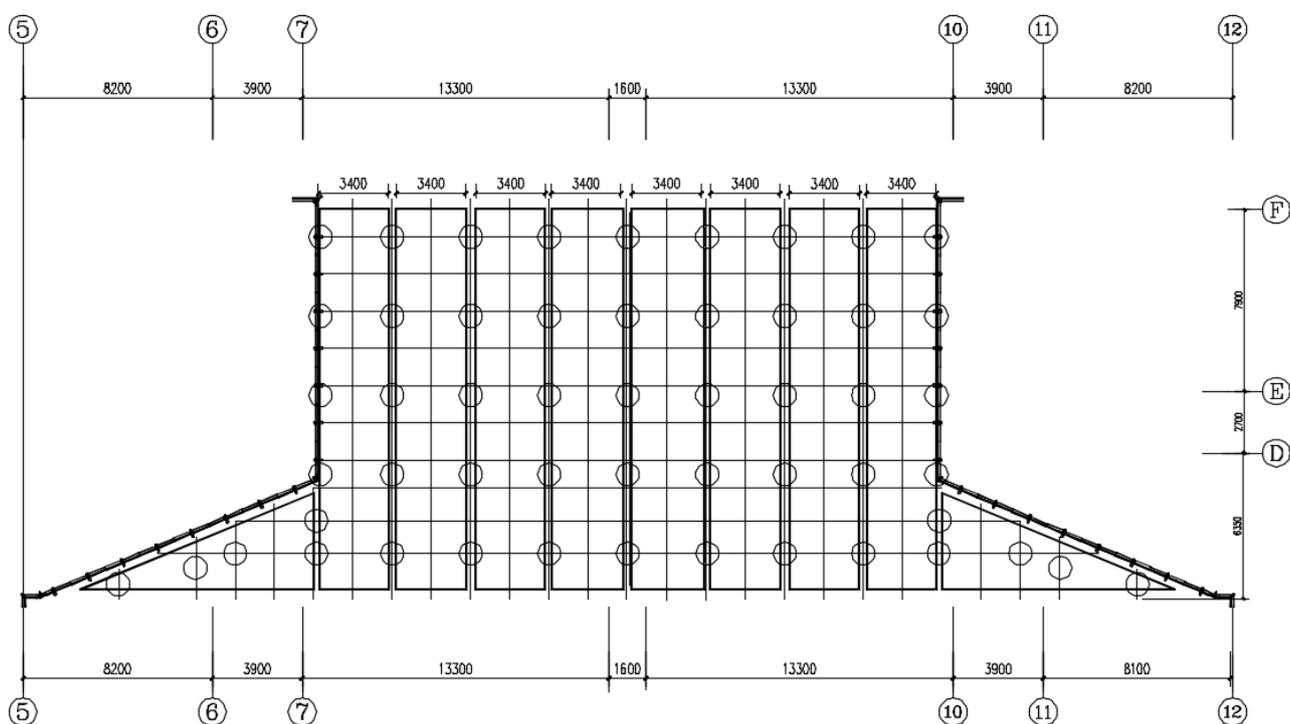


图 4.3-9 固定点位置

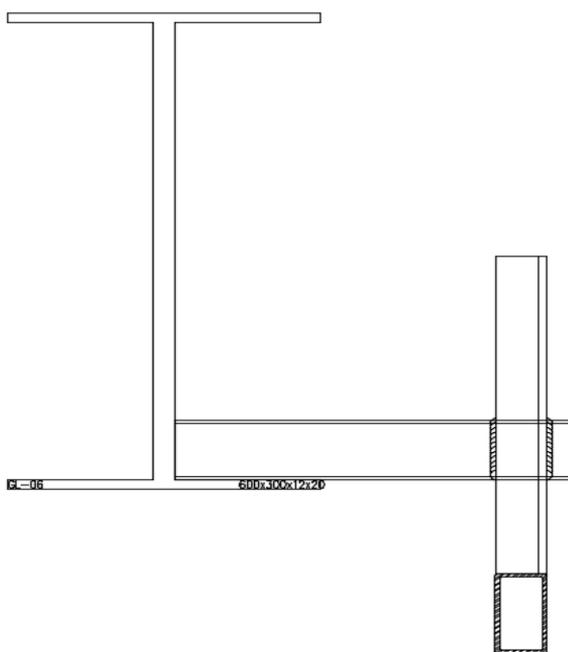


图 4.3-10 固定点连接形式



图 4.3-11 固定点连接

#### 4.4 检查要求

根据图纸设计情况，检查材料包括钢材、铝单板、卷扬机设备、动力钢丝绳、单元板块质量，具体检查项详见下表。

表 4.4-1 检查项

检查内容	检查项	备注
钢材	长度、壁厚、涂层厚度	Q235B
铝单板	尺寸、板厚、涂层厚度	3003H
卷扬机设备	铭牌参数	/
动力钢丝绳	长度及直径	/
单元板块	胶缝宽度及胶深	
	单元板块的焊接质量	
	单元板块的铝板平整度	

## 5 施工保障措施

### 5.1 组织保障措施

#### 5.1.1 安全组织机构

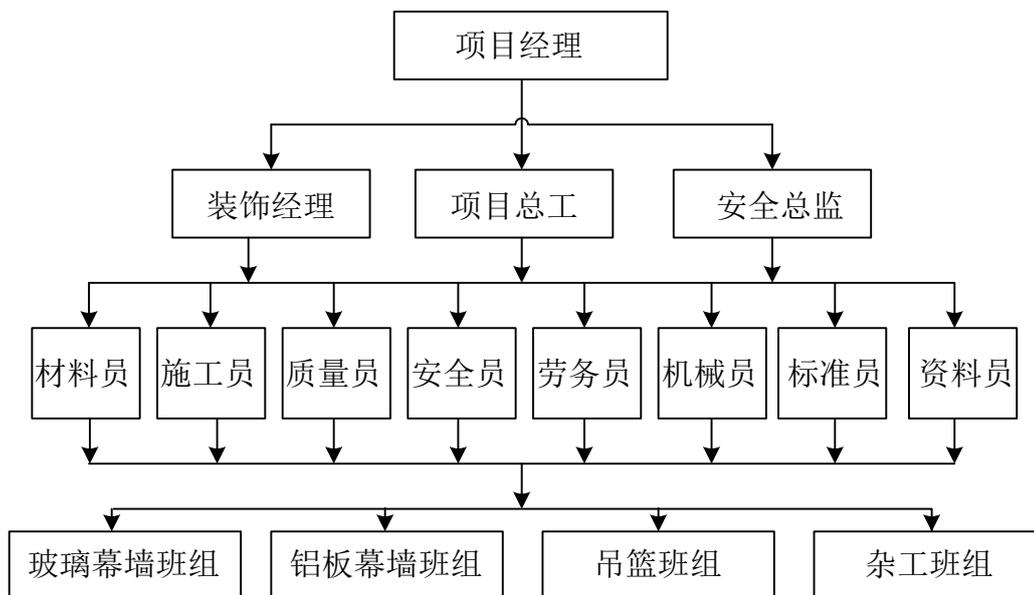


图 5.1-1 项目安全组织机构图

1、安全生产领导小组由项目经理任组长，具体组织机构如下：

装饰项目安全生产领导小组：

组长：项目经理

副组长：装饰经理、安全总监、项目总工

组员：材料员、施工员、质量员、安全员、机械员、资料员、劳务分包及专业分包负责人。

2、安全生产领导小组的职责

(1) 安全生产领导小组拟订落实安全管理目标，组织安全策划，制定安全保证计划，根据保证计划要求，落实资源的配置；

(2) 负责对安全保证体系中的各要素进行职能分配，建立健全各部门、各

岗位的安全生产责任制；

(3) 负责对安全保证体系实施过程中的运行实施监督、检查；

(4) 对安全保证体系运行过程中，出现不符合要素的要求及施工中出现的隐患制定纠正和预防措施，并负责组织对隐患的整改情况进行复查，对纠正和预防措施的实施效果进行验证。

### 5.1.2 安全相关人员安全职责

表 5.1-1 安全相关人员安全职责

序号	岗位 / 部门	安全管理职责
1	项目经理	<p>1 项目经理是施工现场安全生产的第一责任人，负责建立健全安全生产责任制和有关安全生产规章制度。</p> <p>2 全面负责施工现场的安全管理、安全措施、安全生产等，保证施工现场的安全，组织施工过程的策划，组织编制职业健康安全与环境管理规划和管理方案的制定、实施、检查、落实等。</p>
2	项目总工	<p>1 参与或主持编制项目职业健康安全与环境管理方案、管理规划，落实责任并组织实施；组织项目经理部的质量、职业健康安全与环境意识教育和专业技能培训。</p> <p>2 贯彻安全生产方针政策，严格执行安全消防技术规程、规范、标准及合约规定。</p> <p>3 协助项目经理制定本项目安全生产管理办法和各项规章制度，并监督实施。</p>

序号	岗位 / 部门	安全管理职责
		<p>4 组织人员编制安全技术措施和分部工程安全方案,督促安全措施落实,解决施工过程中不安全的技术问题。</p> <p>5 组织安全技术交底,组织编制项目应急预案,落实应急准备和响应。</p> <p>6 参加每周一次的安全检查,对不安全因素定时、定人、定措施予以解决,并落实、检查。</p>
3	装饰经理	<p>直接对专业项目安全生产负责,督促专业项目施工全过程的安全生产,纠正违章,配合有关部门排除施工不安全因素,安排项目经理部安全活动及安全教育的开展,监督劳保用品的发放和使用,并按规定组织检查、做好记录。</p>
4	安全总监	<p>1 对安全生产工作负直接责任。</p> <p>2 执行国家及北京市安全生产的方针、政策、法规和各项规章制度。参与制定并执行项目安全生产管理办法。</p> <p>3 落实有关安全消防管理规定,对进场工人进行安全消防教育和培训,强化职工的安全意识和消防观念。</p> <p>4 组织现场安全生产、消防措施的检查,出现问题及时处理。</p>
5	物资部	<p>1 根据劳动防护用品计划及时供货。</p> <p>2 购置的劳动防护用品必须“三证”齐全(生产许可证、产品合格证、年检证),不符合安全标准的用品必须更换,严禁发放使用。</p>

序号	岗位 / 部门	安全管理职责
		<p>3 按要求做好材料堆放及储存,防止坍塌,仓库配备消防器材。</p> <p>4 组织员工进行安全技术操作规程的教育与学习。</p> <p>5 对现场的机械设备的进场、安拆、使用、维护、检修、保养进行管理,保证设备的安全运行。</p>
6	工程部	<p>1 执行国家及北京市安全生产的方针、政策、法规和各项规章制度,执行本项目安全生产管理办法和要求。</p> <p>2 主持对进场工人进行安全消防教育和培训,指导施工队(班组)正确使用劳动保护用品及消防设施。</p> <p>3 参加专业施工员对工人的安全消防技术交底,强调安全注意事项、不安全因素、可能发生事故的地方。</p> <p>4 深入现场检查安全消防措施的落实情况,发现不安全因素及时纠正,当出现险情时有权采取果断措施,并对违章指挥,不服从管理,违反安全管理规定的施工队(班组)和个人,按照有关规定给予处罚。</p> <p>5 现场发生安全事故时,先采取应急措施,保护好现场,并立即报告。</p> <p>6 行使安全生产奖惩权,及时沟通职业健康安全管理体系的有关信息;</p>
7	技术部	<p>1 认真执行上级有关安全生产规定,合理安排工作,对所管</p>

序号	岗位 / 部门	安全管理职责
		<p>辖消防安全生产负责。</p> <p>2 负责编制本专业的安全消防技术措施,并对作业班组进行技术交底。</p> <p>3 领导班组搞好安全生产活动,组织班组学习安全消防操作规程及安全规定,指导工人正确使用消防设施和劳保用品。</p> <p>4 经常检查作业环境及各种设备、设施的安全状况,发现问题及时纠正解决,对重点、特殊部位施工必须检查作业人员及各种设备、设施技术状况是否符合安全消防要求,严格执行安全消防技术交底制度,落实安全消防技术措施并监督执行。</p> <p>5 做好新工人的岗位教育,负责对班组进行安全消防操作方法的检查指导,制止违章,以身作则,遵章守纪,确保安全生产。</p> <p>6 及时消除各级组织检查发现的整改单和自检发现的不安全隐患,不留隐患。</p>

## 5.2 技术措施

表 5.2-1 相关技术措施一览表

序号	制度名称	主要内容
1	安全生产责任制度	明确各级人员的安全责任,各级职能部门、人员在各自的工作范围内,对实现安全生产要求负责,做到安全生产工作责任横向到边、层层负责,纵向到底,一环不漏。

序号	制度名称	主要内容
2	安全专项方案编制、审查制度	根据建设部《危险性较大分部分项工程安全专项方案编制及专家论证审查办法》及单位技术管理规定，编写相关安全施工方案，并报相应部门审查、论证、审批，从技术上保障生产安全。
3	安全专项资金保障制度	提取专款，用于落实劳动保护用品资金、安全教育培训专项资金以及保证安全生产的技术措施所需资金。
4	班前检查制度	区域责任工程师和专业安全工程必须督促与检查施工方、专业分单位对安全防护措施是否进行了检查。
5	安全教育制度	凡进入施工现场的作业人员，必须先接受入场安全教育，只有具备相应的安全知识，掌握相应的安全技能，经考核合格后方可上岗作业。
6	特种作业持证上岗制度	特种作业人员必须具有良好的安全操作技能，持有相应工种的操作证，经查验后方可上岗，并在施工过程中随时携带备查。
7	安全技术交底制度	根据安全技术方案要求和现场实际情况，各级管理人员需逐级进行书面交底，最终向作业工人交代清楚作业流程、注意事项、可能存在的危险等事宜，并在施工过程中进行指导，检查安全技术交底的落实情况。
8	安全活动制度	安全及文明施工管理部每周组织全体作业人员进行安全教育，对于上一周安全方面存在的问题进行总结，对本周的安全重点做必要的讲解。
9	定期检查与隐患整改制度	项目经理部每周组织一次安全文明施工大检查，由项目领导带队，各部门、各分包单位参与检查，对检查发现

序号	制度名称	主要内容
		的问题进行通报，签发书面整改通知单责成责任单位和责任人整改，并按期复查。
10	机械设备安装验收制度	塔吊、施工电梯等大中型机械设备安装实行验收制，未经验收不得投入使用。
11	安全生产奖罚与事故报告制度	对施工过程中安全工作做得好的分包单位、作业班组、个人进行奖励，对不遵守安全生产规章制度、不落实安全措施方案的分包单位、作业班组及个人进行处罚，以督促整改，并对事故按程序及时进行报告。
12	危急情况停工制度	一旦出现危及人员生命、财产安全的险情，要立即停工，待查明情况、排除险兆后方可复工。
13	重要过程旁站制度	对于危险性大、工序特殊的生产过程，必须有管理人员现场指挥，出现问题及时处理。
14	安全生产奖罚制度	对每次检查中位于前两名的单位给予 1200~3000 元奖励，对最后两名给予 1200~2000 元罚款或停工整顿。
15	持证上岗制度	特殊工种必须持有特种专业上岗操作证，严禁无证操作。

## 6 施工管理及作业人员配备及分工

### 6.1 施工管理人员

1、根据项目实际情况编制以下装饰项目管理组织机构。

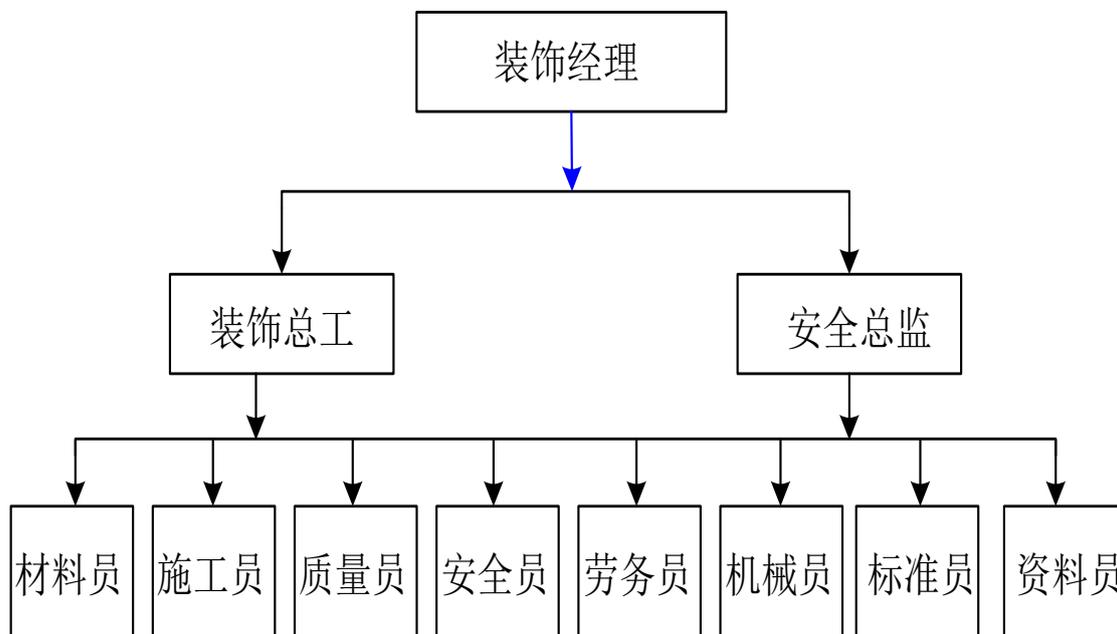


图 6.1-1 项目管理组织机构图

2、根据项目实际情况各岗位管理职责编制以下表格。

表 6.1-1 管理职责配置表

序号	管理职务	姓名	职称（资质）	职责和权限
1	项目经理	徐庆迎	工程师	项目总负责
2	装饰总工	张振恒	工程师	项目技术总负责
3	安全总监	徐波	工程师	施工安全总负责
4	材料员	靳浩文	助理工程师	施工材料的计划、采购、检查、统计、核算
5	施工员	王广庆	助理工程师	施工组织策划、施工技术与管理

6	质量员	尚波	助理工程师	施工质量策划、过程控制、检查、监督、 验收
7	安全员	秦科东	助理工程师	施工安全策划、检查、监督
8	劳务员	邴桂良	助理工程师	劳务管理计划、劳务人员资格审查与培 训，劳动合同与工资管理、劳务纠纷处 理
9	机械员	宋扬	助理工程师	施工机械的计划、安全使用监督检查、 成本统计及核算
10	标准员	徐智园	助理工程师	工程建设标准实施组织、监督、效果评 价
11	资料员	王洪伟	助理工程师	施工信息资料的收集、整理、保管、归 档、移交

## 6.2 专职安全人员

根据项目实际情况专职安全人员编制出已下表格。

表 6.2-1 专职安全人员配置表

序号	管理职务	姓名	职称（资质）	职责和权限
1	安全总监	徐波	工程师	施工安全总负责
2	安全员	秦科东	助理工程师	施工安全策划、检查、监督

## 6.3 特种作业人员

根据项目实际情况特种作业人员编制出已下表格。

表 6.3-1 特种作业人员配置表

序号	姓名	工种	岗位职责
1	张建修	焊工	焊接龙骨
2	王勇军	焊工	焊接龙骨
3	张彦昌	焊工	焊接龙骨
4	王辉	焊工	焊接龙骨、单元板块固定焊接
5	李自明	焊工	焊接龙骨、单元板块固定焊接
6	丁永寿	焊工	焊接龙骨、单元板块固定焊接

#### 6.4 其他作业人员

根据项目实际情况其他作业人员编制出已下表格。

表 6.4-1 其他作业人员配置表

序号	姓名	工种	岗位职责
1	赵红达	幕墙安装工	龙骨下料
2	刘志业	幕墙安装工	龙骨下料
3	刘建章	幕墙安装工	龙骨骨架尺寸符合及测量放线
4	孙文行	幕墙安装工	单元板块吊装、安装
5	孙德军	幕墙安装工	单元板块吊装、安装
6	赵立辉	幕墙安装工	单元板块吊装、安装
7	周振海	幕墙安装工	单元板块吊装、安装
8	毕宜春	幕墙安装工	单元板块吊装、安装
9	滕志强	幕墙安装工	单元板块吊装、安装

10	王安志	幕墙安装工	单元板块吊装、安装
11	王宏	打胶工	铝板打胶
12	李玉成	打胶工	铝板打胶
13	李琦	打胶工	铝板打胶

## 7 验收要求

### 7.1 验收标准

#### 1、铝板幕墙主控项目

1) 各种连接件、紧固件外观应平整，不得有裂纹、毛刺、凹坑、变形等；防腐层应完整、无破损。

2) 铝板幕墙与主体结构连接的各种连接件、紧固件必须安装牢固，其数量、规格、位置、连接方法和防腐处理应符合设计要求；各种连接件、紧固件的螺栓应有防松动措施；焊接连接应符合设计要求和焊接规范的规定。

3) 梁、柱连接应牢固不松动，两端连接处应设弹性橡胶垫片；连接件、螺栓的规格、品种、数量应符合设计要求；应符合设计要求

4) 变形缝构造、施工处理应符合设计要求；单面平整、宽窄一致，无凹瘪和变形；变形缝单面与两侧幕墙结合处不得渗漏。

5) 铝板幕墙应无渗漏，在易渗漏部位进行淋水检查。

6) 铝板幕墙密封胶的打注应饱满、密实、连续、均匀，无气泡、无裂缝，宽度和厚度应符合规范及设计要求。

7) 铝板幕墙安装应牢固，强度、刚度应符合规范及设计要求。

8) 幕墙防火构造必须符合规范及设计要求；防火材料品种及耐火等级应符合规范及标准规定；防火材料应安装牢固、饱满、均匀、无遗漏，并应严密无缝隙,厚度符合规范及设计要求。

9) 铝板幕墙的防雷装置必须与主体结构的防雷装置可靠连接、无松动；幕墙所有金属框架应互相连接，形成导电通路；连接材料的材质、截面尺寸、连接长度必须符合规范及设计要求。

10) 铝板幕墙的安装质量应符合表 7.1-1 的要求。

表 7.1-1 玻璃幕墙的安装质量主控项目的检验

序号	工艺流程	检查项目		允许偏差	检验方法
1	安装位置	水平度		$\leq \pm 5\text{mm}$	水平仪、铅垂仪、线锤、钢卷尺等仪器复核
		中心位移		$\leq \pm 3\text{mm}$	
2	安装连接钢件	同一层托臂水平度		$\leq \pm 20\text{mm}$	用钢卷尺以水平线为基准检查水平度、扭拧度和不平齐度；用钢尺检测连接件间距
		托臂面扭拧度		$\leq \pm 0.5\text{mm}$	
		同一层托臂外伸不平齐度		$\leq \pm 2\text{mm}$	
		焊缝高度		$\leq 6\text{mm}$	
		同一预埋板上两连接件距离 (70mm)		$\leq \pm 2\text{mm}$	
3	安装竖龙骨	相邻两竖向构件间距偏差	$\leq 2\text{mm}$	钢卷尺构件顶部测量	相邻两竖向构件间距偏差
		竖向构件直线度		$\leq 2.5\text{mm}$	用 2m 靠尺、塞尺测量
		构件外表面平直度 (相邻三构件)		$\leq 2\text{mm}$	用钢直尺和尼龙绳测量
		构件外表面平直度 (宽度 $b \leq 40\text{m}$ )		$\leq 7\text{mm}$	
4	安装	单个横向构件水平度 ( $l \leq 2\text{m}$ )		$\leq 2\text{mm}$	用水平尺测量

	横龙骨	相邻两横向构件间距差（间距 $s \leq 2m$ ）	$\leq 1.5mm$	用钢卷尺测量
		相邻两横向构件端部标高差	$\leq 1mm$	用水平仪、钢直尺测量
		幕墙横向构件高度差（宽度 $b > 35m$ ）	$\leq 7mm$	用水平仪测量
		分割框对角线差（对角长度 $l \leq 2m$ ）	$\leq 3mm$	用对角尺测量
		分割框对角线差（对角长度 $l > 2m$ ）	$\leq 3.5mm$	
5	安装	幕墙平面度	$\leq 2.5mm$	2m 靠尺、塞尺， 游标卡尺
	铝板	相邻铝板接缝高低差	$\leq 1mm$	

## 2、铝板幕墙质量控制一般项目

### 1) 每平方米铝板的表面质量和检验方法应符合表 7.1-2 的规定

表 7.1-2 玻璃的表面质量和检验方法表

项次	项目	质量要求	检验方法
1	明显划伤和长度 $< 100mm$ 的轻微划伤	不允许	观察
2	长度 $\leq 100mm$ 的轻微划伤	$\leq 8$ 条	用钢尺检查
3	擦伤总面积	$\leq 500 m^2$	用钢尺检查

## 7.2 验收程序及人员

根据吊顶幕墙的工序，验收程序相关见下表。

表 7.2-1 验收程序

序号	施工阶段	验收项目	参与验收单位
1	钢材及铝板进场	材料质量	建设单位、监理单位、施工单位
2	吊装设备的进场 与安装	设备质量及安装安 全检查	建设单位、监理单位、施工单位
3	吊装设备的试吊	设备的功率与单元 板块的匹配	建设单位、监理单位、施工单位
4	钢龙骨单元组装 完成	焊接质量及龙骨尺 寸	建设单位、监理单位、施工单位
5	铝板安装完成	铝板安装质量检查	建设单位、监理单位、施工单位
6	铝板打胶完成	打胶质量检查	建设单位、监理单位、施工单位
7	单元幕墙吊装及 就位固定	焊接质量及隐蔽验 收	建设单位、监理单位、施工单位

### 7.3 验收内容

- (1) 检查基础结构，转接件及底板角码安装。
- (2) 主龙骨、次龙骨制作与安装。
- (3) 铝板幕墙框架制作与铝板安装。
- (4) 填充泡沫材料，打耐候胶。
- (5) 检查幕墙防雷防火。
- (6) 吊装设备安装完成进行设备的验收
- (7) 吊装设备安装完成进行单元板块的试吊。

在自检合格的基础上，委托专业机构对幕墙进行检测，总包单位（技术负

责人、机械负责人、安全负责人）、监理单位（监理工程师、总监理工程师）等相关人员共同参加幕墙验收，验收合格后填写幕墙验收表并做好书面交接方可投入使用，不合格的应按要求整改到位重新验收，直至验收合格为止。幕墙的验收与交接按市建委相关法律、法规执行，签字交接。

## 8 应急处置措施

### 8.1 应急管理机构

应急机制小组分二级，第一级直接对接现场，由项目经理部领导成员组成，这也是事件发生第一反应小组，也是事件的控制中心。第二级间接对接现场，由企业总部高层领导成员组成，支持、服务于第一级应急小组工作。

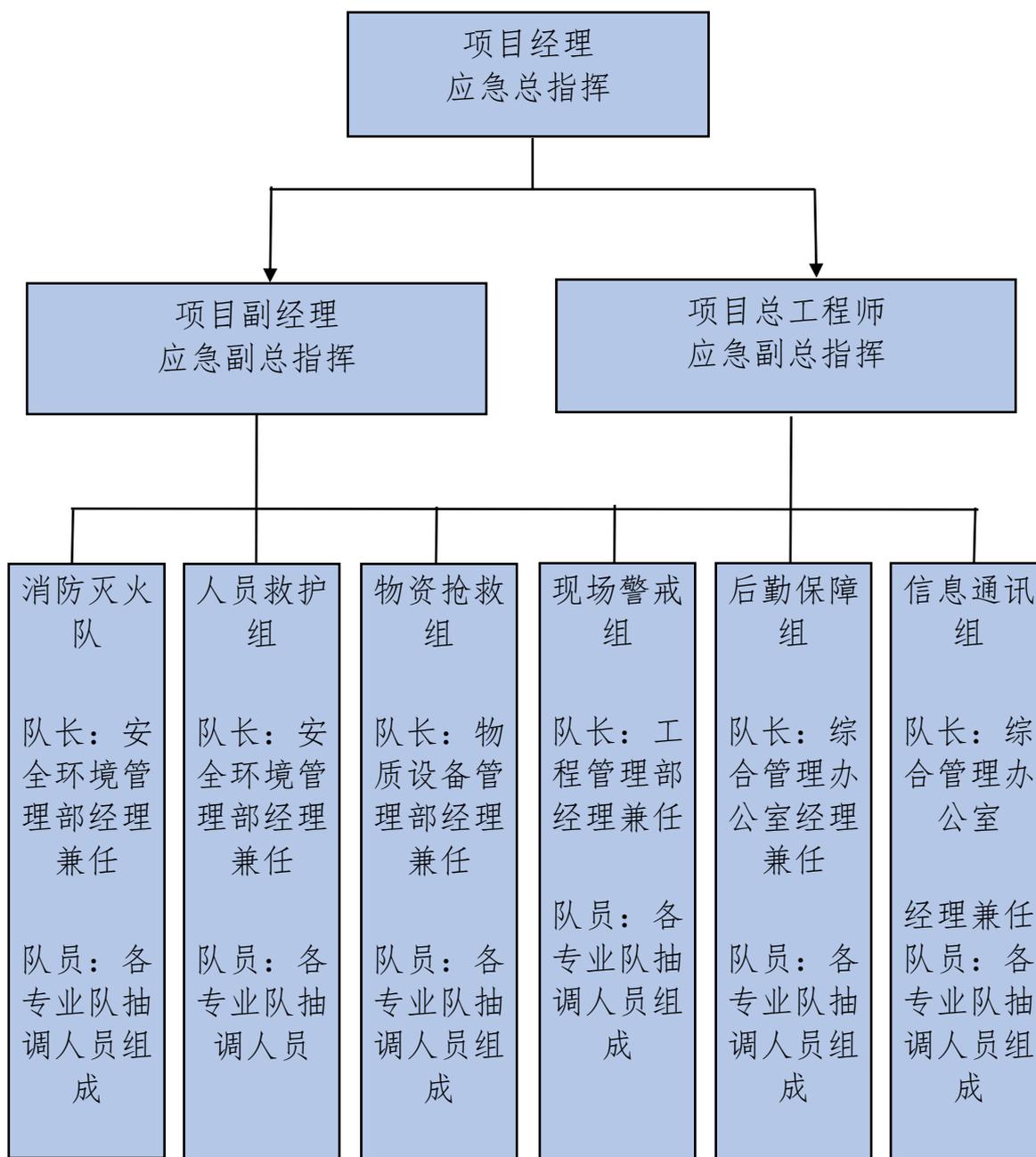


图 8.1-1 应急管理组织机构图

表 8.1-1 应急救援成员电话及应急电话一览表

序号	应急小组职务	成员姓名	电话
1	总指挥	张伟	131*****57
2	副总指挥	徐庆迎	183*****43
2	设备组组长	张振恒	159*****75
3	急救疏散组	秦科东	157*****56
4	小组成员	王广庆	139*****25
5	小组成员	靳浩文	150*****23
6	小组成员	邴桂良	176*****41
7	小组成员（劳务）	许建春	186*****61
应急电话			
序号	应急单位	电话	
1	医院急救	120	
2	消防报警	119	
3	派出所报警	110	

## 8.2 应急事件及其应急措施

1、火灾：施工作业的特点、所用材料的性质以及施工现场环境的复杂性决定了火灾事故的易发。

1) 气、电焊割违反安全操作规定。

此类火灾发生频率较高，由焊渣落在可燃物上引起；另外由于电焊机过负荷及装饰物受焊接传热着火引起火灾。

## 2) 易燃易爆气体处理不当。

装修过程中使用的油漆、防水涂料、稀料等，可挥发产生易燃易爆气体，由于通风不良，不易散发，易在局部达到爆炸极限，遇明火或火花会引起爆炸。

## 3) 配电箱与电气线路安装不当。

配电箱安装在可燃物上或安装不牢，施工震动导致配电盘绝缘破坏引起短路引起火灾。电线应该穿阻燃管的用一般绝缘管代替，或干脆不穿；有的装了接线盒却不装盖子，有的甚至连接线盒也省，从而引起线路短路打火。

## 4) 电器灯具安装使用不当。

《建筑内部装修设计防火规范》3.1.11 规定，照明灯具的高温部位，当靠近非 A 级装修材料时，应采取隔热、散热等防火保护措施，灯饰所用材料的燃烧性能等级不应低于 B1 级。然而在实际施工中，有的工人用 200W 照明灯烤物品、挂在易燃装饰物墙上，或轨道灯安装不当，灯具开关打火引爆可燃气体等火灾事故时有发生。

2、物体打击、坠落：高空坠落、物体打击事故发生在脚手架作业、各类登高作业、塔吊作业、外用电梯安装作业及洞口临边作业等。临边是指深度超过 2m 的槽、坑、沟、楼层的周边；无外脚手架的屋面和框架结构楼层的周边；楼梯口的梯段边；尚未安装的栏板、栏杆的阳台、料台、挑平台的周边；临边的不安全因素很多，是施工中防止人、物坠落伤人的重要部位。

3、触电：建筑施工现场的触电事故主要是由于配电线路架设、电气设备安装和起重机械运行不符合安全技术要求，以及存在临时观点想凑合使用，从而乱拉乱接电线等现象所造成。分析其原因主要有以下几种：

### 1) 违章在高压线下施工或在高压线下施工时不遵守操作规程，使金属构件

物接触高压线路而造成触电。

2) 施工供电线路架设不符合安装规程，导致漏电，经常可能使人碰到导线或由跨步电压造成触电。

3) 由于电气设备损坏或不符合规格，又没有定期检修，以至绝缘老化、破损而漏电，酿成事故。

4、大风天气：根据济南市往年3月和4月的风力情况，静风天气和4级风以上天气分别占一半。因此存在大风天气影响吊装带来很大风险隐患。因此分析大风天气带来的隐患如下。

- 1) 大风天气临边作业未挂安全带引发高空坠落
- 2) 正在起吊时突发大风，单元板块受风力影响发生板块坠落。

### 8.3 救援医院信息

图 8.3-1 救援医院信息



## 8.4 应急物质准备

表 8.4-1 应急救援物资一览表

序号	物资名称	类型	事故类型	数量	存放位置
1	干粉灭火器	手提式	火灾、爆炸	10	仓库
2	安全指示灯	-	火灾	10	仓库
3	安全应急灯	-	火灾	10	仓库
4	安全帽	普通型	火灾、爆炸	20	仓库
5	急救箱	简单处理药品	人员伤亡事故	3	仓库
6	手电筒	普通型	各类事故	10	仓库
7	梯子	专用型	火灾	4	仓库
8	消防水栓	专用型	火灾	5	仓库
9	防毒面具	隔离型	火灾	4	仓库
10	警钟	报警器	火灾	2	仓库
11	救援担架	专用型	各类事故	2	仓库
12	防火救援服	专用型	火灾	2	仓库

## 9 计算书

### 1.0 荷载计算:

$$G_k = 1300 \text{kg} \cdot 10 \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \frac{1}{5} \quad G_k = 2.6 \cdot \text{kN}$$

重力荷载分项系数 1.35

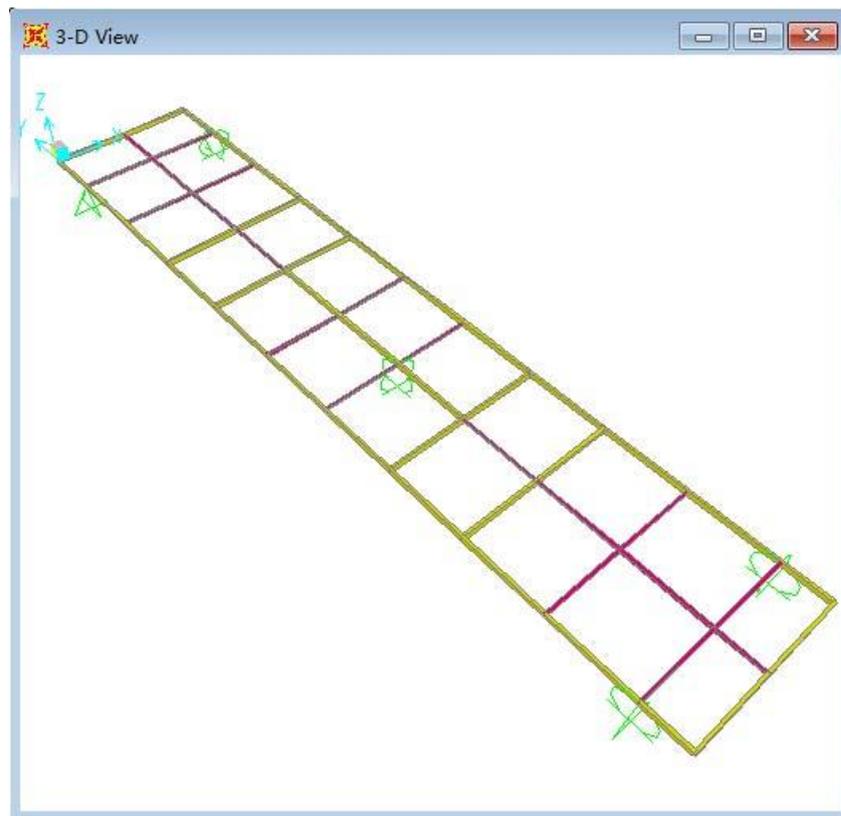
考虑动荷载作用系数 1.3

作用在钢架上的集中荷载设计值

$$G = 1.35 \cdot 1.3 \cdot G_k \quad G = 4.56 \cdot \text{kN}$$

### 2.0 试用 SAP2000 有限元软件对结构分析:

#### 2.1 结构模型:

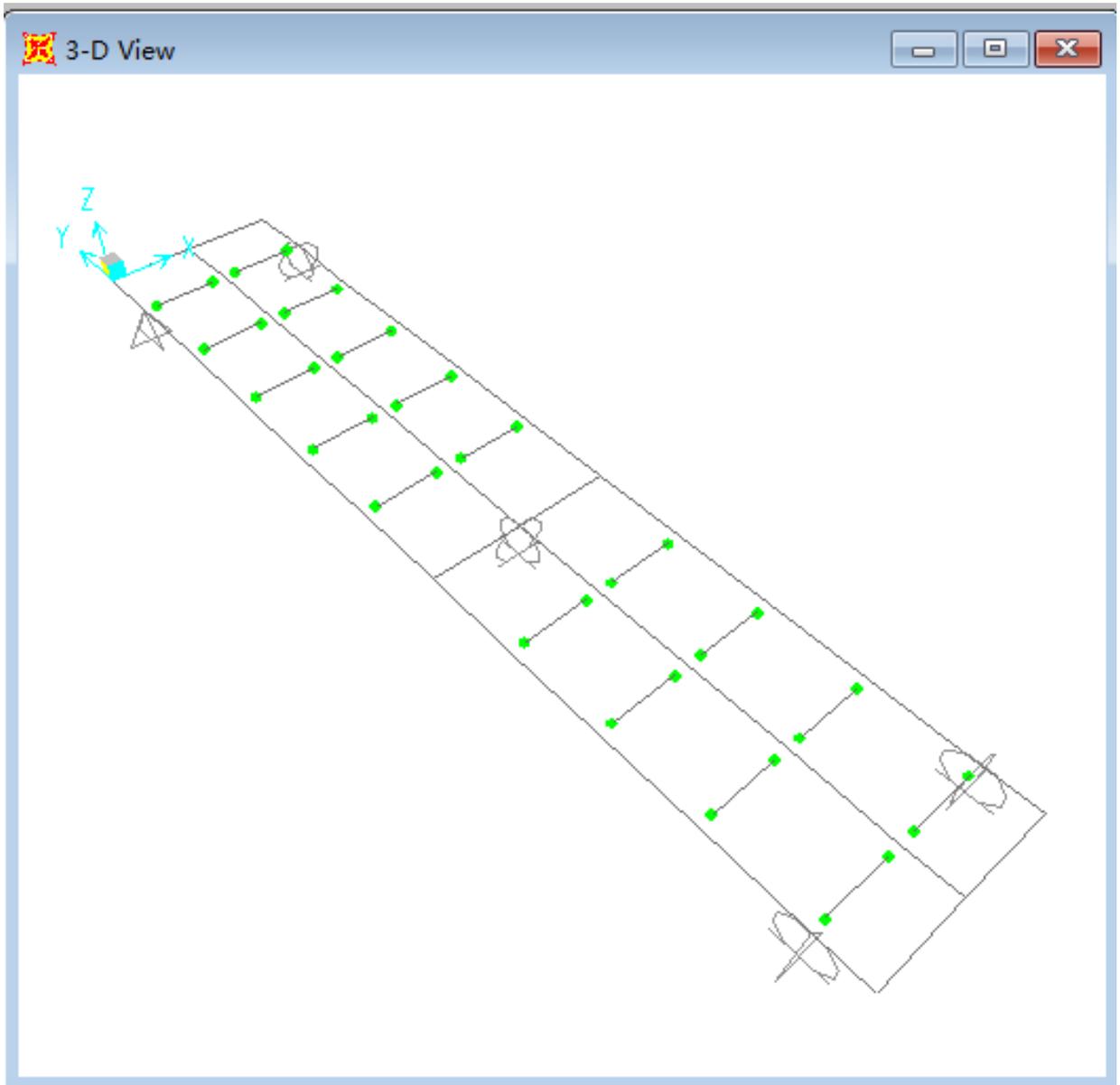


杆件截面 (Q235B):

黄色--100\*50\*4 钢管

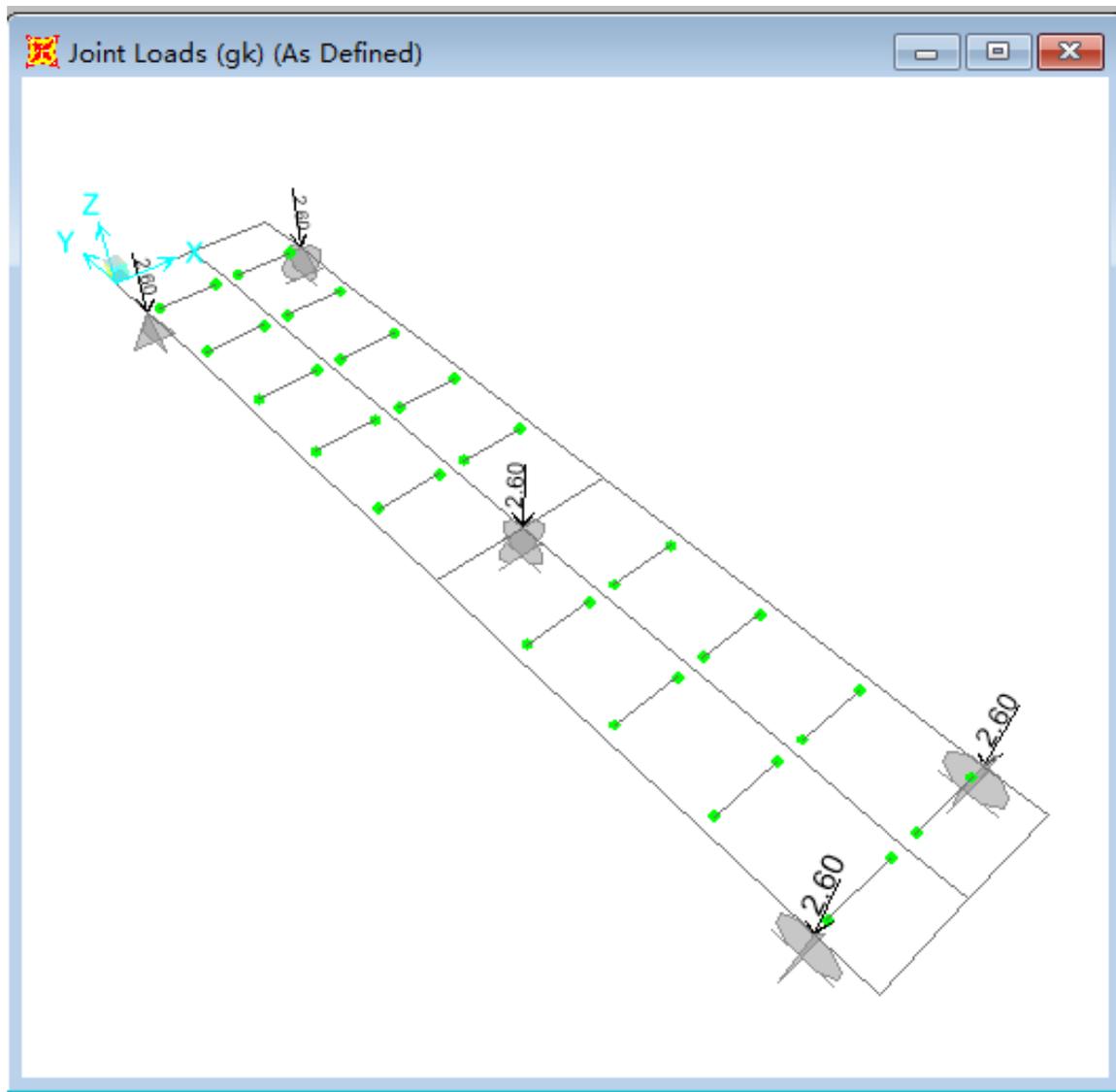
红色--50\*50\*4 钢管

弯矩释放：



施加荷载：

施加荷载 gk: (单位 kN)



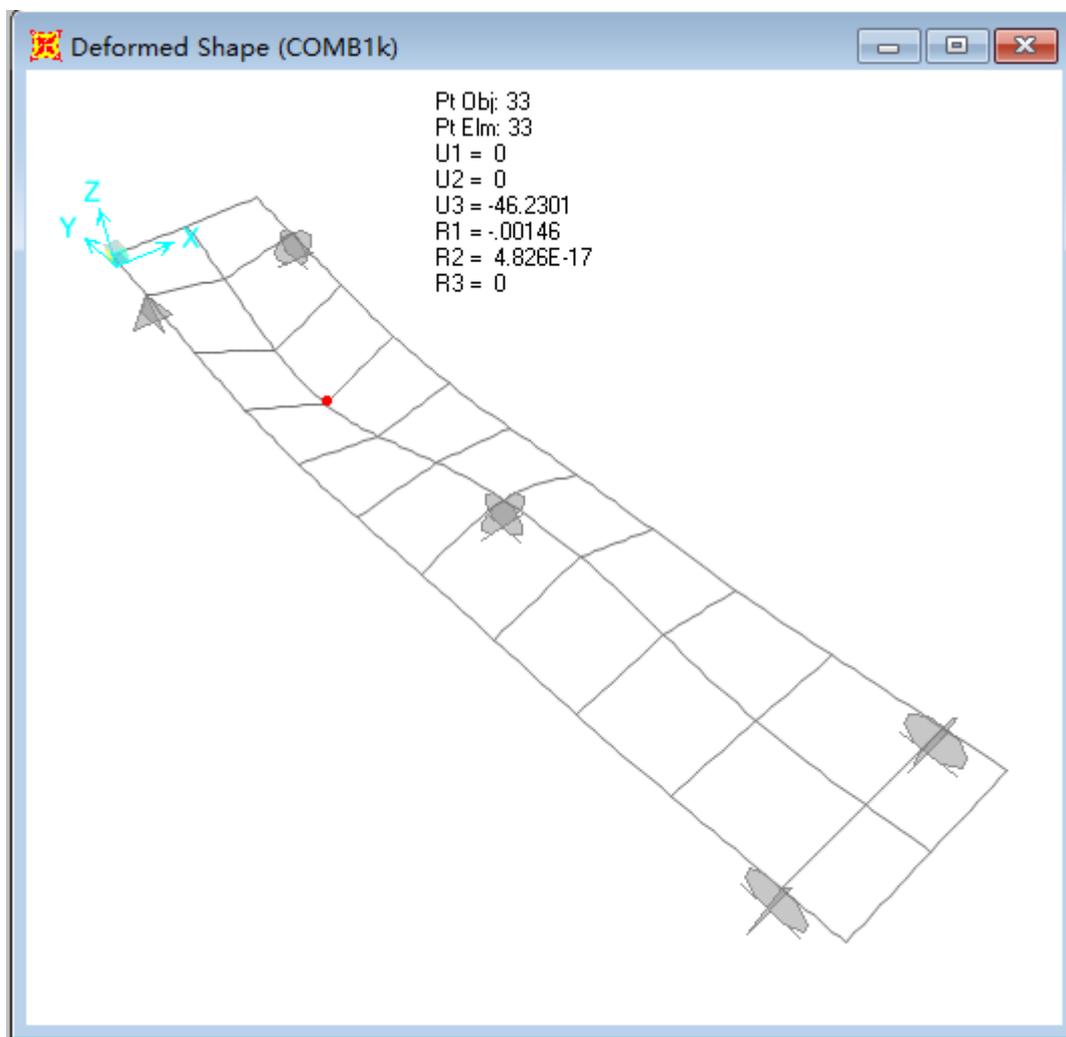
荷载组合：

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
COMB1k	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
COMB1k			Linear Static	gk	1
COMB1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.3
COMB1			Linear Static	g	1

注：DEAD 为钢骨架自重由程序自动载入。

## 2.2 单元挠度校核:

运行工况后输出此结构的挠度变形值:

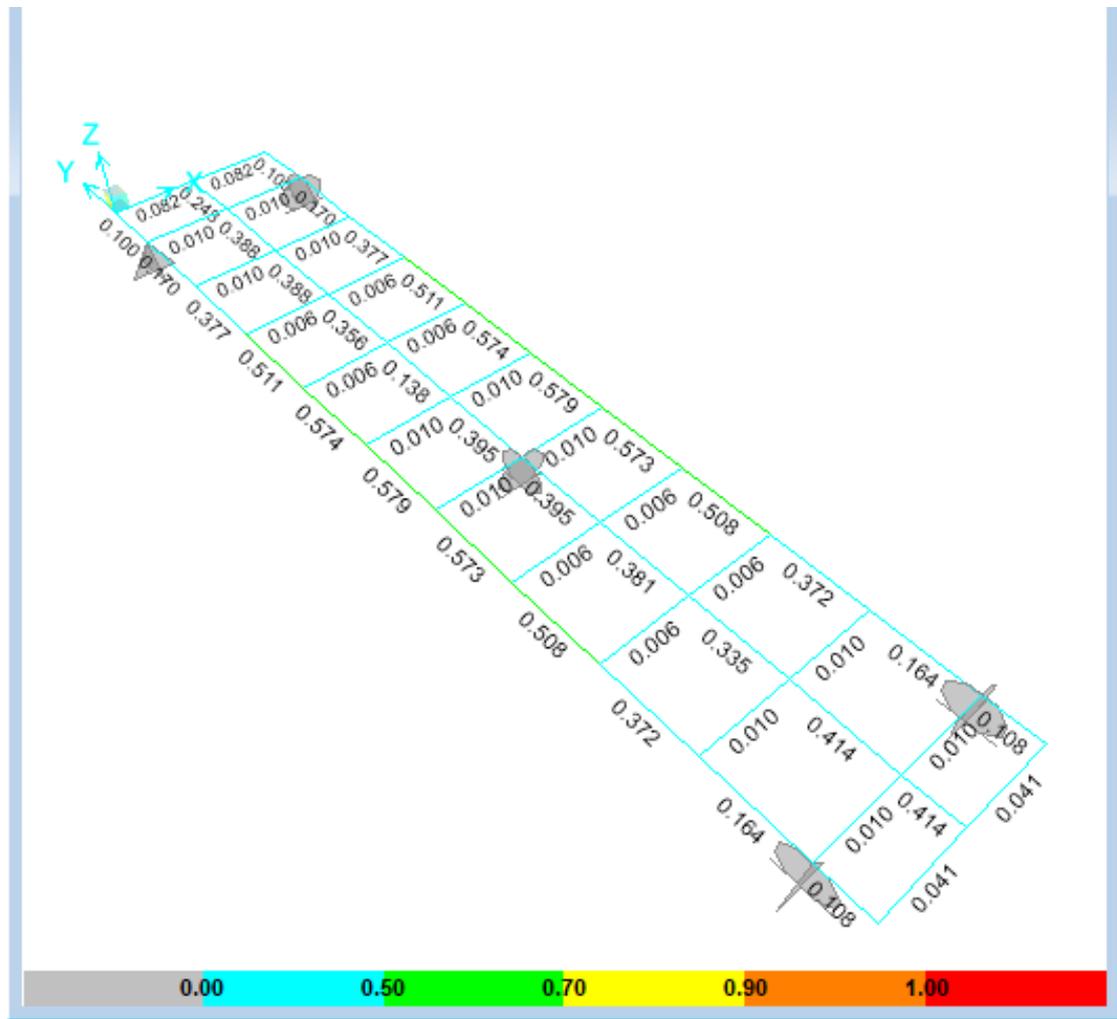


最大挠度值:  $d_f=46.23\text{mm}$

$d_f=46.23\text{mm} < 16650\text{mm} / 250\text{mm}=66.6\text{mm}$  安全

### 2.3 钢架强度校核:

运行工况后输出此结构的应力-强度比:



由上可知应力-强度比最大值为:  $0.579 < 1.0$  安全

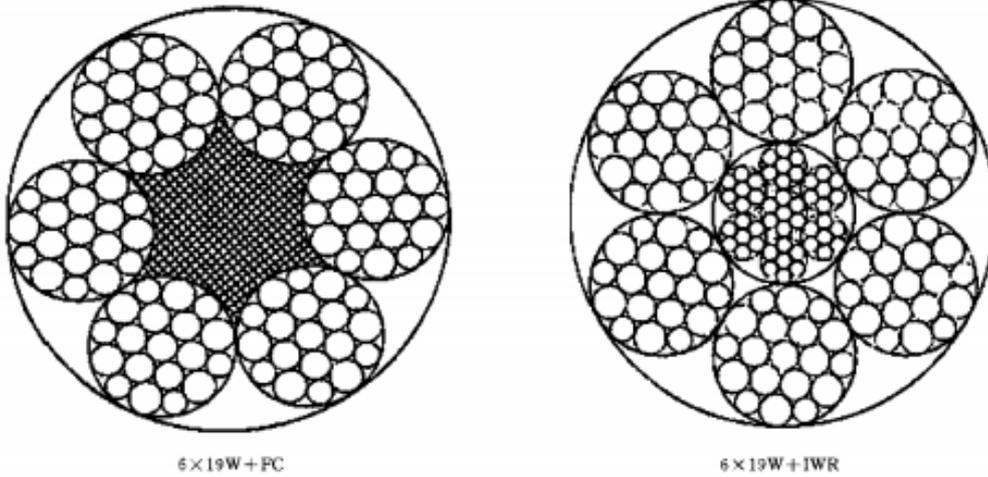
故此钢结构安全。

### 2.4 吊装钢丝绳选择与验算 :

TABLE: Joint Reactions									
Joint	Input	Case	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
9	COMB1	Combination		0	0	6.30	0	0	0
10	COMB1	Combination		0	0	6.30	0	0	0
27	COMB1	Combination		0	0	6.09	0	0	0
28	COMB1	Combination		0	0	6.09	0	0	0
36	COMB1	Combination		0	0	6.82	0	0	0

钢丝绳上的最大拉力:  $N_t = 6.82\text{kN}$

第2组 6×19类 表 10 图 (续)



直径: 12 mm~40 mm

表 10 力学性能

钢丝绳结构 6×19S+FC 6×19S+IWR 6×19W+FC 6×19W+IWR

钢丝绳 公称直径		钢丝绳参考重量/ (kg/100 m)		钢丝绳公称抗拉强度/MPa										
				1570	1670	1770	1870	1960	钢丝绳最小破断力/kN					
D/mm	允许偏差 /%	天然 纤维芯 钢丝绳	合成 纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳	纤维芯 钢丝绳	钢芯 钢丝绳
12		53.1	51.8	58.4	74.6	80.5	79.4	85.6	84.1	90.7	88.9	95.9	93.1	100
13		62.3	60.8	68.5	87.6	94.5	93.1	100	98.7	106	104	113	109	118
14		72.2	70.5	79.5	102	110	108	117	114	124	121	130	127	137
16		94.4	92.1	104	133	143	141	152	150	161	158	170	166	179
18		119	117	131	168	181	179	193	189	204	200	216	210	226
20		147	144	162	207	224	220	238	234	252	247	266	259	279
22		178	174	196	251	271	267	288	283	304	299	322	313	338
24	+5	212	207	234	298	322	317	342	336	363	355	383	373	402
26	0	249	243	274	350	378	373	402	395	426	417	450	437	472
28		289	282	318	406	438	432	466	458	494	484	522	507	547
30		332	324	365	466	503	496	535	526	567	555	599	582	628
32		377	369	415	531	572	564	609	598	645	632	682	662	715
34		426	416	469	599	646	637	687	675	728	713	770	748	807
36		478	466	525	671	724	714	770	757	817	800	863	838	904
38		532	520	585	748	807	796	858	843	910	891	961	934	1010
40		590	576	649	829	894	882	951	935	1010	987	1070	1030	1120

选用 6\*19(a类)直径为 16 的钢丝绳(抗拉强度 1670MPa 纤维芯钢丝绳),  
根据 GB/T20118-2006, 计算其许用拉力:

钢丝绳的破断拉力总和： $P_g = 141kN$

钢丝绳的换算系数： $\alpha = 0.85$

钢丝绳的安全系数： $K = 11$

钢丝绳的容许拉力： $S_{allow} = \frac{\alpha \cdot P_g}{K}$ ， $S_{allow} = 10.9 \cdot kN > N_t = 6.82 \cdot kN$  OK!

所以选用 6\*19 (a 类) 直径为 16mm 的钢丝绳 (抗拉强度 1670MPa) 满足要求!

### 3.0 支座计算

SAP2000 导出支座反力

TABLE: Joint Reactions									
Joint	Output	Case	Case Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
9	COMB1	Combination		0	0	6.30	0	0	0
10	COMB1	Combination		0	0	6.30	0	0	0
27	COMB1	Combination		0	0	6.09	0	0	0
28	COMB1	Combination		0	0	6.09	0	0	0
36	COMB1	Combination		0	0	6.82	0	0	0

最大支座反力:

$$R_h = 0 \quad R_h = 0 \cdot kN \quad (\text{水平支座反力})$$

$$R_v = 6.82kN \quad R_v = 6.82 \cdot kN \quad (\text{竖直支座反力})$$

### 3.1 龙骨焊接处焊缝强度验算

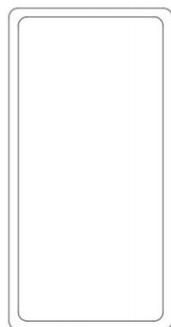
试用 4mm 厚沿钢通四面围焊角焊缝作为连接焊缝

连接焊缝的截面属性:

$$\text{连接焊缝的厚度:} \quad h_f = 4mm$$

$$\text{连接焊缝的长度:} \quad D_{fw} = 100mm \quad B_{fw} = 50mm$$

$$\text{连接焊缝的有效厚度:} \quad h_e = 0.7 \cdot h_f \quad h_e = 2.8 \cdot mm$$



Area=: 808.64  
 lx=: 1.0523e+006  
 ly=: 352242.0  
 Yx=: 50.0  
 Yy=: 25.0  
 Wx=: 21046.0  
 Wy=: 14089.7

连接焊缝的有效截面积:

$$A_{fw} = 808mm^2$$

连接焊缝的截面弹性抵抗矩:

$$W_{xc\_fw} = 21046mm^3$$

$$W_{yc\_fw} = 14089mm^3$$

作用在连接焊缝截面上的最不利荷载:

$$V_{fw\_h} = R_h \quad V_{fw\_h} = 0 \cdot N \quad (\text{水平支座反力})$$

$$V_{fw\_v} = R_v \quad V_{fw\_v} = 6820 \cdot N \quad (\text{竖直支座反力})$$

作用在连接焊缝截面上的最大弯距:

$$M_{fw} = V_{fw\_v} \cdot 25mm + V_{fw\_h} \cdot 25 \cdot mm \quad 25mm\text{-为混凝土结构误差}$$

$$M_{fw} = 170500 \cdot N \cdot mm$$

连接焊缝上的最大弯曲应力:

$$\sigma_{fw1} = \frac{M_{fw}}{W_{xc\_fw}} + \frac{V_{fw\_h}}{A_{fw}} \quad \sigma_{fw1} = 8.1 \cdot MPa < f_{fw} = 160 \cdot MPa \text{ 安全}$$

连接焊缝上的最大剪应力:

$$\tau_{fw} = \frac{V_{fw\_v}}{A_{fw}} \quad \tau_{fw} = 8.44 \cdot MPa < f_{fw} = 160 \cdot MPa \text{ 安全}$$

连接焊缝的强度为:

$$\sigma_{fw} = \sqrt{\tau_{fw}^2 + \left(\frac{\sigma_{fw1}}{1.22}\right)^2} \quad \sigma_{fw} = 10.74 \cdot \text{MPa} < f_{fw} = 160 \cdot \text{MPa} \text{ 安}$$

全

故采用 4mm 厚沿钢通四面围焊角焊缝作为连接焊缝安全!

### 3.2 后补埋件计算

$$\text{作用在支座上的拉力: } N_t = R_v \quad N_t = 6.82 \cdot \text{kN}$$

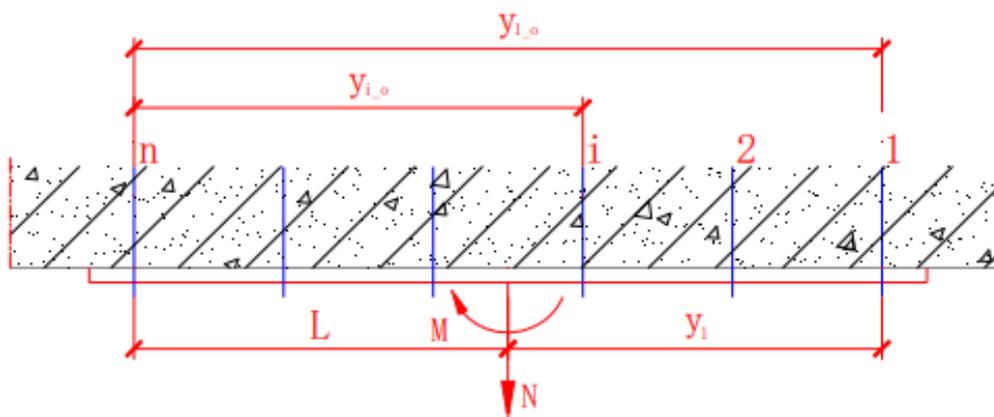
$$\text{作用在支座上的剪力: } V = R_h \quad V = 0 \cdot \text{kN}$$

$$\text{因偏心而产生的附加弯矩: } M_{em} = R_h \cdot 25\text{mm} + R_v \cdot 25\text{mm} \quad M_{em} = 0.17 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

计算锚栓的承载力:

试用 4 颗 4.6 级 M12 的后扩底锚栓, 混凝土等级为 C30, 竖向最外排锚栓间距为 100mm。此处按照《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-2013 的规定计算。

计算模型:



$y_1, y_i$ --锚栓 1 及  $i$  至群锚形心轴的垂直距离:

$y_{1,0}, y_{i,0}$ --锚栓 1 及  $i$  至受压一侧最外排锚栓的垂直距离:

$L$ --轴力作用点至受压一侧最外排锚栓的垂直距离:

$$y_1 = 50\text{mm} \quad y_{1,0} = 100\text{mm} \quad L = 50\text{mm}$$

作用在每颗锚栓上的最大拉力：

$$N_{ab\_h} = \frac{N_t}{4} - \frac{M_{em} \cdot y_1}{4 \cdot y_1^2} \quad N_{ab\_h} = 0.85 \cdot kN$$

$$N_{per} = \begin{cases} \frac{N_t}{4} + \frac{M_{em} \cdot y_1}{2 \cdot y_1^2} & \text{if } N_{ab\_h} > 0 \cdot N \\ \frac{(N_t \cdot L + M_{em}) \cdot y_{1-0}}{2 \cdot y_{1-0}^2} & \text{if } N_{ab\_h} \leq 0 \cdot N \end{cases} \quad N_{per} = 3.41 \cdot kN$$

作用在每根锚栓上的剪力设计值：

$$V_{per} = \frac{1}{4} \cdot V \quad V_{per} = 0 \cdot kN$$

锚栓群上的总拉力：

$$N_g = N_t \quad N_g = 6.82 \cdot kN$$

锚群上的总剪力：

$$V_g = V \quad V_g = 0 \cdot kN$$

受拉锚栓合力点相对于群锚受拉锚栓重心的偏心距  $e_N$ ：

① 第一种情况的群锚单向偏心受拉：

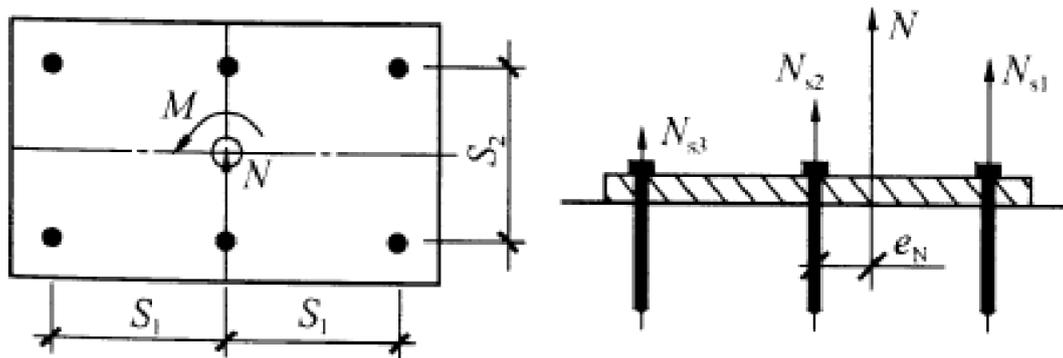


图 5.2.4-1 第一种情况的群锚单向偏心受拉示意

$$e_N = \frac{M_{em}}{N_t} \quad e_N = 25 \cdot mm$$

1) 锚群的受拉承载力计算：

**a.锚栓钢材受拉破坏验算**

锚栓直径  $D = 12mm$

$$\text{锚筋应力截面积: } A_s = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad A_s = 113.1 \cdot mm^2$$

锚栓极限抗拉强度标准值:  $f_{stk} = 400MPa$

锚栓屈服强度标准值:  $f_{yk} = 240MPa$

锚栓钢材受拉承载力标准值:  $N_{Rk.s} = f_{yk} \cdot A_s \quad N_{Rk.s} = 27.14 \cdot kN$

锚栓钢材受拉承载力分项系数:  $\gamma_{Rs.N} = 1.2 \quad \gamma_{Rs.N} = 1.2$

锚栓钢材受拉承载力设计值:

$$N_{Rd.s} = \frac{N_{Rk.s}}{\gamma_{Rs.N}} \quad N_{Rd.s} = 22.62 \cdot kN \quad > \quad N_{per} = 3.41 \cdot kN \text{ 安全 (O.K.)}$$

故不会发生锚栓钢材受拉破坏。

**b.混凝土锥体破坏验算**

计算参数:

锚栓有效锚固深度:  $h_{ef} = 100mm$

基材厚度:  $h = 200mm$

混凝土立方体抗压强度标准值:  $f_{cu_k} = 30MPa$

临界间距:  $s_{cr.N} = 3 \cdot h_{ef} \quad s_{cr.N} = 300 \cdot mm$

临界边距:  $c_{cr.N} = 1.5h_{ef} \quad c_{cr.N} = 150 \cdot mm$

最小边距:  $s_{min} = h_{ef} \quad s_{min} = 100 \cdot mm$

最小间距:  $c_{min} = h_{ef} \quad c_{min} = 100 \cdot mm$

最小厚度:  $h_{min} = \max(2 \cdot h_{ef}, 100mm) \quad h_{min} = 200 \cdot mm$

方向 1 及 2 的间距:  $s_1 = 100mm \quad s_2 = 200mm$

方向 1 及 2 的边距:  $c_1 = 75mm$   $c_2 = c_{cr.N}$

荷载偏心:  $e_N = 25 \cdot mm$

锥体破坏时的受拉承载力分项系数:  $\gamma_{Rc.N} = 1.8$

理想混凝土锥体破坏投影面面积:  $A_{c.No} = s_{cr.N}^2$   $A_{c.No} = 0.09 \cdot m^2$

混凝土锥体实际投影面积:

$$A_{c.N} = (c_1 + s_1 + c_{cr.N}) \cdot (c_2 + s_2 + 0.5 \cdot s_{cr.N}) \quad A_{c.N} = 0.16m^2$$

边距 c 对受拉承载力的降低影响系数:

$$\psi_{s.N} = \min \left( 1, 0.7 + 0.3 \cdot \frac{\min(c_1, c_2)}{c_{cr.N}} \right) \psi_{s.N} = 0.85$$

表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的降低影响系数:

$$\psi_{re.N} = \min \left( 0.5 + \frac{h_{ef}}{200mm}, 1.0 \right) \quad \psi_{re.N} = 1$$

荷载偏心对受拉承载力的降低影响系数:  $e_N = 25 \cdot mm$

$$\psi_{ec.N} = \min \left( 1, \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr.N}}} \right) \quad \psi_{ec.N} = 0.86$$

开裂混凝土单根锚栓, 理想混凝土锥体破坏受拉承载力标准值:

$$N_{Rk.co} = 7.0 \cdot \sqrt{\frac{f_{cu.k}}{MPa}} \cdot \left( \frac{h_{ef}}{mm} \right)^{1.5} \quad N_{Rk.co} = 38.34 \cdot kN$$

混凝土锥体破坏时的受拉承载力标准值:

$$N_{Rk.c} = N_{Rk.co} \cdot \frac{A_{c.N}}{A_{c.No}} \cdot \psi_{s.N} \cdot \psi_{re.N} \cdot \psi_{ec.N} \quad N_{Rk.c} = 50.44 \cdot kN$$

混凝土锥体破坏时的受拉承载力设计值:

$$N_{Rd.c} = \frac{N_{Rk.c}}{\gamma_{Rc.N}} \quad N_{Rd.c} = 28.02 \cdot kN \quad > \quad N_g = 6.82 \cdot kN \text{ 安全 (O.K.)}$$

故混凝土不会发生锥体破坏。

### c.混凝土劈裂破坏验算

混凝土劈裂破坏临界边距： $c_{cr.sp} = 2h_{ef}$        $c_{cr.sp} = 200 \cdot mm$

混凝土劈裂破坏临界间距： $s_{cr.sp} = 2 \cdot c_{cr.sp}$        $s_{cr.sp} = 400 \cdot mm$

方向 1 及 2 的间距： $s_1 = 100mm$        $s_2 = 200mm$

方向 1 及 2 的边距： $c_1 = 75mm$        $c_2 = c_{cr.sp}$

理想混凝土锥体破坏投影面面积： $A_{c.No} = s_{cr.sp}^2$        $A_{c.No} = 0.16 \cdot m^2$

混凝土锥体实际投影面积：

$$A_{c.N} = (c_1 + s_1 + 0.5 \cdot s_{cr.sp}) \cdot (c_2 + s_2 + 0.5 \cdot s_{cr.sp}) \quad A_{c.N} = 0.23m^2$$

边距  $c$  对受拉承载力的降低影响系数：

$$\psi_{s.N} = \min \left( 1, 0.7 + 0.3 \cdot \frac{\min(c_1, c_2)}{c_{cr.sp}} \right) \psi_{s.N} = 0.81$$

表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的降低影响系数：

$$\psi_{re.N} = \min \left( 0.5 + \frac{h_{ef}}{200mm}, 1.0 \right) \quad \psi_{re.N} = 1$$

荷载偏心对受拉承载力的降低影响系数： $e_N = 25 \cdot mm$

$$\psi_{ec.N} = \min \left( 1, \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr.sp}}} \right) \quad \psi_{ec.N} = 0.89$$

混凝土锥体破坏时的受拉承载力标准值：

$$N_{Rk.c} = N_{Rk.co} \cdot \frac{A_{c.N}}{A_{c.No}} \cdot \psi_{s.N} \cdot \psi_{re.N} \cdot \psi_{ec.N} \quad N_{Rk.c} = 38.94 \cdot kN$$

构件厚度  $h$  对劈裂破坏受拉承载力的影响系数。

$$\psi_{h.sp} = \min \left[ 1.5, \left( \frac{h}{h_{\min}} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \quad \psi_{h.sp} = 1$$

劈裂破坏受拉承载力标准值

$$N_{Rk.sp} = N_{Rk.c} \cdot \psi_{h.sp} \quad N_{Rk.sp} = 38.94 \cdot kN$$

劈裂破坏时的受拉承载力分项系数： $\gamma_{Rsp} = 1.8$

劈裂破坏受拉承载力设计值

$$N_{Rd.sp} = \frac{N_{Rk.sp}}{\gamma_{Rsp}} \quad N_{Rd.sp} = 21.63 \cdot kN > N_g = 6.82 \cdot kN \text{ 安全 (O.K.)}$$

2) 锚群的受剪承载力计算:

**a 锚栓钢材受剪破坏验算:**

锚栓屈服强度标准值： $f_{yk} = 240MPa$

锚栓钢材受剪承载力标准值:

$$V_{Rk.s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{yk} \quad V_{Rk.s} = 13.57 \cdot kN$$

锚栓钢材受剪承载力分项系数:

$$\gamma_{Rs.v} = 1.2 \quad \gamma_{Rs.v} = 1.2$$

锚栓受剪承载力设计值:

$$V_{Rd.s} = \frac{V_{Rk.s}}{\gamma_{Rs.v}} \quad V_{Rd.s} = 11.31 \cdot kN > V_{per} = 0 \cdot kN \text{ 安全 (O.K.)}$$

**b 混凝土楔形体破坏验算:**

锚栓外径： $d = 12mm$

剪切荷载下锚栓的有效长度:

$$l_f = \min(h_{ef}, 8d) \quad l_f = 96 \cdot mm$$

开裂混凝土，单根锚栓垂直于构件边缘受剪，混凝土楔形体破坏时的受剪

承载力标准值：

系数：

$$\alpha = 0.1 \cdot \left( \frac{l_f}{c_1} \right)^{0.5} \quad \alpha = 0.11 \quad \beta = 0.1 \cdot \left( \frac{d}{c_1} \right)^{0.2} \quad \beta = 0.07$$

$$V_{Rk.co} = 1.35 \cdot \left( \frac{d}{mm} \right)^\alpha \cdot \left( \frac{h_{ef}}{mm} \right)^\beta \cdot \sqrt{\frac{f_{cu,k}}{MPa}} \cdot \left( \frac{c_1}{mm} \right)^{1.5} \cdot N \quad V_{Rk.co} = 8.75 \cdot kN$$

单根锚栓受剪，在无平行剪力方向的边界影响，构件厚度影响或相邻锚栓影响，混凝土楔形体破坏在侧向的投影面积：

$$A_{c.vo} = 4.5 \cdot c_1^2 \quad A_{c.vo} = 2.53 \times 10^4 \cdot mm^2$$

群锚受剪，混凝土楔形破坏在侧向的投影面积：

$$A_{c.v} = (1.5c_1 + \min(3 \cdot c_1, s_2) + 1.5c_1) \cdot \min(h, 1.5 \cdot c_1) \quad A_{c.v} = 4.78 \times 10^4 \cdot mm^2$$

边距比  $c_2/c_1$  对受剪承载力的降低影响系数：

$$\psi_{s.v} = \min \left( 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5c_1}, 1.0 \right) \quad \psi_{s.v} = 1$$

边距与构件厚度比  $c_1/h$  对受剪承载力的提高影响系数：

$$\psi_{h.v} = \max \left[ \left( \frac{1.5c_1}{h} \right)^{\frac{1}{2}}, 1.0 \right] \quad \psi_{h.v} = 1$$

剪力与垂直于构件自由边方向轴线之夹角  $\alpha$  对受剪承载力的影响系数：

$\alpha = 0 \text{deg}$

$$\psi_{\alpha.v} = \frac{1}{\sqrt{(\cos(\alpha))^2 + \left( \frac{\sin(\alpha)}{2.5} \right)^2}} \quad \psi_{\alpha.v} = 1$$

荷载偏心对群锚受剪承载力的降低影响系数： $e_v = 25mm$

$$\psi_{ec.v} = \min \left( 1, \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_v}{3 \cdot c_1}} \right) \quad \psi_{ec.v} = 0.82$$

锚固区配筋对受剪承载力的影响系数： $\psi_{re.v} = 1.0$

构件边缘受剪混凝土楔形破坏承载力标准值：

$$V_{Rk.c} = V_{Rk.co} \cdot \frac{A_{c.v}}{A_{c.vo}} \cdot \psi_{s.v} \cdot \psi_{h.v} \cdot \psi_{ec.v} \cdot \psi_{\alpha.v} \cdot \psi_{re.v} \quad V_{Rk.c} = 13.53 \cdot kN$$

构件边缘破坏时受剪承载力分项系数： $\lambda_{Rc.c} = 1.5$

构件边缘受剪混凝土楔形破坏承载力设计值：

$$V_{Rd.c} = \frac{V_{Rk.c}}{\lambda_{Rc.v}} \quad V_{Rd.c} = 9.02 \cdot kN \quad > \quad V_g = 0 \cdot kN \text{ 安全 (O.K.)}$$

### c 混凝土剪撬破坏承载力计算：

锚固深度  $h_{ef}$  对混凝土剪撬破坏受剪承载力标准值的影响系数： $h_{ef} = 100 \cdot mm$

$$k = \begin{cases} 1.0 & \text{if } h_{ef} < 60mm \\ 2.0 & \text{if } h_{ef} \geq 60mm \end{cases}$$

$$k = 2$$

混凝土剪撬破坏承载力分项系数： $\lambda_{Rcp} = 1.5$

混凝土剪撬破坏时的受剪承载力标准值：

$$V_{Rk.cp} = k \cdot N_{Rk.c} \quad V_{Rk.cp} = 77.88 \cdot kN$$

混凝土剪撬破坏时的受剪承载力设计值：

$$V_{Rd.cp} = \frac{V_{Rk.cp}}{\lambda_{Rcp}} \quad V_{Rd.cp} = 51.92 \cdot kN \quad > \quad V_g = 0 \cdot kN \text{ 安全 (O.K.)}$$

### 拉剪复合受力承载力验算：

锚栓钢材破坏承载力验算：

$$\left(\frac{N_{per}}{N_{Rd.s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{per}}{V_{Rd.s}}\right)^2 = 0.02 < 1.0 \quad \text{OK.}$$

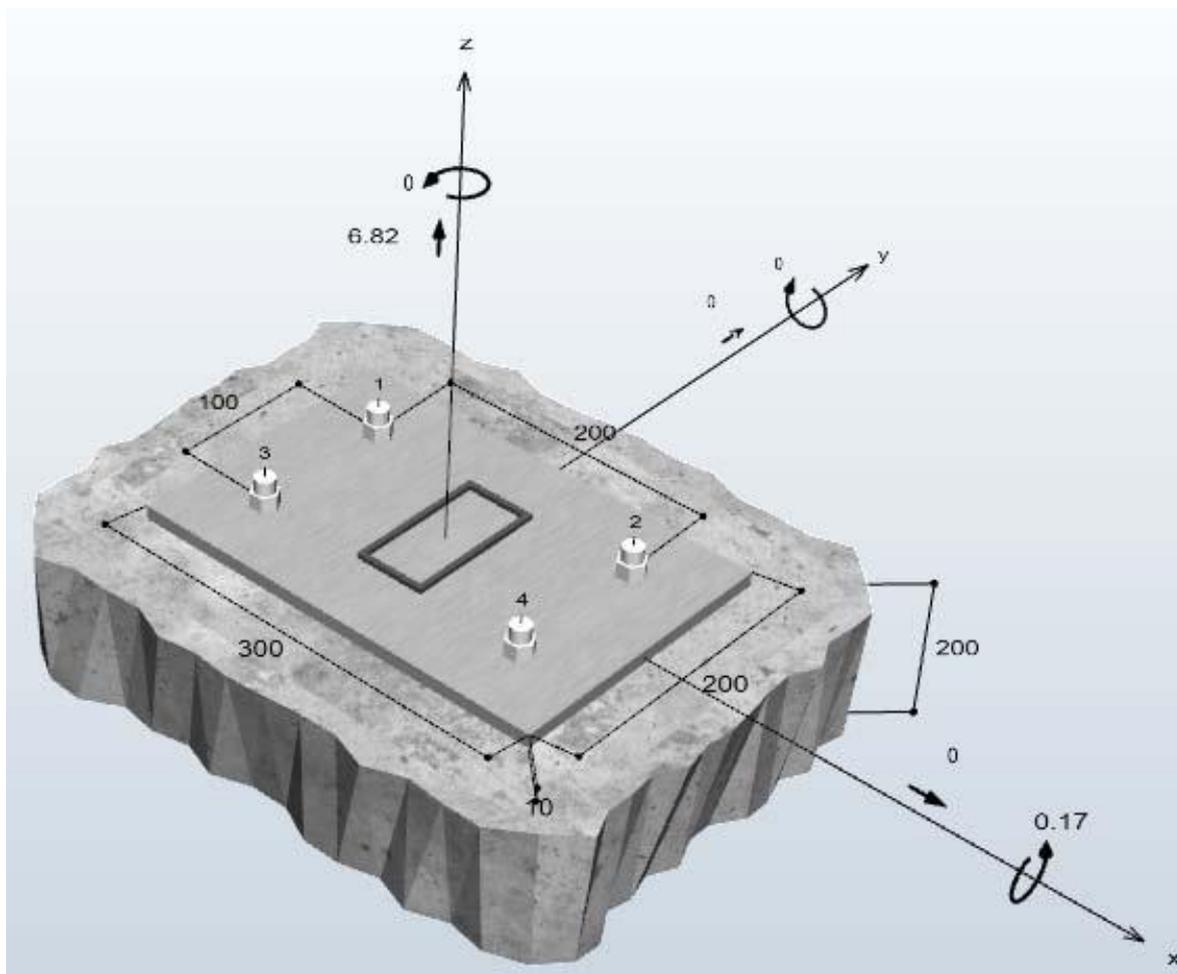
混凝土破坏承载力验算：

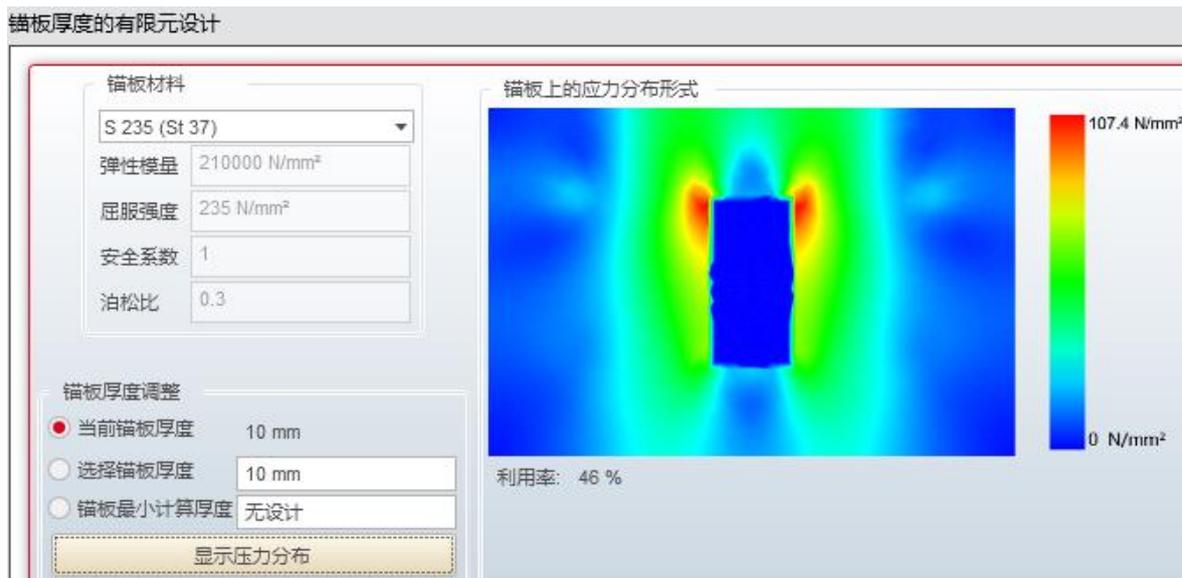
$$\left(\frac{N_g}{N_{Rd.c}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_g}{V_{Rd.c}}\right)^{1.5} = 0.12 < 1.0 \quad \text{OK.}$$

故锚栓安全。

锚板的强度验算：

试用 10mm 厚的钢板，材质为 Q235B，计算结果如下：





截面上的最大弯曲应力:

$$\sigma_{st} = 107.4 \text{ MPa} < f_{st} = 215 \text{ MPa} \quad \text{安全!}$$