

---

---

## 目 录

第一章	编制依据 .....	2
第二章	工程概况 .....	3
第三章	脚手架的选择与基本要求 .....	3
第四章	脚手架搭设及构造要求 .....	4
第五章	脚手架的搭设流程及要求 .....	5
第六章	普通型钢悬挑脚手架计算书 .....	12
第七章	脚手架的验收 .....	23
第八章	脚手架的拆除 .....	24
第九章	施工注意事项及事故预防措施 .....	25

## 第一章 编制依据

### 1. 施工合同及施工图纸

序号	文件名称	日期
1	青岛 XX 海科研发中心二期工程 施工招标文件	2015
2	青岛易境工程咨询有限公司	2014.8

### 2. 主要法规、规范、规程、标准条文和图集

类别	名称	编号
法规	中华人民共和国建筑法	主席令第 91 号
	建筑工程质量管理条例	国务院令第 279 号
	建设工程安全生产管理条例	国务院令第 393 号
规范 规程	建筑结构荷载规范	GB50009-2012
	建筑施工脚手架实用手册	
	建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规程	JGJ 130—2011;
	建筑施工脚手架实用手册（含垂直运输设施）	
	山东省建筑工程施工工艺规程	DBJ14-032-2004
	建筑施工安全检查标准	JGJ59-99
	工程建设标准强制性条文	2013 版
标准 条文	建筑施工手册	第五版
	建筑施工计算手册	
	青岛市建筑工程脚手架及模板支撑系统	安全管理暂行规定 (试行)
	建筑施工脚手架实用手册	



## 第二章 工程概况

序号	项目	内容
1	工程名称	青岛 XX 海科研发中心二期工程
2	建设单位	
3	设计单位	
4	勘察单位	
5	监理单位	
6	施工单位	
7	工程类别	二类
8	建筑面积	29136.27 平方米
9	地理位置	青岛市 XX 规划区域内，科技路北侧，创业路南侧，规划滨海东路东侧。
10	质量目标	按《建筑工程施工质量验收统一标准》及相关专业质量验收规范验收，达到合格标准，我单位承

	诺确保青岛市优质结构，争创泰山杯。
--	-------------------

### 第三章脚手架的选择及基本要求

#### 一、脚手架的选择

本工程主楼地上 6 层，地下一层，建筑高度 23.40m；根据其高度及外形，考虑采用双排悬挑式脚手架，内脚手架采用满堂脚手架施工，一层顶以上采用双排悬挑脚手架，一层以下采用双排落地脚手架，便于拆除及时进行槽边回填土，搭设两座钢管依附斜道作为脚手架上下通道。

#### 二、脚手架的基本要求

##### 1、地基处理

落地脚手架座落在筏板基础承台上，底座下设置垫板,厚度不小于 5cm, 铺设必须平稳,不得悬空。

2、搭设脚手架施工人员必须是经过考核合格的专业架子工，必须持证上岗。搭设脚手架人员必须戴好安全帽，系好安全带，穿防滑鞋。

##### 3、脚手架搭设前的施工准备

搭设前应清除场地杂物，平整搭设场地并使排水畅通。要有足够的牢固性和稳定性，保证在施工期间对所规定的荷载或在气候条件影响下，不变形、不摇晃、不倾斜，能确保作业人员的人身安全；要有足够的面积满足堆料、操作和行走的要求；构造要简单，搭设、拆除和搬运要方便，使用要安全。

### 第四章脚手架选择及搭设的构造要求

#### 一、脚手架的材质要求

##### 1、落地架

(1)、钢管落地脚手架，选用外径48mm、壁厚 3.0mm、钢材强度等级Q235-A的钢管。钢管表面应平直光滑，不应有裂纹、分层、压痕、划道和硬弯。用于立杆、大横杆和斜杆的钢管长度4000-

6000mm为好；用于小横杆的钢管长度以1200-2000mm为宜满足工程施工要求。

(2)、本工程钢管脚手架的搭设使用可锻铸造扣件，应符合建设部《钢管脚手扣件标准》JGJ130-2011的要求，扣件不得有裂纹、气孔、缩松、砂眼等锻造缺陷，扣件的规格应与钢管相匹配，贴和面应干整，活动部位灵活，夹紧钢管时开口处最小距离不小于5mm。扣件螺栓的拧紧力矩达60N·M时扣件不得破坏，扣件必须符合施工要求。

(3)、搭设架子前应进行保养，除锈并统一涂色，颜色力求环境美观。脚手架立杆、防护栏杆、踢脚杆统一漆黄色，剪力撑统一漆桔红色。底排立杆、扫地杆均漆红白相间色。

(4)、脚手板：脚手板采用多层板隔层张设。

(5)、安全网采用密目式安全网，网目应满足2000目/100cm<sup>2</sup>，做耐贯穿试验不穿透，1.6×1.8m的单张网重量在3kg以上，颜色应满足环境效果要求，选用绿色。使用的安全网必须符合建筑安全监督管理部门有关规定。

(6)、连墙件采用钢管，其材质应符合现行国家标准《碳素钢结构》(GB/T 700)中Q235A钢的要求。

## 2、普通悬挑架

(1)、钢管：选用外径48mm，壁厚3.0mm，钢材强度等级Q235-A，钢管表面应平直光滑，不应有裂纹、分层、压痕、划道和硬弯，。

(2)、扣件：应符合建设部《钢管脚手扣件标准》JGJ130-2011的要求，扣件不得有裂纹、气孔、缩松、砂眼等锻造缺陷，扣件的规格应与钢管相匹配，贴和面应干整，活动部位灵活，夹紧钢管时开口处最小距离不小于5mm。钢管螺栓拧紧力矩达70N·m时不得破坏。扣件必须满足施工要求。

(3)、悬挑水平钢梁采用16号工字钢，其中建筑物外悬挑段长度1.20-1.50米，建筑物内锚固段长度2.0-2.30米。

(4)、脚手板：脚手板采用多层板隔层张设。

(5)、安全网采用密目式安全网，网目应满足2000目 / 100cm<sup>2</sup>，做耐贯穿试验不穿透，1.6×1.8m的单张网重量在3kg以上，颜色应满足环境效果要求，选用绿色。要求阻燃，使用的安全网必须符合建筑安全监督管理部门相关规定。

(6)、斜拉采用钢丝绳。悬挑水平钢梁采用钢丝绳与建筑物拉结，最外面钢丝绳距离建筑物1.4m。

(7)、搭设架子前应进行保养，除锈并统一涂色，颜色力求环境美观。脚手架立杆、防护栏杆、踢脚杆统一漆黄色，剪力撑统一漆桔红色。

## 第五章 脚手架的搭设流程及要求

### 一. 落地架

落地脚手架搭设的工艺流程为：场地平整、夯实→基础承载力实验、材料配备→定位设置通长脚手板、底座→纵向扫地杆→立杆→横向扫地杆→小横杆→大横杆（搁栅）→剪刀撑→连墙件→铺脚手板→扎防护栏杆→扎安全网。

定距定位根据构造要求在建筑物四角用尺量出内、外立杆离墙距离，并做好标记；用钢卷尺拉直，分出立杆位置，并用小竹片点出立杆标记；垫板、底座应准确的放在定位线上，垫板必须铺放平整，不得悬空。

在搭设首层脚手架过程中，沿四周每框架格内设一道斜支撑，拐角处双向增设，待该部位脚手架与主体结构的连墙件可靠拉接后方可拆除。当脚手架操作层高出连墙件两步时，宜先立外排，后立内排。其余按以下构造要求搭设：

## 1、主杆基础

本工程脚手架基础部位应在回填土完后夯实，采用强度等级不低于C15的混凝土进行硬化，混凝土硬化厚度不小于10cm。地基承载能力能够满足外脚手架的搭设要求。

## 2、立杆间距

(1)脚手架立杆纵距1.5m，横距1.05m，步距1.8m；连墙杆间距竖直3.6m，水平4.5m(即二步三跨)：里立杆距建筑物0.15m。

(2)脚手架的底部立杆采用不同长度的钢管参差布置，使钢管立杆的对接接头交错布置，高度方向相互错开500mm以上，且要求相邻接头不应在同步同跨内，以保证脚手架的整体性。

(3)立杆应设置垫木，并设置纵横方向扫地杆，连接于立脚点杆上，离底座20cm左右。

(4)立杆的垂直偏差应控制在不大于架高的1 / 400。

## 3、大横杆、小横杆设置

(1)大横杆在脚手架高度方向的间距1.8m，以便立网挂设，大横杆置于立杆里面，小横杆在每个主节点立杆与大横杆交接处必须至少设置一个，每侧外伸长度为100-150mm。

(2)外架子按立杆与大横杆交点处设置小横杆，两端固定在立杆，以形成空间结构整体受力。

## 4、剪刀撑

脚手架外测立面的两端各设置一道剪刀撑，并应由底至顶连续设置；中间各道剪刀撑之间的净距离不应大于15m。剪刀撑斜杆的接长宜采用搭接，搭接长度不小于1m，应采用不少于2个旋转扣件固定。剪刀撑斜杆应用旋转扣件固定在与之相交的横向水平杆的伸出端或立杆上，旋转扣件中心线离主节点的距离不宜大于150mm。

## 5、脚手板的铺设要求

(1)脚手架里排立杆与结构层之间三步均应铺设平网。

(2)满铺层脚手板必须垂直墙面横向铺设，满铺到位，不留空位，不能满铺处必须采取有效的防护措施。

(3)脚手板须用18铅丝双股并联绑扎，不少于4点，要求绑扎牢固，交接处平整，铺设时要选用完好无损的脚手板，发现有破损的要及时更换。

## 6、防护栏杆

(1)脚手架外侧使用建设主管部门认证的合格绿色密目式安全网封闭，且将安全网固定在脚手架外立杆里侧。

(2)选用18铅丝张挂安全网，要求严密、平整。

(3) 顶层立杆：立杆顶端应高出屋面装饰墙 1.5m。

(4)脚手架内侧形成临边的(如遇大开间门窗洞等)，在脚手架内侧设1.2m的防护栏杆和60cm高踢脚杆。

## 7、连墙件

(1)脚手架与建筑物按水平方向 4.5m，垂直方向 3.6m，设一拉结点。楼层高度超过 4m，则在水平方向加密。按规范要求大于三步三跨。每楼层用短钢管与预埋在楼层梁中钢管拉结，并且用拉结杆里外脚手架与立杆或大横杆用扣件扣牢。

(2)拉结点在转角范围内和顶部处加密，即在转角1米以内范围按垂直方向每3.6米设一拉结点。

(3)拉结点应保证牢固，防止其移动变形，且尽量设置在外架大小横杆接点处。

(4)外墙装饰阶段拉结点，也须满足上述要求，确因施工需要除去原拉结点时，必须重新补设可靠，有效的临时拉结，以确保外架安全可靠。

## 8、架体内封闭

(1)脚手架的架体里立杆距墙体净距为150mm，如因结构设计的限制大于300mm的必须铺设站人板，站人板设置平整牢固。

(2)脚手架施工层里立杆与建筑物之间应采用脚手板或木板进行封闭。

(3)施工层外架每楼层采用平面多层板防护、立面密目网防护措施进行封闭。



9. 脚手架的上下通道：脚手架体要设置安全依附斜道：① 依附斜道宽度不小于 1 米，坡度以 1: 3（高：长）为宜。② 依附斜道的立杆、横杆间距应与脚手架相适应，基础按脚手架要求处理，立面设剪刀撑。③ 人行斜道小横杆间距不超过 1.5 米。④ 依附斜道上满铺脚手板，板上钉防滑条，防滑条不大于 300mm。⑤ 设置护栏杆，上部护身栏杆 1.2 米，下部护身栏杆距脚手板 0.6 米，同时设 180mm 宽档脚板。

## 二. 普通悬挑架

悬挑脚手架搭设的工艺流程为：水平悬挑→立杆→小横杆→大横杆（搁栅）→剪刀撑→连墙件→铺脚手板→扎防护栏杆→扎安全网。

在搭设悬挑式脚手架之前，应先做好以下工作：

(1) 在楼面砼施工时预埋用 $\Phi 20$ 钢筋做成的吊环及 3 道 $\Phi 16$ 地锚钢筋，锚入砼不少于 300mm 长（外露在砼上 200 高）。

(2) 在楼面砼达到一定强度后，排放 16# 工字钢，工字钢间距 1.5m，插入地锚钢筋长度约 1.8m，并与地锚焊接固定，每道工字钢上设 3 道地锚钢筋。

(3) 在工字钢上表面焊 $\Phi 25$ 钢筋、100 高，工字钢外端用钢丝绳斜拉，完成上述工作后按落地式双排脚手架的作业程序操作搭设脚手架。

### 1、主杆承载力

本工程脚手架悬挑部位承载能力能够满足外脚手架的搭设要求（具体计算数据参阅脚手架计算书）。

### 2、立杆间距

(1) 脚手架立杆纵距 1.5m，横距 1.05m，步距 1.8m；连墙杆间距竖直 3.6m，水平 4.5m（即二步三跨）：里立杆距建筑物 0.15m。

(2)脚手架的底部立杆采用不同长度的钢管参差布置，使钢管立杆的对接接头交错布置，高度方向相互错开500mm以上，且要求相邻接头不应在同步同跨内，以保证脚手架的整体性。

(3)立杆的垂直偏差应控制在不大于架高的1 / 400。

### 3、大横杆、小横杆设置

(1)大横杆在脚手架高度方向的间距1.8m，以便立网挂设，大横杆置于立杆里面，小横杆之上。小横杆在每个主节点立杆与大横杆交接处必须至少设置一个，每侧外伸长度为100-150mm。

(2)外架子按立杆与大横杆交点处设置小横杆，两端固定在立杆，以形成空间结构整体受力。

### 4、剪刀撑

脚手架外侧立面的两端各设置一道剪刀撑，并应由底至顶连续设置；中间各道剪刀撑之间的净距离不应大于15m。剪刀撑斜杆的接长宜采用搭接，搭接长度不小于1m，应采用不少于2个旋转扣件固定。剪刀撑斜杆应用旋转扣件固定在与之相交的横向水平杆的伸出端或立杆上，旋转扣件中心线离主节点的距离不宜大于150mm。

### 5、脚手板的铺设要求

(1) 脚手架里排立杆与结构层之间三步均应铺设平网。。

(2)满铺层脚手板必须垂直墙面横向铺设，满铺到位，不留空位，不能满铺处必须采取有效的防护措施。

(3)脚手板须用18铅丝双股并联绑扎，不少于4点，要求绑扎牢固，交接处平整，铺设时要选用完好无损的脚手片，发现有破损的要及时更换。

### 6、防护栏杆

(1)脚手架外侧使用建设主管部门认证的合格绿色密目式安全网封闭，且将安全网固定在脚手架外立杆里侧。

(2)选用18铅丝张挂安全网，要求严密、平整。

(3) 顶层立杆：立杆顶端应高出屋面装饰墙 1.5m。

(4)脚手架内侧形成临边的(如遇大开间门窗洞等),在脚手架内侧设1.2m的防护栏杆和60cm高踢脚杆。

## 7、连墙件

(1)脚手架与建筑物按水平方向4.5m,垂直方向3.6m,设一拉结点。

(2)拉结点在转角范围内和顶部处加密,即在转角1米以内范围按垂直方向每3.6米设一拉结点。

(3)拉结点应保证牢固,防止其移动变形,且尽量设置在外架大小横杆接点处。

(4)外墙装饰阶段拉结点,也必须满足上述要求,确因施工需要除去原拉结点时,必须重新补设可靠,有效的临时拉结,以确保外架安全可靠。

## 8、架体内封闭

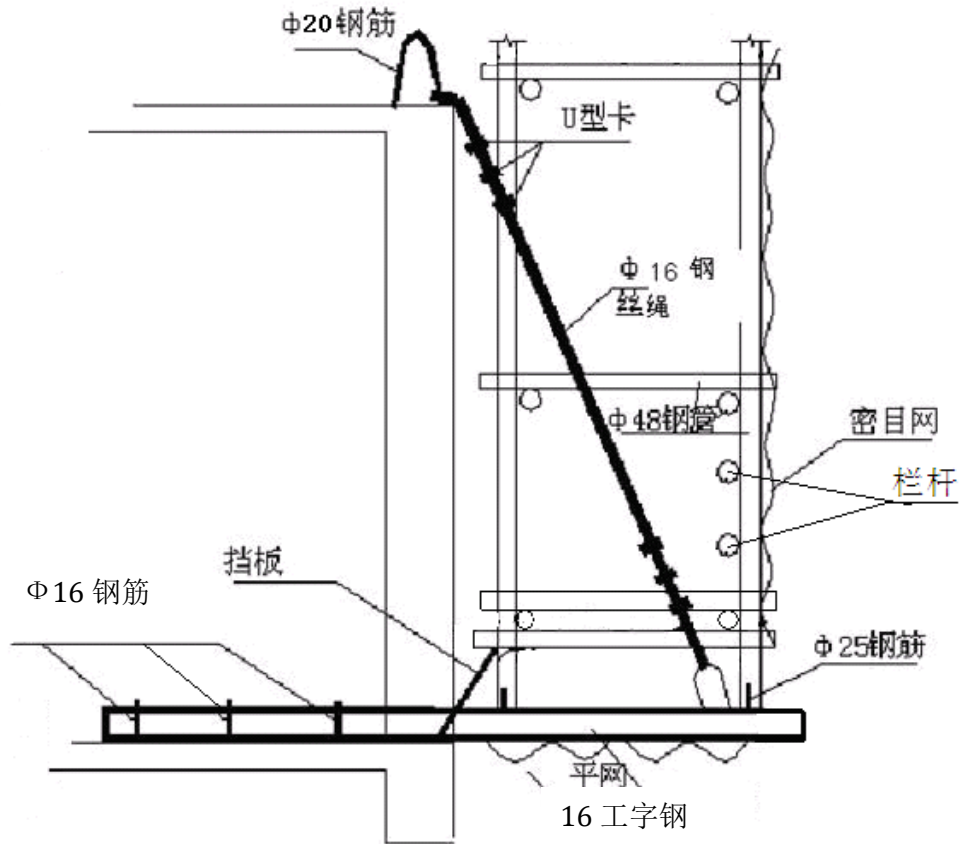
(1)脚手架的架体里立杆距墙体净距为150mm,如因结构设计的限制大于300mm的必须铺设站人板,站人板设置平整牢固。

(2)脚手架施工层里立杆与建筑物之间应采用脚手片或木板进行封闭。

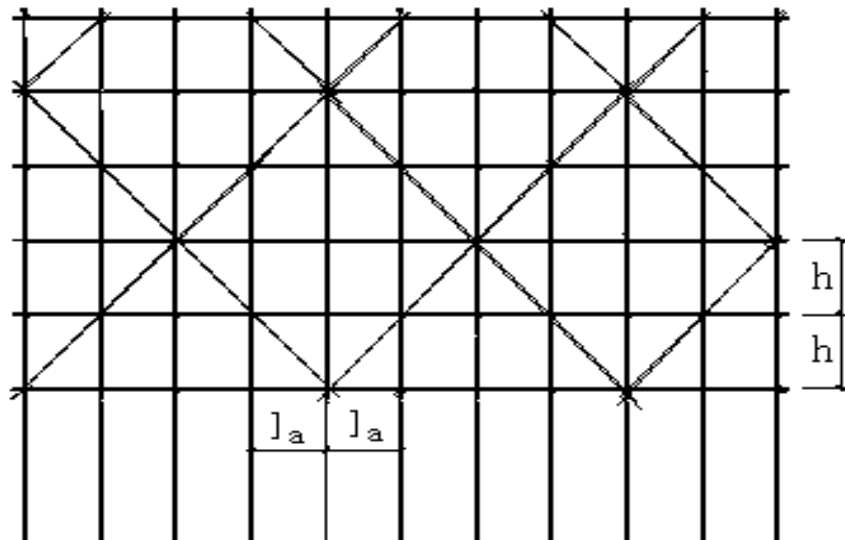
(3)施工层外架每楼层采用平面多层板防护、立面密目网防护措施进行封闭。

9. 脚手架的上下通道:脚手架体要设置安全依附斜道:① 依附斜道宽度不小于1米,坡度以1:3(高:长)为宜。② 依附斜道的立杆、横杆间距应与脚手架相适应,基础按脚手架要求处理,立面设剪刀撑。③ 人行斜道小横杆间距不超过1.5米。④ 依附斜道上满铺脚手板,板上钉防滑条,防滑条不大于300mm。⑤ 设置护栏杆,上部护身栏杆1.2米,下部护身栏杆距脚手板0.6米,同时设180mm宽档脚板。

### 三. 外脚手架施工图:

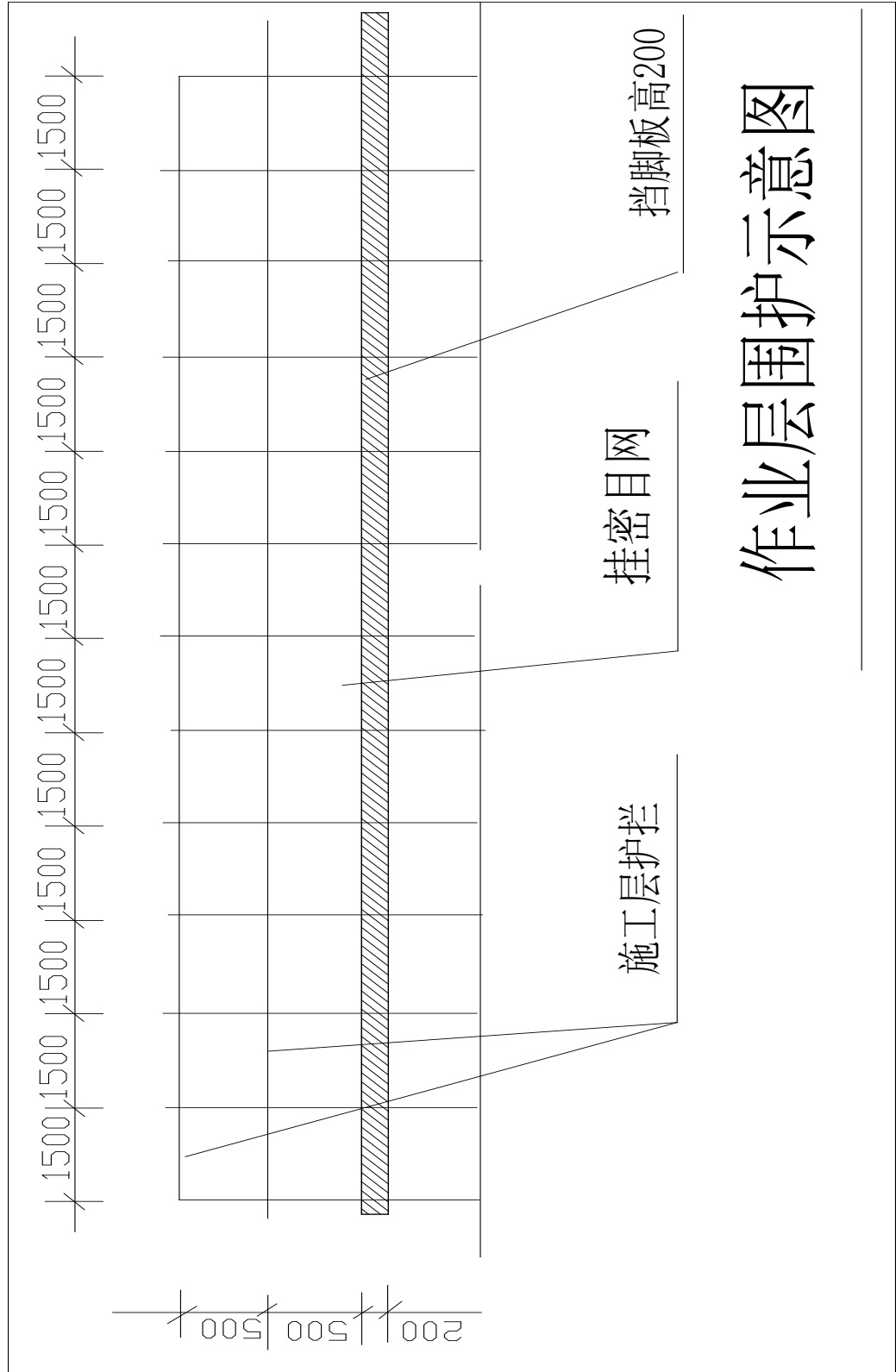


悬挑结构剖面图



la --立杆纵距      h --立杆步距

悬挑架正立面图



## 第六章普通型钢悬挑脚手架计算书

### 一、参数信息

#### 1. 脚手架参数

双排脚手架搭设高度为 19 m，立杆采用单立杆；

搭设尺寸为：立杆的纵距为 1.5m，立杆的横距为1.05m，立杆的步距为1.8 m；

内排架距离墙长度为0.25 m；

大横杆在上，搭接在小横杆上的大横杆根数为 2 根；

采用的钢管类型为  $\Phi 48 \times 3.0$ ；

横杆与立杆连接方式为单扣件；

连墙件布置取两步三跨，竖向间距 3.6 m，水平间距4.5 m，采用扣件连接；

连墙件连接方式为双扣件；

#### 2. 活荷载参数

施工均布荷载( $\text{kN}/\text{m}^2$ ):3.000；脚手架用途:结构脚手架；

同时施工层数:2 层；

#### 3. 风荷载参数

本工程地处山东青岛市，基本风压 $0.6 \text{ kN}/\text{m}^2$ ；

风荷载高度变化系数 $\mu_z$ ，计算连墙件强度时取0.92，计算立杆稳定性时取0.74，风荷载体型系数 $\mu_s$ 为0.214；

#### 4. 静荷载参数

每米立杆承受的结构自重荷载标准值( $\text{kN}/\text{m}$ ):0.1248；

脚手板自重标准值( $\text{kN}/\text{m}^2$ ):0.350；栏杆挡脚板自重标准值( $\text{kN}/\text{m}$ ):0.140；

安全设施与安全网自重标准值( $\text{kN}/\text{m}^2$ ):0.005；脚手板铺设层数:4 层；

脚手板类别:木脚手板；栏杆挡板类别:木脚手板挡板；

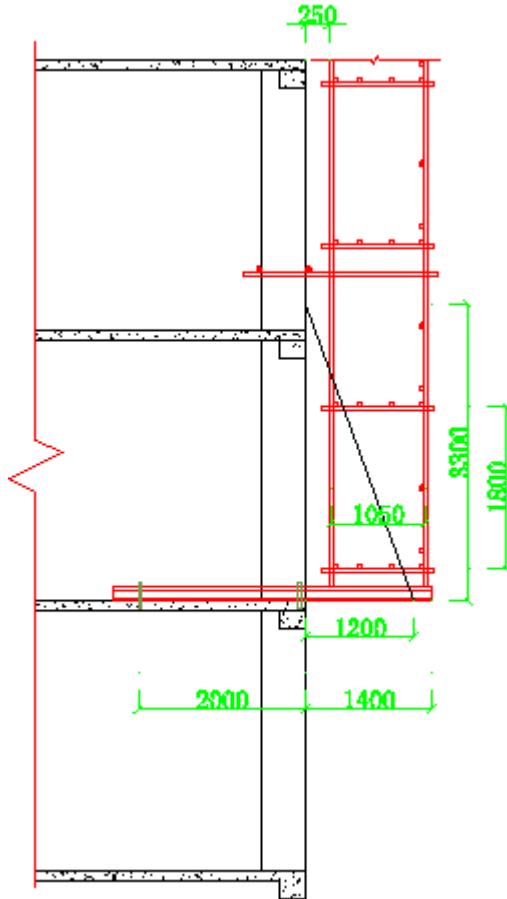
#### 5. 水平悬挑支撑梁

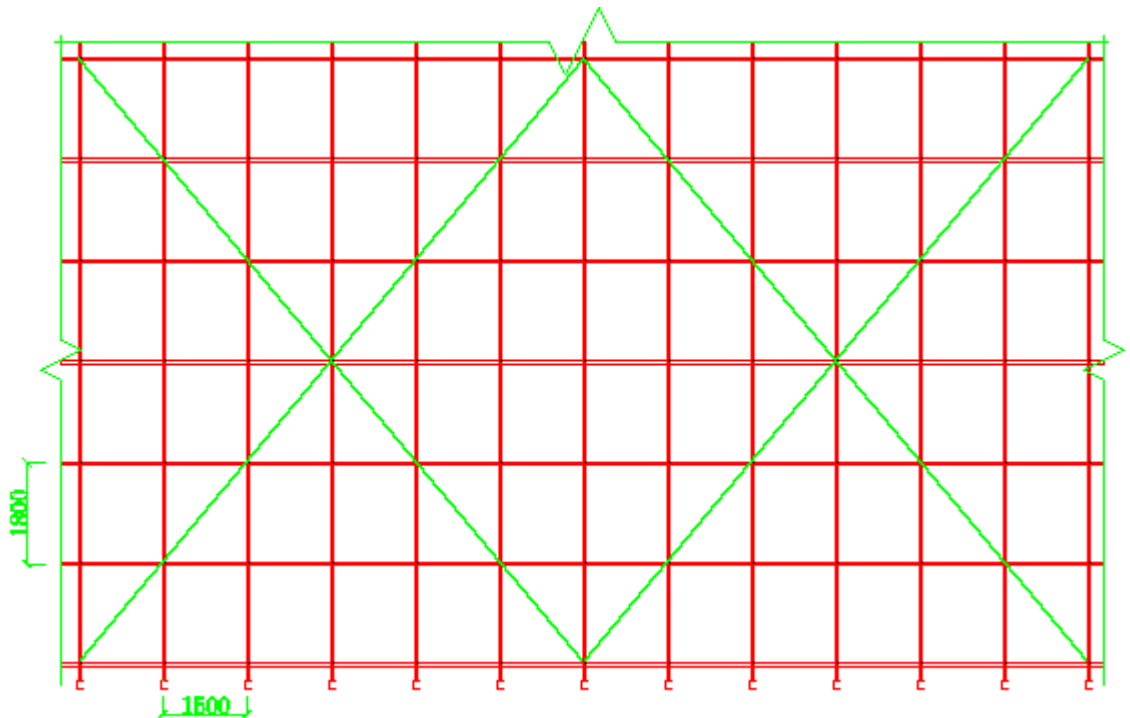
悬挑水平钢梁采用16号工字钢，其中建筑物外悬挑段长度 1.4m，建筑物内锚固段长度 2 m。

锚固压点螺栓直径(mm):20.00;

楼板混凝土标号:C30;

### 6.拉绳与支杆参数





钢丝绳安全系数为:6.000;

钢丝绳与墙距离为(m):3.300;

悬挑水平钢梁采用钢丝绳与建筑物拉结, 最里面面钢丝绳距离建筑物 1.2 m。

## 二、大横杆的计算

按照《扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2001)第5.2.4条规定, 大横杆按照三跨连续梁进行强度和挠度计算, 大横杆在小横杆的上面。将大横杆上面的脚手板自重和施工活荷载作为均布荷载计算大横杆的最大弯矩和变形。

### 1.均布荷载值计算

大横杆的自重标准值: $P_1=0.033 \text{ kN/m}$  ;

脚手板的自重标准值: $P_2=0.35 \times 1.05 / (2+1) = 0.122 \text{ kN/m}$  ;

活荷载标准值:  $Q=3 \times 1.05 / (2+1) = 1.05 \text{ kN/m}$ ;

静荷载的设计值:  $q_1=1.2 \times 0.033 + 1.2 \times 0.122 = 0.187 \text{ kN/m}$ ;

活荷载的设计值:  $q_2=1.4 \times 1.05 = 1.47 \text{ kN/m}$ ;



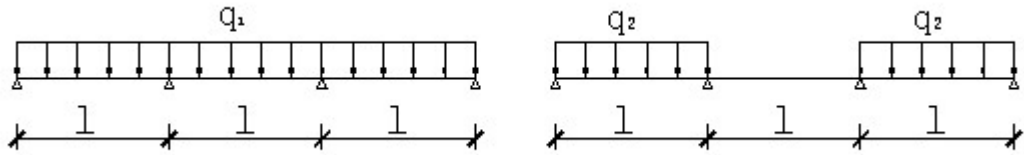


图1 大横杆设计荷载组合简图(跨中最大弯矩和跨中最大挠度)

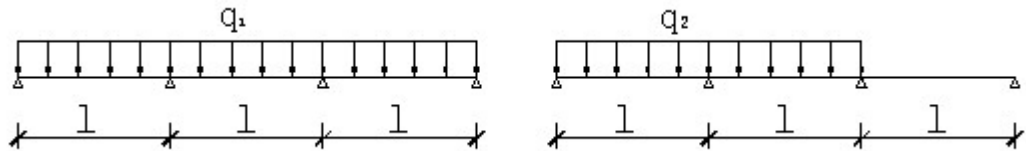


图2 大横杆设计荷载组合简图(支座最大弯矩)

## 2.强度验算

跨中和支座最大弯距分别按图1、图2组合。

跨中最大弯距计算公式如下：

$$M_{1\max} = 0.08q_1l^2 + 0.10q_2l^2$$

$$\begin{aligned} \text{跨中最大弯距为 } M_{1\max} &= 0.08 \times 0.187 \times 1.5^2 + 0.10 \times 1.47 \times 1.5^2 \\ &= 0.364 \text{ kN}\cdot\text{m}; \end{aligned}$$

支座最大弯距计算公式如下：

$$M_{2\max} = -0.10q_1l^2 - 0.117q_2l^2$$

$$\begin{aligned} \text{支座最大弯距为 } M_{2\max} &= -0.10 \times 0.187 \times 1.5^2 - 0.117 \times 1.47 \times 1.5^2 \\ &= -0.429 \text{ kN}\cdot\text{m}; \end{aligned}$$

选择支座弯矩和跨中弯矩的最大值进行强度验算：

$$\sigma = \text{Max}(0.364 \times 10^6, 0.429 \times 10^6) / 4490 = 95.546 \text{ N/mm}^2;$$

大横杆的最大弯曲应力为  $\sigma = 95.546 \text{ N/mm}^2$  小于 大横杆的抗弯强度设计值  $[f] = 205 \text{ N/mm}^2$ ，满足要求！

## 3.挠度验算

最大挠度考虑为三跨连续梁均布荷载作用下的挠度。

计算公式如下：

$$v_{\max} = (0.677q_1l^4 + 0.990q_2l^4) / 100EI$$

其中：静荷载标准值： $q_1 = P_1 + P_2 = 0.033 + 0.122 = 0.156 \text{ kN/m}$ ；

活荷载标准值:  $q_2 = Q = 1.05 \text{ kN/m}$ ;

最大挠度计算值为:  $v =$

$$0.677 \times 0.156 \times 1500^4 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 107800) + 0.990 \times 1.05 \times 1500^4 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 107800) = 2.61 \text{ mm};$$

大横杆的最大挠度 2.61 mm 小于 大横杆的最大容许挠度 1500/150 mm 与 10 mm, 满足要求!

### 三、小横杆的计算

根据 JGJ130-2001 第 5.2.4 条规定, 小横杆按照简支梁进行强度和挠度计算, 大横杆在小横杆的上面。用大横杆支座的反力计算值作为小横杆集中荷载, 在最不利荷载布置下计算小横杆的最大弯矩和变形。

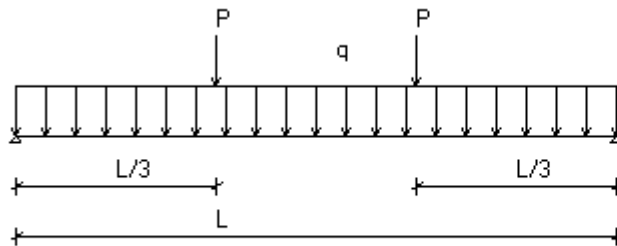
#### 1. 荷载值计算

大横杆的自重标准值:  $p_1 = 0.033 \times 1.5 = 0.05 \text{ kN}$ ;

脚手板的自重标准值:  $P_2 = 0.35 \times 1.05 \times 1.5 / (2+1) = 0.184 \text{ kN}$ ;

活荷载标准值:  $Q = 3 \times 1.05 \times 1.5 / (2+1) = 1.575 \text{ kN}$ ;

集中荷载的设计值:  $P = 1.2 \times (0.05 + 0.184) + 1.4 \times 1.575 = 2.485 \text{ kN}$ ;



小横杆计算简图

#### 2. 强度验算

最大弯矩考虑为小横杆自重均布荷载与大横杆传递荷载的标准值最不利分配的弯矩和;

均布荷载最大弯矩计算公式如下:

$$M_{q\max} = ql^2/8$$

$$M_{q\max} = 1.2 \times 0.033 \times 1.05^2 / 8 = 0.006 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

集中荷载最大弯矩计算公式如下:

$$M_{p\max} = Pl/3$$

$$M_{p\max} = 2.485 \times 1.05 / 3 = 0.87 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

$$\text{最大弯矩 } M = M_{q\max} + M_{p\max} = 0.875 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

$$\text{最大应力计算值 } \sigma = M / W = 0.875 \times 10^6 / 4490 = 194.969 \text{ N/mm}^2;$$

小横杆的最大弯曲应力  $\sigma = 194.969 \text{ N/mm}^2$  小于 小横杆的抗弯强度设计值  $205 \text{ N/mm}^2$ , 满足要求!

### 3. 挠度验算

最大挠度考虑为小横杆自重均布荷载与大横杆传递荷载的设计值最不利分配的挠度和;

小横杆自重均布荷载引起的最大挠度计算公式如下:

$$v_{q\max} = 5ql^4 / 384EI$$

$$v_{q\max} = 5 \times 0.033 \times 1050^4 / (384 \times 2.06 \times 10^5 \times 107800) = 0.024 \text{ mm};$$

$$\text{大横杆传递荷载 } P = p_1 + p_2 + Q = 0.05 + 0.184 + 1.575 = 1.809 \text{ kN};$$

集中荷载标准值最不利分配引起的最大挠度计算公式如下:

$$v_{p\max} = Pl(3l^2 - 4l^2/9) / 72EI$$

$$v_{p\max} = 1808.7 \times 1050 \times (3 \times 1050^2 - 4 \times 1050^2 / 9) / (72 \times 2.06 \times 10^5 \times 107800) = 3.347 \text{ mm};$$

$$\text{最大挠度和 } v = v_{q\max} + v_{p\max} = 0.024 + 3.347 = 3.37 \text{ mm};$$

小横杆的最大挠度为  $3.37 \text{ mm}$  小于 小横杆的最大容许挠度  $1050/150=7$  与  $10 \text{ mm}$ , 满足要求!

### 四、扣件抗滑力的计算

按规范表5.1.7, 直角、旋转单扣件承载力取值为  $8.00 \text{ kN}$ , 该工程实际的旋转单扣件承载力取值为  $8.00 \text{ kN}$ 。

纵向或横向水平杆与立杆连接时, 扣件的抗滑承载力按照下式计

算(《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》5.2.5):

$$R \leq R_c$$

其中  $R_c$  -- 扣件抗滑承载力设计值,取8.00 kN;

$R$  -- 纵向或横向水平杆传给立杆的竖向作用力设计值;

大横杆的自重标准值:  $P_1 = 0.033 \times 1.5 \times 2/2 = 0.05$  kN;

小横杆的自重标准值:  $P_2 = 0.033 \times 1.05/2 = 0.017$  kN;

脚手板的自重标准值:  $P_3 = 0.35 \times 1.05 \times 1.5/2 = 0.276$  kN;

活荷载标准值:  $Q = 3 \times 1.05 \times 1.5 / 2 = 2.362$  kN;

荷载的设计值:  $R = 1.2 \times (0.05 + 0.017 + 0.276) + 1.4 \times 2.362 = 3.719$  kN;

$R < 8.00$  kN, 单扣件抗滑承载力的设计计算满足要求!

## 五、脚手架立杆荷载的计算

作用于脚手架的荷载包括静荷载、活荷载和风荷载。静荷载标准值包括以下内容:

(1)每米立杆承受的结构自重标准值, 为0.1248kN/m

$N_{G1} = [0.1248 + (1.50 \times 2/2) \times 0.033/1.80] \times 19.00 = 2.898$  kN;

(2)脚手板的自重标准值; 采用木脚手板, 标准值为0.35kN/m<sup>2</sup>

$N_{G2} = 0.35 \times 4 \times 1.5 \times (1.05 + 0.2)/2 = 1.365$  kN;

(3)栏杆与挡脚手板自重标准值; 采用木脚手板挡板, 标准值为0.14kN/m

$N_{G3} = 0.14 \times 4 \times 1.5/2 = 0.42$  kN;

(4)吊挂的安全设施荷载, 包括安全网:0.005 kN/m<sup>2</sup>

$N_{G4} = 0.005 \times 1.5 \times 19 = 0.142$  kN;

经计算得到, 静荷载标准值

$N_G = N_{G1} + N_{G2} + N_{G3} + N_{G4} = 4.826$  kN;

活荷载为施工荷载标准值产生的轴向力总和, 立杆按一纵距内施工荷载总和的1/2取值。经计算得到, 活荷载标准值

$$N_Q = 3 \times 1.05 \times 1.5 \times 2 / 2 = 4.725 \text{ kN};$$

考虑风荷载时,立杆的轴向压力设计值为

$$N = 1.2 N_G + 0.85 \times 1.4 N_Q = 1.2 \times 4.826 + 0.85 \times 1.4 \times 4.725 = 11.414 \text{ kN};$$

不考虑风荷载时,立杆的轴向压力设计值为

$$N' = 1.2 N_G + 1.4 N_Q = 1.2 \times 4.826 + 1.4 \times 4.725 = 12.406 \text{ kN};$$

## 六、立杆的稳定性计算

风荷载标准值按照以下公式计算

$$W_k = 0.7 \mu_z \cdot \mu_s \cdot \omega_0$$

其中  $\omega_0$  -- 基本风压(kN/m<sup>2</sup>), 按照《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)的规定采用:  $\omega_0 = 0.6 \text{ kN/m}^2$ ;

$\mu_z$  -- 风荷载高度变化系数, 按照《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)的规定采用:  $\mu_z = 0.74$ ;

$\mu_s$  -- 风荷载体型系数: 取值为0.214;

经计算得到, 风荷载标准值为:

$$W_k = 0.7 \times 0.6 \times 0.74 \times 0.214 = 0.067 \text{ kN/m}^2;$$

风荷载设计值产生的立杆段弯矩  $M_w$  为:

$$M_w = 0.85 \times 1.4 W_k L_a h^2 / 10 = 0.85 \times 1.4 \times 0.067 \times 1.5 \times 1.8^2 / 10 = 0.038 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

考虑风荷载时,立杆的稳定性计算公式

$$\sigma = N / (\varphi A) + M_w / W \leq [f]$$

立杆的轴心压力设计值 :  $N = 11.414 \text{ kN}$ ;

不考虑风荷载时,立杆的稳定性计算公式

$$\sigma = N / (\varphi A) \leq [f]$$

立杆的轴心压力设计值 :  $N = N' = 12.406 \text{ kN}$ ;

计算立杆的截面回转半径 :  $i = 1.59 \text{ cm}$ ;

计算长度附加系数参照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2001)表5.3.3得 :  $k = 1.155$  ;

计算长度系数参照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》

(JGJ130-2001)表5.3.3得： $\mu = 1.5$ ；

计算长度，由公式  $l_0 = \mu h$  确定： $l_0 = 3.118 \text{ m}$ ；

长细比： $L_0/i = 196$ ；

轴心受压立杆的稳定系数 $\varphi$ ，由长细比  $l_0/i$  的结果查表得到： $\varphi = 0.188$

立杆净截面面积： $A = 4.24 \text{ cm}^2$ ；

立杆净截面模量(抵抗矩)： $W = 4.49 \text{ cm}^3$ ；

钢管立杆抗压强度设计值： $[f] = 205 \text{ N/mm}^2$ ；

考虑风荷载时

$$\sigma = 11413.89 / (0.188 \times 424) + 38466.087 / 4490 = 151.756$$

$\text{N/mm}^2$ ；

立杆稳定性计算  $\sigma = 151.756 \text{ N/mm}^2$  小于 立杆的抗压强度设计值  $[f] = 205 \text{ N/mm}^2$ ，满足要求！

不考虑风荷载时

$$\sigma = 12406.14 / (0.188 \times 424) = 155.637 \text{ N/mm}^2$$

立杆稳定性计算  $\sigma = 155.637 \text{ N/mm}^2$  小于 立杆的抗压强度设计值  $[f] = 205 \text{ N/mm}^2$ ，满足要求！

## 七、连墙件的计算

连墙件的轴向力设计值应按照下式计算：

$$N_l = N_{lw} + N_0$$

连墙件风荷载标准值按脚手架顶部高度计算 $\mu_z = 0.92$ ， $\mu_s = 0.214$ ， $\omega_0 = 0.6$ ，

$$W_k = 0.7 \mu_z \mu_s \omega_0 = 0.7 \times 0.92 \times 0.214 \times 0.6 = 0.083 \text{ kN/m}^2$$

每个连墙件的覆盖面积内脚手架外侧的迎风面积  $A_w = 16.2 \text{ m}^2$ ；

按《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ130-2001)5.4.1条连墙件约束脚手架平面外变形所产生的轴向力(kN)， $N_0 = 5.000 \text{ kN}$ ；

风荷载产生的连墙件轴向力设计值(kN)，按照下式计算：

$$N_{lw} = 1.4 \times W_k \times A_w = 1.875 \text{ kN};$$

$$\text{连墙件的轴向力设计值 } N_l = N_{lw} + N_0 = 6.875 \text{ kN};$$

连墙件承载力设计值按下式计算:

$$N_f = \varphi \cdot A \cdot [f]$$

其中  $\varphi$  -- 轴心受压立杆的稳定系数;

由长细比  $l/i = 250/15.9$ 的结果查表得到  $\varphi=0.958$ ,  $l$ 为内排架距离墙的长度;

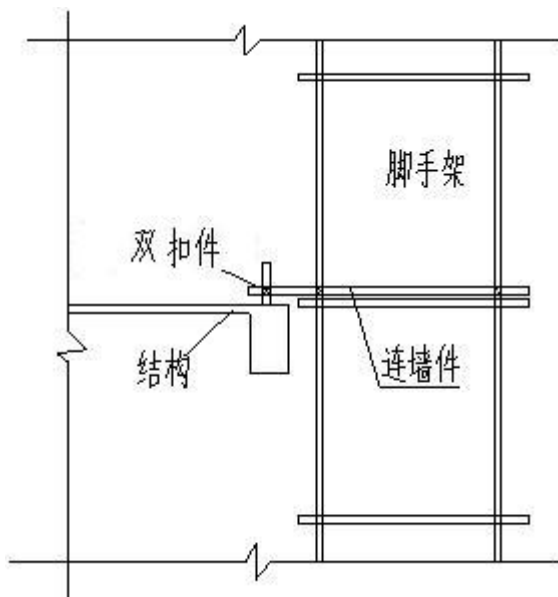
$$A = 4.24 \text{ cm}^2; [f]=205 \text{ N/mm}^2;$$

$$\text{连墙件轴向承载力设计值为 } N_f = 0.958 \times 4.24 \times 10^{-4} \times 205 \times 10^3 = 83.269 \text{ kN};$$

$N_l = 6.875 < N_f = 83.269$ ,连墙件的设计计算满足要求!

连墙件采用双扣件与墙体连接。

由以上计算得到  $N_l = 6.875$ 小于双扣件的抗滑力 12 kN, 满足要求!



连墙件扣件连接示意图

## 八、悬挑梁的受力计算

悬挑脚手架的水平钢梁按照带悬臂的连续梁计算。

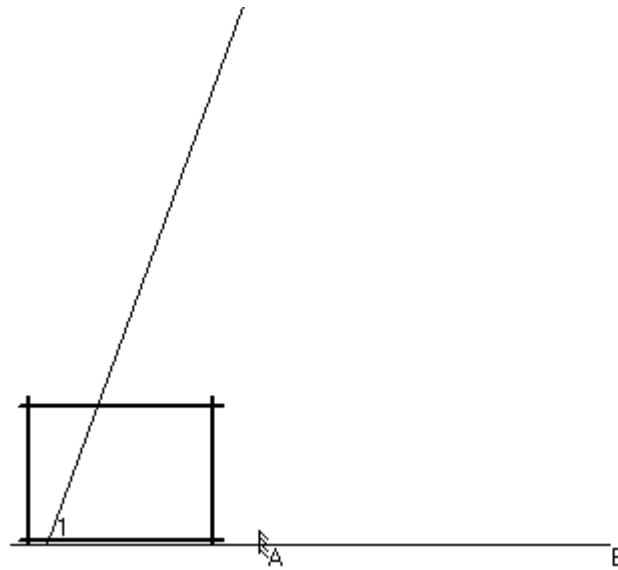
悬臂部分受脚手架荷载 $N$ 的作用, 里端 $B$ 为与楼板的锚固点,  $A$ 为墙支点。

本方案中，脚手架排距为1050mm，内排脚手架距离墙体250mm，支拉斜杆的支点距离墙体为 1200mm，

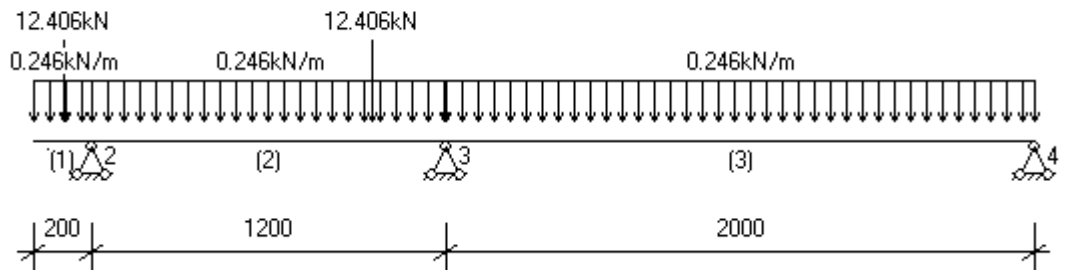
水平支撑梁的截面惯性矩 $I = 1130 \text{ cm}^4$ ，截面抵抗矩 $W = 141 \text{ cm}^3$ ，截面积 $A = 26.1 \text{ cm}^2$ 。

受脚手架集中荷载  $N = 1.2 \times 4.826 + 1.4 \times 4.725 = 12.406 \text{ kN}$ ；

水平钢梁自重荷载  $q = 1.2 \times 26.1 \times 0.0001 \times 78.5 = 0.246 \text{ kN/m}$ ；



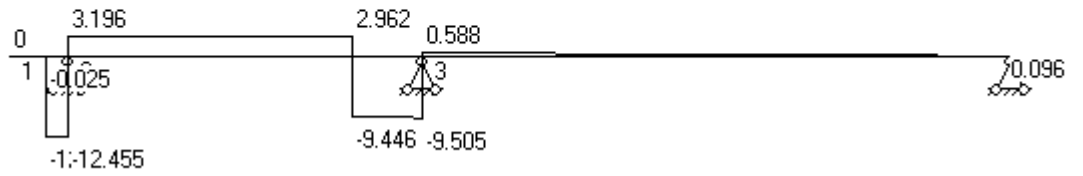
悬挑脚手架示意图



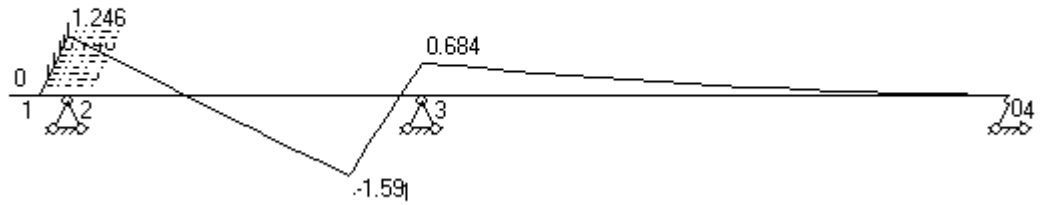
悬挑脚手架计算简图

经过连续梁的计算得到

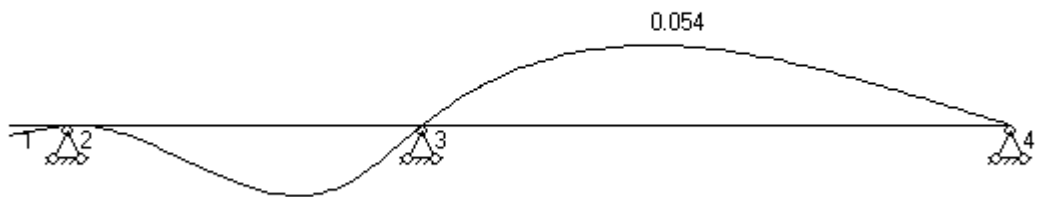




悬挑脚手架支撑梁剪力图(kN)



悬挑脚手架支撑梁弯矩图(kN·m)



悬挑脚手架支撑梁变形图(mm)

各支座对支撑梁的支撑反力由左至右分别为：

$$R[1] = 15.651 \text{ kN};$$

$$R[2] = 10.093 \text{ kN};$$

$$R[3] = -0.096 \text{ kN}。$$

$$\text{最大弯矩 } M_{\max} = 1.681 \text{ kN}\cdot\text{m};$$

最大应力  $\sigma = M/1.05W + N/A = 1.681 \times 10^6 / (1.05 \times 141000) + 8.537 \times 10^3 / 2610 = 14.624 \text{ N/mm}^2$ ;

水平支撑梁的最大应力计算值  $14.624 \text{ N/mm}^2$  小于 水平支撑梁的抗压强度设计值  $215 \text{ N/mm}^2$ , 满足要求!

### 九、悬挑梁的整体稳定性计算

水平钢梁采用16号工字钢,计算公式如下

$$\sigma = M/\varphi_b W_x \leq [f]$$

其中 $\varphi_b$  -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数:

查表《钢结构设计规范》(GB50017-2003)得,  $\varphi_b = 2$

由于 $\varphi_b$ 大于0.6, 根据《钢结构设计规范》(GB50017-2003)附表B, 得到  $\varphi_b$ 值为0.93。

经过计算得到最大应力  $\sigma = 1.681 \times 10^6 / (0.93 \times 141000) = 12.832 \text{ N/mm}^2$ ;

水平钢梁的稳定性计算  $\sigma = 12.832$  小于  $[f] = 215 \text{ N/mm}^2$ , 满足要求!

### 十、拉绳的受力计算

水平钢梁的轴力 $R_{AH}$ 和拉钢绳的轴力 $R_{Ui}$ 按照下面计算

$$R_{AH} = \sum R_{Ui} \cos \theta_i$$

其中 $R_{Ui} \cos \theta_i$ 为钢绳的 拉力对水平杆产生的轴压力。

各支点的支撑力  $R_{Ci} = R_{Ui} \sin \theta_i$

按照以上公式计算得到由左至右各钢绳拉力分别为:

$$R_{U1} = 16.654 \text{ kN};$$

### 十一、拉绳的强度计算

钢丝拉绳(支杆)的内力计算

钢丝拉绳(斜拉杆)的轴力 $R_U$ 均取最大值进行计算, 为

$$R_U = 16.654 \text{ kN}$$

选择6×19钢丝绳,钢丝绳公称抗拉强度1700MPa, 直径14mm。

$$[F_g] = aF_g/K$$

其中 $[F_g]$ -- 钢丝绳的容许拉力(kN);

$F_g$  -- 钢丝绳的钢丝破断拉力总和(kN), 查表得 $F_g = 123\text{KN}$ ;

$\alpha$  -- 钢丝绳之间的荷载不均匀系数, 对 $6 \times 19$ 、 $6 \times 37$ 、 $6 \times 61$ 钢丝绳分别取 $0.85$ 、 $0.82$ 和 $0.8$ 。 $\alpha = 0.85$ ;

$K$  -- 钢丝绳使用安全系数。 $K = 6$ 。

得到:  $[F_g] = 17.425\text{KN} > R_U = 16.654\text{KN}$ 。

经计算, 选此型号钢丝绳能够满足要求。

钢丝绳拉绳(斜拉杆)的拉环强度计算

钢丝绳拉绳(斜拉杆)的轴力 $R_U$ 的最大值进行计算作为拉环的拉力 $N$ , 为

$$N = R_U = 16.654\text{kN}$$

钢丝绳拉绳(斜拉杆)的拉环的强度计算公式为

$$\sigma = N/A \leq [f]$$

其中  $[f]$  为拉环钢筋抗拉强度, 按《混凝土结构设计规范》10.9.8 每个拉环按2个截面计算的吊环应力不应大于 $50\text{N/mm}^2$ ;

所需要的钢丝绳拉绳(斜拉杆)的拉环最小直径  $D = (16654 \times 4 / (3.142 \times 50 \times 2))^{1/2} = 14.6\text{mm}$ ;

实际拉环选用直径 $D = 16\text{mm}$  的HPB235的钢筋制作即可。

## 十二、锚固段与楼板连接的计算

**1.水平钢梁与楼板压点如果采用螺栓, 螺栓粘结力锚固强度计算如下**

锚固深度计算公式:

$$h \geq N/\pi d [f_b]$$

其中  $N$  -- 锚固力, 即作用于楼板螺栓的轴向拉力,  $N = 0.096\text{kN}$ ;

$d$  -- 楼板螺栓的直径,  $d = 20\text{mm}$ ;

$[f_b]$  -- 楼板螺栓与混凝土的容许粘接强度, 计算中取 $1.43\text{N/mm}^2$ ;

$[f]$  -- 钢材强度设计值, 取 $215\text{N/mm}^2$ ;

h -- 楼板螺栓在混凝土楼板内的锚固深度，经过计算得到 h 要大于

$$96/(3.142 \times 20 \times 1.43) = 1.068\text{mm}.$$

螺栓所能承受的最大拉力  $F = 1/4 \times 3.14 \times 20^2 \times 215 \times 10^{-3} = 67.51\text{kN}$

螺栓的轴向拉力  $N = 0.096\text{kN}$  小于螺栓所能承受的最大拉力  $F = 67.51\text{kN}$ ，满足要求！

## 2.水平钢梁与楼板压点如果采用螺栓，混凝土局部承压计算如下

混凝土局部承压的螺栓拉力要满足公式：

$$N \leq (b^2 - \pi d^2 / 4) f_{cc}$$

其中 N -- 锚固力，即作用于楼板螺栓的轴向压力， $N = 10.093\text{kN}$ ；

d -- 楼板螺栓的直径， $d = 20\text{mm}$ ；

b -- 楼板内的螺栓锚板边长， $b = 5 \times d = 100\text{mm}$ ；

$f_{cc}$  -- 混凝土的局部挤压强度设计值，计算中取  $0.95f_c = 14.3\text{N/mm}^2$ ；

$$(b^2 - \pi d^2 / 4) f_{cc} = (100^2 - 3.142 \times 20^2 / 4) \times 14.3 / 1000 = 138.508\text{kN} > N = 10.093\text{kN}$$

经过计算得到公式右边等于  $138.51\text{kN}$ ，大于锚固力  $N = 10.09\text{kN}$ ，楼板混凝土局部承压计算满足要求！

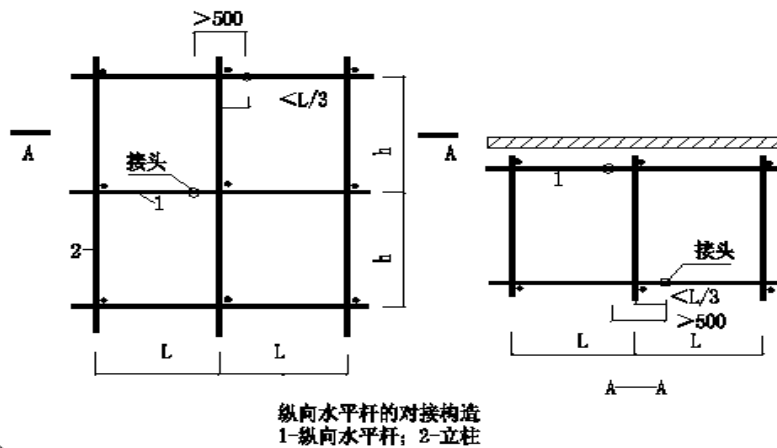
## 第七章脚手架的验收

作业层上施加荷载前，必须进行验收，合格后方可使用；每搭设两步高或 3.6m 内必须进行一次验收，合格后方可使用。如果遇有 6 级及 6 级以上大风或停用超过一个月后，使用前必须进行复验，看是否有损坏。如有变形等情况必须进行整改，直至达到合格后方可使用。验收立杆垂直度，最大不得超过 50mm。搭设中验收要求具体见下表：

搭设中检查偏差的高度	允许偏差 (mm)
------------	-----------

H=2m	±7
H=10m	±25
H=20m	±50

间距：步距偏差不超过 20mm，纵向不超过 50mm，横距不超过 20mm。纵向水平杆高差：一根杆的两端偏差不超过 20mm，同跨内两根纵向水平杆高差不超过 10mm。扣件安装要求：主节点出各扣件中心点相互距离小于或等于 150mm，同步隔一根立杆上两个相隔对接扣件的高差大于或等于 500mm，立杆上对接扣件至主节点的距离小于 600mm。剪刀撑斜杆与地面的倾角在 45 至 60 度之间。



支撑体系：脚手架的支撑体系由剪刀撑、横向斜撑组成。剪刀撑在脚手架外侧整个长度和高度上连续设置，横向斜撑除在脚手架的设置外，中间每隔 4 跨设置一道。剪刀撑的接头采用搭接连接。横向斜撑的斜杆只占一空格，由底至顶呈之字型布置。

## 第八章 脚手架的拆除

- 一、脚手架拆除时应划分作业区，周围设绳绑围栏或竖立警戒标志，地面设专人指挥，禁止非作业人员入内。
- 二、拆架子的高处作业人员应戴好安全帽，系好安全带，扎裹腿，穿软底鞋方允许上架作业。

三、拆除顺序应遵守由上而下，先搭后拆、后搭先拆的原则，即先拆栏杆、脚手板、剪刀撑、斜撑，而后小横杆、大横杆、立杆等，并按一步一清原则依次进行，要严禁上下同时进行拆除作业。绕圈拆除，错差不大于 2 步。

四、拆立杆时要先抱住立杆再拆开最后两个扣，拆除大横杆、斜撑、剪刀撑时，应先拆中间扣，然后托住中间，再解端头扣。

五、连墙件应随拆除进度逐层拆除，拆抛撑前，应用临时撑支住，然后才能拆除抛撑。

六、拆除时要统一指挥，上下呼应，动作协调，当解开与另一人有关的结扣时，应先通知对方，以防坠落。

七、大片架子拆除后所预留的斜道、上料平台、通道、小飞跳等，应在大片架子拆除前先进行加固，以便拆除后能确保其完整、安全和稳定。

八、拆除时严禁撞碰脚手架附近的电缆线，以防止事故放生。

九、拆除时严禁碰坏门窗、玻璃、落水管、房檐瓦片、地下明沟等物品。

十、拆下的材料，应用绳索拴住杆件利用滑轮徐徐下运，严禁抛掷，运至地面的材料应按指定地点，随拆随运，分类堆放，当天拆当天清，拆下的构配件要集中回收处理。

十一、在拆除过程中，不得中途换人，如必须换人时，应将拆除情况交待清楚后方可离开。

### **第九章施工注意事项及事故预防措施**

一、所用钢管、扣件强度须满足要求。弯曲、烂洞、锈蚀脱皮的钢管严禁使用到外架上。

二、所用小横杆长度基本统一，且两头超出立杆的长度 12cm。立杆和大横杆的接头位置要错开。剪刀撑的接头长度不小于 100cm，且不能少于两个扣件。

三、铺设的木板和大横杆绑牢，每块木板不少于四个点。外围护安全网用绑绳绑于大横杆上，须每点都绑扎，且上下左右都要绷直。

四、在架体搭设时，各材料进行可靠的传递，不得随意乱抛，同时施工人员系好安全带。在竖立杆时，有两人以上同时操作，以免立杆不稳。

五、六级以上大风和雨天不进行外架的搭设，同时各架体材料放置点稳定。

六、搭设好的架体，其上的构件，特别是扣件、钢管等在使用过程中严禁随意拆卸，并且架体严禁用作材料堆场，其上只允许放些临时的零星材料，且放置要稳定。

七、建立完善的验收和检查制度。搭设好的外架在验收合格后方能投入使用。同时对外架进行定期和不定期的检查，并安排专人对架体进行护理，清理架体上的零星材料，检查各连接点是否有转动。

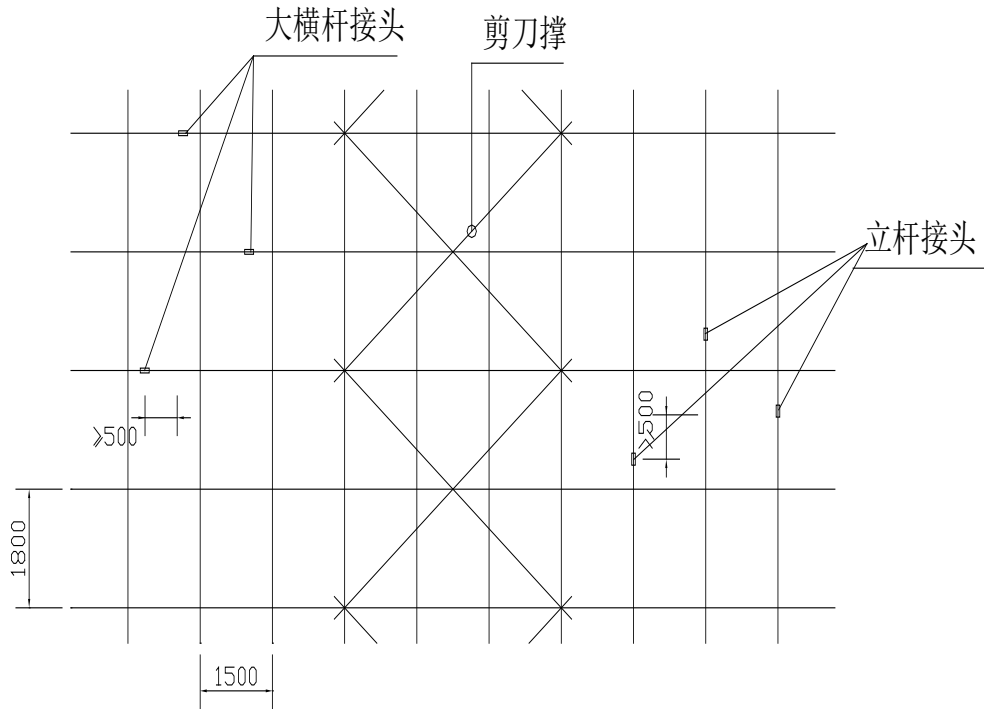
八、在恶劣天气（大风、雨）前后对外架进行检查和加固，特别是恶劣天气之后，经过前面检查符合安全要求后才能继续使用。

九、脚手架搭设人员是经过国家现行标准《特种作业人员安全技术考核管理规则》考核合格的专业架子工。上岗人员要进行岗前教育、进行安全技术交底，并定期体检，持证上岗。

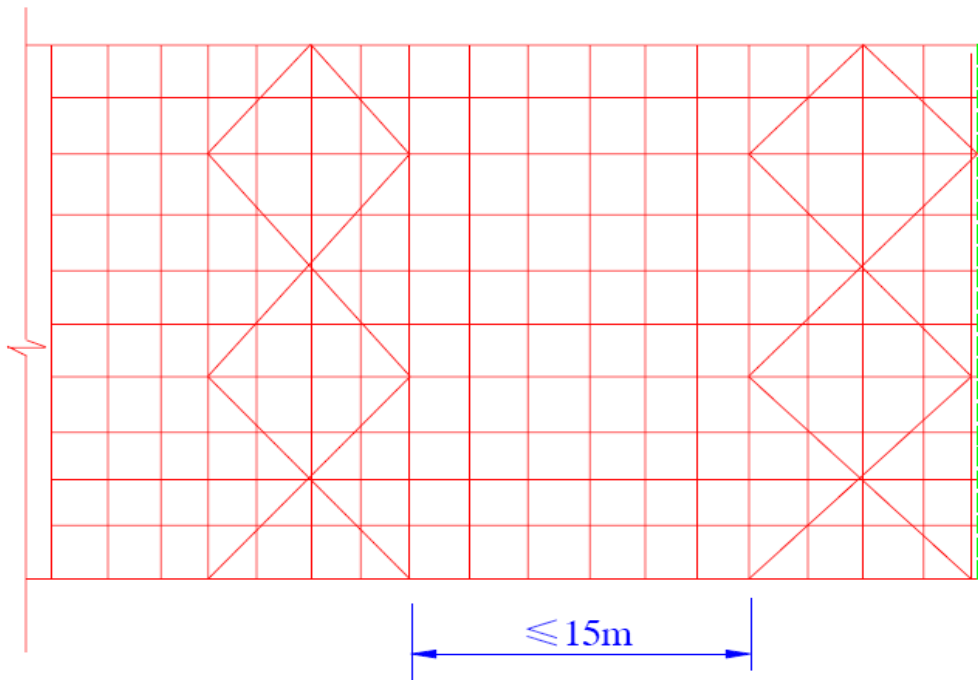
十、搭设脚手架人员戴安全帽、安全带，穿防滑鞋。

十一、拆除脚手架时，地面设围栏和警戒标志，并派专人看守，严禁一切非操作人员入内。

附图：

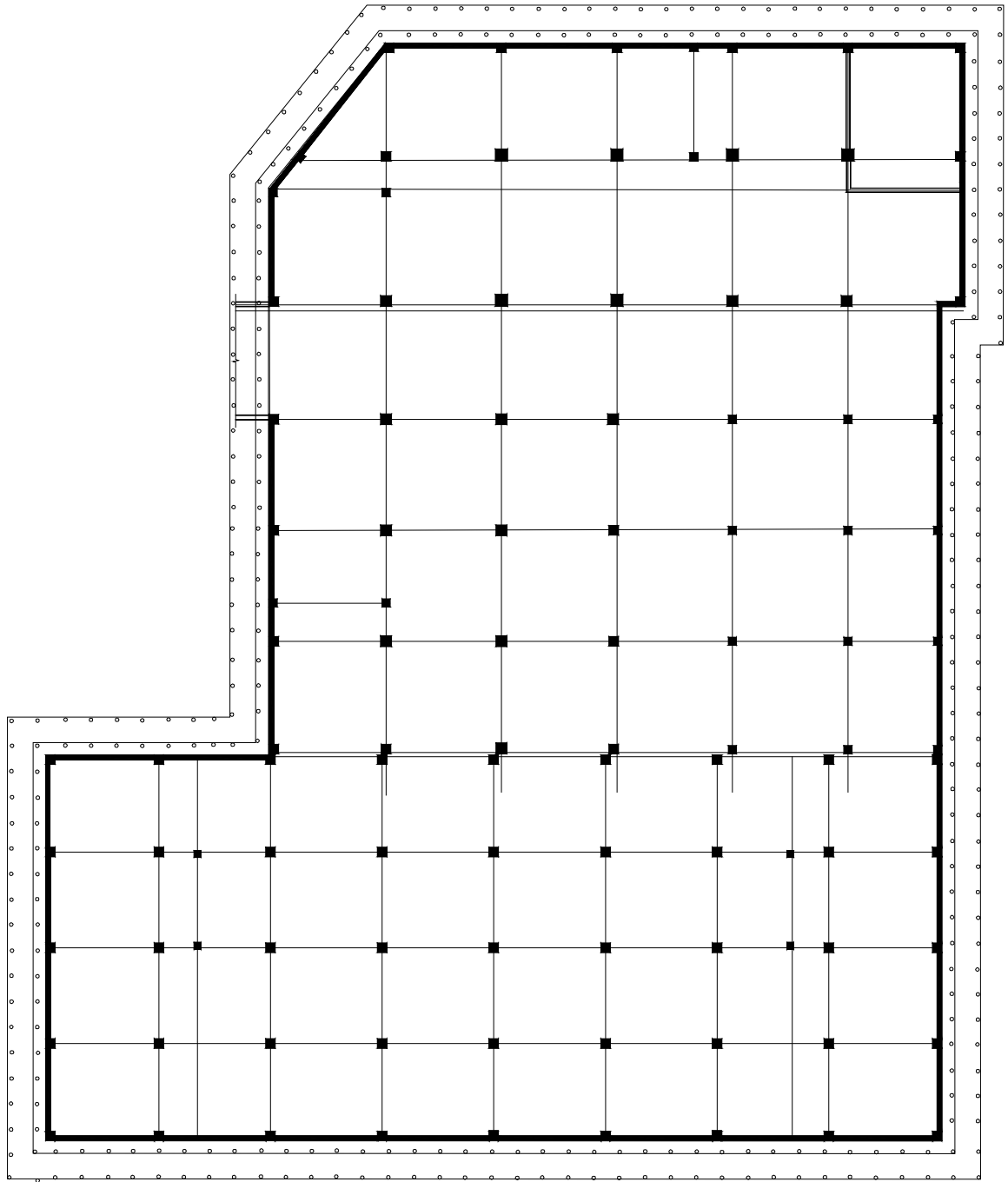


**附图 1：横杆、立杆、剪刀撑接头节点大样图**



**附图 2：落地式脚手架立面图**





2#地块脚手架平面布置图