

Word 版获取: <https://coyis.com/?p=23865>

更多施工方案: <https://coyis.com/?p=16801>

某某大厦

钢结构工程吊装方案



审批: _____

审核: _____

编制: _____

单位: _____ 建筑一生有限公司 _____

日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日 _____

目 录

一、工程概况	1
二、编制依据	2
三、安装机械设备计划	3
1、塔吊选择	3
2、安装设备	5
四、包装及运输	5
1、构件包装基本要求	5
2、运输分类	6
(1) 构件清单	6
(2) 钢结构装载方法 (以本工程的大型构件为例)	7
3、构件运输	8
4、钢构件的卸车吊运方法	9
五、施工准备	9
1、构件配套供应	9
2、构件的堆放 (临时)	10
3、现场柱基检查	11
(1) 定位轴线及水准点的复测	11
(2) 柱间距检查	12
(3) 柱中心线的检查	12

4、构件进场检验	12
5、钢柱直爬梯及顶部临时平台搭设	14
六、吊装顺序	15
七、现场安装	18
1、安装工艺流程	18
2、钢骨柱的吊具选用	19
3、钢柱吊装	19
(1) 吊点设置及起吊方式	19
(2) 钢柱标高调整	22
(3) 钢柱垂直度调整	22
4、钢梁吊具选用	23
5、钢梁吊装	23
(1) 钢梁的吊装顺序	23
6、高强螺栓安装	25
(1) 高强螺栓保管要求	26
(2) 高强螺栓性能检验	27
(3) 高强螺栓安装流程	29
(4) 高强螺栓安装工艺	29
(5) 高强螺栓安装注意事项	31
(6) 高强螺栓安装施工检查	32
(7) 现场穿孔应急方案	33

八、吊装安全技术要点	33
1、施工现场安全防护总体部署	33
2、钢结构安装安全措施	34
(1) 安全带的使用	34
(2) 安全挂钩与工具防坠链	34
3、钢结构吊运安全措施	35
4、吊车司机操作规范	40
5、起重作业指挥者的安全操作规程	41
附页 1:	43
附页 2	44
附页 3	45

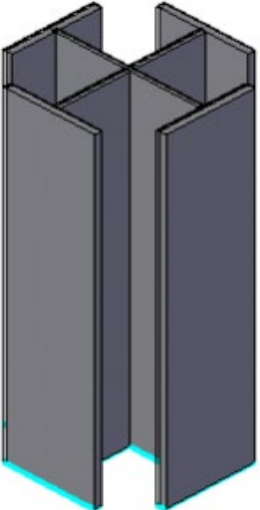
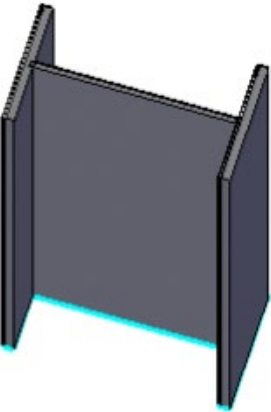


一、工程概况

序号	工程名称	某某大厦钢结构工程
1	工程地址	
2	建设单位	
3	监理单位	
4	设计单位	
5	建筑面积	总建筑面积 66850.00 平方米
6	施工单位	
	总体建筑效果图	

某某大厦钢结构工程：地下室 4 层，裙楼 4 层，地上共 38 层，建筑高度 164 米（屋面面层），屋面顶板结构标高为 163.5 米，屋顶装饰构架最高处高度为 169.15 米。首层高度为 6.0 米，二至四层为 5.0 米，五层为 3.4 米、二十九层为 4.5 米，三十七层为 4.4 米，其他标准层层高 4.2 米，为超高层建筑。五、十七、二十九层设有避难层。该建筑是庆阳市第一高楼，地标性建筑。

本工程结构形式为钢框架-钢筋砼筒体结构，主楼核心筒外围12根十字劲性钢柱，裙楼一层以上同样为十字劲性钢柱，外包混凝土；

名称	形式	主要规格
柱子		<p>+900x900x20x36</p> <p>+800x800x20x36</p>
梁		<p>H1000x400x16x36</p> <p>H 900x400x14x36</p> <p>H 800x400x14x32</p>

主要钢构件规格表

二、编制依据

1、《钢结构工程施工质量验收规范》

GB50205—2001

- | | |
|---------------------|--------------|
| 2、《工程测量规范》 | GB50026-93 |
| 3、《建筑钢结构焊接技术规程》 | JGJ81-2002 |
| 4、《某某大厦钢结构工程施工组织设计》 | |
| 5、《塔式起重机安全规程》 | GB5144-2007 |
| 6、《建筑施工高处作业安全技术规范》 | JGJ80-91 |
| 7、《建筑施工企业安全生产管理规范》 | GB50656-2011 |
| 8、《起重吊运指挥信号》 | GB5082-1985 |
| 9、《建筑施工起重吊装安全技术规范》 | JGJ276-2012 |



三、安装机械设备计划

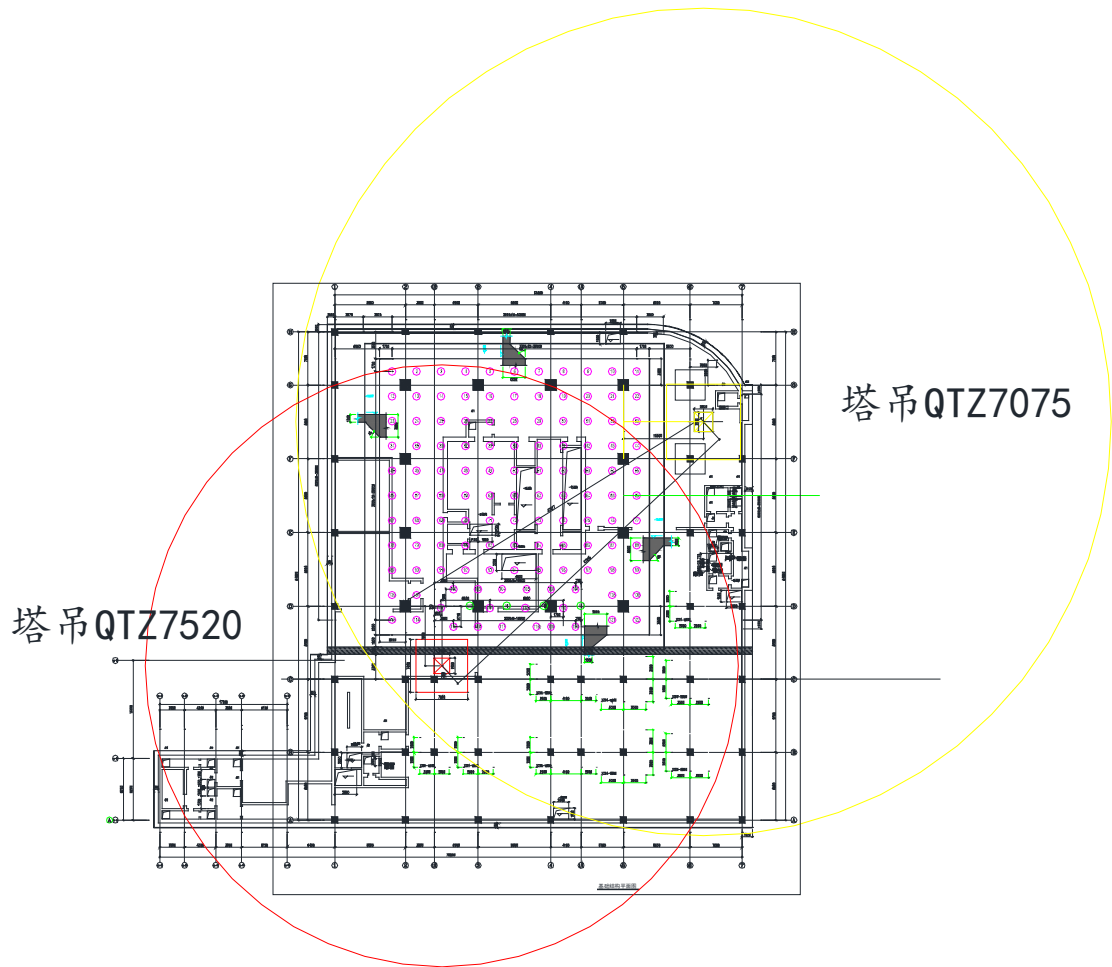
1、塔吊选择

本工程业主提供两台塔吊，一台 QTZ7520 型塔吊、一台 QTZ7075 型塔吊，其中 QTZ7075 以钢结构安装为主，起重力矩 6300KN.m，起重重量最大/额定 32T/7.5T，最大臂长 70 米，独立高度 83 米，最大高度 325 米。另一台 QTZ7520 塔吊以土建为主。

根据构件截面特性以及 QTZ7075 塔吊吊装性能分析，该塔吊配置的起重能力和覆盖半径能满足本工程钢结构卸车、安装的需要。

QTZ7075、QTZ7520 塔式起重机主要参数见附页 1、2

塔吊平面布置图（见下图）



现场塔式起重机平面布置图

塔吊立面布置图

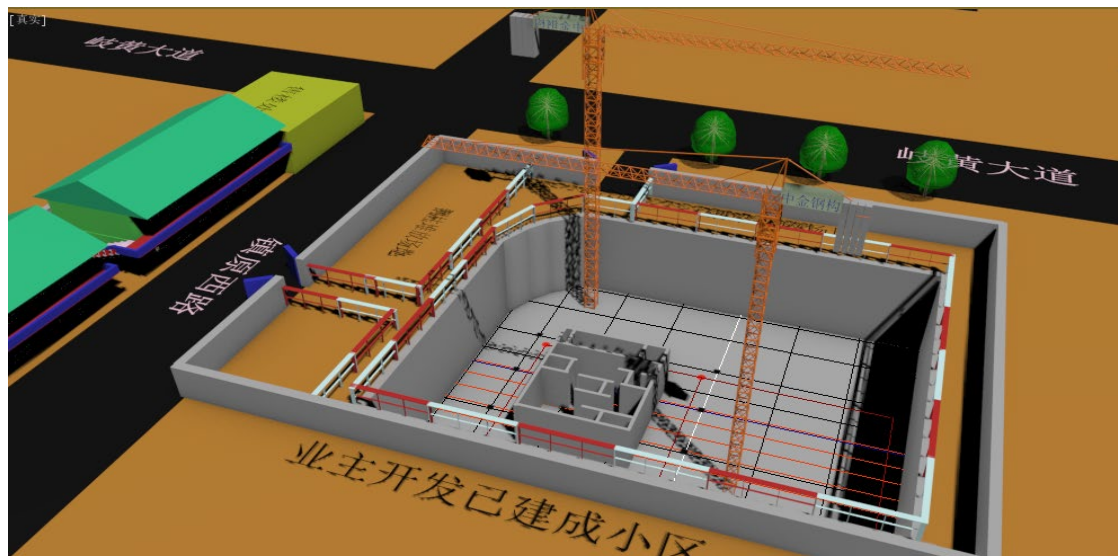


图 1 塔吊立体布置图

2、安装设备

安装设备计划表

序号	品名	规格	单位	数量	备注
1	吊装夹具	5 吨	个	8	
2	手动葫芦	1-2 吨	个	10	
3	螺旋千斤顶	5t	台	8	
4	螺旋千斤顶	10t	台	6	
5	活 动 扳 手		把	12	
6	撬 棍	1.5m	根	12	
7	多功能金属线坠	GD52—450 4.5m	个	6	
8	安装操作平台		套	20	
9	爬 梯		套	1	
10	扭力扳手		把	4	

四、包装及运输

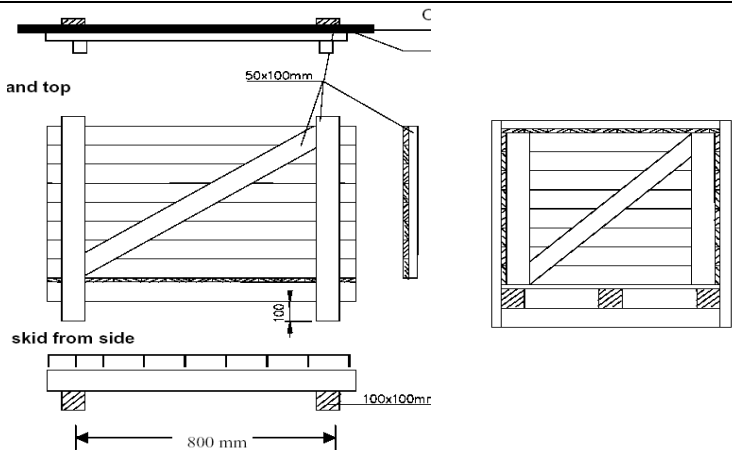
1、构件包装基本要求

对于本工程所有钢构件全部由中金(西安)重型钢结构有限公司,进行加工制作,本工程加工基地离施工现场距离 250 公里,因此运输时间短,调度灵活,不会因长途运输中受不确定因素影响而耽误运输进度,而影响安装总工期。

- (1) 包装的产品须经产品检验为合格,随行文件齐全;
- (2) 包装是根据钢结构的特点、储运、装卸条件等要求进行作业,做到包装紧凑、防护周密、安全可靠;
- (3) 包装钢结构的外形尺寸和重量应符合公路运输方面的有关规定;

(4) 产品包装必须具有足够强度，保证产品能经受多次装卸、运输无损伤、变形、降低精度、锈蚀、残失，能安全可靠地运抵目的地。产品包装是保护产品性能，提高其使用价值的手段。通过储存、运输等一系列流通过程使产品完整无损地运到目的地；

(5) 包装依据安装顺序、分单元配套进行包装；根据本工程的实际情况，本工程构件采用以下方式运输。

序号	方式	适用类	注意事项及示意图
1	捆装	第一类构件	适用于钢梁、钢支撑构件等，每捆重量不宜大于 5 吨
2	裸装	第二类构件	适用于重量、体积均较大且又不适合于装箱的产品，如带牛腿钢柱等。
3	包装箱包装	第三类构件	 <p>适用于外形尺寸较小、重量较轻、易散失的构件，如连接件、螺栓或标准件等</p> <p>包装依据安装顺序、分单元配套进行包装；</p> <p>装箱构件在箱内应排列整齐、紧凑、稳妥牢固，不得串动，必要时应将构件固定于箱内，以防在运输和装卸时滑动和冲撞，箱的充满度不得小于 80%。</p>

2、运输分类

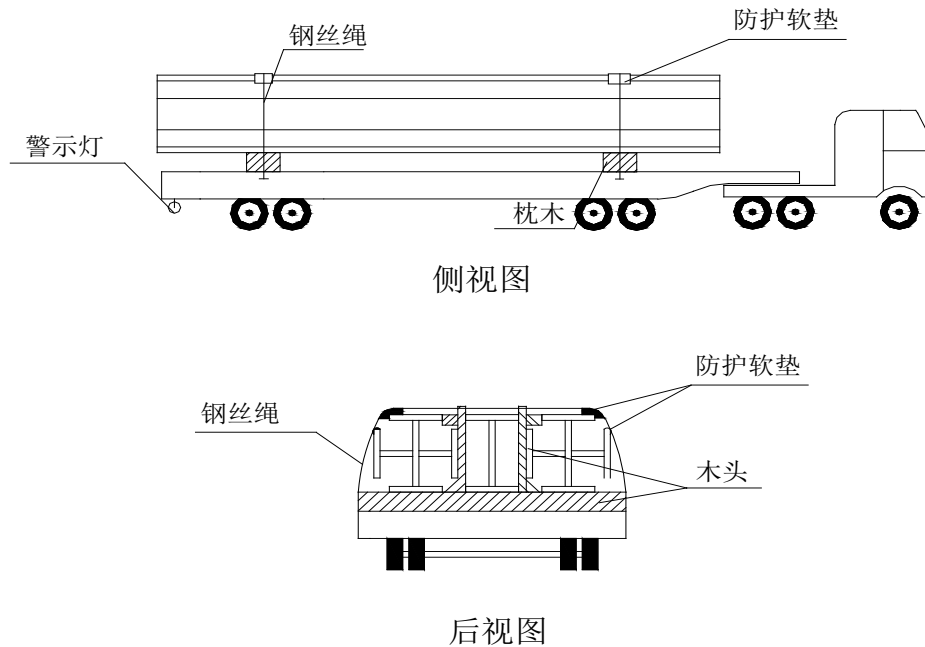
(1) 构件清单

构件发运前必须编制发运清单，清单上必须明确项目名称、构件

号、构件数量及吨位，以便项目部现场核查；

(2) 钢结构装载方法（以本工程的大型构件为例）

钢结构装载方法见下图，十字型钢柱裸装运输。



十字型钢柱运输示意图

(3) 装载及加固要求

- 1) 汽车装载不超过行驶证中核定的载质量；
- 2) 装载时保证均衡平稳、捆扎牢固；
- 3) 运输构件时，根据构件规格、重量选用汽车。大型货运汽车载物高度从地面起控制在 4 米内，宽度不超出车厢，长度前端不超出车身，后端不超出车身 2 米；
- 4) 钢结构长度未超出车厢后栏板时，不准将栏板平放或放下；超出时，构件、栏板不准遮挡号牌、转向灯、制动灯和尾灯；
- 5) 钢结构的体积超过规定时，须经有关部门批准后才能装车；
- 6) 封车加固的钢丝绳与其在车底板上投影的夹角一般接近 45 度；

7) 加固材料通常使用的加固材料有：支架、垫木、三角木(包括钢材制作的)、挡木、方木、铁线、钢丝绳、钢丝绳夹头、紧线器、导链等；加固车时，用铁线(或钢丝绳)拉牢，形式应为八字形、倒八字形，交叉捆绑或下压式捆绑。

3、构件运输

构件装运使用卡车，平板车等运输工具。装车时构件与构件，构件与车辆之间应妥善捆扎，以防车辆颠簸而发生构件散落。装车和运输过程中应注意保护构件，特别是一些较薄的连接板，应尽量避免与其他构件直接接触。

待运物件堆放需平整稳妥垫实，搁置干燥、无积水处，防止锈蚀。钢构件按种类、安装顺序分区存放，底层垫枕应有足够的支承面，防止构件被支点顶坏。

相同构件的钢构件叠放时，各层钢构件的支点应在同一垂直线上，防止钢构件被压坏或变形。

因施工现场狭小无构件堆场，运输的构件必须按照吊装要求程序进行发运，尽量考虑配套供应，确保现场顺利吊装。

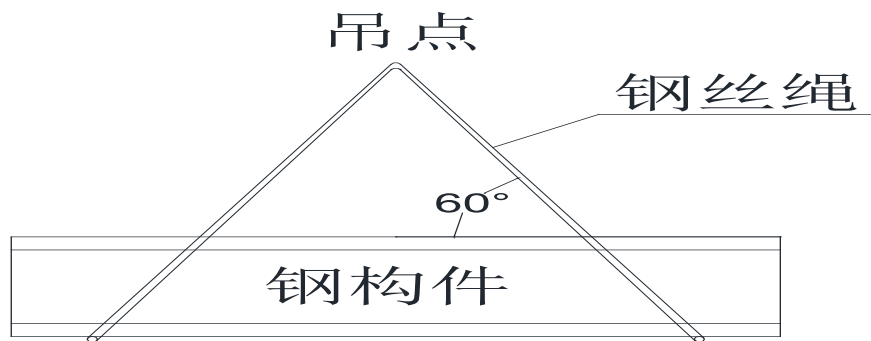
构件运输过程中应放置垫木，在用钢丝绳固定时应做好构件四角保护工作，防止构件变形和刻断钢丝绳，对不稳定构件应采用支架稳定。

序号	运输过程中的质量保证措施	
1	装载要求	a. 钢结构运输时，按安装顺序进行配套发运； b. 汽车装载不超过行驶证中核定的载质量； c. 装载时保证均衡平稳、捆扎牢固； d. 运输构件时，根据构件规格、重量选用汽车。大型货运汽车载物高度从地面起控制在 4 米内，宽度不超出车厢，长度前端不超

		出车身，后端不超出车身 2 米； e. 钢结构长度未超出车厢后栏板时，不准将栏板平放或放下； f. 钢结构的体积超过规定时，须经有关部门批准后才能装车； g. 封车加固的铁线（或钢丝绳）与其在车底板上投影的夹角一般接近 45 度。
2	加固	a. 加固材料：通常使用的加固材料有：支架、垫木、挡木、方木、钢丝绳、钢丝绳夹头、紧线器、导链等； b. 加固车时，钢丝绳（ $\phi 10 \sim \phi 18$ ）拉牢，形式应为八字形、倒八字形，交叉捆绑或下压式捆绑。
3	注意事项	a. 在运输过程中，由我公司派专人负责汽车装运，对装卸的质量作全面的负责与监控，发现问题及时解决并及时反馈给公司总部，以便做出第一时间的处理； b. 钢结构装载与加固的基本要求是必须能够经受正常的汽车运输中所产生的各种力的作用，以便保证钢结构在运输的全过程中不致发生移动、滚动和坠落等情况；

4、钢构件的卸车吊运方法

根据本工程的实际情况。可以采用吊装孔和捆绑式吊运两种方法。



五、施工准备

1、构件配套供应

现场钢结构吊装是根据规定的安装流水顺序进行的，钢构件将按照安装流水顺序的需要供应。为此，我们将严密制定出构件进场及吊装周、日计划，构件进场按日计划，明确到各构件的编号及吊装区域。每天进场的构件要满足日吊装计划并配套。

根据现场吊装进度计划，提前一周通知制作厂，使制作厂随时掌

握现场安装届时所需构件的进场时间。计划变更时提前两天通知制作厂，制作厂应严格按照现场吊装进度所需的构件进场计划，按时将构件运至现场指定地点。

2、构件的堆放（临时）

构件堆放场地应平整，场基坚实，无杂草，无积水。

构件堆放应使用垫木，垫木必须上下对齐，每堆构件与构件之间，应留出一定的距离。如现场场地允许，构件可按吊装顺序及安装位置，在保证起重机械及运输车辆行走通畅的情况下，按各种型号分别堆放于吊装位置附近。

构件堆放层次、顺序及原则：（见下表）

序号	层次、顺序及规则
1	构件堆放按照钢柱、钢梁、及其它构件分三类进行堆放，其中柱、梁单层堆放
2	构件堆放时应按照便于安装的顺序进行堆放，即先安装的构件堆放在上层或者便于吊装的地方
3	构件堆放时一定要注意把构件的编号或者标识露在外面或者便于查看的方向
4	各段钢结构施工时，同时进行主体结构混凝土施工，并穿插其它各工种施工，在钢构件、材料进场时间和堆放场地布置时应兼顾各方

5	所有构件堆放场地均按现场实际情况进行安排，按规范规定进行平整和支垫，不得直接置于地上，要垫高 200mm 以上，以便减少构件堆放变形；钢构件堆放场地按照施工区作业进展情况进行分阶段布置调整
6	每堆构件与构件处，应留一定距离，供构件预检及装卸操作作用，每隔一定堆数，还应留出装卸机械翻堆用的空地
7	为了不多占用现场施工场地，现场堆放量不超过两天吊装的构件数量



钢构件场地堆放示意图

3、现场柱基检查

(1) 定位轴线及水准点的复测

对基础施工单位或建设单位提供的定位轴线，应会同建设单位、监理单位、土建单位及其他有关单位一起对定位轴线进行交接验线，做好记录，对定位轴线进行标记，并做好保护。

根据建设单位提供的水准点（二级以上），用水准仪进行闭合测

量，并将水准点测设到附近建筑物不宜损坏的地方，也可测设到建筑物内部，但要保持视线畅通，同时应加以保护。

（2）柱间距检查

柱间距检查是在定位轴线被认可的前提下进行的，用标准钢卷尺实测柱间距，柱间距的偏差值应严格控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内；

（3）柱中心线的检查

检查柱中心线与定位轴线的偏差，钢结构的安装质量和工效与柱基的定位轴线、基础标高直接有关，必须对定位轴线的间距、柱基面标高和地脚螺栓预埋位置进行检查、测量，并经过监理及相关部门复测合格后才可进行下一节柱子的安装。

4、构件进场检验

钢构件、材料验收的主要目的是清点构件的数量并将可能存在缺陷的构件在地面进行处理，使得存在质量问题的构件不进入安装流程。

钢构件进场后，按货运单检查所到构件的数量及编号是否相符，发现问题应及时在回单上说明并反馈制作工厂，以便工厂更换补齐构件。按设计图纸、规范及制作厂质检报告单，对构件的质量进行验收检查，做好检查记录。为使不合格构件能在厂内及时修改，确保施工进度，也可直接进厂检查。主要检查构件外形尺寸，螺孔大小和间距等。检查用计量器具和标准应事先统一。经核对无误，并对构件质量检查合格后，方可确认签字，并做好检查记录。



钢构件进场验收

对于制作超过规范误差或运输中变形、受到损伤的构件应送回制作工厂进行返修，对于轻微的损伤，则可以在现场进行修复。

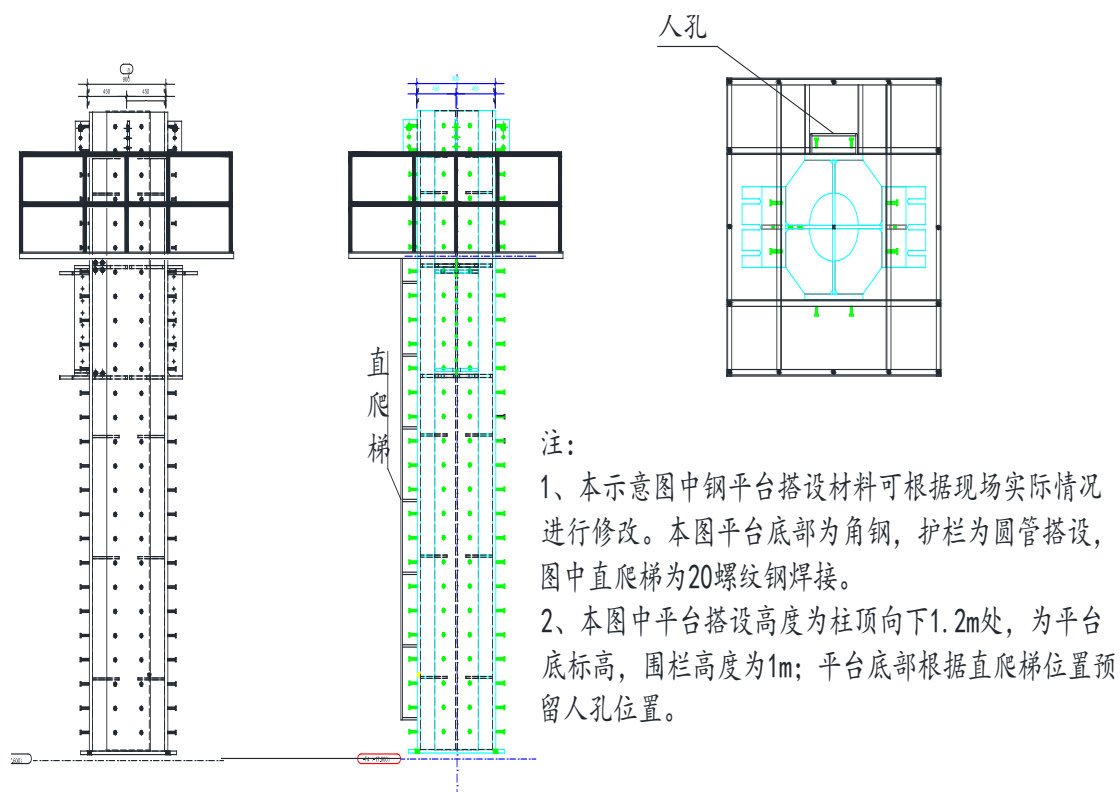
现场构件验收主要是焊缝质量、构件外观和尺寸检查，质量控制重点在构件制作工厂。构件进场的验收及修补内容如下表所示：

序列	类型	验收内容	验收工具、方法	补修方法
1	焊 缝	构件表面外观	目测	焊接修补
2		现场焊接剖口方向	参照设计图纸	现场修正
3		焊缝探伤抽查	无损探伤	碳弧气刨后重焊
4		焊脚尺寸	量测	补焊
5		焊缝错边、气孔、夹渣	目测	焊接修补
6		多余外露焊接衬垫板	目测	切除
7		节点焊缝封闭	目测	补焊
8	构件的外 形及尺寸	钢柱变截面尺寸	测量	制作工厂控制
9		构件长度	钢卷尺丈量	制作工厂控制
10		构件表面平直度	靠尺检查	制作工厂控制
11		加工面垂直度	靠尺检查	制作工厂控制
12		十字型、H型截面尺寸	对角线长度检查	制作工厂控制
13		钢柱柱身扭转	测量	制作工厂控制
14		H型钢腹板弯曲	靠尺检查	制作工厂控制
15		H型钢翼缘变形	靠尺检查	制作工厂控制
16		构件运输过程变形	参照设计图纸	变形修正
17		预留孔大小、数量	参照设计图纸	补开孔
18		螺栓孔数量、间距	参照设计图纸	绞孔修正
19		连接摩擦面	目测	小型机械补除锈
20		柱上连接耳板	参照设计图纸	补漏或变形修正
21		表面防腐油漆	目测、测厚仪检查	补刷油漆
22		表面污染	目测	清洁处理

5、钢柱直爬梯及顶部临时平台搭设

钢柱进入现场后，为方便后期人员进行钢柱顶部梁的就位、焊接以及柱与柱的对接，可根据现场实际情况制作临时平台及直爬梯的制作及安装工作。

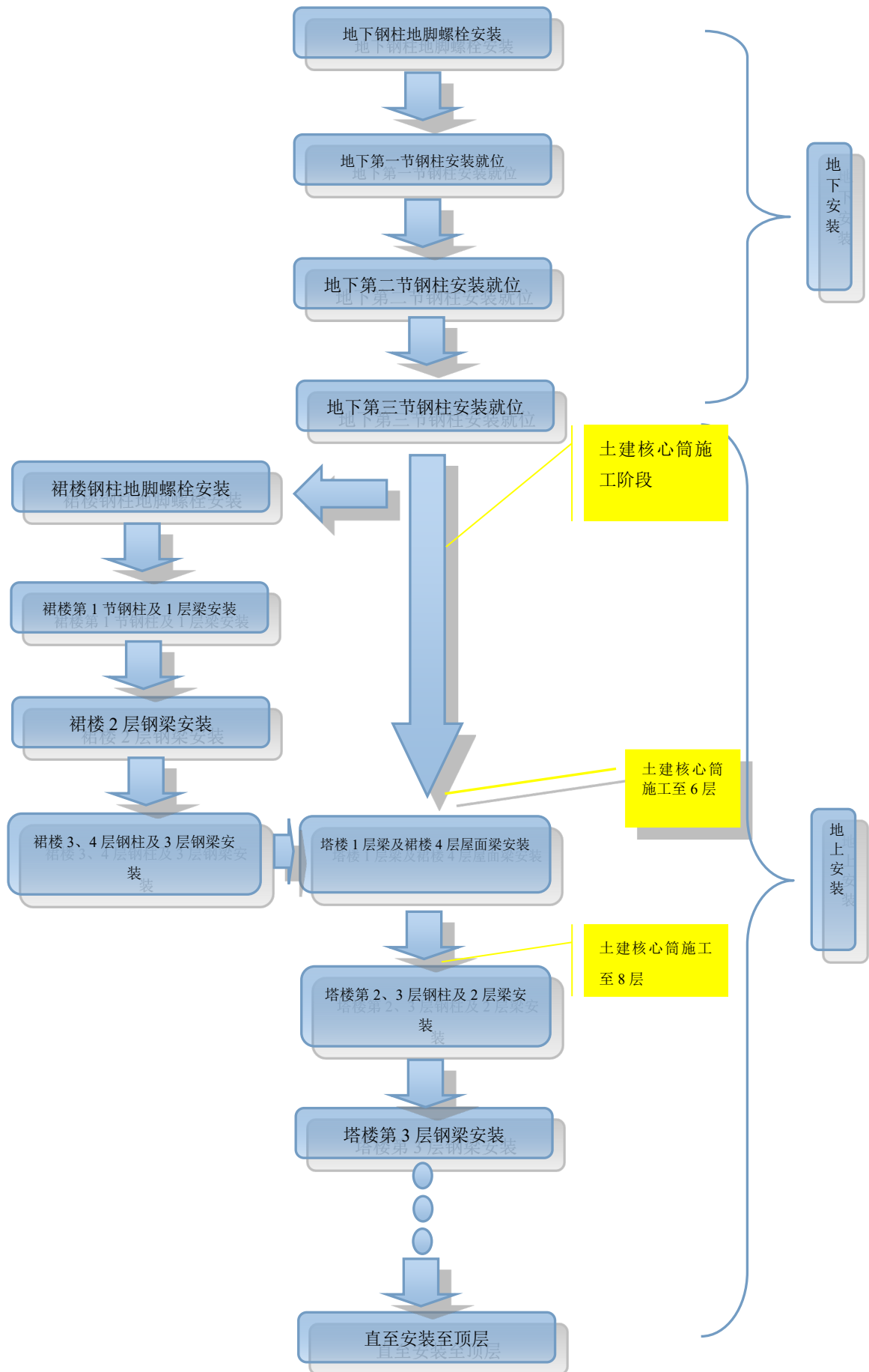
为了便于后期钢柱的放线校正、上下钢柱焊接工作应提前进行临时平台以及直爬梯的材料准备工作，柱体进入现场吊装时（塔吊将柱体垂直吊起时但不离开地面，施工人员将临时平台及直爬梯安装在柱体上。再试吊并检查无问题后进行钢柱的安装工作）。



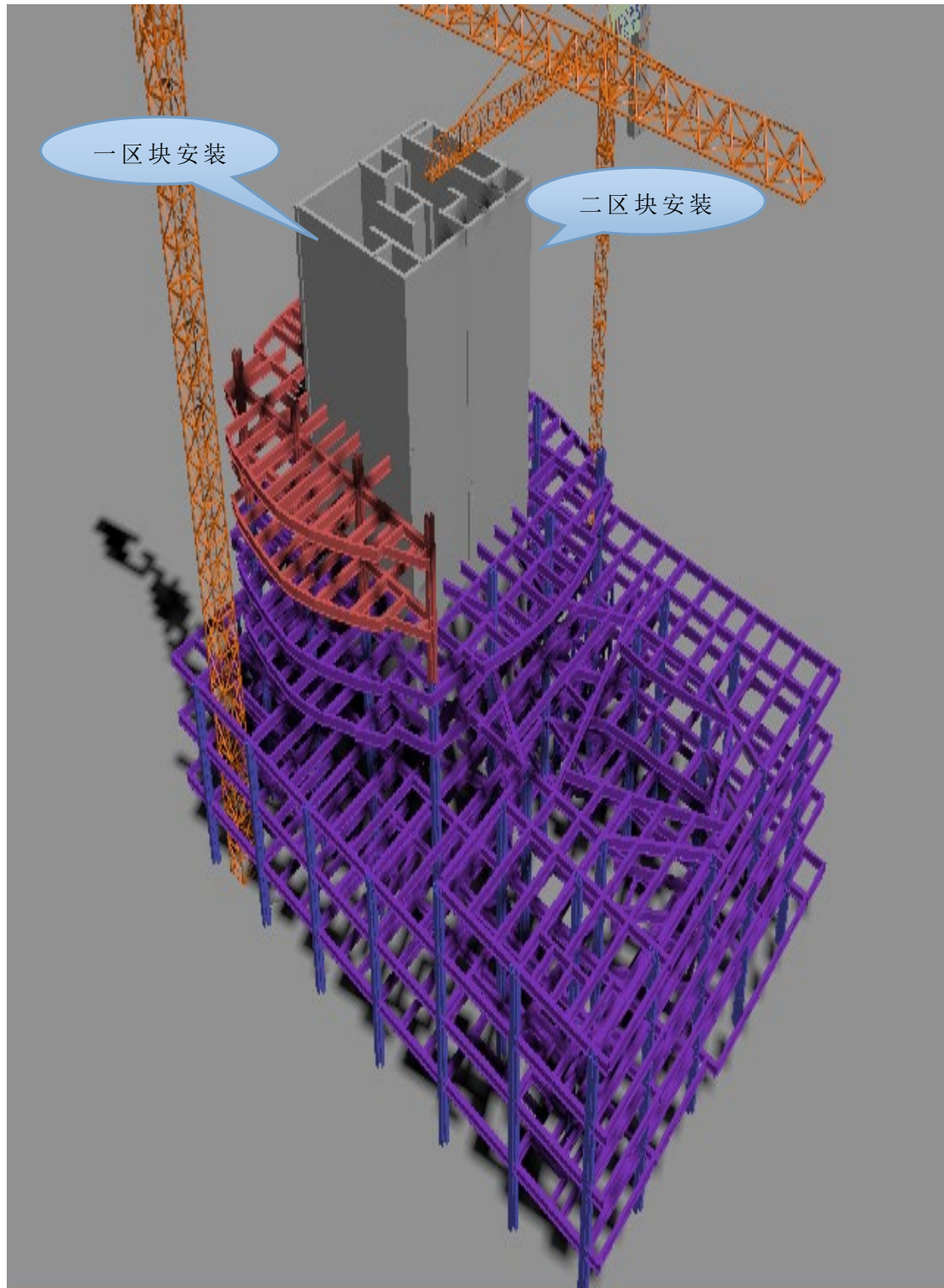
临时平台搭设示意图

六、吊装顺序

本工程钢结构裙楼钢柱从一层开始，塔楼钢柱从-4层开始，本工程钢结构安装流程图如下。

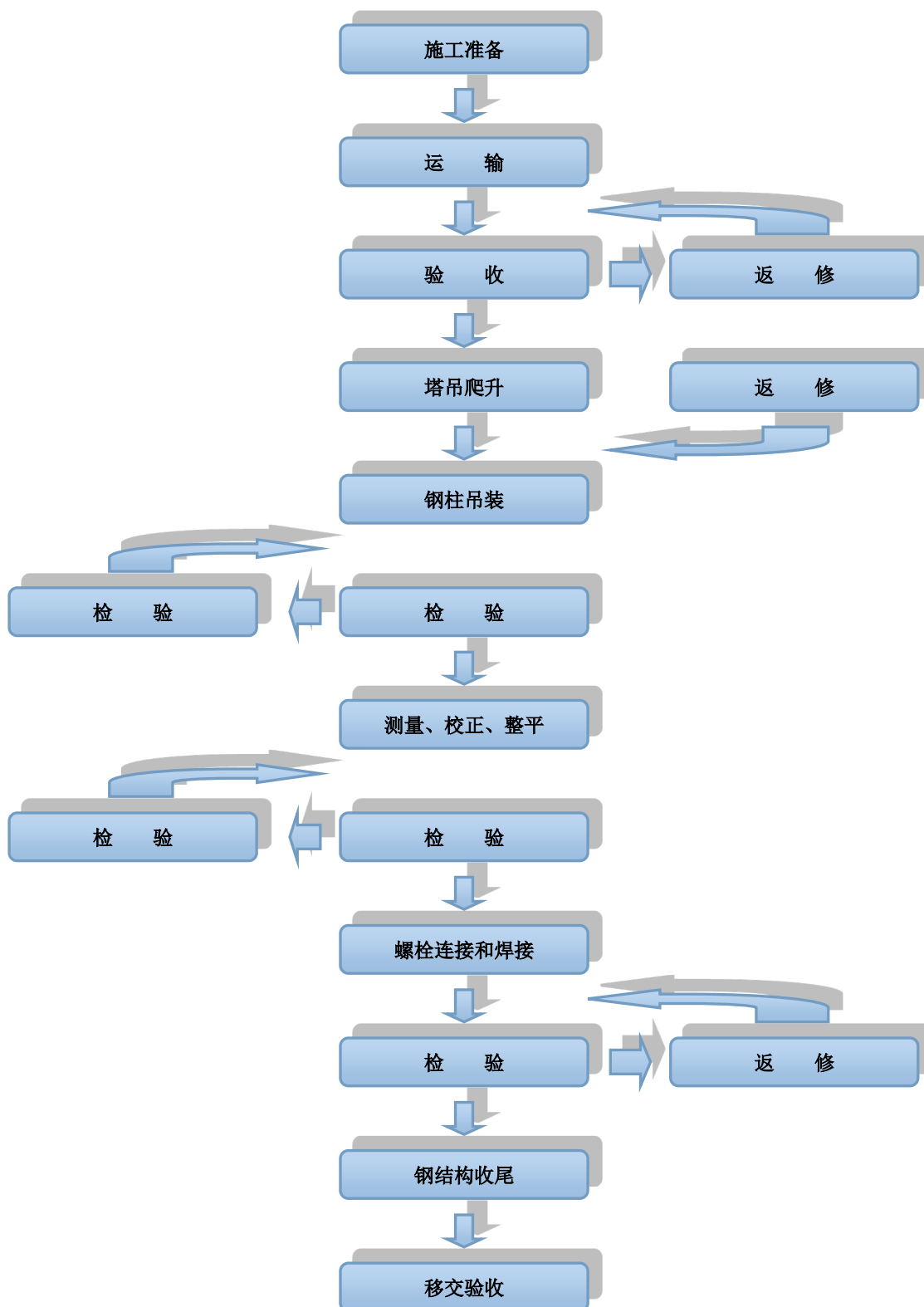


主楼进行钢柱及钢梁的安装工作时，为避开交叉施工带来的不安全因素，主楼进行钢柱及钢梁的安装工作根据顺时针方向依次安装就位直至顶层。



七、现场安装

1、安装工艺流程



2、钢骨柱的吊具选用

吊点位置及吊点的数量，根据钢柱的形状、断面、长度、重量、吊机的起重性能等具体情况确定。

在本工程中钢柱吊装采用两点起吊的方法进行吊装，该工程钢结构图纸深化设计后，单根钢柱最大重量约为 12 吨。

钢柱重量按 12 吨、吊绳与水平面夹角大于 60 度计算，每根钢丝绳，实际承受的拉力值 P 不大于 7 吨。

该钢丝绳按作无弯曲吊索考虑，选用 $\Phi 32\text{mm}$ 钢丝绳（6*37+1）纤维芯钢丝绳公称抗拉强度为：187kg/mm²

根据型号、直径和公称抗拉强度查得钢丝绳

破断拉力总和 $\Sigma P_{\text{破}}=56400\text{kg}$

取折减系数 $\alpha =0.82$

P 允许破断拉力= $\alpha * \Sigma P_{\text{破}}=46248\text{kg}$

则安全系数为： $K=P_{\text{允许破断拉力}}/ P=6.6$

当钢丝绳作无弯曲吊索用时安全系数取 6--7，以上计算安全系数为 6.6，大于标准安全系数取值。

卡环容许荷载 Q 取值为： $Q=40 \times d^2=40 \times 46 \times 46=84640\text{N} >7$ 吨

所以在吊装钢骨柱的吊绳选用直径大于 32mm 钢丝绳、卡环为 GD7.5 型为宜。

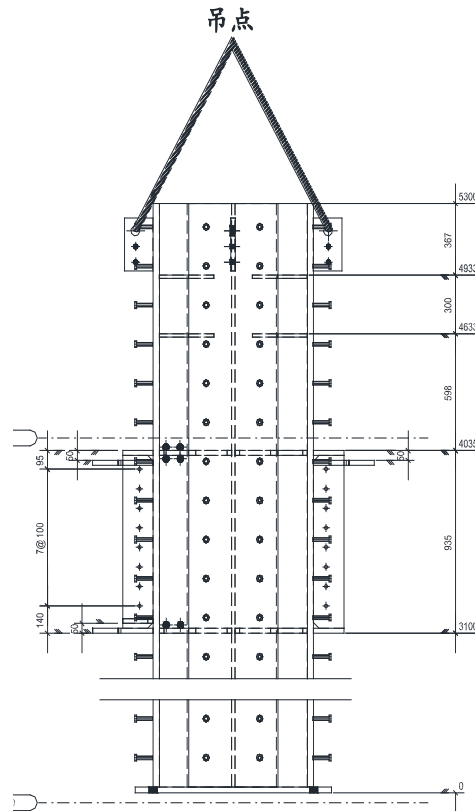
3、钢柱吊装

钢骨柱采用两点起吊，缆风绳校正法结合千斤顶校正法，垂偏采用铁楔或千斤顶法，层高线采用对称标高控制；一次就位、校正、固定。

（1）吊点设置及起吊方式

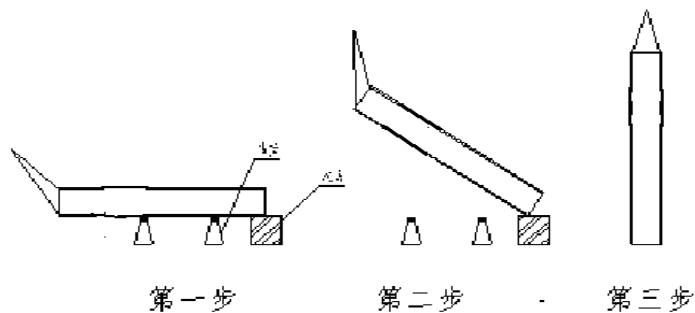
钢柱吊点设置在预先焊好的吊耳连接件处，为防止吊耳起吊时的

变形及保证吊装安全，采用经过计算的钢丝绳和卡环进行吊装，此吊具用普通螺栓与耳板连接。（见下图）



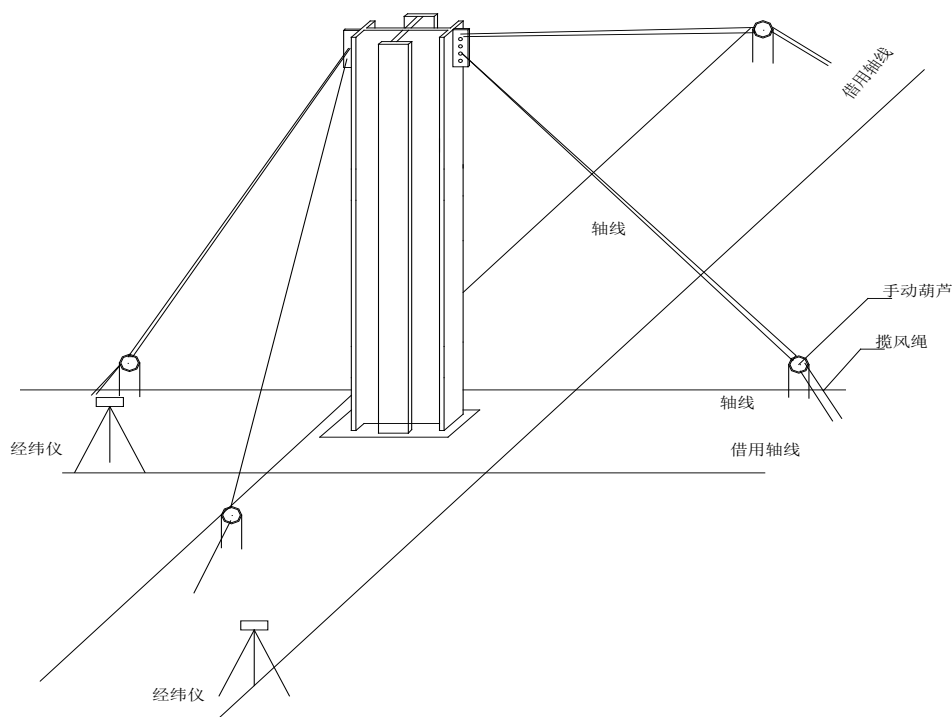
钢柱吊装示意图

钢柱起吊前，钢柱应横放在垫木上；起吊时，不得使柱端在地面上有拖拉现象，钢柱起吊时必须距地面高度两米以上才开始回转。如下图所示：



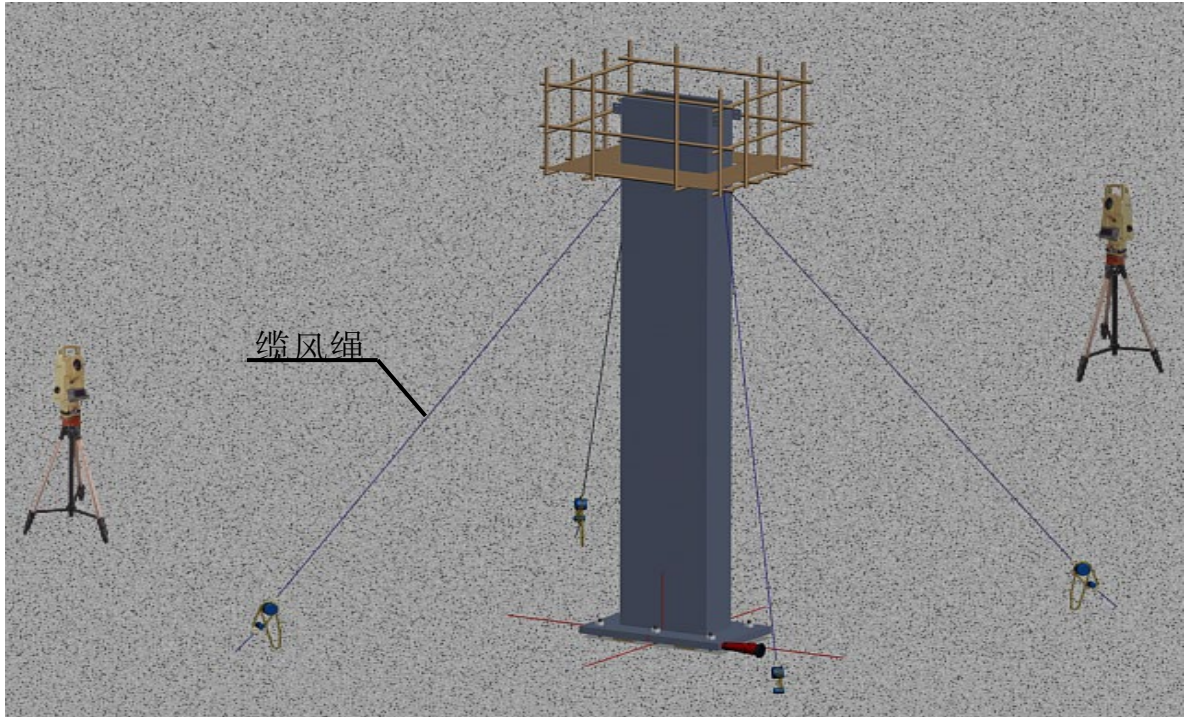
钢柱吊装示意图

当钢柱吊到就位上方 200mm 时，应停机稳定，对准螺栓孔和十字线后，缓慢下落，下落中应避免磕碰地脚螺栓丝扣，当柱脚刚与基础



接触后应停止下落，检查钢柱中心线与基础十字轴线对准情况（四边要兼顾）和柱脚下的钢垫板位置、数量是否正确，如有不符应立即调整。调整时需三人操作，一人移动钢柱、一人协助稳固，另一人进行检测，经调整钢柱的就位偏差在 3mm 以内后，再下落钢柱，使之落实，收紧四个方向的揽风绳，拧紧地脚螺栓的锁紧螺母。临时固定如图：

临时固定完成后，在测量员的测量监视下，利用临时固定用揽风绳、手拉葫芦、管式支撑、千斤顶等对柱垂直度进行校正，对柱的标高进行调整，对柱的水平位置、间距进行处理。确认结果无误后，方可进入下一步工作。



钢柱现场焊接防护措施

(2) 钢柱标高调整

吊装就位后，用临时螺栓固定，不夹紧，通过起落钩与撬棍调节柱间间隙，量取上柱预先标定的控制线与下柱标高线间距离，符合要求后点焊限制钢柱下落，考虑到焊缝收缩及压缩变形，标高差调整至5mm以内。

钢柱位移：每次调整3mm内，若偏差过大分2~3次调整。

(3) 钢柱垂直度调整

在钢柱偏斜方向的一侧打入钢楔或千斤顶（角柱、外围柱用缆风做辅助），在保证单节柱垂直度不超标的前提下，将柱顶轴线偏移控制到零，最后拧紧临时螺栓。

垂直度变化用经纬仪对钢柱的安装跟踪观测，保证垂偏值受控。

除首层钢柱外，其余钢柱吊装就位后，必须将钢柱对接接头处的临时固定螺栓全部拧紧，防止构件晃动将螺栓剪断，并用水平尺初步

检测钢柱垂直度。

4、钢梁吊具选用

钢梁在吊装前应前仔细计算钢梁的重心，并在构件上作出明确的标注，吊装时吊点的选择应保证吊钩与构件的中心线在同一铅垂线上。

经过计算，该工程以单根最大钢梁重量为 7 吨计算、吊绳与水平面夹角按 45 度计算，每根钢丝绳，实际承受的拉力值 P 不大于 5 吨。

该钢丝绳按作无弯曲吊索两点吊装考虑，选用 $\Phi 26\text{mm}$ 钢丝绳（6*37+1）纤维芯钢丝绳公称抗拉强度为：187kg/mm²

根据型号、直径和公称抗拉强度查得钢丝绳

破断拉力总和为 $\Sigma P_{\text{破}}=37200\text{kg}$

取折减系数 $\alpha =0.82$

P 允许破断拉力= $\alpha * \Sigma P_{\text{破}}=30504 \text{ kg}$

则安全系数为： $K=P_{\text{允许破断拉力}}/ P=6.1$

当钢丝绳作无弯曲吊索用时安全系数取 6--7，以上计算安全系数为 6.1，大于标准安全系数取值。

卡环容许荷载 Q 取值为： $Q=40 \times d^2=40 \times 37 \times 37=54760\text{N} >5 \text{ 吨}$

所以吊绳选用直径大于 26mm 钢丝绳、卡环为 GD4.5 型为宜。

5、钢梁吊装

（1）钢梁的吊装顺序

钢梁吊装紧随钢柱其后，当钢柱构成一个单元后，随后应将该单元的框架梁由下而上，先长梁后短梁与柱连接组成空间刚度单元，经校正紧固符合要求后，依次向四周扩展。

1) 吊装前准备：

①吊装前，必须对钢梁定位轴线、标高、钢梁的编号、长度、截面尺寸、螺孔直径及位置，节点板表面质量，高强度螺栓连接处的摩

擦面质量等进行全面复核，符合设计施工图和规范规定后，才能进行附件安装。

②用钢丝刷清除摩擦面上的浮锈，保证连接面上平整，无毛刺，飞边、油污、水、泥土等杂物。

③梁端节点采用栓一焊连接时，应将腹板的连接板用一螺栓连接在梁的腹板相应的位置处，并与梁齐平不能伸出梁端。

④梁端节点均采用铰接时，腹板的连接板用一螺栓连接在梁的腹板处，并与梁齐平，不能伸出梁端。

⑥节点连接用的螺栓，按所需数量装入帆布包内挂在梁端节点处，一个节点用一个帆布包，与梁同时起吊。

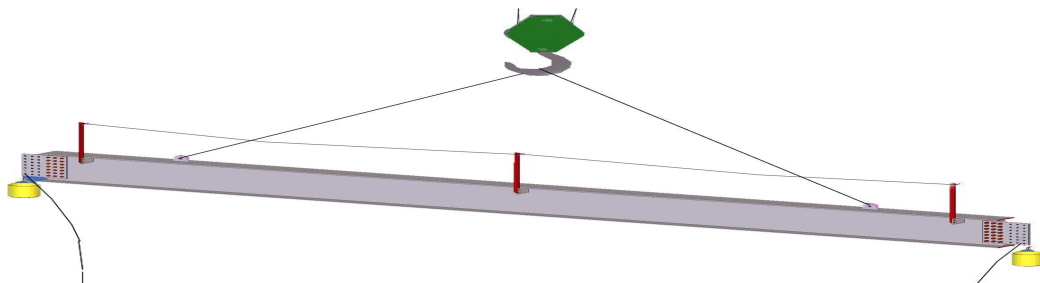
⑦钢梁吊装前在钢梁上装上安全绳，钢梁与柱连接后，将安全绳固定在柱上。

2) 钢梁的附件安装

①钢梁要用两点起吊，（桁架梁的吊点应设在节点处）以吊起后钢梁不变形、平衡稳定为宜。

②为确保安全，钢梁在工厂制作时，在距梁端 $0.2L\sim 0.3L$ （梁长）地方，焊好两个临时吊耳，供装卸和吊装用。

③为防止钢梁锐边割断钢丝绳，要对钢丝绳进行防护，吊索角度选用 $45\sim 60$ 度。



钢梁的绑扎与起吊示意

3) 钢梁的起吊、就位与固定

①根据各层的钢梁上表面标高，安装人员可以通过钢柱上的爬梯上到已搭好的操作平台上或钢柱悬臂梁上操作。

②钢梁起吊到位后，按设计施工图要求进行对位，要注意钢梁的轴线位置和正反方向。安梁时应用冲钉将梁的孔打紧逼正，每个节点上用不少于两临时螺栓连接紧固，在初拧的同时调整好柱子的垂直偏差和梁两端焊接坡口间隙。

4)根据起吊设备能力和构件的重量，在不超过起吊能力范围内，可采用串吊来减少吊次，提高工效。（见下图钢梁的串吊）

串吊时要注意两点：

①凡串吊的梁安在同一楼面时，梁与梁之间距离可小点。

②凡串吊的梁在相邻的不同楼层时，梁与梁之间距离必须保证两楼层距离再加1.5m左右。



一钩多吊

吊装梁的吊索水平角度不得小于 45° ，绑扎必须牢固。钢梁的吊点设置在梁的三等分点处，在吊点处设置耳板，待钢梁吊装就位完成之后割除。为防止吊耳起吊时的变形，采用专用吊具装卡，此吊具用普通螺栓与耳板连接。对于同一层重量不大的钢梁，在满足塔吊最大起重量的同时，可以采一钩多吊，以提高吊装效率。

6、高强螺栓安装

本工程高强螺栓主要位于梁柱连接处，采用符合现行标准《钢结

构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》及《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》的 10.9 级的摩擦型高强螺栓。其具有受力性能好、耐疲劳、抗震性能好、连接刚度高、施工简便的优点。

技术要求，本工程所采用的摩擦型高强螺栓，连接面摩擦系数必须符合设计要求。吊装前对于摩擦面的油污、尘土、浮锈要进行清除，要求摩擦面保持干燥、整洁，不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等。若有的话，需用钢丝刷及时清除，以提高其抗滑移系数。雨天严禁作业，雨后应用压缩空气吹净，干燥后方可进行作业。

高强螺栓的形式、规格和技术要求必须符合设计要求和有关规定，高强螺栓必须经试验确定扭矩系数或复验螺栓拉力，符合规定时方准使用。

(1) 高强螺栓保管要求

序号	高强螺栓保管要求
1	高强螺栓连接副应由制造厂按批配套供应，每个包装箱内都必须配套装有螺栓、螺母及垫圈，包装箱应能满足储运要求，并具备防水、密封的功能。包装箱内应带有产品的合格证和质量保证书；包装箱外注明批号、规格及数量。
2	在运输、保管及使用过程中应轻装轻卸，防止螺纹损伤、严禁使用螺纹损伤严重或雨淋过的螺栓。

序号	高强螺栓保管要求
3	高强螺栓入库应按规定分类存放，防雨、防潮。螺纹损伤时不得使用。螺栓、螺母及垫圈有锈蚀时应抽样检查紧固力，满足后方可使用。
4	使用前尽可能不要开箱，以免破坏包装的密封性，开箱取出部分螺栓后应原封包装好，以免沾染灰尘和锈蚀。
5	高强螺栓连接副在安装使用时，工地应按当天计划使用的规格数量领取，当天安装剩余的高强螺栓应送回仓库保管。
6	螺栓不得被泥土、油污污染，始终保持洁净、干燥状态。使用过程中如发现异常应立即停止施工，经检查确认无误后再进行施工。
7	高强螺栓连接副的保管时间不应超过 6 个月，超过保管时间后再使用必须按要求再次进行扭矩系数试验或紧固轴力试验，检验合格后方可使用。

(2) 高强螺栓性能检验

1) 本工程所使用的螺栓均应按设计及规范要求选用其材料和规格，保证其性能符合要求。

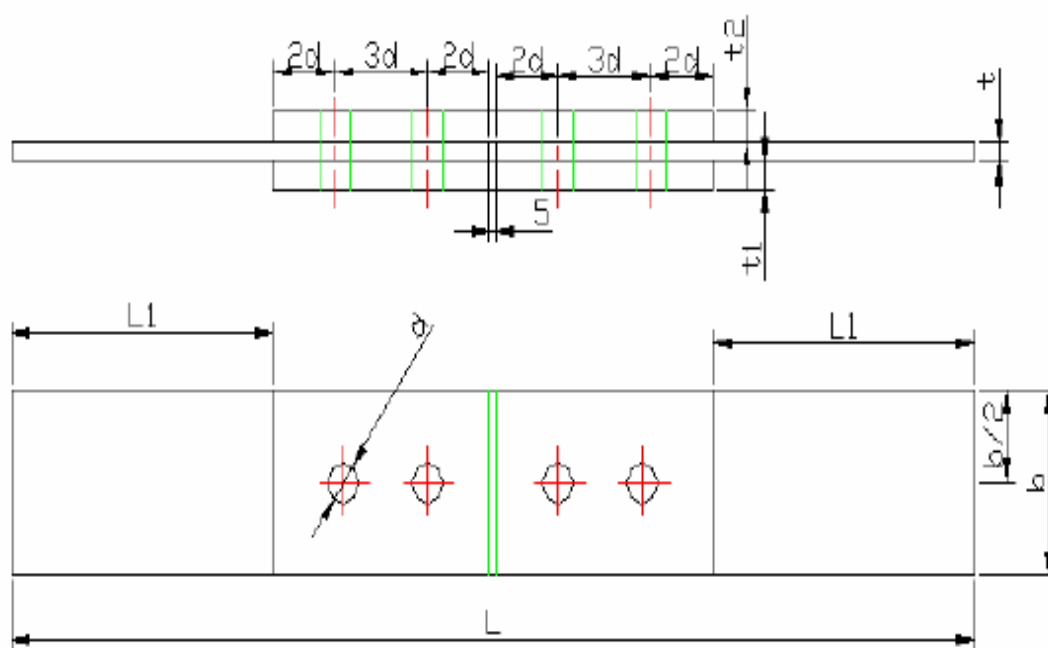
2) 高强度螺栓连接副应进行扭矩系数复验及摩擦面抗滑移系数试验，试验用螺栓连接副应在施工现场待安装的螺栓批中随机抽取。每套连接副只应做一次试验，不得重复使用。在进行连接副扭矩系数试验时，螺栓的紧固轴力应控制在一定的范围内，螺栓紧固轴力的试

验控制范围如下表所示：

螺栓紧固轴力值范围（kN）

螺栓规格	M16	M20	M22	M24	M27	M30
紧固轴力	100	155	190	225	290	355

高强螺栓抗滑移系数试验用试件尺寸如下图：

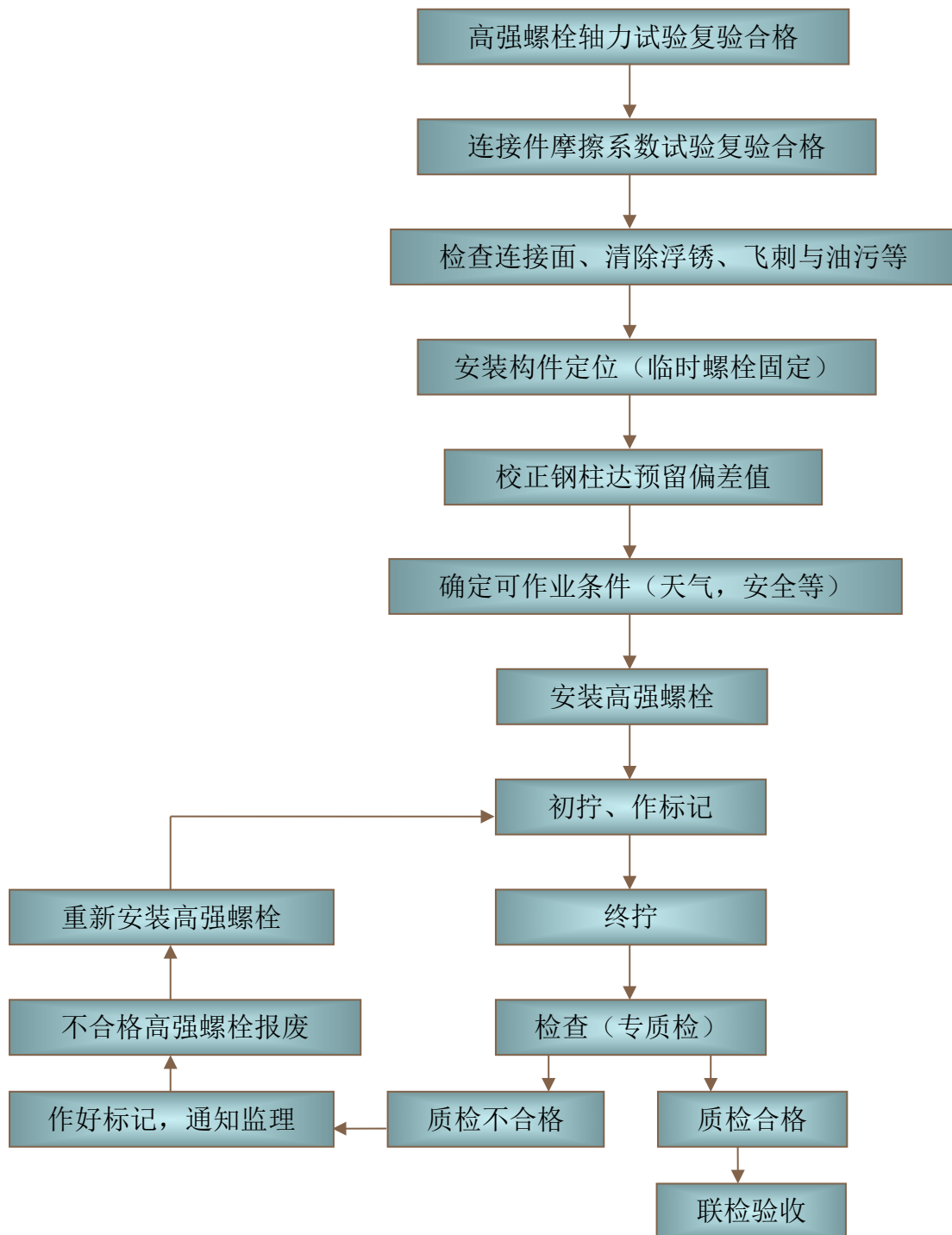


3) 高强螺栓和连接副的额定荷载及螺母和垫圈的硬度试验，应在工厂进行；连接副紧固轴力的平均值和变异系数由厂方、施工方参加，在工厂确定。

扭剪型高强度螺栓紧固轴力（kN）

螺栓直径 d (mm)		16	20	(22)	24
紧固轴力	公称	109	170	211	245
	最大	120	186	231	270
	最小	99	154	191	222
紧固轴力变异系数		≤10%			

(3) 高强螺栓安装流程



(4) 高强螺栓安装工艺

1) 高强螺栓连接长度的确定

$$L = \delta + H + nh + c$$

δ — 连接构件的总厚度 mm;

H—螺母高度 mm，取 0.8D（螺栓直径）；

n—垫片个数；

h—垫圈厚度 mm；

c—螺杆外露部分长度 mm（2-3 扣为宜，一般取 5mm）；

计算后取 5 的整倍数。

2) 高强螺栓安装步骤

高强螺栓连接在施工前应对连接副实物和摩擦面进行检验和复检，合格后才能进入安装施工。螺栓安装分两个步骤进行：

第一步，吊装钢构件，用临时螺栓或冲钉固定，严禁把高强螺栓作为临时螺栓使用，临时螺栓数量不应少于螺栓总数的 1/3 且不少于两个；

第二步，高强螺栓替换临时螺栓紧固。

高强螺栓紧固必须分两次进行，第一次为初拧，初拧紧固到螺栓终拧轴力值的 50~80%。第二次为终拧，终拧紧固到标准预拉力，偏差不大于±10%。正常情况下采用专用的扭力扳手进行终拧，梅花头拧掉即标志着终拧结束。个别不能用专用扳手操作时，扭剪型高强螺栓应按大六角头高强螺栓用扭矩法施工。终拧结束后，检查漏拧、欠拧宜用 0.3~0.5kg 重的小锤逐个敲检，如发现有欠拧、漏拧应补拧；超拧应更换。检查时应将螺母回退 30°~50°，再拧至原位，测定终拧扭矩值，其偏差不得大于±10%，已终拧合格的做出标记，以免混淆。

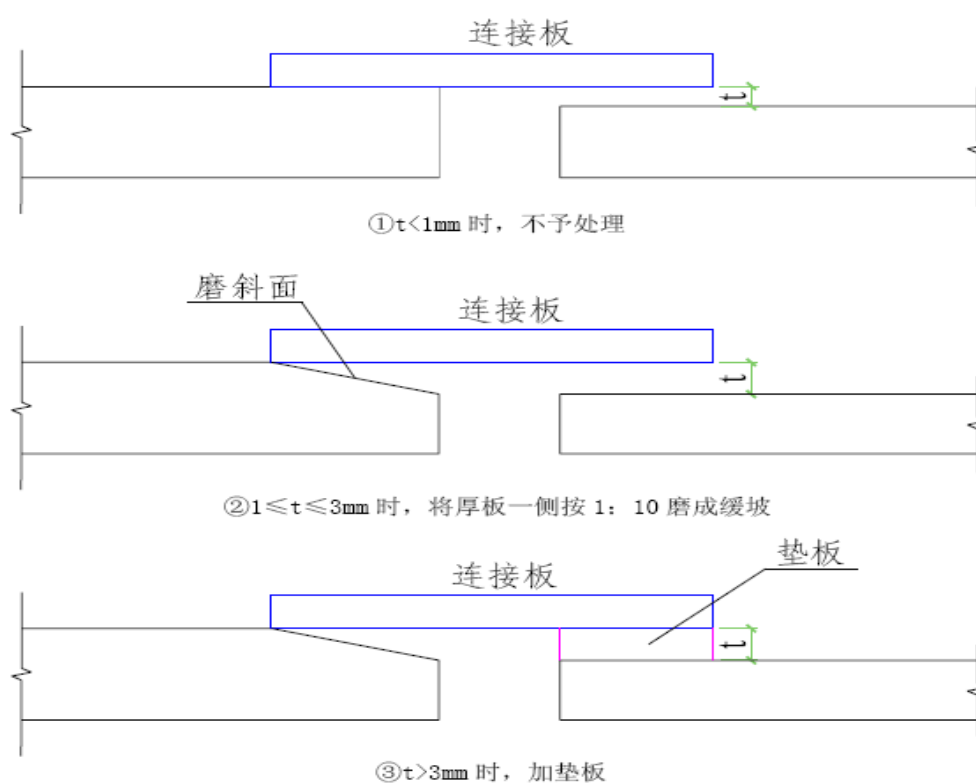
3) 接触面缝隙超规的处理

高强螺栓安装时应清除摩擦面上的铁屑、浮锈等污物，摩擦面上不允许存在钢材卷曲变形及凹陷等现象。安装时应注意连接板是否紧密贴合，对因钢板厚度偏差或制作误差造成的接触面间隙，按下表方

法进行处理。

间隙大小	处理方法
1mm 以下	不作处理
3mm 以下	将高出的一侧磨成 1:5 的缓度, 使间距小于 1.0mm
3mm 以上	加垫板, 垫板厚度不小于 3mm, 最多不超过二层, 垫板材质和摩擦面处理方法应与构件相同

间隙处理方法见下图:



(5) 高强螺栓安装注意事项

序号	注意事项
1	高强螺栓的穿入应在结构中心调整后, 其穿入方向应以施工方便为准, 力求方向一致。
2	安装时注意垫圈的正反面, 螺母带圆台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧。

3	安装时严格控制高强螺栓长度，避免由于以长代短或以短代长而造成的强度不够、螺栓混乱情况。终拧结束后要保证有 2~3 个丝扣露在螺母外圈。
4	同一高强螺栓初拧和终拧的时间间隔，要求不得超过一天。且初拧终拧都得做出标记。
5	雨天不得进行高强螺栓安装，摩擦面上和螺栓上不得有水及其它污物，并要注意气候变化对高强螺栓的影响。
6	高强螺栓安装应能自由穿入孔，个别螺栓孔不能自由穿入时，可用铰刀或锉刀进行扩孔处理，但修整后孔的最大直径不应大于 1.2 倍螺栓直径，其四周可自由穿入的螺栓必须拧紧，扩孔产生的毛刺等应清理干净，严禁气焊扩孔或强行插入高强螺栓。
7	当大部分不能自由穿入时，可先将安装螺栓穿入，可自由通过的螺栓孔拧紧后再将不能自由通过的螺栓孔扩孔，然后放入高强螺栓。
8	高空作业时注意拿稳扳手，梅花头应收集在专用容器中，防止高空坠物伤人。

(6) 高强螺栓安装施工检查

序号	安装施工检查
1	指派专业质检员按照规范要求对整个高强螺栓安装工作的完成情况进行认真检查，将检验结果记录在检验报告中，检查报告送到项目质量负责人处审批。
2	扭剪型高强螺栓终拧完成后进行检查时，以拧掉尾部为合格，同时要保证有 2-3 扣以上的余丝露在螺母外圈。对于因空间限制而必须用扭矩扳手拧紧的高强螺栓，则使用经过核定的扭矩扳手用转角法进行抽验。
3	如果检验时发现螺栓紧固强度未达到要求，则需要检查拧固该螺栓所使用的扳手的拧固力矩（力矩的变化幅度在 10%以下视为合格）。
4	高强螺栓安装检查在终拧 1h 以后、24h 之前完成。
5	如果检查不符合规定，应再扩大检查 10%，若仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新拧紧。

(7) 现场穿孔应急方案

如在施工现场发现穿孔问题时可采用以下应急方案：

1) 首先用多个临时螺栓将相关连接板与构件固定并紧固，防止绞孔时铁削进入摩擦面。

2) 对于出现个别错孔的可采用硬质合金旋转锉进行绞孔作业。



硬质合金旋转锉示意图

3) 硬质合金旋转锉的使用方法：

a、硬质合金旋转锉在风动或电动工具上使用，转速一般为6000-40000 转/分，必须夹紧刀具。

b、切削方向应从右向左均匀移动，不能像使用砂轮一样进行往复切削；注意不要用力过猛（压力一般不超过 4 公斤）。

c、工作时由于切屑飞散，请用防护镜。

八、吊装安全技术要点

1、施工现场安全防护总体部署

为保证钢结构安装，吊装作业以及其它施工作业有关人员的安全，防止发生高空坠落、物体打击、触电等人身伤害事故，特制定以下安

全措施。

(1) 建筑物内部水平防护：在原有洞口上覆盖水平网。建筑物周围设安全绳作为立面防护。

(2) 为防止触电伤害，严格用电管理制度，现场配备专职电气负责人和电工，非专职人员不得从事电工作业。临时用电线路架空铺设，并做好绝缘。

(3) 吊索具在使用前必须检查，不符合安全使用要求的要做报废或降级使用。

(4) 吊装作业由专职起重工指挥。超高吊装要有清晰可视的旗语或笛声及对讲机指挥，在视线或盲区要设两人指挥起重作业。

(5) 吊物在起吊离地 0.5 米时检查吊索具的安全情况，确定安全后方可起吊至工作面。

(6) 严禁起吊重物长时间悬挂在空中。作业中遇突发故障，应采取措​​施将重物降落到安全地方，并关闭发动机或切断电源后进行检修。在突然停电时，应立即把所有控制器拨到零位，断开电源总开关，并采取措​​施将重物降到地面。

2、钢结构安装安全措施

(1) 安全带的使用

高空佩戴安全带应该高挂低用，注意防止摆动碰撞。若安全带低挂高用，一旦发生坠落，将增加冲击力，带来危险

安装工人使用钢爬梯攀爬钢柱过程中，要将安全带与防坠器进行连接，以防高空坠落。

(2) 安全挂钩与工具防坠链

将全部自动工具，轻型电工工具加设不同形式的防坠链和挂钩，防止工具坠落伤人事故。

构件安装完毕后，必须认真检查连接质量，只有证实连接确实安全可靠时，才可以松钩或拆除临时固定工具。

3、钢结构吊运安全措施

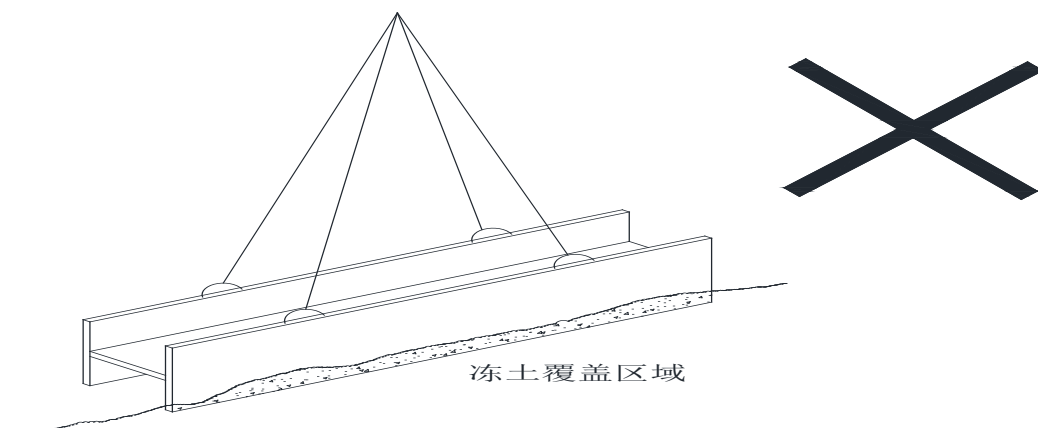
(1) 倒运人员必须持有与本人工种相符的操作证。

(2) 参加倒运人员必须戴好安全帽，系好帽带，穿好工作服、工作鞋。起重人员，信号工要佩带明显标志信号工，哨或指挥旗必须随身携带。

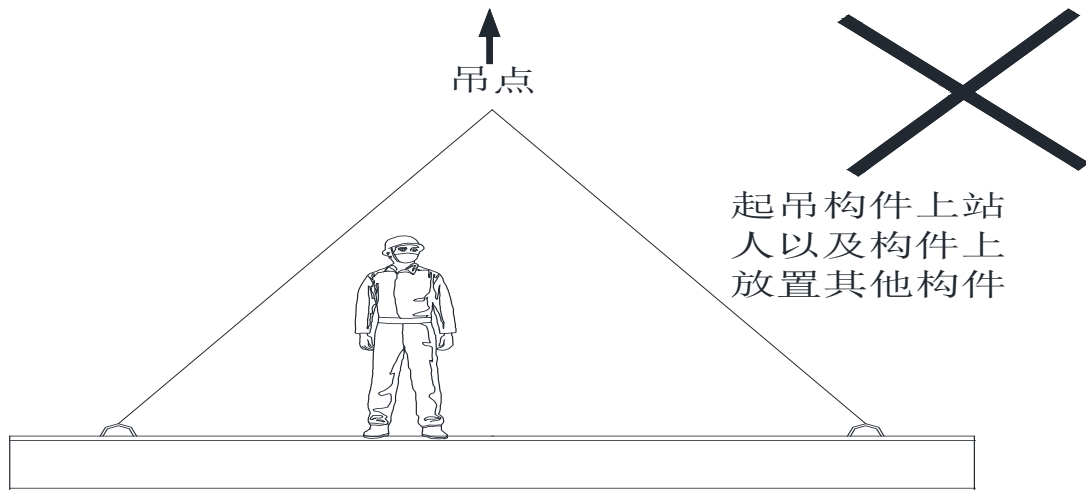
(3) 起重工在起吊构件前，必须要明确构件重量，是否在塔吊允许负载之内；是否和吊索具匹配。严禁超负载作业。在每次起吊大型构件时应先进行预起吊，待构件离开地面后落地现场起重工重新检查吊环、吊耳、钢丝绳，确认无误后方可正式吊装。

(4) 起重工信号工在吊构件前要和司机统一指挥信号，避免发生错误操作。

(5) 起重信号工在吊构件前要认清构件是否埋在土里，或与其他构件，地面是否冻结。如有以上情况，应使构件脱离松动后，方可起吊。



(6) 起吊的构件上严禁站人及放置零散构件。



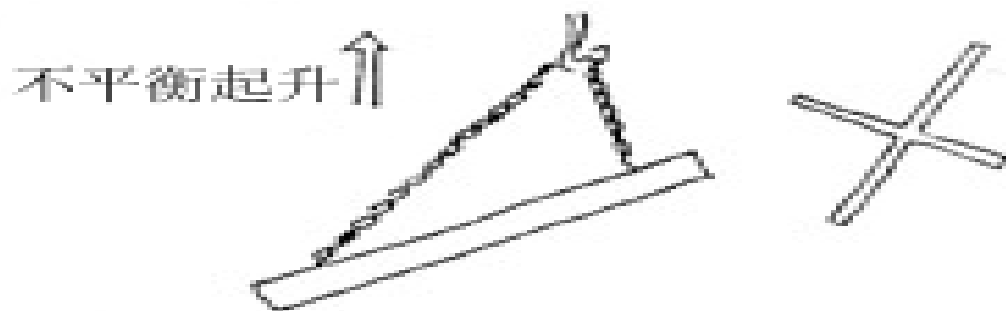
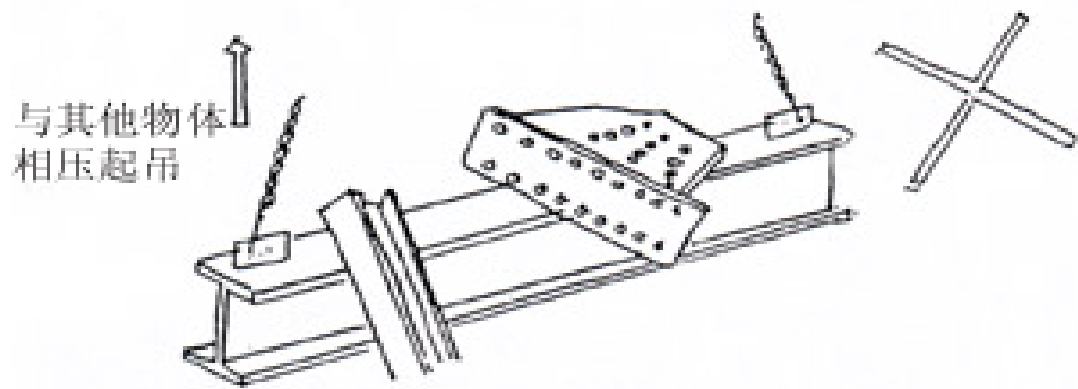
(7) 起吊构件时，无关人员应离开吊装作业区。吊装作业应设置安全警戒区，禁止与吊装作业无关的人员进入。



(8) 起吊时，塔吊司机要鸣笛示警。

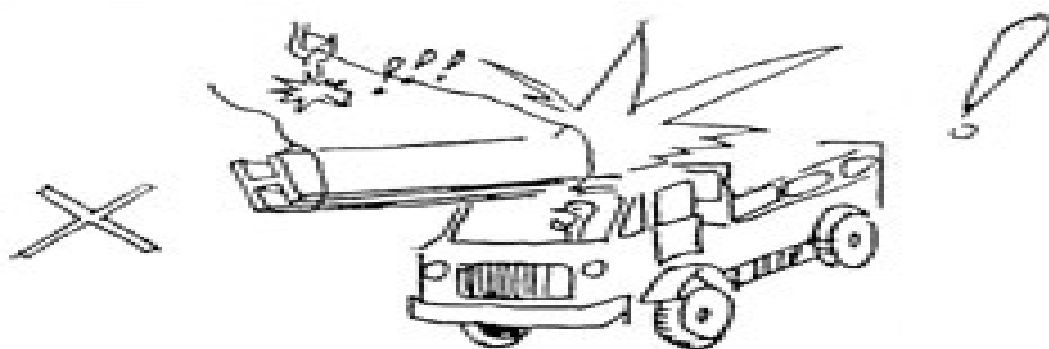
(9) 构件起吊时，信号工要站在能统筹兼顾的地方指挥，移动时注意脚下以防绊到。

(10) 构件起吊时，起重工应将绳索绑扎牢固、平稳，起吊离地面 50 厘米时再次确认构件是否绑扎牢固平衡后，方可起升，就位。



(11) 构件起吊后，任何人不得站在吊物下方及大臂旋转范围内。

(12) 平板车司机在装卸过程中，应离开驾驶室，站在起重机大臂旋转范围之外。司机必须在装卸车时，离开驾驶室。



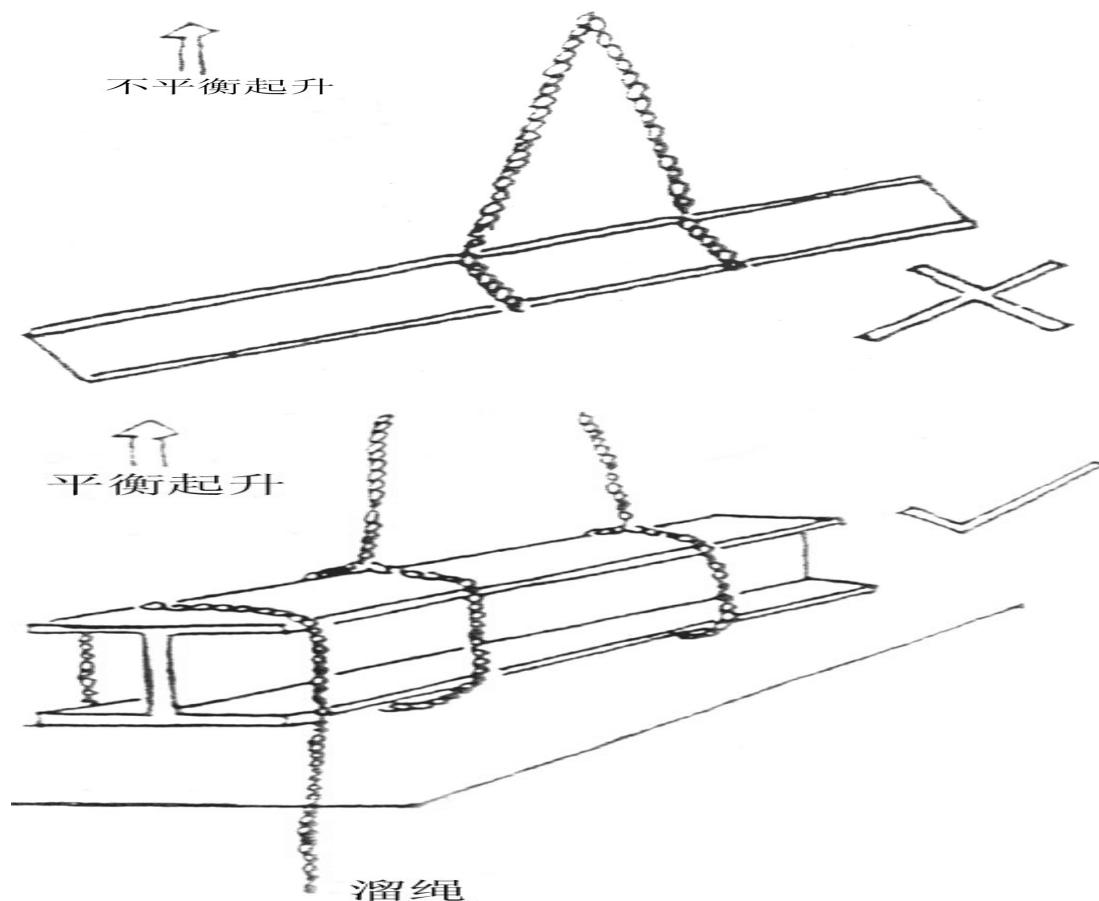
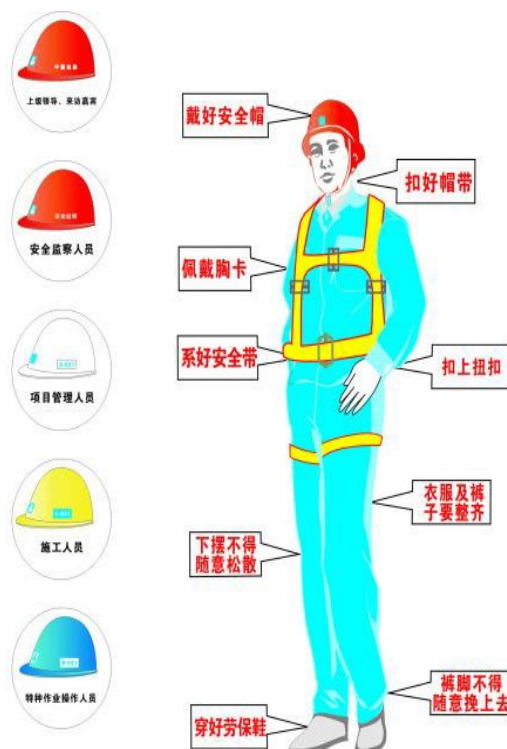
(13) 结构吊装人员进入施工现场，要戴好安全帽，系好帽带，穿

好工作服、工作鞋。高空作业（2米以上）系好安全带。专业人员佩带专职标志。信号工的旗、哨或对话机要随身携带。各工种要有与本人相符的操作证。

(14) 起重工在起吊构件前，要确认构件重量，选用与之相匹配的吊索具，并且要检查吊索的安全性（如钢丝绳是否断股、卡换是否脱扣等）。

(15) 严禁起重机超负荷作业。

(16) 在构件起吊时，要确认构件绑扎平衡牢固后，方可起吊起升，并在合理位置绑扎溜绳。



(17) 在构件起吊离地面 50 厘米处时，起重工应再次确认构件绑扎牢固后，方可起升。

(18) 构件起吊的速度不可过快。

(19) 构件起吊时，构件上严禁站人或放零散未装容器的构件。

(20) 在构件下方，和起重大臂旋转区域内，不得有人员停留走动。

(21) 在钢构件就位时，应拉住溜绳，协助就位，此时人员应站构件两侧。

(22) 钢构件就位，应缓慢下落。下落放置时，人员应扶在构件外侧，不得将手扶在构件与地平，构件与构件的连接面，放置斜铁时，手应握住垫铁两侧，并且手不得放在或深入构件下方。

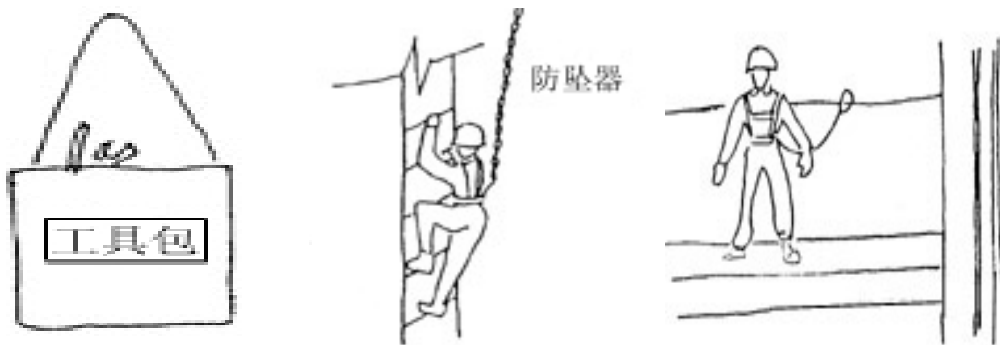
(23) 使用撬棍校正时，不得将撬棍插入后放手，以防飞出伤人。

(24) 需要使用大锤时，大锤回转方向不得站人。

(25) 当确认构件找正，放稳，必须做好临时固定，稳定后，方可摘钩。

(26) 人员上梯摘钩时，要系好防坠器，手中不得持有任何物体上下爬梯。

(27) 进入高空作业，要系好安全带，并将其挂在安全绳上，随身的工具要挂好或放入工具包中。



(28) 高空作业，上下传递工具应用绳索绑好递送，严禁抛撒。

(29) 在高空区域（2 米以上），任何零散构件及物品、工具、容

器，均不得放在建筑边缘，应挂好，或放在容器内并将容器固定好。

(30) 所有安全人员严禁酒后作业。

(31) 施工所用电动工具，所引的电源线的拆接，均由电工操作。电源导线不准拖地，必须架空 2 米以上。

(32) . 六级以上大风、雨、浓雾阻碍视线天气，严禁吊装作业。台风、暴雨后，应对吊装作业安全设施逐一加以检查。

(33) 在雨天或潮湿地点作业的人员，应戴绝缘手套、穿绝缘鞋。

4、吊车司机操作规范

(1) 本工程主要使用的 QTZ7075 塔吊司机，应认真进行交接班制度，对吊钩、钢丝绳、制动器安全防护装置的可靠性进行认真检查，发现异常及时报告。

(2) 严格按指挥信号操作，对紧急停止信号，无论何人发出，都必须立即执行。

(3) 吊载接近或达到额定值，或起吊危险品时，吊运前应该认真检查制动器；并用小高度、短行程试吊，确认没问题后在吊运。

(4) 对于起重机各部位、吊件及辅助用具与输电线的最小距离应满足安全要求，以防触电事故。

(5) 有下列情况时，吊车司机不应操作：

1) 起重机结构或零部件（如吊钩、钢丝绳、制动器安全防护装置等）有影响安全工作的缺陷和损伤。

2) 吊物超载或有超载可能，吊物重量不清楚，埋置或冻结在底下，被其他物体挤压，在操作中不得歪拉斜吊。

3) 吊物捆绑不牢，或吊钩不稳，重物棱角与吊绳之间未加衬垫，

被吊物上有人或工具等物件。

4) 作业场地昏暗，看不清场地吊件情况或指挥信号。

5、起重作业指挥者的安全操作规程

(1) 指挥人员应由技术熟练懂得起重机械性能的人员担任，指挥时应站在能够照顾到全面工作的地点，所发出的信号应事先统一，并做到准确、洪亮和清除。

(2) 指挥人员使用手势信号，手指或手臂表示吊钩、吊臂和机械移动的运动方向，严格执行《起重吊运指挥信号》《GB5082-1985》标准，与吊车司机联络时做到准确无误(指挥手势见附页 3)。

(3) 指挥人员不能同时看清司机和吊件（构件）时，应站在能看见吊车司机的一侧，并增设中间指挥人员（副指挥）逐级传递信号，当发现错误信号时，应立即发出停止信号。

(4) 在开始起吊吊件时，应先发出“微动”信号指挥，待吊件离开地面 50 mm时，停止起升，进行试吊，确认安全可靠后，方可用正常起升信号指挥重物上升。必要时在吊件降落就位前，也使用“微动”信号指挥。

(5) 指挥人员应佩带鲜明标志，如标有“指挥”字样的袖套，特殊颜色的安全帽与工作服等。指挥人员所佩戴手套的手心和手臂要易辨认。

(6) 在整个吊装过程中（特别是重物悬挂在空中时），指挥者和起重工都不得擅离职守，应密切注意观察吊物及周围情况，发现问题应及时发出指挥信号。

(7) 指挥人员应站在使司机能看清楚信号的位置上，当随吊件运行指挥时，应随时指挥吊件避开人员和障碍物。

(8) 司机必须听从指挥人员的指挥，当指挥信号不明时，司机应发出“重复”信号询问，明确指挥意图后方可开车。

(9) 吊件降落前，指挥人员必须确认降落区域安全时，方可发出降落信号。

(10) 在高空指挥时，指挥人员应严格遵守高空作业安全要求。

附页 1:

QTZ7075起重性能表

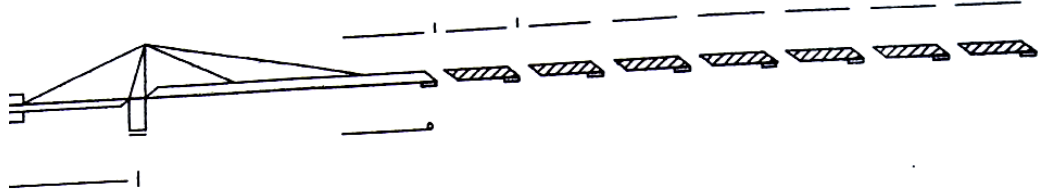
臂长70m																											
幅度	19.58	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
起重量	32000	31270	28152	25505	23285	21385	19740	18300	17025	15895	14885	13975	13150	12405	11720	11095	10515	9985	9490	9035	8610	8210	7840	7490	7160	6855	6565
臂长65m																											
幅度	19.99	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
起重量	32000	31980	28770	26100	23835	21895	20215	18745	17445	16295	15260	14330	13490	12725	12030	11390	10800	10260	9755	9290	8855	8450	8070	7710	7340	7000	6680
臂长60m																											
幅度	20.41	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	65			
起重量	32000	29455	27725	24410	22430	20715	19215	17885	16710	15655	14705	13850	13070	12355	11705	11100	10545	10035	9555	9115	8700	8315	7950	7600	7260	6930	6610
臂长55m																											
幅度	20.84	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55								
起重量	32000	30135	27350	24990	22965	21215	19680	18330	17125	16050	15080	14205	13410	12680	12015	11400	10830	10310	10065	9840	9635	9450	9285	9135	9000	8875	8760
臂长50m																											
幅度	21.23	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50											
起重量	32000	30770	27930	25530	23465	21680	20120	18740	17515	16420	15430	14540	13725	12985	12300	11680	11110	10585	10105	9665	9265	8895	8545	8210	7890	7585	7290
臂长45m																											
幅度	20.345	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50											
起重量	20345	19675	18450	17355	16365	15475	14660	13920	13240	12600	12000	11440	10920	10435	9985	9565	9170	8805	8465	8145	7845	7565	7305	7060	6830	6610	6400

附页 2

互建机

性能表

1. 起重性能 I (最大起重量 16 吨)



70m m	18.26	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m							
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg						
70m m	17.5	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m							
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg						
65m m	16.49	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m						
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg						
60m m	15.5	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m					
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg						
55m m	14.5	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m				
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg					
50m m	13.5	14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m			
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg					
45m m	12.5	13	14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m		
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg				
40m m	11.5	12	13	14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m	
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg			
35m m	10.5	11	12	13	14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	m
16t	1000	920	840	760	680	600	520	440	360	280	200	120	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kg			





1、“预高”（注意）
手臂伸直，置于头上方，五指自然伸开，手心朝前保持不动。



2、“双钩”
单手自然握拳，置于头上，轻触头顶。



3、“双副钩”
一只手握拳，小臂向上不动，另一只手伸出，手心轻触前只手的肘关节。



4、“吊钩上升”
小臂向侧上方伸直，五指自然伸开，高于肩部，以腕部为轴转动。



5、“吊钩下降”
手臂伸向侧前下方，与身体夹角约为30°，五指自然伸开，以腕部为轴转动。



6、“吊钩水平移动”
小臂向侧上方伸直，五指并拢手心朝外，朝负载应运行的方向，向下摆动到与肩相平的位置。



7、“吊钩微微上升”
小臂伸向侧前方，手心朝上高于肩部，以腕部为轴，重复向上摆动手掌。



8、“吊钩微微下降”
手臂伸向侧前下方，与身体夹角约为30°，手心朝下，以腕部为轴，重复向下摆动手掌。



9、“吊钩水平微微移动”
小臂向侧上方自然伸出，五指并拢手心朝外，朝负载应运行的方向，重复做缓慢的水平运动。



10、“微动范围”
双小臂曲起，伸向一侧，五指伸直，手心相对，其间距与负载所要移动的距离相接近。



11、“指示降落方位”
五指伸直，指出负载应降落的位置。



12、“停止”
一手握拳高举，手心向外，保持不动。



13、“紧急停止”
两手同时握拳高举，手心向外，保持不动。



14、“工作结束”
双手五指伸开，在额前交叉。



15、“起重机前进”
双手臂先向前平伸，然后小臂曲起，五指并拢，手心对着自己，做前后运动。



16、“起重机后退”
双小臂上曲起，五指并拢，手心朝向起重机，做前后运动。



17、“靠近”（靠拢）
两小臂分别置于侧前方，手心相对，由两侧向中间摆动。



18、“离开”
两小臂分别置于侧前方，手心朝外，两臂分别向两侧摆动。