UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

JGJ 276－2012

P

备案号 J 1354－2012

建筑施工起重吊装工程安全技术规范

Technical code for safety of lifting in construction

2012－01－11 发布　　2012－06－01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部　发布

中华人民共和国行业标准

建筑施工起重吊装工程安全技术规范

Technical code for safety of lifting in construction

JGJ 276－2012

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2012年6月1日

中国建筑工业出版社

2012 北 京

中华人民共和国行业标准

建筑施工起重吊装工程安全技术规范

Technical code for safety of lifting in construction

JGJ 276－2012

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

化学工业出版社印刷厂印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：3⅛ 字数：93 千字

2012 年 5 月第一版 2012 年 8 月第二次印刷

定价：**18.00** 元

统一书号：15112·21731

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：http://www.cabp.com.cn

网上书店：http://www.china-building.com.cn

中华人民共和国住房和城乡建设部
公　　告

第 1242 号

关于发布行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》的公告

现批准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》为行业标准，编号为 JGJ 276－2012，自 2012 年 6 月 1 日起实施。其中，第 3.0.1、3.0.19、3.0.23 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2012 年 1 月 11 日

前　言

根据原建设部《一九八九年工程建设专业标准规范制订修订计划》（建标工字【89】第058号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规范。

本规范的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 起重机械和索具设备；5. 混凝土结构吊装；6. 钢结构吊装；7. 网架吊装。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由沈阳建筑大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送沈阳建筑大学土木工程学院（地址：沈阳市浑南东路9号，邮编：110168）

本规范主编单位：沈阳建筑大学
东北金城建设股份有限公司

本规范参编单位：中建三局第二建设工程有限责任公司
中铁四局集团建筑工程有限公司
上海建工设计研究院
北京首钢建设集团有限公司
甘肃伊真建设工程有限公司
陕西省建设工程质量安全监督总站

本规范主要起草人员：魏忠泽　张　健　秦桂娟　卢伟然
罗　宏　陈新安　许　伟　焦　莉
吴长城　焦宁艳　张庆远　严　训
杨德洪　刘　兵　龙传尧　刘　波

张　坤　董燕囡　汤坤林　刘建国
胡　冲　葛文志　彭　杰

本规范主要审查人员：应惠清　耿洁明　孙宗辅　胡长明
施卫东　杨纯仪　郭洪君　肖华锋
张宝琚

目　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 3
3　基本规定 …… 5
4　起重机械和索具设备 …… 8
4.1　起重机械 …… 8
4.2　绳索 …… 10
4.3　吊索 …… 11
4.4　起重吊装设备 …… 13
4.5　地锚 …… 18
5　混凝土结构吊装 …… 20
5.1　一般规定 …… 20
5.2　单层工业厂房结构吊装 …… 22
5.3　多层框架结构吊装 …… 23
5.4　墙板结构吊装 …… 24
6　钢结构吊装 …… 26
6.1　一般规定 …… 26
6.2　钢结构厂房吊装 …… 26
6.3　高层钢结构吊装 …… 27
6.4　轻型钢结构和门式刚架吊装 …… 28
7　网架吊装 …… 29
7.1　一般规定 …… 29
7.2　高空散装法安装 …… 29
7.3　分条、分块安装 …… 31

7.4 高空滑移法安装 …… 31
7.5 整体吊装法 …… 32
7.6 整体提升、顶升法安装 …… 32
附录 A 吊索拉力选用规定 …… 34
附录 B 横吊梁的计算 …… 36
附录 C 滑轮的容许荷载和滑轮组省力系数 …… 39
附录 D 地锚的构造参数及受力计算 …… 41
本规范用词说明 …… 53
引用标准名录 …… 54
附：条文说明 …… 55

Contents

1 General Provisions 1
2 Terms and Symbols 2
2.1 Terms 2
2.2 Symbols 3
3 Basic Requirements 5
4 Hoisting Machinery and Rigging Equipment 8
4.1 Hoisting Machinery 8
4.2 Rope 10
4.3 Sling 11
4.4 Hoisting and Lifting Equipment 13
4.5 Anchor 18
5 Lifting of Concrete Structure 20
5.1 General Requirements 20
5.2 Lifting of Single-factory Building 22
5.3 Lifting of Multilayer Frame Structure 23
5.4 Lifting of Wallboard Structure 24
6 Lifting of Steel Structure 26
6.1 General Requirements 26
6.2 Lifting of Steel Structure Plant 26
6.3 Lifting of High-rise Steel Structure 27
6.4 Lifting of Light Steel Structure and Portal-rigid Frame 28
7 Installing of Net Rack 29
7.1 General Requirements 29
7.2 Installing with High Bulk Method 29
7.3 Installing with Subsection and Block 31

7.4 Installing with Aerial Sliding Method ····· 31
7.5 Whole Hanging Method ····· 32
7.6 Installing with Whole Hanging and Lift-up Method ····· 32
Appendix A Selection Rules of Sling Tension ····· 34
Appendix B Calculation of Horizontal Hanging Beam ····· 36
Appendix C Allowable Load of Pulley and Force-saving Coefficient of Pulley Block ····· 39
Appendix D Structure Parameters of Anchor and Stress Calculation ····· 41
Explanation of Wording in This Code ····· 53
List of Quoted Standards ····· 54
Addition: Explanation of Provisions ····· 55

1 总　则

1.0.1 为贯彻执行安全生产方针，确保建筑工程施工起重吊装作业的安全，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于建筑工程施工中的起重吊装作业。

1.0.3 建筑工程施工中的起重吊装作业，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术　语

2.1.1 起重吊装作业　crane lifting operation

使用起重设备将被吊物提升或移动至指定位置，并按要求安装固定的施工过程。

2.1.2 吊具　hoist auxiliaries

拴挂和固定被吊物的工、机具和配件。如吊索、吊钩、吊梁和卡环等。

2.1.3 绑扎　tightening

吊装前，用吊索和卡环按起吊规定对被吊物吊点处的捆绑。

2.1.4 起吊　hoisting

被吊物的吊装和空中运输过程。

2.1.5 溜绳　anti-sway rope

在吊升的结构物上拴绳，由下面的人拉住，防止结构物在吊升过程中任意摆动。

2.1.6 超载　overload

超过或大于起重设备的额定起重量。

2.1.7 临时固定　temporary holding or fixation

对搁置就位的被吊物进行临时性拉结和支撑的措施。

2.1.8 永久固定　permanent holding or fixation

校正完成后，按设计要求进行的永久性的连接固定。

2.1.9 空载　no-load

起重机械没有负载的工作状态。

2.1.10 缆风绳 balance rope

用来保证安装的构件或设备在操作过程中保持稳定的钢丝绳，上端与安装对象拉结，下端与地锚固定。

2.1.11 破断拉力 tensile strength of rope

按规定的试验方法把绳索拉断所需要的力。

2.1.12 钢丝绳牵引力 tensile force of steel rope

重物起升后，卷筒上的钢丝绳所产生的拉力。

2.1.13 安全绳 safety rope

用于防止起重人员在高空作业时发生坠落事故的绳索的总称。

2.2 符 号

A——面积；

a——距离；

b——厚度、宽度；

D、d——直径；

f——承载力设计值；

F——拉力、阻力；

$[F]$——容许拉力；

H——高度；

i——传动比；

K——系数；

L——长度；

M——弯矩；

N——轴向力；

P——功率、水平压力；

Q——计算荷载、直量；

T——摩擦阻力；

v——速度；

W——截面抵抗矩；

γ——重力密度；

η——效率、降低系数；

μ——摩擦系数；

σ——正应力；

τ——剪应力；

φ——内摩擦角；

ω——转速。

3 基本规定

3.0.1 起重吊装作业前，必须编制吊装作业的专项施工方案，并应进行安全技术措施交底；作业中，未经技术负责人批准，不得随意更改。

3.0.2 起重机操作人员、起重信号工、司索工等特种作业人员必须持特种作业资格证书上岗。严禁非起重机驾驶人员驾驶、操作起重机。

3.0.3 起重吊装作业前，应检查所使用的机械、滑轮、吊具和地锚等，必须符合安全要求。

3.0.4 起重作业人员必须穿防滑鞋，戴安全帽，高处作业应佩挂安全带，并应系挂可靠，高挂低用。

3.0.5 起重设备的通行道路应平整，承载力应满足设备通行要求。吊装作业区域四周应设置明显标志，严禁非操作人员入内。夜间不宜作业，当确需夜间作业时，应有足够的照明。

3.0.6 登高梯子的上端应固定，高空用的吊篮和临时工作台应固定牢靠，并应设不低于1.2m的防护栏杆。吊篮和工作台的脚手板应铺平绑牢，严禁出现探头板。吊移操作平台时，平台上面严禁站人。当构件吊起时，所有人员不得站在吊物下方，并应保持一定的安全距离。

3.0.7 绑扎所用的吊索、卡环、绳扣等的规格应根据计算确定。起吊前，应对起重机钢丝绳及连接部位和吊具进行检查。

3.0.8 高空吊装屋架、梁和采用斜吊绑扎吊装柱时，应在构件两端绑扎溜绳，由操作人员控制构件的平衡和稳定。

3.0.9 构件的吊点应符合设计规定。对异形构件或当无设计规定时，应经计算确定，保证构件起吊平稳。

3.0.10 安装所使用的螺栓、钢楔、木楔、钢垫板和垫木等

的材质应符合设计要求及国家现行标准的有关规定。

3.0.11 吊装大、重构件和采用新的吊装工艺时，应先进行试吊，确认无问题后，方可正式起吊。

3.0.12 大雨、雾、大雪及六级以上大风等恶劣天气应停止吊装作业。雨雪后进行吊装作业时，应及时清理冰雪并应采取防滑和防漏电措施，先试吊，确认制动器灵敏可靠后方可进行作业。

3.0.13 吊起的构件应确保在起重机吊杆顶的正下方，严禁采用斜拉、斜吊，严禁起吊埋于地下或粘结在地上的构件。

3.0.14 起重机靠近架空输电线路作业或在架空输电线路下行走时，与架空输电线的安全距离应符合现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 和其他相关标准的规定。

3.0.15 当采用双机抬吊时，宜选用同类型或性能相近的起重机，负载分配应合理，单机载荷不得超过额定起重量的 80%。两机应协调工作，起吊的速度应平稳缓慢。

3.0.16 起吊过程中，在起重机行走、回转、俯仰吊臂、起落吊钩等动作前，起重司机应鸣声示意。一次只宜进行一个动作，待前一动作结束后，再进行下一动作。

3.0.17 开始起吊时，应先将构件吊离地面 200mm～300mm 后暂停，检查起重机的稳定性、制动装置的可靠性、构件的平衡性和绑扎的牢固性等，确认无误后，方可继续起吊。已吊起的构件不得长久停滞在空中。严禁超载和吊装重量不明的重型构件和设备。

3.0.18 严禁在吊起的构件上行走或站立，不得用起重机载运人员，不得在构件上堆放或悬挂零星物件。严禁在已吊起的构件下面或起重臂下旋转范围内作业或行走。起吊时应匀速，不得突然制动。回转时动作应平稳，当回转未停稳前不得做反向动作。

3.0.19 **暂停作业时，对吊装作业中未形成稳定体系的部分，必须采取临时固定措施。**

3.0.20 高处作业所使用的工具和零配件等，应放在工具袋（盒）内，并严禁抛掷。

3.0.21 吊装中的焊接作业，应有严格的防火措施，并应设专人看护。在作业部位下面周围 10m 范围内不得有人。

3.0.22 已安装好的结构构件，未经有关设计和技术部门批准不得随意凿洞开孔。严禁在其上堆放超过设计荷载的施工荷载。

3.0.23 对临时固定的构件，必须在完成了永久固定，并经检查确认无误后，方可解除临时固定措施。

3.0.24 对起吊物进行移动、吊升、停止、安装时的全过程应采用旗语或通用手势信号进行指挥，信号不明不得启动，上下联系应相互协调，也可采用通信工具。

4 起重机械和索具设备

4.1 起 重 机 械

4.1.1 凡新购、大修、改造、新安装及使用、停用时间超过规定的起重机械，均应按有关规定进行技术检验，合格后方可使用。

4.1.2 起重机在每班开始作业时，应先试吊，确认制动器灵敏可靠后，方可进行作业。作业时不得擅自离岗和保养机车。

4.1.3 起重机的选择应满足起重量、起重高度、工作半径的要求，同时起重臂的最小杆长应满足跨越障碍物进行起吊时的操作要求。

4.1.4 自行式起重机的使用应符合下列规定：

1 起重机工作时的停放位置应按施工方案与沟渠、基坑保持安全距离，且作业时不得停放在斜坡上。

2 作业前应将支腿全部伸出，并应支垫牢固。调整支腿应在无载荷时进行，并将起重臂全部缩回转至正前或正后，方可调整。作业过程中发现支腿沉陷或其他不正常情况时，应立即放下吊物，进行调整后，方可继续作业。

3 启动时应先将主离合器分离，待运转正常后再合上主离合器进行空载运转，确认正常后，方可开始作业。

4 工作时起重臂的仰角不得超过其额定值；当无相应资料时，最大仰角不得超过78°，最小仰角不得小于45°。

5 起重机变幅应缓慢平稳，严禁快速起落。起重臂未停稳前，严禁变换挡位和同时进行两种动作。

6 当起吊荷载达到或接近最大额定荷载时，严禁下落起重臂。

7 汽车式起重机进行吊装作业时，行走用的驾驶室内不得

有人，吊物不得超越驾驶室上方，并严禁带载行驶。

8 伸缩式起重臂的伸缩，应符合下列规定：

1）起重臂的伸缩，应在起吊前进行。当起吊过程中需伸缩时，起吊荷载不得大于其额定值的50%。

2）起重臂伸出后的上节起重臂长度不得大于下节起重臂长度，且起重臂伸出后的仰角不得小于使用说明中相应的规定值。

3）在伸起重臂同时下降吊钩时，应满足使用说明中动、定滑轮组间的最小安全距离规定。

9 起重机制动器的制动鼓表面磨损达到2.0mm或制动带磨损超过原厚度50%时，应予更换。

10 起重机的变幅指示器、力矩限制器和限位开关等安全保护装置，应齐全完整、灵活可靠，严禁随意调整、拆除，不得以限位装置代替操作机构。

11 作业完毕或下班前，应按规定将操作杆置于空挡位置，起重臂应全部缩回原位，转至顺风方向，并应降至40°～60°之间，收紧钢丝绳，挂好吊钩或将吊钩落地，然后将各制动器和保险装置固定，关闭发动机，驾驶室加锁后，方可离开。

4.1.5 塔式起重机的使用应符合国家现行标准《塔式起重机安全规程》GB 5144、《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196及《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33中的相关规定。

4.1.6 拔杆式起重机的制作安装应符合下列规定：

1 拔杆式起重机应进行专门设计和制作，经严格的测试，试运转和技术鉴定合格后，方可投入使用。

2 安装时的地基、基础、缆风绳和地锚等设施，应经计算确定。缆风绳与地面的夹角应在30°～45°之间。缆风绳不得与供电线路接触，在靠近电线处，应装设由绝缘材料制作的护线架。

4.1.7 拔杆式起重机的使用应符合下列规定：

1 在整个吊装过程中，应派专人看守地锚。每进行一段工

作或大雨后，应对拔杆、缆风绳、索具、地锚和卷扬机等进行详细检查，发现有摆动、损坏等情况时，应立即处理解决。

2 拔杆式起重机移动时，其底座应垫以足够的承重枕木排和滚杠，并将起重臂收紧，处于移动方向的前方，倾斜不得超过10°，移动时拔杆不得向后倾斜，收放缆风绳应配合一致。

4.2 绳 索

4.2.1 吊装作业中使用的白棕绳应符合下列规定：

1 应由剑麻的茎纤维搓成，并不得涂油。其规格和破断拉力应符合产品说明书的规定。

2 只可用作受力不大的缆风绳和溜绳等。白棕绳的驱动力只能是人力，不得用机械动力驱动。

3 穿绕白棕绳的滑轮直径，应大于白棕绳直径的10倍。麻绳有结时，不得穿过滑车狭小之处。长期在滑车使用的白棕绳，应定期改变穿绳方向。

4 整卷白棕绳应根据需要长度切断绳头，切断前应用铁丝或麻绳将切断口扎紧。

5 使用中发生的扭结应立即抖直。当有局部损伤时，应切去损伤部分。

6 当绳长度不够时，应采用编接接长。

7 捆绑有棱角的物件时，应垫木板或麻袋等物。

8 使用中不得在粗糙的构件上或地下拖拉，并应防止砂、石屑嵌入。

9 编接绳头绳套时，编接前每股头上应用绳扎紧，编接后相互搭接长度：绳套不得小于白棕绳直径的15倍；绳头不得小于30倍。

10 白棕绳在使用时不得超过其容许拉力，容许拉力应按下式计算：

$$[F_s] = \frac{F_s}{K} \tag{4.2.1}$$

式中：$[F_s]$ —— 白棕绳的容许拉力（kN）；

F_p —— 白棕绳的破断拉力（kN）；

K —— 白棕绳的安全系数，应按表 4.2.1 采用。

表 4.2.1 白棕绳的安全系数

用　途	安全系数
一般小型构件（过梁、空心板及5kN重以下等构件）	≥6
5kN～10kN重吊装作业	10
作捆绑吊索	≥12
作缆风绳	≥6

4.2.2 采用纤维绳索、聚酯复丝绳索应符合现行国家标准《纤维绳索　通用要求》（GB/T 21328、《聚酯复丝绳索》（GB/T 11787 和《绳索　有关物理和机械性能的测定》（GB/T 8834 的相关规定。

4.2.3 吊装作业中钢丝绳的使用、检验、破断拉力值和报废等应符合现行国家标准《重要用途钢丝绳》GB 8918、《一般用途钢丝绳》GB/T 20118 和《起重机 钢丝绳保养、维护、安装、检验和报废》GB/T 5972 中的相关规定。

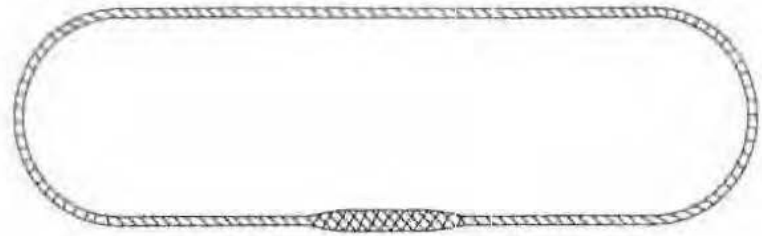
4.3 吊　索

4.3.1 钢丝绳吊索应符合下列规定：

1 钢丝绳吊索应符合现行国家标准《一般用途钢丝绳吊索特性和技术条件》GB/T 16762、插编索扣应符合现行国家标准《钢丝绳吊索 插编索扣》GB/T 16271 中所规定的一般用途钢丝绳吊索特性和技术条件等的规定。

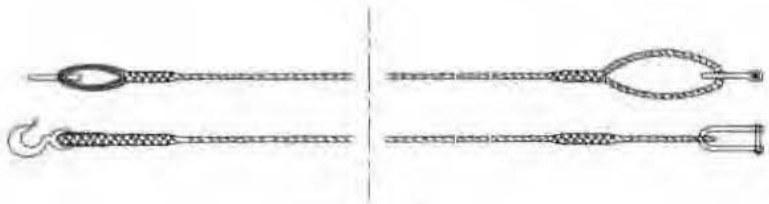
2 吊索宜采用 6×37 型钢丝绳制作成环式或 8 股头式（图 4.3.1），其长度和直径应根据吊物的几何尺寸、重量和所用的吊装工具、吊装方法确定。使用时可采用单根、双根、四根或多根悬吊形式。

3 吊索的绳环或两端的绳套可采用压接接头，压接接头的长度不应小于钢丝绳直径的 20 倍，且不应小于 300mm。8



(a) 环状吊索





(b) 8股头吊索

图 4.3.1 吊索

股头吊索两端的绳套可根据工作需要装上桃形环、卡环或吊钩等吊索附件。

4 当利用吊索上的吊钩、卡环钩挂重物上的起重吊环时，吊索的安全系数不应小于 6；当用吊索直接捆绑重物，且吊索与重物棱角间已采取妥善的保护措施时，吊索的安全系数应取 6～8；当起吊重、大或精密的重物时，除应采取妥善保护措施外，吊索的安全系数应取 10。

5 吊索与所吊构件间的水平夹角宜大于 45°。计算拉力时可按本规范附录 A 表 A.1、表 A.2 选用。

4.3.2 吊索附件应符合下列规定：

1 套环应符合现行国家标准《钢丝绳用普通套环》GB/T 5974.1 和《钢丝绳用重型套环》GB/T 5974.2 的规定。

2 使用套环时，其起吊的承载能力，应将套环的承载能力与表4.3.2中降低后的钢丝绳承载能力相比较，采用小值。

3 吊钩应有制造厂的合格证明书，表面应光滑，不得有裂纹、刻痕、剥裂、锐角等现象。吊钩每次使用前应检查一次，不合格者应停止使用。

4 活动卡环在绑扎时，起吊后销子的尾部应朝下，吊索在受力后应压紧销子，其容许荷载应按出厂说明书采用。

表4.3.2 使用套环时的钢丝绳强度降低率

钢丝绳直径（mm）	绕过套环后强度降低率（%）
10～16	5
19～28	15
32～38	20
42～50	25

4.3.3 横吊梁应采用Q235或Q345钢材，应经过设计计算，计算方法应按本规范附录B进行，并应按设计进行制作。

4.4 起重吊装设备

4.4.1 滑轮和滑轮组的使用应符合下列规定：

1 使用前，应检查滑轮的轮槽、轮轴、夹板、吊钩等各部件，不得有裂缝和损伤，滑轮转动应灵活，润滑良好。

2 滑轮应按本规范附录C表C.0.1中的容许荷载值使用。对起重量不明的滑轮，应先进行估算，并经负载试验合格后，方可使用。

3 滑轮组绳索宜采用顺穿法，由二对以上动、定滑轮组成的滑轮组应采用花穿法。滑轮组穿绕后，应开动卷扬机慢慢将钢丝绳收紧和试吊，检查有无卡绳、磨绳的地方，绳间摩擦及其他部分应运转良好，如有问题，应立即修正。

4 滑轮的吊钩或吊环应与起吊构件的重心在同一垂直线上。

5 滑轮使用前后应刷洗干净，擦油保养，轮轴应经常加油

润滑，严禁锈蚀和磨损。

6 对重要的吊装作业、较高处作业或在起重作业量较大时，不宜用钩型滑轮，应使用吊环、链环或吊梁型滑轮。

7 滑轮组的上下定、动滑轮之间安全距离不应小于1.5m。

8 对暂不使用的滑轮，应存放在干燥少尘的库房内，下面垫以木板，并应每3个月检查保养一次。

9 滑轮和滑轮组的跑头拉力、牵引行程和速度应符合下列规定：

1）滑轮组的跑头拉力应按下式计算：

$$F = \alpha Q \tag{4.4.1-1}$$

式中：F——跑头拉力（kN）；

α——滑轮组的省力系数，其值可按本规范附录C表C.0.2选用；

Q——计算荷载（kN），等于吊重乘以动力系数1.5。

2）滑轮跑头牵引行程和速度应按下列公式计算：

$$u = mh \tag{4.4.1-2}$$

$$v = mv_1 \tag{4.4.1-3}$$

式中：u——跑头牵引行程（m）；

m——滑轮组工作绳数；

h——吊件的上升行程（m）；

v——跑头的牵引速度（m/s）；

v_1——吊件的上升速度（m/s）。

4.4.2 卷扬机的使用应符合下列规定：

1 手动卷扬机不得用于大型构件吊装，大型构件的吊装应采用电动卷扬机。

2 卷扬机的基础应平稳牢固，用于锚固的地锚应可靠，防止发生倾覆和滑动。

3 卷扬机使用前，应对各部分详细检查，确保棘轮装置和制动器完好，变速齿轮沿轴转动，啮合正确，无杂音和润滑良好，发现问题，严禁使用。

4 卷扬机应安装在吊装区外，水平距离应大于构件的安装高度，并搭设防护棚，保证操作人员能清楚地看见指挥人员的信号。当构件被吊到安装位置时，操作人员的视线仰角应小于30°。

5 导向滑轮严禁使用开口拉板式滑轮。滑轮到卷筒中心的距离，对带槽卷筒应大于卷筒宽度的15倍；对无槽卷筒应大于20倍，当钢丝绳处在卷筒中间位置时，应与卷筒的轴心线垂直。

6 钢丝绳在卷筒上应逐圈靠紧，排列整齐，严禁互相错叠、离缝和挤压。钢丝绳缠满后，卷筒凸缘应高出2倍及以上钢丝绳直径，钢丝绳全部放出时，钢丝绳在卷筒上保留的安全圈不应少于5圈。

7 在制动操纵杆的行程范围内不得有障碍物。作业过程中，操作人员不得离开卷扬机，严禁在运转中用手或脚去拉、踩钢丝绳，严禁跨越卷扬机钢丝绳。

8 卷扬机的电气线路应经常检查，电机应运转良好，电磁抱闸和接地应安全有效，不得有漏电现象。

4.4.3 电动卷扬机的牵引力和钢丝绳速度应符合下列规定：

1）卷筒上的钢丝绳牵引力应按下列公式计算：

$$F = 1.02 \times \frac{P_H \eta}{v} \qquad (4.4.3\text{-}1)$$

$$\eta = \eta_0 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \cdots \times \eta_n \qquad (4.4.3\text{-}2)$$

式中：F ——牵引力（kN）；

P_H ——电动机的功率（kW）；

v ——钢丝绳速度（m/s）；

η ——总效率；

η_0 ——卷筒效率，当卷筒装在滑动轴承上时，取 $\eta_0 = 0.94$；当装在滚动轴承上时，取 $\eta_0 = 0.96$；

$\eta_1 \cdot \eta_2 \cdots \eta_n$ ——传动机构效率，按表4.4.3选用。

表 4.4.3 传动机构的效率

传动机构			效率
卷筒	滑动轴承		0.94～0.96
	滚动轴承		0.96～0.98
一对圆柱齿轮传动	开式传动	滑动轴承	0.93～0.95
		滚动轴承	0.95～0.96
	闭式传动 稀油润滑	滑动轴承	0.95～0.96
		滚动轴承	0.96～0.98

2）钢丝绳速度应按下列公式计算：

$$v = \pi D\omega \tag{4.4.3-3}$$

$$\omega = \frac{\omega_{\mathrm{H}} i}{60} \tag{4.4.3-4}$$

$$i = \frac{n_{\mathrm{Z}}}{n_{\mathrm{B}}} \tag{4.4.3-5}$$

式中：v——钢丝绳速度（m/s）；

D——卷筒直径（m）；

ω——卷筒转速（r/s）；

ω_{H}——电动机转速（r/s）；

i——传动比；

n_{Z}——所有主动轮齿数的乘积；

n_{B}——所有被动轮齿数的乘积。

4.4.4 捯链的使用应符合下列规定：

1 使用前应进行检查，捯链的吊钩、链条、轮轴、链盘等应无锈蚀、裂纹、损伤，传动部分应灵活正常。

2 起吊构件至起重链条受力后，应仔细检查，确保齿轮啮合良好，自锁装置有效后，方可继续作业。

3 应均匀和缓地拉动链条，并应与轮盘方向一致，不得斜向拽动。

4 捯链起重量或起吊构件的重量不明时，只可一人拉动链条，一人拉不动应查明原因，此时严禁两人或多人齐拉。

5 齿轮部分应经常加油润滑，棘爪、棘爪弹簧和棘轮应经常检查，防止制动失灵。

6 捯链使用完毕后应拆卸清洗干净，上好润滑油，装好后套上塑料罩挂好。

4.4.5 手扳葫芦应符合下列规定：

1 只可用于吊装中收紧缆风绳和升降吊篮使用。

2 使用前，应仔细检查确认自锁夹钳装置夹紧钢丝绳后能往复作直线运动，不满足要求，严禁使用。使用时，待其受力后应检查确认运转自如，无问题后，方可继续作业。

3 用于吊篮时，应在每根钢丝绳处拴一根保险绳，并将保险绳的另一端固定在可靠的结构上。

4 使用完毕后，应拆卸、清洗、上油，安装复原，妥善保管。

4.4.6 千斤顶的使用应符合下列规定：

1 使用前后应拆洗干净，损坏和不符合要求的零件应更换，安装好后应检查各部位配件运转的灵活性，对油压千斤顶应检查阀门、活塞、皮碗的完好程度，油液干净程度和稠度应符合要求，若在负温情况下使用，油液应不变稠、不结冻。

2 千斤顶的选择，应符合下列规定：

1）千斤顶的额定起重量应大于起重构件的重量，起升高度应满足要求，其最小高度应与安装净空相适应。

2）采用多台千斤顶联合顶升时，应选用同一型号的千斤顶，并应保持同步，每台的额定起重量不得小于所分担重量的1.2倍。

3 千斤顶应放在平整坚实的地面上，底座下应垫以枕木或钢板。与被顶升构件的光滑面接触时，应加垫硬木板防滑。

4 设顶处应传力可靠，载荷的传力中心应与千斤顶轴线一致，严禁载荷偏斜。

5 顶升时，应先轻微顶起后停住，检查千斤顶承力、地基、垫木、枕木垛有无异常或千斤顶歪斜，出现异常，应及时处理后

方可继续工作。

6 顶升过程中，不得随意加长千斤顶手柄或强力硬压，每次顶升高度不得超过活塞上的标志，且顶升高度不得超过螺丝杆或活塞高度的3/4。

7 构件顶起后，应随起随搭枕木垛和加设临时短木块，其短木块与构件间的距离应随时保持在50mm以内。

4.5 地　锚

4.5.1 立式地锚的构造应符合下列规定：

1 应在枕木、圆木、方木地龙柱的下部后侧和中部前侧设置挡木，并贴紧土壁，坑内应回填土石并夯实，表面略高于自然地坪。

2 地坑深度应大于1.5m，地龙柱应露出地面0.4m～1.0m，并略向后倾斜。

3 使用枕木或方木做地龙柱时，应使截面的长边与受力方向一致，作用的荷载宜与地龙柱垂直。

4 单柱立式地锚承载力不够时，可在受力方向后侧增设一个或两个单柱立式地锚，并用绳索连接，使其共同受力。

5 各种立式地锚的构造参数及计算方法应符合本规范附录D的规定。

4.5.2 桩式地锚的构造应符合下列规定：

1 应采用直径180mm～330mm的松木或衫木做地锚桩，略向后倾斜打入地层中，并应在其前方距地面0.4m～0.9m深处，紧贴桩身埋置1m长的挡木一根。

2 桩入土深度不应小于1.5m，地锚的钢丝绳应拴在距地面不大于300mm处。

3 荷载较大时，可将两根或两根以上的桩用绳索与木板将其连在一起使用。

4 各种桩式地锚的构造参数及计算方法应符合本规范附录D的规定。

4.5.3 卧式地锚的构造应符合下列规定：

1 钢丝绳应根据作用荷载大小，系结在横置木中部或两侧，并应采用土石回填夯实。

2 木料尺寸和数量应根据作用荷载的大小和土壤的承载力经过计算确定。

3 木料横置埋入深度宜为1.5m～3.5m。当作用荷载超过75kN时，应在横置木料顶部加压板；当作用荷载超过150kN时，应在横置木料前增设挡板立柱和挡板。

4 当卧式地锚作用荷载较大时，地锚的钢丝绳应采用钢拉杆代替。

5 卧式地锚的构造参数及计算方法应符合本规范附录D的规定。

4.5.4 各式地锚的使用应符合下列规定：

1 地锚采用的木料应使用剥皮落叶松、杉木。严禁使用油松、杨木、柳木、桦木、椴木和腐朽、多节的木料。

2 绑扎地锚钢丝绳的绳环应牢固可靠，横卧木四角应采用长500mm的角钢加固，并应在角钢外再用长300mm的半圆钢管保护。

3 钢丝绳的方向应与地锚受力方向一致。

4 地锚使用前应进行试拉，合格后方可使用。埋设不明的地锚未经试拉不得使用。

5 地锚使用时应指定专人检查、看守，如发现变形应立即处理或加固。

5 混凝土结构吊装

5.1 一 般 规 定

5.1.1 构件的运输应符合下列规定：

1 构件运输应严格执行所制定的运输技术措施。

2 运输道路应平整，有足够的承载力、宽度和转弯半径。

3 高宽比较大的构件的运输，应采用支承框架、固定架、支撑或用捯链等予以固定，不得悬吊或堆放运输。支承架应进行设计计算，应稳定、可靠和装卸方便。

4 当大型构件采用半拖或平板车运输时，构件支承处应设转向装置。

5 运输时，各构件应拴牢于车厢上。

5.1.2 构件的堆放应符合下列规定：

1 构件堆放场地应压实平整，周围应设排水沟。

2 构件应按设计支承位置堆放平稳，底部应设置垫木。对不规则的柱、梁、板，应专门分析确定支承和加垫方法。

3 屋架、薄腹梁等重心较高的构件，应直立放置，除设支承垫木外，应在其两侧设置支撑使其稳定，支撑不得少于2道。

4 重叠堆放的构件应采用垫木隔开，上下垫木应在同一垂线上。堆放高度梁、柱不宜超过2层；大型屋面板不宜超过6层。堆垛间应留2m宽的通道。

5 装配式大板应采用插放法或背靠法堆放，堆放架应经设计计算确定。

5.1.3 构件翻身应符合下列规定：

1 柱翻身时，应确保本身能承受自重产生的正负弯矩值，其两端距端面1/5～1/6柱长处应垫方木或枕木垛。

2 屋架或薄腹梁翻身时应验算抗裂度，不够时应予加固，

当屋架或薄腹梁高度超过1.7m时，应在表面加绑木、竹或钢管横杆增加屋架平面刚度，并在屋架两端设置方木或枕木垛，其上表面应与屋架底面齐平，且屋架间不得有粘结现象。翻身时，应做到一次扶直或将屋架转到与地面夹角达到70°后，方可刹车。

5.1.4 构件拼装应符合下列规定：

1 当采用平拼时，应防止在翻身过程中发生损坏和变形；当采用立拼时，应采取可靠的稳定措施。当大跨度构件进行高空立拼时，应搭设带操作台的拼装支架。

2 当组合屋架采用立拼时，应在拼架上设置安全挡木。

5.1.5 吊点设置和构件绑扎应符合下列规定：

1 当构件无设计吊环（点）时，应通过计算确定绑扎点的位置。绑扎方法应可靠，且摘钩应简便安全。

2 当绑扎竖直吊升的构件时，应符合下列规定：

1）绑扎点位置应略高于构件重心。

2）在柱不翻身或吊升中不会产生裂缝时，可采用斜吊绑扎法。

3）天窗架宜采用四点绑扎。

3 当绑扎水平吊升的构件时，应符合下列规定：

1）绑扎点应按设计规定设置。无规定时，最外吊点应在距构件两端1/5～1/6构件全长处进行对称绑扎。

2）各支吊索内力的合力作用点应处在构件重心线上。

3）屋架绑扎点宜在节点上或靠近节点。

4 绑扎应平稳、牢固，绑扎钢丝绳与物体间的水平夹角应为：构件起吊时不得小于45°；构件扶直时不得小于60°。

5.1.6 构件起吊前，其强度应符合设计规定，并应将其上的模板、灰浆残渣、垃圾碎块等全部清除干净。

5.1.7 楼板、屋面板吊装后，对相互间或其上留有的空隙和洞口，应设置盖板或围护，并应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80的规定。

5.1.8 多跨单层厂房宜先吊主跨，后吊辅助跨；先吊高跨，后

吊低跨。多层厂房宜先吊中间，后吊两侧，再吊角部，且应对称进行。

5.1.9 作业前应清除吊装范围内的障碍物。

5.2 单层工业厂房结构吊装

5.2.1 柱的吊装应符合下列规定：

1 柱的起吊方法应符合施工组织设计规定。

2 柱就位后，应将柱底落实，每个柱面应采用不少于两个钢楔楔紧，但严禁将楔子重叠放置。初步校正垂直后，打紧楔子进行临时固定。对重型柱或细长柱以及多风或风大地区，在柱上部应采取稳妥的临时固定措施，确认牢固可靠后，方可指挥脱钩。

3 校正柱时，严禁将楔子拔出。在校正好一个方向后，应稍打紧两面相对的四个楔子，方可校正另一个方向。待完全校正好后，除将所有楔子按规定打紧外，还应采用石块将柱底脚与杯底四周全部楔紧。采用缆风或斜撑校正柱时，应在杯口第二次浇筑的混凝土强度达到设计强度的75%时，方可拆除缆风或斜撑。

4 杯口内应采用强度高一级的细石混凝土浇筑固定。采用木楔或钢楔作临时固定时，应分二次浇筑，第一次灌至楔子下端，待达到设计强度30%以上，方可拔出楔子，再二次浇筑至基础顶；当使用混凝土楔子时，可一次浇筑至基础顶面。混凝土强度应作试块检验，冬期施工时，应采取冬期施工措施。

5.2.2 梁的吊装应符合下列规定：

1 梁的吊装应在柱永久固定和柱间支撑安装后进行。吊车梁的吊装，应在基础杯口二次浇筑的混凝土达到设计强度50%以上，方可进行。

2 重型吊车梁应边吊边校，然后再进行统一校正。

3 梁高和底宽之比大于4时，应采用支撑撑牢或用8号钢丝将梁捆于稳定的构件上后，方可摘钩。

4 吊车梁的校正应在梁吊装完，也可在屋面构件校正并最

后固定后进行。校正完毕后，应立即焊接固定。

5.2.3 屋架吊装应符合下列规定：

1 进行屋架或屋面梁垂直度校正时，在跨中，校正人员应沿屋架上弦绑设的栏杆行走，栏杆高度不得低于1.2m；在两端，应站在悬挂于柱顶上的吊篮上进行，严禁站在柱顶操作。垂直度校正完毕并进行可靠固定后，方可摘钩。

2 吊装第一榀屋架和天窗架时，应在其上弦杆拴缆风绳作临时固定。缆风绳应采用两侧布置，每边不得少于2根。当跨度大于18m时，宜增加缆风绳数，间距不得大于6m。

5.2.4 天窗架与屋面板分别吊装时，天窗架应在该榀屋架上的屋面板吊装完毕后进行，并经临时固定和校正后，方可脱钩焊接固定。

5.2.5 校正完毕后应按设计要求进行永久性的接头固定。

5.2.6 屋架和天窗架上的屋面板吊装，应从两边向屋脊对称进行，且不得用撬杠沿板的纵向撬动。就位后应采用铁片垫实脱钩，并应立即电焊固定，应至少保证3点焊牢。

5.2.7 托架吊装就位校正后，应立即支模浇灌接头混凝土进行固定。

5.2.8 支撑系统应先安装垂直支撑，后安装水平支撑；先安装中部支撑，后安装两端支撑，并与屋架、天窗架和屋面板的吊装交替进行。

5.3 多层框架结构吊装

5.3.1 框架柱吊装应符合下列规定：

1 上节柱的安装应在下节柱的梁和柱间支撑安装焊接完毕，下节柱接头混凝土达到设计强度的75%及以上后，方可进行。

2 多机抬吊多层H型框架柱时，递送作业的起重机应使用横吊梁起吊。

3 柱就位后应随即进行临时固定和校正。榫式接头的，应对称施焊四角钢筋接头后方可松钩；钢板接头的，应各边分层对

称施焊 2/3 的长度后方可脱钩；H 型柱则应对称焊好四角钢筋后方可脱钩。

4 重型或较长柱的临时固定，应在柱间加设水平管式支撑或设缆风绳。

5 吊装中用于保护接头钢筋的钢管或垫木应捆扎牢固。

5.3.2 楼层梁的吊装应符合下列规定：

1 吊装明牛腿式接头的楼层梁时，应在梁端和柱牛腿上预埋的钢板焊接后方可脱钩。

2 吊装齿槽式接头的楼层梁时，应将梁端的上部接头焊好两根后方可脱钩。

5.3.3 楼层板的吊装应符合下列规定：

1 吊装两块以上的双 T 形板时，应将每块的吊索直接挂在起重机吊钩上。

2 板重在 5kN 以下的小型空心板或槽形板，可采用平吊或兜吊，但板的两端应保证水平。

3 吊装楼层板时，严禁采用叠压式，并严禁在板上站人、放置小车等重物或工具。

5.4 墙板结构吊装

5.4.1 装配式大板结构吊装应符合下列规定：

1 吊装大板时，宜从中间开始向两端进行，并应按先横墙后纵墙，先内墙后外墙，最后隔断墙的顺序逐间封闭吊装。

2 吊装时应保证坐浆密实均匀。

3 当采用横吊梁或吊索时，起吊应垂直平稳，吊索与水平线的夹角不宜小于 60°。

4 大板宜随吊随校正。就位后偏差过大时，应将大板重新吊起就位。

5 外墙板应在焊接固定后方可脱钩，内墙和隔墙板可在临时固定可靠后脱钩。

6 校正完后，应立即焊接预埋筋，待同一层墙板吊装和校

正完后，应随即浇筑墙板之间立缝作最后固定。

7 圈梁混凝土强度应达到75%及以上，方可吊装楼层板。

5.4.2 框架挂板吊装应符合下列规定：

1 挂板的运输和吊装不得用钢丝绳兜吊，并严禁用钢丝捆扎。

2 挂板吊装就位后，应与主体结构临时或永久固定后方可脱钩。

5.4.3 工业建筑墙板吊装应符合下列规定：

1 各种规格墙板均应具有出厂合格证。

2 吊装时应预埋吊环，立吊时应有预留孔。无吊环和预留孔时，吊索捆绑点距板端不应大于1/5板长。吊索与水平面夹角不应小于60°。

3 就位和校正后应做可靠的临时固定或永久固定后方可脱钩。

6 钢结构吊装

6.1 一般规定

6.1.1 钢构件应按规定的吊装顺序配套供应，装卸时，装卸机械不得靠近基坑行走。

6.1.2 钢构件的堆放场地应平整，构件应放平、放稳，避免变形。

6.1.3 柱底灌浆应在柱校正完或底层第一节钢框架校正完，并紧固地脚螺栓后进行。

6.1.4 作业前应检查操作平台、脚手架和防风设施。

6.1.5 柱、梁安装完毕后，在未设置浇筑楼板用的压型钢板时，应在钢梁上铺设适量吊装和接头连接作业时用的带扶手的走道板。压型钢板应随铺随焊。

6.1.6 吊装程序应符合施工组织设计的规定。缆风绳或溜绳的设置应明确，对不规则构件的吊装，其吊点位置，捆绑、安装、校正和固定方法应明确。

6.2 钢结构厂房吊装

6.2.1 钢柱吊装应符合下列规定：

1 钢柱起吊至柱脚离地脚螺栓或杯口 300mm～400mm 后，应对准螺栓或杯口缓慢就位，经初校后，立即进行临时固定，然后方可脱钩。

2 柱校正后，应立即紧固地脚螺栓，将承重垫板点焊固定，并随即对柱脚进行永久固定。

6.2.2 吊车梁吊装应符合下列规定：

1 吊车梁吊装应在钢柱固定后、混凝土强度达到 75%以上和柱间支撑安装完后进行。吊车梁的校正应在屋盖吊装完成并固

定后方可进行。

2 吊车梁支承面下的空隙应采用楔形铁片塞紧，应确保支承紧贴面不小于70%。

6.2.3 钢屋架吊装应符合下列规定：

1 应根据确定的绑扎点对钢屋架的吊装进行验算，不满足时应进行临时加固。

2 屋架吊装就位后，应在校正和可靠的临时固定后方可摘钩，并按设计要求进行永久固定。

6.2.4 天窗架宜采用预先与屋架拼装的方法进行一次吊装。

6.3 高层钢结构吊装

6.3.1 钢柱吊装应符合下列规定：

1 安装前，应在钢柱上将登高扶梯和操作挂篮或平台等固定好。

2 起吊时，柱根部不得着地拖拉。

3 吊装时，柱应垂直，严禁碰撞已安装好的构件。

4 就位时，应待临时固定可靠后方可脱钩。

6.3.2 钢梁吊装应符合下列规定：

1 吊装前应按规定装好扶手柱和扶手安全绳。

2 吊装应采用两点吊，水平桁架的吊点位置，应保证起吊后桁架水平，并应加设安全绳。

3 梁校正完毕，应及时进行临时固定。

6.3.3 剪力墙板吊装应符合下列规定：

1 当先吊装框架后吊装墙板时，临时搁置应采取可靠的支撑措施。

2 墙板与上部框架梁组合后吊装时，就位后应立即进行侧面和底部的连接。

6.3.4 框架的整体校正，应在主要流水区段吊装完成后进行。

6.4 轻型钢结构和门式刚架吊装

6.4.1 轻型钢结构的吊装应符合下列规定：

1 轻型钢结构的组装应在坚实平整的拼装台上进行。组装接头的连接板应平整。

2 屋盖系统吊装应按屋架→屋架垂直支撑→檩条、檩条拉杆→屋架间水平支撑→轻型屋面板的顺序进行。

3 吊装时，檩条的拉杆应预先张紧，屋架上弦水平支撑应在屋架与檩条安装完毕后拉紧。

4 屋盖系统构件安装完后，应对全部焊缝接头进行检查，对点焊和漏焊的进行补焊或修正后，方可安装轻型屋面板。

6.4.2 门式刚架吊装应符合下列规定：

1 轻型门式刚架可采用一点绑扎，但吊点应通过构件重心，中型和重型门式刚架应采用两点或三点绑扎。

2 门式刚架就位后的临时固定，除在基础杯口打入 8 个楔子楔紧外，悬臂端应采用工具式支撑架在两面支撑牢固。在支撑架顶与悬臂端底部之间，应采用千斤顶或对角楔垫实，并在门式刚架间作可靠的临时固定后方可脱钩。

3 支撑架应经过设计计算，且应便于移动并有足够的操作平台。

4 第一榀门式刚架应采用缆风或支撑作临时固定，以后各榀可用缆风、支撑或屋架校正器作临时固定。

5 已校正好的门式刚架应及时装好柱间永久支撑。当柱间支撑设计少于两道时，应另增设两道以上的临时柱间支撑，并应沿纵向均匀分布。

6 基础杯口二次灌浆的混凝土强度应达到 75%及以上方可吊装屋面板。

7 网架吊装

7.1 一般规定

7.1.1 吊装作业应按施工组织设计的规定执行。

7.1.2 施工现场的钢管焊接工，应经过焊接球节点与钢管连接的全位置焊接工艺评定和焊工考试合格后，方可上岗。

7.1.3 吊装方法应根据网架受力和构造特点，在保证质量、安全、进度的要求下，结合当地施工技术条件综合确定。

7.1.4 吊装的吊点位置和数量的选择，应符合下列规定：

1 应与网架结构使用时的受力状况一致或经过验算杆件满足受力要求；

2 吊点处的最大反力应小于起重设备的负荷能力；

3 各起重设备的负荷宜接近。

7.1.5 吊装方法选定后，应分别对网架施工阶段吊点的反力、杆件内力和挠度，支承柱的稳定性和风荷载作用下网架的水平推力等项进行验算，必要时应采取加固措施。

7.1.6 验算荷载应包括吊装阶段结构自重和各种施工荷载。吊装阶段的动力系数应为：提升或顶升时，取 1.1；拔杆吊装时，取 1.2；履带式或汽车式起重机吊装时，取 1.3。

7.1.7 在施工前应进行试拼及试吊，确认无问题后方可正式吊装。

7.1.8 当网架采用在施工现场拼装时，小拼应先在专门的拼装架上进行。高空总拼应采用预拼装或其他保证精度措施，总拼的各个支承点应防止出现不均匀下沉。

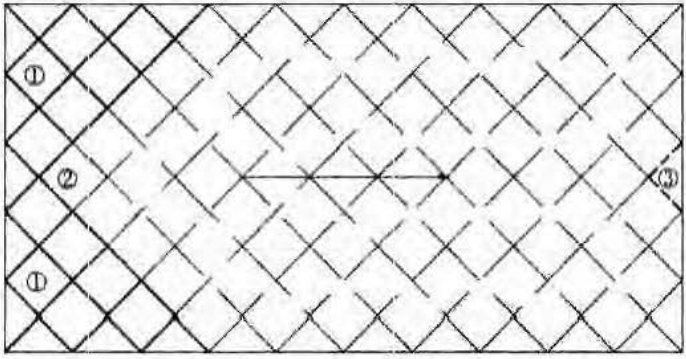
7.2 高空散装法安装

7.2.1 当采用悬挑法施工时，应在拼成可承受自重的结构体系

后，方可逐步扩展。

7.2.2 当搭设拼装支架时，支架上支撑点的位置应设在网架下弦的节点处。支架应验算其承载力和稳定性，必要时应试压，并应采取措施防止支柱下沉。

7.2.3 拼装应从建筑物一端以两个三角形同时进行，两个三角形相交后，按人字形逐榀向前推进，最后在另一端正中闭合（图7.2.3）。



①～③ 安装顺序

图7.2.3 网架的安装顺序

7.2.4 第一榀网架块体就位后，应在下弦中竖杆下方用方木上放千斤顶支顶，同时在上弦和相邻柱间应绑两根杉杆作临时固定。其他各块就位后应采用螺栓与已固定的网架块体固定，同时下弦应采用方木上放千斤顶顶住。

7.2.5 每榀网架块体应用经纬仪校正其轴线偏差；标高偏差应采用下弦节点处的千斤顶校正。

7.2.6 网架块体安装过程中，连接块体的高强度螺栓应随安装随紧固。

7.2.7 网架块体全部安装完毕并经全面质量检查合格后，方可拆除千斤顶和支杆。千斤顶应有组织地逐次下落，每次下落时，网架中央、中部和四周千斤顶的下降比例宜为2：1.5：1。

7.3 分条、分块安装

7.3.1 当网架分条或分块在高空连成整体时，其组成单元应具有足够刚度，并应能保证自身的几何不变性，否则应采取临时加固措施。

7.3.2 在条与条或块与块的合拢处，可采用临时螺栓等固定措施。

7.3.3 当设置独立的支撑点或拼装支架时，应符合本规范第7.2.2条的要求。

7.3.4 合拢时，应先采用千斤顶将网架单元顶到设计标高，方可连接。

7.3.5 网架单元应减少中间运输，运输时应采取措施防止变形。

7.4 高空滑移法安装

7.4.1 应利用已建结构作为高空拼装平台。当无建筑物可供利用时，应在滑移端设置宽度大于两个节间的拼装平台。滑移时应在两端滑轨外侧搭设走道。

7.4.2 当网架的平移跨度大于50m时，宜在跨中增设一条平移轨道。

7.4.3 网架平移用的轨道接头处应焊牢，轨道标高允许偏差应为10mm。网架上的导轮与导轨之间应预留10mm间隙。

7.4.4 网架两侧应采用相同的滑轮及滑轮组；两侧的卷扬机应选用同型号、同规格产品，并应采用同类型、同规格的钢丝绳，并在卷筒上预留同样的钢丝绳圈数。

7.4.5 网架滑移时，两侧应同步前进。当同步差达30mm时，应停机调整。

7.4.6 网架全部就位后，应采用千斤顶将网架支座抬起，抽去轨道后落下，并将网架支座与梁面预埋钢板焊接牢靠。

7.4.7 网架的滑移和拼装应进行下列验算：

1 当跨度中间无支点时的杆件内力和跨中挠度值；

2 当跨度中间有支点时的杆件内力、支点反力及挠度值。

7.5 整体吊装法

7.5.1 网架整体吊装可根据施工条件和要求，采用单根或多根拔杆起吊，也可采用一台或多台起重机起吊就位。

7.5.2 网架整体吊装时，应保证各吊点起升及下降的同步性。相邻两拔杆间或相邻两吊点组的合力点间的相对高差，不得大于其距离的1/400和100mm，亦可通过验算确定。

7.5.3 当采用多根拔杆或多台起重机吊装网架时，应将每根拔杆每台起重机额定负荷乘以0.75的折减系数。当采用四台起重机将吊点连通成两组或用三根拔杆吊装时，折减系数应取0.85。

7.5.4 网架拼装和就位时的任何部位离支承柱及柱上的牛腿等突出部位或拔杆的净距不得小于100mm。

7.5.5 由于网架错位需要，对个别杆件可暂不组装，但应取得设计单位的同意。

7.5.6 拔杆、缆风绳、索具、地锚、基础的选择及起重滑轮组的穿法等应进行验算，必要时应进行试验检验。

7.5.7 当采用多根拔杆吊装时，拔杆安装应垂直，缆风绳的初始拉力应为吊装时的60%，在拔杆起重平面内可采用单向铰接头。当采用单根拔杆吊装时，底座应采用球形万向接头。

7.5.8 拔杆在最不利荷载组合下，其支承基础对地基土的压力不得超过其允许承载力。

7.5.9 起吊时应根据现场实际情况设总指挥1人，分指挥数人，作业人员应听从指挥，操作步调应一致。应在网架上搭设脚手架通道锁扣摘扣。

7.5.10 网架吊装完毕，应经检查无误后方可摘钩，同时应立即进行焊接固定。

7.6 整体提升、顶升法安装

7.6.1 网架的整体提升法应符合下列规定：

1 应根据网架支座中心校正提升机安装位置。

2 网架支座设计标高相同时，各台提升装置吊挂横梁的顶面标高应一致；设计标高不同时，各台提升装置吊挂横梁的顶面标高差和各相应网架支座设计标高差应一致；其各点允许偏差应为5mm。

3 各台提升装置同顺序号吊杆的长度应一致，其允许偏差应为5mm。

4 提升设备应按其额定负荷能力乘以折减系数使用。穿心式液压千斤顶的折减系数取0.5；电动螺杆升板机的折减系数取0.7；其他设备应通过试验确定。

5 网架提升应同步。

6 整体提升法的下部支承柱应进行稳定性验算。

7.6.2 网架的整体顶升法应符合下列规定：

1 顶升用的支承柱或临时支架上的缀板间距应为千斤顶行程的整数倍，其标高允许偏差应为5mm，不满足时应采用钢板垫平。

2 千斤顶应按其额定负荷能力乘以折减系数使用。丝杆千斤顶的折减系数取0.6，液压千斤顶的折减系数取0.7。

3 顶升时各顶升点的允许升差为相邻两个顶升用的支承结构间距的1/1000，且不得大于30mm；若一个顶升用的支承结构上有两个或两个以上的千斤顶时，则取千斤顶间距的1/200，且不得大于10mm。

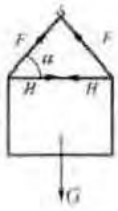
4 千斤顶或千斤顶的合力中心应与柱轴线对准。千斤顶本身应垂直。

5 顶升前和过程中，网架支座中心对柱基轴线的水平允许偏移为柱截面短边尺寸的1/50及柱高的1/500。

6 顶升用的支承柱或支承结构应进行稳定性验算。

附录 A　吊索拉力选用规定

表 A.1　吊索拉力简易计算值表

简　图	夹角 α	吊索拉力 F	水平压力 H
	30°	1.00G	0.87G
	35°	0.87G	0.71G
	40°	0.78G	0.60G
	45°	0.71G	0.50G
	50°	0.65G	0.42G
	55°	0.61G	0.35G
	60°	0.58G	0.29G
	65°	0.56G	0.24G
	70°	0.53G	0.18G
	75°	0.52G	0.13G
	80°	0.51G	0.09G

注：G——构件重力。

表 A.2　吊索选择对应值表

钢丝绳根数	1	2	4	2			4			6		
												
吊物重量(kN)	吊索钢丝绳与重物的水平夹角			60°	45°	30°	60°	45°	30°	60°	45°	30°
	90°			吊索的钢丝绳直径(mm)								
10	15.5	11	11	13	13	15.5	11	11	11	11	11	11
20	22	15.5	11	17.5	19.5	22	13	13	15.5	11	11	11
30	26	19.5	13	19.5	22	26	15.5	15.5	19.5	11	11	13
40	30.5	22	15.5	24	26	30.5	17.5	19.5	22	13	13	15.5
50	35	24	17.5	26	28.5	35	19.5	19.5	24	13	15.5	17.5
60	37	26	19.5	28.5	30.5	37	19.5	22	26	15.5	15.5	19.5
70	43.5	28.5	19.5	30.5	33	43.5	22	24	28.5	15.5	17.5	19.5
80	43.5	30.5	22	32.5	37	43.5	24	26	30.5	17.5	17.5	22
90	47.5	32.5	24	35	39	47.5	24	28.5	32.5	17.5	19.5	24
100	47.5	35	24	37	43.5	47.5	26	28.5	35	19.5	22	24
150	60.5	43.5	30.5	39	52	60.5	32.5	35	43.5	24	26	30.5
200	—	47.5	35	47.5	56.5		37	43.5	47.5	26	28.5	35

附录 B　横吊梁的计算

B.0.1　滑轮横吊梁（图 B.0.1）的轮轴直径、吊环直径和截面的大小应依起重量大小，按卡环的计算原则进行计算。

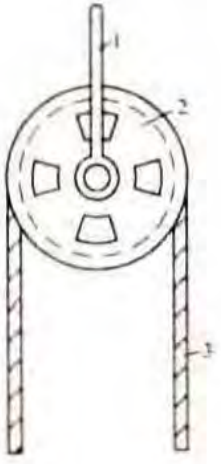


图 B.0.1　滑轮横吊梁
1—吊环；2—滑轮；3—吊索

B.0.2　钢板横吊梁（图 B.0.2）的计算应符合下列规定：

1　根据经验初步确定截面尺寸。

2　挂钩孔上边缘强度验算，计算荷载取构件自重设计值乘以 1.5 的动力系数，应按下式计算：

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leqslant [f] \qquad (B.0.2\text{-}1)$$

式中：σ ——A(′ 截面受拉边缘的正应力（N/mm^2）；

τ ——A(′ 截面的剪应力（N/mm^2）；

$[f]$ ——钢材抗拉强度设计值，Q235 钢取 $140N/mm^2$。

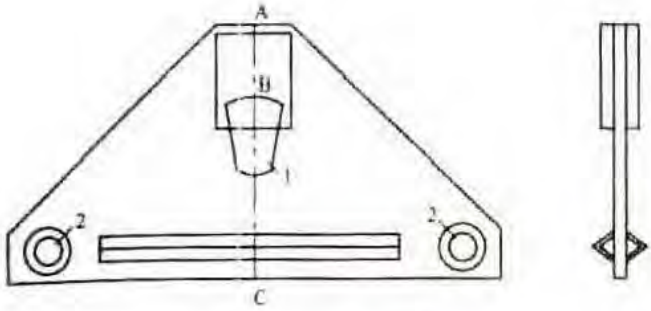


图 B.0.2 钢板横吊梁

1—挂钩孔；2—挂卡环孔

3 对挂钩孔壁、卡环孔壁局部承压验算应按下式计算：

$$\sigma_{ce} = \frac{KG}{b\Sigma\delta} \leqslant [f] \qquad (B.0.2\text{-}2)$$

式中：σ_{ce}——孔壁计算承压应力（N/mm^2）；

K——动力系数，取 1.5；

G——构件的自重设计值（kN）；

b——吊钩的计算厚度（mm）；

$\Sigma\delta$——孔壁钢板宽度的总和（mm）；

$[f]$——钢材抗拉强度设计值，Q235 钢取 $194N/mm^2$。

B.0.3 钢管横吊梁的计算（图 B.0.3）应符合下列规定：

1 计算钢管自重产生的轴力和弯矩，荷载应取构件自重设

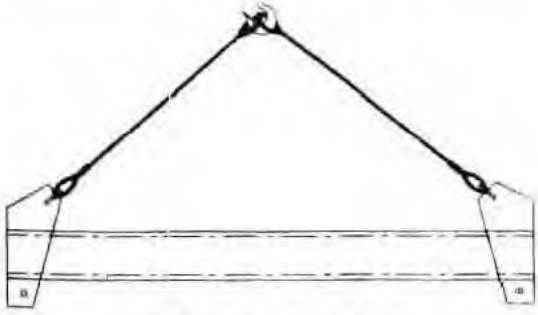


图 B.0.3 钢管横吊梁

计值乘以 1.5 的动力系数。

2 应按 $[\lambda]=120$ 初选钢管截面。

3 应按压弯构件进行稳定验算，Q235 钢取抗拉强度设计值 $[f]=140\text{N/mm}^2$。

附录C　滑轮的容许荷载和滑轮组省力系数

C.0.1　滑轮的容许荷载应符合表C.0.1的规定。

表C.0.1　滑轮容许荷载

滑轮直径 (mm)	容许荷载(kN)								钢丝绳直径 (mm)	
	单门	双门	三门	四门	五门	六门	七门	八门	适用	最大
70	5	10	—			—	—		5.7	7.7
85	10	20	30			—			7.7	11
115	20	30	50	80	—			—	11	14
135	30	50	80	100	—			—	12.5	15.5
165	50	80	100	160	200		—	—	13.5	18.5
185	—	100	160	200		320	—	—	17	20
210	80	—	200		320	—	—		20	23.5
245	100	160	—	320	—	500		—	23.5	25
280	—	200		—	500		800	—	26.5	28
320	160	—	—	500		800	—	1000	30.5	32.5
360	200	—	—		800	1000	—	1400	32.5	35

C.0.2　省力系数应符合表C.0.2的规定。

表C.0.2　省力系数（α）

工作绳索数	滑轮个数（定动滑轮之和）	导向滑轮数						
		0	1	2	3	4	5	6
1	0	1.000	1.040	1.082	1.125	1.170	1.217	1.265
2	1	0.507	0.527	0.549	0.571	0.594	0.617	0.642
3	2	0.346	0.360	0.375	0.390	0.405	0.421	0.438

续表C.0.2

工作绳索数	滑轮个数（定.动滑轮之和）	导向滑轮数						
		0	1	2	3	4	5	6
4	3	0.265	0.276	0.287	0.298	0.310	0.323	0.335
5	4	0.215	0.225	0.234	0.243	0.253	0.263	0.274
6	5	0.187	0.191	0.199	0.207	0.215	0.224	0.330
7	6	0.160	0.165	0.173	0.180	0.187	0.195	0.203
8	7	0.143	0.149	0.155	0.161	0.167	0.174	0.181
9	8	0.129	0.134	0.140	0.145	0.151	0.157	0.163
10	9	0.119	0.124	0.129	0.134	0.139	0.145	0.151
11	10	0.110	0.114	0.119	0.124	0.129	0.134	0.139
12	11	0.102	0.106	0.111	0.115	0.119	0.124	0.129
13	12	0.096	0.099	0.104	0.108	0.112	0.117	0.121
14	13	0.091	0.094	0.098	0.102	0.106	0.111	0.115
15	14	0.087	0.090	0.083	0.091	0.100	0.102	0.108
16	15	0.084	0.086	0.090	0.093	0.095	0.100	0.104

附录D　地锚的构造参数及受力计算

D.1　立式地锚的构造参数

D.1.1　枕木单柱立式地锚的构造应符合下列规定：

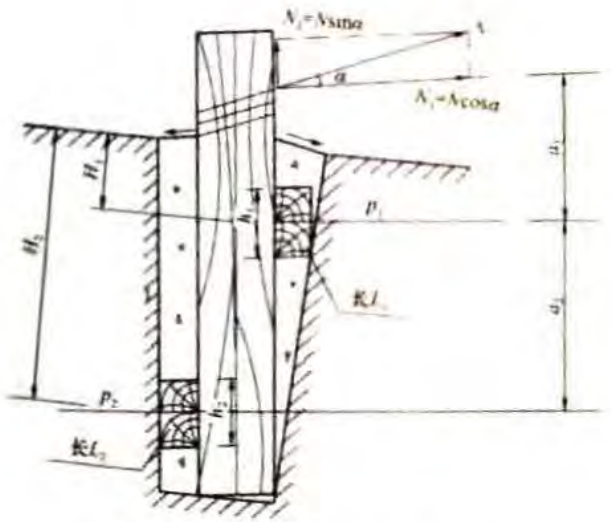
1　枕木单柱立式地锚（图D.1.1）的构造参数应符合表D.1.1的规定；

2　枕木应采用标准枕木，其尺寸为160mm×220mm×2500mm；

3　上下挡木应以截面长边贴靠地龙柱；

4　地龙柱截面长边应与作用荷载方向一致；

5　作用荷载宜与地龙柱垂直。



图D.1.1　枕木单柱立式地锚构造图

表 D.1.1 枕木单柱立式地锚的构造参数

作用荷载 N（kN）	30	50	100
地龙柱根数	2	2	6
上挡木根数	2	3	5
下挡木根数	1	1	2
挡木长 l_c（mm）	1200	1400	1600
荷载作用点至上挡木中心点距离 a_1（mm）	500	500	600
上下挡木中心点距离 a_2（mm）	1200	1200	1200
土的承压力（N/mm²）	0.2	0.2	0.23

D.1.2 圆木单柱立式地锚的构造应符合下列规定：

1 圆木单柱立式地锚（图 D.1.2）的构造参数应符合表 D.1.2 的规定；

2 上下挡木应等长；

3 挡木直径应与地龙柱直径相同。

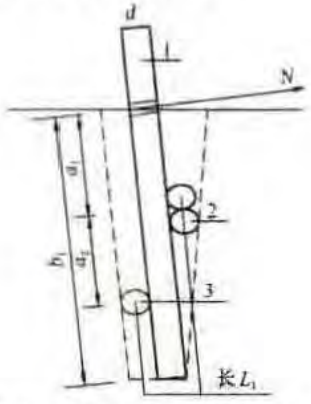


图 D.1.2 圆木单柱立式地锚构造图

1—地龙柱；2—上挡木；3—下挡木

表 D.1.2 圆木单柱立式地锚的构造参数

作用荷载 N（kN）	10	15	20
荷载作用点至上挡木中心点距离 a_1（mm）	500	500	500
上下挡木中心点距离 a_2（mm）	900	900	900
荷载作用点至地龙柱底部的距离 b_1（mm）	1650	1650	1650
挡木长 L_2（mm）	1000	1000	1200
地龙柱直径 d（mm）	180	200	220
土的承压力（N/mm^2）	0.25	0.25	0.25

D.1.3 圆木双柱立式地锚的构造应符合下列规定：

1 圆木双柱立式地锚（图 D.1.3）的构造参数应符合表 D.1.3 的规定；

2 挡木直径应与地龙柱直径相同。

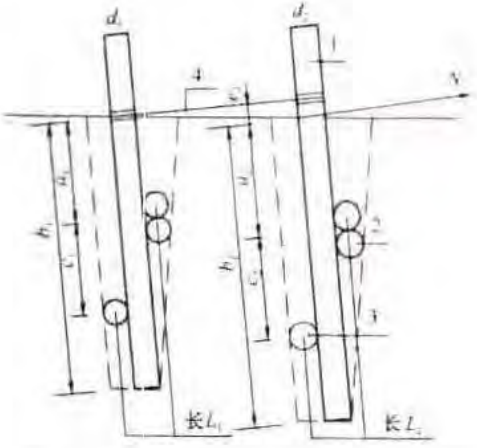


图 D.1.3 圆木双柱立式地锚构造图

1—地龙柱；2—上挡木；3—下挡木；4—绳索

表 D.1.3　圆木双柱立式地锚的构造参数

作用荷载 N (kN)	土层承压力 (N/mm²)	a_1	b_1	c_1	挡木长 L_1	地龙柱直径 d_1	a_2	b_2	c_2	e_2	挡木长 L_2	地龙柱直径 d_2
		(mm)										
30	0.25	500	1600	900	1000	180	500	1500	900	900	1000	220
40	0.25	500	1600	900	1000	200	500	1500	900	900	1000	250
50	0.25	500	1600	900	1200	220	500	1500	900	900	1000	260

D.1.4　圆木三柱立式地锚的构造应符合下列规定：

1　圆木三柱立式地锚（图 D.1.4）的构造参数应符合表 D.1.4 的规定；

2　挡木直径应与地龙柱直径相同。

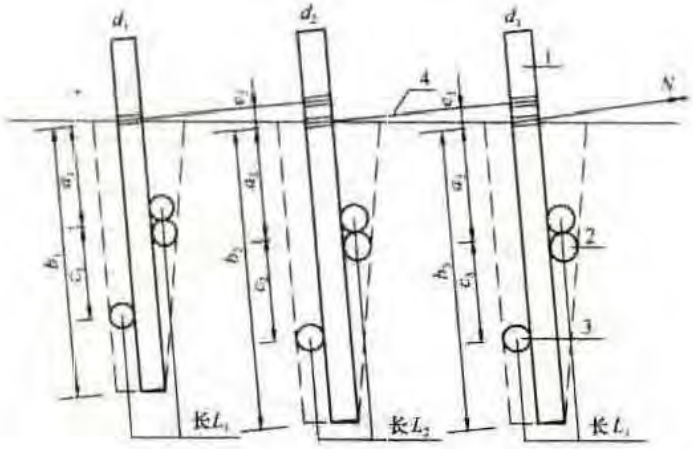


图 D.1.4　圆木三柱立式地锚构造图

1—地龙柱；2—上挡木；3—下挡木；4—绳索

表 D.1.4　圆木三柱立式地锚的构造参数

作用荷载 N (kN)	土层垂压力 (N/mm²)	a_1	h_1	c_1	挡木长 L_1	地龙柱直径 d_1	a_2	h_2	c_2	c_3	挡木长 L_2	地龙柱直径 d_2	a_3	h_3	c_4	c_5	挡木长 L_3	地龙柱直径 d_3
		(mm)																
60	0.25	500	1600	900	1000	180	500	1500	900	900	1000	220	500	1500	900	900	1200	250
80	0.25	500	1600	900	1000	180	500	1500	900	900	1000	220	500	1500	900	900	1400	300
100	0.25	500	1600	900	1000	200	500	1500	900	900	1000	250	500	1500	900	900	1600	330

D.2　立式地锚的计算

D.2.1　地锚的抗拔应按下列公式计算：

$$KN_2 \leqslant \mu(P_1 + P_2) \tag{D.2.1-1}$$

$$P_1 = \frac{N_1(a_1 + a_2)}{a_2} \tag{D.2.1-2}$$

$$P_2 = \frac{N_1 a_1}{a_2} \tag{D.2.1-3}$$

式中：P_1 ——上挡木处的水平反力（kN）；

P_2 ——下挡木处的水平反力（kN）；

μ ——地龙柱与挡木间的摩擦系数，取 0.4；

K ——地锚抗拔安全系数，取 $K \geqslant 2$；

N_2 ——地锚荷载 N 沿地锚轴向的分力（kN）；

N_1 ——地锚荷载 N 垂直地锚轴向的分力（kN）；

a_1 ——N_1 至 P_1 的轴向距离（mm）；

a_2 ——P_1 至 P_2 的轴向距离（mm）。

D.2.2　N_1 对土体产生的压力应按下式计算：

$$\frac{P_1}{h_1 L_1} \leqslant \eta f_{t0} \tag{D.2.2-1}$$

$$\frac{P_2}{h_2 L_2} \leqslant \eta f_{t0} \tag{D.2.2-2}$$

$$f_H = \left[\tan^2\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right) + \tan^2\left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right)\right]\gamma H \quad \text{(D. 2. 2-3)}$$

式中：f_{H1}、f_{H2} ——深度 H_1、H_2 处土的承载力设计值；

γ ——土的重力密度（kN/m³）；

ψ ——土的内摩擦角，可采用 45°计算；

η ——土的承载力降低系数，取 0.25～0.7；

h_1、h_2 ——为上、下挡木宽度（mm）；

L_1、L_2 ——为上、下挡木长度（mm）。

D. 2. 3 地锚强度应按下式计算：

$$\frac{N_i}{A_i} \pm \frac{N_i a_i}{W_i} \leqslant f_i \quad \text{(D. 2. 3)}$$

式中：A_i ——地龙柱在 P_i 作用点处的横截面面积（mm²）；

W_i ——地龙柱在 P_i 作用点处的截面抵抗矩（mm³）；

f_i ——木材抗拉、抗弯强度设计值（N/mm²）。

D. 3 桩式地锚的构造参数

D. 3. 1 单柱桩式地锚的构造参数应符合下列规定：

1 单柱桩式地锚（图 D. 3. 1）的构造参数应符合表 D. 3. 1 的规定：

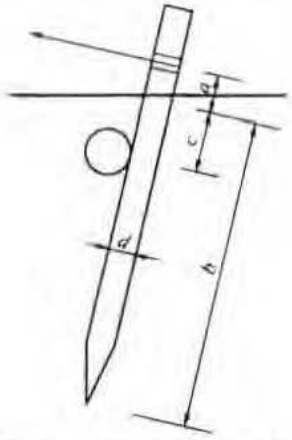


图 D. 3. 1 单柱桩式地锚构造图

表 D.3.1 单柱桩式地锚的构造参数

作用荷载（kN）	10	15	20	30
荷载作用点至地面受力点的轴向距离 a（mm）	300	300	300	300
地面受力点至桩尖的距离 b（mm）	1500	1200	1200	1200
地面受力点至挡木中心点的距离 c（mm）	400	400	400	400
桩直径 d（mm）	180	200	220	260
土层承压力（N/mm^2）	0.15	0.2	0.23	0.31

D.3.2 双柱桩式地锚的构造应符合下列规定：

1 双柱桩式地锚（图 D.3.2）的构造参数应符合表 D.3.2 的规定；

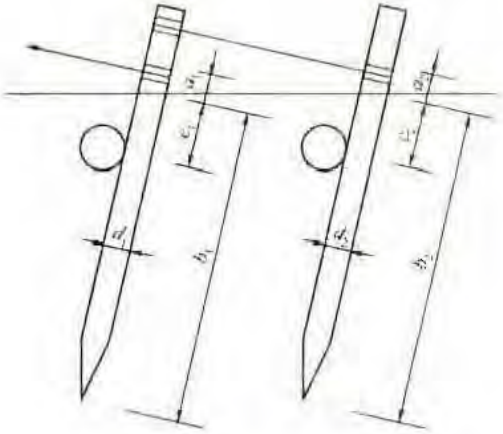


图 D.3.2 双柱桩式地锚构造图

2 挡木直径与桩直径相同，挡木长不应小于 1m。

表 D.3.2 双柱桩式地锚的构造参数

作用荷载（kN）	土层承压力（N/mm^2）	a_1	b_1	c_1	桩径 d_1	a_2	b_2	c_2	桩径 d_2
		（mm）							
30	0.15	300	1200	900	220	300	1200	400	200
40	0.2	300	1200	900	250	300	1200	400	220
50	0.28	300	1200	900	260	300	1200	400	240

D.3.3 三柱桩式地锚的构造应符合下列规定：

1 三柱桩式地锚（图 D.3.3）的构造参数应符合表 D.3.3 的规定；

2 挡木直径与桩直径相同，挡木长不应小于 1m。

表 D.3.3 三柱桩式地锚的构造参数

作用荷载 (kN)	土层承压力 (N/mm^2)	a_1	b_1	c_1	桩径 d_1	a_2	b_2	c_2	桩径 d_2	a_3	b_3	c_3	桩径 d_3
		(mm)											
60	0.15	300	1200	900	280	300	1200	900	220	300	1200	400	200
80	0.2	300	1200	900	300	300	1200	900	250	300	1200	400	220
100	0.28	300	1200	900	330	300	1200	900	260	300	1200	400	240

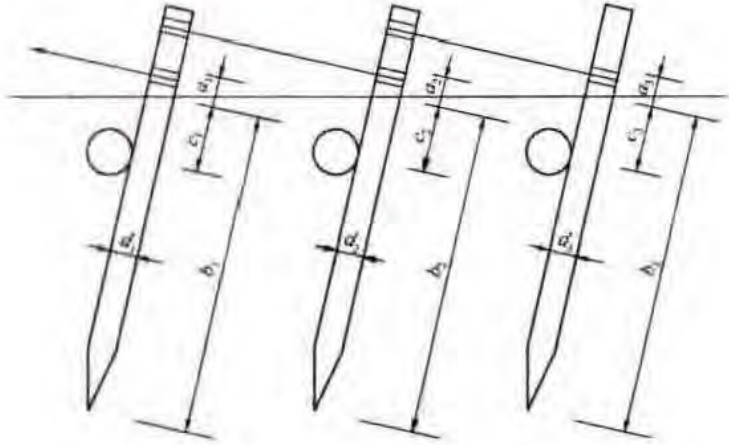


图 D.3.3 三柱桩式地锚构造图

D.3.4 桩式地锚的计算可参照立式地锚的计算。

D.4 卧式地锚的构造参数及计算

D.4.1 卧式地锚的构造参数应符合表 D.4.1 的规定。

表 D.4.1 卧式地锚的构造参数

作用荷载(kN)	25	50	75	100	150	200	300	400
α角	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°
横置木(直径 240mm)根数×长度(mm)	1×2500	3×2500	3×3200	3×3200	3×3500	3×3500	4×4000	4×4000
埋设深度 H(m)	1.70	1.70	1.80	2.20	2.50	2.75	2.75	3.50
横置木上的系绳点	一点	一点	一点	一点	两点	两点	两点	两点
挡木板(直径 200mm)根数×长度(mm)	—	—	—	—	4×2700	4×2700	5×4000	5×4000
挡板立柱根数×长度(mm)×直径(mm)	—	—	—	—	2×1200×φ200	2×1200×φ200	3×1500×φ220	3×1500×φ220
压板(密排直径 100mm 圆木)长(mm)×宽(mm)	—	—	800×3200	800×3200	1400×2700	1400×3500	1500×4000	1500×4000

注：本表计算依据：夯填土重力密度为 16kN/m³，土的内摩擦角为 45°，木材的强度设计值为 11N/mm²。

D.4.2 卧式地锚的计算应符合下列规定：

1 竖向分力作用下抗拔（图 D.4.2-1）应按下列公式计算：

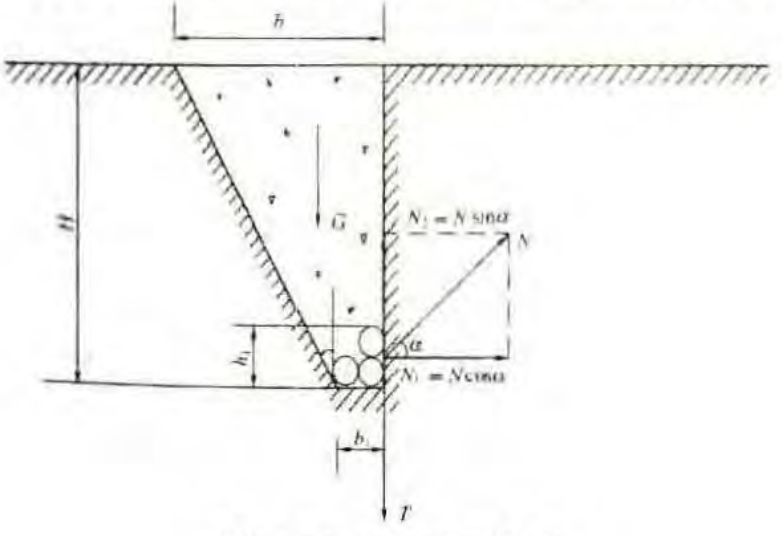


图 D.4.2-1 卧式地锚计算简图

$$KN_2 \leqslant G+T \tag{D.4.2-1}$$

$$G=\frac{b+b_1}{2}hL\gamma\times 0.9 \tag{D.4.2-2}$$

$$T=\mu N_1 \tag{D.4.2-3}$$

式中：K ——安全系数，一般取 $K\geqslant 3$；

N_2 ——地锚荷载 N 的垂直分力（kN）；

G ——土体重力标准值（kN）；

L ——横置木料长度（mm）；

γ ——回填土石的重力密度（kN/m³）；

b ——地坑上底尺寸（mm）；

b_1 ——地坑下底尺寸（mm）；

h ——横木埋置深度（mm）；

T ——摩擦阻力（kN）；

μ ——摩擦系数，无木壁取 0.5，有木壁取 0.4；

N_1 ——地锚荷载 N 的水平分力（kN）。

2 水平分力作用下的土体承载力（图 D.4.2-1）应符合下列规定：

1）在无木壁时的土体承载力应按下式计算：

$$\frac{N_1}{h_1L}\leqslant \eta f_h \tag{D.4.2-4}$$

式中：f_h ——深度 h 处土的承载力设计值（N/mm²）；

η ——土的容许承载力降低系数，取 0.5～0.7；

h_1 ——横置木高度（mm）。

2）在有木壁时的土体承载力应按下式计算：

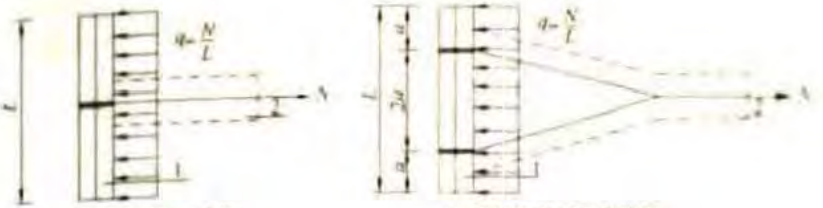
$$\frac{N_1}{(h_1+h')L}\leqslant \eta f_h \tag{D.4.2-5}$$

式中：h' ——横置木顶至木壁顶的距离（mm）。

3 横置木的强度计算应符合下列规定（图 D.4.2-2）：

1）当横木只系一根钢丝绳或拉杆时：

若为圆形截面，应按单向受弯构件计算：



(a)一根索的横置木计算　　(b)两根索的横置木计算

图 D.4.2-2　卧式地锚横置木强度计算

1　横置木；2—十槽

$$\frac{M}{W} \leqslant f_m \tag{D.4.2-6}$$

$$M = NL/8 \tag{D.4.2-7}$$

式中：f_m ——木材抗弯强度设计值（N/mm^2）；

M ——横木地锚荷载 N 引起的最大弯矩（$N \cdot m$）；

W ——中部圆形截面的抵抗矩（mm^3）。

若为矩形截面，应按双向受弯构件计算：

$$\frac{M_X}{W_X} + \frac{M_Y}{W_Y} \leqslant f_m \tag{D.4.2-8}$$

$$M_X = \frac{N_1 L}{8} \tag{D.4.2-9}$$

$$M_Y = \frac{N_2 L}{8} \tag{D.4.2-10}$$

式中：M_X、M_Y ——横木水平和垂直分力 N_1 与 N_2 的弯矩（$N \cdot m$）；

W_X、W_Y ——横木水平和垂直方向横截面抵抗矩（mm^3）。

2）当横木系两根钢丝绳或拉杆时：

若为圆形截面，应按偏心单向受压构件计算：

$$\frac{N_1}{A} + \frac{Mf_c}{Wf_m} \leqslant f_c \tag{D.4.2-11}$$

$$M = \frac{Na^2}{2L} \tag{D.4.2-12}$$

$$N_0 = \frac{N}{2}\tan\beta \qquad \text{(D.4.2-13)}$$

式中：N_0——横木的轴向压力（kN）；

f_c——木材抗压强度设计值（N/mm²）；

β——二绳索夹角的一半；

A——小头绑扎点处的圆截面的截面面积（mm²）；

M——横木地锚荷载 N 在绑扎点处引起的弯矩(N·m)；

W——小头绑扎点处的圆截面的截面抵抗矩（mm³）；

a——横木端部到绳索或拉杆绑扎处的距离（mm）。

若为矩形截面，应按偏心双向受压构件计算：

$$\frac{N_0}{A} \pm \frac{M_X f_c}{W_X f_m} \pm \frac{M_Y f_c}{W_Y f_m} \leqslant f_c \qquad \text{(D.4.2-14)}$$

$$M_X = \frac{N_1 a^2}{2L} \qquad \text{(D.4.2-15)}$$

$$M_Y = \frac{N_2 a^2}{2L} \qquad \text{(D.4.2-16)}$$

式中：A——矩形截面横截面面积（mm²）；

M_X、M_Y——横木地锚荷载 N 的水平和垂直分力 N_1 与 N_2 在绑扎点处所引起的弯矩（N·m）。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

1 《塔式起重机安全规程》GB 5144

2 《起重机 钢丝绳保养、维护、安装、检验和报废》GB/T 5972

3 《钢丝绳用普通套环》GB/T 5974.1

4 《钢丝绳用重型套环》GB/T 5974.2

5 《绳索 有关物理和机械性能的测定》GB/T 8834

6 《重要用途钢丝绳》GB 8918

7 《聚酯复丝绳索》GB/T 11787

8 《钢丝绳吊索 插编索扣》GB/T 16271

9 《一般用途钢丝绳吊索特性和技术条件》GB/T 16762

10 《一般用途钢丝绳》GB/T 20118

11 《纤维绳索 通用要求》GB/T 21328

12 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33

13 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46

14 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80

15 《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196

中华人民共和国行业标准

建筑施工起重吊装工程安全技术规范

JGJ 276－2012

条 文 说 明

制 订 说 明

《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276－2012，经住房和城乡建设部 2012 年 1 月 11 日以第 1242 号公告批准、发布。

本规范制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国房屋建筑领域的起重吊装工程实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目　次

1　总则…… 58
2　术语和符号…… 59
3　基本规定…… 60
4　起重机械和索具设备…… 65
4.1　起重机械 …… 65
4.2　缆索 …… 68
4.3　吊索 …… 70
4.4　起重吊装设备 …… 72
4.5　地锚 …… 76
5　混凝土结构吊装…… 78
5.1　一般规定 …… 78
5.2　单层工业厂房结构吊装 …… 82
5.3　多层框架结构吊装 …… 85
5.4　墙板结构吊装 …… 86
6　钢结构吊装…… 89
6.1　一般规定 …… 89
6.2　钢结构厂房吊装 …… 89
6.3　高层钢结构吊装 …… 91
6.4　轻型钢结构和门式刚架吊装…… 93
7　网架吊装…… 95
7.1　一般规定 …… 95
7.2　高空散装法安装 …… 96
7.3　分条、分块安装 …… 97
7.4　高空滑移法安装 …… 97
7.5　整体吊装法…… 98
7.6　整体提升、顶升法安装 …… 100

1 总　则

1.0.1 我国党和政府历来重视安全生产和劳动保护工作，明确指出要认真搞好安全生产并保障职工身体健康，以安全生产、劳动保护为指导方针。多年来的实践中，我国在安全生产、劳动保护方面的方针概括起来有以下三个方面：

1 安全与生产统一的方针。1949～1983年是“生产必须安全，安全为了生产”，不能把生产与安全割裂开来，要把安全生产理解为辩证统一的关系。

2 “预防为主”的方针。1984～2004年提出了“安全第一，预防为主”的方针，“预防为主”就是要在生产施工过程中，积极采取各种预防措施，把伤亡事故、职业病消灭在萌芽状态之中，做到防患于未然，并杜绝各种伤亡事故的发生。这就是开展安全生产工作的立足点。

3 2004年以后，根据国家经济的发展状况，在原方针的基础上又提出了“安全第一，预防为主，综合治理”，也就是在发展生产的基础上，有计划地改善职工劳动条件，逐步实现变有害为无害，为职工创造一个安全、卫生的劳动条件。

1.0.3 本规范所列的各类结构吊装，除应遵守本规范中的规定外，还应遵守相关规范的专门规定。

未列入本规范专门章节的结构构件吊装，亦可参照已列的各类构件的吊装规定执行。

2 术语和符号

本章内容在条文中已经明确，此处不再重述。

3 基本规定

3.0.1 通过调查，有一些工程在吊装作业进行前，并没有专项作业方案，仅凭经验进行施工，造成监督检查无据可依，也无法发现存在的安全隐患，甚至导致了安全事故的发生，给了我们血的教训。因此，在吊装作业前编制好吊装作业方案，使吊装作业从准备至吊装完毕的全过程都能做到有据可依、有章可循，不能仅凭经验施工；通过对方案的审查把关，能发现存在的安全隐患，及时予以纠正；在作业前要向全体作业人员进行全面交底，使每个人都知道自己的岗位、职责和应遵守的各项安全措施规定，未经技术负责人许可，不能自行更改，这样才能保证吊装作业的安全，所以，将本条列为强制性条文。

3.0.2 安全教育是提高职工安全生产知识的重要方法。当前建筑队伍中很多为新人，安全知识比较缺乏。因此，根据实际情况，除有针对性地组织职工学习一般的安全知识外，还应按特殊工种（起重工）统一进行专业的安全教育和技术训练（特殊工种专门教育），并统一组织考试。合格者发证，并准许上岗操作，杜绝无证上岗的违章操作现象发生。

3.0.3 要安全顺利地进行吊装，就需要有符合要求和规定的索具设备，不符合要求和规定的严禁使用。

3.0.4 安全带一般应高挂低用，即将安全带的绳端钩环挂在高的地方，而人在较低处工作。这样，万一发生坠落时，操作人员不仅不会摔到地面，而且还可避免由于重力加速度产生的冲击力对人体的伤害。

3.0.5 设置吊装禁区，禁止与吊装作业无关人员入内，是防止高处物体落下伤人。起重设备通行的道路上遇有坑穴和松软土时，应清理填实和作换土处理。对松软土也可加石重夯。总之，

必须保证处理后的路基平整坚实，道路坡度平缓，以避免翻车发生重大事故，并且道路还应经常维修。

3.0.6 登高用的梯子、吊篮必须牢固。使用时，上端必须用绳索与已固定的构件绑牢，而且攀登或工作时，应注意检查绳子是否解脱，或被电焊、气割等飞溅的火焰烧断。如发现有这些现象，应及时更换绳子绑牢。在吊篮和工作台上工作思想要集中，防止踏上探头板而从高空坠落。吊移操作平台时，在平台上站人、放物后随时有可能滑下，从高处坠落伤人。

3.0.7 吊索、卡环、绳扣强调计算的目的，一是防止事故，二是建立起科学的态度。同时在选用卡环时，一般宜选用自动或半自动的卡环作为脱钩装置。在起吊作业中，钢丝绳是对安全起决定性作用的一环。因此，必须坚持在每班作业前，按本条要求一丝不苟地进行严格检查，不符合要求者应及时更换。

3.0.8 溜绳可控制屋架、梁、柱等起升时的摆动，构件摆动的角度越大，起重机相应增加的负荷也越大，所以应尽量控制构件的摆动，以避免超负荷起吊。拉好溜绳，是控制构件摆动的有效措施，同时也便于构件的就位和找正。

3.0.10 钢筋混凝土结构构件安装工程所使用的电焊条、钢楔（或木楔、垫铁、垫木等材料），要求必须按设计规定的规格和材质采用，同时还应符合国家相应的有关技术标准的规定，其目的是为了禁止采用不符合要求的材料，以避免发生重大事故。

3.0.11 起吊是结构吊装作业中的关键工艺，起吊的方法又决定于起重机械的性能、结构物的特点，所以在吊装大、重构件和采用新的吊装工艺时，更应特别重视，必须先进行试吊，否则，后果会很严重。

3.0.12 遇本条规定的恶劣天气时，为保证安全，应停止吊装作业。另外，在雨期或冬期里，构件上常因潮湿或积有冰雪而容易使操作人员滑倒。因此，必须采取措施防滑。

3.0.13 严禁斜拉或斜吊是因为将捆绑重物的吊索挂上吊钩后，

吊钩滑车组不与地面垂直，就会造成超负荷及钢丝绳出槽，甚至造成拉断绳索和翻车事故；同时斜吊会使构件离开地面后发生快速摆动，可能会砸伤人或碰坏其他物体，被吊构件也可能会损坏。禁止起吊地下埋设件或粘结在地面上的构件，也是因为会产生超载或造成翻车事故。

3.0.14 施工用电大部分是380V以上的工业用电，有些高压电，其电压高达几千伏，甚至几万伏以上，如果在这种高压电附近工作，必须离开它一定的距离，即在线路下工作时要保持一定的垂直距离，在线路近旁工作时要保持一定的水平距离，以确保安全。

3.0.15 当柱子、屋架的重量较大，一台起重机吊不动时，则采用两台起重机抬吊，即双机抬吊法。选择同类型起重机是为了保证吊升速度快慢一致，同时起吊的速度应尽量平稳缓慢，为做到上述要求，必须对两机统一指挥，使两机互相配合，动作协调。若两吊点间高差过大，则此时两机的实际荷载与理想的载荷分配不同，尤其是采用递送法吊装时，如副机只起递送作用，此时应考虑主机满载。根据两台起重机的类型和吊装构件的特点，应选择好绑扎位置和方法，并对两台起重机进行合理的载荷分配。

3.0.16 起重机在行走、回转、俯仰吊臂、起落吊钩等动作前，司机鸣声示意是为了提醒大家注意，共同协同工作，防止发生其他意外事故，同时一次只进行一个动作，这一方面是为了防止发生事故，另一方面是为了在动作前使操作人员有思想准备。

3.0.17 绑扎完毕，对构件应缓慢起吊，当提升离地一段距离后，应暂停提升，经检查构件、绑扎点、吊钩、吊索、起重机稳定、制动装置的可靠性等，确认无误后再继续提升。对已吊升的构件，应一次吊装就位，不得长久在半空中停置，若因某种原因不能就位，则应重新落地固定。超载吊装不仅会加速机械零件的磨损，缩短机械使用年限，而且也容易造成起重机发生恶性事

故。因此，严禁超载吊装。对重量不明的重大构件和设备不能冒险吊装，防止出现意外事故。

3.0.18 在吊起的构件上站立和行走，由于不能拴安全带是很危险的。起重机不能吊运人员，一方面是因没有装人的设备，另一方面是因晃动和摆动太大，同时也无限位装置，容易发生意外。不准悬挂零星物件，是为了防止高处坠落伤人。限制人员的活动范围，是防止起重机失灵和旋转时人受到撞击等。忽快、忽慢和突然制动都会让起重机产生严重摆动和冲击荷载，很易使起重机失稳，所以动作要平稳。当回转未停稳前马上就作反向动作，容易损伤臂杆和机器部件。

3.0.19 随着工程项目的大型化、复杂化，很多吊装作业的工期都相对比较长，不是当天或当班就能完成，这样就会出现吊装作业的暂停。当因天气、停电、下班等原因，作业出现暂停时，吊装作业未全部完成，安装的建筑结构尚未形成空间稳定体系，如不采取临时固定措施保证空间体系的稳定，很容易发生坍塌等严重的安全事故，所以，将本条列为强制性条文。

3.0.20 高处操作人员使用的工具、垫铁、焊条、螺栓等应放入随身佩带的工具袋内，不可随便向下或向上抛掷。

3.0.21 当吊装过程中有焊接作业时，火花下落，特别是切割时铁水下落很容易伤人，周围有易燃物时也容易引起火灾。因此，在作业部位下面周围 10m 范围内不得有人，并要有严格的防火措施。

3.0.22 因用已安装好的结构构件作受力点来进行搬运和吊装，以及堆放建筑材料、施工设备时，均应经过严格地科学计算才能决定，不得超过设计允许荷载，确保结构构件不会被压坏。凿洞开孔会对结构的受力性能造成损害。

3.0.23 在很多建筑结构中，有些构件在安装就位后，自身并不能保证在空间的稳定，需要依靠临时固定措施来保证其稳定。即便是永久固定后，也只有在安装的构件或屋面系统能够保证自身稳定或整体稳定时，才能解除临时固定措施，否则容易造成构件

失稳倾覆或空间体系的坍塌，导致发生严重的安全事故，所以，将本条列为强制性条文。

3.0.24 指挥信号必须准确，以免发生事故。所以，信号不明不得启动，需要语言沟通时，可用对讲机等通信工具进行，确保互相之间的语言能听清楚。

4 起重机械和索具设备

4.1 起 重 机 械

4.1.1 内燃机的检查和启动应按要求进行，还应符合国家现行规范的有关规定。

4.1.2 在雨雪天作业，制动器受雨水或冰雪影响，容易失灵。因此，为防万一，作业前应先进行试吊，确认无问题后才能进行作业。

4.1.3 起重机的选择是起重吊装的重要问题，因为它关系到构件的吊装方法、起重机械的开行路线与停机位置、构件的平面布置等许多问题，应认真对待，满足要求。

4.1.4 自行式起重机的优点是灵活性大，移动方便，起重机本身是安装好的一个整体，一到现场，就可投入使用。但这类起重机的缺点是稳定性较差。

1 起重机工作、行驶或停放时，应与沟渠、基坑保持最低的安全距离，不得停放于斜坡上，是为防止发生翻车事故。

2 起重机的四个支腿是保证起重机稳定性的关键。

3 启动前将主离合器分离，并将各操纵杆放在空挡位置。启动后应检查各仪表指示值，待运转正常后合上主离合器进行空运转，并以低速运转 3min～5min，然后再逐渐增高转速。在低速运转时，机油压力、排气管排烟应正常，各系统管路应无泄漏现象，当温度和机油压力正常后，方可载荷作业。

4 起重机作业时的臂杆仰角，一般不超过 78°，臂杆的仰角过大，易造成起重机后倾或发生将构件拉斜的现象。

5 起重机吊重物时，不能猛起猛落吊杆或起重臂。因猛起吊杆或起重臂，容易造成所吊重物产重摆动，撞击吊杆，甚至使吊杆折断。若猛落吊杆，则在重力加速度的作用下，使冲击力加

大，对起重机的底座有很大的冲击，也很易发生事故。如果中途突然刹车，起重机在重力加速度的作用下失去稳定，会造成臂杆折断。因此吊重物下降时，应用动力下降才能保证起重机的安全作业。这时，若变换挡位或同时进行两种动作，很易使各个部位和零配件损坏，使操纵失灵而发生事故。

6 起重机的稳定性，随起吊方向的不同而不同，起重能力也随之不同。在稳定性较好的方向起吊的额定荷载，当转到稳定性较差的方向上就会出现超载，有倾翻的可能。有的起重机对各个不同起吊方向的起重量，作了特殊的规定。因此，要认真按照起重机说明书的规定执行。另外，在满负荷时，下落吊杆就会造成严重超载，易使吊杆折断。这里还要强调一点，旋转不要过快，因吊重物回转时将会产生离心力，荷载将有飞出的趋势，并使幅度增加，起重能力下降，稳定性降低，倾覆的危险增大。

7 吊重超越驾驶室上的，万一起重机失灵，容易砸坏机身的前半部，造成车毁人亡的恶性事故。

8 当臂杆由几节采用液压伸缩时，应按规定伸缩，按顺序进行。当限制器发出警报时，应立即停止伸臂。伸缩式臂杆伸出后，当前节臂杆大于后节伸出的长度时，臂杆受力就不合理。因此，应在消除这不正常的情况后，方可作业。作业中臂杆不应小于规定的仰角，亦是为保证臂杆和车身的安全。同时在伸臂伸出时，应相应下降吊钩并保持动、定滑轮间的安全距离，避免将起重钢丝绳崩断或损坏其他机件。

9 此款要求是避免产生刹车不灵，或制动带断裂刹车失灵而发生严重事故。

10 根据调查分析，起重机的事故绝大多数都是由于超载、违章作业及安装不当引起的，因设计及制作质量低劣引起的事故仅占很小的比例。为此，国家规定起重机械必须设有安全保护装置，否则，不得出厂和使用。同时安全保护装置要完整、齐备和灵活，不准随意调整和拆除，也不准用限位器代替各操纵机构。

11 本款规定之所以要求这样做，是为了保证起重机自身停

止作业时的稳定和安全，同时也是防止下班后伤及他人。

4.1.6 拔杆式起重机一般是在独脚拔杆的基础上改装的，可用圆木、钢管或用格构式桅杆制造。它是在独脚拔杆的下端装上一根可以起伏和旋转的吊杆，拔杆的顶部与吊杆的头部之间由滑轮组钢丝绳的绕出绳穿过拔杆脚的导向轮引向卷扬机，开动卷扬机可以使吊杆上下变幅，也可以使吊杆回转。

拔杆式起重机是由拔杆、吊杆、起重滑轮组、卷扬机、缆风绳和地锚等几部分组成。木拔杆式起重机的起重量和起重高度较小；钢拔杆式起重机的起重量较大。一般的格构式起重机都制作成许多节，以便运输和按高度组装，它的起重量可达 200 多吨。木拔杆可由两根或三根圆木组合起来，捆在一起来加大截面面积。也可在拔杆的中部绑上钢管或型钢加固，以提高拔杆的强度和稳定性，增加承载力。捆绑拔杆时，可用钢丝绳或 8 号钢丝绑扎，空隙处用木楔塞紧。以上各种材质的拔杆式起重机均应经过设计计算，并在工地制作安装好后，通过了试验鉴定才可使用。

拔杆底座的作用，是把拔杆所承受的全部荷载传给地基。大型拔杆的支座为便于移动，在底座下设置滚筒，并用方木铺垫滑行道。底座下的地基必须平整坚实，以防在吊装中沉陷。

4.1.7 拔杆式起重机在吊装时将滚筒取掉，或用木楔垫实，并用 8 字吊索将拔杆锁住。

拔杆式起重机的缆风绳，是根据起重量、起重高度等因素来决定的，一般不少于 6 根。应按工作状态算出每根缆风绳的拉力，对于全回转的吊杆，每根缆风绳都有可能成为主要受力绳。因此，在选用钢丝绳和设置地锚时，要按最大拉力来选择和计算。

拔杆式起重机竖好后，使用前要试吊，将重物吊离地面 200mm，检查各部位和吊物的情况，经检查确认无问题后再起吊。

吊物要垂直，避免增加拔杆和缆风绳的受力。提升和下降要平稳，避免产生较大的冲击力，使拔杆和缆风绳超过其容许负荷

而出事故。

吊装过程中拔杆式起重机的地锚十分重要，地锚要经过计算，埋设后还须经过试拉。使用前要经过详细检查才能正式使用。使用时要指定专人负责看守，如发现变形，要立即采取措施。在收紧、松动缆风绳时，必须小心谨慎，并用卷扬机或装有制动器的绞磨来控制，以保证吊装过程中的安全。

如突遇停电，要立即切断电源，并将吊物立即用制动刹车降至地面，以便保证构件和作业人员的安全。

移动时，在后缆风绳慢慢放松的同时，要收紧前缆风绳，使拔杆向移动方向前倾不超过 10°，移动时一定要保证拔杆不能后倾。

4.2 绳　索

4.2.1 白棕绳是由植物纤维搓成线，线绕成股，再将股拧成绳，全由机器加工，一般有三股、四股、九股三种。另外有浸油和不浸油之分。

1 浸油白棕绳不易腐烂，但质料变硬，不易弯曲，强度也比不浸油的绳低 10%～20%，所以在吊装中一般都用不浸油的白棕绳。但未浸油的白棕绳受潮后容易腐烂，因而使用年限较短。白棕绳的破断拉力只有同直径钢丝绳的10%左右，且易磨损或受潮腐烂。新绳和旧绳强度相差甚大，就是新绳强度也互有出入。因此，必须严格按出厂说明规定的破断拉力使用。

2 如必须用来作重要吊装作业时，可预先作超载 25%的静载试验，以及超载 10%的动载试验，试验合格后方能使用。

3 和白棕绳配用的滑轮直径，要大于其直径的 10 倍，以免因受到较大的弯曲而降低强度。有结的白棕绳不应通过滑轮等狭窄的地方，以免绳子受到额外压力而降低强度。同时要定期改换穿绕方向，使绳的磨损均匀。

4 成卷白棕绳在拉开使用时，应先把绳卷平放在地上，将有绳头一面放在底下，从卷内拉出绳头。如从卷外拉出绳头，绳子就容易扭结。若需切断使用时，切断前应将切断口两侧扎紧，

以防止切断后绳子松散。

5 使用中发生扭结应及时抖直的原因，是防止绳子受拉时折断。局部损伤应切去损伤部分，是为防止作业中受力容易拉断而发生事故。

6 绳子打结后，使用中强度要降低50%以上，故应尽量用编接法接长。

7 为的是避免物件的尖锐边缘割伤绳索。

8 在地面上或有棱角的物件上拖拉绳子，易使绳子被磨坏或因砂、石屑嵌入绳子内部，使其磨伤。

9 编接绳套时，应将绳端按绳股拆开约15倍绳直径的长度，按需要编接的绳套大小，将拆开的各股分别编入绳内即可。绳头编接，则是将两绳头各股松开30倍于原绳直径长度，然后将两个绳头各股交叉在一起，并互相顶紧将各绳股依次穿入不同的缝隙中拉紧。

10 白棕绳使用时，应按正文中容许拉力的规定使用。在工地上需要临时估算绳的破断拉力时，可采用下述经验公式：

$$F_s = d^2 K_1$$

式中：F_s —— 白棕绳的破断拉力（kN）；

d —— 白棕绳的直径；

K_1 —— 白棕绳的破断强度系数，见表1。

表1 白棕绳的破断强度系数

白棕绳直径（mm）	K_1（kN/mm²）
10以下	0.046
10～20	0.038
21～30	0.031
31～50	0.023
51～60	0.019

注：使用浸油白棕绳 K_1 值降低15%；使用旧白棕绳降低30%；使用受潮白棕绳降低40%。

11 白棕绳应堆放在干燥、不热、通风的库房内，或很松（指已用过）地卷好挂在木架上。在水中洗干净的，一定要晾干，以防霉烂。另外堆放时，应避免与有腐蚀性的化学药品接触，以免损坏白棕绳。

4.2.2 我国部分地区在小型吊装作业中采用了纤维绳索或聚酯复丝绳索，本条针对此类绳索引入了相关标准。

4.2.3 因国家已经颁布了钢丝绳的相关标准，本条明确了吊装作业中钢丝绳的使用、检验、破断拉力值和报废的标准，应符合相关标准的规定。

4.3 吊　索

4.3.1 吊索主要用于悬挂重物到起重机的吊钩上，也常用于固定绞磨、卷扬机、起重滑车，或拴绑其他物体。而吊索端部，经常连接着各种吊索附件。吊索根据不同的使用要求，可以用白棕绳、起重链条或钢丝绳等做成。起重工作中使用的吊索，一般是用钢丝绳做成。

钢丝绳吊索，一般要能弯曲、耐磨，故用 6×19 或 6×37 型钢丝绳较合适。计算钢丝绳吊索的直径，除决定于所吊重物的重量、吊索的根数和安全系数、吊索钢丝绳的类型等因素外，还与吊索和所吊重物间的水平夹角有关，一般以 45°—60° 为宜。因此，应按构件的要求来选择角度，否则有可能导致构件的损坏。

4.3.2 常用的吊索附件有套环、吊钩和卡环等几种。吊索附件主要是指在吊索端部常与之连接的附件。吊索附件应该是结构简单，坚固耐用，使用安全，挂钩和脱钩方便，以保护吊索不被重物的棱角割伤。

1 套环一般用于固定在机械上的钢丝绳的 8 股头，为了防止钢丝绳受挤压而折断钢丝，编插时在 8 股头内嵌进一个套环。套环又分为白棕绳用（MT 型）和钢丝绳用（GT 型）两种。它的规格以号码表示，号码数即套环容许荷载的吨数。钢丝绳绕过

套环后，虽避免了钢丝绳强度的过分降低，但由于套环直径较小，故钢丝绳的强度仍要降低一些，降低率应按本条规定采用。

2 吊钩有单钩和双钩两种，吊装工程一般用单钩，双钩多用在桥式和塔式起重机上。

吊钩一般都是用整块钢材锻造的（禁止采用铸造），锻成后要退火处理，以消除其残存的内应力，增加其韧性，要求硬度达到95～135（HB）。对磨损或有裂缝的吊钩不得进行补焊修理。因为补焊后吊钩会变脆，致使受力后断裂而发生事故。

吊钩在钩挂吊索时，要将吊索挂至钩底；直接钩在构件吊环中时，不能使吊钩硬别歪扭，以免吊钩产生变形或被拉直而使吊环脱钩。

3 卡环（材料为Q235钢）用于吊索和吊索或吊索和构件吊环之间的连接。它由弯环与销子（又叫芯子）两部分组成。按弯环形式有直形卡环和马蹄形卡环之分；按销子和弯环的连接形式有螺栓式卡环和活络式卡环之分。螺栓式卡环的销子和弯环采用螺纹连接。活络式卡环的销子端头和弯环孔眼均无螺纹，可以直接抽出，它的销子截面有圆形和椭圆形两种。活络式卡环目前常用于吊装柱子，它的优点是在柱子就位并临时固定后，可在地面用事先系在销子尾部的白棕绳将销子拉出，解开吊索，避免了高处作业。但应特别注意，若吊索没有压紧活络销子，滑到边上去，形成弯环受力，销子很可能会自动掉下来，将是很危险的。

在现场施工中，如需迅速知道直形卡环和活络式卡环的允许荷载，可根据销子直径用下列近似公式估算：

允许荷载≈$(35\sim40)d^2$ （d为卡环销子直径） 单位：N

4.3.3 横吊梁常用于柱子和屋架等构件的吊装。用横吊梁吊柱子，容易使柱子保持垂直，便于安装；用横吊梁吊屋架，可以降低起吊高度，降低吊索拉力和吊索对构件的压力。横吊梁的种类很多，在吊装中可根据构件的特点和吊装方法，自行设计和制造。

4.4 起重吊装设备

4.4.1 滑轮是一种结构简单、携带方便的起重工具。由滑轮联合成的滑轮组，配合卷扬机、起重桅杆和其他起重机械，广泛应用于起重吊装作业中。

2 使用前应查明滑轮允许荷载后方准使用，并严格按照滑轮的额定起重量使用，不得超载。

3 滑轮组的穿绳方法是十分重要的，可分为顺穿法（普通穿法）和花穿法两种。顺穿法是将绳索从一侧滑轮开始，依顺序穿过定滑轮和动滑轮，跑头最后从另一侧滑轮中穿出。由于在工作时有滑轮阻力的影响，所以，绳索受力是不相同的。死头受力最小，绕过滑轮越多，受力就越大，跑头受力是最大的，这样滑轮架就有可能歪斜，工作也不平稳，故"三三"以上的滑轮组，最好采取花穿法。花穿法则是先按滑轮的顺序穿绕滑轮的半数后，就穿绕最后一个滑轮，然后返回中间，最后跑头从中间一个滑轮穿出。注意绳索穿绕后，应使后穿绕的半数滑轮的转动方向与先穿绕的半数滑轮相反。穿绕好进行试用后，如有问题，应立即处理，不要勉强工作，以保证安全。

4 起吊重物与滑轮中心不在一条垂直线时，构件起吊后就不平稳；斜吊会造成超负荷及钢丝绳出槽，应避免。

5 本款要求的目的是为了工作时省力，减少磨损和防止锈蚀。

6 本款要求是为防止脱钩事故发生。

7 定滑轮和动滑轮保持一定的最小距离，是防止钢丝绳索互相摩擦或与滑轮缘摩擦。

8 本款要求是为防止受潮、污染、生锈，并可随拿随用。

9 在实际吊装作业中，由于钢丝绳有一定刚性，滑轮轴承也存在摩擦阻力。因此，滑轮组的跑头拉力与上述各因素有关，主要还是与轴承的类型有关。

4.4.2 卷扬机又名绞车，是一种主要的起重设备，可以独立使

用，也可以和其他机构组合成较复杂的起重机械。一般在选择卷扬机时应考虑：牵引力的大小；钢丝绳牵引速度的快慢；卷扬筒的索容量，即所绕钢丝绳的总长度。

1 手动卷扬机多用在轻便的起重吊装工作中，或用在吊装作业中的辅助性工作。手动卷扬机的卷扬能力，一般为 5kN～30kN，机上如有两对变速传动齿轮时，可以根据起重量大小而变动提升速度。使用手动卷扬机时，摇把要对称安装。松下重物时要用摇把松，不能用钢丝绳松，并要防止摇把滑掉，发生安全事故。摇动手柄需要施加的力一般为 160N 以下。手摇卷扬机构造简单，一般可以自制。

电动卷扬机比手动卷扬机牵引力大，速度快，操作安全方便，广泛用于吊装作业。它的卷扬速度有快速和慢速之分，吊装中常用慢速，并使传动机构啮合正确，无杂音，要勤加油润滑。

2 安装时，卷扬机基座须固定平稳，因此，应设置相应的地锚来固定，并应搭设工作棚。

3 卷扬机在使用前，应按本款要求对各部分详细检查，注意棘轮装置和制动器是否完好，对于发现的问题，应采取措施予以处理后，才可使用。

4 卷扬机安装在吊装区域以外，主要是为了保证卷扬机操作人员和机器本身的安全。至于要求要能看清指挥人员的信号和大于安装高度，则是为了防止误操作和看清所安装的构件。操作人员的视线仰角一般控制在 30°内，使操作人员不至于仰头角度过大而产生疲劳。

5 导向滑轮若用开口拉板式滑轮，受力后易拉开而发生物毁人亡的重大事故，故严禁使用。导向轮至卷筒中心的距离不得小于本款的规定，否则，钢丝绳很难在卷筒上逐圈靠紧，且造成卷扬机受较大斜拉力而失稳，也使钢丝绳产生错叠、离缝和挤压。同时距离还应满足操作人员能看清指挥人员和拖动或起吊的物件。

6 卷筒上的钢丝绳应排列整齐，如发现重叠或斜绕时应停

机重新排列。钢丝绳应成水平状，从卷筒下面卷入，并与卷筒的轴线方向垂直。必要时可在卷扬机正前方设置导向滑轮，一般导向滑轮与卷筒保持不小于 18m 的距离，或使钢丝绳的最大偏离角不超过 6°，这样才能够使钢丝绳排列整齐，不致互相错叠、挤压。

吊装构件时卷筒上的钢丝绳最少保留 5 圈，塔式起重机等规定是 3 圈，本款规定 5 圈是考虑此处所指的卷扬机并没固定在起重机上，使用的环境不同，5 圈可以切实防止钢丝绳受力后从卷筒上滑出，并可以使钢丝绳在收紧过程中能排列整齐，保证钢丝绳不致受弯折、磨损而折断钢丝。

7 作业中不允许操作人员离开卷扬机，是为了防止刹车失灵和非操作人员操纵而发生事故。作业中不准跨越钢丝绳是防止被钢丝绳绊倒而发生事故。这条要求是为保证吊装作业和卷扬机操作人员安全的必要措施，应严格执行。

4.4.3 本条中所计算出的钢丝绳牵引力应大于滑轮跑头拉力，再通过导向滑轮，才能保证钢丝绳的安全。

4.4.4 倒链又叫链式滑车、手拉葫芦、神仙葫芦等，是一种简易、携带方便的手动起重设备，使用时只要 1～2 人就可操作，因而，常在建筑工地使用。

1 检查时，先检查吊钩、轮轴、轮盘，再把吊钩挂好，反拉牵引链条，将起重链条倒松逐一检查。

2 为慎重计，此条要求负重后，仍须再检查一次，证明自锁装置等无误后，才能继续作业。

3 本款要求是为防止跳链、掉槽、卡链等现象发生。

4 若一人能拉动，说明所吊物件不重，也不会超过额定起重量。两人或多人一齐猛拉牵引链条，这就说明所吊物件已超过额定起重量，若坚持继续作业就易发生事故。

5 倒链的转动部分应经常上油加强润滑，棘爪的刹车部分应经常检查，防止其失灵而发生重大事故。

6 本款要求目的是为了防止各部件不受损伤，生锈。同时

做到随拿就能用。

4.4.5 手扳葫芦又叫钢丝绳手扳滑车，它由挂钩、自锁夹钳装置、手柄、钢丝绳和吊钩等部件组成。当扳动手柄时，它的两对自锁夹钳便像两只钢爪一样交替夹紧钢丝绳，并沿钢丝绳爬行，从而达到牵引的目的。它的体积小，重量轻（自重一般为90N～160N），使用方便，可在水平、垂直、倾斜状态下工作。

1 一般在结构吊装中做辅助工作用。

2 在使用前和使用时，或使用过程中，都应按本款要求进行严格检查，消灭不安全因素。

3 作吊篮用，在每根钢丝绳处另绑一根保险绳，是在手扳葫芦失灵时保证工作人员不致发生危险。

4.4.6 在建筑工程中，千斤顶的应用范围很广，它既可以校正构件的安装偏差和矫正构件的变形，又可以顶升和提升大跨度屋盖等。

1 此款是千斤顶正常运行所必备的条件，事前应严格按此款要求进行。

2 选择千斤顶时，应严格按照构件的起重量、起重高度和临时支垫的材料种类，按本款要求进行具体的选择。

3 铺设垫板是为扩大地基土的承压面积，增大承压能力，防止千斤顶下陷或歪斜；顶部设硬垫板是防止千斤顶在顶升过程中产生滑动而发生危险。

4 重物设顶处应是坚实部位，是为了防止顶坏重物；荷载与千斤顶轴线一致，是为了防止地基偏沉或荷载偏移而发生千斤顶偏斜的危险。

5 操作时，应将重物稍微顶起停住，按本款要求进行检查，如发现不良情况，必须进行处理，未处理前不得继续顶升。

6 本款要求是防止螺杆和活塞全部升起，损坏千斤顶而造成事故，并且随意加长手柄或强力硬压也会损坏千斤顶。

7 本款要求是为了防止千斤顶突然回油或倾倒而造成重大事故。

4.5 地　锚

4.5.1～4.5.3 地锚又叫地龙或锚锭，它是固定缆风、导向滑轮、绞磨、卷扬机或溜绳等用的，并将力传给地基。在土法吊装中，地锚十分重要，地锚不牢将会发生重大的安全事故，故应予以足够的重视。重要的地锚正式使用前，应进行试拉，以确保安全。

1　立式地锚也叫立龙或站龙，是一种较简单的临时性地锚，是将枕木（方木）或圆木斜放在地坑中，在其下部后侧和中部前侧横放下挡木和上挡木，上下挡木紧贴土壁，将地龙桩卡住，上下挡木可使用枕木（方木）或圆木。

由枕木做成的立式地锚，若地龙桩和上下挡木均用两根枕木时，承受拉力可达30kN；若均用四根枕木时，承受拉力可达80kN。

2　桩式地锚通常采用长度1.5m～2.0m的松木或杉木略向后倾斜打入土中，还可在其前方距地面0.3m～0.9m深处紧贴桩木埋置长1m左右的挡木一根来提高锚固力，适合在有地面水或地下水位较高的地方采用。一般木桩埋入土中的深度，是根据作用力的大小而定的，但不小于1.5m；打桩时应使木桩与所固定的缆风绳相互垂直。

3　卧式地锚是将一根或几根圆木（废型钢也可），用钢丝绳捆绑在一起，横放在挖好的地锚坑内的底部，钢丝绳的一端从坑底前端的地坑中引出，绳与地面的坡度，应与缆风绳和地面的夹角一致，然后用土石回填夯实。卧式地锚可承受较大的拉力，一般应根据受力大小由计算确定，适合永久性地锚或在大型吊装作业中的地锚采用。

4.5.4　对本条各款说明如下：

1　地锚在吊装作业中十分重要，地锚损坏或有过大变形，都可能引起重大安全事故，故在埋设和使用时应特别重视，对材料的使用作出规定。

2 生根钢丝绳和锚栓的受力状态很复杂，往往被拉成极度弯曲的形状，因此，生根钢丝绳的绳环，无论是编接的还是卡接的，都应牢固可靠，不得有滑出或拉断的危险。

3 应做到生根钢丝绳与地锚的受力方向一致，这样，生根钢丝绳的受力才不致复杂化。

4 重要的地锚和埋设情况不明的地锚，一定要试拉，否则严禁使用，以防止出现不必要的重大事故。

5 使用前指定专人检查、看守，以防止万一发生变形而引起事故。

5 混凝土结构吊装

5.1 一 般 规 定

5.1.1 构件运输既要合理组织，提高运输效率，又要保证构件不损坏，不变形，不倾倒，确保质量和安全。构件运输时的混凝土强度，一定要符合设计规定，如设计无要求应遵守《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。否则，运输中振动较大，构件容易损坏。构件的垫点和装卸车时的吊点，不论上车运输或卸车堆放都应按设计要求进行。"r" 形等形状的构件都属特型构件。叠放在车上或堆放在现场上的构件，构件之间的垫木应在同一条垂直线，且厚度相等。经核算需加固的必须加固。对于重心较高，支承面较窄的构件，应采用支架固定，严防在运输途中倾倒。大型构件因其不易调头，必须根据其安装方向确定装车方向，支承处需设转向装置的目的，是防止构件侧向扭转折断，并避免构件在运输时滑动，变形或互碰损坏。

5.1.2 为了给吊装作业创造有利条件，必须做到合理堆放，为此，应做到：

1 堆放构件的场地除需平整和压实外，还应排水良好，严防因地面下沉而使构件倾倒。

2 构件应严格按平面布置图堆放，并满足吊装方法和吊装方向的要求，同时还应按类型和吊装顺序做到配套堆放，目的是避免二次倒运。

3 垫点应接近设计支承位置，异形平面垫点应由计算确定，等截面构件垫点位置亦可设在离端部 0.207L（L 为构件长）处。柱子则应避免柱裂缝，一般易将垫点设在距牛腿 300mm～400mm 处。同时构件应堆放平稳，底部垫点处应设垫木，应避免搁空而引起翘棱。

4 对侧向刚度差、重心较高、支承面较窄的构件，如屋架、薄腹梁等，在直立堆放时，应设防倒撑木，或将几个构件用方木以铁丝连在一起，但相邻屋架的净距，要考虑捆绑吊索、安装支承连接件及张拉预应力筋等操作方便，一般可为600mm。

5 成垛堆放的构件，各层垫木的位置应靠紧吊环的外侧，构件堆放应有一定的挂钩绑扎操作净距。相邻构件的净距一般不小于2m。

6 插放的墙板，应用木楔子使墙板和架子固定牢靠，不得晃动。靠放的墙板应有一定的倾斜度（一般为1∶8），两侧的倾斜度应相等，堆放块数亦要相近，相差不应超过三块（包括结构吊装过程中形成的差数）。每侧靠放的块数视靠放架的结构而定。楼、屋面板重叠平放的构件，垫木应垫在吊点位置且与主筋方向垂直。

5.1.3 目前在现场预制的钢筋混凝土构件，一般都使用砖模或土模平卧（大面朝上）生产，为了便于清理和构件在起吊中不断裂，应先用起重机将构件翻转90°，使小面朝上，并移到吊装的位置堆放。

1 柱本身翻身必须选择好吊点，应使其在翻身过程中能承受自身重量产生的正负弯矩，保证翻身时不裂缝。对已翻身或移至吊装位置搁置的柱子，应按设计要求布置支承点，无要求时，则按本款要求布置。

2 屋架都是平卧生产，运输或吊装均必须先翻身，由于屋架的平面刚度较差，翻身过程中往往容易损坏，故操作应注意：

1）如验算抗裂度不够时，可在屋架下弦中节点处设置垫点，使屋架在翻转过程中，下弦中部始终着实，以防悬空挠度过大而产生裂纹。屋架立直后，下弦的两端宜着实，而中部则应悬空，这样才符合设计要求而不会发生裂缝。但当屋架高度超过1.7m时，应按本款加固。

2）屋架一般是重叠生产，翻身时应在屋架两端用方木搭

井字架（井字架的高度与下一榀屋架平面一样高），以便屋架由平卧翻转立直后搁置其上，以防止屋架在翻转中由高处滑落地面而损坏。

3）先将起重机吊钩基本上对准屋架平面中心，然后起升吊杆使屋架脱模，并松开转向滑车，让车身自由转动，接着起钩，同时配合起落吊杆，争取一次将屋架扶直。做不到一次扶直时，应将屋架转到与地面成70°后再刹车。因为起重机的每一次刹车和启动，都对屋架产生一个比较大的冲击力，可能会使屋架产生裂纹。在屋架接近立直时，应调整吊钩，使其对准屋架下弦中点，以防屋架吊起后摆动太大。

5.1.4 构件跨度大于30m时，如采用整体制，不但运输不方便，而且翻身时（扶直）也容易损坏，故常分成几个块体预制，然后将块体运到现场组合成一个整体。这种组合工作叫做构件拼装。

1 平拼，即将块体平卧于操作台上或地面上进行拼装，拼装完毕后再吊装。立拼，即将块体立着拼装，并直接在施工平面布置图中指定的位置上拼装。平拼不需要稳定措施，焊接大部分是平焊，拼装简便。立拼则需要稳定措施，尤其是高处立拼，必须搭设高质量的拼装架和工作台。所以在一般的情况下，小型构件用平拼，大型构件用立拼。立拼的程序一般为：做好各块体的支垫→竖立三脚架→块体就位→检查→焊接上、下弦拼接钢板。其中三脚架是稳定块体用的，必须牢固可靠。三脚架中的立柱可在屋架块体就位前埋入上中1m以上，稍径不宜小于100mm，其位置应与构件上拼装节点、安装支撑连接件的预留孔眼或预埋件等错开。

2 “安全挡木”是为了防止组合屋架块体在校正中倾倒。

5.1.5 绑扎就是使用吊装索具，吊具绑扎构件，并做好吊升准备的操作。

1 绑扎构件一般采用钢丝绳吊索及配合使用的其他专用吊

具。随着新型结构的不断推广，为了保证安全、迅速地吊起构件，并使摘钩工作简易，绑扎方法也不断进步。

2 绑扎吊升过程中，应使构件成垂直状态（如预制柱），并应做到以下几点：

1）绑扎点应稍高于构件重心，使起吊时构件不致翻转；有牛腿的柱应绑在牛腿以下；工字形断面应绑在矩形断面处，否则应用方木加固翼缘；双肢柱应绑在平腹杆上。

2）当柱平放起吊的抗弯强度满足要求时，可以采用斜吊绑扎法，由于吊起后成倾斜状态，吊索歪在柱的一边，起重钩可低于柱顶，因此，起重杆可以短些。当柱子平放起吊的抗弯强度不足，需将柱由平放转为侧立然后起吊时，可采用正吊（又称直吊）绑扎法，采用这种方法绑扎后，横吊梁必须超过柱顶，起吊后柱呈直立状态，所以需要较长的起重杆。

3）为保证天窗架不改变原设计受力情况，宜采用四点绑扎。

3 绑扎吊升过程中成水平状态的构件，如各种梁、板等应做到：

1）尽量利用构件上预埋的吊环和预留的吊孔。没有吊环和吊孔时，若设计图纸指定了绑扎点，应按照设计图纸规定绑扎起吊；若未指定绑扎点，应按本点要求绑扎。

2）为便于安装，应使梁、板在起吊后能基本保持水平，因此，其绑扎点应对称地设在构件两端，两根吊索要等长，吊钩应对准构件的中心。

3）屋架绑扎宜在节点上或靠近节点，其原因是避免上弦杆遭到破坏，具体绑扎方法应根据屋架的跨度、安装高度及起重机的臂杆长度确定。

4 吊点绑扎，必须做到安全可靠，便于脱钩。

5.1.6 此条要求是避免吊装时，构件上的杂物落下伤人。

5.1.7 此条要求是为了避免施工人员掉入孔洞或其他物体掉入伤人。

5.1.8 单层厂房吊装前应编制施工组织设计或作业设计（包括选择吊装机械、确定吊装程序、方法、进度、构件制作、堆放平面布置、构件的运输方法、劳动组织、构件和物资供应计划、质量标准、安全措施等），在吊装中应遵守这些施工组织设计。但对单层多跨厂房宜先主跨后辅跨；先高跨后低跨；先吊地下设施量大、施工期长的跨间，后吊地下设施量小或无地下设施、施工期短的跨间。多层厂房则应先吊中间，后吊两侧，再吊角部。对称进行的目的是为了防止柱梁产生偏心受压或受扭现象。

5.1.9 吊装前应对周围环境进行详细检查，尤其是起重机吊杆及尾部回转范围内的障碍物应拆除或采取妥善安全措施保护。

5.2 单层工业厂房结构吊装

5.2.1 钢筋混凝土柱子种类很多，轻重悬殊，因而绑扎方式和起重机的选择均差别较大。同时起吊前技术准备条件多，如杯口、柱身弹线、标高找平等，这些都需要认真做好准备。不仅如此，吊装中还应注意以下一些问题：

1 柱子的绑扎、吊装顺序、吊装方法、临时固定、校正方法等一定要符合施工组织设计规定。

2 柱子的临时固定，当柱高为 10m 以下时，可用木楔、钢楔或混凝土楔固定柱子根部；当柱高大于 10m 时，可用钢楔、千斤顶固定，也可用缆风绳或斜撑配合固定。用于临时固定的楔子，宜露出杯口 100mm～150mm，以便柱子校正时调整。

3 柱子经临时固定后，必须经过平面位置（就位时校正）和垂直度的校正方可作最后固定。垂直度校正在柱子的两个相互垂直的平面内同时进行，设两台经纬仪同时观测。就位位置如仍与设计位置有较大的偏差，应边吊边校，即应将柱再次吊起，重新对线就位。不得在牛腿上拖拉梁，也不得使用撬杠沿纵向撬

动梁。

4 对校正完毕的柱子经有关部门检查合格后，应及时进行最后固定。即在柱子杯口内浇筑强度高一级的细石混凝土。浇筑混凝土前应清除杯口内的杂物和积水。

采用缆绳或斜撑校正的柱子，必须在第二次浇筑的混凝土达到设计强度的75%后，方可拆除缆绳或斜撑。

5.2.2 钢筋混凝土吊车梁一般有"T"形截面、鱼腹式和组合式形式，为安全吊装，应注意以下事项：

1 吊车梁的安装为了稳定的需要，应在柱永久固定并达到强度要求、柱间永久支撑安装完毕后进行。吊索收紧后与梁的水平夹角不得小于45°，是为保证梁的侧向稳定的需要。

2 重型吊车梁可待屋盖系统安装完毕后统一校正，检查梁纵轴线是否一致，两列吊车梁之间的跨距是否符合设计要求，梁的尺寸窄而高时，应采用支撑或用8号钢丝将梁捆于柱子上。

3 一般钢筋混凝土梁就位后校正完用垫铁垫平即可，不用采取特殊的临时固定措施。但当梁的高度与宽度之比大于4时，可用8号钢丝将梁捆于柱上，以防脱钩后倾倒。

4 吊车梁的校正工作，可在屋盖吊装前进行，也可在屋盖吊装后进行。但梁的垂直度和平面位置的校正，应同时进行，在校正完毕后，应立即将梁与柱上的预埋件进行焊接，并在接头处支模，浇灌细石混凝土。

5.2.3 屋架吊装前应将纵横轴线用经纬仪投于柱顶，并于柱顶弹屋架安装线。另外应在屋架上弦自中央向两边分别弹出天窗架、屋面板的安装位置线并在屋架下弦两端弹出安装用的纵横轴线，且在吊装时应注意下列事项：

1 将屋架提升至柱顶以上300mm处时，再缓慢降落，同时进行对线校正和垂直度校正。屋架平面位置的校正主要是对线。一次没有对好，需要进行第二次对线时，应将屋架提升起来，再慢慢落下，边落边对线。屋架的临时固定完成后，应及时用电焊与柱头焊接。当焊完全部焊缝2/3以上长度时，方可

脱钩。

2 第一榀屋架的临时固定必须十分可靠。一般是在屋架或天窗架的上弦两侧各设两根钢丝缆风绳（当跨度超过 18m 时，应相应增加缆风绳的数量），有山墙抗风柱的厂房，亦可将屋架固定在抗风柱上。

第二榀屋架的校正和临时固定是以第一榀屋架为支承点，用屋架校正器（或其他自制的专用工具）进行，其余各榀屋架的校正调整和临时固定与第二榀屋架方法相同。

5.2.4 当该榀屋架的屋面板安装完后，这时屋架和屋面板已形成了空间体系，且刚度大，再安装天窗架时，屋架不会受什么影响，同时固定和操作过程也很安全。

5.2.5 用电焊作最后固定时，应避免同时在屋架两端的同一侧施焊，以免因焊缝收缩使屋架倾斜。另应待施焊完 2/3 焊缝长，即最后固定已得到基本的可靠保证时，才能摘钩。

5.2.6 两榀屋架吊装完毕后，即应从两端对称地向跨中吊装屋面板，否则易造成屋架受力的改变而发生严重的事故。另外在屋架或天窗架上吊装每一块屋面板时，宜对准安装线一次就位好，位置需要调整时，应将屋面板微微吊起，再次对线就位，不宜在板的纵向撬动。同时屋面板端在屋架或天窗架上的支承长度应符合设计要求，板的四角应用垫铁垫实，就位后应及时校正施焊，每块板的焊接角点不应少于 3 个。

5.2.7 吊装时，先将托架吊离地面 500mm，使其对中，吊至柱顶以上，拉溜绳旋转托架，用人力扶正就位，随即进行校正，使其支承平稳，两端长度相当，垂直度正确，如有偏差，在支承处垫铁片和砂浆调整。校正时避免用撬杠撬动，以防柱头偏移，校正好后卸钩，最后按柱列支接头模板，浇灌接头混凝土固定。

5.2.8 因垂直支撑是保证屋架稳定的，水平支撑是抗纵向水平力的，所以应先安装垂直支撑，后安水平支撑。先安中部后安两端的原因，是因中部的刚度和稳定性差。这样做才能保证屋盖体系的整体稳定。

5.3 多层框架结构吊装

5.3.1 多层装配式结构中的柱子有普通单根柱（截面矩形或正方形）和“T”形、“+”形、“r”形、“H”形等异形柱子，同时根据柱子接头的形式不同，柱的吊装应注意下列事项：

1 为使下节柱的垂直度不会在吊装上节柱时发生较大变化，一般都应在吊装上节柱前将下节柱上的连系梁和柱间支撑安装好，并焊接完毕。且底层柱应在杯口二次灌浆和非底层柱接头的细石混凝土强度达到设计强度的75%以上后，方准吊装上节柱。

2 多机抬吊多层“H”形框架柱时，为使捆绑吊索不产生水平分力，递送作业的起重机应使用横吊梁，以防止吊索的水平分力使框架柱产生裂缝。采用多机抬吊时，在操作上还应注意下列几点：

1）各起重机都应将回转刹车打开，以便在吊钩滑轮组发生倾斜时，可自动调整一部分。

2）指挥人员应随时观察两机的起钩速度是否一致，当柱截面发生倾斜时，即说明两机起升速度有快慢，此时两机的实际负荷与理想的分配数值不同，应指挥升钩快者暂停，进行调整。

3）副机司机应注意使副机的起钩速度与主机的起钩速度保持一致。

3 重量较轻的上节柱，可采用方木和钢管支撑进行临时固定和校正。

4 对上节为重型或较高的柱，应在纵横向加带正反扣螺母能调整长短的管式水平支撑或用缆风绳进行临时固定和校正。缆风绳用钢丝绳制作，用倒链或手扳葫芦拉紧。每根柱子拉四根缆风绳，柱子校正后，每根都应拉紧。如果一面松一面紧，在焊接中柱子垂直度容易发生变化。

5 保护柱接头钢筋的钢管或木条一定要绑扎牢靠，防止空中散落伤及地面人员。

5.3.2 目前常见的多层装配式结构的梁柱接头形式，有明牛腿和齿槽式两种，其吊装时应注意以下事项：

1 明牛腿由于支座接触面积较大，故校正后，只要将柱和梁端底部的预埋件相互焊接即可保证安全。

2 齿槽式由于梁在临时牛腿上搁置面积较小，为确保安全，所以应等梁上部接头钢筋焊好两根后，才可以脱钩。

5.3.3 楼层板一般分双T板、空心板和槽形板等，根据其不同类型吊装时，应注意以下事项：

1 双T板一般都预埋吊环，每次吊装一块板时，钩住吊环即可。每次吊两块以上板时，每块板吊索直接挂在吊钩上，并将各板间距离适当加大些，其目的是减小吊索对板翼的压力，防止翼缘损坏。

2 用横吊梁和兜索一次叠层吊数块空心板或槽形板可大大提高吊装效率。用铁扁担的方法是将数块板平排，下用兜索平挂于铁扁担两端，并将板吊到梁上卸去兜索后，用撬杠将板撬至设计位置。用兜索的方法是将数块板加垫木重叠放置，靠近两端用兜索直接钩挂于吊钩上，并将板吊至梁端集中放置卸去兜索后，再将各板吊至设计位置。用上述两种方法，起吊后板两端必须保持水平或接近水平，严禁板两端高差过大，以防滑落掉下伤人。

3 楼层板吊装不得采用上层各板直接叠压于下层板上，这样最下层板容易断裂从高处坠落；另一方面吊于梁上后，不易分块穿拉兜索甚至产生危险。楼层板吊装时，禁止在板上站人、堆物、放工具和推车，其目的是防止这些人或物从高处坠落伤人。

5.4 墙板结构吊装

5.4.1 吊装一般有两种方式：一种是逐间闭合吊装，另一种是同类构件依次吊装。前者易于临时固定和组织流水作业，稳定性好，安全较有保证，应尽量采用此种方法吊装。

1 吊装顺序应从中间开始向两端进行，以便校正时易于调整误差。

2 坐浆的目的主要是保证墙板底部与基础部分能结合紧密，确保连接的整体性和传力的均匀性。

3 因大板的横向刚度较差，因此采用横吊梁和吊索与水平夹角不小于60°的规定，主要是防止产生过大的水平力而使侧向失去稳定，至于要求吊装要垂直平稳主要是从安全上考虑，便于就位和临时固定。

4 墙板就位时，要对准外边线，稍有偏差用撬杠拨正。偏差较大时，则应将墙板吊起重新就位。较重、较大的墙板应随吊随校正。

5 第一个安装节间的墙板，应用操作台或8号钢丝和花篮螺栓，或者钢管斜撑与底部楼板进行临时固定和校正，以后的横向墙板和纵向墙板，分别用工具式水平拉杆或转角固定器和钢管斜撑进行临时固定和校正。但外墙板一定要在焊接固定后才能脱钩。

6 校正完的墙板，应立即梳整预埋钢筋，并焊接。待同层墙板全部吊完，经总体校正完毕后，即应浇筑墙板主缝。随后在墙板上支模、绑扎钢筋、浇灌圈梁混凝土。

7 拆模后待圈梁混凝土强度达到规定强度后，随即吊装大板楼板，并灌缝。接着可用同法吊装第二层墙板。

5.4.2 框架挂板随着墙板装配化的发展，今后将愈来愈多，使外维护结构完全装配化，可大量缩短工期，很有发展前途。

1 挂板的运输和吊装不得用钢丝绳兜吊，主要是怕破坏板的棱角和装饰效果，故应用专用卡具或工具进行运输和吊装。禁止用钢丝捆绑亦是如此。

2 安装前应用水准仪检查墙板基底的标高，墙板的安装高度应用墨线弹在柱子上，作为安装挂板的控制线。因此挂板就位后应随即和柱、梁、墙等作临时固定或永久固定，防止其坠落发生事故。

5.4.3 工业建筑墙板一般包括肋形板、实腹板和空心板等的安装。

1 除应有出厂合格证外，还应按要求数量运至现场堆放就位。埋设件表面浮浆应清理干净。

2 有吊环时可用吊环起吊，立吊时可预留孔。吊点的位置应按设计规定或经过验算后确定。但吊索绑扎点距板端应不大于1/5板长。为减小吊索的水平分力，故其水平夹角不应小于60°。为防止撞击其他构件，应设溜绳控制。

3 按柱上已弹好的墙板位置线，调整好墙板横、竖位置，就位后随即用压条螺栓固定，待螺栓拧紧摘钩后，螺栓与螺母的焊接可在墙板吊装完毕后进行，但每安装完一根压条，即应向压条里的竖缝灌灰浆，并应捣实，不能安装完几根压条后再一并灌浆。

采用焊接固定时，可在焊缝焊完2/3后脱钩，但应在上一层板安装前焊完下层板的焊缝。

6 钢结构吊装

6.1 一般规定

6.1.1 构件的配套按吊装流水顺序进行。

以一个结构安装流水段（如单厂的综合法吊装、高层一节钢柱框架）为单元，集中配套齐全后，进行构件的复检和处理修复，然后按吊装顺序进行安装。配套中应特别注意附件（如连接板等）的配套，否则小小的零件将会影响到整个吊装进度。一般对零星附件是采用螺栓或钢丝直接临时绑扎固定在吊装节点上。但构件在装卸时，由于对基坑外侧地面荷载有所限制，故装卸机械不应靠近基坑行走。

6.1.3 灌浆前必须对柱基进行清理，立模板，用水冲洗并除去水渍，螺孔处必须用回丝擦干，然后用自流砂浆连续浇灌，一次完成。流出的砂浆应清洗干净，加盖草袋养护。砂浆必须做试块，到时试压，作为验收资料。

6.1.4 为便于接柱施工和焊工进行接头焊接操作，需在接头处搭设操作平台或脚手架等，以及为焊工在风速超过 5m/s 进行操作所设的防风设施等，均应在操作前进行详细检查，确属可靠后方可进行工作，确保使用安全。

6.1.5 为柱子、梁接头螺栓或焊接等施工和吊装时行走方便，应适量铺设带扶手的走道板，以确保安全。压型钢板必须随铺随焊，以防止滑落。

6.2 钢结构厂房吊装

6.2.1 钢柱的吊装方法与装配式钢筋混凝土柱相似，亦为旋转或滑行吊装法，对重型柱可采用双机或三机抬吊，但应注意下列事项：

1　初校时，垂直度偏差应控制在20mm以内。

2　钢柱校正时，垂直度用经纬仪检验，如有偏差，用螺旋千斤顶或油压千斤顶进行校正。在校正过程中，随时观察柱底部和标高控制块之间是否脱空，严防校正过程中造成水平标高的误差。校正好后，应立即将承重垫板上、下点焊牢固，防止滑动。并随即按规定灌浆进行永久固定。

6.2.2　单层厂房的钢构件吊车梁，根据起重设备的起重能力分为轻、中、重型三类。轻型者重量只有几吨，重型者有跨度大于30m，重量100t以上者，可用双机抬吊，个别情况下还可设置临时支架分段吊装。同时钢吊车梁均为简支梁形式，梁端之间留有10mm左右的空隙。梁搁置处与牛腿面之间留有空隙，设钢垫板。梁与牛腿用螺栓连接。但吊装时应注意以下事项：

1　钢柱吊装完成，并经调整校正固定于基础上之后，达到一定强度并安装完永久性柱间支撑后，才能进行钢吊车梁吊装。吊车梁的校正主要包括标高、垂直度、轴线和跨距等。标高的校正可在屋盖吊装前进行。其他项目的校正应在屋盖吊装完成后进行，因为屋盖的吊装可能引起钢柱在跨向有微小的变动。吊车梁的跨距检验，应用钢卷尺量测，跨度大的用弹簧秤拉测（拉力一般为100N～200N），为防止下垂，必要时对下垂度Δ应进行校正计算：

$$\Delta = \frac{e^2 L^3}{24P^2}$$

式中：Δ——中央下垂度（m）；

e——钢卷尺每米垂度（N/m）；

L——钢卷尺长度（m）；

P——量距时的拉力（N）。

2　支承紧贴面不小于70%主要是为了承力和传力的需要。

6.2.3　由于屋架的跨度、重量和安装高度不同，适合的吊装机械和吊装方法亦随之而异。但屋架一般都采用悬空吊装，为吊起后不致发生摇摆和碰坏其他构件，起吊前应在支座附近的节间用

麻绳系牢，随吊随放松，以保持其正确位置。同时应注意以下事项：

1 钢屋架吊装前应根据吊点位置验算起吊时的稳定性，若不足时应采取可靠的临时加固措施方准吊装。

2 屋架临时固定如需临时螺栓和冲钉，则每个节点处应穿入的数量必须由计算确定，并应符合下列规定：

1）不得少于安装孔总数的1/3，且不得少于两个；

2）冲钉穿入数量不宜多于临时螺栓的30%；

3）扩钻后的螺栓（A级、B级）的孔不得使用冲钉。

3 最后固定的电焊或高强度螺栓应符合有关标准、规定或设计的要求。

6.2.4 为减少高处作业，应优先采用天窗架预先拼装在屋架上的方法，若采用此法天窗架与屋架之间应绑两道竖向木杆加固，并将吊索两面绑扎，把天窗架夹在中间，以保证天窗架的稳定。

6.3 高层钢结构吊装

6.3.1 钢柱吊装前应确定整个吊装程序，若选用节间综合吊装法时，必须先选择一个节间作为标准间，由上而下逐间构成空间标准间，然后以此为依靠，逐步扩大框架，直至该层完成。若选用构件分类大流水吊装法时，应在标准节框架先吊钢柱，再吊装框架梁，然后安装其他构件，按层进行，从上到下，最终形成框架。但具体吊装柱时，第一节是安装在柱基临时标高支承块上，其他各节柱都安装在下节钢柱的柱顶（采用对接焊），钢柱两侧装有临时固定用的连接板，上节钢柱对准下节钢柱柱顶中心线后，即用螺栓固定连接板作临时固定。所以在具体吊装时，应按本条规定执行。

1 为保证柱与柱、柱与梁接头施工操作的安全，一般在吊装前在地面上把操作挂篮或平台和爬梯固定于拟吊装的柱子上。

2 单机吊装时需在柱子根部垫以垫木，以回转法起吊，要禁止柱根拖地。多机抬吊时，应用两台或两台以上起重机悬空吊

装，柱根部不着地，待吊离地面后在空中回直。

3 由于钢柱柱脚与基础多用地脚螺栓连接，柱与柱多用对接连接，因此，为使钢柱在就位时能顺利地套入地脚螺栓或对准插入下柱，应采用垂直法吊装。吊点一般利用柱顶临时固定的连接板的上螺孔，也可在柱制作时，在吊点部位焊吊耳，吊装完毕后再割去。另外，钢柱在起吊回转过程中应注意避免同其他已吊好的构件相碰撞，以免发生重大事故。

4 钢柱就位后，先对钢柱的垂直度、轴线、牛腿面标高进行初校，然后安设临时固定螺栓再拆除吊索，钢柱上下接触面的间隙，一般不得大于1.5mm，如间隙在1.5mm～6.0mm之间，可用低碳钢的垫片垫实空隙。如超过5mm，应查清原因后进行处理。

6.3.2 安装前应对钢梁的型号、长度、截面尺寸和牛腿位置进行检查，并在距梁上翼缘处适当位置开孔作为吊点。当一节钢框架吊装完毕，即需对已吊装的柱梁进行误差检验和校正。对于控制柱网的基准柱，用激光仪观测，其他柱根据基准柱用钢卷尺量测。但在具体吊装时应注意下述问题：

1 主梁吊装前，应在梁上装好扶手杆和扶手用的安全绳，待主梁吊到位时，将扶手用安全绳与钢柱系住，以保证施工安全。

2 为保证梁起吊后两端水平，故应采用两点吊。吊点的位置取决于钢梁的跨度。水平桁架的吊点位置应根据桁架的形状而定，但须保证起吊后平直，目的是便于安装连接。

3 安装连接螺栓时，要禁止在情况不明的情况下任意扩孔，且连接板必须平整。当梁标高超过允许规定时必须校正。

6.3.3 装配式剪力墙板安装在钢柱和楼层框架梁之间，剪力墙板有钢制墙板和钢筋混凝土墙板两种，但吊装时应注意下列事项：

1 进行墙板安装时，先用索具吊到就位部位附近临时搁置，然后调换索具，在分离器两侧同时下放对称索具绑扎墙板，再起

吊安装到位。

2 剪力墙板是四周与钢柱和框架梁用螺栓连接再用焊接固定的，安装前在地面先将墙板与上部框架梁组合，然后一并安装，定位后再连接其他部位。剪力支撑安装部位与剪力墙板吻合，安装时应采用剪力墙板的安装方法，尽量组合后再进行安装。

6.3.4 校正应包括轴线、标高、垂直度，但目前在我国高层钢结构工程安装中尚无明确的规范可循，现有的建筑施工规范只适用于一般钢结构工程。为此，目前只能针对具体工程由设计单位参照有关规定提出校正的质量标准和允许偏差，供高层钢结构安装实施。但校正时标准柱的选择，对正方形框架是取 4 根转角柱，对长方形框架当长边与短边之比大于 2 时取 6 根柱，对多边形框架取转角柱，标准柱应用激光经纬仪以基准点为依据进行竖直观测，并对钢柱顶部进行校正，其余柱校正采用量测的方法。但框架校正完后，要整理数据列表，并进行中间验收鉴定，然后才能开始高强螺栓紧固工作。

6.4 轻型钢结构和门式刚架吊装

6.4.1 组装时宜放样组装，并焊适当定位钢板（型钢）或用胎模，以保证构件的精度，组装中在构件表面的中心线偏差不得超过 3mm，连接表面及沿焊缝位置每边 30mm～50mm 范围内的铁毛刺和污垢，油污必须清除干净。

当有多条焊缝焊接时，相同电流强度焊接的焊缝宜同时焊完，然后调整电流强度焊另一条焊缝。焊接次序宜由中央向两侧对称施焊，对焊缝不多的节点，应一次施焊完毕，并不得在焊缝以外的构件表面及焊缝的表面和焊缝的端部起弧、灭弧。对于檩条等小杆件，可使用一些辅助固定卡具或夹具，或辅助定位板，以保证结构的几何尺寸正确。同时也可采用反弯措施或刚性固定措施来预防焊接变形。

将檩条的拉杆先预张紧，主要是增加屋面刚度，并传递屋面

荷载。但应避免过分张紧，而使檩条侧向变形。屋架水平支撑在屋架与檩条安装完后拉紧，目的是增强屋盖刚度。

吊装轻型屋面板时，一般由上而下铺设。

6.4.2 刚架起吊后，起重机吊钩通过重心，才能使刚架柱子保持垂直。如果找重心没有把握，可增加一根平衡吊索来保持刚架柱子垂直。平衡吊索的长度应经过估算，并在起吊第一个刚架柱子时，根据实际情况确定后，用夹头固定，也可用倒链进行调整。

门式刚架与基础的连接是铰接，杯口很浅，所以刚架的临时固定，除了在杯口打入八个楔子外，悬臂端应用架子支承。

支承井架为安全计必须经过设计计算，按设计制作或搭设。吊装量大应设计成移动式，吊装量小可用钢管脚手架搭设。

在纵向，第一个刚架必须用缆风或支撑作临时固定，以后各个刚架的临时固定，可用缆风或支撑，亦可用屋架校正器固定。

刚架在横轴线方向的倾斜，用架子上的千斤顶校正。刚架在纵轴线方向的倾斜，用缆风、支撑或屋架校正器校正。校正时应使柱脚面、柱顶面和悬臂端面的三点在同一个铅垂面上。已校正好的刚架，中部节点应立即焊接固定，柱间支撑亦应及时安装，并随即对柱脚进行二次灌浆。

这是为了刚架的整体稳定能有可靠的保证。

7 网架吊装

7.1 一般规定

7.1.3 网架应在专门的拼装模架上进行拼装，当跨度较大时，应按气温情况考虑温度修正。同时吊装方法的选择要注意下列事项：

1 施工组织设计中应着重考虑把焊接工作放在加工厂或预测拼装场内进行，尽量减少高空或现场的工作量。

2 网架的安装方法及适用范围可按如下参考：

1）高空散装法：适用于螺栓连接节点的各种类型网架；

2）分条或分块安装法：适用于分割后刚度和受力状况改变较小的网架，如两向正交、正放四角锥、正放抽空四角锥等网架，分条或分块的大小应根据起重能力而定；

3）高空滑移法：适用于两向正交正放、正放四角锥、正放抽空四角锥等网架；

4）整体吊装法：适用于各种类型的网架，吊装时可在高空平移或旋转就位；

5）整体提升法：适用于周边支承及多点支承网架，可用升板机、油压千斤顶等小型机具进行施工；

6）整体顶升法：适用于支点较少的多点支承网架。

7.1.4 吊点在选择时特别应防止与使用时的受力相反，同时其反力应控制在不大于起重设备负荷能力的80%，且各反力大小应接近，禁止反力差超过20%。

7.1.5 安装方法选定后，应按本条要求进行分项认真验算，严禁发生重大事故。

7.1.6 验算时施工荷载须按本条要求乘以规定的动力系数。

7.1.7 试拼的目的主要是控制好网架框架轴线支座的尺寸和起拱要求。试吊的目的主要是检查吊装所有设备和吊装方法的可靠性和安全性。

7.1.8 小拼的目的是保证小拼单元的形状及尺寸的准确性。其允许偏差应符合现行国家《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《空间网格结构技术规程》JGJ 7 的有关规定。焊接球节点与钢管中心允许偏差应为±1.0mm。高空总拼前应采用预拼装来保证精度要求。

7.2 高空散装法安装

7.2.1 高空散装法是先在地面上搭设满堂红拼装支架或部分拼装支架，将网架小拼装单元或杆件吊至支架上，直接在高空按设计位置进行拼装。悬挑法适用于非焊接节点（如螺栓球节点、高强度螺栓节点等）的各网架的拼装，并宜采用少支架的悬挑施工方法，不宜用于焊接球网架的拼装，因焊接易引燃脚手架板，同时高空焊接易影响焊接质量和降低工效。

7.2.2 支架的作用是用起重机将单榀钢桁架吊至设计位置，利用支架直接进行拼装。

7.2.3 这里应特别注意每榀块体的安装顺序，开始的两个三角形部分，是由屋脊部分开始分别向两边安装；两三角形相交后，则由交点开始同时向两边安装。

7.2.4 当第一榀网架块体就位后，在中竖杆顶一方木和安放一个千斤顶主要是作调整标高用，在上弦绑杉杆是为稳定块体。其他各块体就位后，因已有螺栓与已固定的网架块体相连接。所以，只要用方木和千斤顶顶住下弦即可。不必再在上弦绑杉杆。

7.2.5 用经纬仪观测轴线偏差，如超过设计规定，可在块体上下弦挂倒链牵引校正。单个块体的标高偏差，用设置在下弦节点处的千斤顶校正。如果支架刚度不够，则已安装并已校正好的大面积网架的标高可能会发生下降，此时，只用某一个千斤顶顶不动，而需同时操作网架下面的许多个千斤顶进行校正。

7.2.6 这种一次成活的办法，不仅可提高工作效率，而且可防止网架产生过大的挠度。

7.2.7 拆除时，为避免因个别支点受力过大使网架杆件变形，应有组织地分几次下落千斤顶，且每次要使位于网架中央的千斤顶多下降一些，位于网架中央和周边之间的千斤顶次之，位于网架周边的千斤顶少降一些。位于网架中央的千斤顶一次下降量应控制在 20mm～40mm 范围内。

7.3 分条、分块安装

7.3.1 事先将网架分成若干段，先在地面上组装成条状或块状单元，再用起重机将单元体吊装就位拼成整体。

7.3.2 为保证顺利拼装，在条与条、块与块合拢处可先采用临时螺栓固定，待发现有偏差或误差时便于调整。全部拼装完成后，调整网架挠度和标高，焊接半圆球节点和安设下弦杆件，拧紧支座螺栓即可拆除支架或立柱。

7.3.5 网架运输中吊点及垫点应经计算确定，发现运输刚度不足应事前加固，防止发生变形。

7.4 高空滑移法安装

7.4.1 高空滑移法分单条滑移法和逐条滑移法两种，前者是将分条的网架单元在事先设置的滑轨上单条滑移到设计位置后拼接。后者是将分条的网架单元在滑轨上逐条积累拼接后滑移到设计位置。有条件时，应尽量在地面拼成条或块状单元吊至拼装平台上进行拼装。

7.4.2 采用滑移法安装网架时，平移单元在拼装和牵引过程中的挠度比较大，为减小挠度，故平移跨度大于 50m 的网架，宜在跨中增设一条平移轨道。

7.4.3 网架平移用的轨道，可用槽钢或扁钢焊在梁面预埋钢板上，轨道底面用水泥砂浆塞满，并在接头处焊牢，否则平移时，轨道会产生局部压陷，使平移阻力增大。轨道安装后要除锈并刷

机油保养。另外，为了使网架沿直线平移，一般还在网架上安装导轮，在天沟梁上设置导轨。

7.4.4 为做到网架两端同步前进，应按本条要求选择滑轮和卷扬机，并应选用慢速卷扬机，且根据卷扬机的牵引能力和卷扬机速度确定牵引滑轮组的工作线数。钩挂滑轮组的动滑轮，应根据实际工程的需要采用几个单门滑轮，以便对网架进行多点挂钩。

7.4.5 为保证网架能平稳地滑移，滑移速度以不超过 1m/min 为宜。同时平移中两侧同步差达到 30mm 时，应停机调整同步。

7.4.6 抽去轨道前抬起网架支座时，应注意支座的均匀上升。

7.4.7 验算结果，当网架滑移单元由于增设中间滑轨引起杆件内力变化时，要采取临时加固措施，以防杆件失稳。

7.5 整体吊装法

7.5.1 整体安装就是先将网架在地面上拼装成整体，然后用起重设备将其整体提升到设计位置加以固定。这种方法不需高大的拼装支架，高空作业少，易保证质量，但需要起重量大的起重设备，技术较复杂。当采用多根拔杆方案时，可利用每根拔杆两侧起重机滑轮组中产生水平分力不等原理推动网架移动或转动进行就位，见图 1。

网架吊装设备可根据起重滑轮组的拉力进行受力分析，提升阶段和就位阶段，可分别按下式计算起重滑轮组的拉力：

提升阶段（图 1a）

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{G_1}{2\sin\alpha_1}$$

就位阶段（图 1c）

$$F_{t1}\sin\alpha_1 + F_{t2}\sin\alpha_2 = G_1$$

式中：G_1 ——每根拔杆所担负的网架、索具等荷载；

F_{t1}、F_{t2} ——起重滑轮组的拉力；

α_1、α_2 ——起重滑轮组钢丝绳与水平面的夹角。

网架位移距离（或旋转角度）与网架下降高度之间的关系可

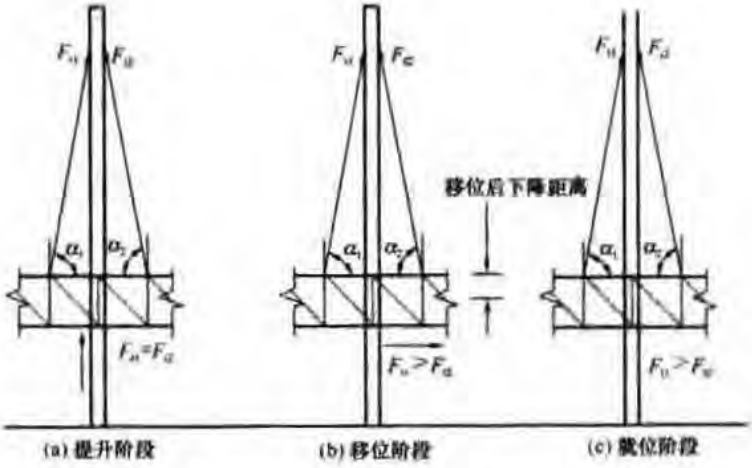


图 1　网架空中移位示意

用图解法或计算法确定。当采用单根拔杆方案时，对矩形网架，可通过调整缆风绳使拔杆吊着网架进行平移就位；对正多边形或圆形网架可通过旋转拔杆使网架转动就位。

7.5.2　提升中，若高差超过允许值即应停止起吊立即进行调整。

7.5.3　考虑起升及下降的不同步，使起重设备负荷不均，为保证其不超负荷，应乘以折减系数。

7.5.4　为防止网架整体提升与柱子相碰，错开的距离取决于网架提升过程中网架与柱子或突出柱子的牛腿等部位之间的净距，一般不得小于 100mm，同时要考虑网架拼装方便和空中移位时起重机工作的方便。

7.5.5　由于整体提升和拼装的需要，可征求设计单位的同意，将网架的部分边缘杆件留待网架提升后再焊接。或变更部分影响网架提升的柱子牛腿。

7.5.6　拔杆的选择取决于其所承受的荷载和吊点布置，网架安装时的计算荷载为：

$$Q = (\gamma_{Q1} Q_1 + Q_2 + Q_3) K$$

式中：γ_{Q1} ——荷载分项系数 1.1；

Q_1 ——网架重量（kN）；

Q_2 ——附加设备（包括桁条、通风管、脚手架）的重量（kN）；

Q_3 ——吊具重量（kN）；

K ——由提升差异引起的受力不均匀系数，如网架重量基本均匀，各点提升差异控制在100mm以下时，此系数取值1.3。

应经过网架吊装验算来确定吊点的数量和位置。不过，在起重能力、吊装应力和网架刚度满足要求的前提下，应当尽量减少拔杆和吊点的数量。缆风绳的布置，应使多根拔杆相互连接。

7.5.7 因拔杆保持垂直状态受力最好，为使拔杆在网架吊装的全过程中不致发生较大的偏斜，应对缆风绳施加较大的初拉力。底座采用球形万向接头和单向铰接头，主要是为网架就位需要。

7.5.8 本条要求是为防止吊装过程中基础下沉产生歪斜。

7.5.9 本条要求主要是为了顺利提升和保证网架均衡上升。

7.5.10 本条要求主要是为保证网架结构和操作人员的安全而要求做到的。

7.6 整体提升、顶升法安装

7.6.1 整体提升法是用安于柱顶横梁上的多台提升设备，将在地面上原位拼装好的网架提升到设计位置进行落位固定的安装方法。此法提升平稳，劳动强度低，提升差异小。但要注意以下一些事项：

1 由于网架提升离地后下弦要伸长，所以，可将提升机中心校正到比网架支座中心偏外5mm的地方，并在试提升时，用经纬仪测量吊杆垂直度，如垂直偏差超过5mm，应放下网架，复校提升机位置。为此，应将承力桁架与钢柱连接的螺孔做成椭圆形，以便于校正。

2 本款要求是为减小网架在拆除吊杆时的搁置差。

3 所有提升装置的第一节吊杆为同顺序号吊杆，所有提升

装置的第二节吊杆亦为同顺序号吊杆，余类推。

4 因液压千斤顶对超负荷受力特别敏感，很容易坏，所以使用时较额定负荷折减得多。

5 相邻两提升点和最高与最低两个点的提升允许升差值应通过验算确定。相邻两个提升点允许升差值：当用升板机时，应为相邻点距离的1/400，且不应大于15mm；当采用穿心式液压千斤顶时，应为相邻距离的1/250，且不应大于25mm。最高点与最低点允许升差值：当采用升板机时，不应超过35mm，采用穿心式液压千斤顶时不应超过50mm。

6 提升网架时的一切荷载均由这些柱子承担。因此，保证结构在施工时的稳定性很重要。若经核算稳定性不够时，应设支撑加固。

7.6.2 网架采用整体顶升法，是利用千斤顶将在地面上拼装好的网架整体顶升至设计标高，此法的优点是不需要大型设备，施工简便。在施工中要注意以下事项：

1 支柱或支架上的缀板间距为使用行程的整倍数，主要便于倒换千斤顶。

2 本款说明同第7.6.1条第4款说明。但各千斤顶的行程和升起速度必须一致，千斤顶及其液压系统必须经过现场检验合格后方可使用。

3 控制各顶升点的允许值是为保证顶升过程达到同步。

4 千斤顶或千斤顶的合力中心与柱轴线对准，主要便于准确就位和使千斤顶均匀受力。千斤顶保持垂直是为防止千斤顶本身偏心受压而损坏。

5 避免网架结构对柱产生设计不允许出现的附加偏心荷载和对基础产生设计不允许出现的附加弯矩。

6 本款说明同第7.6.1条第6款说明。





统一书号：15112·21731
定　　价：18.00　元