

UDC

JGJ

中华人民共和国行业标准

JGJ 276—2012

建筑施工起重吊装安全技术规范

Safety and technical specification for the rigging and lifting work

2012-01-11 发

2012-06-01 实

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布
中国国家标准化管理委员会

关于发布《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》公告

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 JGJ276-2012，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。

二〇一二年一月十一日

1 总 则

- 1. 0. 1 为贯彻执行安全生产方针，确保起重吊装作业的安全，制定本规范。
- 1. 0. 2 本规范适用于工业与民用建筑施工中的起重吊装作业。
- 1. 0. 3 在建筑施工中进行起重吊装作业时，除应符合规范外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

- 2.1.1 起重吊装作业 **Crane lifting operations**
使用起重设备将建筑结构构件或设备提升或移动至设计指定位置和标高，并按要求安装固定的施工过程。
- 2.1.2 绑扎 **Fasten**
建筑结构构件或设备吊装前，用吊索和卡环按起吊规定对其允许吊点处的捆绑。
- 2.1.3 翻身 **Turn over**
建筑结构构件或设备在起吊前将其进行翻转或扶直的过程。
- 2.1.4 就位 **Installation**
建筑结构构件或设备在正式起吊前按吊装工艺要求进入指定位置的状态。
- 2.1.5 起吊 **Hoist**
建筑结构构件或设备的吊装和空中运输过程。
- 2.1.6 对位 **Counterpoint**
建筑结构构件或设备按设计指定位置进行对准搁置的过程。
- 2.1.7 临时固定 **Temporary fixation**
对搁置就位的构件和设备进行的临时性的拉结和支撑措施。
- 2.1.8 永久固定 **Permanently**
校正完成后，按设计要求进行的永久性的联结固定。
- 2.1.9 起重索 **Hoistcable**
吊装作业中所使用的起重绳索。
- 2.1.10 吊具 **Spreader**
拴挂和固定起重绳索的工、机具和配件，如吊索、吊钩、吊梁和卡环等。
- 2.1.11 绳索破断拉力 **Pull rope breaking**
按规定的试验方法把绳索拉断所需要的力。
- 2.1.12 绳索容许拉力 **Pull rope allowing**
绳索在实际工作中允许承受的力。
- 2.1.13 卷筒钢丝绳牵引力 **Traction rope reel**
重物起升后，在卷筒上钢丝绳所产生的拉力。
- 2.1.14 卷筒钢丝绳牵引速度 **Traction rope reel speed**
重物起升后，起重钢丝绳在卷筒上每分钟缠绕的米数。
- 2.1.15 地锚（地垄、锚锭） **Anchor**
埋入地下用于锚定缆风绳、卷扬机等设备。
- 2.1.16 空载 **Noload**
起重机械没有负载的工作状态。
- 2.1.17 超载 **Overload**
超过或大于起重设备的额定起重量。
- 2.1.18 通用手势信号 **Common hand signal**
在起重、吊运中普遍适用的指挥手势信号。
- 2.1.19 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。
- 2.1.20 缆风绳 **Ropes**
用来保证安装的构件或设备在操作过程中的稳定的钢丝绳，上端与安装对象拉结，下端与地锚固定。

2. 1. 21 溜绳 Slip 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. 2 符号

A ——面积

a 、 g ——距离

b ——厚度、宽度

D 、 d ——直径

f ——承载力设计值

f_t ——抗拉、抗弯强度设计值

f_m ——抗弯强度设计值

$[f_{ce}]$ ——抗拉强度设计值

F ——拉力、阻力

F_a ——平均推力

$[F]$ ——容许拉力

H 、 h ——高度

K ——安全系数

L ——距离

M ——弯矩

N ——轴向力

P ——功率、水平反力

Q ——计算荷载、重量

T ——摩擦阻力

v ——速度

W ——截面抵抗矩

α ——仰角、换算系数

γ ——重力密度

ξ ——阻力系数

η ——效率、降低系数

η' ——抵抗矩降低系数

i ——传动比

μ ——摩擦系数

σ ——正应力

σ_{ce} ——承压应力

τ ——剪应力

φ ——内摩擦角

ω ——转速

3 起重吊装的一般规定

- 3.0.1 必须编制吊装作业施工组织设计，并应充分考虑施工现场的环境、道路、架空电线等情况。作业前应进行技术交底；作业中，未经技术负责人批准，不得随意更改。
- 3.0.2 参加起重吊装的人员应经过严格培训，取得培训合格证后，方可上岗。
- 3.0.3 作业前，应检查起重吊装所使用的起重机滑轮、吊索、卡环和地锚等，应确保其完好，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，并应系挂可靠和严格遵守高挂低用。
- 3.0.5 吊装作业区四周应设置明显标志，严禁非操作人员入内。夜间施工必须有足够的照明。
- 3.0.6 起重设备通行的道路应平整坚实。
- 3.0.7 登高梯子的上端应予固定，高空用的吊篮和临时工作台应绑扎牢靠。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。
- 3.0.8 绑扎所用的吊索、卡环、绳扣等的规格应按计算确定。
- 3.0.9 起吊前，应对起重机钢丝绳及连接部位和索具设备进行检查。
- 3.0.10 高空吊装屋架、梁和斜吊法吊装柱时，应于构件两端绑扎溜绳，由操作人员控制构件的平衡和稳定。
- 3.0.11 构件吊装和翻身扶直时的吊点必须符合设计规定。异型构件或无设计规定时，应经计算确定，并保证使构件起吊平稳。
- 3.0.12 安装所使用的螺栓、钢楔（或木楔）、钢垫板、垫木和电焊条等的材质应符合设计要求的材质标准及国家现行标准的有关规定。
- 3.0.13 吊装大、重、新结构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。
- 3.0.14 大雨天、雾天、大雪天及六级以上大风天等恶劣天气应停止吊装作业。事后应及时清理冰雪并采取防滑和防漏电措施。雨雪过后作业前，应先试吊，确认制动器灵敏可靠后方可进行作业。
- 3.0.15 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面上的构件。
- 3.0.16 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，必须与架空输电线始终保持不小于国家现行标准《施工现场临时用电安全技术规范》（JGJ46）规定的安全距离。当需要在小于规定的安全距离范围内进行作业时，必须采取严格的安全保护措施，并应经供电部门审查批准。
- 3.0.17 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%。两机应协调起吊和就位，起吊的速度应平稳缓慢。
- 3.0.18 严禁超载吊装和起吊重量不明的重大构件和设备。
- 3.0.19 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。
- 3.0.20 开始起吊时，应先将构件吊离地面200~300mm后停止起吊，并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，待确认无误后，方可继续起吊。已吊起的构件不得长久停滞在空中。
- 3.0.21 严禁在吊起的构件上行走或站立，不得用起重机械运送人员，不得在构件上堆放或悬挂零星物件。
- 3.0.22 起吊时不得忽快忽慢和突然制动。回转时动作应平稳，当回转未停稳前不得做反向动作。
- 3.0.23 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。
- 3.0.24 因故（天气、下班、停电等）对吊装中未形成空间稳定体系的部分，应采取有效的加固措施。
- 3.0.25 高处作业所使用的工具和零配件等，必须放在工具袋（盒）内，严防掉落，并严禁上下抛掷。
- 3.0.26 吊装中的焊接作业应选择合理的焊接工艺，避免发生过大的变形，冬季焊接应有焊前预热（包括焊条预热）措施，焊接时应有防风防水措施，焊后应有保温措施。

- 3. 0. 27 已安装好的结构构件，未经有关设计和技术部门批准不得用作受力支承点和在构件上随意凿洞开孔。不得在其上堆放超过设计荷载的施工荷载。
- 3. 0. 28 永久固定的连接，应经过严格检查，并确保无误后，方可拆除临时固定工具。
- 3. 0. 29 高处安装中的电、气焊作业，应严格采取安全防火措施，在作业处下面周围 10m 范围内不得有人。
- 3. 0. 30 对起吊物进行移动、吊升、停止、安装时的全过程应用旗语或通用手势信号进行指挥，信号不明不得起动，上下相互协调联系应采用对讲机。

4 起重机械和索具设备

4.1 起重机械

- 4.1.1 凡新购、大修、改造以及长时间停用的起重机械，均应按有关规定进行技术检验，合格后方可使用。
- 4.1.2 起重机司机应持证上岗，严禁非驾驶人员驾驶、操作起重机。
- 4.1.3 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。
- 4.1.4 起重机的选择应符合下列规定：
- 1 起重机的型号应根据吊物情况及其安装施工要求确定。
 - 2 起重机的主要性能参数应符合下列规定。

1) 起重机的起重量 Q 必须大于吊物（构件、设备）的重量 Q_1 与索具的重量 Q_2 之和。即：

$$Q_1 + Q_2 \leq Q \quad (3.1.4-1)$$

2) 起重机的起升高度 H 应符合下式规定（图 3.1.4-1）：

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \leq H \quad (3.1.4-2)$$

式中： H ——起重机的起升高度（m）

h_1 ——从停机面算起至安装支座表面的高度（m）

h_2 ——安装间隙（不小于 0.2m）

h_3 ——构件吊起后底面至绑扎点的距离（m）

h_4 ——索具高度（m），自绑扎点至吊钩中心距离。

3) 当起重机臂杆需跨越已安装好的构件（如天窗架、屋架）吊物时，起重机臂杆的最小长度应按下式确定（图 3.1.4-2）：

$$L = L_1 + L_2 = \frac{h}{\sin \alpha} + \frac{f + g}{\cos \alpha} \quad (3.1.4-3)$$

$$\alpha = \arctg \sqrt{\frac{h}{f + g}} \quad (3.1.4-4)$$

式中： L ——臂杆的最小长度（m）

f ——吊钩跨过已安装构件的距离（m）

g ——臂杆轴线与已安装好构件的水平距离，至少取 1m；

α ——臂杆仰角

h ——臂杆底铰至构件吊装支座（即图中屋架上弦顶面）的高度（m），其值 $h = h_1 - h_2$

h_1 ——停机面至构件安装支座的高度（m）；

h_2 ——杆底铰至停机面的距离（m），可由起重机外型尺寸表查取。

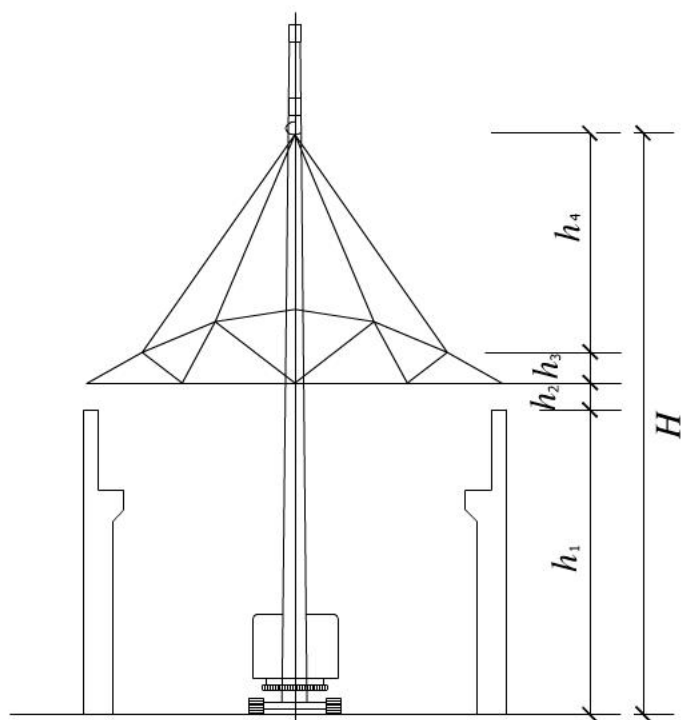
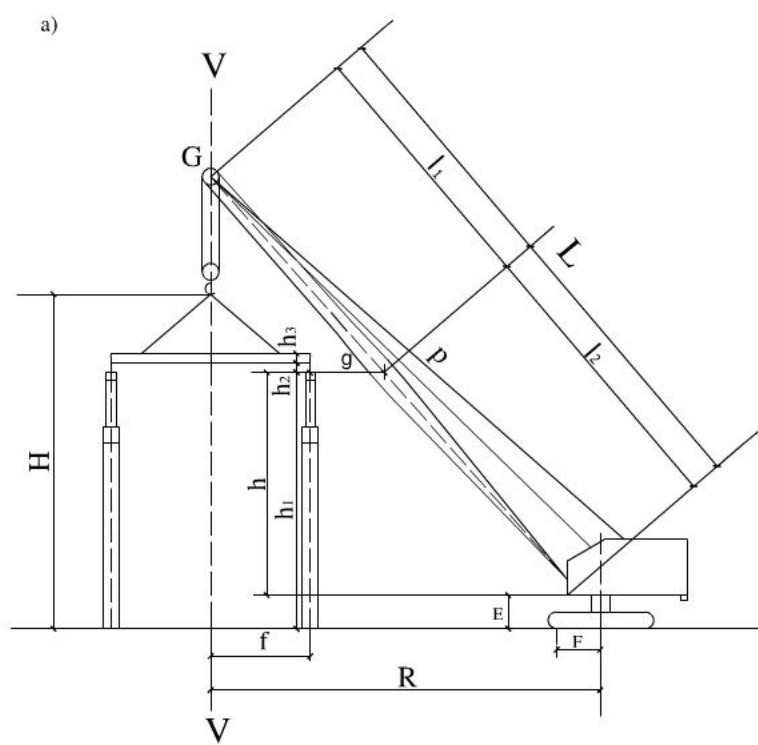
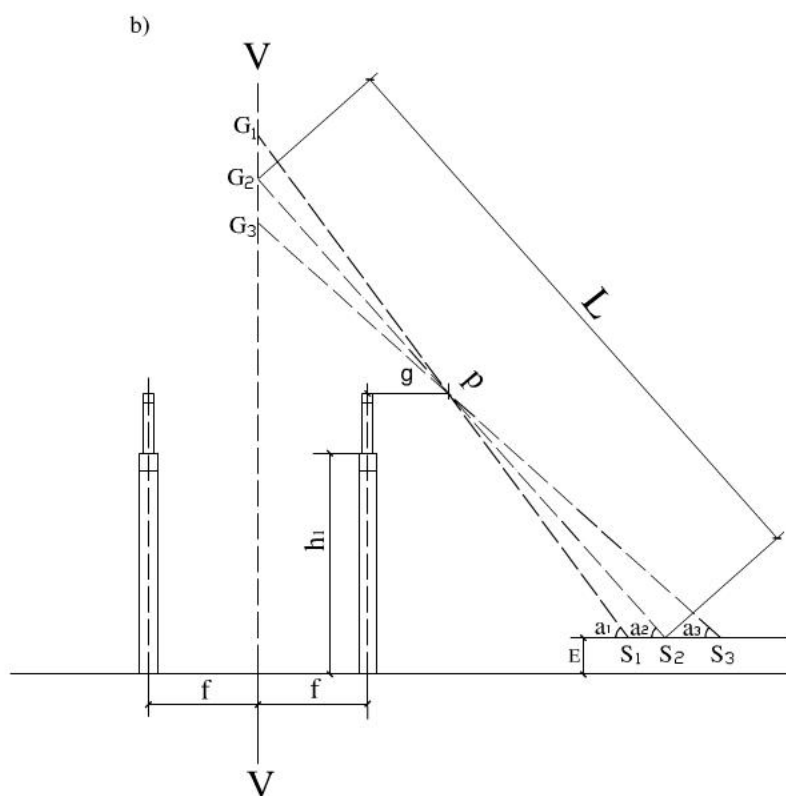


图 4. 1. 4-1 起重高度计算



a) 数解法简图



b) 图解法简图

图 4. 1. 4-2 最小杆长计算

4) 根据 (4. 1. 4-4) 式求得 α 值, 代入 (4. 1. 4-3) 式求得起重机最小杆长, 并根据计算结果, 按实际选用的 L 及 α 值代入 (4. 1. 4-5) 式, 计算出起重半径 r :

$$r = L_0 + L \cos \alpha \quad (4. 1. 4-5)$$

式中: L_0 ——吊杆底铰至起重机旋转轴中心的距离 (m); 可由起重机外型尺寸表查取。

4. 1. 5 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与沟渠、基坑保持安全距离。且作业时不得停放在斜坡上进行。
- 2 作业前应将支腿全部伸出, 并支垫牢固。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它不正常情况时, 应立即放下吊物, 进行调整后, 方可继续作业。
- 3 起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 工作时起重臂的最大和最小仰角不得超过其额定值, 如无相应资料时, 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, 严禁猛起猛落。起重臂未停稳前, 严禁变换档位和同时进行两种动作。
- 6 当起吊载荷达到或接近最大额定载荷时, 严禁下落起重臂。
- 7 汽车式起重机进行吊装作业时, 行走驾驶室内不得有人, 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, 一般应于起吊前进行。当必须在起吊过程中伸缩时, 则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, 且起重臂的仰角不得小于总长度的相应规定值。

3) 在伸起重臂的同时, 应相应下降吊钩, 并必须满足动、定滑轮组间的最小规定距离。

9 起重机制动器的制动鼓表面磨损达到 1.5mm~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, 必须齐全完整、灵活可靠, 严禁随意调整、拆除, 或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档位置, 起重臂全部缩回原位, 转至顺风方向, 并降至 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。冬季还应将水箱、水套中的水放尽。

4.1.6 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》GB5144、《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ196 及《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33 中的相关规定。

4.1.7 桅杆式起重机的使用应符合下列规定:

1 桅杆式起重机应按国家有关规范规定进行设计和制作, 经严格的测试、试运转和技术鉴定合格后, 方可投入使用。

2 安装起重机的地基、基础、缆风绳和地锚等设施, 必须经计算确定。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, 在靠近电线附近, 应装设由绝缘材料制作的护线架。

3 在整个吊装过程中, 应派专人看守地锚。每进行一段工作后或大雨后, 应对桅杆、缆风绳、索具、地锚和卷扬机等进行详细检查, 发现有摆动、损坏等不正常情况时, 应立即处理解决。

4 桅杆式起重机移动时, 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° , 移动时桅杆不得向后倾斜, 收放缆风绳应配合一致。

5 卷扬机的设置与使用应符合下列规定:

1) 卷扬机的基础必须平稳牢固, 并设有可靠的地锚进行锚固, 严格防止发生倾覆和滑动。

2) 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, 对于带槽卷筒应大于卷筒宽度的 15 倍; 对于无槽卷筒应大于 20 倍, 并确保当钢丝绳处在卷筒中间位置时, 应与卷筒的轴心线垂直。

3) 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, 不得超出卷筒两端挡板。严禁在运转中用手或脚去拉、踩钢丝绳。

4) 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, 并禁止人员跨越卷扬机钢丝绳。

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 必须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 只可用作起吊轻型构件 (如钢支撑)、受力不大的缆风绳和溜绳。

3 穿绕滑轮的直径根据人力或机械动力等驱动形式的不同, 应大于白棕绳直径的 10 倍或 30 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, 以使绳的磨损均匀。

4 整卷白棕绳应根据需要长度切断绳头, 切断前必须用铁丝或麻绳将切断口扎紧, 严防绳头松散。

5 使用中发生的扭结应立即抖直。如有局部损伤, 应切去损伤部分。

6 当绳不够长时, 必须采用编接接长。

7 捆绑有棱角的物件时, 必须垫以木板或麻袋等物。

8 使用中不得在粗糙的构件上或地下拖拉, 并应严防砂、石屑嵌入, 磨伤白棕绳。

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:

$$[F_z] = \frac{F_z}{K} \quad (4.2.1)$$

式中：[F_z]——白棕绳的容许拉力（kN）

F_z——白棕绳的破断拉力（kN）（见厂家说明书）

K——白棕绳的安全系数，按表 3.2.1 采用。

表 4.2.1 白棕绳的安全系数

用途	新、旧绳	安全系数
一般小型构件（过梁、空心板及 5kN 重以下等构件）	新绳	≥3
	旧绳	≥6
5kN~10kN 重吊装作业	新绳	10
作捆绑吊索	新绳	≥6
	旧绳	≥12
作缆风绳	新绳	≥6

11 白棕绳的堆放和保管应符合下列规定：

- 1) 原封整卷白棕绳应放置在支垫不小于 100mm 高的木板上。直径 20mm 以下的白棕绳重叠堆放不得超过 4 卷，直径 22~38mm 的不得超过 3 卷，直径 41~63mm 的不得超过 2 卷。
- 2) 粘有灰尘或污物时，可在水中洗净后晾干，并应较松地盘好挂在木架上。
- 3) 存放白棕绳的库房应干燥、通风、不得使麻绳受潮或霉烂。
- 4) 堆放时严禁与油漆、酸、碱以及有腐蚀性的化学药品接触。

4.2.2 吊装作业中钢丝绳的使用、检验和报废等应符合国家现行标准《重要用途钢丝绳》GB8918、《一般用途钢丝绳》GB/T20118 和《起重机 钢丝绳保养、维护、安装、检验和报废》GB/T5972 中的相关规定。

4.3 吊 索

4.3.1 吊索及其附件应符合下列规定：

1 钢丝绳吊索

- 1) 吊索可采用 6×19，但宜用 6×37 型钢丝绳制作成环式或 8 股头式（图 4.3.1-1），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、吊装方法予以确定。使用时可采用单根、双根、四根或多根悬吊形式。

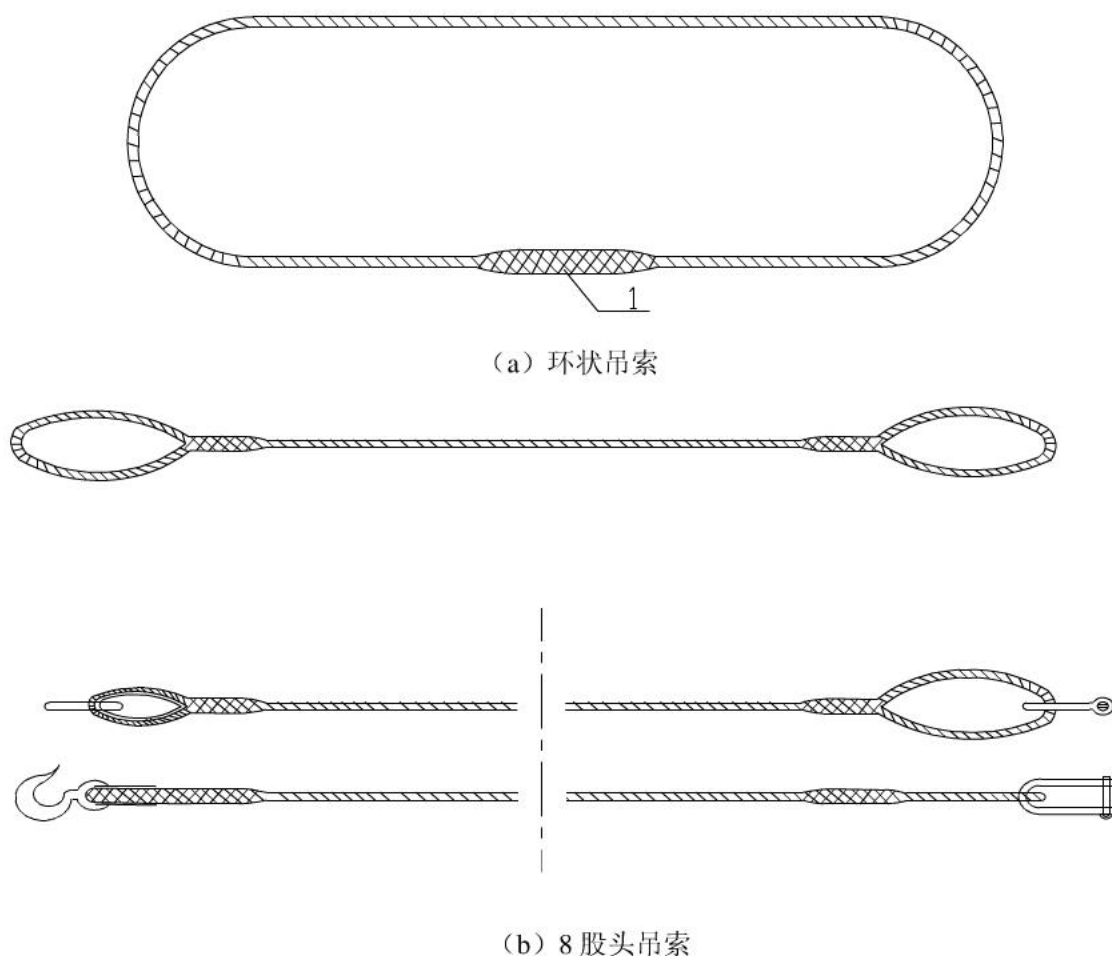


图 4. 3. 1-1 吊索

2) 吊索的绳环或两端的绳套应采用编插接头，编插接头的长度不应小于钢丝绳直径的 20 倍。8 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。

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

4) 吊索与所吊构件间的水平夹角应为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。其计算拉力按表 A. 0. 2 选用。

2 吊索附件

1) 使用梨形环时，应取表 A. 0. 3 与表 4. 3. 1 中的较小值。

表 4. 3. 1 使用梨形环时的钢丝绳强度降低率表

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

2) 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、锐角等现象存在，否则严禁使用。吊钩应每年检查一次，不合格者应停止使用。

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

4.3.2 横吊梁应采用 A3 钢材,必须经过设计计算,计算方法应按附录 B 进行,并应设计制作。

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、吊钩等各部件有无裂缝和损伤,滑轮转动是否灵活,润滑是否良好。

2 滑轮应按其标定的允许荷载值使用(见表 C.0.1)。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,但“三三”以上滑轮组应采用花穿法。滑轮组穿绕后,应开动卷扬机或驱动绞磨慢慢将钢丝绳收紧和试吊,检查有无卡绳、磨绳的地方,绳间摩擦及其它部分是否运转良好,如有问题,应立即修正。

4 滑轮的吊钩或吊环应与所起吊构件的重心在同一垂直线上。如因溜绳歪拉构件,而使滑轮组歪斜,应在计算和选用滑轮组前予以考虑。

5 滑轮使用前都应刷洗干净,并擦油保养,轮轴应经常加油润滑,严防锈蚀和磨损。

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、动滑轮之间应保持 1.5m 的最小距离。

8 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,并应每三个月检查保养一次。

9 滑轮和滑轮组的跑头拉力、牵引行程和速度应按下列规定计算:

1) 滑轮组的跑头拉力,应按下列式计算:

$$F = \alpha Q \quad (4.4.1-1)$$

$$\alpha = \frac{\xi^{m+n-1}(\xi-1)}{\xi^{m-1}} \quad (4.4.1-2)$$

式中: F ——跑头拉力;

α ——滑轮组的省力系数,其值按(4.4.1-2)式计算或按表 C.0.2 选用。

Q ——计算荷载,等于吊重乘以动力系数 1.5;

m ——滑轮组工作绳数;

n ——导向滑轮个数。当跑头由定滑轮引出时, n 为实际导向滑轮组数加 1;当跑头由动滑轮引出时, n 为实际导向滑轮组数;

ξ ——单个滑轮的阻力系数:滚珠轴承取 1.02,有钢衬套取 1.04,无衬套轴承取 1.06。当 $\xi = 1.04$ 时,

α 值可按表 C.0.2 选用。

2) 滑轮跑头牵引行程和速度应按下列式计算:

$$u = mh \quad (4.4.1-3)$$

$$v = mv_1 \quad (4.4.1-4)$$

式中: u ——跑头牵引行程;

m ——滑轮组工作绳数;

h ——吊件的上升行程；
 v ——跑头的牵引速度；
 v_1 ——吊件的上升速度。

4. 4. 2 卷扬机的使用应符合下列规定：

1 手摇卷扬机只可用于小型构件吊装、拖拉吊件或拉紧缆风绳等用。钢丝绳牵引速度应为 0.5~3m/min，并严禁超过其额定牵引力。

2 大型构件的吊装必须采用电动卷扬机，钢丝绳的牵引速度应为 7~13m/min，并严禁超过其额定牵引力。

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，如有问题，应及时修理解决，否则严禁使用。

4 卷扬机应当安装在吊装区外，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 45°。

5 起重用钢丝绳应与卷扬机卷筒轴线方向垂直，钢丝绳的最大偏离角不得超过 6°，导向滑轮到卷筒的距离不得小于 18m，也不得小于卷筒宽度的 15 倍。

6 用于起吊作业的卷筒在吊装构件时，卷筒上的钢丝绳必须最少保留 5 圈。

7 卷扬机的电气线路应经常检查，保证电机运转良好，电磁抱闸和接地安全有效，无漏电现象。

8 电动卷扬机的牵引力和钢丝绳速度应按下列公式计算：

1) 卷筒上钢丝绳的牵引力：

$$F = 1.02 \times \frac{P_H \eta}{v} \quad (4. 4. 2-1)$$

$$\eta = \eta_0 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \cdots \eta_n \quad (4. 4. 2-2)$$

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 $\eta_0 = 0.96$ ；

$\eta_1, \eta_2 \cdots \eta_n$ ——传动机构效率，按表 4. 4. 2 选用。

表 4. 4. 2 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 滚动轴承	0.93~0.95 0.95~0.96
	闭式传动 稀油润滑	滑动轴承 滚动轴承	0.95~0.96 0.96~0.98

2) 钢丝绳速度：

$$v = \pi D \omega \quad (4.4.2-3)$$

$$\omega = \frac{\omega_H i}{60} \quad (4.4.2-4)$$

$$i = \frac{n_Z}{n_B} \quad (4.4.2-5)$$

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。

4.4.3 倒链（手动葫芦）的使用应符合下列规定：

- 1 使用前应进行检查，倒链的吊钩、链条、轮轴、链盘等应无锈蚀、裂纹、损伤，传动部分应灵活正常，否则严禁使用。
- 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 在-10℃以下时，起重量不得超过其额定起重值的一半，其它情况下，不得超过其额定起重值。
- 4 应均匀和缓地拉动链条，应与轮盘方向一致。不得斜向曳动，应防止跳链、掉槽、卡链现象发生。
- 5 倒链起重量或起吊构件的重量不明时，只可一人拉动链条，如一人拉不动应查明原因，严禁两人或多人一齐猛拉。
- 6 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，严防制动失灵。
- 7 倒链使用完毕后应拆卸清洗干净，并上好润滑油，装好后套上塑料罩挂好，妥善保管。

4.4.4 手扳葫芦应符合下列规定：

- 1 应只限于吊装中收紧缆风绳和升降吊篮使用。
- 2 使用前，应仔细检查并确保自锁夹钳装置夹紧钢丝绳后能往复作直线运动，否则严禁使用。使用时，待其受力后应检查并确保运转自如，确认无问题后，方可继续作业。
- 3 用于吊篮时，应于每根钢丝绳处拴一根保险绳，并将保险绳的另一端固定于可靠的结构上。
- 4 使用完毕后，应拆卸、洗涤、上油、安装复原，送库房妥善保管。

4.4.5 绞磨的使用应符合下列规定：

- 1 应只限于在起重量不大、起重速度要求不高和拔杆吊装作业中固定牵引缆风绳等使用。
- 2 牵引钢丝绳应从卷筒下方缠入，在绕4~6圈后从卷筒的上方退出。
- 3 绞磨必须放置平稳，绞磨架应用地锚固定牢靠，严格避免受力后发生跳高（悬空）、倾斜和滑动。
- 4 钢丝绳跑头应通过导向滑轮水平引入绞磨卷筒，跑绳应与磨芯中部成水平。绳尾应用人力拉梢并在木桩上绕一圈，始终保持拉紧状态，长出的多余钢丝绳应就地盘绕成圈，且圈内不得站人。拉梢人员应站在推杆旋转圈外。
- 5 作业人员应严格听从指挥，步调一致。严禁推杆人员踩踏起重钢丝绳。
- 6 中途停歇时，必须用制动器制动，推杆应用撬棍固定，且不宜离手，绳尾应固定在地锚上。严禁绞磨高速反转。
- 7 重物下降时，应转动推杆缓慢下降，严禁采用松动尾绳和绞磨高速反转的方法。

8 绞磨的牵引力应按下列公式计算：

$$F = \frac{nF_a L_a}{\xi r} \quad (4.4.5)$$

式中： F ——绞磨的牵引力；

F_a ——每人的平均推力；

n ——推绞磨的人数；

L_a ——人推力的作用点至绞磨轴中心距离；

ξ ——绞磨的阻力系数，取 1.2；

r ——卷筒的平均半径。

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予以更换，安装好后应检查各部配件运转是否灵活，对油压千斤顶还应检查阀门、活塞、皮碗是否完好，油液是否干净，稠度是否符合要求，若在负温情况下使用时，油液应不变稠、不结冻。

2 选择千斤顶，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，每台的额定起重量不得小于所分担构件重量的 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，以加大承压面积，防止千斤顶下陷或歪斜。与被顶升构件的光滑面接触时，应加垫硬木板，严防滑落。

4 设顶处必须是坚实部位，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、枕木垛是否正常，如有异常或千斤顶歪斜，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丝扣或活塞总高度的 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，严防千斤顶突然倾倒或回油。

4.5 地 锚

4.5.1 常用地锚构造与应用应符合下列规定：

1 立式地锚宜在不坚固的土壤条件下采用，其构造应符合下列规定（表 D.0.1-1~4）：

1) 必须在枕木、圆木、枋木地垄柱的下部后侧和中部前侧设置档木，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，地垄柱应露出地面 0.4~1m，并略向后倾斜。

3) 使用枕木或枋木做地垄柱时，应使截面的长边与受力方向一致。

4) 若荷载较大，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。

2 桩式地锚宜在有地面水或地下水位较高的地方采用，其构造应符合下列规定（表 D.0.2-1~3）：

1) 应用直径 180~330mm 的松木或杉木做地垄柱, 略向后倾斜打入地层中, 并于其前方距地面 0.4~0.9m 深处, 紧贴桩身埋置 1m 长的档木一根。

2) 桩长应为 1.5~2m。入土深度不应小于 1.5m, 地锚的生根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。

3 卧式地锚宜在永久性地锚或大型吊装作业中用, 其构造应符合下列规定 (表 D. 0. 3):

1) 应用一根或几根松木 (或杉木) 捆绑一起, 横置埋入地层中, 钢丝绳应根据作用荷载大小, 系结于横置木中部或两侧, 并用土石回填夯实。

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并经过计算确定。

3) 木料横置埋入深度宜为 1.5~3.5m。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档板立柱和档板。

4) 当卧式地锚作用荷载较大时, 地锚的生根钢丝绳应用钢拉杆代替。

4 岩层地锚宜在不易挖坑和打桩的岩石地带使用, 其构造应符合下列规定:

1) 应在地锚位置的岩层中打直径 40mm、深 1.5m 的孔眼, 眼数视作用荷载大小而定, 不宜少于 4 个眼孔, 且其中一孔应置于尾部, 作为保险钢钎的插孔。

2) 应将直径 32mm 的 3 号钢钎和 8~10 倍钢钎直径的圆木, 用钢丝绳捆在一起, 插入孔眼中, 并将缆风绳紧贴地面绑扎。

3) 当作用荷载较大时, 应将眼深和直径加大并打入钢轨。

5 混凝土地锚宜用于永久性或重型地锚, 受力拉杆应焊在混凝土中的型钢梁上。

4. 5. 2 地锚的埋设和使用应符合下列规定:

1 地锚的设置应按附录 D 中的方法进行设计和计算。

2 木质地锚应使用剥皮落叶松、杉木。严禁使用油松、杨木、柳木、桦木、椴木和腐朽、多节的木料。

3 卧木上绑扎生根钢丝绳的绳环应牢固可靠, 横卧木四角应扣长 500mm 角钢加固, 并于角钢外再扣长 300mm 的半圆钢管保护。

4 生根钢丝绳的方向应与地锚受力方向一致。

5 重要地锚使用前必须进行试拉, 合格后方可使用。埋设不明的地锚未经试拉不得使用。

6 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 钢筋混凝土结构吊装

5.1 一般规定

5.1.1 构件的运输应符合下列规定：

- 1 运输前应对构件的质量和强度进行检查核定，合格后方可出厂运输。
- 2 长、重和特型构件运输应制定运输技术措施，并严格执行。
- 3 运输道路应平整坚实，有足够的宽度和转弯半径。公路运输构件的装运高度不得超过 4m，过隧道时的装运高度不得超过 3.8m。
- 4 运输时，柱、梁板构件的混凝土强度不应低于设计值的 75%，桁架和薄壁构件或强度较小的细、长、大构件应达到 100%。后张法预应力构件的孔道灌浆强度应遵守设计规定，设计无规定时不应低于 15N/mm^2 。
- 5 构件运输时的受力情况应与设计一致，对“r”形等特型构件和平面不规则的梁板应分析确定支点。当受力状态不符合设计要求时，应对构件进行抗裂度验算，不足时应加固。
- 6 高宽比较大的构件的运输，应采用支承框架、固定架、支撑或用倒链等予以固定，不得悬吊或堆放运输。支承架应进行设计计算，保证稳定、可靠和装卸方便。
- 7 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。
- 8 运输时，各构件之间应用隔板或垫木隔开，上、下垫木应在同一垂线上，垫木应填塞紧密，且必须用钢丝绳及花篮螺栓将其连成一体拴牢于车箱上。

5.1.2 构件的堆放应符合下列规定：

- 1 构件堆放场地应平整压实，周围必须设排水沟。
- 2 构件应根据制作、吊装平面规划位置，按类型、编号、吊装顺序、方向依次配套堆放，避免二次倒运。
- 3 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。
- 4 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，应于其两侧设置支撑使其稳定，支撑不得少于 2 道。
- 5 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，其堆放高度应遵守以下规定：柱不宜超过 2 层；梁不宜超过 3 层；大型屋面板不宜超过 6 层；圆孔板不宜超过 8 层。堆垛间应留 2m 宽的通道。
- 6 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 柱子翻身时，应确保本身能承受自重产生的正负弯矩值。其两端距端面 $1/5 \sim 1/6$ 柱长处垫以方木或枕木垛。
- 2 屋架翻身时应验算抗裂度，不够时应予加固。当屋架高度超过 1.7m 时，应在表面加绑木、竹或钢管横杆增加屋架平面刚度，并于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成 70° 后，方可刹车。

5.1.4 构件拼装应符合下列规定：

- 1 采用平拼时，应防止在翻身过程中发生损坏和变形；采用立拼时，必须要有可靠的稳定措施。大跨度构件进行高空立拼时，必须搭设带操作台的拼装支架。
- 2 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 当构件无设计吊钩（点）时，应通过计算确定绑扎点的位置。绑扎的方法应保证可靠和摘钩简便安全。

2 绑扎竖直吊升的构件时，应符合下列规定：

1) 绑扎点位置应稍高于构件重心。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) 在柱子不翻身或不会产生裂缝时，可用斜吊绑扎法，否则应用直吊绑扎法。

3) 天窗架宜采用四绑扎。

3 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，一般应在距构件两端 $1/5 \sim 1/6$ 构件全长处进行对称绑扎。

2) 各支吊索内力的合力作用点（或称绑扎中心）必须处在构件重心上。

3) 屋架绑扎点宜在节点上或靠近节点。

4) 预应力混凝土圆孔板用兜索时，应对称设置，且与板的夹角必须大于 60° 。

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

5.1.6 构件起吊前，其强度必须符合设计规定，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，应按《建筑施工高处作业安全技术规范》（JGJ80）的规定设置盖板或围护。

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。多层厂房应先吊中间，后吊两侧，再吊角部，且必须对称进行。

5.1.9 作业前应清除吊装范围内的一切障碍物。

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，必须将柱底落实，每个柱面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，在柱子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，柱底脚与杯底四周每边应用不少于两块硬石块将柱脚卡死。采用缆风或斜撑校正的柱子，必须在杯口第二次浇筑的混凝土强度达到设计强度 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。混凝土强度应做试块检验，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，必须在基础杯口二次浇筑的混凝土达到设计强度 25% 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 号铁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（采用固定校正支杆在上弦可不设栏杆）；在两端，应站在悬挂于柱顶上的吊栏上进行，严禁站在柱顶操作。垂直度校正完毕并予以可靠固定后，方可摘钩。

- 2 吊装第一榀屋架（无抗风柱或未安装抗风柱）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，每边不得少于两根。当跨度大于 18m 时，宜增加缆风绳数量。
- 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 永久性的接头固定：当采用螺栓时，应在拧紧后随即将丝扣破坏或将螺帽与垫板、螺帽与丝扣焊牢；当采用电焊时，应在两端的两面相对同时进行；冬季应有预热和防止降温过快的措施。
- 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。就位后应用铁片垫实脱钩，并立即电焊固定。
- 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% 以上后，方可进行。
 - 2 多机抬吊多层“H”型框架柱时，递送作业的起重机必须使用横吊梁起吊。
 - 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；钢板接头各边分层对称施焊 $\frac{2}{3}$ 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，应采用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，严防高空散落。
- 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，必须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，必须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 型板时，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，但板的两端必须保证水平。
 - 3 吊装楼层板时，严禁采用叠压式，并严禁在板上站人或放置小车等重物或工具。

5.4 装配式大板结构吊装

- 5.4.1 吊装大板时，宜从中间开始向两端进行，并按先横墙后纵墙，先内墙后外墙，最后隔断墙的顺序逐间封闭吊装。
- 5.4.2 吊装时必须保证座浆密实均匀。
- 5.4.3 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° 。
- 5.4.4 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。
- 5.4.5 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。
- 5.4.6 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。
- 5.4.7 圈梁混凝土强度必须达到 75% 以上，方可吊装楼层板。

5.5 框架挂板及工业建筑墙板吊装

5.5.1 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，并严禁用铁丝捆扎。
- 2 挂板吊装就位后，应与主体结构（如柱、梁或墙等）临时或永久固定后方可脱钩。

5.5.2 工业建筑墙板吊装应符合下列规定：

- 1 各种规格墙板均必须具有出厂合格证。
- 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，吊索捆绑点距板端应不大于 $1/5$ 板长。吊索与水平面夹角应不小于 60° 。
- 3 就位和校正后必须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 钢构件必须具有制造厂出厂产品质量检查报告，结构安装单位应根据构件性质分类，进行复检。
- 6.1.2 预检钢构件的计量标准、计量工具和质量标准必须统一。
- 6.1.3 钢构件应按照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。
- 6.1.4 钢构件的堆放场地应平整干燥，构件应放平、放稳，并避免变形。
- 6.1.5 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完地脚螺栓后进行。
- 6.1.6 作业前应检查操作平台、脚手架和防风设施，确保使用安全。
- 6.1.7 雨雪天和风速超过 5m/s（气保焊 2m/s）而未采取措施者不得焊接。气温低于-10℃时，焊接后应采取保温措施。重要部位焊缝（柱节点、框架梁受拉翼缘等）应用超声波检查，其余一般部位应用超声波抽检或磁粉探伤。
- 6.1.8 柱、梁安装完毕后，在未设置浇筑楼板用的压型钢板时，必须在钢梁上铺设适量吊装和接头连接作业用的带扶手的走道板。
- 6.1.9 钢结构框架吊装时，必须设置安全网。
- 6.1.10 吊装程序必须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 单层钢结构厂房吊装

- 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 300~400mm 后，应对准螺栓或杯口缓慢就位，经初校后立即拧紧螺栓或打紧木楔（拉紧缆风绳）进行临时固定后方可脱钩。
 - 2 柱子校正后，必须立即紧固地脚螺栓和将承重垫板点焊固定，并应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用楔形铁片塞紧，必须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，确保吊装的稳定性要求，否则必须进行临时加固。
 - 2 屋架吊装就位后，应经校正和可靠的临时固定后方可摘钩。
 - 3 屋架永久固定应采用螺栓、高强螺栓或电焊焊接固定。
- 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临时固定好。
 - 2 起吊时，柱根部不得着地拖拉。
 - 3 吊装应垂直，吊点宜设于柱顶。吊装时严禁碰撞已安装好的构件。
 - 4 就位时必须待临时固定可靠后方可脱钩。

6.3.2 框架钢梁吊装应符合下列规定：

- 1 吊装前应按规定装好扶手杆和扶手安全绳。
- 2 吊装应采用二点吊，水平桁架的吊点位置，必须保证起吊后保持水平，并加设安全绳。
- 3 梁校正完毕，应及时用高强螺栓临时固定。

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，临时搁置必须采取可靠的支撑措施。
- 2 墙板与上部框架梁组合后吊装时，就位后应立即进行左右和底部的连接。

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。

6.3.5 高层钢结构框架节点的连接应符合下列规定：

1 高强螺栓连接

- 1) 高强螺栓的规格、材质、保管、发料应符合规定，有锈蚀和螺纹损坏者不得使用。
- 2) 同一节点的螺栓穿孔方向必须一致，螺栓与连接板的接触面之间应保证平整。
- 3) 摩擦面不得有锈蚀、污物、油脂、油漆等，否则应按规定进行清除处理。安装时，构件的摩擦面应保持干燥，不得在雨中作业。孔眼必须对准，错孔应按规定扩孔，严禁锤击穿孔。
- 4) 高强螺栓装上后，应立即按规定顺序和扭矩进行初拧。终拧应采用终拧电动扳手或长柄测力扳手，按规定终拧扭矩进行紧固。

5) 终拧后的螺栓应按（GNJ-205）检验，且宜尽快进行。

2 焊接连接

- 1) 焊接应在框架流水段校正和高强螺栓紧固后进行。
- 2) 焊接前的坡口必须全部符合标准要求，坡口焊应采用垫板和引弧焊板。
- 3) 当焊接母材厚度不大于 30mm 时，可采用手工焊；当大于 30mm 或在高层和超高层的作业时，宜采用半自动焊焊接。
- 4) 焊接的母材应按规定的温度和范围进行预热，未达到规定的最低预热温度时严禁焊接。
- 5) 柱节点和柱梁节点应采用人工对称焊，电流、焊条直径和焊接速度应力求相同。
- 6) 焊接施焊宜连续操作一次完成。大于 4h 焊接量的焊接，必须完成 2/3 以上方可停焊。间隙焊缝在焊接过程中不得停焊。

6.4 轻型钢结构吊装

6.4.1 轻型钢结构的组装应在坚实平整的拼装台上进行。组装接头的连接板必须平整。

6.4.2 焊接宜用小直径焊条（2.5~3.5mm）和较小电流进行，严禁发生咬肉和焊透等缺陷发生。焊接时应采取防变形措施。

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

6.4.4 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。

6.4.5 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。

6.5 钢塔架结构吊装

6.5.1 采用高空组装法吊装塔架时，其爬行桅杆必须经过设计计算确定；采用高空拼装法吊装塔架时，必须按节间分散进行。

6. 5. 2 采用整体安装法吊装塔架时，应符合下列规定：

1 必须保证塔架起扳用的两只扳铰与安装就位的同心度。

2 用人字拔杆起扳时，其高度不得小于塔架高度的 $1/3$ 。

3 对起重滑轮组和回直滑轮必须设置地锚。

4 起吊时各吊点应保证均匀受力。

5 塔架起扳至 80° 左右时，应停止起扳，待在起重滑轮组的反向回直滑轮组收紧使起重滑轮组失效后，再缓慢放松回直滑轮组将塔架就位。

6. 6 天线杆整体提升吊装

6. 6. 1 天线杆必须在塔身内进行整体组装。

6. 6. 2 塔架中心横隔孔道内每边宜设置一条滑道或设导向滑轮，应使天线杆应沿滑道提升。

6. 6. 3 提升吊装前，天线杆的底端宜设辅助钢架。

6. 6. 4 辅助钢架四周应各设一提升滑轮组，相对的两滑轮组宜共用一根钢丝绳，利用地面上的两导向轮进行串通。

6. 6. 5 天线设备应事先安装于天线杆上，做到一次提升。

6. 6. 6 提升用的卷扬机宜用可控调速卷扬机，保证提升动作的同步。

7 特种结构吊装

7.1 门式刚架吊装

- 7.1.1 轻型门架可采用一点绑扎，但吊点必须通过构件重心，中型和重型刚度应采用两点或三点绑扎。
- 7.1.2 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，悬臂端必须用工具式支撑架于两面支牢支稳。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，并在刚架间作可靠的临时固定后方可脱钩。
- 7.1.3 支撑架必须经过设计计算，且应便于移动和有足够的操作平台。
- 7.1.4 第一榀门架必须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。
- 7.1.5 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。
- 7.1.6 基础杯口二次灌浆的混凝土强度应达到 75% 以上方可吊装屋面板。

7.2 预应力 V 形折板吊装

- 7.2.1 吊装前应对支座的位置、尺寸和支承坡度进行严格检查，符合要求后方可吊装。
- 7.2.2 吊装必须采用多点起吊，吊点间距宜为 2.0~2.5m。起吊时，应用横吊梁使折板张开不小于 30°。
- 7.2.3 折板就位时，折板应均匀向两边张开，否则应吊起重重新就位。
- 7.2.4 折板就位后，应符合下列规定：
 - 1 每隔 2~3m 必须采用临时拉杆拉住折板上缘，临时拉杆（可采用花篮螺栓）初步受力后方可脱钩。
 - 2 折板调整后应立即将两块板的吊环相互焊接。
 - 3 如折板跨度过大时，应搭设一排脚手架临时支撑。
 - 4 吊装过程中，板上作业人员不得超过 5 人，且不得集中在一起。

7.3 升板法安装

- 7.3.1 提升前应符合下列规定：
 - 1 宜优先选用带电脑控制调平的提升设备。
 - 2 对提升设备的各个零部件，特别是穿心式提升机的丝杆和螺母必须进行仔细检查，确保良好，并应增设保险螺母。各运转零部件应加油润滑。
 - 3 提升机必须进行正反方向试运转。同一提升机的两根丝杠或提升钢绞线、液压油缸的升降速度必须一致。
 - 4 每一提升单元不宜超过 20 根柱，但也不宜少于 16 根柱，两提升单元间应用现浇板带连接。
 - 5 确定提升顺序和吊杆排列必须符合下列规定：
 - 1) 屋面板处于较低标高时，底层板应能在设计位置就位固定。
 - 2) 应使拆螺杆和吊杆的次数最少。
 - 3) 提升机与屋面板的距离，不得超过两个停歇孔。
 - 4) 采用两点吊时，吊杆的接头到上板底面的距离，必须大于一个行程（1.8m）。
- 7.3.2 正式提升前应先进试提升，试提升应遵守下列顺序：第一步开动四角千斤顶，提升 5~8mm，使板开始脱模；第二步开动板四周其余千斤顶，提升 5~8mm，使板继续脱模；第三步开动中间全部千斤顶，提升 5~8mm，使板全部脱模；第四步同时开动全部千斤顶，提升 30mm 后暂停，分别调整各点提升高度至同一水平后，方可正式提升。

- 7.3.3 正式提升过程中，必须保持板在允许升差范围内均衡上升。
- 7.3.4 板提升到停歇孔后，应及时用钢销插入停歇孔，用垫片找平后将板放下作临时搁置，板与柱之间应打入钢楔。
- 7.3.5 下层板提升到设计位置时，应及时在板柱间打入钢楔，并尽快浇筑板柱接头混凝土。

7.4 大跨度屋盖整体提升

- 7.4.1 提升设备安装后必须进行校正，确保上、下横梁销孔中心和屋架支座中心线处在同一铅直线上；同时在跨度方向使上、下横梁槽口中心和屋架吊点处在同一铅直线上。
- 7.4.2 应对提升设备进行载重调试，确保屋盖各吊点的水平高差不超过 2mm。
- 7.4.3 在正式提升前必须进行试提升，并对下列各项进行检查，确保达到措施要求：
- 1 检查提升设备、柱子、柱间临时支撑的工作情况。
 - 2 检查提升单元各构件有无异常情况。
 - 3 试验、检查指挥和通讯联络系统工作情况。
- 7.4.4 开始提升时，应用经纬仪观察柱顶摇晃情况和柱子垂直度有无变动。
- 7.4.5 整个提升过程中，应符合下列规定：
- 1 各吊点的升差必须控制在允许范围内。
 - 2 因让屋架通过而临时拆除的柱间连系杆，待屋架通过后，必须立即装上。
 - 3 在油压千斤顶活塞上升时，应及时旋升螺旋千斤顶使其与上横梁保持接触。
 - 4 钢带应居于上、下横梁槽口之中，钢带的连接螺丝应能顺利地进入槽口。
 - 5 千斤顶每一行程开始前，下横梁的钢销应取出。
- 7.4.6 屋盖单元被提升至高出设计标高 150mm，安装并拧紧垫梁与屋架支座板间的连接螺栓后，应分几次回油徐徐下降，每次下降不得超过 50mm，直至落实为止。

7.5 网架吊装

- 7.5.1 网架采用提升或顶升法吊装时应符合下列规定：
- 1 施工必须按施工组织设计的规定执行。
 - 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，方可参加施工。
 - 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。
 - 4 网架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。
 - 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。
 - 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按以下规定采用：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 在施工前必须进行试拼及试吊，确认无问题后方可正式吊装。
 - 8 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。

9 总拼时应选择合理的焊接工艺，减少焊接变形和焊接应力。总拼的各个支承点应防止出现不均匀下沉。

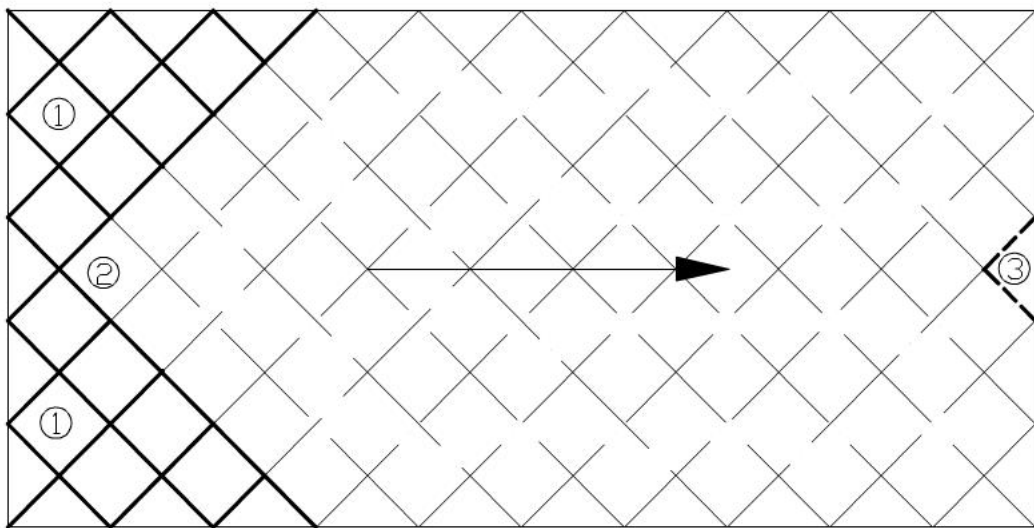
10 焊接节点网架所有焊缝应进行外观检查，并做好记录。对大、中型跨度钢管网架的拉杆与球的对接焊缝，应作无损探伤检验，其抽样数不得少于焊口总数 20%，质量标准应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》（GB50205）所规定的 2 级焊缝的要求。

7.5.2 网架采用高空散装法时应符合下列规定：

1 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。

2 搭设拼装支架时，支架上支撑点的位置应设于网架下弦的节点处。支架必须验算其承载力和稳定性，必要时试压，并应防止支柱下沉。

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 7.5.2）。



①~③——安装顺序

图 7.5.2 网架的安装顺序

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子间应绑两根杉杆作临时固定。其它各块就位后应用螺栓与已固定网架块体固定。同时下弦应用方木上放千斤顶顶住。

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

6 网架块体安装过程中，连接块体的高强螺栓必须随安装随紧固。

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。千斤顶必须有组织地逐次下落，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。

7.5.3 网架采用分条或分块安装时应符合下列规定：

1 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，并能保证自身的几何不变性，否则应采取临时加固措施。

2 为保证顺利拼装，在条与条或块与块的合拢处，可采用临时螺栓等固定措施。

3 设置独立的支撑点或拼装支架时，应符合本规范 7.5.2 条第 2 款的要求。

4 合拢时，应先用千斤顶将网架单元顶到设计标高，方可连接。

5 网架单元应减少中间运输，运输时应采取措施防止变形。

7.5.4 网架采用高空滑移法安装时应符合下列规定：

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。

2 当网架的平移跨度大于 50m 时，宜于跨中增设一条平移轨道。

3 网架平移用的轨道接头处应焊牢，轨道标高允许偏差为 10mm。网架上的导轨与导轮之间应预留 10mm 间隙。

4 网架两侧应采用同型号、同直径和同门数的滑轮及滑轮组，卷扬机选用同型号、同规格产品，卷扬机用的钢丝绳则应采用同类型、同规格的钢丝绳，并在卷筒上预留同样的钢丝绳圈数。

5 网架滑移时，两侧应同步前进。当同步差达 30mm 时，即应停机调整。

6 网架全部就位后，应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 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。

7.5.5 网架的整体吊装法应符合下列规定：

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。

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。

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。

4 网架拼装和就位时的任何部位离支承柱（包括牛腿等突出物）或拔杆的净距不得小于 100mm。

5 由于网架错位需要，对个别杆件可暂不组装，但必须取得设计单位的同意。

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 采用多根拔杆吊装时，拔杆安装必须垂直，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。采用单根拔杆吊装时，底座应采用球形万向接头。

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。

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

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。

7.5.6 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；上述各项允许偏差为 5mm。

3 各台提升装置同顺序号吊杆的长度应一致，其允许偏差为 5mm。

4 提升设备应按其额定负荷能力乘以以下折减系数使用：穿心式液压千斤顶取 0.5；电动螺杆升板机取 0.7；其它设备应通过试验确定。

5 网架提升应保证做到同步。

6 整体提升法的下部支承柱应进行稳定性验算。

7.5.7 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倍数，其标高允许偏差为 5mm，否则应用钢板垫平。

2 千斤顶应按其额定负荷能力乘以以下折减系数使用：丝杆千斤顶取 0.6，液压千斤顶取 0.7。

3 顶升时各项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必须与柱轴线对准。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。

8 建筑设备安装

8.1 一般规定

- 8.1.1 安装设备宜优先选用汽车吊或履带吊进行吊装。吊装时，起重设备的回转范围内禁止人员停留，起吊的构件严禁在空中长时间停留。
- 8.1.2 用滚动法装卸安装建筑设备时，应符合下列规定：
 - 1 滚杠的粗细应一致，长度应比托排宽度长 500mm 以上，严禁带手套填塞滚杠。
 - 2 滚道的搭设应平整、坚实，接头错开。装卸车滚道的坡度不得大于 20 度。
 - 3 滚动的速度不宜太大，必要时应设溜绳。
- 8.1.3 用拔杆吊装建筑设备时，应符合下列规定：
 - 1 多台卷扬机联合操作时，各卷扬机的牵引速度宜相同。
 - 2 建筑设备各吊点的受力宜均匀。
- 8.1.4 采用旋转法或扳倒法安装建筑设备时，应符合下列规定：
 - 1 设备底部应安装具有抵抗起吊过程中水平推力的铰腕，在建筑设备的左右应设溜绳。
 - 2 回转和就位应平缓。
- 8.1.5 在架体或建筑物上安装建筑设备时，应符合下列规定：
 - 1 强度和稳定性应满足安装和使用要求。
 - 2 设备安装定位后，应及时按要求进行连接紧固或焊接，完毕之后方可摘钩。

8.2 龙门架安装、拆除

- 8.2.1 基础应高出地面并做好排水措施。
- 8.2.2 分件安装时，应符合下列规定：
 - 1 用预埋螺栓将底座固定在基础上，找平找正后，把吊篮置于底板中央。
 - 2 安装立柱底节，并两边交错进行，以后每安装两个标准节（不大于 8m）必须做临时固定，并按规定安装和固定附墙架或缆风。
 - 3 严格注意导轨的垂直度，任何方向允许偏差为 10mm，并在导轨相接处不得出现折线和过大间隙。
 - 4 安装至预定高度后，应及时安装天梁和各项制动、限速保险装置。
- 8.2.3 整体安装时，应符合下列规定：
 - 1 整体搬起前，应对两立柱及架体做检查，如原设计不能满足起吊要求则不能起吊。
 - 2 吊装前应于架体顶部系好缆风绳和各种防护装置。
 - 3 吊点应符合原图纸规定要求，起吊过程中应注意观察立柱弯曲变形情况。
 - 4 起吊就位后应初步校正垂直度，并紧固底脚螺栓、缆风绳或安装固定附墙架，经检查无误后，方可摘除吊钩。
- 8.2.4 应按规定要求安装固定卷扬机。
- 8.2.5 应严格执行拆除方案，采用分节或整体拆除方法进行拆除。

附录 A 索具的规格和性能指标

A. 0. 1 钢丝绳的主要数据应符合表 A. 0. 1-1, 2, 3 的规定。

表 A. 0. 1-1 6×19 钢丝绳的主要数据

直径		钢丝绳总 截面积	线质量	钢丝绳容许拉应力[Fg]/A (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		(mm ²)	(kg/100m)	钢丝绳破断拉力总和 不小于 (kN)				
6.2	0.4	14.32	13.53	20.0	22.1	24.3	26.4	28.6
7.7	0.5	22.37	21.14	31.3	34.6	38.0	41.3	44.7
9.3	0.6	32.22	30.45	45.1	49.9	54.7	59.6	64.4
11.0	0.7	43.85	41.44	61.3	67.9	74.5	81.1	87.7
12.5	0.8	57.27	54.12	80.10	88.7	97.3	105.5	114.5
14.0	0.9	72.49	68.50	101.0	112.0	123.0	134.0	144.5
15.5	1.0	89.49	84.57	125.0	138.5	152.0	165.5	178.5
17.0	1.1	103.28	102.30	151.5	167.5	184.0	200.0	216.5
18.5	1.2	128.87	121.80	180.0	199.5	219.0	238.0	257.5
20.0	1.3	151.24	142.90	211.5	234.0	257.0	279.5	302.0
21.5	1.4	175.40	165.80	245.5	271.5	298.0	324.0	350.5
23.0	1.5	201.35	190.30	281.5	312.0	342.0	372.0	402.5
24.5	1.6	229.09	216.50	320.5	355.0	389.0	423.5	458.0
26.0	1.7	258.63	244.40	362.0	400.5	439.5	478.0	517.0
28.0	1.8	289.95	274.00	405.5	449.0	492.5	536.0	579.5
31.0	2.0	357.96	338.30	501.0	554.5	608.5	662.0	715.5
34.0	2.2	433.13	409.30	306.0	671.0	736.0	801.0	
37.0	2.4	515.46	487.10	721.5	798.5	876.0	953.5	
40.0	2.6	604.95	571.70	846.5	937.5	1025.0	1115.0	
43.0	2.8	701.60	663.00	982.0	1080.5	1190.0	1295.0	
46.0	3.0	805.41	761.10	1125.0	1245.0	1365.0	1490.0	

注：表中粗线左侧可供应光面或镀锌钢丝绳，右侧只供应光面钢丝绳。

表 A. 0. 1-2 6×37 钢丝绳的主要数据

直径		钢丝绳总 截面积	线质量	钢丝绳容许拉应力[F _g]/A (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		(mm ²)	(kg/100m)	钢丝绳破断拉力总和 不小于 (kN)				
8.7	0.4	27.88	26.21	39.0	43.2	47.3	51.5	55.7
11.0	0.5	43.57	40.96	60.9	67.5	74.0	80.6	87.1
13.0	0.6	62.74	58.98	87.8	97.2	106.5	116.0	125.0
15.0	0.7	85.39	80.57	119.5	132.0	145.0	157.5	170.5
17.5	0.8	111.53	104.8	156.0	172.5	189.5	206.0	223.0
19.5	0.9	141.16	132.7	197.5	213.5	239.5	261.0	282.0
21.5	1.0	174.27	163.3	243.5	270.0	296.0	322.0	348.5
24.0	1.1	210.87	198.2	295.0	326.5	358.0	390.0	421.5
26.0	1.2	250.95	235.9	351.0	388.5	426.5	464.0	501.5
28.0	1.3	294.52	276.8	412.0	456.5	500.5	544.5	589.0
30.0	1.4	341.57	321.1	478.0	529.0	580.5	631.5	683.0
32.5	1.5	392.11	368.6	548.5	607.5	666.5	725.0	784.0
34.5	1.6	446.13	419.4	624.5	691.5	758.0	825.0	892.0
36.5	1.7	503.64	473.4	705.0	780.5	856.0	931.5	1005.0
39.0	1.8	564.63	530.8	790.0	875.0	959.5	1040.0	1125.0
43.0	2.0	697.08	655.3	975.5	1080.0	1185.0	1285.0	1390.0
47.5	2.2	843.47	792.9	1180.0	1305.0	1430.0	1560.0	
52.0	2.4	1003.80	743.6	1405.0	1555.0	1705.0	1855.0	
56.0	2.6	1178.07	1107.4	1645.0	1825.0	2000.0	2175.0	
60.5	2.8	1366.28	1234.3	1910.0	2115.0	2320.0	2525.0	
65.0	3.0	1568.43	1474.3	2195.0	2430.0	2665.0	2900.0	

注：表中粗线左侧可供应光面或镀锌钢丝绳，右侧只供应光面钢丝绳。

表 A. 0. 1-3 6×61 钢丝绳的主要数据

直径		钢丝总 截面积	线质量	钢丝绳容许拉应力[Fg]/A (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		(mm ²)	(kg/100m)	钢丝绳破断拉力总和				
				不小于 (kN)				
11.0	0.4	45.97	43.21	64.3	71.2	78.1	85.0	91.9
14.0	0.5	71.83	67.52	100.5	111.0	122.0	132.0	143.5
16.5	0.6	103.43	97.22	144.5	160.0	175.5	191.0	206.5
19.5	0.7	140.78	132.3	197.0	218.0	239.0	260.0	281.5
22.0	0.8	183.88	172.3	257.0	285.0	312.5	340.0	367.5
25.0	0.9	232.72	218.3	325.5	360.5	395.5	430.5	465.0
27.5	1.0	287.31	270.1	402.0	445.0	488.0	531.5	574.5
30.5	1.1	347.65	326.8	186.5	538.5	591.0	643.0	695.0
33.0	1.2	413.73	388.9	579.0	641.0	703.0	765.0	827.0
36.0	1.3	485.55	456.4	679.5	752.5	825.0	898.0	971.0
38.5	1.4	563.13	529.3	788.0	872.5	957.0	1040.0	1125.0
41.5	1.5	640.45	607.7	905.0	1000.0	1095.0	1195.0	1290.0
44.0	1.6	735.51	691.4	1025.0	1140.0	1250.0	1360.0	1470.0
47.0	1.7	830.33	780.5	1160.0	1285.0	1410.0	1535.0	1660.0
50.0	1.8	930.88	875.0	1300.0	1440.0	1580.0	1720.0	1860.0
55.5	2.0	1149.24	1080.3	1605.0	1780.0	1950.0	2125.0	2295.0
61.0	2.2	1390.58	1307.1	1945.0	2155.0	2360.0	2570.0	
66.5	2.4	1654.91	1555.6	2315.0	2565.0	2810.0	3060.0	
72.0	2.6	1942.22	1825.7	2715.0	3010.0	3300.0	3590.0	
77.5	2.8	2252.51	2117.4	3150.0	3490.0	3825.0	4165.0	
83.0	3.0	2585.79	2430.6	3620.0	4005.0	4395.0	4780.0	

注：表中粗线左侧可供应光面或镀锌钢丝绳，右侧只供应光面钢丝绳。

A. 0. 2 吊索的拉力计算及选择应符合表 A. 0. 2-1, 2 的规定

表 A. 0. 2-1 吊索的拉力计算表

简 图	夹角 α	吊索拉力 F	水平压力 H
	25°	1.18G	1.07G
	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

注：G——构件重力。

表 A. 0. 2-2 吊索选择表

钢 丝 绳 根 数	1	2	4	2		4				8		
重 物 自 重 10kN	吊 索 钢 丝 绳 与 重 物 的 水 平 夹 角											
	90°			60°	45°	30°	60°	45°	30°	60°	45°	30°
	吊 索 的 钢 丝 绳 直 径 （mm）											
1	15.5	11	11	13	13	15.5	11	11	11	11	11	11
2	22	15.5	11	17.5	19.5	22	13	13	15.5	11	11	11
3	26	19.5	13	19.5	22	26	15.5	15.5	19.5	11	11	13
4	30.5	22	15.5	24	26	30.5	17.5	19.5	22	13	13	15.5
5	35	24	17.5	26	28.5	35	19.5	19.5	24	13	15.5	17.5
6	37	26	19.5	28.5	30.5	37	19.5	22	26	15.5	15.5	19.5
7	43.5	28.5	19.5	30.5	35	43.5	22	24	28.5	15.5	17.5	19.5
8	43.5	30.5	22	32.5	37	43.5	24	26	30.5	17.5	17.5	22
9	47.5	32.5	24	35	39	47.5	24	28.5	32.5	17.5	19.5	24
10	47.5	35	24	37	43.5	47.5	26	28.5	35	19.5	22	24
15	60.5	43.5	30.5	39	52	60.5	32.5	35	43.5	24	26	30.5
20	——	47.5	35	47.5	56.5	——	37	43.5	47.5	26	28.5	35

注：上表是选用容许拉应力、6×37 型钢丝绳制作吊索，钢丝绳安全系数取 10 计算的。

A. 0. 3 梨形环规格应符合表 A. 0. 3 的规定

表 A. 0. 3 梨形环规格 (mm)

简 图	号码	容许荷载 (kN)	钢丝绳直 径(mm)	B	D	H	h	h ₁	R(≥)
	0.1	1	6.5	9	15	26	2	4	3.5
	0.2	2	8	11	20	32	3	4	4.5
	0.3	3	9.5	13	25	40	3	5	5.5
	0.4	4	11.5	15	30	48	3	7	6.5
	0.8	8	15	20	40	64	4	8	8.5
	1.3	13	19	25	50	80	5	10	10.5
	1.7	17	21.5	27	55	88	6	12	11.5
	1.9	19	22.5	29	60	96	8	13	12.5
	2.4	24	28	34	70	112	10	15	14.5
	3.0	30	31	38	75	120	12	17	16
	3.8	38	34	48	90	144	14	20	18
	4.5	45	37	54	105	168	16	22	20

注：材料为 A3 钢。

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、吊环径和吊环的截面应依起重量大小，按卡环的计算原则进行计算。

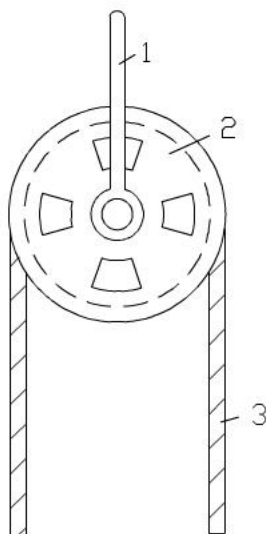


图 B. 0. 1 滑轮横吊梁
1-吊环； 2-滑轮； 3-吊索

B. 0. 2 钢板横吊梁（图 B. 0. 2）的计算应符合下列规定：

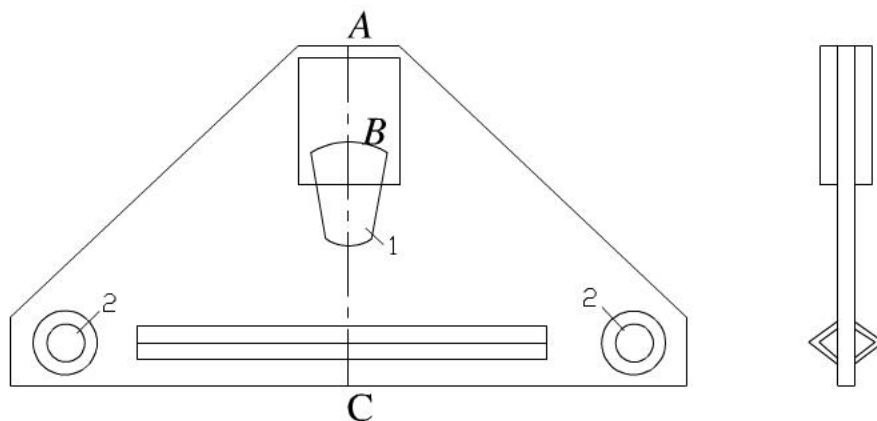


图 B. 0. 2 钢板横吊梁
1-挂钩孔； 2-挂卡环孔

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）的公式为：

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [f] \quad (\text{B. 0. 2-1})$$

式中： σ ——AC 截面受拉边缘的正应力；

τ ——AC 截面的剪应力；

$[f]$ ——钢材抗拉强度设计值，3 号钢取 140N/mm^2 。

3. 对挂钩孔壁、卡环孔壁局部承压验算公式为：

$$\sigma_{ce} = \frac{KG}{b \sum \delta} \leq [f_{ce}] \quad (\text{B. 0. 2-2})$$

式中： σ_{ce} ——孔壁计算承压应力；

K ——动力系数，取 1.5；

G ——构件的自重设计值；

b ——吊钩的计算厚度；

$\sum \delta$ ——孔壁钢板宽度的总和；

$[f_{ce}]$ ——钢材抗拉强度设计值，3 号钢取 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：

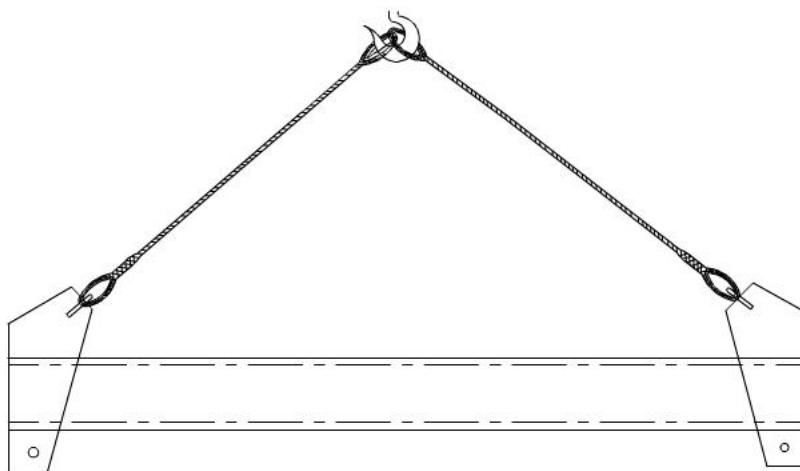


图 B. 0. 3 钢管横吊梁

1. 起吊构件时，承受轴力 N 和弯矩 M （钢管自重产生），荷载取构件自重设计值乘以 1.5 的动力系数。
2. 根据 $[\lambda] = 120$ 初选钢管截面。
3. 按压弯构件进行稳定验算，取钢材抗拉强度设计值 $[f] = 140\text{N/mm}^2$ 。

附录 C 滑轮的容许荷载和荷载系数

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	—	—	—	15.5	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 车 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
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. 0. 1 立式地锚的构造参数应符合表 D. 0. 1-1, 2, 3, 4 的规定

表 D. 0. 1-1 枕木单柱立式地锚的构造参数 (图 D. 0. 1-1)

作用荷载		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
荷载作用点至上下挡木中点距离 a_1	(mm)	500	500	600
上下挡木中心距离 a_2	(mm)	1200	1200	1200
土壤承压力	(N/mm ²)	0.2	0.2	0.23

注: 1. 枕木采用标准枕木, 其尺寸为 $160 \times 220 \times 2500\text{mm}$;

2. 上下挡木以截面长边贴靠地龙柱;

3. 地龙柱截面长边应与作用荷载方向一致;

4. 作用荷载宜与地龙柱垂直。

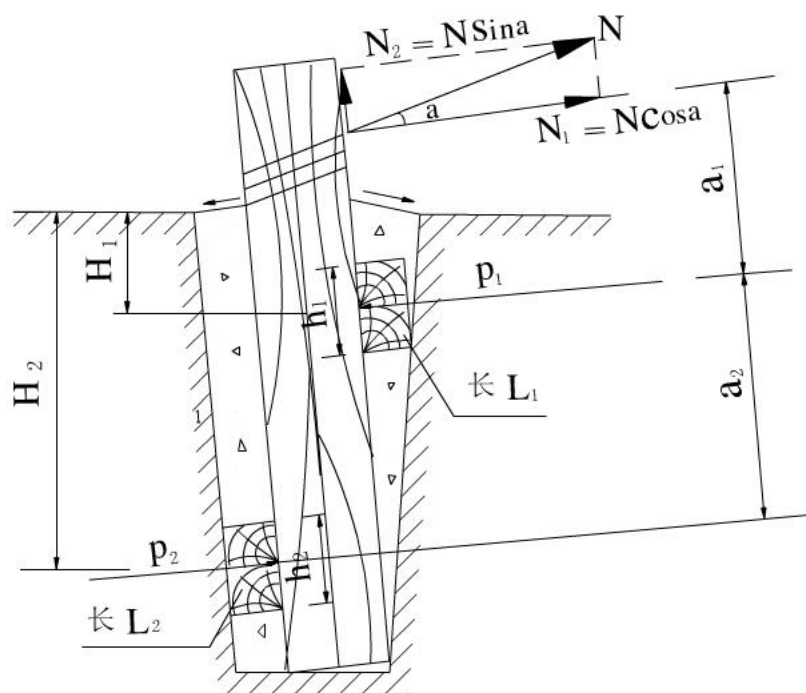


图 D. 0. 1-1 枕木单柱立式地锚

表 D. 0. 1-2 圆木单柱立式地锚的构造参数 (图 D. 0. 1-2)

作用荷载	(kN)	10	15	20
a ₁	(mm)	500	500	500
a ₂	(mm)	900	900	900
b ₁	(mm)	1600	1600	1600
挡木长 L ₁	(mm)	1000	1000	1200
地龙柱直径 d	(mm)	180	200	220
土壤承压力	(N/mm ²)	0.25	0.25	0.25

注：1. 上下挡木等长；
2. 挡木直径与地龙柱直径相同。

表 D. 0. 1-3 圆木双柱立式地锚的构造参数 (图 D. 0. 1-3)

作用荷载	土壤承压力	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
kN	(N/mm 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

注：挡木直径与地龙柱直径相同。

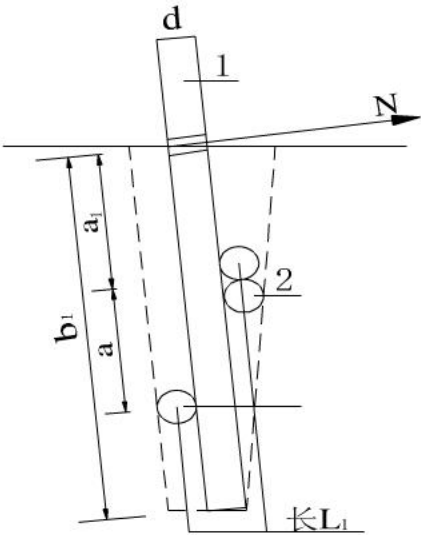


图 D. 0. 1-2 圆木单柱立式地锚
1 地龙柱； 2 上挡木； 3 下挡木

表 D. 0. 1-4 圆木三柱立式地锚的构造参数 (图 D. 0. 1-4)

作用荷载	土壤承压力	a_1	b_1	c_1	L_1	d_1	a_2	b_2	c_2	e_2	L_2	d_2	a_3	b_3	c_3	e_3	L_3	d_3
kN	(N/mm^2)	(mm)																
60	0.25	500	1600	900	1000	180	500	1500	900	900	1000	220	500	1500	900	900	1200	280
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

注：挡木直径与地龙柱直径相同。

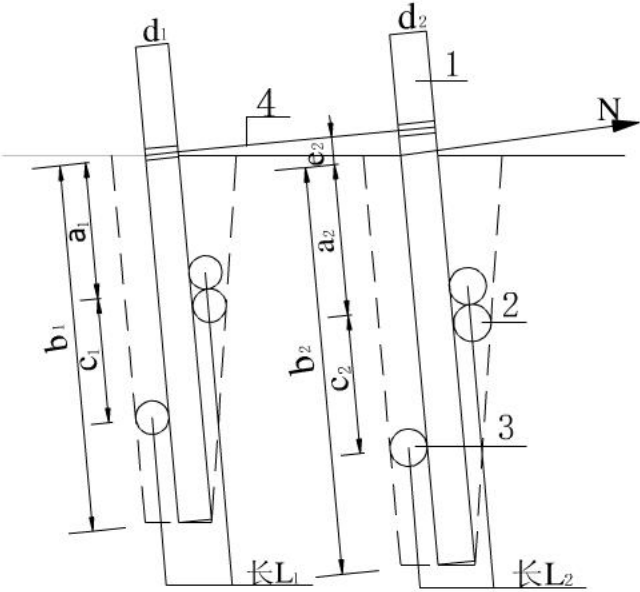
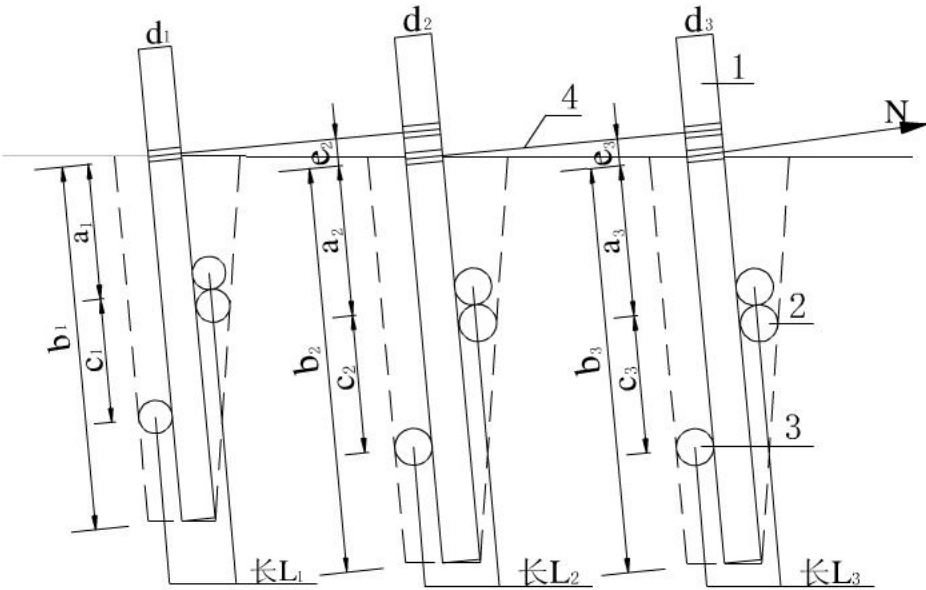


图 D. 0. 1-3 圆木双柱立式地锚
1-地龙柱； 2-上挡木； 3-下挡木； 4-绳索



D. 0. 1-4 圆木三柱立式地锚
1-地龙柱； 2-上挡木； 3-下挡木； 4-绳索

D. 0. 2 立式地锚的受力计算

立式地锚适用于不坚硬的土壤条件。是将枕木（方木）或圆木斜放在地坑中（图 D.0.1），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，将地龙柱卡住，上下挡木可使用枕木（方木）或圆木。地坑用土石回填并夯实，表面应略高于自然地坪，地坑深度应大于 1.5m，地龙柱露出地面 0.4~1m，并略向后倾斜，钢丝绳固定在地龙柱的端头上。使用枕木（方木）做地龙柱时，注意使截面上较长的一边与受力方向一致。

由枕木做成的立式地锚，若地龙柱的上下挡木用两根枕木时，承受的拉力为 30KN；若用四根枕木时，承受的拉力可达 80KN。

若荷载很大，单柱立式地锚（图 D.0.1—1，2）不能承受时，可在其后侧增加一个或两个单柱立式地锚，用绳索连接，共同受力，称为双柱立式地锚（图 D.0.1—3）或三柱立式地锚（图 D.0.1—4）。

立式地锚的计算主要有以下几个方面：

1. 地锚的抗拔应按下式计算：

$$KN_2 \leq \mu(P_1 + P_2) \quad (\text{D. 0. 2-1})$$

$$P_1 = \frac{N_1(a_1 + a_2)}{a_2} \quad (\text{D. 0. 2-2})$$

$$P_2 = \frac{N_1 a_1}{a_2} \quad (\text{D. 0. 2-3})$$

式中： P_1 ——上挡木处的水平反力；

P_2 ——下挡木处的水平反力；

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 $K \geq 2$ ；

N_2 ——地锚荷载 N 沿地锚轴向的分力。

N_1 ——地锚荷载 N 垂直地锚轴向的分力；

a_1 —— N_1 至 P_1 的竖直距离；

a_2 —— P_1 至 P_2 的竖直距离。

2. N_1 对土体产生的压力应按下式计算：

$$\frac{P_1}{h_1 L_1} \leq \eta f_{H1} \quad (\text{D. 0. 2-4})$$

$$\frac{P_2}{h_2 L_2} \leq \eta f_{H2} \quad (\text{D. 0. 2-5})$$

式中： f_{H1} 、 f_{H2} ——深度 H_1 、 H_2 处的土壤承载力设计值。

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

(γ 为土的重力密度, ψ 为内摩擦角, 采用 45°) 计算。

η ——土壤承载力降低系数, 取 0.25~0.7;

h_1 、 h_2 ——为上、下挡木宽度;

L_1 、 L_2 ——为上、下挡木长度。

3. 地锚强度应按式计算:

$$\frac{N_2}{A_1} \pm \frac{N_1 a_1}{W_1} \leq f_t \quad (\text{D. 0. 2-6})$$

式中: A_1 ——地龙柱在 P_1 作用点处的横截面面积;

W_1 ——地龙柱在 P_1 作用点处的截面抵抗矩;

f_t ——木材抗拉、抗弯强度设计值。

D. 0. 3 桩式地锚的构造参数应符合表 D. 0. 3-1, 2, 3 的规定

表 D. 0. 3-1 单桩桩式地锚的构造参数 (图 D. 0. 3-1)

作用荷载	(kN)	10	15	20	30
A	(mm)	300	300	300	300
b	(mm)	1500	1200	1200	1200
C	(mm)	400	400	400	400
D	(mm)	180	200	220	260
土壤承压力	(N/mm ²)	0.15	0.2	0.23	0.31

注: 桩径系指平均直径, 挡木直径与桩直径相同, 挡木长 1m。

表 D. 0. 3-2 双桩桩式地锚的构造参数 (图 D. 0. 3-2)

作用荷载	土壤承压力	a_1	b_1	c_1	d_1	a_2	b_2	c_2	d_2
(kN)	(N/mm 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

注: 桩径系指平均直径, 挡木直径与桩直径相同, 挡木长 1m。

表 D. 0. 3-3 三桩桩式地锚的构造参数 (图 D. 0. 3-3)

作用 荷载	土壤 承压力	a_1	b_1	c_1	d_1	a_2	b_2	c_2	d_2	a_3	b_3	c_3	d_3
kN	(N/mm ²)	(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

注：桩径系指平均直径，挡木直径与桩直径相同，挡木长 1m。

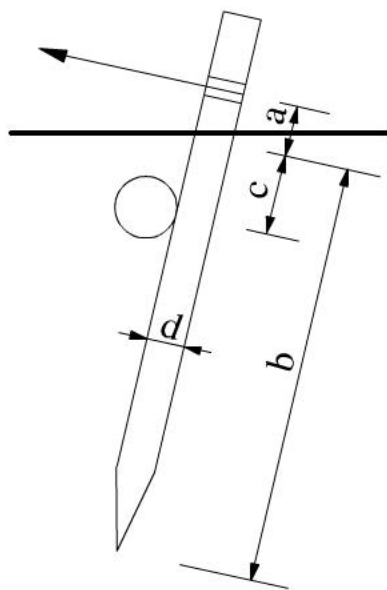


图 D. 0. 3-1 单桩式地锚

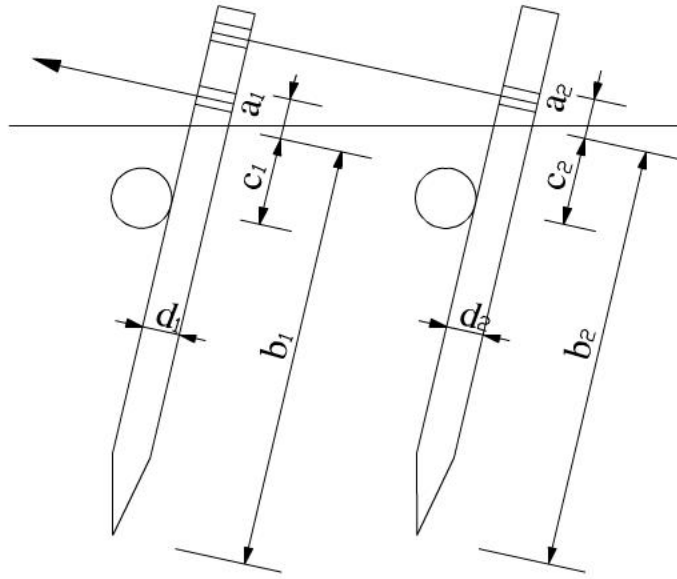


图 D. 0. 3-2 双桩式地锚

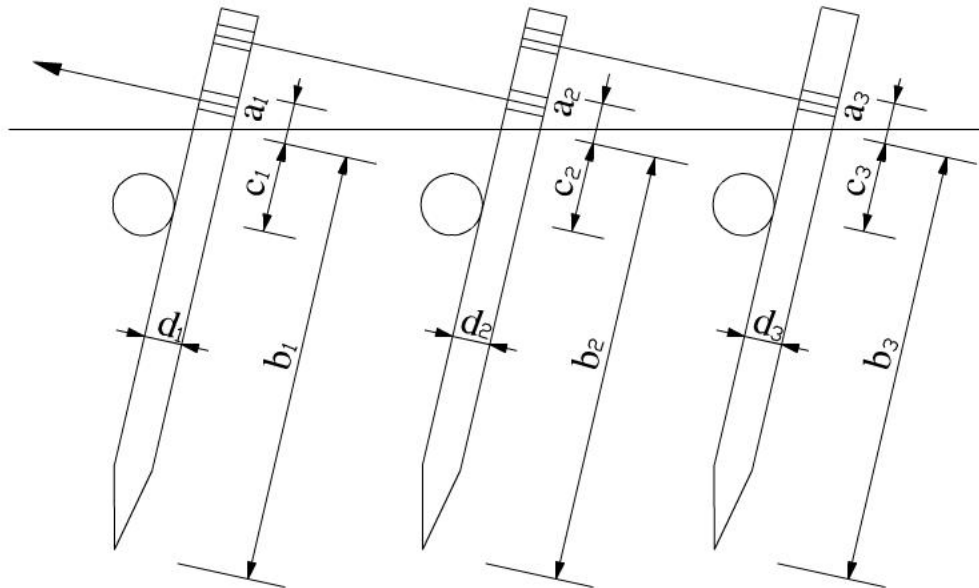


图 D. 0. 3-3 三桩式地锚

D. 0. 4 桩式地锚的受力计算 (图 D. 0. 4)

在有地表水或地下水位较高的地方，由于不便于挖设地坑，可采用打入土中一定深度的木桩来作地锚，称为桩式地锚。

桩式地锚通常采用直径 180mm~330mm，长度 1.5m~2m 的松木或杉木略向后倾斜打入土中，入土深度为 1.2m~1.5m，还可在其前方距地面 0.4m~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。若荷载很大，可将两根或三根桩用绳索或木板连在一起，组成双桩或三桩桩式地锚（见图 D.0.3—1，D.0.3—2，D.0.3—3）。

桩式地锚的计算主要有以下几个方面：

1. 地锚的抗拔应按下列式计算：

$$KN_2 \leq \mu_1 F_1 + \mu_2 F_2 \quad (\text{D. 0. 4-1})$$

$$F_1 = \frac{N_1(3a_1 + 2a_2)}{2a_2} \quad (\text{D. 0. 4-2})$$

$$F_2 = \frac{3N_1a_1}{2a_2} \quad (\text{D. 0. 4-3})$$

式中： μ_1 、 μ_2 ——摩擦系数，取 $\mu_1 = 0.34$ 、 $\mu_2 = 0.42$ ；

F_1 、 F_2 ——分别为上挡木反力及下部土壤反力的合力；

K ——安全系数，取 $K \geq 2$ ；

N_2 ——地锚载荷 N 沿地锚轴向的分力；

N_1 —— N 对垂直地锚轴向的分力；

a_1 、 a_2 ——分别为 N_1 至 F_1 和 F_2 至桩尖之间的轴向距离。

2. N 对地锚轴向的垂直分力应按下列式计算：

$$\frac{F_1}{d_1 l_1} \leq \eta f_{H1} \quad (\text{D. 0. 4-4})$$

$$\frac{F_2}{da_2} \leq 0.8 \eta f_{H2} \quad (\text{D. 0. 4-5})$$

3. 地锚强度应按下列式计算：

$$\frac{N_2}{A_1} \pm \frac{N_1 a_1}{W_1} \leq f_t \quad (\text{D. 0. 4-6})$$

式中没标注的符号同立式地锚。

D. 0. 5 卧式地锚的构造参数应符合表 D.0.5 的规定

表 D. 0. 5 卧式地锚的构造参数

作用荷载 (kN)	28	50	76	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 × $\varnothing 200$	2×1200 × $\varnothing 200$	3×1500 × $\varnothing 220$	3×1500 × $\varnothing 220$
压板(密排直径 100mm 圆木) 长×宽 (mm)×(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=16kN/m³，土壤内摩擦角 45°，木材的强度设计值取为 11kN/m m²。

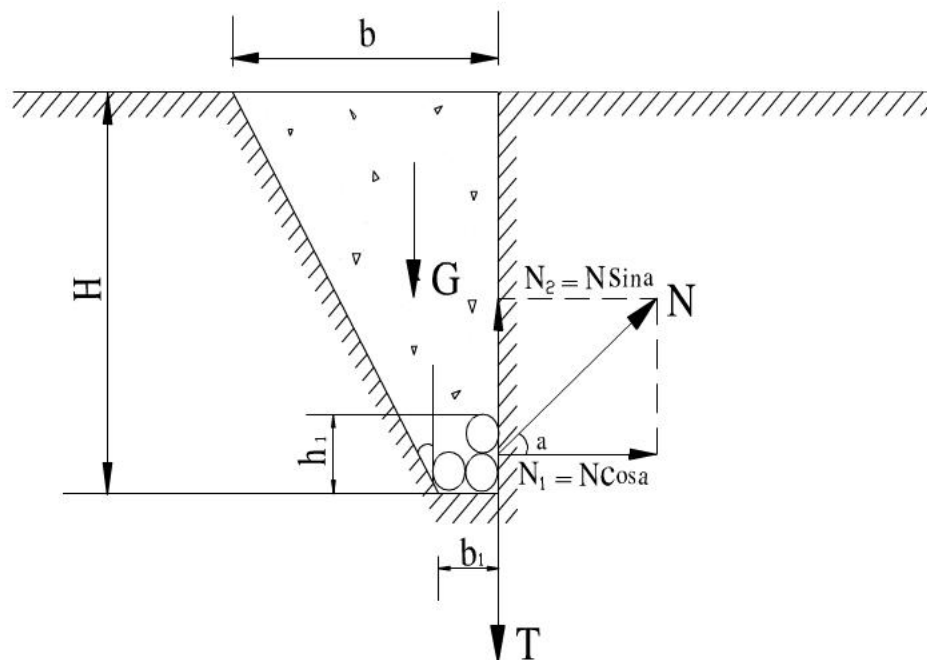


图 D. 0. 6-1 卧式地锚计算

D. 0. 6 卧式地锚的受力计算（图 D. 0. 6）：

卧式地锚为一根或几根木料捆绑在一起，横置埋入土中，绳索在木料中部绑扎一点或两点，然后用土石回填夯实。埋置深度一般为 1.5m~3.5m。当作用荷载超过 75kN 时，应在横置木料上增加压板，当作用荷载超过 150kN 时，应增设挡板和挡板立柱，若卧式地锚承受的荷载很大，钢丝绳可用钢拉杆代替。

卧式地锚的计算主要有以下几个方面：

1. 竖向分力作用下抗拔应按下式计算：

$$KN_2 \leq G + T \quad (\text{D. 0. 6-1})$$

$$G = \frac{b + b'}{2} h L \gamma \times 0.9 \quad (\text{D. 0. 6-2})$$

$$b' = b + h \tan \varphi \quad (\text{D. 0. 6-3})$$

式中：K——安全系数，一般取 $K \geq 3$ ；

N_2 ——地锚荷载 N 的垂直分力；

G——土体重力标准值×0.9；

L ——横置木料长度；
 γ ——回填土石的重力密度；
 b ——横木宽度；
 b' ——压力区有效宽度；
 φ ——土的内摩擦角，松土为 $15^\circ \sim 20^\circ$ ；一般土为 $20^\circ \sim 30^\circ$ ；坚硬土取 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。
 h ——横木埋置深度；

T ——摩擦阻力， $F = \mu N_1$ 。

其中 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。

2. 水平分力作用下的土体承载力应按下式计算：

在无木壁时的土体承载力计算：

$$\frac{N_1}{h_1 L} \leq \eta f_h \quad (\text{D. 0. 6-4})$$

式中： f_h ——深度 h 处土的承载力设计值；

η ——土容许承载力降低系数，取 0.5~0.7；

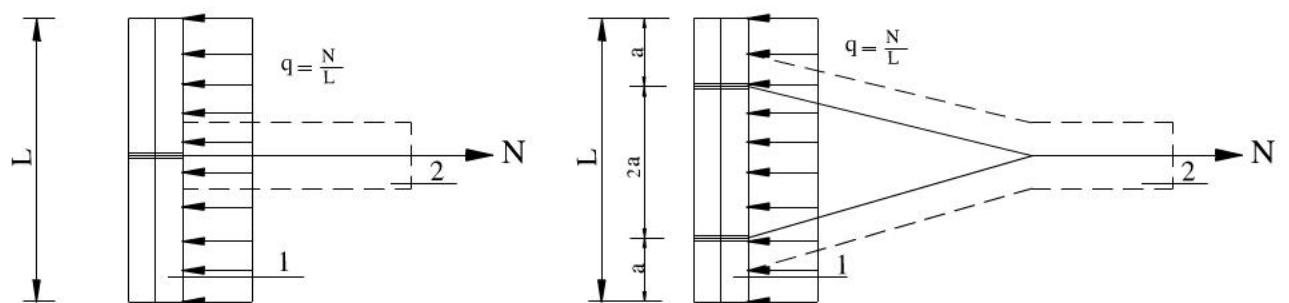
h_1 ——横置木高度。

在有木壁时的土体承载力计算：

$$\frac{N_1}{(h_1 + h')L} \leq \eta f_h \quad (\text{D. 0. 6-5})$$

式中： h' ——横置木顶至木壁顶的距离。

3. 横置木的强度应按下式计算（图 D. 0. 6）



1—横置木； 2—土槽

图 D. 0. 6-2 横置木强度计算

(a)一根索的横置木计算；

(b)两根索的横置木计算

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：

$$\frac{M}{W} \leq f_m \quad (\text{D. 0. 6-6})$$

式中： f_m ——木材（松木、杉木）抗弯强度设计值；

M ——横木地锚荷载 N 引起的最大弯矩 $M = NL/8$

W ——中部圆形截面的抵抗矩。

若为矩形截面，应按双向受弯构件计算：

$$\frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \leq f_m \quad (\text{D. 0. 6-7})$$

$$M_x = \frac{N_1 L}{8} \quad (\text{D. 0. 6-8})$$

$$M_y = \frac{N_2 L}{8} \quad (\text{D. 0. 6-9})$$

式中： M_x 、 M_y ——横木水平和垂直分力 N_1 与 N_2 的弯矩；

W_x 、 W_y ——横木水平和垂直方向横截面抵抗矩。

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：

$$\frac{N_0}{A} \pm \frac{M f_c}{W f_m} \leq f_c \quad (\text{D. 0. 6-10})$$

$$M = \frac{N a^2}{2L} \quad (\text{D. 0. 6-11})$$

式中： N_0 ——横木的轴向压力， $N_0 = \frac{N}{2} \tan \beta$ ， β 为二绳索夹角之一半；

A ——小头绑扎点处的圆截面的截面面积；

M ——横木地锚荷载 N 在绑扎点处引起的弯矩；

W ——小头绑扎点处的圆截面的截面抵抗矩；

a ——横木端部到绳索或拉杆绑扎处的距离。

若为矩形截面，应按偏心双向受压构件计算：

$$\frac{N_0}{A} \pm \frac{M_x f_c}{W_x f_m} \pm \frac{M_y f_c}{W_y f_m} \leq f_c \quad (\text{D. 0. 6-12})$$

$$M_x = \frac{N_1 a^2}{2L} \quad (\text{D. 0. 6-13})$$

$$M_y = \frac{N_2 a^2}{2L} \quad (\text{D. 0. 6-14})$$

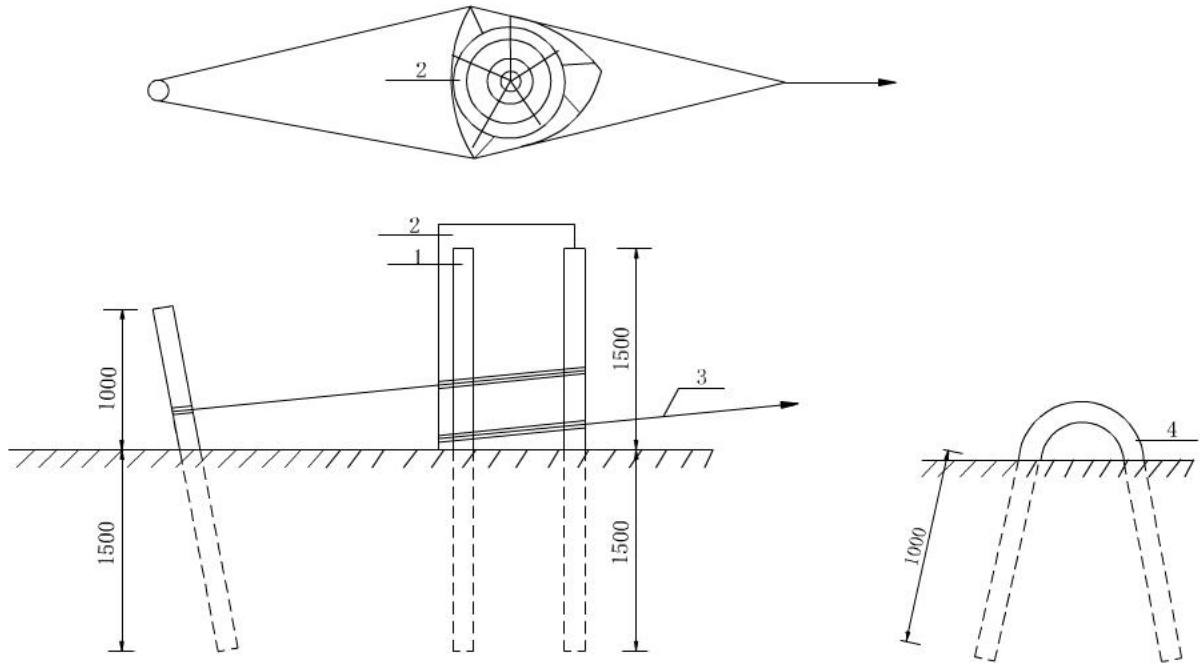
式中：A——矩形截面横截面面积；

M_x 、 M_y ——横木地锚荷载 N 的水平 and 垂直分力 N_1 与 N_2 在绑扎点处所引起的弯矩；

其余符号与前述相同。

D. 0. 7 岩层地锚的受力计算（图 D. 0. 7）：

在岩石地带可采用岩石地锚，这种地锚是在岩层中打眼，眼深约 1.5m，直径约 40mm，在眼中插入钢钎或圆钢。四眼地锚是在钢钎中间设置 250mm~300mm 直径的圆木，用生根钢丝绳将钢钎与圆木捆紧在一起即成；两眼地锚，眼深约 1m，间距 200mm，直径约 40mm，插入直径 32mm 的圆钢制成的 U 型锚栓，并灌注水泥砂浆即成。若作用荷载很大，可将眼深和直径加大，打入钢轨。



(a) 四根钢钎地锚 (b) 两根钢钎地锚

图 D. 0. 7 岩层地锚计算简图

1. 四根钢钎地锚应按下式计算（只考虑三根受力）（图 D. 0. 7 (a)）

1) 抗弯计算：

$$\frac{M}{\eta' W_x \text{ 或 } W'_x} \leq f \quad (\text{D. 0. 7-1})$$

$$W'_x = \frac{\pi}{32} \left[\frac{3d^4 + 6d^2(D+d)^2}{(D+d)} \right] \quad (\text{受压区}) \quad (\text{D. 0. 7-2})$$

$$W_x = \frac{\pi}{16} \left[\frac{3d^4 + 6d^2(D+d)^2}{(D+d)} \right] \quad (\text{受拉区}) \quad (\text{D. 0. 7-3})$$

式中：f——钢钎的抗弯强度设计值；取 160N/mm²；

M ——地锚拉力 N 的水平分力 N_1 所引起的弯矩；取 $M = 100N_1 (N \cdot mm)$

η' ——抵抗矩降低系数， $\eta' = 0.35 \sim 0.5$

W_x 、 W'_x ——分别为组合体受拉、受压区抵抗矩 (mm^3)

D ——三根受力钢钎中的填心圆木直径 (mm)；

d ——三根受力钢钎直径 (mm)。

2) 抗拔计算：

$$K \left(N_2 + \frac{2\sigma_x}{\pi d^2} \right) \leq F \quad (D. 0. 7-4)$$

式中： F ——摩擦阻力， $F = 0.95N_1 \times \mu$ (μ 为摩擦系数，取 0.25~0.35)

K ——安全系数，取 $K \geq 2$ ；

σ_x ——受拉区实际拉应力，为 $\sigma_x = \frac{M}{W_x}$

3) 剪切计算：

$$\frac{4N_1}{3\pi d^2} \leq f_v \quad (D. 0. 7-5)$$

式中： f_v ——钢钎抗剪切强度设计值，取 $90N/mm^2$ 。

2. U 型锚栓地锚应按下式计算 (图 D. 0. 7 (b))：

1) 抗弯计算：

$$\frac{M}{W_x} \leq f \quad (D. 0. 7-6)$$

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} (mm^3) \quad (D. 0. 7-7)$$

式中： W_x ——U 形锚栓抵抗矩；

M ——在圆钢根部所产生的弯矩； $M = 50N_1 (N \cdot mm)$

2) 抗拔计算：

$$K \frac{4\sigma}{\pi d^2} \leq F \quad (D. 0. 7-8)$$

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \quad (D. 0. 7-9)$$

式中： F ——为摩擦阻力， $F = \frac{N_1}{2} \times \mu$ (μ 取 0.25~0.35)；

σ ——实际受拉应力

d ——圆钢直径。

3) 剪切计算:

$$\frac{N_1}{\pi d^2} \leq f_v \quad (\text{D. 0. 7-10})$$

式中: f_v ——圆钢抗剪强度设计值, 取 90N/mm^2 。

D. 0. 8 混凝土地锚的受力计算 (图 D. 0. 8):

永久性或重型地锚, 一般采用混凝土地锚, 混凝土强度不小于 C_{10} , 必要时可适当配置少量钢筋, 其拉杆焊接在混凝土中的型钢梁上。

混凝土地锚的受力计算主要有以下两方面:

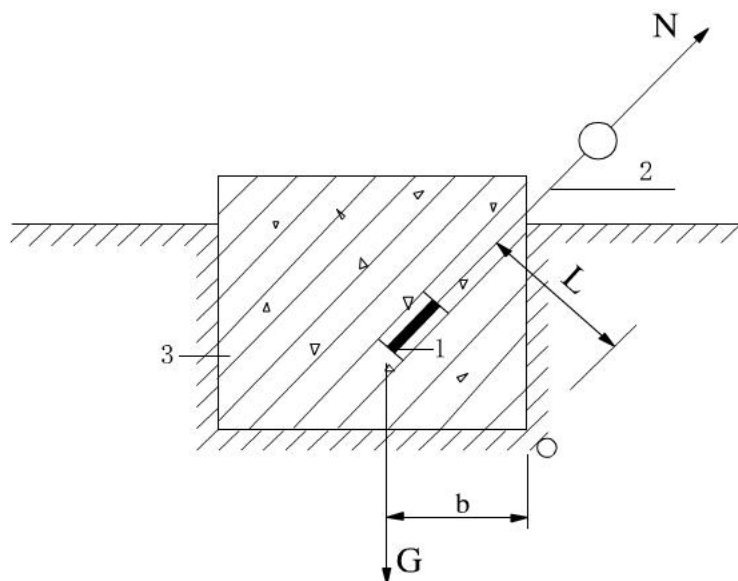


图 D. 0. 8 混凝土地锚计算

1. 抗倾覆应按下式计算:

$$KNL \leq Ga \quad (\text{D. 0. 8-1})$$

式中: G ——砼地锚自重;

K ——抗倾覆安全系数, 取 1.5;

N ——地锚的作用荷载;

a ——自重 G 至 O 点的垂直距离;

L —— N 荷载至 O 点的垂直距离。

2. 侧向土强度应按下式计算:

$$\frac{N_1}{bH} \leq \eta f_H \quad (\text{D. 0. 8-2})$$

式中: f_H ——深度 H 处土的承载力设计值;

η ——降低系数, 取 0.35~0.5;

b ——地锚侧面长度。

附录 E 本规范用词说明

规范对条文执行严格程度的用词采用以下写法：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

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作的用词：

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，首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。