

建筑工程入门之路丛书

# 建筑工程 吊装 实例教程

辛士军 主编



JIANGZHU GONGCHENG DIAOZHANG

入门之路在手中  
实践之路在脚下



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



建筑工程入门之路丛书

# 建筑工程吊装 实例教程

辛士军 主编



机械工业出版社

# 前 言

随着国内外工业建设的飞速发展，工业设备也越来越大型化、规模化，如石化、电力、冶金、建筑、桥梁等行业建设、安装工程，需要用吊装机具进行设备吊装，这是一个比较复杂的系统工程。

吊装工程是建筑工业中机械化施工的重要工种之一，吊装市场竞争激烈，各行业吊装工程千变万化，各种吊装工艺技术和机具优化不断更新。为确保吊装工程安全，提高技术文件质量及吊装工作效率，不断提升管理水平，要求吊装单位、监督检查部门、建设单位等更多了解吊装方面的专业知识，提高操作技能，以满足城市、村镇各行各业的建筑施工队伍，提高职工技术素质，指导现场施工和新世纪建筑工业迅速发展的迫切需要。

本书遵循国家与地方有关规范、标准，以通俗易懂、简明实用为原则，系统收集了国内外大量资料和古往今来的起重知识；根据不同施工环境，提供更具体的吊装方法；从全新角度出发，汇集了各种设备、零件、附件的规格、机械性能参数、图表说明和大量施工实例，力求图文并茂，言简意赅。从而使初中文化程度以上的读者都能自学看懂并应用。本书可作为起重工自学和起重工职业技能培训教材使用，也可供企业起重管理人员，劳动安全监督管理部门和相关专业大、中专职业院校师生和科研院所的科技人员参考。

本书以介绍大型吊装案例为主要目的，依据国内外现行的标准和规范，结合近年来建设施工起重、吊装和运输，特别是吊装工程的实际案例，精心策划编著而成的。本书由辛士军主编，赵波、王广山、邱亮、白涛、韩大军参与编写。

由于本书内容涉及面较广，有的案例未能收集，加之编者水

平有限，书中若有不妥之处，恳请读者及相关人员在使用过程中，将发现的问题和意见随时反馈给我们，以便及时修改完善。

编 者

# 目 录

## 前言

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第一章 常用起重索具、吊具</b> .....      | 1   |
| 第一节 索具、吊具的通用安全规定.....           | 1   |
| 第二节 常用吊装索具.....                 | 3   |
| 第三节 常用吊装工具 .....                | 21  |
| <b>第二章 起重机械设备</b> .....         | 34  |
| 第一节 起重机械设备选择原则 .....            | 34  |
| 第二节 常用起重机具（简单起重机械） .....        | 37  |
| <b>第三章 结构吊装作业基本操作安全技术</b> ..... | 77  |
| 第一节 物体吊点的选择原则 .....             | 77  |
| 第二节 结构（物体）吊点的选择 .....           | 79  |
| 第三节 吊装物体的绑扎方法 .....             | 83  |
| 第四节 结构（设备）吊装工艺 .....            | 86  |
| 第五节 起重作业人员安全操作技术 .....          | 98  |
| 第六节 起重作业指挥信号.....               | 108 |
| <b>第四章 结构吊装机械操作技术</b> .....     | 127 |
| 第一节 常用结构吊装机械基础知识.....           | 127 |
| 第二节 结构吊装常用机械安全操作规程.....         | 140 |
| <b>第五章 工程建筑结构吊装实例</b> .....     | 153 |
| 第一节 设备、机件的吊装实例.....             | 153 |
| 第二节 混凝土结构吊装实例.....              | 167 |
| 第三节 烟囱吊装实例.....                 | 193 |
| 第四节 无线电杆吊装实例.....               | 200 |
| 第五节 大型镗床吊装实例.....               | 201 |
| 第六节 钢结构吊装实例.....                | 203 |

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 第七节  | 大型网架结构整体吊装实例·····   | 212 |
| 第八节  | 特殊物件吊装实例·····       | 216 |
| 第六章  | 设备的装卸、运输、堆放及拼装····· | 228 |
| 第一节  | 常用装卸车方法的选择·····     | 228 |
| 第二节  | 装卸运输的基本要求与注意事项····· | 232 |
| 第三节  | 设备运输路线的选择·····      | 235 |
| 第四节  | 设备（构件）运输方法·····     | 236 |
| 第五节  | 混凝土预制构件的运输实例·····   | 242 |
| 第六节  | 特殊物品的装卸与储运·····     | 250 |
| 第七节  | 构件的堆放方法及注意事项·····   | 255 |
| 第八节  | 构件的拼装·····          | 259 |
| 参考文献 | ·····               | 265 |

# **第一章 常用起重索具、吊具**

## **第一节 索具、吊具的通用安全规定**

### **一、吊具、索具的购置**

凡新购置的吊具、索具必须是专业厂家按国家标准生产、检验，具有合格证和维护、保养说明书的产品。在产品明显处必须有不易磨损的额定起重量、生产编号、制造日期、生产厂名等标志。使用单位应根据说明书和使用环境特点编制安全使用规程和维护保养制度。

### **二、材料及外购件合格证**

制造吊具、索具用的材料及外购零部件，必须具有材质单、生产制造厂合格证等技术证明文件。否则应进行检验，查明性能后方可使用。

### **三、吊具、索具的载荷验证**

自制、改造、修复和新购置的吊具与索具，应在空载运行试验合格的基础上，按规定试验载荷试验合格后方可投入使用。在使用过程中应按相关规程的规定进行检查、维护和报废。

新安装的集装箱、抓斗专用起重机以及通用桥式、门式起重机中的 A7、A8 级等特殊用途起重机吊具的载荷试验，应按吊具设计要求随起重机同时进行。

#### **1. 静载试验**

1) 试验载荷为吊具额定起重量的 1.25 倍，其中起重电磁铁

为电磁铁的起重能力（最大吸力）。

2) 单肢吊索及多肢吊索各分肢试验载荷分别为该单肢、分肢极限工作载荷的 2 倍（手工插接索眼吊索为 1 倍，且不得超过 1.25 倍）。

3) 试验载荷应逐渐地加上去，起升至离地面 100 ~ 200mm 处，悬空时间不得少于 10min，卸载后进行目测检查，试验如此重复三次后，若各部结构未出现裂纹、永久变形或对性能与安全有影响的损坏，连接处没有出现松动或损坏，即认为静载试验合格。

## 2. 动载试验

1) 试验载荷为吊具额定起重量的 1.1 倍，其中起重电磁铁为电磁铁的额定起重量。

2) 单肢吊索以及双肢、三肢、四肢吊索的每个分肢试验载荷分别为该单肢、分肢极限工作载荷的 1.25 倍；双肢主环以及三肢、四肢中间主环的试验载荷为相应分肢极限工作载荷的 2.5 倍；三肢、四肢主环的试验载荷为相应分肢极限工作载荷的 3.75 倍。

3) 试验时，必须把加速度、减速度和速度限制在起重机正常工作的范围内，并应按其工作循环进行，时间一般应延续到 1h，若各项参数达到技术性能指标要求，各限位开关及安全保护装置的动作准确，结构及零部件无裂纹、连接无松动等，即认为动载试验合格。

## 四、吊具、索具使用

1) 吊具与索具应与所吊运物品的种类、环境条件及具体要求相适应。

2) 作业前应对吊具与索具进行检查，当确认各功能正常、完好时，再投入使用。

3) 吊挂前，应确认重物上设置的起重吊挂连接处是否牢固可靠；提升作业前应确认绑扎、吊挂是否可靠。

4) 吊具不得超过其额定起重量, 吊索不得超过其最大安全工作载荷。

5) 作业中不得损坏吊重物品与吊具、索具, 必要时应在吊重物品与吊具、索具间加保护衬垫。

## 第二节 常用吊装索具

### 一、麻绳

#### 1. 麻绳的种类

麻绳是结构吊装工作中常用的一种索具。主要用作捆绑质量轻的物件, 还可用作受力不大的缆风绳、溜绳等, 也有用于起吊轻型物体(如钢支撑)。麻绳的优点是质轻、柔软、易捆绑; 缺点是强度低、易磨损和腐烂。

麻绳可按材质分为白棕绳和混合麻绳两种。白棕绳质量好, 被广泛使用, 常用白棕绳的技术性能见表 1-1。

表 1-1 白棕绳的技术性能

| 直径/mm | 圆周/mm | 每卷质量(长 250m)/kg | 破断拉力/kN |
|-------|-------|-----------------|---------|
| 6     | 19    | 6.5             | 2.0     |
| 8     | 25    | 10.5            | 3.25    |
| 11    | 35    | 17              | 5.75    |
| 13    | 41    | 23.5            | 8.00    |
| 14    | 44    | 32              | 9.50    |
| 16    | 50    | 41              | 11.50   |
| 19    | 60    | 52.5            | 13.00   |
| 20    | 63    | 60              | 16.00   |
| 22    | 69    | 70              | 18.5    |
| 25    | 79    | 90              | 24.00   |
| 29    | 91    | 120             | 26.00   |
| 33    | 103   | 165             | 29.00   |
| 38    | 119   | 200             | 35.00   |
| 41    | 129   | 250             | 37.50   |
| 44    | 138   | 290             | 45.00   |
| 51    | 160   | 330             | 60.00   |

注: 旧绳取新绳的 40% ~ 50%。

白棕绳是用剑麻茎纤维搓成线，线搓成股，再将股拧成绳，可分为三股、四股和九股三种，又可分为浸油和不浸油两类。浸油白棕绳的优点是不易腐烂，但质料变硬，不易弯曲，在结构吊装作业中打绳结很不方便，且白棕绳浸油后强度要降低 10% ~ 20%。因此，在吊装作业中常使用不浸油的白棕绳。

## 2. 麻绳的破断拉力与安全系数

由于不同直径的麻绳具有不同的破断力，所以应根据不同的工作条件选取合适的麻绳直径。麻绳强度可按下列公式进行验算：

$$P \leq S_b / K$$

式中  $P$ ——许用拉力 (N)；

$S_b$ ——麻绳的破断拉力 (N)；

$K$ ——麻绳的安全系数。

不同类型的麻绳，其破断拉力和许用拉力也不相同，现仅在表 1-2 中列出某品牌白棕绳的破断拉力和许用拉力。

表 1-2 某品牌白棕绳的破断拉力  $S_b$

| 直径 $d/\text{mm}$ | $S_b/\text{kN}$ | 直径 $d/\text{mm}$ | $S_b/\text{kN}$ | 直径 $d/\text{mm}$ | $S_b/\text{kN}$ |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 6                | 2.00            | 19               | 13.00           | 38               | 35.00           |
| 8                | 3.25            | 20               | 16.00           | 41               | 37.50           |
| 11               | 5.75            | 22               | 18.50           | 44               | 45.00           |
| 13               | 8.00            | 25               | 24.00           | 51               | 60.00           |
| 14               | 9.50            | 29               | 26.00           | 57               | 65.00           |
| 16               | 11.50           | 33               | 29.00           | 63               | 70.00           |

麻绳的安全系数应由使用情况和新旧程度确定。表 1-3 中列出新麻绳的安全系数，如使用旧麻绳应使安全系数增加 1 倍左右。

表 1-3 麻绳的安全系数  $K$

| 使用情况   | $K$ | 使用情况 | $K$    |
|--------|-----|------|--------|
| 一般起重作业 | 5   | 绑扎绳  | 10     |
| 缆风绳    | 6   | 吊索   | 6 ~ 10 |

**【例】** 有一直径为 25mm 的某品牌的棕绳，吊装 200kg 重的构件时是否安全？

**解：**直径 25mm 的白棕绳的破断拉力是 24kN，吊索安全系数取 10，所受拉力为 2kN，则

$$P = S_b / K = 24 / 10 = 2.4 (\text{kN}) > 2 (\text{kN})$$

通过验算可知，吊装是安全可靠的。

### 3. 麻绳的系结操作方法

起重麻绳系结是起重作业中最基本的操作技能之一。操作时，根据不同的作业对象。麻绳（包括钢丝绳）可以系成各种形式的绳结。但无论何种形式的绳结，一般应满足如下要求：

1) 使用安全可靠，绳索受力后不会松动走样，而且能自动勒紧。

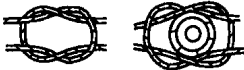
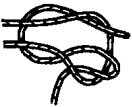
2) 打结简单、方便，解扣容易。

3) 对绳索损伤小，尤其是钢丝绳。

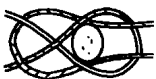
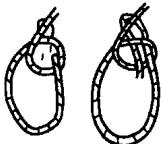
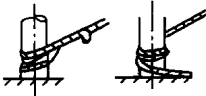
在麻绳系结和使用过程中，应尽量减少对麻绳的损伤。操作时，应尽量避免系结，只在麻绳的连接、固定及在起重运输中捆绑重物等情况下才使用。系结时，力求绕的圈数少，弯转缓和。使用时，可在绳结中间插一根短木棒，或在起吊重物的吊装孔中穿一根钢管，以减少对麻绳的损伤。

麻绳常用的系结操作方法见表 1-4。

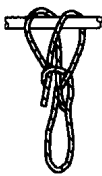
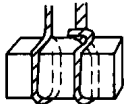
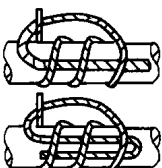
表 1-4 麻绳常用的系结操作方法

| 序号 | 绳结名称             | 简 图                                                                                 | 用途及特点                     |
|----|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1  | 直结（又称平结、交叉结、果子扣） |  | 用于白棕绳两端的连接，连接牢固，中间放一短木棒易解 |
| 2  | 活结               |  | 用于白棕绳迅速解开时                |

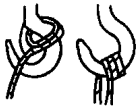
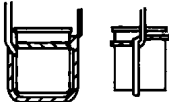
(续)

| 序号 | 绳结名称                   | 简 图                                                                                 | 用途及特点                                        |
|----|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 3  | 组合结(又称单帆索结、三角扣及单绕式双插法) |    | 用于白棕绳或钢丝绳的连接。比直结容易结、易解,也可以用于不同粗细绳索两端的连接      |
| 4  | 双重组合结(又称双帆结、多绕式双结)     |    | 用于白棕绳或钢丝绳两端有拉力时的连接及钢丝绳端与套环相连接                |
| 5  | 套连环结                   |    | 将绳子与吊环连接在一起时使用                               |
| 6  | 海员结(又称琵琶结、航海结、滑子结)     |    | 用于白棕绳绳头的固定,系结杆件或拖拉物件。绳结牢靠,易解,拉紧后不出死结         |
| 7  | 双套结(又称索圈结)             |   | 用途同海员结,也可做吊索用,结绳牢固可靠,结绳迅速,解开方便,可用于钢丝绳中段打结    |
| 8  | 梯形结(又称八字扣、猪蹄扣、环扣)      |  | 有人字及三角桅杆拴拖拉绳,可在绳中段打结,也可抬吊重物。绳圈易扩大和缩小。绳结牢靠又易解 |
| 9  | 拴住结(锚桩结)               |  | 用于缆风绳固定端绳结;用于溜松绳结,可以在受力后慢慢放松,且活头应放在下面        |

(续)

| 序号 | 绳结名称           | 简 图                                                                                 | 用途及特点                           |
|----|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 10 | 双梯形结(又称鲁班结)    |    | 主要用于拔桩及桅杆绑扎缆风绳等,绳结紧且不易松脱        |
| 11 | 单套结(又称十字结)     |    | 用于连接吊索或钢丝绳的两端或固定绳索用             |
| 12 | 双套结(又称双十字结、对结) |    | 用于连接吊索或钢丝绳的两端,也可用于绳端固定          |
| 13 | 抬扣(又称杠棒结)      |    | 以白棕绳搬运较轻物件时用,抬起重物时绳自然缩紧。结绳、解绳迅速 |
| 14 | 死结(又称死圈扣)      |   | 用于重物吊装捆绑,方便、牢固、安全               |
| 15 | 水手结            |  | 用于吊索直接系结杆件起吊。可自动勒紧,容易解开绳索       |
| 16 | 瓶口结            |  | 用于拴绑起吊圆柱形杆件,特点是越拉越紧             |
| 17 | 桅杆结            |  | 用于竖立桅杆,牢固可靠                     |

(续)

| 序号 | 绳结名称 | 简 图                                                                               | 用途及特点                      |
|----|------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 18 | 挂钩结  |  | 用于起重机挂钩上,特点是结法方便、牢靠、绳套不易滑落 |
| 19 | 抬缸结  |  | 用于抬缸或吊运圆桶物件                |

#### 4. 麻绳的维护保养

1) 成卷麻绳在拉开使用时,应先把绳平放在地上,将有绳头的一面放在底下,从卷内拉出另一绳头(如果从卷外绳头拉,绳子容易扭结)。

2) 麻绳在使用中如发现扭结,应设法抖直,否则绳子在受拉时容易折断。

3) 麻绳应放在干燥和通风良好的地方,以免腐烂。不要和油漆及酸、碱等化学物品接触,以防腐蚀。

4) 麻绳穿绕滑轮时,滑轮的直径应大于麻绳直径的 10 倍,以免麻绳因受到较大的弯曲力而使其强度降低。

5) 用麻绳绑扎边缘锐利的物件时,应衬麻袋、木板等物,以免尖锐棱角割断麻绳。

6) 使用麻绳时,应尽量避免在粗糙的构件上或地上拖拉,以减少麻绳的磨损。

7) 使用旧绳起重时,应预先做超载 25% 的静载试验,或超载 10% 的动载试验。一般情况下,旧绳的安全拉力取新绳的 50% 左右。有断丝、霉烂、损伤的麻绳不能用作起重。

## 5. 麻绳的使用与注意事项

- 1) 穿滑轮时, 滑轮直径应大于麻绳直径 7 ~ 10 倍。
- 2) 麻绳不得用在摩擦大、速度快的机动吊装设备上。
- 3) 麻绳切断后, 其断口要用细钢丝或麻绳扎紧, 防止断头松散。
- 4) 对麻绳使用前要进行检查。发现表面损伤小于 30% 直径, 局部破损小于截面面积 10% 时, 要降低负荷使用。如破损严重, 应将此部分去掉, 重新连接后使用。对于断股及表面损伤大于麻绳直径的 30% 以及腐蚀严重的, 应予以报废。
- 5) 要防止麻绳打结。对某一段出现扭结时, 要及时加以调直, 避免穿滑轮时被损坏。
- 6) 存放麻绳的场所, 要通风干燥, 严禁受雨淋及酸、碱等化学品的腐蚀, 以免霉烂变质。
- 7) 用麻绳捆绑边缘锐利的物体时, 应垫衬麻布、木片等软质材料, 避免被棱角处损坏。
- 8) 麻绳用完后, 应将其晾干, 并盘结好放在干燥的木板上, 如时间较长应用油脂涂抹加以保护。

## 二、化学纤维绳

### 1. 化学纤维绳的种类及特性

化学纤维绳主要有尼龙绳和涤纶绳两种, 尼龙绳和涤纶绳的优点是质量轻, 柔软, 具有弹性, 能减少冲击。对于起运或吊装表面光洁的零件、软金属制品、表面磨光的轴销, 或者其他表面不允许有磨损、擦伤的机件或设备时, 尤为适合。

尼龙绳和涤纶绳耐腐蚀、耐油, 抗水性好, 不怕虫蛀, 能耐有机酸和无机酸的腐蚀。

尼龙绳和涤纶绳具有伸长显著的特点。它的伸长可达 36% ~ 40% 左右, 伸长与载重成正比, 可起缓冲作用。

有关尼龙绳和涤纶绳的破断拉力, 务必要获得生产厂家的质保书, 并以质保书为准。

## 2. 化学纤维绳的受力计算

### 1) 近似破断拉力

$$S_{\text{破断}} = 110d^2$$

### 2) 极限工作拉力

$$S_{\text{极限}} = \frac{S_{\text{破断}}}{K} = \frac{110d^2}{K}$$

式中  $S_{\text{破断}}$ ——破断拉力 (N);

$S_{\text{极限}}$ ——极限拉力 (N);

$d$ ——化学纤维绳直径 (mm);

$K$ ——安全系数。

化学纤维绳安全系数可根据工作使用状况的重要程度选取,但不得小于6。

## 3. 化学纤维绳的使用与注意事项

1) 化学纤维绳遇高温时易熔化,要防止暴晒,远离火源。

2) 化学纤维绳弹性较大,起吊时不稳定,应防止吊物摆动伤人。另外,一旦断绳,其回弹幅度较大,应采取防止回弹伤人的措施。

3) 化学纤维绳摩擦力小,当带载从缆桩上放出时,要防止绳子全部划出伤人。

## 三、钢丝绳

钢丝绳是由高强度钢丝搓捻而成的。它具有自重轻、强度高、耐磨损、弹性大、寿命长、在高速下运转平衡、没有噪声、安全可靠等优点,是结构吊装作业中最常用的绳索之一。结构吊装中常采用6股钢丝绳,每股由19、37、61根直径为0.4~3.0mm的高强钢丝组成。通常表示方法是:6×19+1、6×37+1、6×61+1;前两种使用最多,6×19钢丝绳多用作缆风绳和吊索;6×37钢丝绳多用于穿滑车组和吊索。

## 1. 钢丝绳的分类

钢丝绳的分类见表 1-5。

表 1-5 钢丝绳的分类

| 序号 | 分类方法       | 说 明                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 按搓绕次数分类    | <p>(1) 单绕绳 只有一股,用于缆索起重机与架空索道的支撑绳</p> <p>(2) 双绕绳 由丝捻成股,然后由股捻成绳。因挠性较好,故在起重机上和吊装作业中主要使用这种钢丝绳</p>                                                                                                                                    |
| 2  | 按捻制方向或外形分类 | <p>(1) 顺绕钢丝绳 特征是钢丝绳绕成股和股捻成绳的方向相同。具有较大的挠性,且表面平滑,钢丝磨损小,但有自行扭转和松散易于压扁等缺点,如图 1-1a 所示</p> <p>(2) 交绕钢丝绳 特征是钢丝绳绕成股和捻成绳的方向相反。这种钢丝绳的特性与顺绕钢丝绳相反,不易松散和压扁,在起重机械中用得最广,如图 1-1b 所示</p> <p>(3) 混绕钢丝绳 相邻层股的绕捻方向相反的钢丝绳。它具有前两种钢丝绳的优点,如图 1-1c 所示</p> |
| 3  | 按绳芯的不同分类   | <p>按绳芯的不同分有麻芯、棉纱芯、石棉芯和软钢芯等多种。其中带浸油麻芯及棉纱芯的钢丝绳,比较柔软,容易弯曲,芯中含油可经常润滑钢丝,但不耐高温高压;带石棉芯的钢丝绳能耐高温;带软钢芯的钢丝绳能耐高温、高压,但芯硬不易弯曲</p>                                                                                                              |
| 4  | 按钢丝绳股的构造分类 | <p>点接触型。也称普通型。如图 1-2a 所示,绳股中各层钢丝绳的直径相同,而内外各层钢丝节距不同,故互相呈点接触状。其中 <math>6 \times 19</math> 型钢丝绳由于钢丝较粗,比较耐磨,在装卸作业中使用较多。但这种钢丝绳反复弯曲时易于折断,不适用于反复弯曲受力的工作场合</p>                                                                           |