

高职高专机电类专业统编教材  
全国水利水电高职教研会组编

SHUILUNJI JIZU  
ANZHUANG YU JIANXIU  
**水轮机机组  
安装与检修**

周厚全 汪俊 主编  
梁建和 主审



黄河水利出版社

高职高专机电类专业统编教材  
全国水利水电高职教研会组编

# 水轮机机组安装与检修

主 编	周厚全	汪 俊	
副主编	童文勇	郑莉玲	杨中瑞
参 编	黎 江	仇新艳	马民权
主 审	梁建和		

黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书是高职高专机电类专业统编教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的水轮机机组安装与检修课程教学大纲编写完成的。全书共分十章,主要介绍水轮机、水轮发电机安装与检修的基本工艺和安装程序,对安装与检修中的主要环节,以及网络技术在安装中的应用作了较详细的叙述,同时介绍了水轮发电机组经常出现的故障及原因分析和处理方法等。本书在编写过程中能有效针对高职高专学生的特点并满足教学要求。本书以理论适度够用、强化实践技能为原则,对部分理论内容进行了删减,增加了新设备、新技术的介绍。

本书可作为高职高专水利水电类专业相关课程的教材,也可作为水电站安装、检修人员的培训教材,亦可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

水轮机机组安装与检修/周厚生,汪俊主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.7

高职高专机电类专业统编教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 607 - 4

I. 水… II. ①周… ②汪… III. ①水轮机 - 机组 - 安装 - 高等学校:技术学校 - 教材②水轮机 - 机组 - 检修 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TK730

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 109669 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhsllwp@163.com  
简 群 66026749 w\_jq001@163.com

---

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:18.75

字数:430 千字

印数:1—4 100

版次:2009 年 7 月第 1 版

印次:2009 年 7 月第 1 次印刷

---

定价:32.00 元

# 前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,由全国水利水电高职教研会组织编写的机电类专业统编教材。

水轮机机组安装与检修是水利水电类专业主干课程。本书具有实践性强、应用性广的特点,在编写过程中充分考虑了高职高专教学特点,本着理论适度够用、强化实践技能的原则,对部分理论内容进行了删减,增加了新设备、新技术的介绍。本书可作为高职高专水利水电类专业学生的必修课教材,也可作为相关专业职业技术的培训教材。

本书比较系统、全面地介绍了水轮机机组安装与检修方面的基本知识,包括典型机组的安装程序和方法。由于水轮机机组种类很多,结构又千差万别,本书以中小型水电站为主,以立式混流式水轮机、悬式结构发电机为代表进行介绍。对轴流式、水斗式、贯流式水轮机,以及卧式发电机,则重点介绍它们的特点和安装中的相应方法。

本书编写人员和编写分工如下:三峡电力职业学院周厚全(绪论、第九章、第十章),四川电力职业技术学院汪俊(第一章、第二章),四川水利职业技术学院杨中瑞(第三章),黄河勘测规划设计有限公司郑莉玲(第四章、第六章),福建水利电力职业技术学院童文勇(第五章),广西水利电力职业技术学院黎江(第七章),湖南水利水电职业技术学院仇新艳(第八章),葛洲坝集团第一工程有限公司马民权(附录)。本书由周厚全、汪俊担任主编,由童文勇、郑莉玲、杨中瑞担任副主编。全书由广西水利电力职业技术学院梁建和担任主审。

本书在编写过程中还得到了葛洲坝集团机电建设有限公司胡鹏程和许多同行的帮助与支持,在此向他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 3 月

# 目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 水轮机机组安装与检修的基础知识	(4)
第一节 水轮机机组安装与检修的基本要求	(4)
第二节 水电站常用的起重机具	(5)
第三节 零部件组合的基本工艺	(19)
第四节 水轮机机组安装与检修中的基本测量	(26)
复习思考题	(33)
第二章 立式水轮机的安装	(35)
第一节 水轮机的组成和安装程序	(35)
第二节 埋设件的安装	(36)
第三节 导水机构预装配	(47)
第四节 水轮机转动部分组装	(50)
第五节 水轮机正式安装	(53)
第六节 轴流式水轮机的安装	(62)
复习思考题	(73)
第三章 立式发电机的安装	(75)
第一节 立式发电机的组成和安装程序	(75)
第二节 发电机定子安装	(80)
第三节 发电机转子组装与检查	(90)
复习思考题	(96)
第四章 轴承安装与发电机吊装	(98)
第一节 推力轴承安装	(98)
第二节 发电机定子吊装	(102)
第三节 发电机主轴及下机架安装	(106)
第四节 发电机转子吊装	(109)
第五节 上机架组装及吊装	(111)
第六节 发电机总装及盘车调整	(114)
复习思考题	(120)
第五章 卧式水轮发电机的安装	(121)
第一节 概 述	(121)
第二节 卧式混流式机组的安装	(123)
第三节 卧式发电机的安装	(130)

第四节	卧式机组轴线的检查和调整	(132)
第五节	卧式水斗式水轮机的安装	(142)
	复习思考题	(150)
<b>第六章</b>	<b>贯流式水轮发电机组的安装</b>	<b>(151)</b>
第一节	贯流式机组的基本特点和安装程序	(151)
第二节	埋设件安装	(154)
第三节	主轴及轴承的安装	(157)
第四节	导水机构及转轮与转轮室的安装	(161)
第五节	发电机的安装	(163)
第六节	轴伸贯流式机组的安装	(165)
	复习思考题	(169)
<b>第七章</b>	<b>水轮机机组的启动试运行</b>	<b>(170)</b>
第一节	机组启动试运行的目的和内容	(170)
第二节	机组启动试运行中的检查试验过程及要求	(171)
	复习思考题	(180)
<b>第八章</b>	<b>水轮发电机组的振动与平衡</b>	<b>(181)</b>
第一节	机组振动的原因和危害	(181)
第二节	机组振动的测量方法	(183)
第三节	机组振动的分析方法	(188)
第四节	水轮机转轮静平衡试验	(194)
	复习思考题	(200)
<b>第九章</b>	<b>施工组织设计</b>	<b>(201)</b>
第一节	网络计划技术简介	(201)
第二节	网络计划技术在安装检修工作中的应用	(219)
第三节	施工作业计划的编制	(222)
第四节	网络计划技术应用示例	(224)
	复习思考题	(240)
<b>第十章</b>	<b>水轮机机组的检修</b>	<b>(241)</b>
第一节	水轮机机组检修类别、周期与质量标准	(241)
第二节	水轮机泥沙磨损和气蚀破坏的一般情况	(245)
第三节	水轮机泥沙磨损和气蚀破坏的主要修理方法和技术措施	(251)
第四节	轴瓦的修复	(258)
第五节	发电机检修	(260)
第六节	机组经常出现的故障和处理方法	(263)
	复习思考题	(265)
<b>附录</b>	<b>三峡电厂 700 MW 水轮发电机组安装调试</b>	<b>(267)</b>
	参考文献	(294)



## 绪 论

我国幅员辽阔、山峦起伏、河流纵横、水力资源十分丰富。全国水能资源的总蕴藏量为 6.8 亿 kW,其中可开发利用的水能蕴藏量为 3.8 亿 kW,均居世界首位。水力发电是一种成本低、积累快、无污染、可再生能源,具有巨大的经济效益,是我国能源建设的主要组成部分。因此,大力开发水电,加快水电建设步伐,对我国国民经济的发展和社会主义现代化建设,有着极其重要的意义。

由于受到技术、经济、战争、政策等因素的影响,我国水电开发在新中国成立前发展比较缓慢。1912 年在昆明滇池石龙坝建立第一座水电站;1925 年中国自行设计施工的第一座水电站——四川泸县洞窝水电站投产发电,仅装有一台 140 kW 机组;1936 年,石龙坝水电站安装水轮机机组 6 台,总装机容量 2 200 kW,是当时中国自己经营管理的最大水电站。

新中国成立后,我国的水电建设得到了充分的重视,水电建设事业也发展很快。1949~1983 年,我国已建成大中型水电站 150 余座,总装机容量达 2 300 万 kW(未包括台湾省,下同),名列世界第六位,相当于 1949 年以前水电总装机容量 16 万 kW 的 140 多倍。水电发电量占总发电量的比重也愈来愈大,1983 年已达 863.6 亿 kWh,占总发电量的 24.6%。水力发电量增加更快,1980~1983 年平均每年增长 13.5%。特别是近 20 多年来,我国的水电建设更是进入了突飞猛进的发展阶段,二滩水电站(装机容量 330 万 kW)、三峡水电站(装机容量  $32 \times 70 = 2\,240$  万 kW),世界之最)相继完工,向家坝水电站(装机容量 600 万 kW)、溪洛渡水电站(装机容量 1 260 万 kW)正在加紧建设,我国的水电装机容量在世界上已跃居第一。至今已开发和正在开发的水电站约占可开发资源的 35%,还有大量的水力资源等待着我们去开发利用。

随着我国水电事业的发展,水轮发电机的科研、设计、制造和安装也都从无到有、从小到大,得到了相应的发展,并且造就和锻炼出了一支庞大的水电安装技术队伍。水轮发电机的类型不断增多,单机容量不断加大。安装的水轮发电机有卧式、悬吊型、伞型、半伞型,还有空冷、定子冷、定子转子双水冷及水泵-水轮发电机(抽水蓄能电站使用)等各种型式。20 世纪 70 年代前期我国就已自主设计、制造和安装了 30 万 kW 的水轮发电机组。虽然我国水轮发电机制造和安装发展速度很快,但与先进国家相比,无论是在数量上还是在设计制造和安装工艺上,都还有一定的差距,这需要我们发愤图强,依靠科学技术的进步,努力赶超世界先进水平。

当前,水轮发电机的设计、制造技术取得了重大的进展。以前限制单机容量增长的材料特性、机械压力、冷却方式和运输条件等控制因素均有所突破,新材料、新结构、新型推力轴承以及先进的励磁系统、冷却系统等不断被采用。目前,水轮发电机的主要发展趋势是:单机容量迅速增长(预计国外水轮发电机单机容量可达到 100 万 kW,我国水轮发电机单机容量已达到 70 万 kW),自动化程度更为提高。在安装工艺方面,则要求加快安装

进度,千方百计缩短安装工期,实行土建和机组安装平行穿插作业,多台机组同时安装,尽早发电投产,以达到尽可能提前发挥水电站经济效益的目的。

水轮发电机的安装同其他一般机械设备安装比较,一个显著的特点就是:尺寸大,质量重,工艺复杂,技术要求严格。例如,某30万kW水轮发电机定子直径14350mm、转子质量650t,这样大而重的部件给整体制造和运输带来了极大的困难,所以水轮发电机的大型部件都被分瓣、分件制造,待运到工地后再进行组装。首先,在安装过程中,有大量的组装、调整工作,如水平、高程、中心、圆度等的调整,轮毂的烧嵌,大型螺栓的紧固,轴线、轴承调整,投产前的试运转,静平衡、动平衡的计算和试验等,都是理论性和技术性很强的工作。其次,由于水轮发电机类型和构造的不同,安装要求和安装工艺也不尽相同,即使同一类型的水轮发电机,由于工地的施工条件、土建进度、设备到货情况和场地布置等客观条件的不同,在安装程序和安装方法上也会有所不同。此外,有时安装工艺还会因安装施工人员的技术水平和经验、习惯做法以及组织能力和管理水平的差异而有所区别。但是,概括起来,无论哪种类型和构造的水轮发电机的安装,从运抵工地的安装现场到具备发电条件投产,都必须经过设备开箱检查验收,安装专用工具准备,部件组合和安装(包括定子、转子、机架、轴瓦研刮等),发电机总装的调整、试运转和一系列试验等基本安装环节。因此,水轮发电机安装是一个既精细又复杂的施工过程,稍不注意就会影响机组的安装质量和发电能力。

水轮发电机安装的另一个显著特点是:规模大,交叉作业多,工期紧迫,同其他工种还要协同配合。例如,水轮机和水轮发电机安装是同时进行的上下交叉作业,两者既有密切的联系,又有明确的分工;水轮发电机安装工还要同电工、起重工、管道工、电焊工、气焊工、通风工、土建工等工种协同配合。没有这些工种的配合与协作,要搞好发电机安装和缩短安装工期是不可能的。一个水电站从破土动工、施工导流、截流、大坝筑成直到进入机组安装阶段,安装直线工期将直接影响水电站能否按期或提前发挥经济效益。因此,安装直线工期的紧迫程度,常以日、班、小时来计算和安排。

水轮发电机安装技工被要求熟练地掌握水轮发电机安装的基础理论和专业知识,熟悉几种主要类型的水轮发电机构造,根据水轮发电机的不同类型,确定合理的、切实可行的安装工艺,会熟练地运用各种安装操作技术,能完成各工序的施工,并保证质量。安装钳工工艺是水轮发电机安装的基本功,必须牢固掌握和熟练运用。

在水轮发电机的安装过程中,必须严格地按图施工,才能顺利进行安装工作。因此,水轮发电机安装工必须能看懂图纸(如零件图、部件图及总装配图),以及会确定实际安装位置和方向等。此外,水轮发电机安装工还必须能正确地使用和维护安装专用工器具、量具和仪表、仪器等,以便对安装进行检查和精确的调整。

安装水轮发电机,除遵守设备图纸和技术文件规定外,另一重要依据是《水轮发电机组安装技术规范》(GB/T 8564—2003),它是质量检查的准则,水轮发电机安装工应该熟悉并严格遵守之。

本课程是一门实用性很强的科学,它的许多内容都是直接来源于水电建设的生产实践,同时又要用来为生产实践服务。因此,必须采用理论联系实际的学习方法,既要学习理论知识,也要参加生产实践,还要学会运用所学理论去分析解决水电建设中的生产实际



问题。

最后,学习本课程还应注意,随着现代科学技术的发展,新结构、新技术、新工艺将会不断出现,本书中讲述的安装方法、安装工艺和安装规程,不能看成绝对的、静止的、一成不变的。我们应该在学好现有安装工艺的基础上,不断地了解新情况、钻研新问题,采纳和推广国内外的先进工艺及先进经验,同时要有勇于探索、敢于革新、敢于创造的精神,为不断提高我国水电安装技术水平作出贡献。

# 第一章 水轮机机组安装与检修的基础知识

## 教学要点

了解水轮机机组安装与检修的基本要求,熟悉常用的起重机具和基本工艺,掌握水轮机机组安装与检修中的基本测量方法。

## 第一节 水轮机机组安装与检修的基本要求

水轮发电机组的安装与检修和其他行业机电设备的安装与检修相比,有它的特殊性。

### 一、安装部件尺寸大、质量重、工艺复杂、技术条件要求高

水轮机使用的工作介质的单位载能效益较低,同其他同样功率的动力设备相比,水轮机的工作机构就庞大得多。为了保障足够的强度和刚度,零部件的尺寸和质量就要增加很多。例如:30万kW,HL机组转轮直径5500cm,质量102t;17万kW,ZZ机组转轮直径1130cm,质量468t;30万kW,发电机组定子直径1435cm,质量650t;17万kW,发电机组定子直径1760cm,质量650t。

由于水力机组尺寸大、质量重,给制造、运输、安装带来许多困难。例如:发电机转子,小型机组厂家安装后整体运至工地安装;大型机组转子要进行支臂安装、磁轭叠片、热打磁轭键和磁极安装等。对精度要求也很高,如葛洲坝机组SF1250-96/1560转子外径1496cm,发电机气隙仅20mm( $\pm 1$ mm)。

### 二、水轮机机组安装与检修是一个综合性的工程

水电设备的安装与土建施工交叉作业。一般地,水轮机的尾水管里衬、座环、蜗壳等部件,都是一边进行安装、一边进行混凝土施工,而且在安装过程中,需要钳工、焊工、管道安装工、起重工等工种联合作业,协同工作。

### 三、不同型式水轮机机组安装工艺和方式都有所不同

由于自然条件的差异,开发方式不同,各水电站装机型式是有差异的,因此各型式的机组安装方法和工艺都有一定的差异,例如,葛洲坝机组和乌江电厂机组。前者机组为轴流转桨式机组,后者为混流式机组。这两种型式机组在操作油管、转轮等部件的安装就有所不同。立式机组和卧式机组的安装工艺也不一样。

### 四、理论性和技术性强

水轮机机组在安装工作中有大量的试验、调整和计算工作,所以工作中是需要一定的

理论知识支撑的。例如：①各部件的水平、标高、中心和圆度测量调整；②轮毂烧嵌的温度计算；③转轮的焊接试验(HL式)。此外，还有其他许多试验、调整不一一列举。

## 第二节 水电站常用的起重机具

起重机具，包括起重机和吊索、吊具，还包括临时使用的葫芦、千斤顶等。除少数重要吊具(如发电机转子吊具)由制造厂提供外，其余部分通常都是选用标准产品。

### 一、索具及拴连工具

#### (一) 麻绳、锦纶绳与绳结

##### 1. 麻绳

麻绳在起重工作中主要用于捆绑重物或物品的人工搬抬，一般不作为起重机械的牵引索具。

麻绳是用大麻纤维拧成的，分浸油和不浸油(白麻绳)两种。浸油麻绳防腐性能好，多用于潮湿场所，白麻绳主要用于捆绑和搬抬。

麻绳的强度计算可用拉伸强度公式进行计算，但由于新旧麻绳的极限强度值相差甚大，同时在使用过程中，麻绳要受到拉伸、弯曲、挤压和扭转的作用，故很难精确计算。在现场作业中可根据表 1-1 中的公式进行估算。

表 1-1 新麻绳允许受力

用途	允许受力 $F(N)$	举例
一般起吊	$7d^2$	若 $d$ 为 20 mm, 用于一般起吊, 则 允许受力 $F = 7 \times 20^2 = 2800(N)$
捆绑	$4.5d^2$	
吊人	$3d^2$	

注： $d$  为新麻绳直径，mm。

##### 2. 锦纶绳

锦纶绳是化纤制品。其强度高于麻绳，并具有抗油、吸水少、耐腐蚀及弹性好的优点。在起重作业中它将逐渐替代麻绳。

锦纶绳除制成绳状外，还常制成一种定长带扣的锦纶带，或制成圈形不带扣，用做重物的起吊，其优点是可减少打绳结的麻烦。

锦纶绳分为浸胶和不浸胶两种，前者的强度高于后者。锦纶绳的强度可采用下式估算：

$$F = 25d^2 \quad (1-1)$$

式中  $F$ ——允许受力，N；

$d$ ——锦纶绳直径，mm。

锦纶绳的强度大约是新麻绳的 3.5 倍。

##### 3. 绳结

在使用绳索时，可根据不同的用途，打成各种不同的绳结。绳结要求打法方便、牢固，

既容易解开,又能在受力情况下不松脱。常用的绳结如图 1-1 所示。

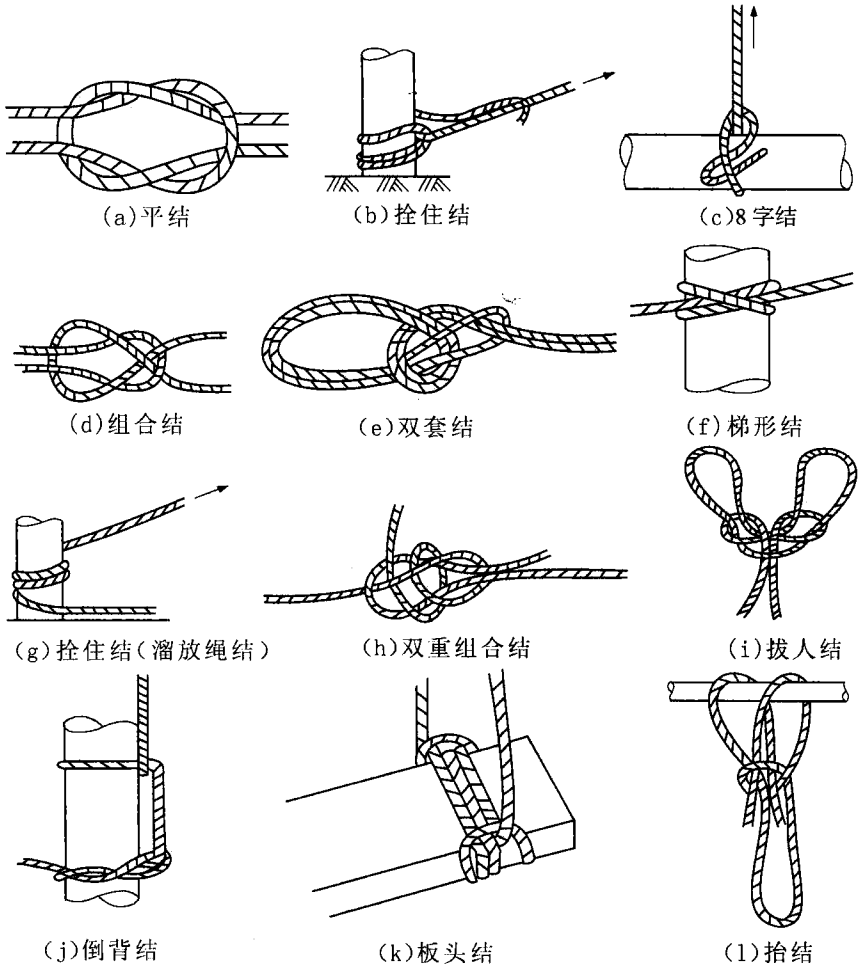


图 1-1 常用的绳结

平结与组合结用于两绳头连接。前者不易解开,多用于不经常解开的绳接头;后者则多用在经常解开的绳接头。拴住结有两种:一种用于缆风绳固定端绳结,另一种用于溜放绳结。梯形结常用于物体的绑扎。8字结多用在长件的横吊。倒背结则用在长件的竖吊。板头结(跳板结)专用于跳板的悬吊。拔人结是专供系人用的,用此结系住人体可做暂短的悬空作业,有时也用来救人。双重组合结接头的牢固程度高于组合结。双套结主要用于在长绳的中段做绳的固定。抬结用于在抬物件时穿杠子用。

(二) 钢丝绳

钢丝绳多数是用优质高强度的碳素钢丝制成的,其结构见图 1-2。它具有以下优点:质量轻、挠性好,能灵活应用;弹性大、韧性好,能承受冲击载荷;高速运行中没有噪音;破断前有断丝预兆等。因此,在起重运输工作中,钢丝绳是必不可少的牵引索具。

### 1. 种类及结构

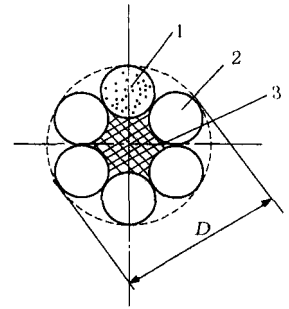
钢丝绳按其绕的方向分为顺绕、逆绕和混合绕三种。

(1) 顺绕钢丝绳是钢丝绕成股和股绕成绳的方向相同。这种钢丝绳由于股与绳所产生的扭转方向相同,故易自行扭转和松散。但它挠性大,表面光滑,磨损小。

(2) 逆绕钢丝绳是钢丝绕成股和股绕成绳的方向相反,故不易自扭和松散,多用在起重机上。其缺点是挠性较差,易磨损。

(3) 混合绕钢丝绳是将相邻的两股绕成反方向,兼有上述两种绕法的优点。

在钢丝绳中心有一根浸了油的用麻或棉制成的绳芯,其功用是润滑钢丝,防止锈蚀及增加钢丝的柔性。此外,也有用石棉和金属制成的绳芯,主要用在高温等特殊地方。



1—钢丝;2—绳股;3—绳芯

图 1-2 钢丝绳

### 2. 技术规范及代号

在起重工作中常用的钢丝绳,其直径一般为 6.2 ~ 65 mm, 钢丝直径为 0.3 ~ 3 mm。钢丝绳拉伸强度极限为 1 400 ~ 2 000 MPa, 分为五个等级。

钢丝绳的代号是由三组数字组成的:第一组表示钢丝绳股数;第二组表示每股中的钢丝根数;第三组表示油浸绳芯数。如 6 × 37 + 1, 表示此钢丝绳有 6 股,每股 37 根钢丝,中间 1 根油浸绳芯。

### 3. 允许拉力的计算

钢丝绳的允许拉力  $F$  为:

$$F = \frac{F_{\text{破坏}}}{K} N \quad (1-2)$$

式中  $F_{\text{破坏}}$ ——钢丝绳的破断拉力, N;

$K$ ——安全系数。

钢丝绳的破断拉力在《机械设计手册》中可查到。钢丝绳的安全系数取决于其用途、牵引方式和挠曲度的大小等。表 1-2 是根据钢丝绳的用途列举的几种安全系数  $K$  及所用的滑轮的最小允许直径  $D$ 。

表 1-2 钢丝绳的安全系数  $K$  和滑轮最小允许直径  $D$

钢丝绳的用途和性质	滑轮最小允许直径 $D$ (mm)	安全系数 $K$
缆风绳和牵引绳	$\geq 12d$	3.5
人力驱动	$\geq 16d$	4.5
捆绑绳		10
载人或升降机	$\geq 40d$	> 14

注:  $d$  为钢丝绳直径, mm。

### 4. 安全系数

由于受力构件的材质不均,加工误差,设计考虑不周及在使用时外力的突然增加(振动、冲击),力的方向改变,构件的磨损,高温、锈蚀等因素所引起的后果,故在实际工作中,组成构件材料的破坏应力要大大超过构件的允许应力,二者之比称为安全系数。

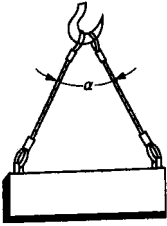
安全系数是人们在实践中总结出的一个重要数据。安全系数取得过大,造成材料上的浪费,构件也笨重;安全系数取得过小,安全工作得不到应有的保证。因此,在实际工作中,安全系数不可随意增大,更不允许随意减小。

5. 系绳受力与夹角的关系

系绳是指起重钩(或吊绳)与重物之间的连接绳。为了平稳地起吊重物,系绳的根数不应少于两根。系绳的受力状况与系绳之间夹角 $\alpha$ 有关。表1-3为系绳夹角 $\alpha$ 与受力系数 $K$ 的关系。例如:系绳夹角为 $60^\circ$ ,查表1-3可得受力系数为1.2,即系绳的受力为物体重力的1.2倍;若系绳夹角为 $120^\circ$ ,则受力系数为2,即系绳的受力为物体重力的2倍。

在实际工作中,在可能的条件下,系绳的角度不宜过大,一般控制在 $90^\circ$ 以内为好。

表1-3 系绳夹角 $\alpha$ 与受力系数 $K$ 的关系

	$\alpha$	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$80^\circ$	$90^\circ$	$100^\circ$	$110^\circ$	$120^\circ$
	$K$	1.1	1.2	1.25	1.3	1.4	1.55	1.75	2

(三) 拴连工具

1. 钢丝绳夹头

钢丝绳夹头又称钢丝绳卡子,用于钢丝绳终端头的固定,钢丝绳的连接及捆绑绳的固定等。常用的卡子结构如图1-3所示,其中以图1-3(a)卡子的压紧力最强、应用最广,是国家的标准件。

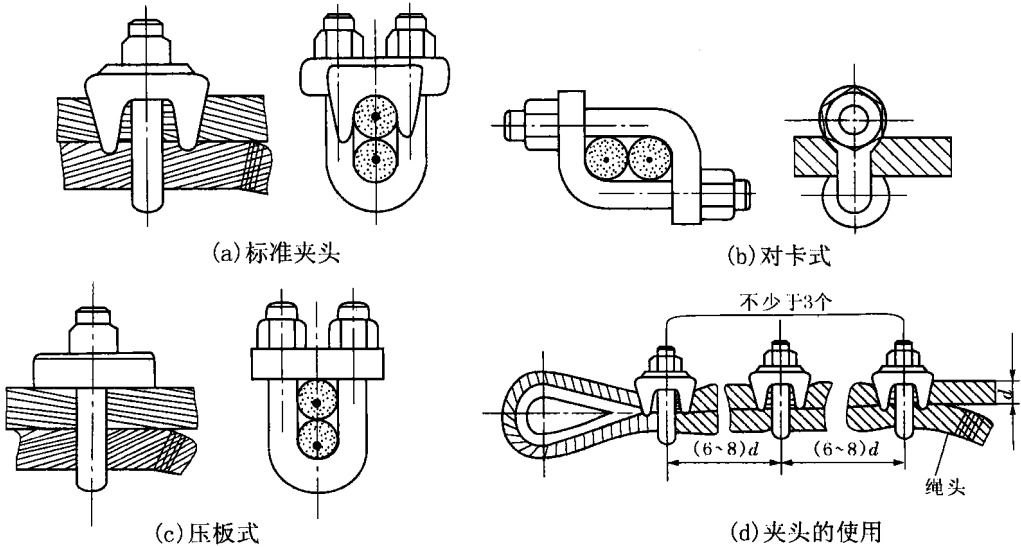


图1-3 常用的卡子结构

在使用卡子时,其大小要适合钢丝绳的粗细。卡子之间距离为钢丝绳直径的 6~8 倍。卡子的 U 形圈应卡在绳头一边,如图 1-3(d) 所示。U 形圈受力后,迫使绳头弯曲,绳头不易滑动。U 形圈上的螺帽一定要拧紧,直到钢丝绳被压扁 1/3 左右为止。

### 2. 吊环

吊环(见图 1-4(a))是起吊设备的一种专用工具。用吊环起吊设备,可减少捆绑的麻烦。它常作为设备的附件装在设备上,也可当做工具使用,在拆装设备时拧上,用后取下。

在使用吊环时,一定要将吊环的螺栓全部拧入设备螺孔内。当两个以上的吊点使用吊环时,钢丝绳间的夹角不宜过大,一般不要大于  $60^\circ$ ,以防吊环受过大的水平分力而弯曲变形,甚至断裂,如图 1-4(b) 所示。

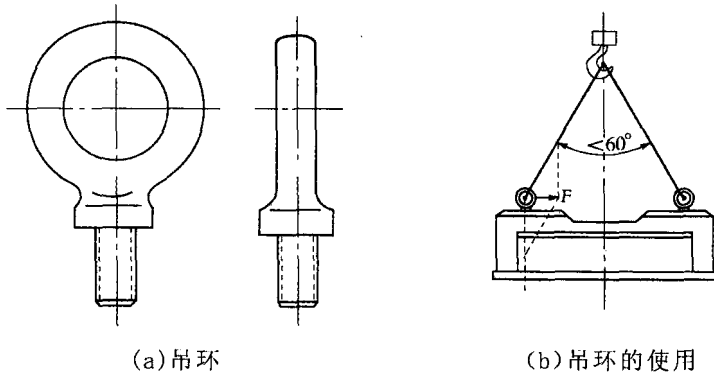
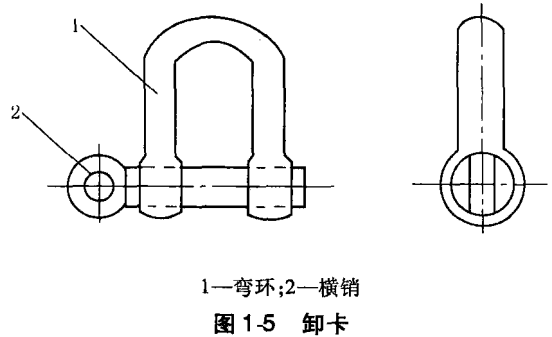


图 1-4 吊环设备

### 3. 卸卡

卸卡又称卡环或卸扣,是连接钢丝绳的主要工具,由弯环和横销两部分组成,如图 1-5 所示。

在使用卸卡时,应注意其受力情况。若不按正确的方法使用,则将会使卸卡的允许荷重大为降低。在起重工作中,对卸下的卸卡,应即时将横销拧入弯环内。



1—弯环;2—横销  
图 1-5 卸卡

## 二、起重机具

常用的起重机具主要有千斤顶、链条葫芦(倒链)、滑轮和滑轮组,以及绞车(卷扬机)等。它们具有质量轻、体积小、便于搬运和使用等优点。

### (一) 千斤顶

千斤顶是一种轻便易携带的起重设备。它用在不太高的高度内升起重物,又可用来自校正设备的安装位置和构件的变形。千斤顶有三种主要类型:油压式、螺旋式及齿条式。

#### 1. 油压千斤顶

油压千斤顶是一部小型的油压机,如图 1-6 所示。其起重量为 0.5~500 t,起重高度



一般不超过 200 mm。操作时,将压把提起,油室 4 的油经逆止阀 8 进入压力缸 7。当压把向下压时,压力油把逆止阀 9 顶开并进入工作缸 10,推动工作活塞 2 向上升,把重物顶起。下降时,只需将回油阀 11 拧开,工作缸 10 的油就回到油室。

当千斤顶需要顶着重物下降时,拧开回油阀要慢(略微旋转很少一点),使工作缸内的油极缓慢地回到油室。否则,重物就会迅速落下,产生冲击现象。

油压千斤顶的传动比用下式计算:

$$i = \frac{D^2 L}{d^2 a} \tag{1-3}$$

式中  $L, a$ ——臂长;

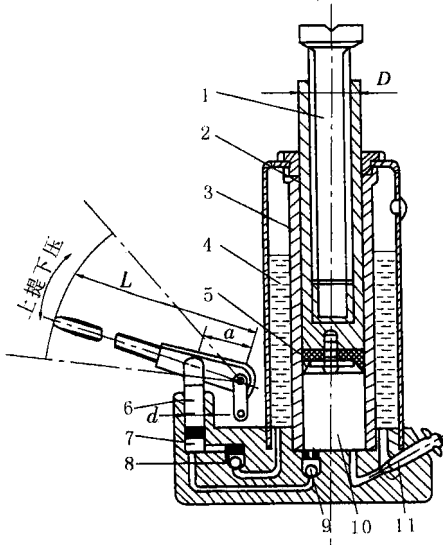
$D, d$ ——活塞直径。

传动比  $i$  值可高达 6 000,这样高的传动比是一般机械传动很难达到的。油压千斤顶的可靠性取决于活塞和逆止阀的严密程度,因而在使用和保养时应特别注意。

2. 螺旋千斤顶

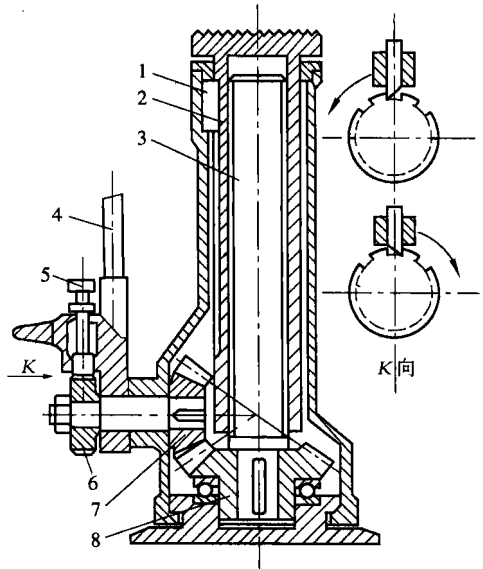
螺旋千斤顶的结构如图 1-7 所示。

螺旋千斤顶的螺杆只转动不升降,螺杆与大伞齿轮连接在一起;在螺母套筒的外圆铣有定向键槽,套筒只升降不转动。工作时,扳动摇把,通过棘齿拨动棘轮,带动伞齿轮旋转,螺杆转动;螺杆转动时,套筒就沿导向键升降。摇把处的换向棘齿,可控制伞齿轮的正反方向旋转。螺旋千斤顶顶起重物后可以自锁,其缺点是机械磨损大、效率低(约为 40%)。



1—丝杆;2—工作活塞;3—缸套;4—油室;  
5—橡皮碗;6—压力活塞;7—压力缸;  
8,9—逆止阀;10—工作缸;11—回油阀

图 1-6 油压千斤顶



1—键;2—螺母套筒;3—方牙螺杆;  
4—把手;5—棘齿把手;6—棘轮;  
7—小伞齿轮;8—大伞齿轮

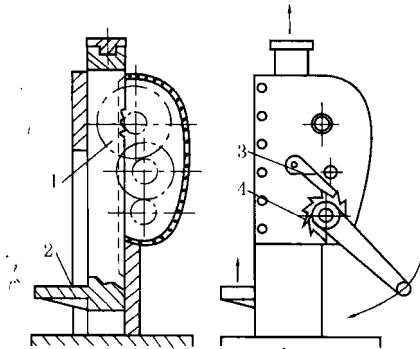
图 1-7 螺旋千斤顶

### 3. 齿条千斤顶

齿条千斤顶的结构如图 1-8 所示。该千斤顶除齿条的顶端可起升重物外,在齿条的下部还有一托钩,也可托起离地面很低的重物。

#### 4. 使用千斤顶时的注意事项

(1) 顶升重物时,千斤顶的底座应放在平整坚固的地方。若地面松软,应铺设垫板以增大承压面积。千斤顶的顶头和重物接触处应垫木块,以防滑移或损坏物体,并尽量使千斤顶的中心与被顶面垂直,如图 1-9 所示。



1—齿条; 2—托钩; 3—棘齿; 4—棘轮

图 1-8 齿条千斤顶

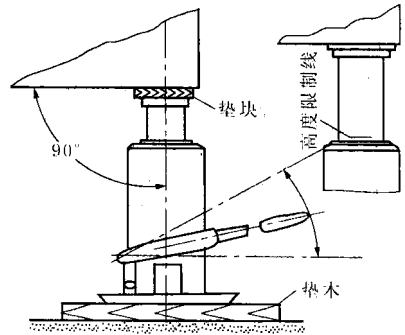


图 1-9 千斤顶的使用

(2) 禁止用千斤顶作支撑物。当重物升起后,应立即用垫块(枕木)将重物垫好,并取出千斤顶。如果重物离地面较高,应事先在重物下面垫好垫块,随着重物的升高,垫块也相应地加厚,以防千斤顶失控或歪斜使重物翻倒。

(3) 千斤顶的压把、摇把不许任意加长,也不许增加人力,以防千斤顶超载。顶升高度不要超过千斤顶的高度限制线(见图 1-9)。

(4) 同时使用两个以上千斤顶时,各千斤顶必须同时升高,使各千斤顶承重一致。

### (二) 链条葫芦

链条葫芦又称倒链,适用于小型设备的吊装或短距离的牵引。链条葫芦由主链轮、手链轮、传动减速机构、起重链及上下吊钩等组成。传动减速机构目前已普遍采用行星式,图 1-10 是采用行星式减速的链条葫芦结构图。

链条葫芦的制动是靠重物的反作用力带动一个自锁机构进行的。自锁机构的结构和制动如图 1-10 所示。有的链条葫芦不能自锁(滑链),主要是摩擦片磨损严重或进油而打滑。

链条葫芦的使用与保养注意事项:①在使用前,应检查吊钩、主键是否有变形、裂纹等异常现象,传动部分是否灵活。②在链条葫芦受力之后,应检查制动机构是否能自锁。③在起吊重物时,手拉链不许两人同时拉,因为在设计链条葫芦时,是以一个人的拉力为准进行计算的,超过允许拉力,就相当于链条葫芦超载。以起重量为 3 t 的链条葫芦为例,其设计拉力为 350 N(相当于一个普通劳动力的正常拉力),当超过 350 N 时,就意味着重物已超过 3 t。④重物吊起后,若暂时不需放下,则此时应将手拉链拴在固定物上或