

高等学校教材

工程起重机械

华北水利水电学院 石殿钧 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书介绍工程起重机械的构造、理论和设计计算。

全书共十一章，内容主要包括：起重机设计的基本理论；起重机专用零件、部件和四大机构的构造、设计和计算；起重机稳定性、轮压、安全装置的计算；门座、塔式、缆索起重机的构造和工作原理。

本书根据国家标准局新发布的《起重机设计规范》编写。

本书主要供高等院校起重运输与工程机械专业教学用，亦可作有关专业的教学参考书，并可供从事起重机械设计、制造、科研和使用等工作的技术人员参考。

前 言

按照1982年高等学校水利水电类专业教材编审委员会提出的1983~1987年教材出版规划,委托武汉水利电力学院、葛洲坝水电工程学院、华北水利水电学院三院负责为起重运输与工程机械专业编写《工程起重机械》教材。

本书是根据1983年6月在武汉召开的起重运输与工程机械教材编审小组扩大会议所制定的《工程起重机械》教材编写大纲及1982年制定的《工程起重机械》教学大纲编写的。

全书共分十一章,着重介绍工程起重机械的专用零件、部件、基本机构及轮压和起重机的稳定性,扼要介绍起重机总体设计的基本理论,最后介绍水利电力建设工程中常用的塔式起重机、门座起重机和缆索起重机的构造、工作原理。在内容安排上以构造、理论和计算并重。在编写风格上力求重点突出。本书是根据国家标准局1983年发布的国家标准(GB3811-83)《起重机设计规范》编写的,在内容上及计算方法上与过去出版的教材有所不同。

本书由华北水利水电学院石殿钧主编,水利电力部杭州机械设计研究所高级工程师阎自勉主审。参加编写的有:武汉水利电力学院查献元(第四、七、九、十章),葛洲坝水电工程学院杨达夫(第五、六、十一章),华北水利水电学院石殿钧(第一、二、三、八章)。

在编写过程中,兄弟院校、设计研究等单位派出代表参加编写大纲的讨论,提出很多宝贵意见;有不少的单位,为本书提供了一些技术资料;还有一些同志描绘插图。在此,我们谨向上述各单位和同志们表示衷心感谢。

由于编者水平所限,尤其是对于起重机设计规范理解不深,加上编写时间短促,书中的错误和缺点在所难免,热情欢迎批评指正。

编 者

1987年1月

目 录

前 言

第一章 总论	1
第一节 起重机械的用途、工作特点及在水利电力建设事业中的作用	1
第二节 起重机械的发展趋势	2
第三节 工程起重机械的分类	5
第四节 起重机的主要参数	18
第五节 起重机的工作级别	21
第六节 起重机的计算载荷和零件的强度计算原则	32
第二章 钢丝绳及其卷绕装置	45
第一节 钢丝绳	45
第二节 滑轮及滑轮组	55
第三节 卷筒	64
第三章 取物装置	78
第一节 取物装置的种类	78
第二节 吊钩组	80
第三节 抓斗	90
第四章 制动装置	102
第一节 制动装置的作用与分类	102
第二节 块式制动器	104
第五章 起升机构	116
第一节 起升机构的构造	116
第二节 起升机构的计算	121
第三节 大起升高度卷绕系统设计	128
第四节 起升机构的调速	130
第六章 运行机构	135
第一节 运行支承装置	135
第二节 运行机构的构造	141
第三节 运行机构的设计计算	144
第七章 回转机构	153
第一节 概述	153
第二节 回转支承装置的类型与构造	153
第三节 回转支承装置的计算	160
第四节 回转驱动机构的类型与结构	168
第五节 回转驱动机构的计算	172

第八章 变幅机构	178
第一节 变幅机构的型式	178
第二节 平衡变幅机构的设计	180
第三节 变幅驱动机构	194
第九章 轮压与起重机稳定性	207
第一节 轮压及其计算	207
第二节 起重机稳定性	213
第十章 安全装置	217
第一节 防风装置	217
第二节 起重量限制器与载重力矩限制器	224
第十一章 水利电力工程用起重机	228
第一节 门座起重机	229
第二节 塔式起重机	235
第三节 缆索起重机	242

第一章 总 论

第一节 起重机械的用途、工作特点及在水利 电力建设事业中的作用

起重机械是国民经济各部门中搬运物料所必须的机械设备。也是组成生产流水作业线上的重要设备。

起重机械用来对物料作起重、运输、装卸和安装之用。它像生产过程中人的“双手”一样，通过机械本身的动作，可以搬起和运移物料，其所能搬运的重量和速度远远超过人力。起重机械可以完成人力无法完成的物料搬运工作，可以把人们从繁重的体力劳动中解放出来，可以提高劳动生产率。由于社会主义建设事业的需要，起重机械在国民经济中所起的作用愈来愈大。由于生产规模日益扩大，专业化、现代化生产的要求，各种专门用途的起重机相继产生，在许多重要的部门中，它不仅是生产过程中的辅助机械，更重要的是已成为生产流水作业线上不可缺少的主要机械设备。它的发展直接影响到各生产部门的迅速发展。因而起重机械制造业的发展必须与实现我国四化的新任务相适应。

起重机械是一种循环的、间歇动作、短程搬运物料的机械。一个工作循环一般包括：取物装置从取物地点由起升机构把物料提起，运行、回转或变幅机构把物料移位，然后物料在指定地点下降；接着进行相反动作，使取物装置回到原位，以便进行下一次的工作循环。简言之，即上料、运送、卸料及回到原位的過程。在两个工作循环之间一般有短暂的停歇。起重机工作时，各机构经常是处于起动、制动以及正向、反向等相互交替的运动状态之中。

在水利电力建设事业中，起重机的使用范围极为广泛。无论是装卸设备器材，吊装厂房构件，安装电站设备，吊运浇筑大坝混凝土、模板，开挖的废碴及其它建筑材料等，均需使用起重机。

在火力发电厂的建设施工中，需要吊装和搬运的总工程量达数万吨，其中不少组合件的吊装和搬运重量常达几百吨。因此，必须选用一些大型起重机进行锅炉及厂房的吊装工作。随着火电机组容量的增大，所需起重机的吨位也越来越大。通常采用的大型起重机有龙门起重机、桅杆起重机、门座起重机、塔式起重机、履带起重机、轮胎起重机以及汽轮机厂房内装置的桥式起重机等。

在水电工程施工中，不但工程规模浩大，而且地理条件特殊，施工季节性强、工程本身又很复杂，需要吊装搬运的设备、建筑材料量大品种多，所需要的起重机数量和种类就更多。除了上面介绍的起重机外，在水电工程中还采用其它一些大型起重机，如缆索起重机、架空索道、浮游起重机等。在电站厂房及水工建筑物上也安装各种类型的起重机，供检修机组、启闭闸门及起吊拦污栅之用。这种用途的起重机有：大型桥式起重机、门式起重机、固定卷扬起重机、弧型闸门起重机以及油压起重机等。这些专门用途的起重机吨位

往往是很大的，如用于起吊闸门的门式起重机、固定卷扬起重机和油压起重机其起重量我国均已做到600t。电站厂房内的桥式起重机我国已做到500t，世界上最大已达到1300t。

电站厂房内安装的桥式起重机及大坝上的门式起重机等虽然属于电站的固定设备，然而在电站施工阶段，却用来安装机组及闸门，起到了工程起重机的作用。

第二节 起重机械的发展趋势

70年代以来，随着生产和科学技术的发展，在一些工业较发达的国家，起重机械无论是在产量上还是在品种和质量上都获得极其迅速的发展。

随着建设工程规模的扩大，起重安装工程量越来越大，需要吊装和搬运的结构物和机器设备的重量也越来越大。尤其是大型电站(水电站、火电站、核电站)、石油、化工、冶炼、航天以及高层建筑的安装作业的迫切需要，对起重机提出特殊的要求，因而促进了工程用起重机，特别是大型工程用起重机的发展。其发展特点和发展趋势可归纳以下几点：

一、大型和专用起重机的发展

在中小型工程用起重机发展的同时，大型工程用起重机也得到很快发展。在最大起重量方面，组装人造卫星发射火箭用的大型移动式起重机，起重量已达3000t。

大型轮式起重机也发展很快，目前桁架臂汽车式起重机(联邦德国生产)最大起重量达到1000t，主臂最大长度达到121m；轮胎起重机最大起重量达到500t；伸缩臂汽车起重机的最大起重量达到400t。用在核电站工地上安装大型圆顶式保护室的履带起重机重量已达到1500t。目前履带起重机最大起重量已达到1600t，最大起重力矩达到210000kNm，最大臂长为152.4m，最大幅度为118.9m。

国外用于大坝浇筑的缆索起重机，跨度达到1365m(用于伊太普工程)，吊罐容量为9m³，塔架高度为110m(用于伊太普工程)，小车牵引速度达到670m/min(用于德沃歇克坝)，满载提升速度达到290m/min(用于德沃歇克坝)，承载绳最大直径 $\phi 120$ mm，起升高度达到200m(新高瀨发电所)。

80年代最大的超重型塔吊是丹麦的K-10000型塔吊，主钩最大起重量为240t，最大起升高度为90m，幅度为100m时的起重量为94.5t。用于水电站安装检修水力发电机组的桥式起重机最大起重量已达到1300t。英国制造的弧型闸门起重机，起重量已达1600t。

尽管这类起重机产量不大，但在制造这类大型起重机时，为了减轻自重和提高使用性能等，要有较高的设计水平，同时它们的制造很复杂，需要有较先进的科学技术水平。因此，大型起重机的制造成功可以反映出一个国家制造起重机的总水平。

二、广泛采用液压技术

由于液压与液力传动有其突出的优点，近年来在国内外各种类型的起重机上已得到广泛地应用。目前国内外液压起重机在品种和产量方面都有较大的发展，特别是大吨位级液压起重机发展非常迅速。

液压传动主要优点是功率大、体积小、重量轻，传动平稳、操纵简便、工作安全可靠，易于实现无级变速和自动控制等。起重机采用液压传动后，可使起重机结构简单、紧

凑，可减小起重机自重及外形尺寸，能够大大的提高起重机作业性能。目前中小型轮胎起重机与汽车起重机几乎全部采用液压传动。国外已有起重量为400t的大型液压伸缩臂汽车起重机。桁架臂的大型轮式起重机（100t以上）有40%以上采用液压传动，如西德生产的起重量为1000t的K10000型桁架臂汽车起重机等。履带起重机已经由机械传动改向全液压传动和操纵的方向过渡，大型履带起重机基本上都采用液压传动。如西德DEMAG公司生产的起重量为1000t的CC8000型履带起重机，所有机构都采用液压传动。除了自行式起重机外，其他类型的起重机如一些塔式起重机也常采用液压传动。日本1983年制造的2020型混凝土浇筑起重机也采用液压传动。在水电站起吊闸门用的大型起重机常采用液压传动，我国设计制造的大型油压起重机（启闭机）最大起重重量已达到600t。

液压传动不仅用于起重机的主要机构（起升、变幅、回转、行走和吊臂伸缩），也用于其它机构和辅助装置，如支腿伸缩、抓斗、自动抓梁等。

液力传动在起重机上也有应用。主要用在内燃机驱动的起重机上及电力驱动的起重机的大车运行机构上。

液压技术的应用大大促进了起重机的发展，这不但表现在产品结构的改进和性能的提高，也表现在产品的规格、品种和数量的增加。

三、减轻起重机自重

国外十分重视减轻起重机的自重。一台大型起重机自重达上千吨乃至近万吨，即使是中小型起重机如能减轻自重，对于提高起重机的先进性都有很大意义。特别是臂架式起重机，减轻臂架及其端部滑轮的自重对于减轻起重机自重影响很大。当前国外减轻起重机自重的基本途径是：

1. 采用新材料

高强度的轻质合金材料在国外已普遍采用，有人认为只因高强度钢的应用才导致今天起重机的迅速发展。目前国外一般采用屈服点为600~900N/mm²的高强度钢。高强度钢除了抗拉强度高、屈服强度高以外，还具有焊接性好、耐磨性好、加工性好以及价格经济等优点。聚合材料也是起重机上应用较多的材料。目前国外约有50多种（每种又分若干类）不同性质的塑料用于起重机上。铸尼龙（聚酰胺）滑轮在国外已开始采用，它不但能延长钢丝绳的使用寿命及节省润滑油，还能减轻重量。譬如英国科尔斯公司在80t液压伸缩臂汽车起重机上采用尼龙滑轮后，其重量仅为钢制滑轮的1/5，在吊臂顶端上的8个滑轮重量只有98kg。在制造滑轮方面国外一般采用尼龙6及“MC”尼龙树脂。碳纤维强化塑料是70年代逐步发展起来的一种新材料，它具有金属材料少见的优良性能（重量轻、强度高、膨胀系数小等），目前碳纤维强化塑料不仅大量使用在导弹和新式飞机上，而且也逐步使用在机械、汽车、化工等方面。1977年西德有人通过试验认为用碳纤维强化塑料来制造桁架式吊臂是一种发展趋势，当前主要问题是成本太高。

2. 改进金属结构，采用先进的结构形式

起重机金属结构的重量约占起重机总重量的80%以上，采用先进的金属结构型式，对减轻起重机的自重作用很大。如目前国外对轮式起重机的臂架和底架创造了一些独特的结构型式：八角形截面的伸缩臂架、具有菱形孔的独特的伸缩臂以及盆形承座辐射式支腿的

底架等。再如塔吊愈来愈多的采用锤子式结构型式这也是一种趋势。

在整机方面大力发展组合式结构，有的采用销子联结，以简化和加快装拆过程。

3. 采用新的设计计算方法

过去由于对金属结构件的实际应力状态摸不清，多采用陈旧的结构力学方法进行分析计算，计算过分保守，使结构笨重庞大。目前国外已将有限单元法、断裂力学广泛用于起重机结构件的设计计算。采用有限单元法时将矩阵数学变分法与结构力学有机地结合，并且用电子计算机代替人工演算。有限单元法可用来进行复杂结构的分析和计算及最佳参数的选择，计算速度快、精确度高，使设计计算的应力与实际应力值相符合。

四、现代科学技术的应用

随着现代科学技术的不断发展，特别是电子技术的发展、为满足自动化生产的需要，在有的起重机上开始应用一些现代电子装置与控制系统，采用一些保护、监视与事故探测措施。如利用电子计算机进行定位控制系统、数字显示自动控制系统、微型控制器自动运转控制系统、电子安全监视与警报系统、光—电—超声信号防撞系统、电子自动称量和同步控制装置、操作起重机采用激光通讯系统等。这些新技术虽然还是刚开始应用，有的还是处在研究阶段，其前景是广阔的。

为了防止起重机超载以至倾翻，近年来研制出电子式起重力矩限制器。这是一种较完善的安全装置。当载荷接近额定起重重量时，自动发出警报信号；当超载时，力矩限制器自动切断起重机工作机构以保证起重机整机稳定安全。起升机构采用电子秤起重重量可以直接显示在集中控制室或司机身旁，并能进行超载保护。也有用自整角机随动系统来指示吊钩起落的高度和深度，我国水电站使用的闸门起重机上应用较多。这要在起升机构上装有自整角发送机，而在司机室装有自整角接收机。有些特殊的起重机，司机在操纵室里看不清吊钩、载荷以及挂、卸钩时的操作情况，而采用遥控。还有些起重机因为环境条件的限制，就采用工业电视来帮助司机对起重机的运行情况进行观察和监视。起升高度大的起重机，地面人员与司机之间的联系采用携带式无线电对讲机。有些工作的规律性比较强的起重机，采用程序控制。近年来日本研制出带有机械手的自动化起重机，机械手可以直接抓取物料。从物料的抓取、移动、定位直至放下，全部实行自动化作业。

目前，为了提高起重机的起重性能，保证起重机高效可靠的工作，各国都非常重视现代科学技术的应用。

五、大力开展标准化工作

标准化工作是发展国民经济的一项基础工作。积极采用国际标准是标准化改革的重要内容。目前的国际标准和国外先进标准反映了经济发达国家70年代或80年代初已经普遍达到的先进生产技术水平，采用国际标准和国外先进标准是我国的一项重要技术经济政策，是技术引进的重要组成部分。它对推动技术进步、提高产品质量和社会经济效益、扩大对外贸易，把我国现有企业的生产转移到先进的技术基础上来具有重要的作用。采用国际标准和国外先进标准是指把国际标准和国外先进标准的内容，通过分析研究，不同程度地订入我国标准，并贯彻执行。国际标准是指国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）所制订的标准，以及国际标准化组织公布的国际组织和其它国际组织规定的某些标准。

标准是提高产品质量的重要保证,有了高水平的标准,才有高质量的产品。但对对外贸易来说,光有高水平一条是不够的,还必须注意标准能否在国际市场上为多数国家所接受。国际标准的优点在于它吸收了89个成员国国家标准精华,找出国际上通行的东西加以标准化,因此能为许多国家所接受。现在采用国际标准已成为世界发展趋势。

为了认真贯彻执行国务院批转国家标准局《关于加强标准化工作的报告》和国家经委《关于加快采用国际标准工作的报告》文件精神,起重运输机械行业在各级领导部门的重视下,已在大力开展标准化工作。由于起重机是一种大型机械,专业性强,安全性能要求高,因此更有必要制订出规范和标准作为设计、制造和使用单位共同遵守的准则。主要包括以下几方面:

1)名词术语的标准化;2)制订设计规范;3)制订制造及验收的技术条件;4)试验方法的标准化;5)实现零部件通用化、标准化及起重机系列化;6)制订检查报废规程等。

目前国际标准化组织(ISO)从80年代初开始已陆续制订出许多与起重机械有关的标准(ISO4301~ISO4310),德、日、英、美、法、苏等工业发达国家也早都制订有很多起重机械标准。

我国已经制订出GB3811-83《起重机设计规范》。在规范中不同程度的采用了国际标准化组织(ISO)公布的5个关于起重机设计的基础标准,但结合我国实际情况作了必要的补充或修改。《起重机械名词术语》国家标准(采用国际标准ISO中的内容)已在审批中。机械部早已有《桥式起重机标准》,水电部1985年也颁布了《水利电力建设用起重机技术条件(SD160-85)》。此外建筑塔式起重机国标也由城建部长沙建机所在起草中,一些起重机械零部件标准也由机械部等在制订中。

制订出标准文件只是标准化的一个重要组成部分,只有认真贯彻实施,才能转化为生产力,收到真正的效益。

第三节 工程起重机械的分类

为了对水利电力建设工程用的起重机械建立一个系统的概念,根据这些起重机械的外形、构造和用途大致分为两大类。

一、工程起重机械的分类

工程起重机如何分类,它都包括哪些起重机看法不一。有人认为工程起重机属于自行式动臂起重机的范围,它包括轮式和履带式起重机,即汽车起重机、轮胎起重机和履带式起重机。也有人认为工程起重机主要包括轮式起重机、履带式起重机和塔式起重机。还有人认为工程起重机也包括桅杆起重机、缆索起重机及其它一些施工中使用的起重机。

工程起重机是指各种建设工程施工中所使用的起重机。不同部门,不同建设工程所使用的起重机品种不完全相同。如对于工业和民用建筑工程主要使用轮胎式起重机、履带式起重机和塔式起重机;而对于水电工程浇筑大坝混凝土则主要使用缆索起重机、门座起重机和塔式起重机等。同一类型起重机在不同的部门分类也不同,如门座起重机,在水电建设工程中它是一种工程起重机,而在港口码头用来装卸货船它却是一种专用起重机。有

些起重机不同时期有不同的用途，如电站厂房检修机组用的大型桥式起重机及坝顶启闭闸门用的龙门起重机，这都是电站的固定设备。但这些起重机在电站施工阶段却用作安装电站设备（机组、闸门等）、吊运各种建筑材料等。当电站建成后由施工单位正式移交给电厂管理部门时才成为固定设备。

工程起重机械的种类很多，很难列出一个详尽而又完整的分类方法。因为不同的建设工程所使用的起重机械不会完全相同，而且随着各项建设工程以及现代化施工的需要，将会陆续不断的制造出许多新型工程起重机械。

（一）轻小型起重设备

轻小型起重设备又称简单起重机械。一般只有单一的起升或牵引机构，大多数为人力驱动。这类起重机械具有自重轻、体积小，起重能力大（可达数百吨），易于更换作业地点，便于搬运和使用方便等特点，在起重工作中是不可少的设备。特别适用于安装及维修工作。在水利电力建设工程中应用很普遍，有时也用于大型设备的安装。这类设备主要有下面几种：

1. 千斤顶 千斤顶结构轻巧、携带方便，维护简单，在起重工作中应用很广。靠它用很小的力，可以顶起很重的机械设备，又可校正设备安装的偏差和构件的变形等。千斤顶的顶升高度很小，在400mm以下；它的起重能力很大，最大可达500t，自重大约为10~100kg。

千斤顶按其构造及工作原理不同，可分为螺旋千斤顶、齿条千斤顶和液压千斤顶三种型式。在吊装中常用的千斤顶主要是螺旋千斤顶和油压千斤顶。

螺旋千斤顶（图1-1a）主要有壳体、伞齿轮、螺杆、螺母套筒、棘轮等组成。可用人力来回扳动手柄，并通过小齿轮带动大齿轮使螺杆转动，由于螺母套筒不转动只升降，从而起到升降重物的作用。当重物升高后需要停止时，可通过制动装置自锁。螺旋千斤顶使用方便，操作省力，上升速度较快，能在水平方向操作使用，并且定位稳定。起重量约为5~50t，顶升高度可达250~400mm。

液压千斤顶（图1-1b）有手动和机动两种，起重量大，约为5~500t，起升高度为100~200mm，操作省力，上升平稳。但上升速度慢，不能在水平方向操作使用，长时间顶住时常会因漏油而定位不稳定。

2. 手拉葫芦 手拉葫芦（图1-1d）是一种使用简易、携带方便、应用面很广的小型起重工具，又有链条葫芦或神仙葫芦、“倒链”等名称。它适用于小型设备和重物的短距离吊装。还可以用作收紧大型金属桅杆的缆风绳以及机械设备就位找正等工作。起重量为0.5~20t。

3. 手扳葫芦 手扳葫芦（图1-1c）是一种轻巧简便的手动牵引机械。它携带方便，工作可靠，特别适用于流动性、临时性的起重牵引作业。手扳葫芦是由两对平滑自锁的夹钳，如同两只钢爪交替夹住钢丝绳，作往复直线运动，来实现牵引工作。手扳葫芦能够水平和垂直使用，还能够在倾斜的、高低不平狭窄及曲折转弯的场地工作。

4. 电动葫芦 电动葫芦（图1-1e）是将电动机、减速机构、卷筒等组合为一体的结构紧凑，使用简便的起重机械。可以单独使用，也可以作为电动单梁或双梁桥式起重机，以及塔式、龙门起重机的起重小车之用。一般用于工作不太频繁的场合。

5. 滑车及滑车组 滑车是一种主要由滑轮和吊钩或吊环、吊梁组成的简单起重工具。

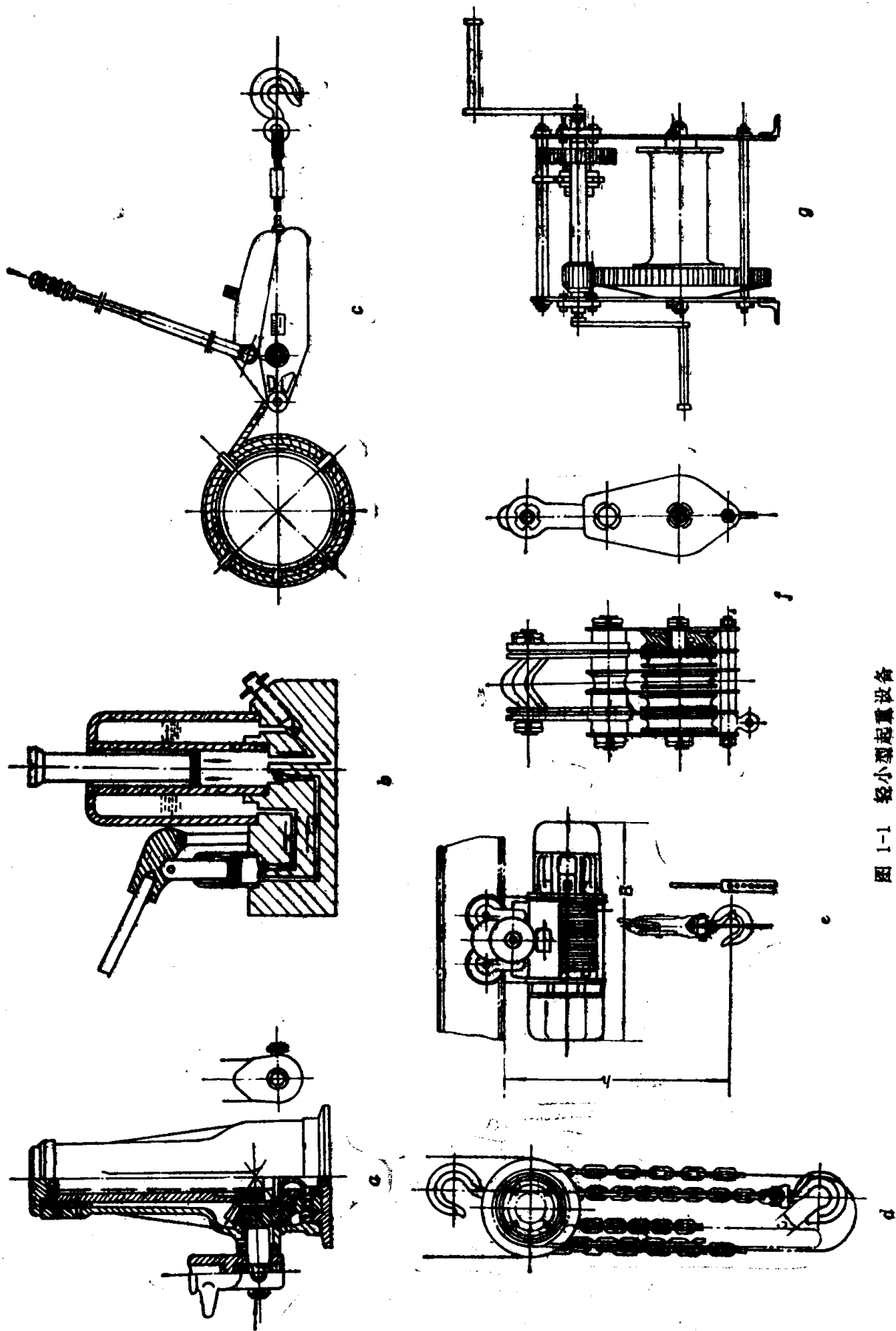


图 1-1 轻小型起重设备

有单轮、双轮及多轮等多种型式。一般均与绞车配套使用，以提高起重能力，改变钢丝绳牵引方向，进行吊装和搬运工作。滑车是一种很重要的吊装、搬运工具。在水利电力工程上常用于大型设备的安装。图1-1f所示出的为多轮吊梁型滑车简图。中小型滑车一般采用吊钩式和吊环式，而大型滑车均采用吊环式和吊梁式。

滑车组是由一定数量的动滑车和定滑车及钢丝绳所组成(图1-2)，是起重工作中用途极广的简单起重工具。特别是吊装大重量物体时常常是靠用滑车组来完成吊装任务的。一般只要采用0.5~15t的绞车(卷扬机)牵引滑车组出端头，就能吊起几吨到几百吨的物件。

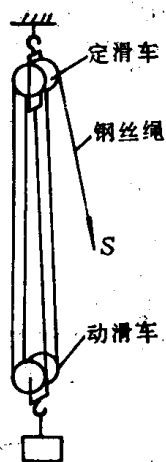


图 1-2 滑车组示意图

6. 绞车 绞车又称卷扬机，可分手动和电动两种。手动绞车(图1-1g)是一种比较简单的钢丝绳牵引工具，操作容易，便于搬运，一般用于牵引力较小、条件较差和无电源的地方。电动绞车类型很多，是起重工常用的设备。可用于构件设备的吊装、运输和机械设备的安装等工作。

(二) 起重机

使物品在三维空间中移动的机械叫起重机。起重机除了有一个使物品升降的起升机构外，还有使物品作水平方向运动的机构。根据水平方向运动形式的不同，分为桥式类型起重机和臂架类型起重机两大类。

桥式类型起重机的特点是具有一个桥架形式的承载结构，除了起升机构外，还有小车和大车两个运行机构。起重机依靠这些机构的配合动作，能够在长方形场地及其上空搬运物料。这类起重机适合于车间、机器房及露天料场等处的物料搬运、装卸，构件组装，设备安装、检修等工作。属于桥式类型的起重机主要有桥式起重机、龙门起重机、装卸桥、缆索起重机等(图1-3)。

臂架类型起重机的特点是都有一个承载的臂架，这类起重机除有起升机构外，还有能使臂架绕垂直于地面的轴线旋转的回转机构及能使臂架俯仰的变幅机构。起重机依靠这些机构的配合动作，能够在圆形场地及其上空搬运物料。臂架类型起重机装在车辆或其它运输工具上作水平移动，这样就构成了常见的各种工作范围更宽广的臂架类型起重机。在水利电力建设工程中使用的臂架类型起重机有：桅杆起重机、门座起重机、塔式起重机、轮胎起重机、履带起重机、汽车起重机及浮游起重机等。这些起重机有很好的机动性，特别适合于露天装卸及安装工作。

二、起重机的组成及基本构造特点

起重机一般由金属结构、机械(工作机构)和动力装置与控制系统三大部分组成。机械部分主要是指起升、运行、变幅和回转等工作机构。起重机要实现在三维空间中作业，取物装置必须要有一个垂直方向的运动和两个水平方向的运动。要实现这三个方向的运动，就必须设置相应的工作机构。不同类型的起重机设置的工作机构不都完全相同，但是所有起重机都必须具有起升机构。起升机构是起重机的基本工作机构，没有起升机构，就称不上起重机了。例如电站厂房安装及检修机组用的桥式起重机(图1-3a)，在起重小

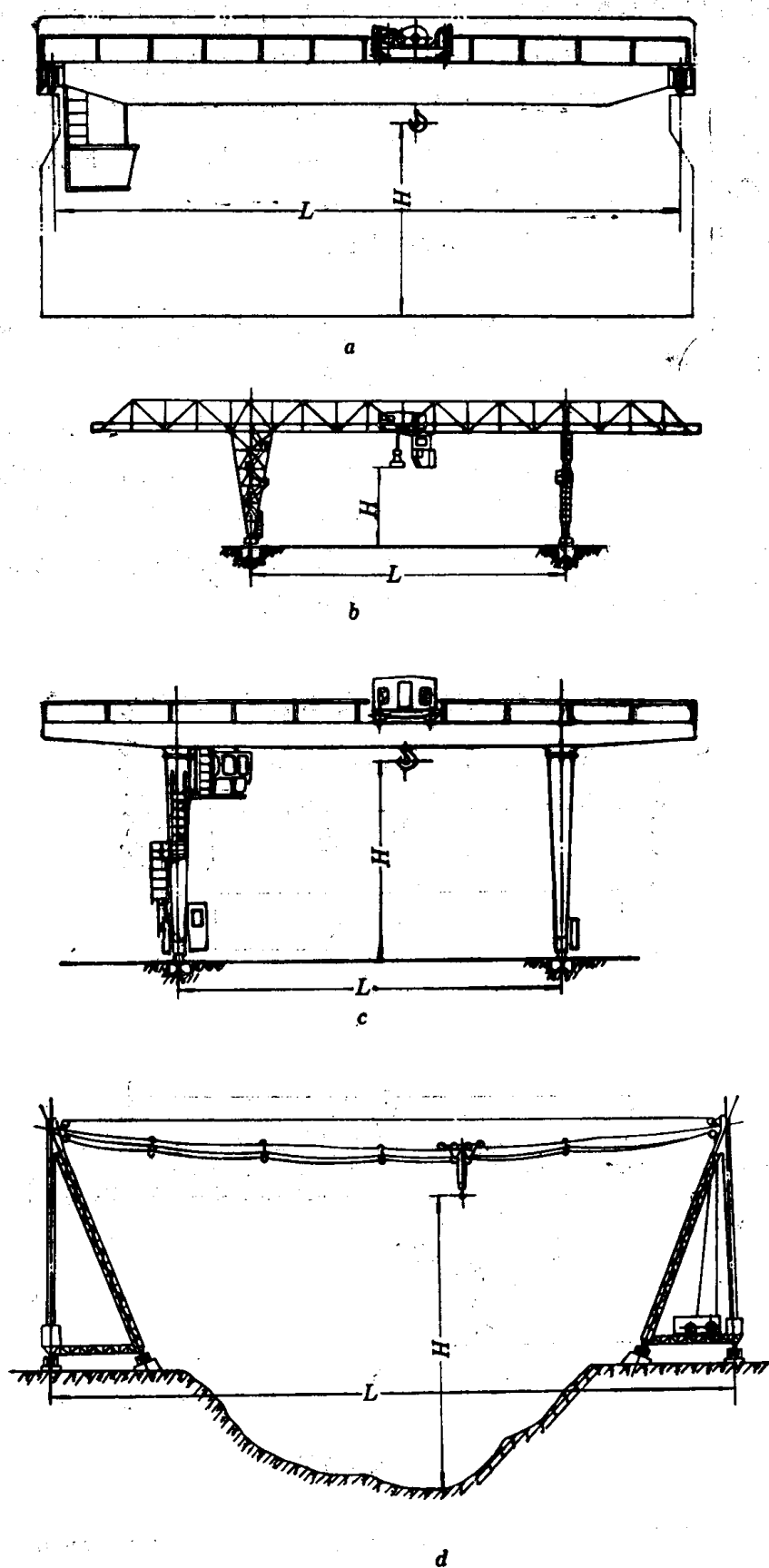


图 1-3 桥式类型起重机
a. 桥式起重机; b. 装卸桥; c. 龙门起重机; d. 缆索起重机

车上设置起升机构以实现取物装置垂直方向的运动，而小车和大车运行机构实现两个水平方向的运动。而门座起重机设有起升机构、变幅机构、回转机构和运行机构。起升机构用来实现垂直方向的运动；变幅机构和回转机构用来实现两个水平方向的运动；运行机构用来增大起重机的服务面积或转移起重机的工作场地。起升、运行、回转和变幅机构，是起重机最重要的机构，通常称为起重机的四大机构。

下面介绍几种水利电力工程中常用的起重机。

(一) 桥式起重机

桥式起重机属于通用起重机，在水利电力工程中应用较多。常用于工地修配厂、修配间、仓库及料场，也用于电站发电机组的安装与检修。

桥式起重机又分梁式及桥式起重机两种。梁式起重机是以工字钢为主梁，跨度大时常制成桁架梁。按驱动方式分手动和电动两种。手动梁式起重机的起升机构采用手拉葫芦，小车、大车运行机构用曳引链人力驱动（图1-4a）。电动梁式起重机的起重小车采用标准的电动葫芦（图1-4b），通常在地面操纵。梁式起重机结构简单，是简易的桥式起重机，用于工作不频繁的地方，在工地小型车间、仓库应用较多。

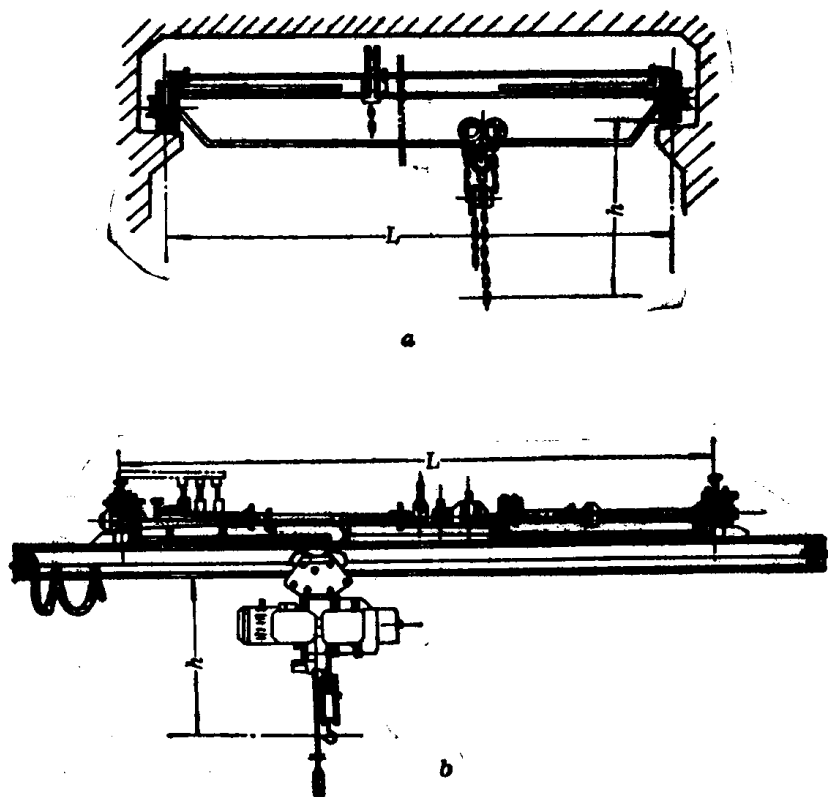


图 1-4 梁式起重机

起重机 5 t 以上采用电动双梁桥式起重机。桥架基本上均采用箱形结构，起重小车在两箱形主梁轨道上运行。水电站厂房安装、检修机组用的桥式起重机起重量比较大，我国已作到 500 t，为减轻桥架自重，通常采用箱形空腹结构。

（二）龙门起重机

龙门起重机外形如同“门形”，所以叫龙门起重机，又称门式起重机（图1-3c）。

龙门起重机主要用于火电站及水电站施工现场的设备、构件和材料的装卸、堆放以及设备组合等工作。另外在水电站常用于启闭闸门之用，这时又称为门式启闭机。启闭闸门用的龙门起重机起重量比较大，我国最大起重量已作到600t。西德一家公司1974年为瑞典制造的一台大型造船龙门起重机，起重量为1600t，跨度174m，起升高度105m，起重机自重7200t。

龙门起重机的类型很多，按照主梁结构型式分箱形结构和桁架结构；按悬臂情况分无悬臂、单悬臂及双悬臂；按主梁数目分单主梁和双主梁；按支腿结构型式还可分为L型、C型和O型支腿等。

由于工程单位的机械拆迁较多，运输较为频繁，龙门起重机应具有便于拆装、分段重量轻、各单件的外形尺寸能满足运输要求等特点。所以在电站中使用的大型龙门起重机一般多为桁架组合结构型式。如图1-5所示。

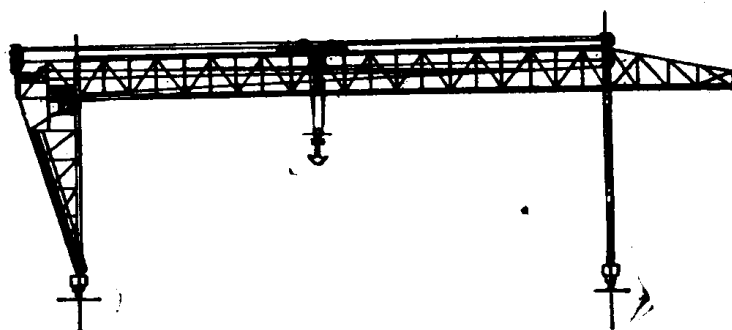


图 1-5 桁架式龙门起重机

龙门起重机是带腿的桥式起重机。桥式起重机是沿着由固定桥墩支承的轨道运行，而龙门起重机则是由支腿支承着主梁直接在地面轨道上运行。

一般用途的龙门起重机跨度小于30m，主梁和两条支腿大都采用刚性连接，这样使结构的水平刚度大，有利于大车运行。大型龙门起重机当跨度较大时，为了避免在结构中产生温度应力就要制成一边为刚性支腿，一边为挠性支腿（见图1-5）。

龙门起重机是用来吊装成件物品的，取物装置通常为吊钩和吊环。当起重机安装的是专用取物装置抓斗时，就不叫龙门起重机，而叫装卸桥（图1-3b）。

装卸桥与龙门起重机很相似，基本结构并无显著差别。由于用途不同，除取物装置不同外，其结构与参数均有差异。龙门起重机一般起重量较大，跨度较小，工作速度低，多采用刚性支腿；而装卸桥起重量较小，跨度较大，生产率、工作速度高，具有一个刚性支腿及一个挠性支腿。装卸桥一般起重量小于30t，起升速度大于60m/min，小车运行速度大于150m/min，生产率达500~1000t/h，跨度为40~90m。个别装卸桥参数更高。例如：1972年日本新日铁大分钢厂原料码头安装一台起重量为81t的装卸桥，卸20~30万t级矿石散料船，起升速度为160m/min，小车运行速度为200m/min，生产率达2500t/h。

装卸桥大车运行速度都很低，为 $20\sim 30\text{m/min}$ 。因为大车是非工作机构，只有在调整工作位置时才开动。

装卸桥多用于冶金厂及发电厂。在火力发电厂用来装运煤碳。

（三）缆索起重机

当跨度很大或地形复杂时，可采用缆索起重机。典型的缆索起重机（图1-3d）由两个对立的塔架组成，在塔架之间悬挂着有一定垂度的承载绳。载重小车悬吊在承载绳上，牵引绳可使载重小车在承载绳上行走。小车上带有吊钩或抓斗，用于装卸物品。为了减少起升绳与牵引绳的垂度，在跨间布置了若干个支索器，通常称为“承马”。

缆索起重机有固定式、平移式（双腿移动式）及径向式（单腿移动式）三种。

缆索起重机在水电工程施工中用来浇筑混凝土大坝，是一种高效混凝土吊运设备。国外如日本极大多数混凝土坝用缆索起重机施工，有人称缆索起重机为大坝浇筑起重机。水电工地是一个广阔的施工现场，缆索起重机两个塔架分别立在河道两岸，能高效率地覆盖整个大坝，可以与坝体工程分开而独立地设置。大坝的每一处缆索起重机小车都可以接近和工作。缆索起重机除了向大坝输送混凝土，还用来吊运钢材、模板以及压力钢管等许多单件另呈荷重，也可用来吊运开挖的废碴。

国外水电工程用缆索起重机的主要参数已达到如下水平：跨度 1365m ，塔架高度 110m ，吊罐容量 9m^3 （起重量 28t ），小车牵引速度 670m/min ，提升速度 290m/min ，承载绳最大直径 120mm ，单根重量为 120t 。

我国1978年制造的缆索起重机（用于龙羊峡）主要参数为：跨度 650m ，起重量 20t （吊罐容量 6m^3 ），起升高度 150m ，小车运行速度 350m/min ，起升速度 110m/min 。

（四）桅杆起重机

常用的桅杆起重机大致有独脚桅杆起重机、人字桅杆起重机和拉索式桅杆起重机三种。由于桅杆起重机拉索（缆绳）多，移动不方便，因此它只适宜用在起吊工作集中，移动范围较小的施工场地工作。

图1-6为独脚桅杆起重机示意图。这种起重机结构很简单，吊装能力很大，可从几十吨到几百吨。也可以利用多支桅杆联合抬吊一物件。独脚桅杆起重机主要由1根桅杆，4~6根缆绳及起升滑轮组、导向滑轮、桅杆支座等组成。起升绳经过下部的导向滑轮牵引到卷扬机上。图1-6中的桅杆为格构式，也可用圆木或钢管制作。根据起重工作的需要，独脚桅杆也可制成转动式，这样可使起吊的物件旋转，给吊装工作带来很大方便。

图1-7示出的为拉索式桅杆起重机。在直立的桅杆下部装有倾斜的起重臂架，在桅杆顶部通过变幅滑轮组悬吊着起重臂架，起重臂架可以变幅并能左右回转。所以，拉索式桅杆起重机不仅能垂直起吊载荷，而且还能够使载荷水平移动。因此，它有很好的起吊性能。

拉索式桅杆起重机主要有桅杆、起重臂架、变幅滑轮组、起升滑轮组、左右摇臂绳滑轮组、缆绳、底盘及卷扬机等部件组成。缆绳一般6~7根。左右摇臂绳滑轮组由起重臂头部分别引向两侧，并倾斜的与地面上的锚锭相连。摇臂绳滑轮组钢丝绳绕出端沿起重臂架向下穿过底盘两角上的导向滑轮，引向左、右卷扬机上。工作时，左、右卷扬机一收一放，就能使起重臂架左右回转。回转角可达 120° 。在底盘上除安装左、右回转卷扬机外，