

绪 论

机械设备安装工程是基本建设和工厂企业进行技术改造中极为重要的组成部分，它是机械设备从设计制造后，进入安装现场直到运行使用前不可缺少的关键环节。机械设备安装工程不仅要确保安装工程的质量、提高安装工程的效率，还必须加强与土建工程的密切协作和配合。

0.1 机械设备安装工程在我国工业发展建设中的地位

工业设备安装是工业建设的主体内容之一，凡是建设工业项目，必然会遇到机械设备的安装问题。虽然各行各业的机械设备品种繁多，千差万别，各有特色，但有许多通用设备的主要安装工艺是相同或相似的。在我国工业发展建设中，广大的工程建设者消化、吸收国外的高新技术，并结合国情，在运用中提高，在实践中创新，逐步形成了具有中国特色的机械设备安装施工工艺、操作方法和技术规程。

在工业项目建设中，机械设备安装是整个安装工程的基础，是先行工序，是确保安装质量的最重要环节。机械设备安装内容中一般有设备基础、安装基准、垫铁、地脚螺柱、设备二次灌浆、通用零部件装配、各项安装精度测量和调整、单体和联动试运转等内容。也常会涉及起重吊装、液压润滑、工程焊接等内容，这几项内容在某些类型的工程中往往还会成为最重要和最关键的内容。因此，在现代化大型工业项目的安装中需要运用多方面的知识，掌握多种安装方法，熟知当前执行的标准、规范和规程。

在 20 世纪 70 年代初，根据国务院的指示精神，原国家城乡建设环境保护部就决定在高等学校设立机械设备安装专业，以适应我国基本建设工业安装专业技术人员急待增加的需要。同时，组织出版了一些既具有一定理论水平，又能指导实际安装工作的技术资料或教科书，以提供给高等学校安装专业的师生、广大安装公司的工程技术人员学习和使用；此外，也有助于广大基本建设工业的科研、施工、设计单位的领导干部及职工进行技术学习和自修。

金属切削机床是机械制造和机械加工工厂、企业的主要生产设备，我国每年需要安装和移装的金属切削机床都在数十万台或百万台以上。金属切削机床的基础质量和安装质量直接影响其加工精度、使用寿命和经济效益。因此，工厂企业采取合理的金属切削机床基础设计方法，以及采用正确的安装调整金属切削机床技术是非常必要的。

0.2 机械设备安装工程的内容

机械设备安装工程主要有以下的工作内容：

1) 设备的起吊、搬运工作。机械设备整机或部件一般由制造厂家或运输部门运送到安装工地，再由安装人员根据施工进度使用各种起吊工具和运输工具，将它们完好无损地运到具体的施工作业现场，进行就位组对安装。

2) 各种运转设备和静置设备的安装、检验和调试工作。

所谓运转设备，是指各种带有驱动装置，并能完成特定生产任务的设备，如金属切削机床、压缩机、汽轮机、锻压机、泵等。这类设备由于工作精度要求很高，因而是安装工程中最重要而又最艰巨的内容，其安装通常包括开箱检查、验收、基础放线、设备就位、校准调平、固定、清洗组装、调试试车、竣工验收等多道工序。对于某些机械设备，安装施工是这类产品的最后一道制造工序，如锅炉、电梯等。

所谓静置设备，是指不带驱动装置的设备，如塔、罐、柜、槽等容器类设备和电视塔、电线塔、排气筒以及钢质桥梁、房架、平台等金属构造类设备。静置设备的安装，可以分为整体安装、组对安装和现场制作安装三种情况。与静置设备安装配套的施工项目，还有各种不同直径、不同压力的管道设备，以及其他附件需要进行组合、弯形、密封等的安装工作。

3) 钢结构设备的制作和安装工作。钢结构设备，如各类容器、管道、法兰、支架、平台、扶梯等，由于大多为单件、异形件，因而通常是在安装现场用各类钢板和型材，通过放样、下料、组合焊接制造而成的。钢结构设备的制作安装有时是安装工程的主要内容之一。

4) 容器内、外附属部件的钳工安装工作。在安装各种容器之后，还要进行容器内部和外部各种部件的安装，以保证生产中的正常使用。如大型化工厂中的各类反应塔、吸收塔、中和罐等设备安装完毕后，还必须进行塔内隔板、管板、泡罩、磁环等的安装工作，而这些安装工作又确实是保证容器正常生产的必要条件。

另外，还有与容器相连的管道弯制、除锈、吹扫、保温、防锈及密封等的安装工作。在安装现场或预制加工厂，各种不同直径、不同压力的管道需要按设计进行弯制、除锈清洁、防锈防腐处理及管子、管件的密封处理。这部分内容在各种介质输送、供热、供气工程及化工企业安装工程中，占有非常重要的地位。

5) 仪器、仪表和控制系统的安装调试工作。在机械设备安装后，需要对其工作系统中的各种仪器、仪表和自动控制装置进行认真、细致的调试。随着科学技术的迅猛发展，各种机械式仪表、热工仪表、气动式仪表、液压式仪表及其他控制仪表和装置的不断推陈出新，对安装工人的技术要求越来越高。特别是在大批量生产企业中，自动生产线和成套设备的运行程序控制系统的安装与调试工作，是安装工程中的又一项重要内容。

6) 设备的各种电动机、电器和电气线路的安装调试工作。各种机械设备，一般都配有不同数量、不同规格的电动机、电器及电气线路。因此，正确合理地安装好电动机、电器及电气线路，也是安装工程的一项主要内容。

7) 压力设备、热力设备、空调设备、制冷设备和环保设备的安装调试工作。随着科学技术的高速发展，压力设备、热力设备、空调设备、制冷设备和环保设备等通用机械设备被广泛地应用在各个行业、企业，因而这些设备的安装正逐步成为安装工程的一项重要内容。

8) 各种电梯、起重吊装设备的安装调试工作。货运电梯、商场电梯、住宅电梯等各种电梯及起重吊装设备,其主要零部件都是由制造厂家生产后,分组件装箱运抵安装现场,由安装工作人员进行现场安装调试。因此,安装工程实际上也是这些设备生产组装的最后一道工序。

9) 通信、信息设备设施的安装调试工作。随着知识经济时代的到来,我国的信息产业得到了迅猛发展。通信、信息设备设施的建设和安装调试工作,正在成为安装工程的一项新的内容。

10) 特殊设备和器材的安装调试工作。在国防和科学研究部门中,大量应用具有高科技技术的机械设备,它们大多采用尖端技术,如激光技术、核磁技术、微波技术、微电子技术、纳米技术等。这类设备的安装精度要求非常高,对安装施工人员的技术技能素质要求也非常高。

0.3 机械设备安装施工所需要的主要工种及基本作业内容

随着现代化工业技术的发展,机械设备的性能也越来越复杂,其技术含量越来越高。机械设备安装作为一项独立的工艺技术,已逐步形成并不断完善,而且越来越受到人们的高度重视。其主要原因不仅是设备投资占整个基本建设投资费用的比重大,还在于设备安装工程的质量和工期将会直接影响到投资效益的发挥。

一些特殊安装工程项目,如工业锅炉、电梯、起重吊装设备、易燃易爆物资的储存输送系统及核能发电设备等,关系到人民生命财产安全,这种对环境可能造成危害的机械设备安装工程,要求从事其安装的施工单位、机构和组织,必须具备国家技术监督部门核准的施工资格。

同时,其施工管理人员和工人必须具有经过技术监督部门考核合格的操作技能等级鉴定证,方可施工。由此可知,机械设备安装工程的施工手段正逐步由原始的劳动密集型向技术密集型发展,对施工人员的技术素质要求在不断提高。因而,在机械设备安装工程施工现场(不包括维修站和加工厂)从事安装作业的一线施工人员,大体有以下一些工种。

(1) 安装钳工(简称钳工) 安装钳工是机械设备安装中的主要工种之一,主要承担设备安装中机械类零部件的安装调试任务。具体工作有开箱检查、放线就位、找正找平、设备固定、零部件清理清洗、组装调试、试运转等。安装钳工不仅要掌握设备安装全过程的操作知识,还必须具备普通钳工的知识技能,如钳工工具、量具、仪器仪表的使用、保养和校验;常用材料性能和外观的鉴别;金属材料的淬火、退火;安排其他工种的工序配合等。

(2) 管道工(简称管工) 管道工主要承担各类工业管道工程、设备配管、给排水等民用管道工程、采暖供热工程等管道安装工作。管道工除了应该掌握管工工具、量具、仪器仪表的使用、保养和校验以及能够识读管道安装施工工程图外,还必须熟悉不同材料管道的施工工艺,管道的隔热防腐施工,小型蒸汽锅炉的安装施工,管子的弯形、管接、弯头和异形管大小头的制作安装,管道及附件的试压等工作。

(3) 电气安装工(简称电工) 电气安装工也是机械设备安装施工的主要工种之一,主要从事设备上的电器及控制线路等的安装及调试工作,以及发电设备,输电、变电、配电设备,电线电缆和通信设备及防雷装置等工程的安排工作。电气安装工除应该掌握普通电工的

基本知识和技能,能够识读电气施工图外,还应该熟悉不同规格材料的施工方法(如电缆、光纤工程以及线缆桥架、支架的制作安装),以及简单的机械知识。另外,电气安装工还应该熟悉设备常见电气故障的诊断与排除方法。

(4) 设备起重工(简称吊装工) 设备起重工主要承担机械设备及金属构件的现场起吊搬运工作,其必须具备的知识和技能有起重工具的使用、保养及安全试验;绳索打结、接头,穿滑轮组;分析设备重心位置,竖立各种桅杆和埋设地锚;拟定起重吊装施工方案并进行简单的受力计算等。

(5) 铆工(又称冷作工) 铆工是钢结构设备制作安装工程的重要工种,主要承担金属结构件和金属容器的制作工作。小型的金属结构件通常在加工厂制作成形,再运到施工现场进行安装;大型金属结构件一般在加工厂放样下料、分片成形后,运到施工工地现场拼装,或将卷板机、压型机等设备运到工地,在工地现场进行放样下料制作和安装。铆工除应能放样下料(包括各种展开下料)、校正工件变形、加热和煨制工件外,还应能制作胎具、样板,安排焊工配合工作和估算工料等。

(6) 通风工(又称钣金工或白铁工) 通风工主要承担通风(空调)装置的安装及风管系统的制作和安装工作,除应该具备铁皮的咬接、铆接、锡焊以及放样下料等技能外,还必须承担通风管道的防酸、防尘和油漆工作;通风(空调)工程的调试、试运转和估算工料等工作。

(7) 焊工(气焊工和电焊工) 焊工主要承担各种常用金属,如钢铁材料、铝、铜等的手工焊接工作。焊工应该掌握电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、氩弧焊及手工氧乙炔切割及焊接等操作技术,以及焊接材料的选用、性能试验方法和焊缝检验等知识。

(8) 筑炉工(简称炉工) 筑炉工主要承担工业炉窖内衬耐火砖砌体的砌筑工作。耐火砖砌体的砌筑技术要求和技术复杂程度比普通砖砌体高,因而普通炉工不经过专门训练是不能胜任耐火砖砌体的砌筑工作的。筑炉工需要熟悉常用材料(主要是耐火材料、隔热材料和混凝土材料)的性能和主要材料的鉴别;选砖、配砖方法;填料、涂料、捣打料的施工和灌筑耐火混凝土的技术;耐酸、碱衬里的砌筑和工业窑炉的热烘干技术等。

(9) 混凝土工 混凝土工主要承担设备基础的浇筑和设备二次灌浆工作。混凝土工需熟悉混凝土和水泥砂浆的配合比及水灰比的选定;混凝土的拌制、灌筑、养护和试验工作。

(10) 油漆工 油漆工主要承担油漆和防腐涂层的施工。

(11) 其他工种 除上述工种外,还有架子工、仪表工、木工、无损探伤工等工种。

较大型安装工程的施工,常常有许多工种同时作业。根据设备类型的不同,安装施工的主要工种也不同。例如,机械设备安装的主要工种是钳工,而钢结构设备安装的主要工种是铆工和焊工。因而加强各工种间的主动协作和配合,是完成好施工工作的有力保证。另外,较小型的设备安装工程则往往要求施工人员具有一专多能的本领,由主要工种兼任相近次要工种的工作任务。

0.4 机械设备安装工程的一般施工管理程序

根据我国一些主要安装企业多年来的经验,机械设备安装工程施工管理一般可以分为施工前的准备工作、施工过程的管理工作、竣工验收工作和用户服务四个程序,具体内容

见表 0-1。

表 0-1 机械设备安装工程管理的一般程序

施工总程序	分项程序	子 程 序
施工前的准备工作	工程前期工作	1) 工程投标 2) 工程中标 3) 企业考核, 聘任工程项目经理 4) 组建项目管理班子 5) 建立职能机构, 配备人员, 建立责任制
	调查研究, 收集资料	1) 收集、了解国家及地方有关该专业项目的规定及环保要求 2) 熟悉合同规定, 了解业主要求和期望 3) 了解地域自然条件和资源 4) 详细了解、熟悉工程性质、特点、工艺流程 5) 熟悉项目设计意图和工艺流程 6) 踏勘施工现场, 熟悉施工环境
	规划与实施	1) 划分工程任务, 选择施工队伍, 确定分承包单位 2) 编制施工组织设计; 制订施工进度计划; 确定质量目标; 制订施工技术方案; 制订各项管理办法; 制订各项资源使用计划 3) 规划临建设施 (生产与生活设施), 组织实施 4) 按各项资源的使用计划, 做好前期准备; 做好调运工作 5) 按规定办理各项证件; 办理施工许可证, 完善各种手续 6) 准备工作基本达到开工条件, 提出开工报告, 申请开工
施工过程的管理工作	施工顺序	1) 技术交底、质量安全交底 2) 投料制作 3) 设备开箱检查验收, 组织吊装运输到现场 4) 组织零部件清理清洗及安装调试
	过程管理	1) 施工计划管理及进度管理 2) 施工技术管理 3) 施工质量控制管理 4) 劳动工资管理 5) 成本及财务管理 6) 施工材料物资管理 7) 施工机具、检验仪器管理 8) 施工安全管理
竣工验收工作		1) 制订竣工验收计划 2) 安排收尾检查工作及场地清理工作 3) 整理竣工资料 4) 召开分析会议, 进行工程总结 5) 组织工程自检 6) 编制竣工图 7) 试车: 各单机试车准备→单机试车→停检→联动空载试车→停检→负荷试车→停检→调整、修改→试产考核→资料 (交工资料、决算资料) 审核 8) 竣工验收: 向建设单位主要有关部门发送竣工验收通知书→验收小组组织验收→质量评定, 签发竣工验收证书→办理资料档案移交→办理工程移交, 签署保修书→决算总结→保修回访 9) 办理工程移交手续 10) 施工总结
用户服务		1) 工程保修: 保修内容, 保修期限, 经济责任 2) 回访, 处理遗留问题, 巩固、促进与业主的关系 3) 处理投诉

思考题与习题

一、填空题

1. 虽然各行各业的（ ）品种繁多，千差万别，各有特色，但有许多（ ）的主要安装工艺是相同或相似的。
2. 在工业项目建设中，机械设备安装是整个安装工程的（ ），是先行（ ），是确保（ ）的最重要的环节。
3. 所谓（ ），是指各种带有驱动装置、并能完成特定生产任务的设备。
4. 机械设备安装工程的施工手段正逐步由原始的（ ）向（ ）发展，对施工人员的技术素质要求在不断提高。
5. （ ）是机械设备安装中的主要工种之一，主要承担设备安装中机械类零部件的安装调试任务。
6. （ ）是钢结构设备制造安装工程的重要工种，主要承担金属结构件和金属容器的制作工作。

二、问答题

1. 为什么说工业设备安装是工业建设的主体内容之一？
2. 机械设备安装工程主要有哪些工作内容？
3. 机械设备安装工程施工现场的主要工种有哪些？各工种应具备哪些操作技能？
4. 机械设备安装工程一般施工管理程序有哪些？

第 1 章

机械设备安装工程的一般知识

1.1 机械设备安装起重与搬运常识

机械设备的搬运是指将重物沿着水平的地面或者坡度不大的斜面，从一处移动到另一处的作业。起重是沿着垂直于地面的方向，将重物从低处移动到高处，或者从高处移动到低处的作业。

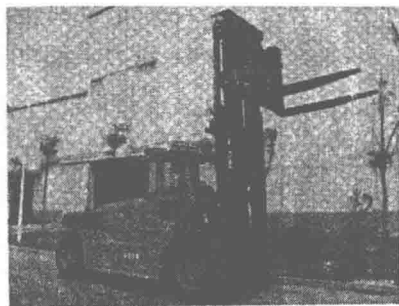
1.1.1 机械设备安装工程中常用的起重工具

1. 常用的起重运输机械

(1) 轮胎式起重机 随着现代科学技术的发展，起重与搬运工作一般都采用简单易制、高效多能的机械。既能够提高安装质量和效率，又有利于安全生产和实行专业化生产。常用起重机械为轮胎式起重机，包括汽车式起重机、叉车等，如图 1-1 所示。



a)



b)

图 1-1 轮胎式起重机
a) 汽车式起重机 b) 内燃叉车

汽车式起重机安装在载重汽车的底盘上，通常分为轻型、中型和重型三种规格。它不能够负载行驶，无载荷时的行驶速度约为 30km/h，其转台可以向任意方向回转 360°。汽车式起重机移动灵活、使用效率高，方便、迅速，使用时不需要辅助起重工具，常用来吊装中、小型机械设备。

叉车是能够负载行驶的，分为内燃叉车、电动叉车和仓储叉车。电动叉车广泛应用于室内操作和其他对环境要求较高的场合，如医药、食品等行业。内燃叉车有普通内燃叉车、重型叉车、集装箱叉车和侧面叉车。普通内燃叉车适用于室外、车间或其他对尾气排放和噪声没有特殊要求的场所；重型叉车适用于货物较重的码头、钢铁等行业的户外作业；集装箱叉车适用于集装箱搬运，如集装箱堆场或港口码头作业；侧面叉车用来叉取长条形的货物，如木条、钢筋等。仓储叉车又分为电动托盘搬运车、电动托盘堆垛车、前移式叉车、电动拣选叉车和低位或高位向堆垛叉车，主要用于仓库内的水平搬运及货物装卸、货物堆垛或装卸，以及中等高度的堆垛、取货、拣选和提升等作业。

(2) 电动起重机 电动起重机是由起升机构和运行小车两个主要部分组成的，如图 1-2 所示。起升机构由带有卷筒的外壳、电动机、减速器、圆盘式电磁制动器、动滑轮和起重钩组成；运行小车是一个两级齿轮减速装置，沿着工字形钢轨运行。

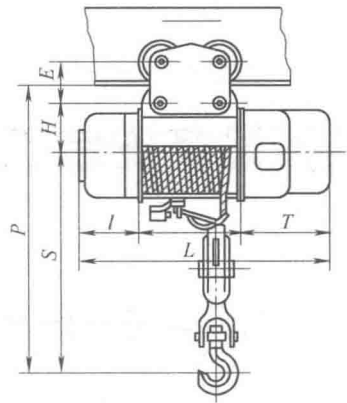


图 1-2 电动起重机

电动起重机的起升机构和运行机构都是在地面上用按钮通过软电缆来操纵的，为了安全，每个机构都有终点开关，当起重钩和运行小车接近极限位置时，电动机的电流自动被终点开关切断。电动起重机的结构紧凑、使用方便、工作可靠，在安装工程中常常使用电动葫芦。

(3) 桥式起重机 桥式起重机俗称行车，它的外形近似于桥，主要构造有桥架、桥架运行机构、起重小车、小车运行机构、起升机构和操作室等，其外形如图 1-3 所示。桥式起重机的桥架可以沿着车间两侧柱子上的轨道纵向运动，起重小车可以沿着桥架上的轨道相对车间做横向运动，小车上的起重钩又可以做上下垂直运动，这三种运动就可以满足桥式起重机在各个方向进行起吊工作。

桥式起重机分为箱形桥式起重机、通用电动吊钩桥式起重机、双吊钩桥式起重机、通用电动双吊钩桥式起重机、电磁桥式起重机和单主梁桥式起重机等。桥式起重机具有工作平稳，操作简单、安全的特点，但其耗电量大，起重量过小时不经济。

(4) 桅架式起重机 桅架式起重机由旋转桅架、动臂和三台卷扬机等组成，它的外形结构如图 1-4 所示。三台卷扬机分别用来起升物品、起吊动臂和旋转桅架。桅架式起重机用

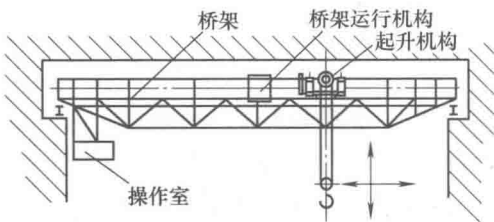


图 1-3 桥式起重机

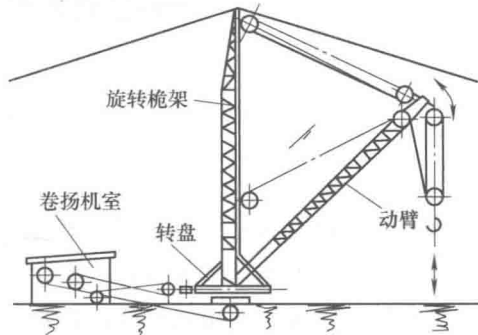


图 1-4 桅架式起重机

角钢制成桁架式结构,它的动臂可以在水平面内旋转 360° ,又能够在垂直平面内转动 $70^\circ \sim 80^\circ$,其起重量为 $1 \sim 300\text{t}$,动臂工作半径在 50m 以内。桅架式起重机容易安装和拆卸,结构简单,动臂起升高度和工作范围都很大,操作方便,安全可靠,用途比较广泛。

2. 索具

(1) 麻绳 麻绳是用植物纤维大麻(亚麻、马尼拉麻)先捻制成线股,再由线股捻成绳索的。麻绳的线股有三股、六股、九股三种,起重工作中常见的是三股麻绳。三股麻绳的断面如图1-5所示。麻绳轻软、价格低廉,但承载能力低,容易腐蚀、受潮,不能承受振动冲击载荷,在起重机械中不允许采用麻绳,只用于手工起吊较轻的重物。麻绳一般有白棕绳、混合麻绳和线麻绳三种,其中白棕绳的质量最优。

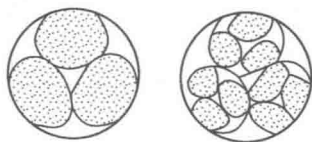


图 1-5 三股麻绳的断面

麻绳常常浸以松脂油,浸油后的麻绳防潮湿、耐腐蚀,提高了使用寿命,但重量略有增加,纤维变硬,降低了麻绳的挠性和强度。不浸油的麻绳强度和挠性较好,但容易受潮、容易腐蚀。

麻绳的强度计算以计算其最大许用拉力和确定其安全系数为基础。麻绳最大许用拉力的计算公式为

$$[F] = \frac{S_p}{K} \quad (1-1)$$

式中 $[F]$ ——麻绳使用时的最大许用拉力 (N);

S_p ——麻绳的破断拉力 (N);

K ——麻绳的安全系数。

例 1-1 有一直径 $d = 20\text{mm}$ 的 II 级白棕绳,假设 $K = 5$, $S_p = 21.1\text{kN}$,若用来起吊机械设备,则允许的吊重为多少?

解:

$$[F] = \frac{S_p}{K} = \frac{21.1}{5} \text{kN} = 4.22 \text{kN}$$

而吊重为

$$m = \frac{F}{g} = \frac{4.22 \times 10^3}{9.8} \text{kg} = 430 \text{kg}$$

在现场工作中,往往只知道要起吊机械设备的质量 m ,需要求出选用麻绳的直径 d 。因而,可以按照麻绳受力时的强度条件进行计算

$$[F] = A[\sigma] = \frac{\pi d^2}{4}[\sigma] \quad (1-2)$$

所以

$$d = \sqrt{\frac{4[F]}{\pi[\sigma]}}$$

式中 A ——所使用麻绳的横截面积 (mm^2);

d ——所使用麻绳的直径 (mm);

$[\sigma]$ ——所使用麻绳的许用应力 (MPa)。

例 1-2 用一根白棕绳起吊 3kN 的重物,已知 $[\sigma] = 10\text{MPa}$, $[F] = 3000\text{N}$,问需要选用的麻绳直径有多大?

解:

$$d = \sqrt{\frac{4[F]}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 3000}{\pi \times 10}} \text{mm} = 19.55 \text{mm}$$

(2) 钢丝绳 钢丝绳又称钢索或钢绳，它是由若干根细钢丝捻制而成的。捻制时，先将一定数量的钢丝左旋或右旋捻绕成股，再将几股钢丝向左旋或右旋围绕一根有机物芯捻制成钢丝绳。钢丝绳在起重工作中的应用十分广泛，可以作为起重、捆扎、牵引和张紧之用。钢丝绳由高强度碳素钢丝制成，在各个方向上有相同的挠性、强度高、工作可靠、耐磨、无噪声、运转平稳。

一般使用的钢丝绳由 6 股组成，每股钢丝分别由 19 根、37 根、61 根组成（即 6 × 19、6 × 37、6 × 61）。钢丝绳有密封钢丝绳、D 型钢丝绳、三角股钢丝绳等类型，安装工程中常用的是 D 型钢丝绳。根据钢丝捻向和股与股之间的捻向不同，钢丝绳又可以分为同向捻、交互捻和混合捻三种类型，如图 1-6 所示。同向捻钢丝绳挠性好，表面光滑，不容易磨损，但受力后容易散开。交互捻钢丝绳挠性差，表面不光滑，容易磨损，但受力后不容易散开。混合捻钢丝绳的表面光滑，挠性好，不容易磨损，受力后也不容易散开。

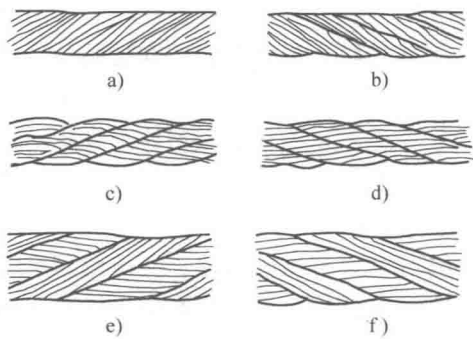


图 1-6 钢丝绳的捻向
a) 左向同向捻 b) 右向同向捻 c) 左向交互捻
d) 右向交互捻 e) 左向混合捻 f) 右向混合捻

在安装现场中，为了保证起重作业的安全，要给予钢丝绳一定的强度储备，因而允许拉力也是按钢丝绳的破断拉力来计算的，即

$$[F] = \frac{S_p}{K}$$

式中 $[F]$ ——钢丝绳的允许拉力 (N)；
 S_p ——钢丝绳的破断拉力 (N)，见表 1-1；
 K ——钢丝绳的安全系数，见表 1-2。

表 1-1 “6 × 37” 钢丝绳的破断拉力 S_p

直 径		钢丝抗拉强度/MPa				
钢丝绳/mm	钢丝/mm	1400	1550	1700	1850	2000
		钢丝绳破断拉力/kN				
8.7	0.4	39.00	43.20	47.30	51.50	55.70
11.0	0.5	60.00	67.50	74.00	80.60	87.10
13.0	0.6	87.80	97.20	106.50	116.00	125.00
15.0	0.7	119.50	132.00	145.00	157.50	170.50
17.5	0.8	156.00	172.50	189.50	206.00	223.00
19.5	0.9	197.50	218.50	239.50	216.00	282.00
21.5	1.0	243.50	270.00	296.00	322.00	348.50
24.0	1.1	295.00	326.50	358.00	390.00	412.50
26.0	1.2	351.00	388.50	426.50	464.00	501.50
28.0	1.3	412.00	456.50	500.50	544.50	589.00
30.0	1.4	478.00	529.00	580.50	631.50	683.00

注：钢丝绳折减系数为 $\psi = 0.82$ 。

表 1-2 钢丝绳的安全系数 K

用 途	安 全 系 数	用 途	安 全 系 数	用 途	安 全 系 数
用作缆风绳	3.5	手动起吊设备	4.5	用于捆扎	8~6
缆索起重承载绳	3.75	机动起吊设备	5~6	用作载人的升降机	14

在现场作业时，如果没有钢丝绳的破断拉力数值表，则可以按经验公式估算破断拉力，即

$$S_p = 540d^2 \frac{R_m}{1400}$$

(1-3)

式中 d ——钢丝绳的直径（mm）；
 R_m ——所用钢丝绳钢丝的抗拉强度（MPa）。

例 1-3 一直径为 28mm、规格是 6×37 的钢丝绳，其钢丝的抗拉强度为 $R_m = 1700\text{MPa}$ ，若采用手动起吊重物，问该钢丝绳可安全起吊时的允许拉力是多少？用经验公式估算该钢丝绳起吊重物的允许拉力。

解：① 求该钢丝绳安全起吊的允许拉力。
查表可得， $\phi = 28\text{mm}$ 时， $R_m = 1700\text{MPa}$ ，

因而求得 $S_p = \sum AR_m\psi = 500.5 \times 0.82\text{kN} = 410.41\text{kN}$ ，手动起重时取 $K = 4.5$ ，则

$$[F] = \frac{S_p}{K} = \frac{410.41}{4.5}\text{kN} = 91.2\text{kN}$$

② 求该钢丝绳按经验公式估算起吊的允许拉力。

$$S_p = 540d^2 \frac{R_m}{1400}$$
$$= 540 \times (28)^2 \times \frac{1700}{1400}\text{kN}$$
$$= 508.08\text{kN}$$

$$[F] = \frac{S_p}{K} = \frac{508.08}{4.5}\text{kN} = 112.9\text{kN}$$

在钢丝绳的使用中，由于长期磨损和各种介质的腐蚀，使钢丝折断，降低了钢丝绳的强度，甚至导致重大事故。因此，必须对钢丝绳进行安全检查。钢丝绳的报废标准是以钢丝绳在一个捻距长度内有多少根钢丝断裂为依据的。这里所说的捻距，是指一股钢丝绕过一周所占的轴向距离，其具体数值见表 1-3。

表 1-3 钢丝绳的报废标准

钢丝绳的安全系数	钢丝绳的类型					
	6×19+1=114+1		6×37+1=222+1		6×61+1=366+1	
	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻
	一个捻距长度内断裂的钢丝数					
>7 以上	16	8	30	15	40	20
6~7	14	7	26	13	38	19
<6	12	6	22	15	40	20

当钢丝绳被用于运输易燃、易爆的物质和有毒物质时，或者用来运输熔融的、赤热的金属、酸类物质时，钢丝绳捻距中钢丝断裂数超过表 1-3 中数据的 1/2 时，就应该报废。当钢丝绳有整股断裂和松弛现象，以及当钢丝绳磨损和腐蚀量达到或超过原钢丝绳直径的 40% 时，钢丝绳应立即报废。当钢丝表面出现腐蚀和磨损时，表 1-3 中列举的报废标准应再乘以一个折减系数，见表 1-4。

表 1-4 报废标准折减系数

钢丝表面磨损和腐蚀程度（按钢丝直径计）（%）	报废标准的折减系数（%）
≥30	50
25	60
20	70
15	75
10	85

(3) 焊接链 焊接链由一连串的长圆形链环所组成，链环用圆钢锻制和焊接而成，经过退火处理后，强度可以达到 50kg/mm^2 左右，如图 1-7 所示。焊接链的挠性好，可以使用较小直径的滑轮和卷筒，这样可以使载荷力矩较小，结构尺寸减小。但在同样的拉伸应力和弯曲应力作用下，它的重量比钢丝绳大，而且链环接触处容易磨损，不能承受冲击载荷，运动速度不高。根据焊接链链环的节距和圆钢直径的比值不同，可以将其分为长环链（比值大于或等于 3）和短环链（比值小于 3），起重工作中只使用短环链。

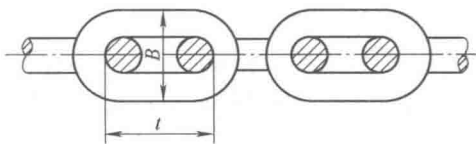


图 1-7 焊接链示意图

焊接链的受力状况比较复杂，链环不但受到拉伸应力，还受到弯曲应力，当链条绕上滑轮时还会产生附加弯曲应力。因此，焊接链破坏载荷的计算公式为

$$G_o \geq G_{\max} K \tag{1-4}$$

式中 G_o ——破坏载荷（N）；
 $G_{\max}$ ——最大允许载荷（N）；
 K ——焊接链的安全系数，见表 1-5。

表 1-5 焊接链的安全系数 K

焊接链的用途	安全系数		焊接链的用途	安全系数	
	非标准链	标准链		非标准链	标准链
捆扎用	6	6	机动起重机起重用	6	8
借取物构件系用	5	5	手动起重机起重用	3	4.5

焊接链链轮节圆直径的计算公式为

$$D_p = \sqrt{\left(\frac{t}{\sin \frac{90^\circ}{z}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos \frac{90^\circ}{z}}\right)^2} \tag{1-5}$$

式中 D_p ——链轮节圆直径（mm）；
 t ——链条节距（mm）；

z ——链轮的承窝数, 一般情况下取 $z = 7 \sim 23$; 也可以选取 $z = 18, 20, 23, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52$;

d ——链环的圆钢直径 (mm)。

当 $z \geq 9$ 和 $d \leq 16$ 时, 式 (1-5) 可以化简为

$$D_p = \frac{t}{\sin \frac{90^\circ}{z}} \quad (1-6)$$

3. 吊具

(1) 钢丝绳夹头 钢丝绳夹头又称钢丝绳扎头, 它是用来夹紧钢丝绳末端或将两根钢丝绳夹在一起的吊具, 常用的是白齿式钢丝绳夹头。白齿式钢丝绳夹头又称骑马式扎头, 如图 1-8 所示。

使用白齿式钢丝绳夹头时, 要注意选用适合于钢丝绳直径的夹头, 夹头直径大小不适合就无法夹接或锁紧钢丝绳。夹接钢丝绳时要拧紧螺柱, 直到钢丝绳直径变形达到椭圆形为止。钢丝绳夹头的 U 形弯曲部要扎在活绳头那一边, 不能扎在主绳上。使用钢丝绳夹头的数目和间距可以参考有关规范, 如图 1-9 所示。

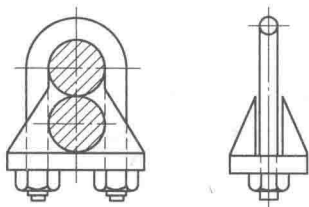


图 1-8 白齿式钢丝绳夹头

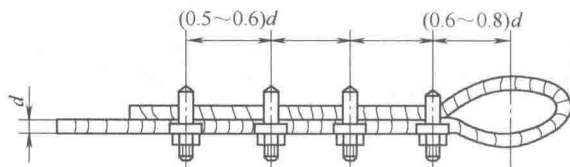


图 1-9 钢丝绳夹头的固定

(2) 卸扣 卸扣也称卡环、卸甲或起重卡环, 它在起重工作中可以直接吊挂重物或作为起重索具的连接件来使用, 其应用很广泛, 使用方便可靠。如用于吊索 (千斤绳) 与滑轮组连接, 或者用于吊索与其他设备连接。卸扣用碳钢锻制而成, 如图 1-10 所示。按弯环的形状分为圆形卸扣和直形卸扣, 按销与弯环的连接分为螺纹销卸扣和光销卸扣。

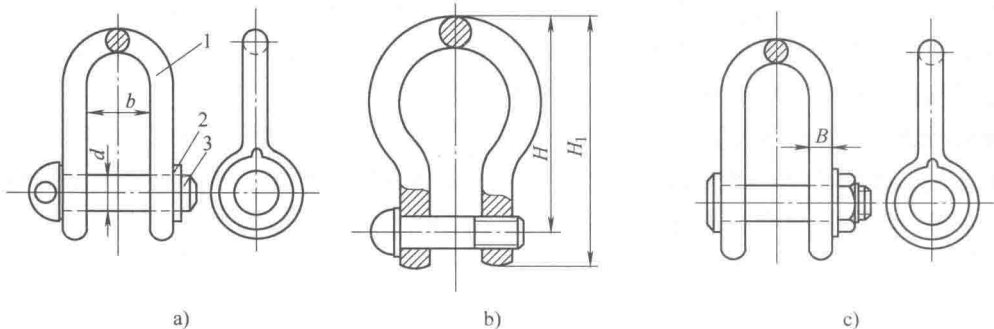


图 1-10 卸扣

a) 光销卸扣 b) 螺柱销直接和弯环螺纹孔连接 c) 螺柱销和螺母连接
1—弯环 2—开口环 3—销子

卸扣在承受外部载荷时, 其危险断面在正中间位置, 现场可以根据弯环和横销的平均直

径来估算使用时的允许载荷，即

[F] = 46d_{cp}²

(1-7)

式中 [F]——允许使用的载荷 (kN)；
d_{cp}——弯环和横销的平均直径 (mm)。

(3) 吊钩 吊钩也称起重钩，是起重工作中钩挂重物的重要工具，其使用安全、方便。吊钩有单吊钩、双吊钩和吊环三种形式，常用碳钢锻造、冲压或由钢板迭合铆接而成，如图 1-11 所示。制造厂生产的吊钩已经是标准化构件，出厂前均经过载荷重量试验，并在吊钩的打印处打上钢印注明许用载重量。

(4) 吊索 吊索又称千斤索或千斤绳，是用来捆绑重物并与吊钩相挂的索具，通常采用柔软的钢丝绳制造（一般采用 6×61+1 的钢丝绳，任何情况下也不允许采用低于 6×37+1 的钢丝绳），如图 1-12 所示。

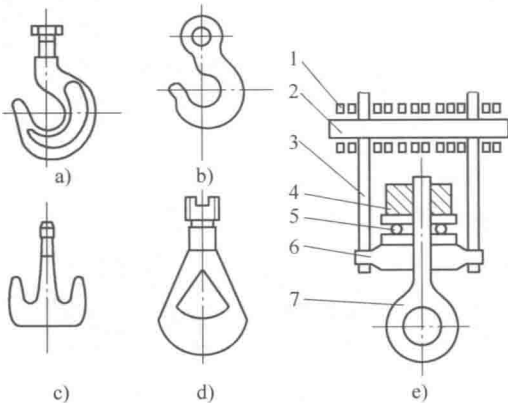


图 1-11 吊钩

- a) 单吊钩 b) 与钢丝绳相连的单吊钩
c) 双吊钩 d) 吊环 e) 吊环
1—动滑轮 2—滑轮轴 3—吊车 4—螺母
5—推力轴承 6—横梁 7—吊环

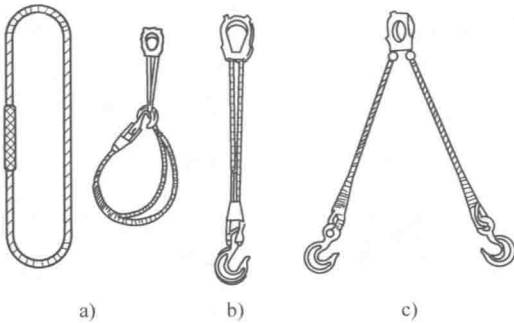


图 1-12 吊索

- a) 万能吊索 b) 单钩吊索 c) 双钩吊索

吊索的直径，根据所吊物体的重量、吊索根数和吊索与水平面间夹角的大小来决定。吊索与水平面的夹角和吊索的内应力成反比，夹角越小，吊索的内应力越大。并且它的水平分力对起吊物体产生很大的压应力，因而吊索与水平面的夹角不得小于 30°。

使用吊索时，可分别采用单支、双支、四支或多支的形式。使用时的注意事项：一是力求使用方便，拆除简单、迅速；二是吊索与物体之间应加放垫块，以防止吊索或物体磨损；三是为了避免起吊物体在空间旋转，应尽量不用单根吊索；四是应避免吊索长短不同、受力不均，钢丝少许破断的现象。

(5) 平衡梁 平衡梁是一种用型钢制成的横梁，能够在起吊大型精密机件和超长设备时，保持其稳定和水平，使用方法简便、可靠、安全。平衡梁能够承受由于倾斜吊装所产生的水平分力，减少起吊时设备所承受的压力，改善起重机的受力状况。同时，使用平衡梁可以降低起吊高度和缩短吊索长度，因而其在安装工地上是应用很普遍的一种吊具。常见的平衡梁有槽钢型平衡梁、管式平衡梁和桁架式平衡梁。

槽钢型平衡梁由槽钢、吊车、吊环板、加强梁和螺柱组成，如图 1-13 所示，它是工地

上常用的一种分布板提吊点平衡梁。这种平衡梁的分布板提吊点可以前后移动，以适应起吊不同重量和长度的机件。

管式平衡梁是由无缝钢管、吊车和加强板等焊接而成的，它可以用来吊装小型机件、小型部件、钢结构等，能够消除起吊时吊索对设备或部件的附加应力，如图 1-14 所示。

桁架式平衡梁由钢管、槽钢、吊车板、吊车、加强板和撑角钢等焊接而成，如图 1-15 所示。当吊点距离较大时，为了降低起吊高度和减小设备及机件的压力，常采用这种平衡梁。

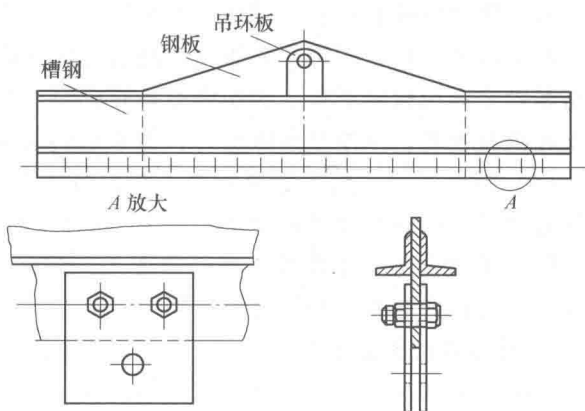


图 1-13 分布板提吊点平衡梁

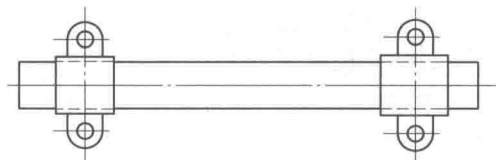


图 1-14 管式平衡梁

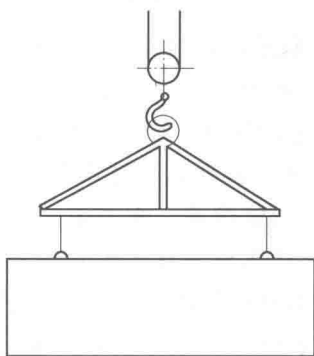


图 1-15 桁架式平衡梁

1.1.2 机械设备安装工程中吊装工艺的选择

1. 机械设备安装中常用的吊装方法

起重施工的吊装方法很多，并且各有特点，一般可以归纳分类如下。

(1) 按机械设备就位形式分类 分为抬吊装方法、正吊装方法、夺吊装方法和侧偏吊装方法。

(2) 按机械设备就位形状分类 分为散装吊装方法、整体吊装方法、综合整体吊装方法三类。散装吊装方法又可以分为正装吊装法（顺装吊装法）和反装吊装法（倒装吊装法）。散装吊装方法中的正装吊装法在高处的作业多，安全度差，施工工期长，施工管理要求高；但一次起重量小，所使用的吊索、吊具的尺寸规格小，起升的高度不降低。散装吊装方法中的反装吊装法在高处的作业少，安全度好，安装质量也容易保证；但一次起重量大，起升的高度降低。散装吊装方法在大型薄壁容器的制作安装中应用很广泛。

综合整体吊装方法（包括一部分整体吊装方法）在安装时所需要的吊装时间短，大大减少了高空作业，但吊装时的操作难度大。这种吊装方法最大的优点是能够在地面上做的事情可以全部做完，因而是化工企业中静止塔类设备吊装时的最好方法。

(3) 按机械设备整体竖立形式分类 有滑移方法和旋转方法两种。滑移方法是在机械

设备的尾部装上滚排,通过前牵引后溜动(前牵后溜),随着起吊滑车组的起升而向前移动,直到脱离滚排就位。采用这种方法时,滑车组的最大受力发生在机械设备脱离滚排腾空时,因而需要严格校核滑车组强度。旋转方法是在起吊横放的机械设备时,在机械设备的底部与基础之间用铰轴连接,再用绳索系好机械设备的上部,起吊时使机械设备绕铰轴旋转而竖立起机械设备,采用这种方法时,滑车组的最大受力发生在机械设备抬头时。

(4) 按吊装时使用的机械分类 有自行式起重机和桅杆式起重机两大类。自行式起重机的起重量、起升高度及幅度都不够大;而桅杆式起重机具有万能性,但桅杆的“运、搬、拆、装”等辅助施工工期长,劳动强度大。目前,在条件受限以及在一些大型机械设备的吊装中,桅杆式起重机仍然有所应用。

2. 吊装方法的选择依据

吊装方法的选择一般可以根据具体情况确定,主要依据为:一是被吊装机械设备的条件和要求;二是机械设备安装的部位和周围环境;三是现有索具、吊具的情况;四是吊装施工的技术力量和技术水平;五是经济性及工期要求。

3. 起重吊装工艺的发展方向

1) 起重机械、工具的大型化。随着设计、制造水平的提高,近年来的起重机械朝着高、大方向发展。如德国某公司制造的 K1000 型桁架吊臂汽车式起重机,其最大起重量是 1000t,主、副臂总长是 203m。

2) 机械简单、通用化。研究制造简单易制、高效多能的机械。

3) 扩大预装配范围,减少高空作业。扩大被吊装的机械设备和构件的预装配范围,使机械设备和构件由个别部件的分散吊装改变为大部件组合吊装,直到采用整体吊装的方法。这样可以减少高处作业量,提高安装质量和效率,有利于安全生产。

4) 向技术密集型发展。随着现代科学技术的发展,现代化的管理及微型计算机在系统工程中的应用,新技术和新材料的出现,起重与搬运工作将朝着高科技和技术密集型方向发展。

5) 机械专业化。提高起重机械的三化(即标准化、规范化、制度化)程度,实行专业化生产。

1.1.3 起重吊装工艺在机械设备安装中的应用实例

1. 双桅杆整体滑移法吊装工艺

双桅杆整体滑移法吊装工艺,适合吊装重量、高度和直径等都较大的机械设备,它是安装工地上最常用、最典型的一种整体吊装方法。起吊时,每根桅杆可以由一台(单式滑车组)或两台(双式滑车组)卷扬机来牵引,要求卷扬机操作人员在操作时互相协调。另外,在塔底裙座处一般要加滚排,并且要前牵引后溜动(前牵后溜),以防止塔体向前移动时,因速度不均匀而使吊装中产生颤动,或者向前移动速度过快而造成机械设备与基础相撞。图 1-16 所示是双桅杆整体滑移吊装法起吊过程的示意图。

2. 用支承回转铰链扳倒桅杆法吊装机械设备

图 1-17 所示是用支承回转铰链扳倒桅杆法扳起火炬塔架的示意图。用支承回转铰链配合桅杆或者用自行式起重机来吊装大型机械设备,是近年来国内外普遍使用的方法,已经积累了一些经验。

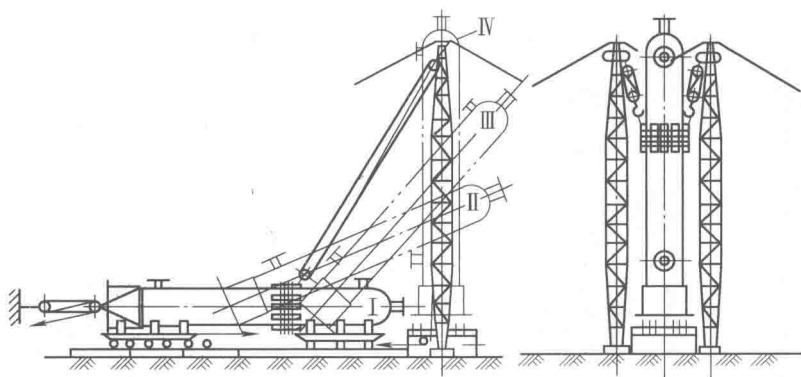


图 1-16 双桅杆整体滑移吊装法起吊过程的示意图

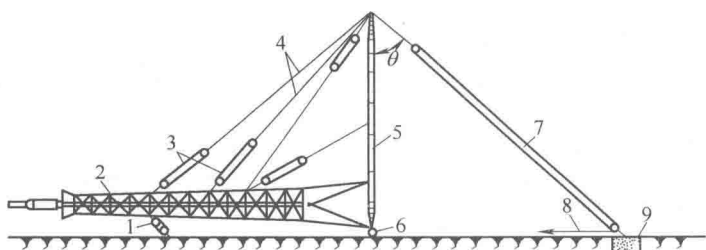


图 1-17 用支承回转铰链扳倒桅杆法扳起火炬塔架的示意图

1—平衡滑车 2—塔身 3—牵引滑车组 4—牵绳 5—人字桅杆 6—回转铰链
7—扳起滑车组 8—至卷扬机的跑绳 9—地锚

吊装时，桅杆的根部放在机械设备的支承回转铰链轴线上，或者放在机械设备重心与支承回转铰链之间，在桅杆端部与机械设备之间用固定长度的钢丝绳联系起来。在吊装过程中，机械设备与桅杆一同围绕铰链回转，机械设备被扳起来，桅杆被扳倒。这种安装方法特别适合安装各种塔架，如架空索道的塔架、高压输电线路的塔架及冷却水塔等。

这种吊装方法所用的桅杆高度和重量都不大，制造时省工、省料。但是，支承回转铰链比较笨重，承受的水平力比较大，所用钢丝绳的直径比较大，不能够把机械设备安装到较高的基础上。

3. 用跨步式液压提升装置吊装立式静置机械设备

跨步式液压提升装置也要采用回转铰链，只是当机械设备绕回转铰链提升时，是通过两个跨步式液压提升机构来实现的。这两个跨步式液压提升机构分别安装在两副支承桅杆上，桅杆之间用两副横梁连接，被起吊的机械设备利用回转铰链支承在横梁上。两副支承桅杆是金属的焊接结构，一边有许多凹形槽，凹形槽在提升机构的支承卡爪下面，支承卡爪通过弹簧的作用只能上，不能下。图 1-18 所示是跨步式液压提升机构的示意图。

两副桅杆位于被起吊机械设备的两侧，下端由铰链式的杆端支承。两副桅杆的底座用钢丝绳与起吊机械设备的回转铰链底盘连接起来，由机械设备、承重桅杆、钢丝绳、回转铰链四个部分构成一个三角形连环机构，这个机构只利用内力起吊机械设备，如图 1-19 所示。