

特 / 种 / 设 / 备 / 作 / 业 / 人 / 员 / 培 / 训 / 教 / 材

起重机械司机指挥

王爱香 刘宗辉 门智峰 范亚辉 赵腾飞 常 龙 / 编



河北美术出版社

特/种/设/备/作/业/人/员/培/训/教/材

起重机械司机指挥

王爱香 刘宗辉 门智峰 范亚辉 赵腾飞 常 龙 / 编



河北美术出版社

策 划：张基春
责任编辑：毛秋实 吕 岳
责任校对：李 宏
装帧设计：翰墨文化

图书在版编目（CIP）数据

起重机械司机指挥 / 王爱香编. — 石家庄 : 河北
美术出版社, 2017.10

特种设备作业人员培训教材

ISBN 978-7-5310-7909-5

I. ①起… II. ①王… III. ①起重机械—操作—技术
培训—教材 IV. ①TH210.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第289679号

特种设备作业人员培训教材——起重机械司机指挥

王爱香、刘宗辉、门智峰、范亚辉、赵腾飞、常 龙 编

出版发行：河北美术出版社

地 址：河北省石家庄市和平西路新文里8号

邮 编：050071

制 版：石家庄市翰墨文化艺术设计有限公司

印 刷：河北纪元数字印刷有限公司

开 本：889mm×1194mm 1/16

印 张：17.5

版 次：2017年10月第1版

印 次：2017年10月第1次印刷

定 价：78.00元

前 言

随着国民经济的快速发展,起重机械的使用越来越广泛,起重机械事故时有发生,据国家质检总局公布的特种设备事故统计分析近三分之二事故发生在使用环节,违章操作、带病作业是事故发生的主要原因。因此加强起重机械使用环节的安全管理,提高作业人员技术水平和安全意识,是起重机械安全使用的重要保障。

为贯彻《中华人民共和国特种设备安全法》,规范起重机械作业人员上岗前的安全生产教育,提高起重机械作业人员专业技术水平、事故隐患识别能力和应急处置能力,保障起重机械的安全使用,依据《起重机械安全管理人员和作业人员考核大纲》TSGQ6001-2013,《特种设备作业人员监督管理办法》等相关法规规范,从实际出发,结合编者多年起重机械监察、管理、检验、培训和考试经验,河北省特种设备监督检验院组织相关人员编写了此书。

本书共分六章,主要包括起重机械基础知识、起重机械安全知识、法律法规知识,典型事故案例及分析,练习题及答案,具有较强的实用性。本书突出了起重机械的基本知识、结构原理,侧重于提高起重机械司机、指挥业务水平,事故隐患识别和预防处置能力。

在编写过程中,参阅了大量相关文献,并得到了起重机械行业同仁的大力支持和帮助。在此,向关心和支持本书编辑出版的有关人员和相关单位深表感谢。

本书由王爱香、刘宗辉统稿,郭宁潮主审,第一章由门智峰编写,第二、四章由范亚辉编写,第三章由王爱香编写,第五、六章由刘宗辉编写,练习

题由赵腾飞、常龙编写

限于编者水平和经验有限，难免有漏误之处恳请读者提出宝贵意见和指正。

编者

2017年3月16日

目 录

第一章 起重机械司机专业基础知识 / 1

- 第一节 起重机械的分类及基本组成 / 1
- 第二节 起重机械的基本参数 / 16
- 第三节 起重机械主要零部件的要求 / 18
- 第四节 起重机械安全保护装置的功能与使用 / 43
- 第五节 起重机械电气保护系统的功能及其要求 / 51
- 第六节 液压系统的功能与要求 / 58
- 第七节 其他相关附属设施-起重机械发动机 / 65

第二章 起重机械指挥人员专业基础知识 / 71

- 第一节 力学基础知识 / 71
- 第二节 物体的捆绑知识 / 75
- 第三节 起重吊运指挥信号GB 5082-1985 / 81

第三章 起重机械司机的安全知识 / 108

第四章 起重机械指挥人员的安全知识 / 139

第五章 法规知识 / 142

第一节 中华人民共和国特种设备安全法 / 142

第六章 起重机事故案例分析 / 205

起重机械作业—起重机械司机、指挥所有试题 / 238

附件：练习题及参考答案 / 238

第一章 起重机械司机专业基础知识

第一节 起重机械的分类及基本组成

一、起重机械的分类

起重机械，是指用于垂直升降或者垂直升降并水平移动重物的机电设备，其范围规定为额定起重量大于或者等于 0.5t 的升降机；额定起重量大于或者等于 3t（或额定起重力矩大于或者等于 $40t \cdot m$ 的塔式起重机，或生产率大于或者等于 300t/h 的装卸桥），且提升高度大于或者等于 2m 的起重机；层数大于或者等于 2 层的机械式停车设备。

关于修订《特种设备目录》的公告（2014 年第 114 号）规定，质检总局依据《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》的规定，修订了《特种设备目录》，并经国务院批准，予以公布施行。同时，《关于公布〈特种设备目录〉的通知》（国质检锅〔2004〕31 号）和《关于增补特种设备目录的通知》（国质检特〔2010〕22 号）予以废止。

依据新的特种设备目录规定，起重机械分为 9 大种类，包括桥式起重机、门式起重机、塔式起重机、流动式起重机、门座式起重机、升降机、缆索式起重机、桅杆式起重机、机械式停车设备。

桥式起重机分为 6 个品种，包括通用桥式起重机、防爆桥式起重机、绝缘桥式起重机、冶金桥式起重机、电动单梁起重机、电动葫芦桥式起重机。

门式起重机分为 9 个品种，包括通用门式起重机、防爆门式起重机、轨道式集装箱门式起重机、轮胎式集装箱门式起重机、岸边集装箱起重机、造船门式起重机、电动葫芦门式起重机、装卸桥、架桥机。

塔式起重机分为 2 个品种，包括普通塔式起重机、电站塔式起重机。

流动式起重机分为 4 个品种，包括轮胎起重机、履带起重机、集装箱正面吊运起重机、铁路起重机。

门座式起重机分为 2 个品种，包括门座式起重机、固定式起重机。

升降机分为 2 个品种，包括施工升降机、简易升降机。

二、起重机械的基本组成

由于起重机应用范围十分广泛，为了适应不同的使用要求和工作条件，设计制造出了满足不同使用要求的起重机。起重机种类虽然繁多，但根据金属结构的型式归结起来不外乎两大类：一类是桥架类起重机，包括桥式起重机、门式起重机等；另一类是臂架类起重机，包括各种塔式起重机、流动式起重机、门座式起重机等。组成这些起重机的金属结构主要有主要受力结构和辅助结构，主要受力结构包括桥架结构、门架结构、臂架结构、塔架结构、导轨架结构和小车架结构等，辅助结构包括司机室、通道、平台、梯子和栏杆等。

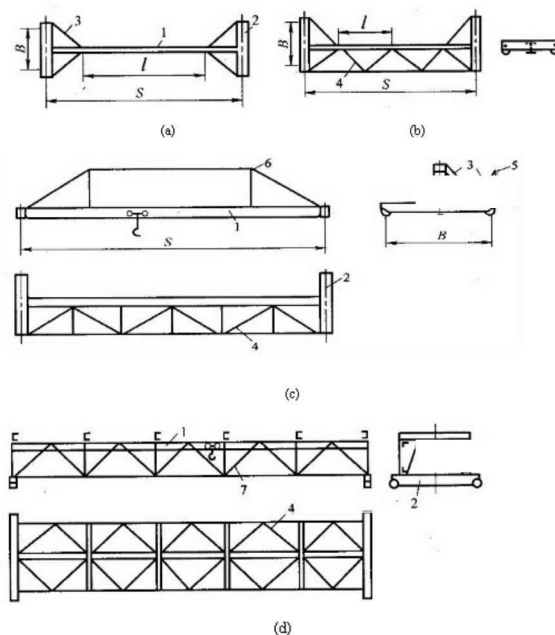
(一) 桥架

桥架是指供起重小车在其上横向移动用的桥架类起重机主要承载结构，或者门式和半门式起重机支腿之间的结构件。

桥架主要由(纵向)主梁和(横向)端梁组成。根据主梁结构可分为单梁式桥架、双梁式桥架和四桁架式桥架。

1. 单梁式桥架

单梁式桥架是一种小型轻便的桥架，适用于小跨度与小起重量的桥式起重机，其起重小车多为电动葫芦。单梁桥架的结构型式又分为单工字钢桥架、封闭截面的单梁桥架和桁构梁式单梁桥架（图 1.1-1）。



1-工字钢梁 2-端梁 3-隅支撑(斜支撑) 4-水平桁架 5-副桁架 6-加强上弦和支杆 7-垂直桁架

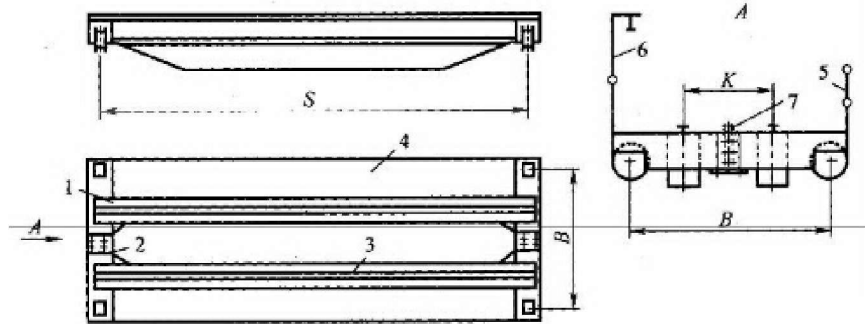
图 1.1-1 单梁式桥架

2. 双梁式桥架

双梁式桥架结构可分为箱形双梁桥架、桁架式双梁桥架及板梁桁架混合式双梁桥架等。

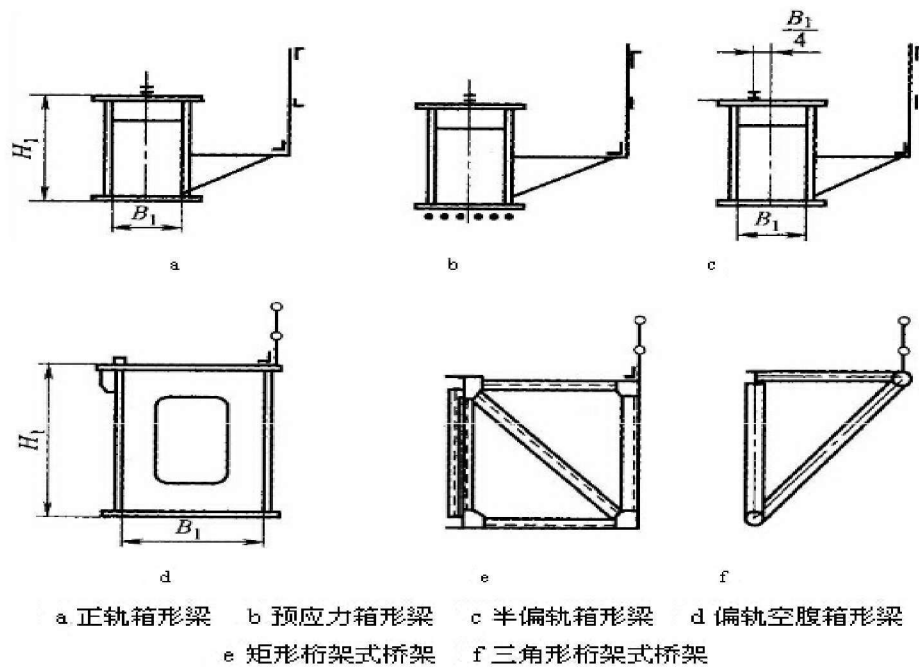
箱形双梁式桥架中普通箱形梁桥架（图 1.1-2、1.1-3a）最为普通。在此基础上，近些年又发展了一些新型式箱形梁桥架，如预应力箱形梁桥架（图 1.1-3b）、偏轨箱形梁桥架（图 1.1-3c）、偏轨空腹箱形梁桥架（图 1.1-3d）等。

桁架式双梁桥架比较普遍采用封闭形四桁架式桥架，截面如图 1.1-3e。另外还有三角形截面的桁架式桥架，截面如图 1.1-3f。



1-主梁 2-端梁 3-轨道 4-走台 5-栏杆 6-小车导电架 7-端梁接头

图 1.1-2 普通箱形双梁桥架



a 正轨箱形梁 b 预应力箱形梁 c 半偏轨箱形梁 d 偏轨空腹箱形梁
e 矩形桁架式桥架 f 三角形桁架式桥架

图 1.1-3 通用桥式起重机半桥架截面型式

3. 门架

起重机的桥架装设有支腿时，便形成了起重机的门架。由于各行业对门式起重机的使用和性能要求不同，门架结构构造型式也就出现了各种不同的型式。下面就门架结构中的桥架结构和支腿结构的主要结构型式以及它们之间的连接方式做简单介绍。

(1) 桥架的结构型式

按悬臂有无情况可分为无悬臂(图 1.1-4a)、单悬臂(图 1.1-4b)和双悬臂(图 1.1-4c)三种。大部分悬臂是固定的，但有的可以仰俯摆动，主要用于装卸桥和岸边集装箱门式起重机。

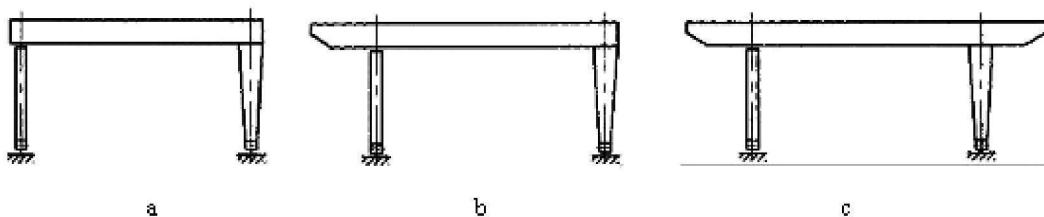


图 1.1-4 门式起重机

(2) 支腿的结构型式

按支腿的配置情况分单支腿、双支腿和高矮支腿三种。单支腿的门式起重机称为半门式起重机，其无支腿一侧的大车行走机构沿铺设在厂房、仓库等起重机专用轨道或特设的高架桥轨道上运行。具有高矮支腿的起重机是为适应地形要求而专门设计的。当门式起重机两侧支腿的最大腿压(或基础的许用轮压)相差甚大，而需要采用不同层数的运行台车时，也可以采用高矮支腿的方案。

按支腿性质分空间刚性支腿和平面柔性支腿两种。空间刚性支腿具有良好的空间刚性，既能承受支腿平面内的水平载荷，又能承受门架平面内的水平载荷。柔性支腿在门架平面内的刚性很差，只能承受支腿平面内的水平载荷。大跨度的门式起重机常采用一个刚性支腿，一个柔性支腿，以防止因温度变化而产生的卡轨现象。

按支腿型式分 L 型、C 型、O 型、U 型。其中，L 型、C 型支腿主要用于单主梁门式起重机，O 型、U 型支腿主要用于双梁门式起重机。

(3) 支腿和桥架的连接

① 刚性连接 刚性连接常采用焊接连接或螺栓连接。焊接连接在桁架结构和

箱形结构中均有采用。但为了施工和安装方便，在支腿和桥架的连接部位常设置安装接头。

② 铰接连接 刚性支腿的铰接连接常采用垂直柱铰连接。这种连接允许桥架相对于刚性支腿绕铅垂轴转动，但仍保持绕其他两根（水平）轴相对转动的约束和三个方向相对移动的约束。柔性支腿的铰接连接常采用水平销轴连接和球铰（图 1.1-5）加带腰圆孔的垂直销轴连接。

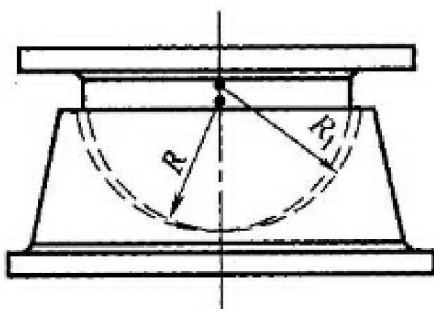


图 1.1-5 球铰示意图

4. 臂架

臂架是支持起被吊物品和构成一定的作业空间，保证起重机取物装置获得必要幅度和（或）起升高度的结构件。

（1）臂架的应用

臂架是臂架类起重机的重要组成部分。由于它在整台机械中占据空间小而服务面积大，作业方式机动灵活，可满足不同的使用要求，因此广泛地应用于各种臂架类起重机械中。例如塔式起重机、门座起重机、轮胎起重机、履带起重机、铁路起重机等。

（2）臂架的分类

① 按使用要求分类

按使用要求不同，臂架可分为变幅式和定幅式两种。变幅臂架通过改变臂架的倾角来改变起重机的幅度；定幅臂架本身不能俯仰，只能借助于起重小车运行来改变幅度。

② 按臂架的型式分类

③ 按组成型式分类

a. 单臂架 它是一根单独的构件（如图 1.1-6），根据用途不同，其外形有直

线形、折线形和曲线形几种。

b. 铰接组合臂架 它是由若干刚性构件用铰链连接组合而成的整体臂架，通过合理选择铰点位置和改变构件几何尺寸来满足不同使用要求（图 1.1-7）。

④ 按结构型式分类

a. 桁架式臂架 它分为三弦杆格构式和四弦杆格构式两种，其中四弦杆格构式臂架侧向刚性大，自重轻，用于旋转速度较大的装卸作业用轮胎起重机和履带起重机，三弦杆格构式臂架主要用于塔式起重机等。另外，桁架式单臂架也广泛用于门座起重机中。

b. 无斜杆臂架 它主要用于船舶起重机和小型门座起重机中，其结构如图 1.1-8 所示。

c. 实腹式臂架 它主要用作门座起重机的组合臂架和轮胎式起重机伸缩臂架。

⑤ 按受力特点分类

a. 受压臂架 它利用固定在臂架顶端（或很接近顶端）的变幅绳来实现臂架的俯仰变幅。臂架在顶端悬吊载荷起升绳、变幅绳的拉力作用下，主要承受轴向力（臂架自身重力和风力产生的弯矩相对不大），因此其侧面尺寸远比臂长和宽度小，通常设计成中间等高而两端缩小的形状。影响这种臂架承载能力的主要因素是整体稳定性。

b. 压弯臂架 这类臂架通常靠连接在臂架中下部和后部的变幅连杆（如齿条、螺杆、液压缸等部件）的牵引运动实现臂架变幅，因此臂架的前段形成悬臂状态，在载荷作用下臂架承受弯曲和很大的轴向力。这种臂架侧面高度一般都比较大且做成变截面型式的结构型式。臂架的整体稳定性、强度和刚度都对其承载能力有重要的影响。

c. 受弯臂架 借助沿臂架运行小车来实现变幅的起重机水平臂架，它主要承受横向弯曲作用。显然，臂架的强度和刚度是设计中的主要问题。

由于臂架自重起重机整机自重中占有较大比重，因此臂架自重是影响提高起重能力、减轻起重机上部结构自重的主要因素；而臂架结构型式的选择及其主要尺寸的确定，不仅直接影响起重机的使用要求（如幅度、起升高度），而且还会影响起重机的整机性能（如倾覆稳定性等）。因此，应根据起重机的使用要求合理地选择臂架型式和尺寸。

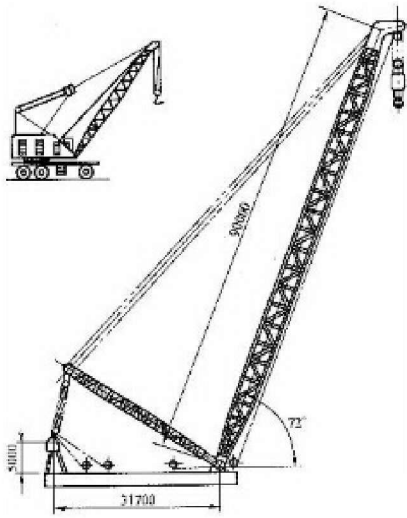


图 1.1-6 单臂架

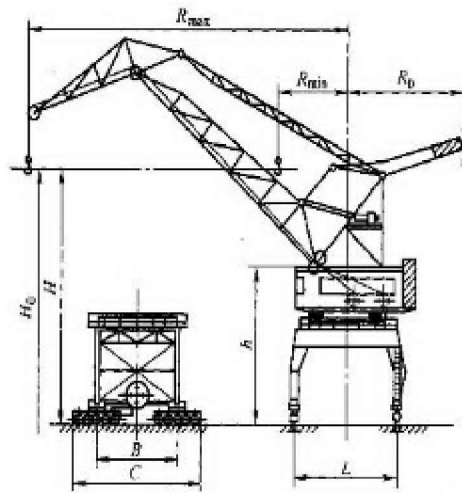


图 1.1-7 铰接组合臂架

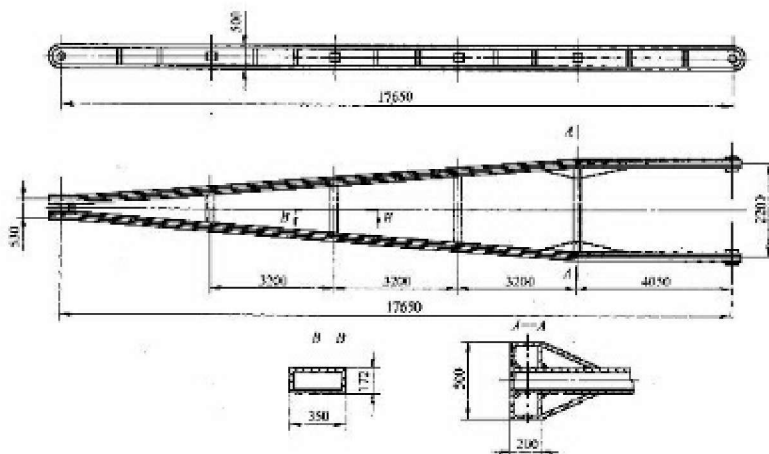


图 1.1-8 无斜杆臂架

5. 塔架

塔架也叫塔身，是指起重机上支撑臂架和（或）回转平台，并保证臂架根部必要高度的垂直结构构架。塔架主要作为塔式起重机支撑构架，塔架的结构型式是与起重机的型式密不可分，因此由于塔式起重机类型的多样化也决定了塔架结构的型式多样。下面从不同的角度来讨论塔架的分类。

（1）按塔身工作情况分类

① 固定塔身 塔身固定在塔式起重机下部支承上，下部支承是在轨道上移动的门架，或者是固定在基础上的支架。塔身顶部的塔帽套装在塔架上，借助回转机构，使塔帽绕着塔架转动，臂架及平衡臂都铰接在塔帽上，为上回转式（图

1.1-9)。塔架除了承受轴向力外，还承受弯矩。为了减小塔架上的弯矩以及维持整机倾覆稳定性，在臂架的另一侧装设放置有平衡重的平衡臂，使塔身在满载时向前弯曲，空载时向后弯曲。尽管如此，塔身还是承受相当大的不平衡力矩。

为使一种型式的起重机可以适用于更多的工况，目前多设计成三用或四用的自升式塔式起重机，即通过更换或增减一些部件或辅助装置，可分别用于以下四种情况：

附着式塔式起重机

将塔架下端固定在地基上，塔架用锚固装置附着在建筑物上，从而使塔式起重机所承受的横向力，通过锚固装置传到建筑物上。

轨道式自升塔式起重机

将塔架固定在沿轨道运行的支架上，由于起重机受塔架的强度、压杆稳定性和整机倾覆稳定性的限制，塔架高度比附着式塔式起重机的小。

独立固定式塔式起重机

将塔架固定在预制的安装基础上。

内爬式塔式起重机

将塔身通过固定装置固定在建筑物的电梯井道内。

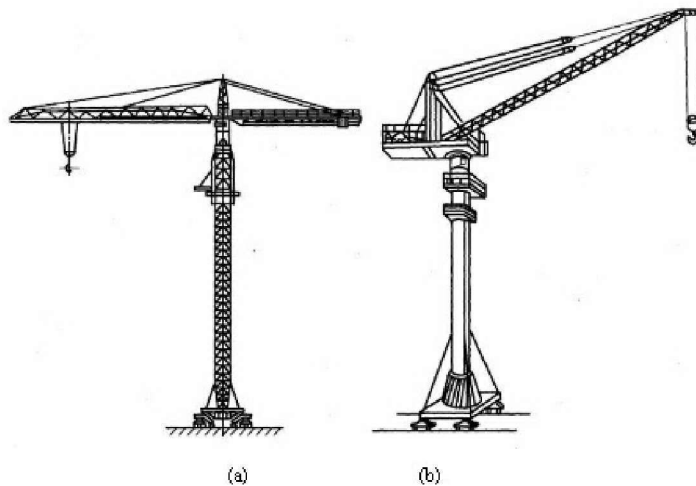


图 1.1-9 自升式塔式起重机

② 转动塔身 这类起重机将臂架直接铰接在塔架顶上，平衡重布置在塔架下部回转平台上，通过平行于塔架轴线的牵引绳与臂架尾端连接，如图 1.1-10 所示。由于物品重力及臂架重力在塔架上只产生轴向力，因此塔架受力情况好。平衡配重及回转机构配置在下部回转平台上，重心低，抗倾覆稳定性好；工作时塔式起

重机的塔架与臂架一起回转，塔架各构件受力状态基本不变。但这种结构对回转支承装置的加工精度要求高，转台尺寸较大，其尾部回转时占据的空间大。此外由于塔身回转，而不能与建筑物附着。

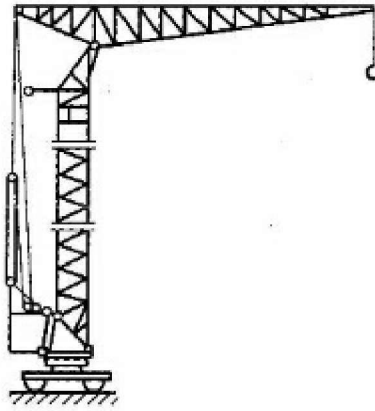


图 1.1-10 下回转式塔式起重机

(2) 塔架标准节之间接头的型式

对于塔架结构，或者由于运输上的需要，或者由于用同一设备适应不同高度的需要，或者是爬升式结构，都需要做成许多段标准节，在组装时连接在一起，所以要求这种接头安全可靠、经济实用和拆装迅速。目前常用的接头型式有三种。

法兰盘或法兰套柱螺栓连接（图 1.1-11） 法兰盘螺栓连接接头自重较大，螺栓多，拆装费事。在接头处必须有能承受横向力的抗剪结构，例如加设一个抗剪环，或在法兰上开一个“止口”以承受横向载荷。另外，需要用定值力矩扳手对螺栓进行预紧，这对于连接受拉弦杆的螺栓更为重要。预紧的作用有二：一是在额定的外载荷作用下受拉的弦杆接头处不要产生过大的缝隙；二是为了改善螺栓受变化载荷的循环特性。据统计，螺栓连接事故有 90% 是因为变化载荷作用所引发的。近年来多主张采用承插式销轴连接。

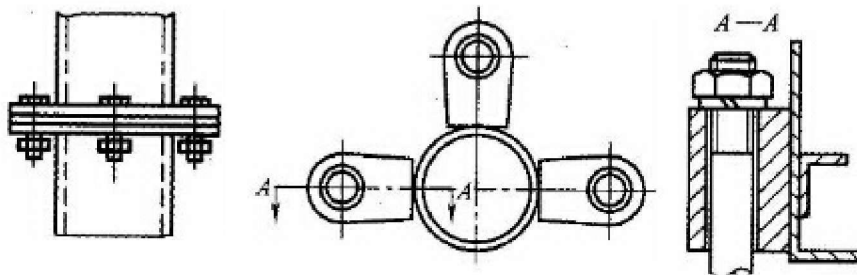


图 1.1-11 法兰盘接头型式

连接板螺栓连接 采用连接板和螺栓将杆件连接起来（图 1.1-12），可根据杆件受力的大小来确定螺栓的数目。因可采用比较多的螺栓数，故可承受大的载荷。但杆件因螺栓孔而被削弱，拆装也很费工。

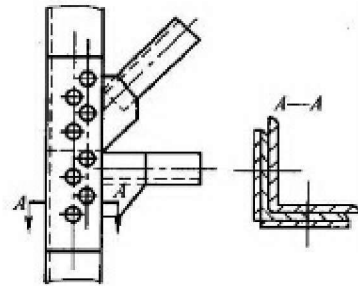


图 1.1-12 连接板螺栓连接

插销式连接或接板式销连接 插销式连接结构如图 1.1-13 所示。这种连接拆装方便，销子承受剪切力。因为受到销子强度的限制，这种连接仅适用于 800kN/m 起重力矩以下的塔式起重机的塔身连接。插销式连接是一种紧密接触承压连接型式，除应按紧密接触承压和承剪计算销子外，由于连接板和耳板孔边的集中应力很高，还需要计算板的强度。

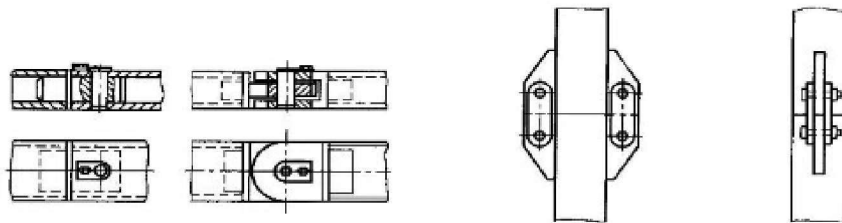


图 1.1-13 插销式连接

6. 小车架

(1) 单主梁起重机小车架

单主梁起重机小车架是刚性的焊接结构，其上一般装有起升机构和小车运行机构。小车架根据车轮支承情况可有多种形式，常见的有垂直反滚轮式（图 1.1-14）和水平反滚轮式小车架（图 1.1-15）两种。为保证小车的正常运行，小车架不仅要有足够的强度，而且需要有足够的刚度。在设计小车时应保证空载时小车的重心位于小车主动轮的外侧（即吊钩一侧）。此外，小车上还应有栏杆，并留有足够的安装和检修空间。