

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

起重机械安全管理

刘宗辉 郭宁潮 刘敬超 井科学 辛 京 王亚南 / 编



河北美术出版社

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

起重机械安全管理

刘宗辉 郭宁潮 刘敬超 井科学 辛 京 王亚南 / 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

起重机械安全管理 / 刘宗辉编. — 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 978-7-5310-7910-1
I. ①起… II. ①刘… III. ①起重机械-安全管理-
技术培训-教材 IV. ①TH210.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第289678号

特种设备作业人员培训教材——起重机械安全管理

刘宗辉、郭宁潮、刘敬超、井科学、辛京、王亚南 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：15

版 次：2017年10月第1版

印 次：2017年10月第1次印刷

定 价：68.00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,同时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发生在使用环节,因此加强起重机械使用环节的安全管理,提高管理人员业务水平,制定切实可行的管理制度和安全措施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》,规范起重机械安全管理人员上岗前的安全生产教育,提高起重机械安全管理人员专业技术水平、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。

本书共分四章,主要包括起重机械基础知识、起重机械安全使用管理知识、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安全管理人员业务水平、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。

本书由郭宁潮、刘宗辉统稿,刘连雄主审,第一、二章由郭宁潮、刘敬超、井科学编写,第三、四章由刘宗辉编写,练习题由辛京、王亚南编写。

由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并指正。

编者

2017年3月16日

目 录

第一章 专业基础知识 /1

- 第一节 起重机械分类、主要参数 /1
- 第二节 起重机械的基本组成 /4
- 第三节 起重机械主要零部件 /18
- 第四节 起重机械安全保护装置的功能与使用 /36
- 第五节 起重机械安全监控管理系统的构成和功能 /43
- 第六节 起重机械主要电气保护系统的功能与要求 /51
- 第七节 起重机械主要液压系统的功能与要求 /59
- 第八节 起重机械基础和轨道要求 /67
- 第九节 起重吊具和索具安全技术要求 /71

第二章 安全使用管理知识 /79

- 第一节 起重机械安全管理人员职责 /79
- 第二节 起重机械安全操作和维护保养规程 /79
- 第三节 安全技术档案的建立 /90
- 第四节 起重机械的选购、安装验收，使用登记、变更、停用和注销 /92
- 第五节 定期检验程序和要求 /94
- 第六节 起重机械安全使用警示说明和警示标志 /95

- 第七节 安全用电、防雷 /96
- 第八节 消防有关要求 /98
- 第九节 劳动防护用品的使用 /100
- 第十节 起重机械事故的应急处置、现场保护和事故报告 /101

第三章 法规知识 /105

- 第一节 中华人民共和国特种设备安全法中华人民共和国主席令 /105
- 第二节 特种设备安全监察条例 /122
- 第三节 起重机械安全监察规定 /126
- 第四节 起重机械使用管理规则 /132
- 第五节 特种设备作业人员监督管理办法（节选） /154
- 第六节 特种设备作业人员考核规则（节选） /157
- 第七节 起重机械安全管理人员和作业人员考核大纲 /159

第四章 起重机事故案例分析 /165

附 件 练习题及参考答案 /201

第一章 专业基础知识

第一节 起重机械分类、主要参数

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 $40\text{t} \cdot \text{m}$ 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。

根据《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，质检总局修订了《特种设备目录》，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、主要参数

起重机的参数,是表明起重机械性能的指标,也是设计选用各类起重机的依据。

(一) 起重量

1. 额定起重量

额定起重量 G_n 为在正常工作条件下,对于给定的起重机类型和载荷位置,起重机设计能起升的最大净起重量。对于流动式起重机为起重挠性件下起重量。

2. 有效起重量

吊挂在起重机可分吊具上或无此类吊具,直接吊挂在固定吊具上起升的重物质量 m_{PL} 。

3. 可分吊具

用于起吊有效起重量且不包含在起重机的质量之内的质量为 m_{NA} 的装置。

4. 净起重量

吊挂在起重机固定吊具上起升的重物质量 m_{NL} 。 $m_{NL} = m_{PL} + m_{NA}$ 。

5. 固定吊具

能吊挂净起重量,并永久固定在起重挠性件下端的质量为 m_{FA} 的质量。

注:固定吊具是起重机的一部分

(二) 跨度

桥架型起重机运行轨道中心线之间的水平距离称为跨度,用字母 S 表示,单位为米 (m)。

(三) 幅度

旋转臂架式起重机的幅度是指起重机置于水平场地时,旋转中心线与取物装置垂直中心线之间的水平距离 L (过去常用字母 R 表示),单位为 m 。

非旋转类型的臂架起重机的幅度是指吊具中心线至臂架后轴或其他曲型轴线的距离。

(四) 起重力矩

起重力矩是幅度 L 与其相对应的起吊物品重力 G 的乘积,即 $M = L \cdot G$ 。

(五) 起升高度、下降深度和起升范围

起升高度 H (m): 指起重机吊具最高位置与起重机的水准地平面之间的垂直距离。对吊钩算至它们的支承表面;对其他吊具,算至它们的最低点 (闭合状态)。

下降深度 h (m): 吊具最低工作位置与起重机水准地平面之间垂直距离。对

吊钩和货叉，从其支承面算起；对于其他吊具，从其最低点算起（闭合状态）。

起升范围 D (m)：吊具最高和最低工作位置之间的垂直距离 ($D=H+h$)。

（六）运行速度

运行速度 V 也称工作速度，按起重机工作机构的不同分为多种：

1. 起升（下降）速度 V_n ，是指在稳定运动状态下，额定载荷的垂直位移速度 (m/min)。

2. 回转速度 ω ，是指在稳定运动状态下，起重机转动部分的回转角速度 (r/min)。

3. 起重机（大车）运行速度 V_k ，是指在稳定运行状态下，起重机在水平路面或轨道上，带额定载荷的运行速度 (m/min)。

4. 小车运行速度 V_t ，是指在稳定运行状态下，小车在水平轨道上带额定载荷行驶的速度 (m/min)。

（七）工作级别

起重机械的工作级别包括：起重机整机、机构、结构或机械零件的工作级别。

（八）外形尺寸

起重机的外形尺寸是指整机的长度、宽度、高度的最大尺寸。

（九）自重

自重是指工作状态时的机械总重，有的机型是指在行驶状态下的重量。

（十）各类型起重机常用参数

桥门式起重机常用参数有：额定起重量、起升高度、跨度、工作级别、运行速度等。

流动式起重机常用参数有：起升速度、幅度、起升高度、起重力矩等。

塔式起重机常用参数有：起重量、起升高度、运行速度、起重力矩、幅度等。

机械式停车设备常用参数有：车位数、起重量、提升高度、运行速度等。

第二节 起重机械的基本组成

起重机械的基本组成（结构、传动、电气、控制等）、原理、用途、工作特点及其对工作环境的要求如下：

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、门座起重机等。组成这些起重机的金属结构有主要受力结构和辅助结构，主要受力机构包括桥架机构、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。

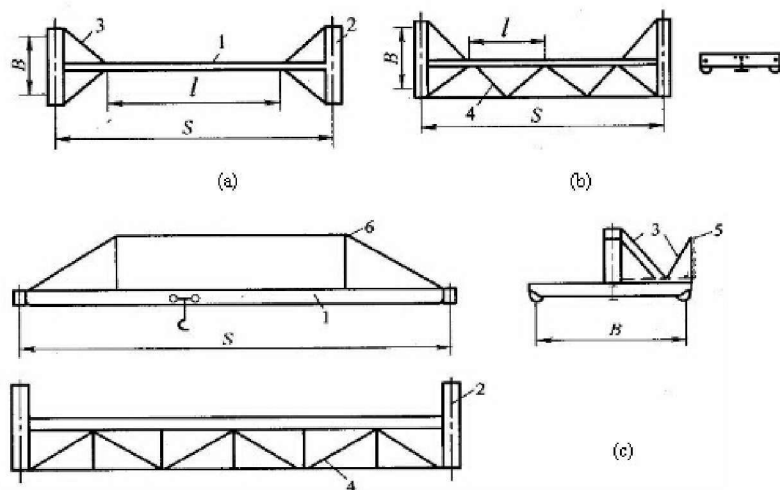
一、桥架

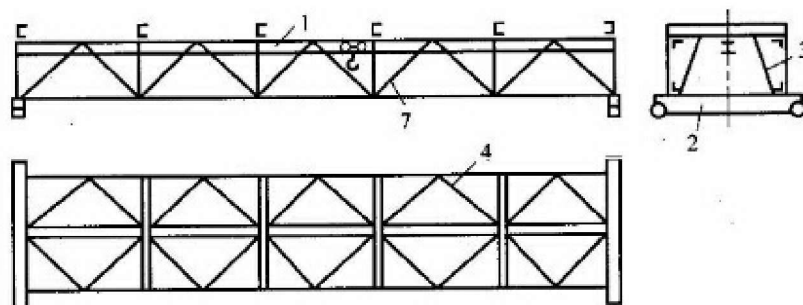
桥架是指供起重小车在其上横向移动用的桥架类起重机主要承载结构，或者门式和半门式起重机支腿之间的结构件。

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、双梁式桥架和桁架式桥架。

（一）单梁式桥架

单梁式桥架（如图 1.2-1）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。





(d)

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

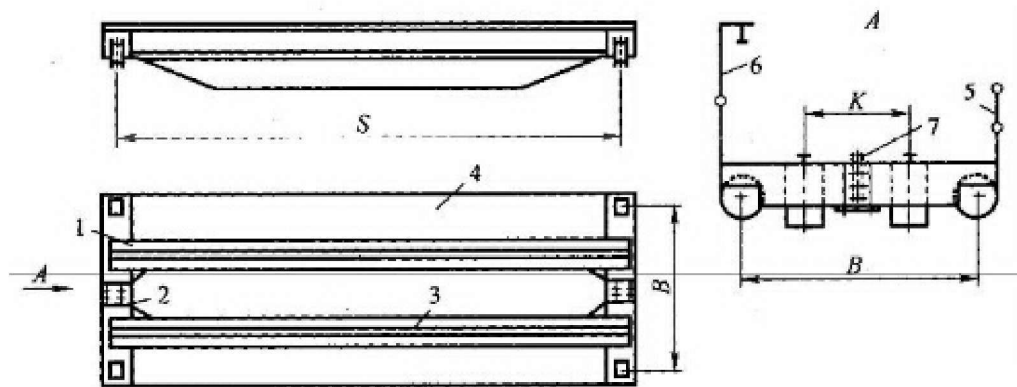
图 1.2-1 单梁式桥架

(二) 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(如图 1.2-2、1.2-3a)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(如图 1.2-3b)、偏轨箱形梁桥架(如图 1.2-3c)、偏轨空腹箱形梁桥架(如图 1.2-3d)等。

桁架式双梁桥架比较普遍采用封闭型四桁架式桥架,截面如图 1.2-3e。另外还有三角形截面的桁架式桥架,截面如图 1.2-3f。



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 1.2-2 普通箱形双梁桥架

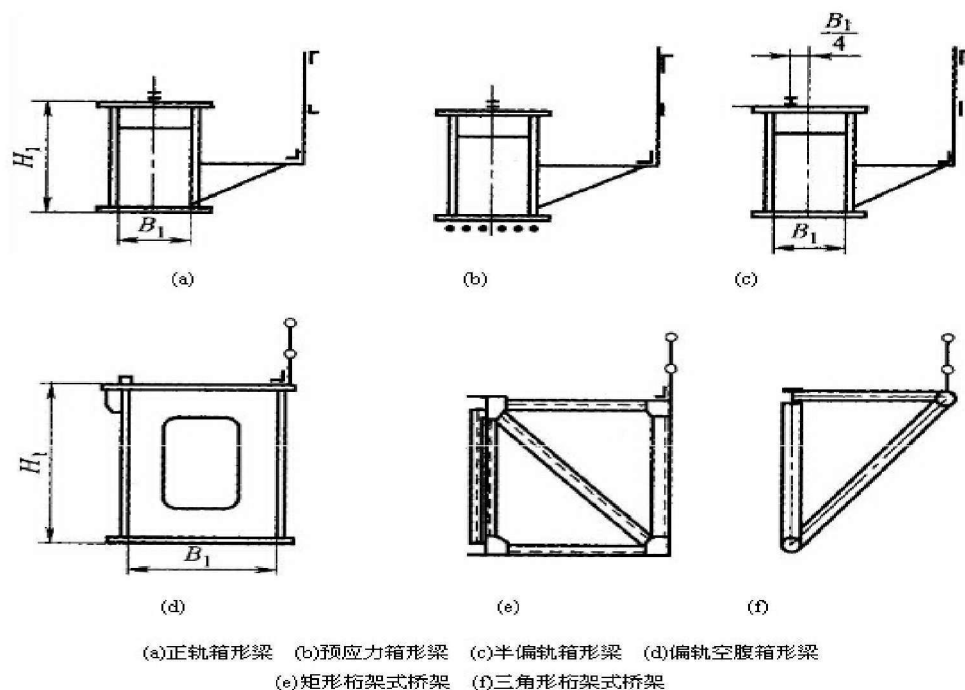


图 1.2-3 通用桥式起重机半桥架截面型式

二、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 and 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。

(一) 桥架的结构型式

按悬臂有无情况可分为无悬臂（如图 1.2-4a）、单悬臂（如图 1.2-4b）和双悬臂（如图 1.2-4c）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。

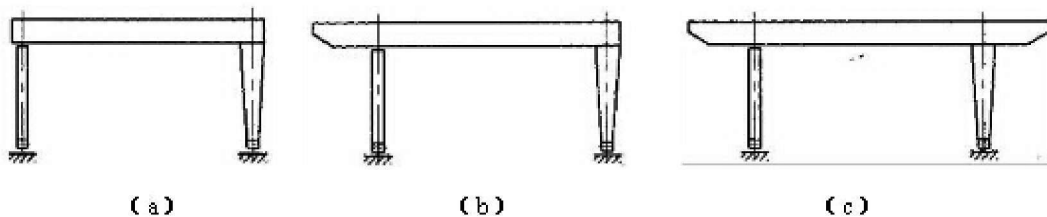


图 1.2-4 门式起重机

(二) 支腿的结构型式

1. 按支腿的配置情况分：有单支腿、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。

2. 按支腿性质分：有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。

3. 按支腿型式分：有 L 型、C 型、O 型、U 型。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。

（三）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。柔性支腿的铰接连常采用水平销轴连接和球铰（如图 1.2-5）加带腰圆孔的垂直销轴连接。

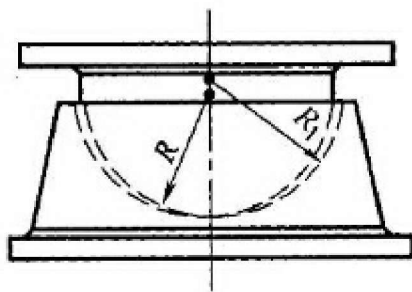


图 1.2-5 球铰示意图

三、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。

（一）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。

（二）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

（1）按组成型式分类

①单臂架。它是一根单独的构件（如图 1.2-6），根据用途不同，其外形有直线形、折线形和曲线形几种。

②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（如图 1.2-7）。

（2）按结构型式分类

①桁架式臂架。有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。

②无斜杆臂架。主要用于船舶起重机和小型门座起重机中，其结构如图 1.2-8 所示。

③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。

（3）按受力特点分类

①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。

②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。

③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。

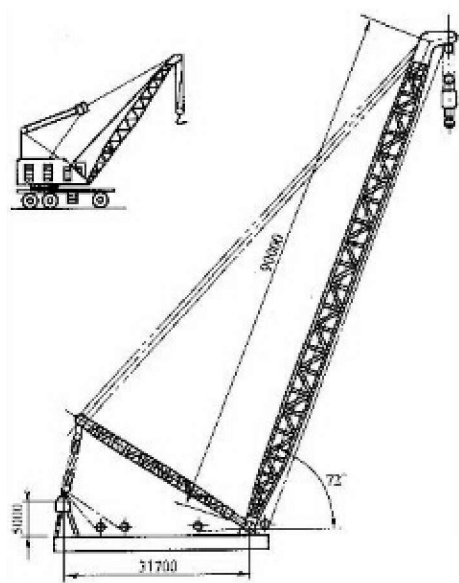


图 1.2-6 单臂架

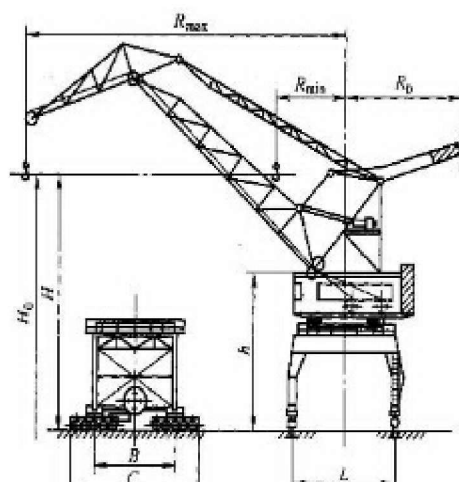


图 1.2-7 铰接组合臂架

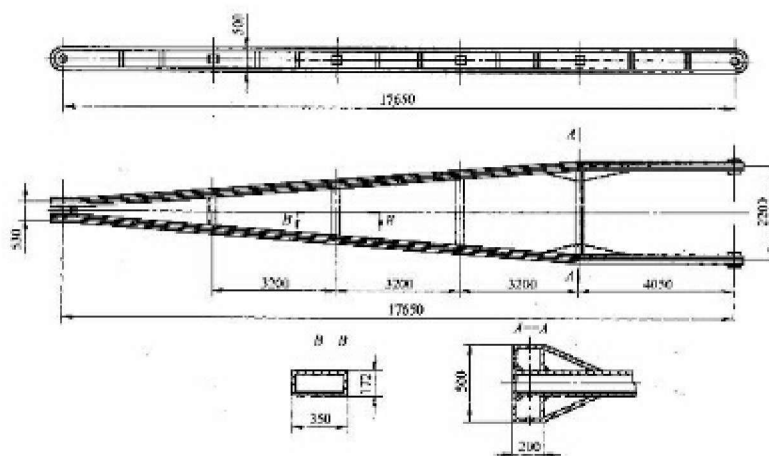


图 1.2-8 无斜杆臂架

四、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件。塔架主要作为塔式起重机支撑构架，塔架的结构型式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。

（一）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（如图 1.2-9）。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：

（1）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。

（2）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。

（3）独立固定式塔式起重机

将塔架固定在预制的安装基础上。

（4）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。

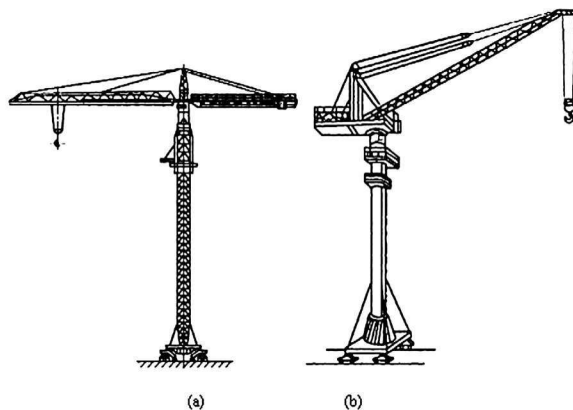


图 1.2-9 自升式塔式起重机

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 1.2-10 所示。由于所吊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。

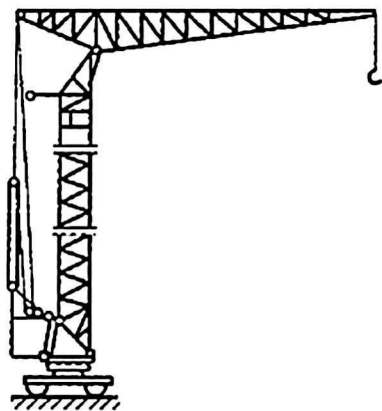


图 1.2-10 下回转式塔式起重机

（二）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。

1. 法兰盘或法兰套柱螺栓连接（如图 1.2-11） 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。

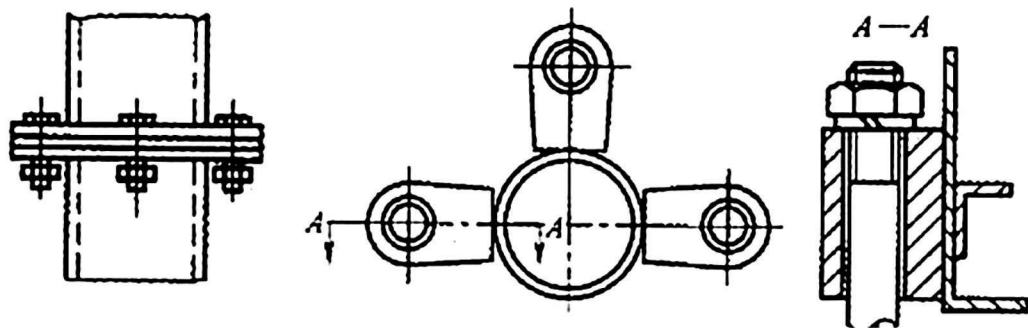


图 1.2-11 法兰盘接头型式

2. 连接板螺栓连接 采用连接板和螺栓将杆件连接起来（如图 1.2-12），可