

塔式起重机

TASHI QIZHONGJI

范俊祥 主编
陆念力 主审

中国建材工业出版社

塔 式 起 重 机

范俊祥 主编

陆念力 主审

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塔式起重机 / 范俊祥主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2004.7

ISBN 7-80159-539-4

I. 塔… II. 范… III. 塔式起重机
IV. TH213.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 062281 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了塔式起重机的主要零部件、国内外常用塔式起重机的构造与性能。并围绕现行国家标准《起重机设计规范 GB3811-83》和《塔式起重机设计规范 GB/T 13752-1992》, 详细地阐述了塔式起重机工作机构、金属结构的设计计算方法。同时讲述了塔式起重机的安装、拆卸、稳定性计算以及电气控制与调速等方面的知识。

本书可作为高等院校有关专业教材、教学参考书, 亦可供从事塔式起重机设计研究、生产及建筑施工单位的工程技术人员和机械管理人员参考, 还可作为塔式起重机安装、拆除、使用、维修工作人员的培训教材。

塔式起重机

范俊祥 主编

陆念力 主审

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 13.75

字 数: 350 千字

版 次: 2004 年 8 月第 1 版

印 次: 2004 年 8 月第 1 次

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 7-80159-539-4/TU·274

定 价: 20.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

前 言

近年来,随着我国经济建设的高速增长,基本建设规模不断扩大,特别是高层建筑施工的不断增多,塔式起重机的应用愈来愈广泛,并已成为建筑施工中的一种主要水平运输和垂直运输机械。为了满足一些从事塔式起重机设计、生产制造、使用管理的工程技术人员和工人的需要,我们围绕国家标准《起重机设计规范 GB 3811—83》和《塔式起重机设计规范 GB/T 13752—1992》,并结合长期教学、科研及产品开发的实践编写了本书。其主要内容包括:起重机的主要零部件,塔式起重机的构造及工作原理、工作机构、金属结构、轨道与钢筋混凝土基础的设计计算,塔式起重机的稳定性和安装、拆卸及塔式起重机电气控制与调速等方面的知识。

本书由西安建筑科技大学编写。范俊祥任主编,哈尔滨工业大学陆念力教授任主审。主要编写者有范俊祥(第一、二、四、五章,第六章中一至五节、第八章),陈宜通(第三章),罗丹(第六章中第六节、第七章),范灏(第九章),马松龄(第十章)。

本书在编写过程中,得到了桂林市建工机械厂曾令钧高级工程师及甘肃省第一建筑机械厂高级工程师李宁的热情支持与帮助,西安建筑科技大学刘信恩教授审阅了本书,在此一并表示由衷谢意。

由于编者水平有限,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004年3月于西安

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 我国塔式起重机的发展概况	1
第二节 塔式起重机的组成与类型	2
第二章 起重机械基础知识	10
第一节 起重机械的零件与部件	10
第二节 钢丝绳	10
第三节 滑轮及滑轮组	18
第四节 卷筒	24
第五节 吊钩与吊钩夹套	29
第六节 制动器和停止器	34
第三章 塔式起重机的参数与工作级别	44
第一节 塔式起重机的参数	44
第二节 塔式起重机的工作级别	46
第三节 塔式起重机的机构工作级别	49
第四章 塔式起重机载荷与计算方法	53
第一节 作用在塔式起重机上的载荷	53
第二节 载荷分类与载荷组合	61
第三节 结构件钢材的许用应力和安全系数	63
第五章 塔式起重机的主要工作机构	65
第一节 起升机构	65
第二节 回转机构	74
第三节 变幅机构	100
第四节 运行机构	111
第六章 塔式起重机的抗倾覆稳定性	127
第一节 概 述	127
第二节 塔式起重机工作状态稳定性	127
第三节 塔式起重机非工作状态稳定性	129

第四节 塔式起重机安装架设稳定性·····	130
第五节 塔式起重机防风抗滑安全性验算·····	131
第六节 塔式起重机的安全装置·····	132
第七章 塔式起重机的金属结构·····	137
第一节 概 述·····	137
第二节 塔 身·····	137
第三节 起重臂·····	144
第四节 平衡臂及回转平台·····	154
第五节 支承部分·····	155
第八章 塔式起重机的安装、拆卸和运输 ·····	156
第一节 旋转法·····	156
第二节 起扳法·····	158
第三节 自升式塔式起重机的顶升机构及顶升方式·····	162
第四节 内爬式塔式起重机的安装、爬升与拆卸 ·····	164
第五节 塔式起重机的运输方法·····	168
第九章 塔式起重机轨道基础和钢筋混凝土基础·····	172
第一节 塔式起重机轨道基础·····	172
第二节 内爬式塔式起重机的支承架受力计算·····	175
第三节 钢筋混凝土基础计算·····	176
第十章 塔式起重机电气控制与调速·····	181
第一节 塔式起重机电气系统概述·····	181
第二节 起重用电机与控制电器·····	184
第三节 绕线转子电动机串可变电阻调速·····	194
第四节 涡流制动调速·····	197
第五节 自励动力制动调速·····	200
第六节 变极调速·····	203
第七节 变频调速·····	209
参考文献·····	214

第一章 绪 论

第一节 我国塔式起重机的发展概况

塔式起重机简称塔机,也称塔吊,源于西欧。具有工作效率高、使用范围广、回转半径大、起升高度高、操作方便以及安装与拆卸比较简便等特点,因而在建筑安装工程中得到了广泛地使用,并成为一种重要的施工机械。塔式起重机除用于工业与民用建筑外,在电站施工、水利建设以及造船等部门也常有应用。

在我国,塔式起重机的生产与应用已有 40 多年的历史,经历了一个从测绘仿制到自行设计制造的过程。

20 世纪 50 年代,为满足国家经济建设的需要,引进了苏联以及东欧一些国家的塔式起重机,并进行仿制。1954 年仿制民主德国设计的建筑师-I 型塔式起重机,在抚顺试制成功了我国第一台 TQ 2-6 型塔式起重机。随后又仿照苏联样机,研制了 15 t 与 25 t 塔式起重机,这个时期我国生产与使用的塔式起重机的数量都较少。

到了 20 世纪 60 年代,我国开始进入了自行设计与制造塔式起重机的阶段。1961 年,首先在北京试制成功了红旗-II 型塔式起重机,它也是我国最早自行设计的塔式起重机。随后,我国又自行设计制造了 TQ-6 型等塔式起重机,至 1965 年全国已有生产厂 10 余家,生产塔式起重机 360 多台。这些塔式起重机都是下回转动臂式,可整体拖运,能满足六层以下民用建筑施工的需要。

从 20 世纪 70 年代起,由于建筑施工的需要,我国塔式起重机进入了技术提高、品种增多的新阶段。1972 年我国第一台下回转的轻型轮胎式轨道两用起重机问世;同年为了北京饭店施工,我国又自行设计制造了 QT₄-10 型自升式塔式起重机,该机的起重力矩为 1 600 kN·m。这一时期还先后开发了 ZT 100、ZT 120、Z80 型等小车变幅自升式塔式起重机、QT₄-20 小车变幅内爬式塔式起重机,QTL 16、TQ 40、TQ 45、TD 25、QTG 40、QTG 60 下回转动臂自行架设快装塔式起重机等,其年产量最高超过 900 台,标志着我国塔式起重机行业进入一个新的阶段。

进入 20 世纪 80 年代,我国塔式起重机相继出现了不少新产品,主要有 QT 80 A、QTZ 100、QTZ 120 等自升式塔式起重机,QT 60、QTK 60、QT 25HK 等下回转快装塔式起重机和 QT 90 上回转动臂下顶升接高塔式起重机等。这些产品在性能方面已接近国外 70 年代水平。这一时期的最高年产量达 1 400 台。与此同时,随着改革开放和国际技术交流的增多,为满足建筑施工的需要,也从国外引进了一些塔式起重机,其中有联邦德国的 Liebherr、法国的 Potain 以及意大利的 Edilmac 等公司的产品。由于这些塔式起重机制造质量较好,技术性能比较先进,极大地促进了我国塔式起重机产品的设计与制造技术的进步。

进入 20 世纪 90 年代以后,我国塔式起重机行业随着全国范围建筑任务的增加而进入了一个新的兴盛时期,年产量连年猛增,而且有部分产品出口到国外。全国塔式起重机的总拥

有量也从 20 世纪 50 年代的几十台截止 2000 年约为 6 万台。至此，无论从生产规模、应用范围和塔式起重机总量等角度来衡量，我国均堪称塔式起重机大国。

第二节 塔式起重机的组成与类型

塔式起重机属于一种非连续性搬运机械。是工业与民用建筑施工中，完成预制构件及其他建筑材料与工具等吊装工作的主要设备。在高层建筑施工中其幅度利用率比其他类型起重机高。如图 1-1 所示，由于塔式起重机能靠近建筑物，其幅度利用率可达全幅度的 80%，普通履带式、轮胎式起重机幅度利用率不超过 50%，而且随着建筑物高度的增加还会急剧地减少。因此，塔式起重机在高层工业和民用建筑施工的使用中一直处于领先地位。应用塔式起重机对于加快施工进度、缩短工期、降低工程造价起着重要的作用。同时，为了适应建筑物结构件的预制装配化、工厂化等新工艺、新技术应用的不断扩大，现在的塔式起重机必须具备下列特点：

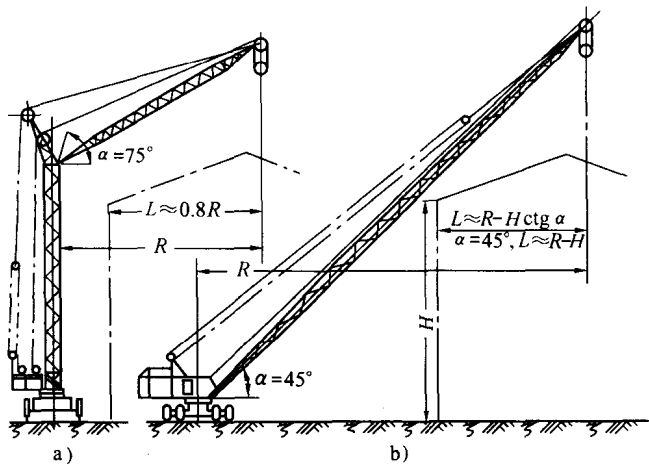


图 1-1 幅度利用率比较
a) 塔式起重机；b) 直线臂轮胎起重机

- (1) 起升高度和工作幅度较大，起重力矩大；
- (2) 工作速度高，具有安装微动性能及良好的调速性能；
- (3) 要求装拆、运输方便迅速，以适应频繁转移工地之需要。

一、塔式起重机的组成

任何一台塔式起重机，不论其技术性能还是构造上有什么差异，总可以将其分解为金属结构、工作机构和驱动控制系统三个部分。

塔式起重机金属结构部分由：塔身、塔头或塔帽、起重臂架、平衡臂架、回转支承架、底架、台车架等主要部件所组成。对于特殊的塔式起重机，由于构造上的差异，个别部件也会有所增减。图 1-2 所示为金属结构各部件在塔式起重机的位置。

金属结构是塔式起重机的骨架。它承受着起重机自重以及作业时的各种外载荷，是塔式起重机的主要组成部分，其重量通常占整机重量一半以上。因此，金属结构的设计合理与否，对减轻起重机自重，提高起重性能，节约钢材以及提高起重机的可靠性等都有重要意义。

工作机构是为实现塔式起重机不同的机械运动要求而设置的各种机械部分的总称。例如一台性能完善的自升式塔式起重机，往往装备着以下的工作机构：起升机构、变幅机构、回转机构、大车运行机构和顶升机构等。有的还有其他各种辅助性的机构。这些机构

完成的功能分别是：起升机构实现物品的上升与下降；变幅机构改变吊钩的幅度位置；回转机构使起重臂架作 360° 的回转，改变吊钩在工作平面内的位置；大车运行机构使整台塔机移动位置，改变其作业地点；顶升机构使塔式起重机的回转部分升降，从而改变塔式起重机的工作高度。

上述各个工作机构，既可单独工作，也可根据需要 2~3 个机构协同配合工作，以利于加快施工速度。

图 1-3 为塔式起重机工作机构在塔机中的安装位置及原理简图。

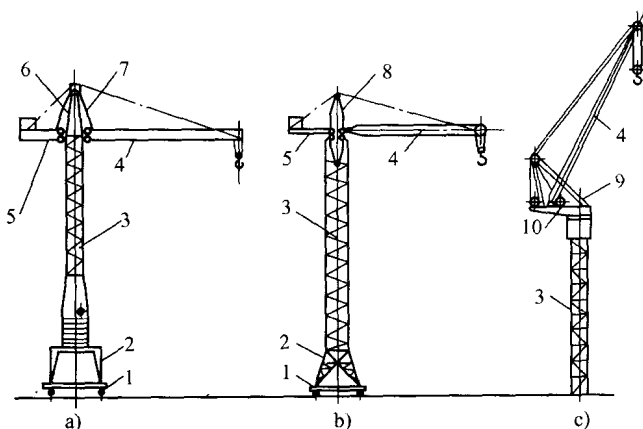


图 1-2 金属结构各部件在各类塔式起重机中的位置

a) 塔帽回转式；b) 转柱式；c) 上回转平台式
1—行走台车及横梁；2—门架；3—塔身；4—臂架；5—平衡臂架；
6—塔顶；7—塔帽；8—转柱；9—人字架；10—转台

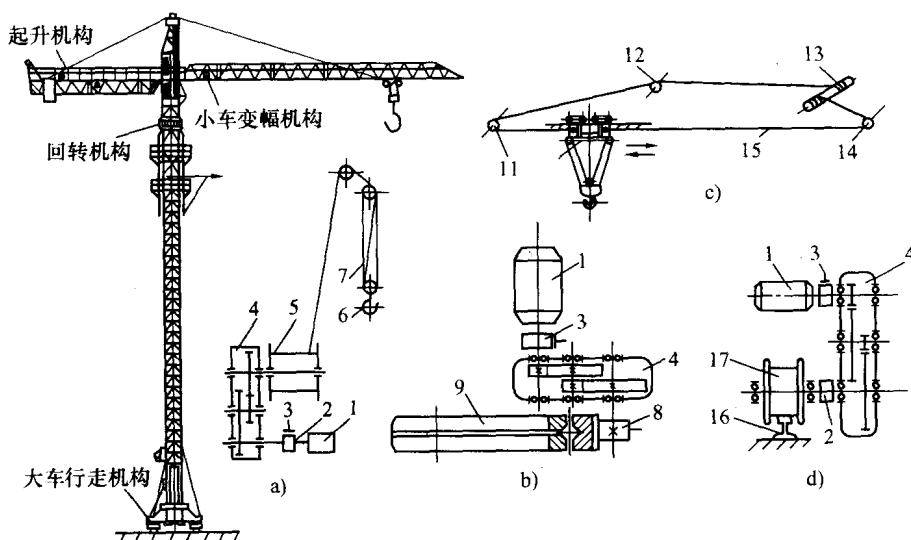


图 1-3 塔式起重机工作机构在塔机中的位置及原理

a) 起升机构；b) 回转机构；c) 变幅机构；d) 运行机构
1—电动机；2—联轴器；3—制动器；4—减速器；5—卷筒；6—吊钩；7—滑轮组；8—小齿轮；
9—交叉回转支承；10—小车；12—张紧轮；13—变幅机构传动装置；14—吊臂根部导向滑轮；
15—钢丝绳；16—轨道；17—车轮

起升机构是每台塔式起重机必备的机构，它由驱动装置、传动装置、制动装置和工作装置四个部件所组成。驱动装置主要采用交流电动机，用来发出动力；传动装置按机构布置需要，采用各种减速装置，用来完成转速与力矩的转换的最佳匹配，使电动机在满足工作装置要求的情况下处于高效最佳工作状态；工作装置由卷筒、钢丝绳、滑轮组与吊钩等所组成，当传动装置驱动卷筒转动时，通过钢丝绳、滑轮组变为吊钩的垂直上下直线运动；制动装置可控制吊装物品的下降速度或使其停止在空中某一位置，不允许在重力作用下下落。由于重力始终作用在被悬吊的物品上，所以起升机构必须选用制动力矩在制动器不松闸时始终作用

在制动轮上的常闭式制动器，以策安全。大型塔式起重机往往备有两套起升机构，吊大重量的称为主起升机构或主钩；吊小重量的称为副起升机构或副钩。副钩的起重量一般为主钩的 $1/5 \sim 1/3$ 或更小。其他机构的工作装置随机构的不同而不同。例如牵引小车变幅机构和大车运行机构的工作装置分别为小车和车轮装置，回转机构的工作装置为支承回转装置上的啮合齿轮。回转机构中的制动器一般选用常开式。

驱动控制系统是塔式起重机又一个重要的组成部分。驱动装置用来给各种机构提供动力，最常用的是YZR与YZ系列交流电动机。控制系统对工作机构的驱动装置和制动装置实行控制，完成机构的起动、制动、改向、调速以及对机构工作的安全性实行监控，并及时地将工作情况用各种参量：电流值、电压值、速度、幅度、起重量、起重力矩、工作位置与风速等数值显示出来，以使司机在操作时心中有数。一台性能优越的塔式起重机，必须由性能良好、安全可靠、寿命较长的控制系统与之配合，有关驱动与控制的详细介绍可参见第十章有关章节。

必须强调指出，由于塔式起重机属于事故多发性的机种之一，因此安全装置是塔式起重机必不可少的关键设备，其作用是避免由于误操作或违章操作等所招致的灾难性恶果。例如因超载而引起的倒塔，塔身弯折；因夹轨器失灵，使塔式起重机在大风作用下走至轨道尽头遇到挡板而翻车等重大事故，从而造成生命财产的重大损失。常用的安全装置有：起升高度限位器，起重量限制器，幅度指示器，起重力矩限制器，夹轨器，锚定装置以及各种行程限位开关等，将在第十一章介绍。

二、塔式起重机的类型

塔式起重机种类繁多，形式各异，大小不一，性能也不相同。但通过分析可发现它们之间仍然存在着共同之处。下面按塔式起重机的构造和使用特点分类如下：

1. 按照回转部分装设的位置不同，可分为上回转塔式起重机和下回转塔式起重机两类。

上回转塔式起重机是指回转支承装设在塔机的上部的塔式起重机。其特点是塔身不转动，在回转部分与塔身之间装有回转支承装置，这种装置既将上、下两部分系为一体，又允许上、下两部分相对回转。按照回转支承构造形式，上回转部分的结构可分为塔帽式、转柱式、平台式和塔顶式几种。

图1-2a为塔帽式构造示意图。臂架及平衡臂等安装在塔身顶部的塔帽上，并能绕塔顶轴线回转。它有上、下两个支承。上支承为水平及轴向止推支承，见图5-5，承受水平载荷及垂直载荷；下支承为水平支承，承受水平力。这种形式塔机的回转部分比较轻巧，转动惯量较小，但由于上、下支承间距有限，能承受的不平衡力矩较小，所以经常采用在中、小型塔式起重机上。

图1-2b为转柱式构造示意图。臂架及平衡臂等安装在插入塔身上部可回转的柱状结构上。转柱上有上、下两个支承，但与塔帽式相反，上支承只承受水平力，下支承既承受水平力又承受轴向力。由于塔身和转柱重叠，金属结构重量大，但因上下支承间距可以做得很大，能承受较大的力矩，故常用于重型工业建筑塔式起重机。

图1-2c为平台式构造示意图。回转平台设置在塔身顶端。起重臂装在回转平台上，回转平台用轴承式回转支承与塔身连结。转台上装有人字架，用以改善变幅钢丝绳的受力。此种形式构造较为紧凑，金属结构无重叠部分，故重量较轻。轴承式回转支承精度高、间隙

小，回转时冲击振动也小，是很有发展前途的一种构造形式，主要用于自升式塔式起重机。

塔顶式构造（见图 1-3）。塔身顶部连同起重臂等能相对塔身并绕其轴线进行回转。塔顶用轴承式回转支承与塔身连结。塔顶端部用钢丝绳拉索连接吊臂和平衡重，起升机构、平衡重移动机构安装在平衡臂上，小车牵引（变幅）机构放在水平吊杆臂的根部，回转机构安装在回转支承上面的回转塔顶上。此种构造形式也多用于自升式塔式起重机。

由于上回转塔式起重机回转部分装在塔身上部，其高度位置总是在建筑物之上，所以尾部尺寸，只要不与其他建筑物相碰，可以设计的稍大一点，以便在减小平衡重重量的同时改善塔身受力，减少弯矩作用。

下回转塔式起重机是指回转部分设置在塔机的下部，吊臂装在塔身顶部，塔身、平衡重和所有的机构均等装在转台上，并与转台一起回转的塔式起重机。此种塔机除了具有重心低，稳定性好，塔身受力较有利（上回转塔身弯矩由对角线布置的两根主弦杆承受，下回转则由四个弦杆共同承受）的好处外，最大优点是：因平衡重放在下部，能做到自行架设、整体搬运。

塔式起重机根据头部构造可分为下列三种形式：

（1）具有杠杆式吊臂的塔式起重机（见图 1-4）。该形式塔机的吊臂中部铰接于塔身顶部，此时吊臂受弯，但塔身上的附加弯矩小，变幅机构及其钢丝绳缠绕方式简单。由于吊臂受弯，故只在轻型小吨位塔式起重机上采用。此种塔式起重机在转移工地时不必拆散，折叠后可直接拖运。

（2）具有固定支撑的下回转塔式起重机（图 1-5）。该形式塔机的塔身带有尖顶，吊臂端部铰接在塔顶下方，铰点离塔顶的距离必须使变幅钢丝绳与吊臂具有一定的夹角。这种形式起重机，吊臂受力比杠杆式要好，吊臂只是一个压杆，但塔身要承受很大的附加弯矩，因此，变幅钢丝绳必须按图 1-6 所表示的方式穿绕，使塔身承受一反弯矩，并尽可能使其接近平衡。图中变幅绳 5、6、7 分支，在正常变幅时虽不起作用，但对塔身造成一反弯矩作用。显然，若要平衡塔身较大的弯矩，就应增加这部分变幅绳的分支数。下回转塔式起重机变幅机构除了要变幅外，还要承担起落塔身（包括吊臂）的任务。塔身起落时要求较慢的安装速度，但起扳塔身的力则要很大，图 1-6 的变幅绳绕法，正好能满足这个要求，正常变幅时变幅滑轮组倍率为 4，安

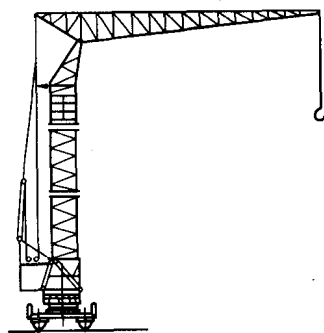


图 1-4 具有杠杆式吊臂的下回转塔式起重机

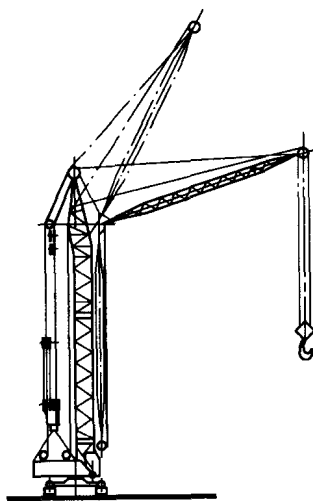


图 1-5 具有固定支撑的下回转塔式起重机

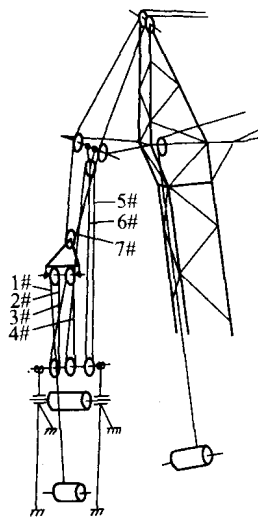


图 1-6 变幅绳绕法示意图
1#~7# 为变幅绳分支

装塔身时，倍率增加为7。此种塔式起重机，头部金属结构加工费时，加之塔顶不能折叠，拖运长度较长。故适用于中型塔式起重机。

(3) 具有活动支撑的下回转塔式起重机(图1-7)。该形式起重机塔身没有尖顶部分，吊臂端部铰接在塔身顶部，活动的三角形支撑起人字架作用。塔身顶部构造简单、重量轻，拖运时三角架因挠性件连接而不占空间，拖运长度短，所以下回转塔式起重机采用这种形式越来越多。这种形式的起重机塔身亦受有弯矩，设计时要求合理确定活动支撑的尺寸参数及其布置位置，使塔身顶部所受的横向水平力，比较合理地尽量抵消。

2. 按照起重机有无运行机构，可分为移动式塔式起重机和固定式塔式起重机两类。

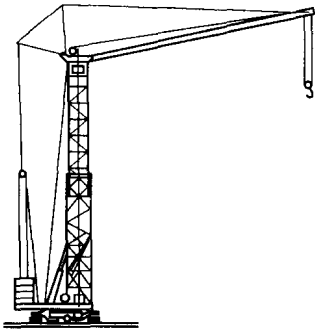


图 1-7 具有活动支撑的下回转塔式起重机

(1) 移动式塔式起重机 是指具有行走装置，可以行走的塔式起重机。移动式塔式起重机还可再分为轨道式、轮胎式、汽车式和履带式四种。

轨道式塔式起重机(图1-3)，是指在轨道上运行的塔式起重机，也是应用最为广泛的一种形式。这种塔式起重机是用刚性车轮把整台起重机支承在临时性的轨道上，轨道铺设在碎石子与枕木上，或直接铺设在用钢板焊成的承轨箱上。塔机可在较长的一个区域范围内进行水平运输，也可转弯行驶，故能适应不同造型建筑物的需要。其最大特点是可带载行走，有利于提高生产效率。

轮胎式塔式起重机(图1-8)，是指以专用轮胎底盘为运行底架的塔式起重机。其优点是无需铺设轨道，不需要拖运辅助装置，吊臂、塔身折叠后即可全挂拖运。但此种塔式起重机只能在使用支腿的情况下工作，故不能进行

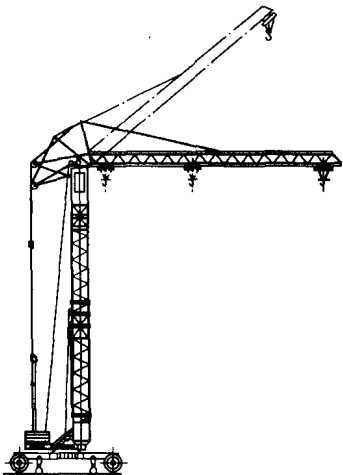


图 1-8 轮胎塔式起重机

水平运输(指在工地上较长距离的搬运)，亦不适用于在雨水较多的潮湿地区使用。

汽车式塔式起重机，是指以汽车底盘为运行底架的塔式起重机。其特点与轮胎塔式起重机相类似，不同的是转移场地时使用自身动力。

履带式塔式起重机(图1-9)，是指以履带底盘为运行底架的塔式起重机。此种塔机对地面要求比轮胎式低，但机构比较复杂，转移也不如轮胎式方便，适用于施工路面很差的工地。履带式塔式起重机一般都由履带式挖掘起重机改装而成。

对于起升高度、工作幅度较大的下回转塔式起重机，为减少整体拖运长度，吊臂和塔身常做成折叠式或伸缩式。这时，起重机必须增设一个安装架设机构或其他辅助装置，使塔身和吊臂的伸缩与折叠完全自动进行。架设机构及其安装原理见第八章。

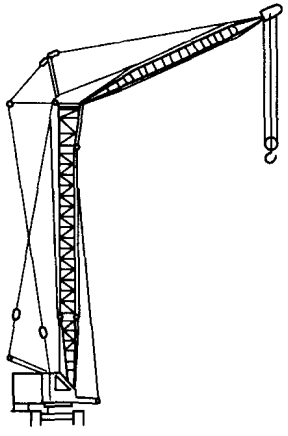


图 1-9 履带塔式起重机

(2) 固定式塔式起重机 是指通过联接件将塔身基础固定在地基基础或结构物上, 进行起重作业的塔式起重机。由于没有运行机构, 因此塔机不能作任何移动。固定式塔式起重机分为塔身高度不变式和自升式。所谓自升式是指依靠自身的专门装置, 增、减塔身标准节或自行整体爬升的塔式起重机。因此, 它又可分为附着式和内爬式两种。

附着式塔式起重机 (图 1-10), 是指按一定间隔距离通过支撑装置将塔身锚固在建筑物上的自升式塔式起重机。它是由普通上回转塔式起重机发展而来, 塔身上部套有爬升套架, 爬升套架顶部通过回转支承装置与回转的塔顶相连, 塔顶端部用钢丝绳拉索连接吊臂和平衡臂。起升机构、平衡重移动机构安装在平衡臂上, 小车牵引 (变幅) 机构放在水平吊臂根部, 回转机构装在回转支承上面的回转塔顶上, 为了附着的需要, 塔身除标准节外, 设有附着节和调整节。由于传力需要, 附着节结构需要加强; 调整节做的比正常标准节要短, 以便调整建筑物附着点与附着节位置的高度差。附着装置 (图 1-11), 由撑杆 2、框架 1 和支腿 3 等部件所组成, 它使塔身和建筑物连成一体。从而较大地减少了塔身的计算长度, 提高了塔身的承载能力。附着式塔式起重机的安装方法见第八章。

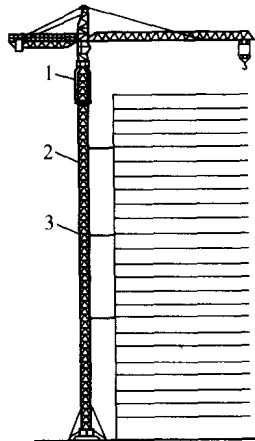


图 1-10 附着式塔式起重机

1—顶升套架; 2—标准节; 3—附着装置

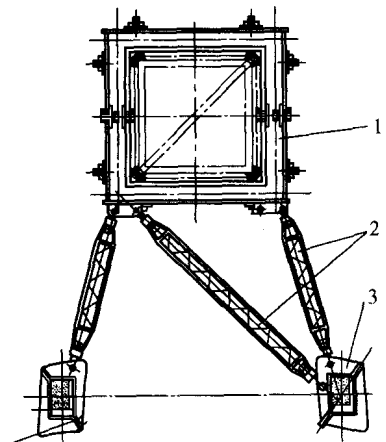


图 1-11 附着装置构造示意图

1—框架; 2—撑杆; 3—支脚

内爬式塔式起重机 (图 1-12), 是指设置在建筑物内部 (如电梯井、楼梯间等), 通过支承在结构物上的专门装置 (爬升机构), 使整机能随着建筑物的高度增加而升高的塔式起重机。由于建筑物可作为起重机的直接支承装置, 所以起重机的塔身不长, 构造也和普通上回转塔式起重机基本相同, 只是增加了一个套架和一套爬升机构 (参见第八章)。因其安装于建筑物的内部, 故不占用建筑物外围的空间场地, 特别有利于城区改建工程。又由于吊钩能绕其回转轴线作 360° 回转, 工作覆盖面大, 所以起重机的幅度可以设计得小一些。再加之它是利用建筑物向上爬升, 爬升高度不受限制, 塔身可以做得很短, 因而结构较轻, 造价较低。内爬式塔式起重机的缺点是: 司机在进行吊装时不能直接看到起吊过程, 操作不便; 施工结束后, 塔机要在建筑物顶上先解体, 再利用其他辅助起重设备一件一件地从顶部吊到地面上, 因此费工费时; 其次, 当塔机受到建筑物结构形式或施工工艺限制只能安装在建筑物的受力不大的构件上 (例如安装在楼面的梁柱上) 时, 为了能支承住塔机, 必须对薄弱的承载构件给予局部加强, 再考虑到固定塔机需要安装预埋固定螺栓等各种因素, 使建筑物的

构件施工变得复杂化。

3. 按照塔机变幅方式不同,可分为动臂变幅、小车变幅与综合变幅塔式起重机。

(1) 动臂变幅塔式起重机(图 1-5)是指通过臂架俯仰运动进行变幅的塔式起重机。幅度的改变是利用变幅卷扬机和变幅滑轮组系统来实现的。这种变幅方式的优点是,臂架受力状态良好,自重较轻。当塔身高度一定时,与其他类型塔式起重机相比,具有一定的起升高度优势。但在没有补偿卷筒的条件下达不到起重与变幅的平移目的。另外,因臂架的仰角受到限制,故对靠近塔身中心的变幅半径利用有一定的损失,变幅功率也较大。因此这种变幅方式只适用于起升高度低,变幅幅度较小的中、小型塔式起重机。

(2) 小车变幅塔式起重机(图 1-3)是指通过起重小车沿起重臂运行进行变幅的塔式起重机。这类塔式起重机的起重臂架始终处于水平位置,变幅小车悬挂于臂架下弦杆上,两端分别和变幅卷扬机的钢丝绳联接。在变幅小车上装有起升滑轮组,当收放变幅钢丝绳拖动变幅小车移动时,起升滑轮组也随之而动,以此方法来改变吊钩的幅度。它的优点是:幅度利用率高,而且变幅时所吊重物在不同幅度时高度不变,工作平稳,便于安装就位,效率高。其缺点是:臂架受力以弯矩为主,故臂架重量比动臂变幅臂架的重量稍大一些。另外,在同样塔身高度的情况下,小车变幅比动臂变幅或综合变幅塔式起重机的起重高度利用范围小,故这种变幅方式多用于大幅度、大高度的自升式塔式起重机。

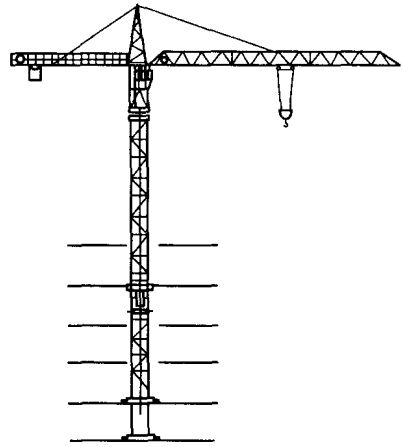


图 1-12 内爬式塔式起重机

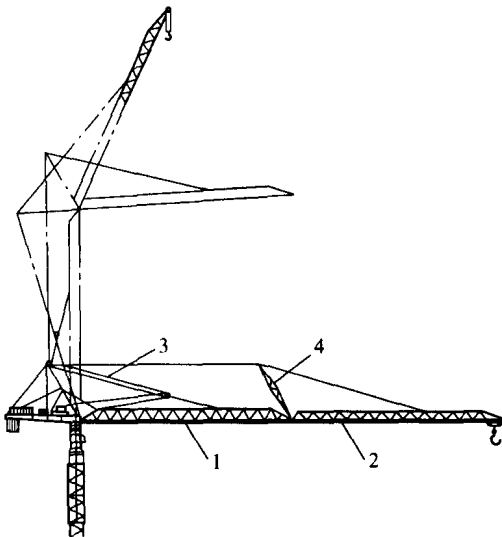


图 1-13 综合变幅塔式起重机

1—后臂架; 2—前臂架; 3—变幅滑轮组; 4—A 字架

(3) 综合变幅塔式起重机(图 1-13)是指根据作业的需要臂架可以弯折的塔式起重机。它同时具备动臂变幅和小车变幅的功能,从而在起升高度与幅度上弥补了上述两种塔式起重机使用范围的局限性。这种变幅采用的是一套所谓折臂式组合式臂架系统,该臂架实际上是由钢丝绳、人字架、A 字架及后臂架组成平行四边形的后段和由钢丝绳、A 字架及前臂架组成的三角形前段,中间用铰连接而成。当变幅滑轮组钢丝绳绕进时,两段相对曲折,但前段在变幅中其轴线仍与轨面平行,如水平臂架一样,只是小车只能沿着前段水平臂架运行,变幅范围减小。当两端折弯成 90° 时,后段垂直接高塔身,提高了起升高度。吊钩可有两种方式工作,一种是水平移动方式,当两段不曲折时,可在吊臂全长上工作,曲折后只能沿前

段水平臂架工作。另一种方式，是将吊钩固定于臂架的最前端，只随臂架摆动而变幅，如同动臂变幅方式一样。这种折叠臂变幅方案，应用也较广泛。

4. 按照塔式起重机起重能力大小，可分为轻型、中型和重型塔式起重机。

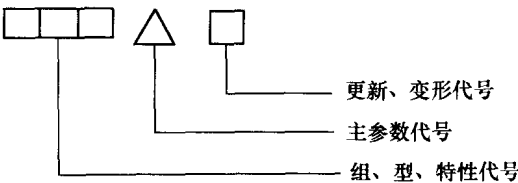
轻型塔式起重机，起重量在 0.5~3 t 之间，一般适用于 5~6 层以下的民用建筑施工中。

中型塔式起重机，起重量在 3~15 t 之间，一般适用于高层建筑施工和工业建筑的吊装。

重型塔式起重机，起重量在 20~40 t 之间，甚至更大，适用于重工业厂房和设备的吊装，例如钢铁联合企业、火力发电厂的建筑施工。

三、塔式起重机类型的表示方法

根据《建筑机械与设备产品分类及型号》(JG/T 5093—1997) 规定，塔式起重机型号的编制方法如下：



塔式起重机产品的类、组、型划分应符合表 1-1 之规定。

例如额定起重力矩为 800 kN·m 的上回转自升式塔式起重机的产品型号为：QTZ 80

表 1-1 塔式起重机分类形式及代号 (选自 JG/T 5093—1997)

组		型		特性	产 品		主参数代号		
名称	代号	名称	代号	代号	名 称	代号	名称	单位	表示法
塔式起重机	QT (起塔)	轨道式 (固定式)		—	上回转塔式起重机	QT	额定起重力矩	kN·m	主参数 乘 10 ⁻¹
				Z (自)	上回转自升塔式起重机	QTZ			
				A (下)	下回转塔式起重机	QTA			
				K (快)	快装塔式起重机	QTK			
		汽车式	Q (汽)	—	汽车塔式起重机	QTQ			
		轮胎式	L (轮)	—	轮胎塔式起重机	QTL			
		履带式	U (履)	—	履带塔式起重机	QTU			
		组合式	H (合)	—	组合塔式起重机	QTH			

第二章 起重机械基础知识

第一节 起重机械的零件与部件

任何一种机械，都是由工作装置、动力装置、传动装置和辅助装置（即操作控制部分）所组成。其中工作装置是专业机械所要研究的主要内容，其所用的零部件，亦称作专用零部件；其他装置所用的零部件，由于对任何具体的机械也都适用，因此称其为通用零部件。通用零部件不是本章所要讨论的内容，故不做介绍。

图 2-1 所示，是起重机常用的一种起升机构的示意图。

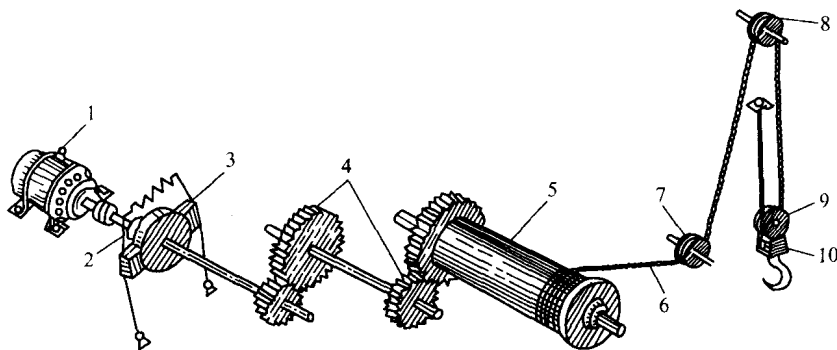


图 2-1 起升机构

1—电动机；2—传动轴；3—制动器；4—齿轮；5—卷筒；
6—钢丝绳；7、8—导向滑轮；9—动滑轮；10—吊钩

由图中看出，起升机构由动力装置（电动机）、传动装置（联轴器、齿轮、轴及轴承等）、工作装置（卷筒、钢丝绳、滑轮、吊钩等）组成，另外为了保证工作时的安全可靠，其上还装有常闭式制动器。

电动机 1 通过传动轴 2，制动器 3 齿轮 4 驱动卷筒 5 旋转，钢丝绳的一端固结到卷筒上，另一端穿过滑轮 7、8、9 固结到机架（或起重臂）上，定滑轮 8 及动滑轮 9 组成为一个滑轮组，用以减少钢丝绳上的拉力并降低吊钩的运动速度；吊钩 10 通过夹套与滑轮 9 相连，用以起吊重物；制动器可使被吊起的重物随时减速或停止，以适应安装需要和保证安全。

其中卷筒、钢丝绳、滑轮，是任何起重机都必不可少的，称为起重零件或起重机专用零件。本章将着重介绍这些专用零件的构造、性能、选择方法和工作原理等。

第二节 钢 丝 绳

钢丝绳是塔式起重机中使用最为广泛的传动挠性件。其优点是：卷绕性好、承载能力大、自重轻、运行时平稳无噪音，适于高速传动；弹性好、强度高、过载能力强，工作时一

般不会发生突然断裂，比较可靠。因而，获得广泛应用。

一、钢丝绳的材料及制造

钢丝绳是由许多直径为 0.5~2 mm 高强钢丝绕编而成。钢丝的材料通常采用优质碳素钢，其含碳量约为 0.5%~0.8%，含硫磷量不大于 0.03%，拉伸强度极限通常为 1 400~2 000 N/mm²，特殊情况下可达 2 400 N/mm²。塔式起重机中使用 1 600~1 800 N/mm² 的较适宜。钢丝的品质根据内弯次数的多少分为特级、Ⅰ级及Ⅱ级。起重机采用Ⅰ级，特级用于载客电梯，Ⅱ级用于系物等次要用途。

根据不同的使用目的，其结构和绕编方式各不相同，起重机采用双重绕钢丝绳。

二、钢丝绳的种类

钢丝绳根据不同的结构和编绕方式而有不同种类。

1. 钢丝绳的捻绕次数

(1) 单绕绳 图 2-2 所示，单绕绳是由若干层钢丝绳依次围绕一根钢芯绕制而成。这种钢丝绳的构造最简单，其特点是刚性大，挠曲性差，不宜用作起重绳，可用作起重机的桅索、拉索和架空索道的承载索等。

(2) 双绕绳 图 2-3 所示，双绕绳是先由钢丝拧成股，然后再将股拧成绳。这种钢丝绳挠性较好，是起重机常用绳。

(3) 三绕绳 图 2-4，三绕绳是把双绕绳作为股，再由几股拧成绳。这种钢丝绳挠性特别好，但由于制造复杂，并且钢丝较细，容易磨损折断，起重机中一般不用。

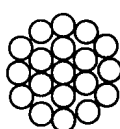


图 2-2 点接触股

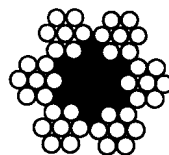
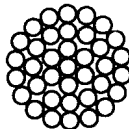


图 2-3 双绕绳

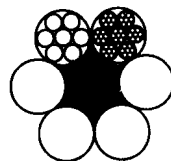


图 2-4 三绕绳

2. 钢丝绳的捻制方法

(1) 顺绕绳 图 2-5a 所示，钢丝绳绕成股与股绕成绳的方向相同。这种钢丝绳挠性好，表面光滑，使用寿命长，但容易自行松散和扭转。因此，它只能用于经常保持张紧状态的地方，如小车运行机构的牵引绳。

(2) 交绕绳 图 2-5b 所示，钢丝绳绕成股与股绕成绳的方向相反。其挠性与使用寿命都较顺绕绳差。但由于股与绳的扭转趋势相反，克服了扭转和易松散的缺陷，故在起重机中使用较广。

(3) 混绕绳 图 2-5c 所示，即一半顺绕，一半交绕。因工艺复杂，极少应用。

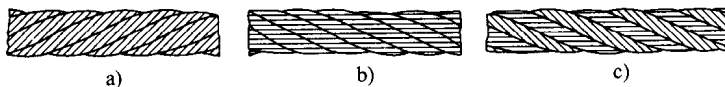


图 2-5 钢丝绳的绕向

a) 顺绕绳；b) 交绕绳；c) 混绕绳