

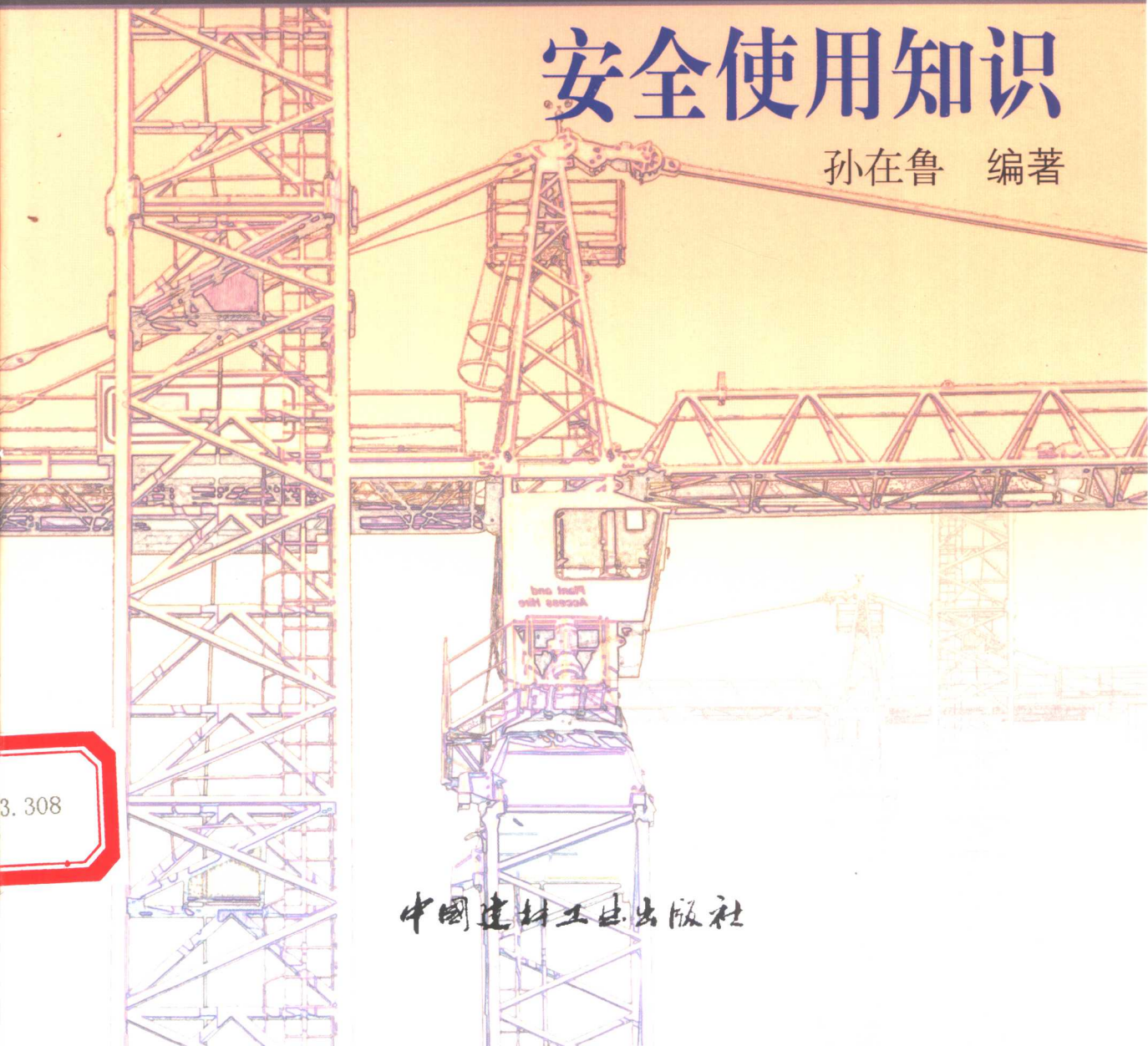
建设施工特种设备管理和作业人员

安全技术培训推荐试用教材

# 建筑施工特种设备

## 安全使用知识

孙在鲁 编著



3.308

中国建材工业出版社

建设施工特种设备管理和作业人员  
安全技术培训推荐试用教材

# 建筑施工特种设备安全使用知识

孙在鲁 编著

中国建材工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑施工特种设备安全使用知识 / 孙在鲁编著. —北京: 中国建材工业出版社, 2005.4

ISBN 7 - 80159 - 890 - 3

I. 建... II. 孙... III. 塔式起重机—安全技术  
IV. TH213.308

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 029843 号

## 内 容 提 要

本书主要介绍了塔式起重机的结构要点、操作技能、危险因素及防范注意事项、事故实例分析、经验教训等内容, 并附加了有关塔机安全的规程和《建设工程安全生产管理条例》。

## 建筑施工特种设备安全使用知识

孙在鲁 编著

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: 10.5

字 数: 254 千字

版 次: 2005 年 4 月第 1 版

印 次: 2005 年 4 月第 1 次

定 价: 20.00 元

---

网上书店: [www.ecool100.com](http://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) 88386906

# 前 言

为深入贯彻《建设工程安全生产管理条例》(国务院 2003 年 393 号令),提高建筑行业特种设备管理人员和操作人员的专业知识水平,受有关部门委托,结合我多年在建设部长沙建设机械研究院科研工作的实践,编写此书,供建筑单位特种设备管理和操作的有关人员学习参考。

所谓建筑施工特种设备,指的就是建筑起重或运送设备。在施工作业中,它对现场及周边的安全会构成潜在的威胁,如果使用管理不当或操作失误,或未及时发现排除事故隐患,往往会造成重大事故,给人们的生命和财产带来巨大的损失。在诸多的建筑起重设备中,塔式起重机又是对安全威胁最大、架设操作最复杂的现场设备。目前我国的用量已有 5 万多部,所以它又是建筑起重设备中最主要的一部分,为此,书中将予以重点介绍。

各种安全条例、规章、规范为安全生产提供了法律保证,但是提高特种设备管理人员和操作人员的专业知识水平也同样重要,不能忽视。在贯彻国务院 393 号令时,仅停留在学文件、学规章上是不够的,还应该结合起重机械的结构要点、操作技能、危险因素及防范注意事项、事故实例分析、经验教训等方面的业务知识来学习,理论联系实际,才能从根本上杜绝隐患,防止事故。

我根据多年来参与分析处理各种建筑起重设备事故的实践总结,编写出这本安全生产培训教材,相信它会给建筑施工的安全生产提供实际具体的帮助。

由于受知识面的限制,此书难免有疏漏和不足,欢迎读者指正。我在编写过程中参考引用了一些技术文献,在此对相关作者表示感谢。

建设部长沙建设机械研究院研究员 孙在鲁

2005 年 1 月

# 目 录

<b>第一章 塔式起重机的分类和主要构造</b> .....	(1)
第一节 塔式起重机的分类和型号编制方法.....	(1)
第二节 上回转塔式起重机的构造及特点.....	(7)
第三节 下回转塔式起重机的构造及特点.....	(10)
第四节 起升机构.....	(12)
第五节 回转机构.....	(17)
第六节 变幅机构.....	(19)
第七节 塔式起重机行走机构.....	(21)
第八节 液压顶升装置.....	(21)
<b>第二章 塔机的主要危险因素及安全保护装置</b> .....	(24)
第一节 塔式起重机的主要危险因素.....	(24)
第二节 塔机的安全保护装置.....	(25)
<b>第三章 塔机安装和拆卸中主要危险及注意事项</b> .....	(32)
第一节 对安装场地的要求.....	(32)
第二节 塔式起重机整机倾翻和基础设计计算.....	(33)
第三节 对安装人员的基本要求和注意事项.....	(36)
第四节 上回转塔机的安装架设.....	(38)
第五节 下回转塔机的安装架设.....	(44)
第六节 塔式起重机安装后的检查和验收.....	(53)
第七节 塔式起重机的拆卸.....	(55)
<b>第四章 塔机使用维护基本要求及安全要点</b> .....	(60)
第一节 对用户使用、维护和管理的基本要求.....	(60)
第二节 操作人员应有的基本安全意识.....	(60)
第三节 塔机四大机构的操作要求及注意事项.....	(62)
第四节 对液压顶升系统使用的要求及注意事项.....	(64)
第五节 日常使用维护要求及注意事项.....	(67)
<b>第五章 塔式起重机事故实例汇总分析及经验教训</b> .....	(71)
第一节 倒塔事故及原因分析.....	(71)
第二节 重物下坠事故及原因分析.....	(76)
第三节 烧坏起升电机故障及原因分析.....	(77)
第四节 塔式起重机其他事故实例及经验教训.....	(78)
第五节 关于提高塔式起重机安全管理的建议.....	(78)

<b>第六章 施工升降机的安全使用</b> .....	(82)
第一节 齿轮齿条式施工升降机 .....	(82)
第二节 钢丝绳式施工升降机 .....	(88)
第三节 施工升降机主要事故汇总分析 .....	(94)
<b>第七章 电气设备和用电安全知识</b> .....	(96)
第一节 塔式起重机对电控系统的特殊要求 .....	(96)
第二节 电力拖动调速的主要方式及发展趋向 .....	(96)
第三节 控制指令的主要传递方式 .....	(104)
第四节 塔机电控系统的安全保护措施 .....	(106)
第五节 塔式起重机安全装置的调整 .....	(108)
第六节 施工升降机的典型电路 .....	(110)
第七节 电控系统操作使用注意事项 .....	(112)
第八节 施工场地的安全用电 .....	(117)
<b>第八章 工地移动设备和专用车辆</b> .....	(119)
第一节 汽车起重机构造特点和安全要素 .....	(119)
第二节 履带起重机主要事故汇集分析 .....	(125)
第三节 其他专用工程车辆安全使用要点 .....	(127)
<b>附录一 建筑工程安全生产管理条例</b> .....	(131)
<b>附录二 塔式起重机操作使用规程</b> .....	(135)
<b>附录三 塔式起重机安全规程</b> .....	(148)
<b>主要参考文献</b> .....	(159)

所谓建筑施工特种设备，指的是在施工作业中对现场人员和周围环境的安全会构成较大威胁的机电设备。而建筑起重机械又是最具代表性的特种设备。工程建设中的起重设备有多种多样，如塔吊、桅杆吊、门座吊、缆索吊、汽车吊、轮胎吊、履带吊等，但用得最多的是塔式起重机（俗称塔吊，简称塔机）。在特种施工设备中，塔机的架设安装和操作使用相对其他建筑起重设备来说，最为复杂，对安全生产的威胁也最大，故我们就选择塔式起重机作为起重设备的代表，予以重点介绍。

# 第一章 塔式起重机的分类和主要构造

## 第一节 塔式起重机的分类和型号编制方法

塔式起重机的品种很多，每个品种又按主参数的不同划分很多规格，为了很快识别出塔机的类别和主参数，就必须了解塔式起重机的分类和型号编制规则。

### 一、塔式起重机的分类

塔机按照不同特征分类的方法很多，而且有的要相互交叉，一时很难概述清楚。对塔机分类首先应该抓住主要特征，在抓住主要特征分出大类后，再抓次要特征去细分，就容易搞清楚了。

#### 1. 按回转支承的位置分类

塔式起重机按回转支承的位置，可以分为上回转塔机和下回转塔机。上回转塔机，回转支承靠近顶部；下回转塔机回转支承靠近底部。这两种塔机，性能和应用范围差别很大，受力特性差别和安装方法差别也很大，所以是最最重要的一个特性分类。

(1) 上回转塔机 它的起重臂、平衡臂、塔帽、起升机构、回转机构、变幅机构、电控系统、驾驶室、平衡重都在回转支承以上，其主要构造示意如图 1-1。它的自身不平衡力矩和起重力矩，就作用在塔身顶部，所以塔身以受弯为主、受压力为辅。正是依靠塔身，把力矩和压力从上面一直传到底部。上回转塔机的突出优点是可以随时加节升高，可以打附着升得很高。所以中高层建筑都得要靠上回转塔机，这是我国目前建筑工地上用得最多的塔机。但是，由于它的塔身要承受很大的弯矩，故容易晃动，自升加节和超力矩倒塔的危险性比较大，这是使用和管理上要引起高度注意的。

(2) 下回转塔机 它的回转支承就在底架之上，工作时塔身也回转。其构造示意图如图 1-2 所示。

下回转塔机的顶部只有起重臂、撑杆和拉杆，如认为必要也可挂一个副驾驶室。而它的平衡臂、平衡重、起升机构、回转机构、电控系统、主驾驶室都在下面，所以它的维护管理、维修都比较方便，重心低。更重要的是它的顶部没有不平衡力矩，不平衡力矩和起重力

矩通过平衡拉杆受拉和塔身受压一直传到底部，塔身很少受弯，所以晃动小，起吊平稳，而且可以节约材料，减轻重量，降低成本。下回转塔机的这种受力特性使它不容易出现倒塔，这比上回转自升式塔机安全得多。但下回转塔机的最大缺点是不能自升和打附着，故它的工作高度要低于上回转自升式塔机。不过对12层以下的中低层建筑，用下回转塔机比用上回转自升式塔机合算得多，也安全得多。在欧洲，下回转塔机的台数很多，并不像我国目前这样几乎到处都是上回转塔机唱独角戏，其原因后面再述说。

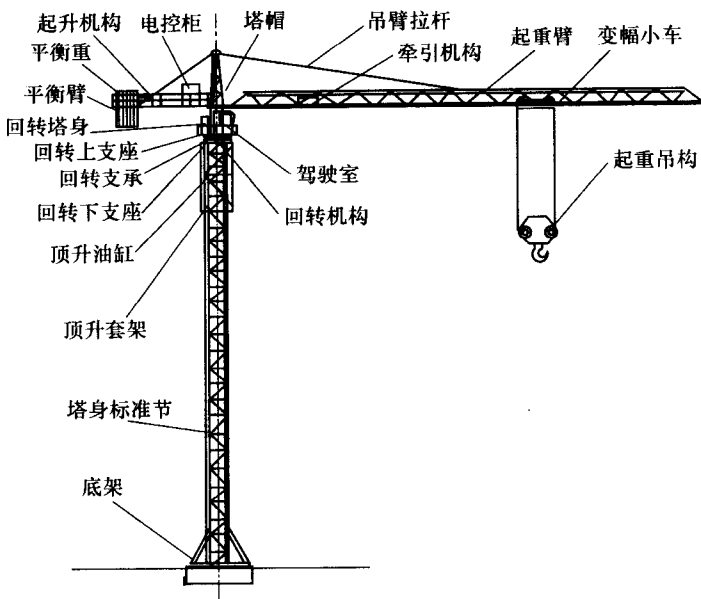


图 1-1 上回转塔机构造示意图

## 2. 按臂架结构方式分类

按臂架结构方式分类，

分为小车变幅式塔机和动臂变幅式塔机。图 1-3 为动臂变幅式塔机。

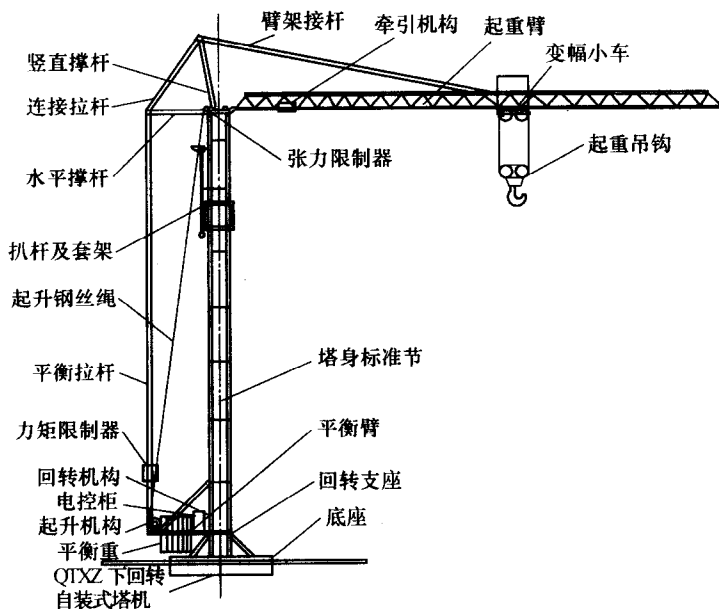


图 1-2 下回转塔机构造示意图

(1) 小车变幅塔机 就是平常我们到处可见到的水平臂架，其上有一个小车，臂架通常



为三角形截面，下面两根主弦作为小车的导轨，臂架内有一牵引机构，为小车移动提供动力。这种塔机的臂架可以做得很长，国产塔机最长的已达70 m，所以小车变幅塔机已占压

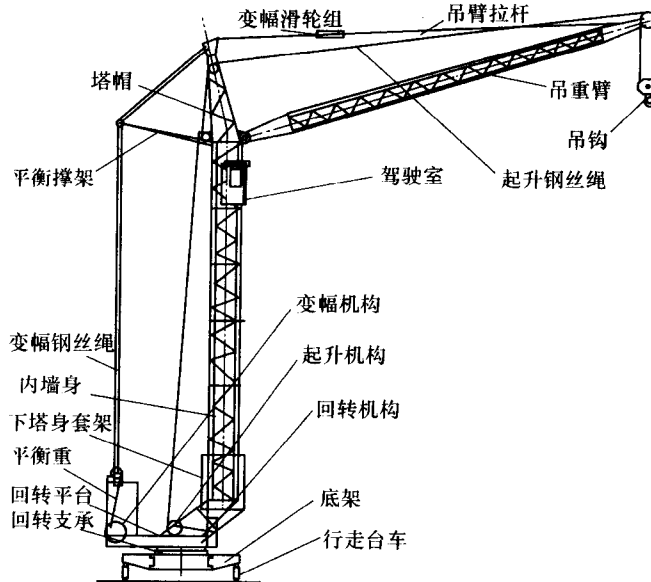


图 1-3 动臂变幅式塔机示意

倒优势，上回转塔机和下回转塔机都用。有了小车变幅大塔可以不行走就能满足大工作面的要求。

(2) 动臂变幅塔机 其臂架是一根桁架式的受压柱，一般为矩形截面。下端铰接到回转塔身顶部，上端用拉索连接塔帽或撑杆。它的变幅靠改变臂架仰角实现，如图 1-3 所示。当动臂变幅时，臂架和重物都要上下移动，所以动臂变幅的变幅机构功率较大，而且要求制动相当可靠，变幅钢丝绳要绝对保险，否则臂架有掉下的危险。工作幅度不能太大和难于保障变幅钢丝绳断裂时的安全，是动臂变幅塔机推广应用的障碍，在我国动臂变幅塔机已用得很少，但在东南亚和我国香港地区还用得不少，原因据说是邻居不许你侵犯“领空”，否则你得给钱才行。故用动臂式塔机仰起臂架，可以作到不侵犯邻居的“领空”。

### 3. 按安装方式分类

按安装方式分有拼装式塔机、快装式塔机、自升式塔机和内爬式塔机。

(1) 拼装式塔机 主要特点是塔身由许多标准节拼装起来，达到独立式工作高度。但不再用顶升加节。上回转塔机和下回转塔机都可以采用拼装式，其中依靠自己的起升机构为动力安装的叫自装式塔机。自装塔机比较经济实惠，因为它不必租用外来吊车安装，也节省了顶升机构。但它只能以独立式工作高度来工作，不能升得很高，所以只适用于中低层建筑。借助于汽车吊来拼装的塔机，叫他装式塔机，在欧洲还把它叫城市型塔机，原因是只有城市才好用汽车吊来方便安装，在小乡镇就不太适用。实际上，前面图 1-1~图 1-3 都属于拼装式塔机。

(2) 快装式塔机 它是塔机本身带有专用拖行和架设装置，可以把臂架和塔身折叠起来，实现整体拖运，到工地后，又可很快把它立起来，所以更准确地说应该叫作整体拖运快

速安装塔机，见图 1-4。这种塔机最大的优点是转移工地方便，灵活机动，几个小时就可实现转移工地。但整体拖运塔机会受到拖运长度限制，若其体积过长过高过宽，马路上不准走，进场地也有困难，所以工作参数受限制很大，起吊高度和工作幅度都不会很大；而且即使可拖走，基础不固定，往往就得用行走式，就要加轨道。快装式塔机都是下回转塔式，因为只有下回转塔机才好折叠，上回转式不好折叠倒放。为了实现快速安装，必然要有一套专用的折叠和拖运装置，这就要增加成本，价格较贵是快装式塔机的又一个缺点。在我国目前推广快装式塔机不太普遍，但在欧洲发达国家用得非常普遍，这主要是他们的经济基础好而且高层建筑相对不多，适于用快装式塔机。

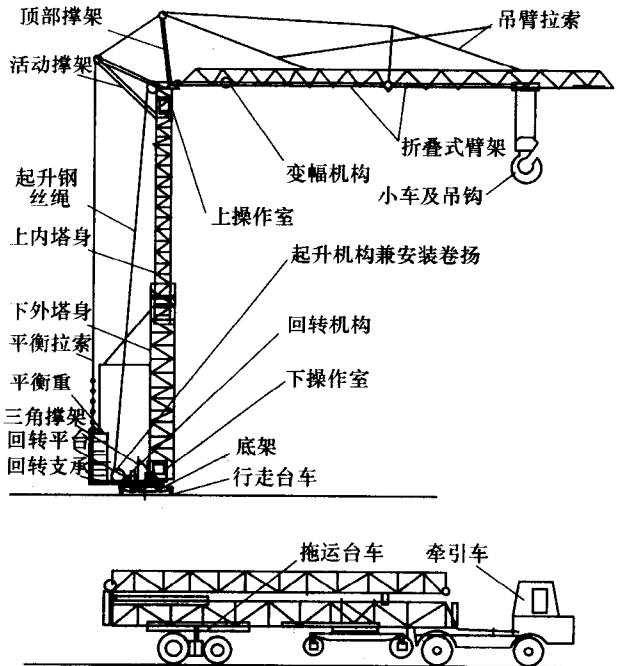


图 1-4 整体拖运快速安装塔机

(3) 自升式塔机 它的塔身也是由标准节拼装起来的，实际上也是拼装式塔机的一种。但是它还配有顶升加节系统，装好以后它可以随时顶升加节升高，这一特点更为突出。自升式塔机最大的优点是可以打附着，可以升得很高，因而特别适应于中高层建筑和桥梁建筑，是我国现有塔机中唱主角的塔机。图 1-5 为附着式塔机示意图。自升式塔机都是上回转式，因为它要打附着，不容许塔身回转。快速安装的下回转塔机也有用下加节升高的，但最高不能超过独立式高度，那只能算是安装过程的不同，所以不能叫自升式塔机。像图 1-3 所示就是下回转下加节式的塔机。

(4) 内爬式塔机 它的塔身同样也由标准节拼装而成，然而在其底部有一套专用的井道爬升装置，它就可以沿井道爬得很高，送料高度可以很高，但不必加很多标准节。而且它处于建筑物内部，故工作复盖面很有效。图 1-6 为内爬式塔机示意图。内爬式塔机的缺点在于爬升和拆塔操作都比较困难，因而不像自升式塔机用得那么多。

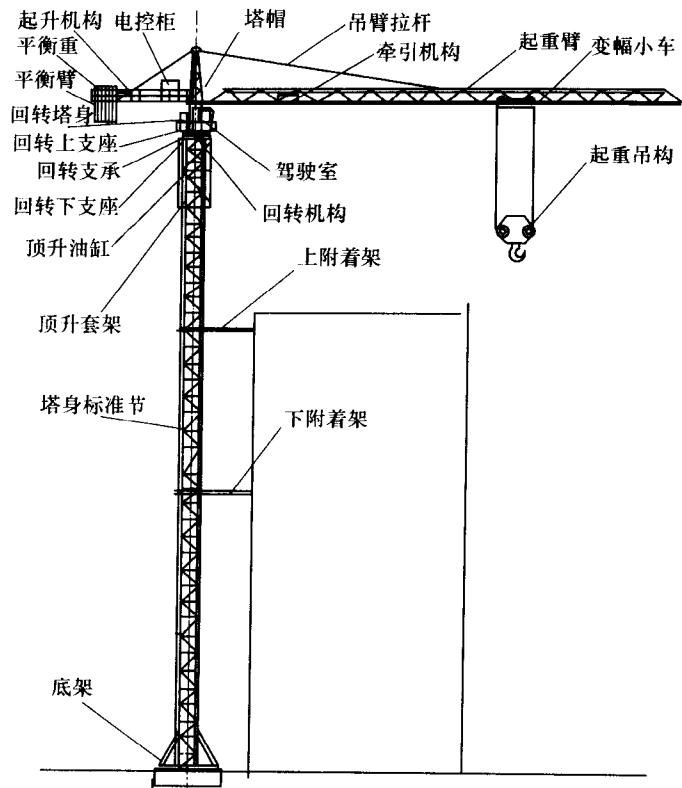


图 1-5 附着式塔机示意图

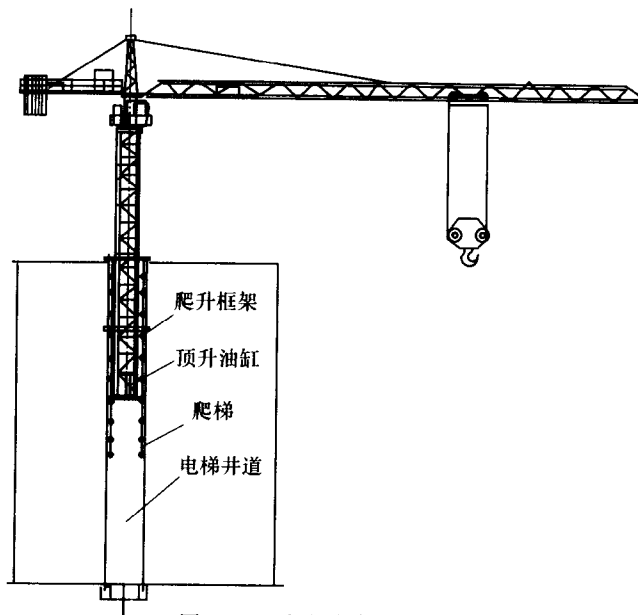


图 1-6 内爬式塔机示意图

#### 4. 按底架分类

按底架是否移动分为固定式塔机和行走式塔机。

(1) 固定式塔机 它的底架固定在一个混凝土基础上, 这个基础埋于地下, 只要地基可靠一般倾翻稳定性好, 比较安全。

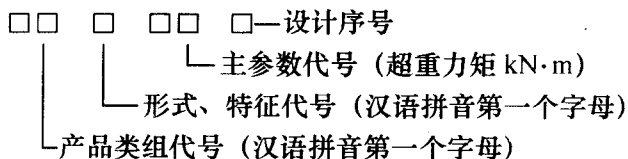
(2) 行走式塔机 它的底架通过钢轮在钢轨上行走, 其工作覆盖面可以大大增加, 但只能以独立式工作高度工作。为了防止倾翻, 底架上必需加很大的压重, 底梁必须大大加强, 否则很容易变形倾斜。行走台车和驱动机构都大大增加成本, 而且电缆要有专用装置收放, 所以如果能有长臂架覆盖工作面的塔机可选, 最好不要使用行走式塔机, 这样有利于节约成本, 而且对保障安全有好处。

随着技术的进步, 新的塔机品种会不断的出现, 上面的分类不是绝对的, 会彼此交叉, 比如下回转也可以搞拼装式和固定式, 图 1-2 所示塔机就是这样的塔机。而且这种塔机会兼顾上回转和下回转塔机的某些优点, 克服各自的某些缺点, 这些创新将会给市场提供越来越多的塔机品种型号, 适应不同的工作要求, 或是降低成本, 或是提高安全保障, 像中国这样的发展中国家尤其需要鼓励创新, 要结合国情, 不断开发适合各种用户需求的塔机。

## 二、塔式起重机型号编制方法

为了快速有效地区别各种塔机的品种规格, 我们应当了解我国塔机的型号编制方法。

根据专业标准 ZBJ 04008 《建筑机械与设备产品型号编制方法》的规定, 我国塔机起重机的型号编制图示如下:

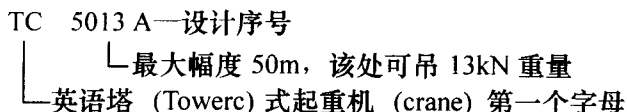


塔式起重机在起 (Q) 重机大类的塔 (T) 式起重机组, 故前两个字母为 QT; 特征代号看你强调什么特征, 如快装式用 K, 自升式用 Z, 固定式用 G, 下回转用 X 等等。例如:

QTK400—代表起重力矩 400 kN·m 的快装式塔机。

QTZ800B—代表起重力矩 800 kN·m 的自升式塔机, 第二次改型设计。

但是, 以上型号编制方法只表明起重力矩, 并不能清楚表示一台塔机到底工作最大幅度是多大, 在最大幅度处能吊多重。而这个数据往往更能明确表达一台塔机的工作能力, 用户更为关心。所以现在又有一种新的型号标识方法, 它的编制如下:



这个型号标记方法不是正式标准, 但很受欢迎, 传播应用较广泛。我们应该掌握。

## 第二节 上回转塔式起重机的构造及特点

塔式起重机品种型号规格很多，但主要的分类是上回转塔机和下回转塔机，这两类塔机整机功能、适用范围和受力性能差别很大，尤其是金属结构的受力性能差别很大，因此要分别介绍。至于几大工作机构基本相同。在后面分节进行介绍。

上回转塔式起重机是回转支承在塔身顶部的起重机，尽管其设计型号有各种各样，但其基本构造大体相同。整台的上回转塔机主要由金属结构、工作机构、液压顶升系统、电气控制系统及安全保护装置等五大部分组成。每一部分又都包含多个部件。在这里我们不去介绍各种型号塔机的具体构造，只抓住其基本组成及部件的作用和特点作典型介绍。

塔机的金属结构是整台塔机的支撑架，其设计制作的好坏，直接关系到整台塔机的使用性能和使用寿命，也关系到建筑工地人员生命财产的安全，因而金属结构是塔机的关键组成部分。金属结构的设计计算是一个很复杂的过程，它涉及到负载计算和承载能力分析，不是简单介绍一些公式所能凑效的。本书的目的是讲述安全知识，故不打算过多解释计算方法。

上回转塔机的金属结构主要包括：底架、塔身、回转下支座、回转上支座、工作平台、回转塔身、起重臂、平衡臂、塔帽、驾驶室、变幅小车等部件。但自升式塔机还要加爬升套架、内爬式塔机还要加爬升装置，行走式塔机要增加行走台车，附着式塔机要加附着架。这些增加的装置大多也以金属结构为主。图 1-7 为一台既有顶升、又有行走台车的上回转塔机，可以作为典型的构造示意图。

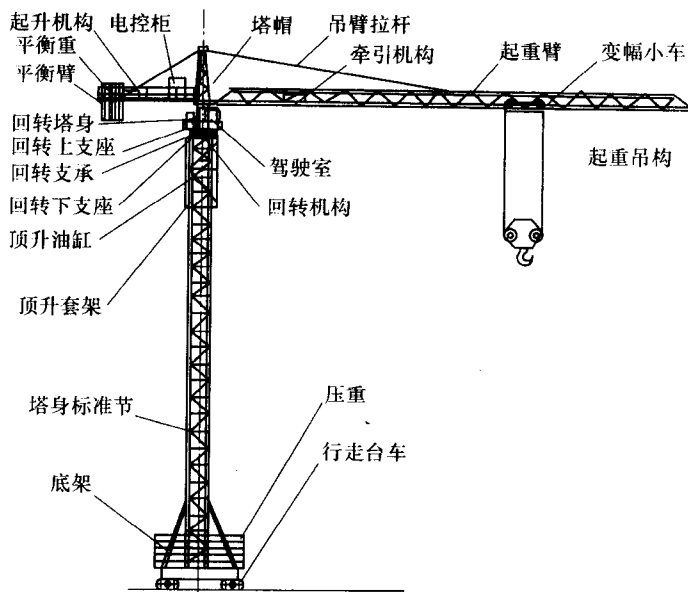


图 1-7 行走式塔机

### 1. 底架

底架一般由十字底梁、基础节、底节及四根撑杆组成。十字底梁由一根整梁和两根半梁

用螺栓连接而成。这样的构造可以使塔机的倾翻线外移，增加稳定性、减少压重。也便于增加行走台车。基础节位于十字底梁的中心位置，用高强螺栓与十字底梁连接。基础节内可装电源总开关，其外侧可放置压重。底节位于基础节上，用高强螺栓与基础节相连。其四角主弦杆上布置有可拆卸的撑杆耳座。四根撑杆为两端焊有连接耳板的无缝钢管，上、下连接耳板用销轴分别与底节和十字底梁四角的耳板相连。当塔身传来的弯矩到达底节时，撑杆可以分担相当一部分力矩，可以减少底节的倾斜变位。这种底架构造合理，装拆和运输都很方便。固定式塔机的底梁用地脚螺栓固定在地基上，中间有支点，受力条件好，故可以作得小些；而行走式塔机的底梁仅在行走台车的顶部有支撑，中间没有支点，受的弯矩较大，故必须做得大一些。底梁的设计必须经过认真计算。

## 2. 塔身

上回转塔机的塔身，通常由多个标准节组成。所谓标准节，就是一段长、宽、高都统一的塔身，这样便于用工装制作，具有互换性。但由于塔身上、下受的风力矩、倾斜力矩、水平拉力矩不一样，压力也不一样，所以有上塔身标准节和下塔身标准节之分。一般上塔身标准节轻、下塔身标准节重，有时也把它叫加强节。

标准节主要由四根主弦杆、三个水平框架、其间有斜腹杆、上下有连接套等组成一空间结构。其中间有爬梯。主弦杆要承受压力和拉力，其合成力矩来平衡起重力矩和附加力矩；水平腹杆和斜腹杆，用于传递扭矩和水平剪力；连接螺栓传递各节之间的拉力。上回转塔机的塔身，以受弯为主，受压为辅，这是其突出的结构特点。因此塔身必须结实，有足够的强度、刚度和局部失稳的储备。因为塔身很长，压弯联合作用，对弯矩有放大效应，其放大比为  $1/(1 - N/N_{cr})$ ， $N$  为塔身受的最大正压力， $N_{cr}$  为塔身失稳的临界压力。弄得不好，塔身顶部水平变位会超标，上回转塔机独立式高度主要受这个变位值的限制。变位过大，摇摇晃晃，缺乏安全感。塔身截面过小，主弦内力过大，会局部失稳，或者连接螺栓容易断，连接套的焊缝容易开裂，这些都会导致倒塔。故塔身是塔机的关键部件。

## 3. 回转塔架系统

塔机的回转是借助回转机构驱动回转上支座相对于回转下支座旋转。上、下回转支座之间有回转支承，它实际上是一个大平面轴承，能承受压力和弯矩，把滑动摩擦变为滚动摩擦。回转下支座与回转支承外圈连接，它的四个角又与塔身主弦杆连接；回转上支座与回转支承的内圈连接，其上有回转塔身、工作平台、驾驶室等；回转塔身上面接塔顶，前面是起重臂，后面是平衡臂。只要回转上支座一转，就带动上面所有部件同时回转，所以把这些部件合称为回转塔架系统。

上、下回转支座为板结构。都属于由板焊接成的复杂结构件大体上外方内圆，上、下盖杆承受平面拉压应力，侧板和筋板承受剪力。来自回转塔身的不平衡力矩，通过主弦杆传到回转上支座，再通过内圈连接螺栓传到回转支承，又通过外圈连接螺栓传到回转下支座，最后通过主弦杆的连接螺栓传到塔身顶部。上、下回转支座都要求刚性好，变位要小，否则难于保持连接面的平面位置，增加回转阻力，而且会使回转塔身和塔顶的腹杆产生额外的剪力，回转塔身主弦杆会产生局部弯曲，在交变状态下易发生疲劳破坏，这也是很危险的倒塔因素，要引起高度注意。

回转塔身和塔顶，都是桁架式构件，通过它们把起重力矩和平衡力矩传到回转上支座。这两个力矩合成后的差叫不平衡力矩。空车状态，不平衡力矩向后倾，满载状态，不平衡力

矩向前倾，所以回转塔身和塔顶承受着经常交变的不平衡力矩。但它们的主弦杆内力不会受回转角度影响，这一点是与塔身受力性质不相同的。回转塔身的受力条件比塔身好，所以其截面可做得小一些。

#### 4. 起重臂

塔式起重机的起重臂，有小车变幅式和动臂变幅式之分，但上回转塔机，大多数是小车变幅式，故这里我们只介绍小车变幅式。

小车变幅式起重臂由多节组成，为便于做工装，各节臂两端连接尺寸相同。去掉若干节就可组成不同的臂长。但由于起重臂受力的复杂性，各节臂是不容许交换位置的，必须按规定的顺序排列。节与节之间用销轴连接起来，拆装运输都很方便。

小车变幅起重臂的横截面为等腰三角形。上弦杆、斜腹杆和水平腹杆采用无缝钢管和角钢，两根下弦杆为槽钢或方管。因为下弦杆要兼作牵引小车的运行轨道，故其表面处于同一水平面内，侧表面应处于同一铅直面内，各节之间的阶差应小于0.5 mm，以减少小车行走的冲击。

小车式臂架随着小车位置的移动，最大起吊重量也不一样，弯矩值变化很大。加上回转侧弯和风力侧弯，主弦杆受力很大。但臂架自重不容许太大，否则自身前倾力矩太大，严重影响塔身的受力和增加前倾力矩。故小车臂架的设计要求是又要轻，又要安全，又要适应各种工况。而且起吊时不容许臂架本身变位太大，这是结构优化设计的重点。这个优化包含吊点位置优化、截面尺寸优化、主弦杆选取优化。臂架的计算，是塔机结构计算的重点。一个好的设计，要经过好些次迭代计算。在计算机普及的今天，做到这一点并不难，但关键是设计人员能抓得住什么是危险工况，什么是一般性工况，而这是要有相当的实践经验和理论基础的。只要抓准几个危险工况，使确保安全。其他各种工况也就自然会有保障。

#### 5. 平衡臂

平衡臂是用来搁置平衡重、起升机构、电控柜等设施用的，它是由工字钢、槽钢、方钢管或角钢组焊而成的平面框架。其上设有走道和防护栏杆，便于人员在上面进行安装和检修作业。上回转塔机的平衡臂相对较长，约为起重臂长的1/4左右。全臂分为前后两节，节间用销轴连接。其根部用销轴与回转塔身相连，尾部通过平衡拉杆与塔顶相连接。平衡重搁置在尾部，起升机构也靠后方布置，电控柜靠前方。这样布置平衡效果最好，而且便于检查、维护和管理。

平衡臂的载荷是固定不变的，故其结构计算便于掌握。但是起升机构的运转是一个动载荷激振源，如果其激振频率与平衡臂的自身固有频率相接近，也会产生共振，使塔机工作不平稳。当遇到这样的情况时，平衡臂的大梁要加大，增加刚性，改变其固有频率；或缩短平衡臂长度，也可改变固有频率；但这时平衡重要增加；还有一个办法，是在一节臂也设置一个辅助的拉杆支点，平衡拉杆在中间分叉，总拉杆在分拉杆夹角平分线上，形成稳定的双吊点平衡拉杆。这种方法对改变系统固有频率最有效。

#### 6. 顶升套架

上回转自升式塔机一定要有顶升套架。顶升套架分外套架和内套架两种型式。一般整体标准节都用外套架，片式塔身顶升用内套架。但有的片式塔身到工地后，先装成整体标准节后，再顶升加节，也用外套架。故我们这里只介绍外套架，因为它最典型，最有代表性。

顶升系统主要由顶升套架、顶升作业平台和液压顶升装置组成，用来完成加高的顶升加

节工作。能顶升加节是自升式塔机最大特点，这就是它能适应不同高度建筑物的主要原因。在我国自升式塔机占了绝对优势。

外套架式就是套架本体套在塔身的外部。套架本体是一个空间桁架结构，其内侧布置有16个滚轮或滑板，顶升时滚轮或滑板沿塔身的主弦杆外侧移动，起导向支承作用。

套架的上端用螺栓与回转下支座的外伸腿相连接。其前方的上半部没有焊腹杆，而是引入门框，因此其主弦必须作特殊的加强，以防止侧向局部失稳。门框内装有两根引入导轨，以便于塔身标准节的引入。顶升油缸吊装于套架后方的横梁上，下端活塞杆端有顶升扁担梁，通过扁担梁把压力传到塔身的主弦爬爪（也叫踏步）上，实现顶升作业。液压泵站固定在套架的工作平台上。操作人员在平台上操作顶升液压系统，进行作业，引入标准节和紧固塔身的连接螺栓。

顶升作业时，通过调整小车位置或吊起一个标准节作配重的方法，尽量做到上部顶升部分的重心落在靠近油缸中心线位置，这样上面的附加力矩小，作业最安全。臂架一定要回转制动，不许风力使其回转。最忌讳的是套架前主弦压力过大，可能产生侧向局部失稳，这是很危险的，易于引发倒塔事故。顶升系统设计时还一个重要注意事项，如果活塞杆端用球铰，一定要设置防止扁担梁外翻的装置。因为外翻可使扁担梁受到很大侧向弯矩，促使扁担梁变形过大而脱出爬抓槽，这也同样会引发倒塔事故。

#### 7. 附着装置

附着装置是由一套附着框架、四套顶杆和三根撑杆组成，通过它们将起重机塔身的中间节段锚固在建筑物上，以增加塔身的刚度和整体稳定性。撑杆的长度可以调整，以满足塔身中心线到建筑物的距离限制。通常这个距离以3.5~5m设计，但在很多工地受裙楼或别的障碍限制，这个距离太近了，做不到，就要加大附着距离，有的达到十几米远。这时附着架受力性质有很大改变，受弯短增大，受压能力降低，易于失稳。用户不可以随便打附着架，一定要请专业人员另行设计计算。

### 第三节 下回转塔式起重机的构造及特点

下回转塔式起重机的回转支承在塔身的下边，相应地上、下回转支座都移到下边，那么回转机构、平衡臂、起升机构、电控柜都随之移到下边，只有小车变幅机构仍然在臂架内，没有下移。下回转塔机的这一突出特点使它便于检查、维护、管理和更换零部件，而且重心下移，稳定性好。固定式的下回转塔机，由于顶端没有不平衡力矩，很难发生倒塔，是一种安全型塔机。下回转塔机的这些特点，理所当然的应引起足够的重视。在下回转塔机这一大类型中，又可分出下回转快装式、下回转自装式、下回转他装式、下回转小车臂架式和下回转动臂式等品种。尽管其品种型号可以多种多样，但其基本构造大体相同。整台的下回转塔机仍然主要由金属结构、工作机构、电气控制系统和安全保护装置组成。某些快装式塔机还有液压起扳系统，整体拖运的还有拖运台车，行走式塔机同样有驱动台车。下回转塔机与上回转塔机的主要区别在于整机的布局 and 金属结构不一样，工作机构、电控系统和安全保护装置相差不大。下面我们着重介绍小车臂架式下回转塔机的金属结构及其特点。而其他组成部分留在后面章节与上回转塔机一并介绍。

下回转塔机的金属结构主要包括：底座、回转下支座、回转支承、回转上支座、平衡



臂、平衡拉杆（或拉索）、塔身、顶架、起重臂、竖直撑架、水平撑架、连接拉杆、起重臂拉杆、变幅小车等部件。为便于对照，我们还是用图 1-2 所示的固定拼装式下回转塔机作典型样机，对金属结构部件作分别介绍。

### 1. 底座

固定式底座由十字底梁、支架及四根撑杆组成。与上回转塔机类似，十字底梁同样由一根整梁和两根半梁用螺栓连接而成。这样的构造可以使塔机倾翻线外移，增加稳定性。要加行走台车也方便。与上回转所不同的是，下回转底座很低，不需要再加节。其四根撑杆直接撑在支架主弦与底梁之间，形成一个刚性很好的支承基础。底座用地脚螺栓固定在混凝土基础上，不必再加压重。由于底座很低，虽然它承受着由回转下支座传来的不平衡力矩，但变位很小，这对防止塔身的倾斜很有利。

整体拖运快装式下回转塔机都是活动式底座，也叫水母式底座。它有四条悬臂伸出式的活动支腿。正是这样它的组成要复杂多了，成本要高得多，在这里不准备多介绍。

### 2. 回转下支座

下回转塔机的回转下支座直接装在底座顶面，用连接螺栓与底座支架的四根主弦杆相连。它是一个由板焊接而成的复杂结构件，外方内圆。上下盖板之间布置有筋板，上盖板与回转支承外圈处有加强环，以保证贴合紧密。由于下回转塔机不需要顶升，故回转下支座不需要设置与套架连接的伸出腿，这就简化了结构，有利于降低成本。

### 3. 回转上支座

下回转塔机的回转上支座顶面连接塔身，后边有回转机构，并有伸出耳板直接与平衡臂相连，所以是一由板件焊接而成的重要的复杂结构件。由平衡臂上传来的力矩，有两种方式传到回转上支座：一种是通过平衡撑杆，把力传到塔身底节，再传到回转上支座顶面，平衡臂与回转上支座之间是销轴铰接方式。这种回转上支座可以做得简单一点，靠主弦杆传递弯矩；另一种是平衡臂与回转上支座之间是双销轴固定端连接，平衡臂实际上成了悬臂梁。没有平衡撑杆，根部有一个很大弯矩从侧面传给回转上支座。这种情况下，回转上支座必须做得厚，主弦必须很结实，要承受平衡臂传来的局部压力和拉力。后一种机构形式刚性更好，叫刚性连接平衡臂，但回转上支座受立车加工条件限制，不能设计得太高，否则不好加工。

### 4. 平衡臂

与上回转塔机不同，下回转塔机的平衡臂很短，只有一节。其上要放置较重的平衡重，又要搁置起升机构和电控柜，布置相当紧张。整个下回转塔机的起重力矩，是通过平衡拉杆传到平衡臂尾部，由平衡重等抵消一部分力矩后，再传递到回转上支座。所以下回转塔机平衡臂受弯矩较大，刚性要好，最好主梁用桁架式结构。但带平衡撑杆的平衡臂也可用槽钢组焊主梁。

### 5. 平衡拉杆

它是由圆钢用耳板和销轴连接起来的结构件，单纯受拉，受力简单。

### 6. 塔身

拼装式下回转塔机的塔身，外形与上回转塔机相似，都由主弦杆、腹杆组焊成空间桁架结构式的标准节，再用连接螺栓连起来。但是二者受力性质有重大差别：上回转塔机塔身，以受弯为主，受压为辅，因此塔身的强度、刚度必须要有较大外形和较大的型钢才能保证，否则顶端水平位移超标，不能平稳工作；而下回转塔机的塔身以受压为主，受弯为辅，起重