

塔式起重机

使用技术 及 高空拆除 方法

朱森林
编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



塔式起重机使用技术 及高空拆除方法

朱森林 编著



机械工业出版社

塔式起重机简称塔机,是建筑工地的主要大型机械,国内现有近10万台塔机在使用。本书作者在积累数十年塔机使用经验的基础上,力图对现行塔机使用中的相关技术知识进行介绍,使其适应当前塔机机务工作的需要。尤其针对塔机安拆工作中的棘手问题,总结开发出一整套较完整的高空拆除技术,该技术已在实践中成功应用。书中还收录了起重吊运方面及用电等的作业安全规范与标准,力求全面实用。

本书可供国内起重专业工作人员使用,还可供高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

塔式起重机使用技术及高空拆除方法/朱森林编著.
—北京:机械工业出版社,2005.1
ISBN 7-111-16048-7

I. 塔... II. 朱... III. 塔式起重机—高空作业
IV. TH213.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 005161 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:何文军 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文
封面设计:姚毅 责任印制:陶湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
890mm×1240mm A5·10.125 印张·298 千字
0001—4000 册
定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
封面无防伪标均为盗版

前 言

我国自改革开放以来，随着国民经济的腾飞，建筑规模也有了飞速的发展，随着高层建筑的增多，所采用的塔式起重机也越来越普遍，塔机已是建筑工地的主要大型机械。在我国从 20 世纪 80 年代大量涌现的能自升、水平吊臂类型塔机，特别适合于中国的国情，在 21 世纪头 50 年，我国致力于经济建设，该类型塔机将继续服务于工地。有专业人士估计，其结构不会产生大的改变，将继续服务于下一代人，故现在总结其相关技术应是恰当的时候。

该类型塔机的安装与拆卸，是在离地面较低的高度上，用汽车起重机等辅机来帮助完成，应属于较容易掌握。但在实际工作中，当塔机随着建筑物的升高而升至空中后，由于该类塔机的水平臂架伸出太长，在建筑物及场地等原因的影响下，使已升至空中的塔机无法降下，或塔机出现故障需降拆塔机时，在辅机的吊臂达不到的高度上，即不能使用辅机帮助，按正常的拆卸方法无法进行。但在工程完工之后，塔机又必须拆除，这就提出了一个棘手的难题。

要在高空中对塔机进行拆卸作业，从规范可查的现行发布的只有一个《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ 80—1991)，很难对塔机的拆卸工作进行指导，对处在几十、几百米空中的塔机拆除工作，应属于空白的作业禁区。开始，人们采用搭架及用扒杆等简易方法，在实际情况允许的范围内，对塔机进行了一、二项的高空解体拆除，由于作业方法原始，危险程度较大，很难总结推广。笔者从二十多年的实际工作中，为解决这一实际工作难题，摒弃了此前国内专业人士所采用的较原始的方法，总结开发出了一整套较完整、较安全的在高空中拆散塔机的复合组合形式，其方法均以论文在《建筑机械》、《建筑

IV

机械化》等全国性杂志上发表过，该技术能适应处在空中塔机的各种情况，至今使用案例已超过 200 例，从未发生过事故，实践证明是成功的，将其总结推广，无疑于国于民是大有裨益的，这即是编写本书的目的。

此外，与拆卸塔机相关的知识、起重吊运方面及用电等的作业安全规范与标准，有些资料可能已被尘封了或未颁布，本书也尽可能收集完全，力求使本书更具全面性、实用性、适应性。

据统计，现今国内有近 10 万台塔机在使用，本书即针对国内塔机专业工作人员在使用中遇到的疑难问题提出解决方法，以飨读者。书中不足之处，敬请指正。

作 者

目 录

前言	
绪论	1
第一章 塔机知识	4
第一节 塔机略述	4
第二节 塔机的分类与性能参数	7
第三节 塔机的发展趋势	16
第二章 塔机的构造	22
第一节 塔机的钢结构部分	23
第二节 塔机的工作机构	28
第三节 塔机的电气部分	36
第四节 塔机的安全保护装置	50
第三章 塔机常用机电相关知识	58
第一节 塔机的用电知识	58
第二节 塔机的润滑知识	63
第三节 塔机用钢丝绳知识	67
第四章 塔机稳定使用知识	84
第一节 塔机的整体稳定性	84
第二节 塔机基础	88
第三节 塔机附着	99

第五章 正常情况下的塔机安拆	109
第一节 水平自升式塔机的正常安拆程序	109
第二节 塔机的顶升系统与顶升过程	118
第六章 塔机的高空拆除基本方法	139
第一节 塔机配重块的高空拆除方法	139
第二节 塔机起重臂的高空拆除方法	143
第三节 塔机从高空中自降塔身的方法	150
第七章 塔机高空拆除的实用组合方法及实例	156
第一节 实例一	156
第二节 实例二	159
第三节 实例三	165
第八章 其他情况塔机的高空拆除方法	169
第一节 内爬式塔机的高空拆除方法	169
第二节 将附着式塔机上部顶斜降落的方法	178
第三节 塔机水平起重臂折臂现象分析及空中修复方法	183
第九章 塔机部件使用中易出现的问题	190
第一节 塔机顶升工作中的安全问题	190
第二节 塔机回转支承使用技术	193
第三节 固定式塔机支座螺栓的受力分析与设置	197
第四节 塔机塔顶在使用中的事故与对策	203
第十章 塔机拆卸工作中的相关知识	208
第一节 建筑施工现场的临时用电技术	208
第二节 高空作业知识	212
第三节 吊、索、卡具等起重件知识	217

第十一章 塔机的使用管理	227
第一节 塔机机务人员安全岗位责任制	227
第二节 塔机安全技术规程与安全操作规程	230
第三节 塔机的保养规程	235
第四节 塔机的使用检测	239
第十二章 塔机技术管理	246
第一节 塔机技术文档知识	246
第二节 塔机安拆方案的编制	251
第十三章 塔机的经济管理	265
第一节 固定资产折旧与塔机	265
第二节 机械台班费用定额与塔机	269
第三节 塔机租赁业务	275
附录 A 塔式起重机拆装管理暂行规定	279
附录 B 建筑施工高处作业安全技术规范	287
附录 C 塔机通信笛声与旗语	311
参考文献	313
后记	314

绪 论

在各式起重机械中,塔式起重机(以下简称塔机)具有其独特的技术性能指标,已成为建筑工地的主要施工机械,它最早出现在西方工业革命的城市建设中,由早期的系统式桅杆吊演变而来,并随着建筑物结构体系和施工方法的演进,塔机也演变出各种型式和规格,已成为起重机械中的一个重要门类。

我国在 20 世纪 70 年代前,由于当时的建筑规模不大,在建筑工地上使用的多是独立塔桅、小吨位的塔机,并多属于引进、采用前苏联的技术,那时的塔机种类较多较杂,但在实际中大致分为两类。一类(在当时)称为轻型塔机,多属于下回转型塔机,有 TQ—15、红旗Ⅲ—16、QT25A、TD40、QT45、TD60 等机型,该类型的塔机在现场架设安装或拆除倒放时,一般采用整体起扳法、折叠法及竖直拆装法;另一类(在当时)称为中型和重型塔机,多属于上回转动臂式塔机,主要有 QT2—6、QT3—6、VEB25、QT60/80 等机型,该类型塔机在现场安装拆卸时,一般采用旋转法和竖直拆装法。由于塔机的安装、拆卸(以下简称安拆)工作是其使用中的主要工作,也是本书主要内容之一,下面分别将这些方法进行简单表述,由于本文不准备专门介绍该类型塔机,故表述中均省去其立塔时的过程示意图。

1. 整体起扳法

整体起扳法无需任何其他辅助机械的协助,只是利用塔机自身的变幅机构(又称副卷扬)和变幅滑轮组进行架设。国产轻型快速拆装塔机,如 QT—10、红旗—16、TD—25 等,它们的塔桅均不很高(因超过 15m 则不利于转场拖运),可以整体装卸和拖运。该型塔机无论在固定基础上或轨道基础上安拆,均不需要另设地锚,就可利用自身的设备将塔桅和臂架一同整体扳起,故方便、简单。但是,在塔身倒仆向地面时,还是占有一定的场地面积。

2. 折叠法

对塔身较长的下回转式塔机，为满足转场拖运及减少装拆时所需的场地面积，将塔机的塔身和起重臂作成伸缩和折叠的结构形式，按塔机使用折叠法又分为下面几种情况：

(1) 利用塔机自身的起升机构和变幅滑轮组进行架设。有些轻型下回转塔机，如采用小车变幅、水平臂架的 QTL—16 型塔机，它利用自身的起升机构和变幅滑轮组进行架设，在塔桅竖立后，立即将变幅钢丝绳锁固，在起升卷筒上另行缠绕钢丝绳，将内塔身(或称上部塔身节)伸出，再拉起起重臂。凡采用这种装拆方案的塔机，其起升机构均是卷筒式的，利用其中的一个专用安装卷筒来竖立塔身和伸缩塔身，架设完毕后，脱开离合器并锁固变幅钢丝绳，这时，起升机构就可以用于作业了。

(2) 对起升机构不是双卷筒者，可和变幅机构联合作业，借助变幅滑轮组进行架设。安装时利用该系统将塔身竖起后，先将内塔身伸出，再拉起起重臂，如 QT25A 及 QTK60 等型号塔机。

(3) 采用专门的液压架设机构。一些起重能力较大的下回转快速拆装塔机，塔架比较长且能够伸缩，自重较大，在立塔过程中，利用液压系统，通过连杆机构和变幅滑轮组，把内塔身顶升出来，待塔身竖立后，再开动变幅机构提升起重臂，此种安装形式的塔机有 QT60 等。

3. 旋转法

旋转法是利用塔机自身的起升机构及起重臂，并另设置地锚，以塔机的门架为支点，自行旋转立起或放倒塔身的方法。当时的上部旋转型(即塔身不能旋转)塔机有采用此种方法，如 QT2—6、QT60/80 等。

采用旋转法安拆塔机时，需埋设地锚，还需要采用汽车起重机等辅机来配合，占用场地大，花费人力、工时较多，且高空作业也多，施工时一定要注意安全。否则，容易发生事故。

4. 竖立拆装法

竖立拆装法要选用适当型式的汽车起重机或其他起重机作为辅机，来吊装待安拆的塔机。这种方法用于中型和重型的塔机，或在施工现场场地非常狭窄的情况下，才被采用，如 VEB—25、QT60/80 等型塔机。

由于塔机的使用工作中，安装和拆卸是一项经常性的工作，工艺技术性很强，也是本书要叙述的重点，故在此主要进行了相关的表述，从中也能看出它们具有相当的杂乱性。在当时的国情下，上述的传统塔机也确实起到一定的作用，虽然当时的塔机规格种类繁多，但总体结构原始，可靠性、安全性等均差。如当时的塔机所采用的旋转机构，均是一种滚轮回转机构，而不是现行塔机所采用的滚柱轴承；另为回转运动而设置的中央集电环现在也不采用了。这些机构现在看来均是比较落后的。故至 20 世纪末，我国已将上面所表述到的塔机型号均列为淘汰产品，现工地上称该类型塔机为旧式塔机，在国内也越来越难看到。

我国自 20 世纪 80 年代以来，随着国家体制改革，建筑规模空前的发展，在工地上大量涌现与使用的是能自升、上部旋转、水平起重臂、小车变幅的中型及大型塔机，工地上称为新式塔机，该型塔机规格已完全系列化，国产化。该型塔机结构科学合理，使用性能颇佳，其安全性、可靠性、人机关系诸方面都有相当的提高，基本属于现代国际流行水平。另外，考察国外使用塔机的情况，较典型的国家如日本，他们的城市建筑拥挤并需为防地震，多采用钢结构建筑，使建造时吊重较大，加上日本有立法限定，不允许起重臂从空中驶过别的建筑物上空，故日本的塔机多为俯仰臂架，反之在我国就没有这样规定的情况。因此这种新式塔机特别适合我国的国情，现在已普遍使用在全国各地的建筑施工工地上。有专业人士估计，21 世纪头 50 年，在我国继续致力进行的经济建设中，该类型的塔机将继续服务于工地，并且其性能与结构，也不会产生多大的变化。

应该看到，在我国关于塔机的理论研究较为落后，在 20 世纪 70 年代前，国内塔机还不属于先进机械时，介绍塔机知识的书籍只是在综合介绍起重机的书籍中占有一个较小的篇章，其内容也多介绍上述的旧式塔机。现在就是查阅国家所制定的相关规范与检测标准，除多与上述的旧式塔机相关外，也多侧重于生产塔机的厂家，而不太适用于使用单位。应该说，在这两个方面存在断层。本书在数十年的塔机实际使用的经验积累上，力图对现行塔机使用中的相关技术知识进行表述，使其适应当前塔机机务工作的需要。

第一章 塔机知识

第一节 塔机略述

一、塔机特点

塔机属于起重机门类中的一大专门类型。塔机具有下述的一些突出优点：塔身高，其起重臂的铰点装置处于塔身(桅)的顶部，这点与别的类型起重机不同，它使塔机的有效起吊高度大，这样就能满足建筑物施工中垂直运输的全高度；塔机的起重臂比较长，旋转后其水平覆盖面(即有效作业面)广；由于塔机在工作时能同时进行起升、回转、变幅及行走等工步的运动，能同时满足建筑施工中的垂直与水平运输的要求，作业效率高。另外，塔机的驾驶室设于塔桅的高处，使司机的视野开阔，工作条件比较好；同时塔机的构造比较简单，具有维修、保养容易等诸多优点。所以，塔机已成为现代建筑施工中不可缺少的重要起重吊装机械，是所有建筑施工机械中特大型的主要特种设备。

二、塔机的演变过程

塔机起源于西欧，它是为适应欧洲工业革命建设的需要，由系缆式桅杆吊演变而来。据记载，第一项有关于建筑用塔机的专利颁发于1900年，在1905年出现了塔身固定的装有起重臂的起重机，1923年制成第一台近代塔机的原型样机，同年制成第一台比较完整的塔机。当时的德国在该领域比较领先，在1930年就开始批量生产塔机，并用于建筑施工中。在1941年，德国即公布了有关塔机的工业标准DIN8670，在标准中规定以吊载(t)和幅度(m)的乘积($t \cdot m$)，即起重力矩来表示塔机的起重能力。

至第二次世界大战以后，由于西方经济的迅速恢复及城市重新建设的需要，塔机才有了长足的发展，其起重能力等性能指标也有大幅度增高。1948年涌现一批起重能力在 $100kN \cdot m$ 以下的快装塔机；

1955 年后又出现了采用大尺寸回转支承(滚珠转盘)、水母底架、塔身可以伸缩、水平臂架、小车变幅的下回转、折叠式整体拖运的快速安装塔机;至 20 世纪 60 年代初,由于高层建筑的增多及其施工的需要,又出现了采用不同顶升系统和按不同方式进行自行接高的塔机,以后这种塔机又逐渐发展为现行的多用式(轨道式、固定式、附着式、内爬式)塔机。塔机的应用范围也逐渐扩展到工业厂房、电站、炼钢及石化工业设备的安装。并由于工业设备的大型化,重型塔机也相继出现,在 20 世纪 80 年代初,最大的重型塔机的额定起重能力达到了 $1 \times 10^5 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (1 万 $\text{t} \cdot \text{m}$),其最大幅度为 100m,相应起重量为 94.5t。

三、我国使用塔机的情况

我国于 20 世纪 50 年代初期,为用于一些重点建设工程,由前苏联引进一些塔机。20 世纪 60 年代初,我国开始自行研制并生产塔机,当时生产的“红旗”型塔机,在安全性、可靠性、技术性能、人机关系等诸方面,较同类产品有了极大的提高,能够适应当时的多层民用建筑施工的需要。自 20 世纪 60 年代至今,我国生产塔机的建筑机械制造工厂,拥有从设计、制造到使用的一大批相关的工程技术人员和熟练的工人队伍,现在在全国大大小小的建筑工地上,遍布着各式各样的塔机,有资料统计,至 2003 年底,在全国的塔机拥有量已过 10 万台,并自从 20 世纪 80 年代起,已开始向亚洲等周边国家出口塔机。

在我国由于经济建设的状态及建筑规模所需要,在 20 世纪 70 年代以前,国内的建筑以多层为主,故当时的建筑工地上使用的塔机基本上是独立塔桅、俯仰变幅、起重吨位小的塔机,且结构多样、性能不佳,现在多已属于淘汰产品,工地上称其为旧式塔机;但在 20 世纪 80 年代以后,伴随着国家经济改革,国内建筑规模的飞速发展,高层、超高层建筑随处可见,大量涌现与使用的是能自升、上部旋转、水平起重臂、小车变幅的中型及大型的塔式起重机,工地上称为新式塔机。在这个新、旧塔机之间,无论从结构、规模、使用性能及技术性能等诸方面都有相当的不同,完全存在一个断层。并且,当时正处在国家主管部委的体制改革及科研院所的企业化期间,使对于这新类型塔机的理论研究,特别是使用方面的技术未能跟上需要,现在

已出版的相关于新类型塔机的专著书籍还不多见，甚至查阅标准和规范，也存在许多不专对新类型塔机的条目，由于理论研究的滞后，又出现了第二个断层。

图 1-1 为当时在我国建筑工地上一些常用的塔式起重机示意图。

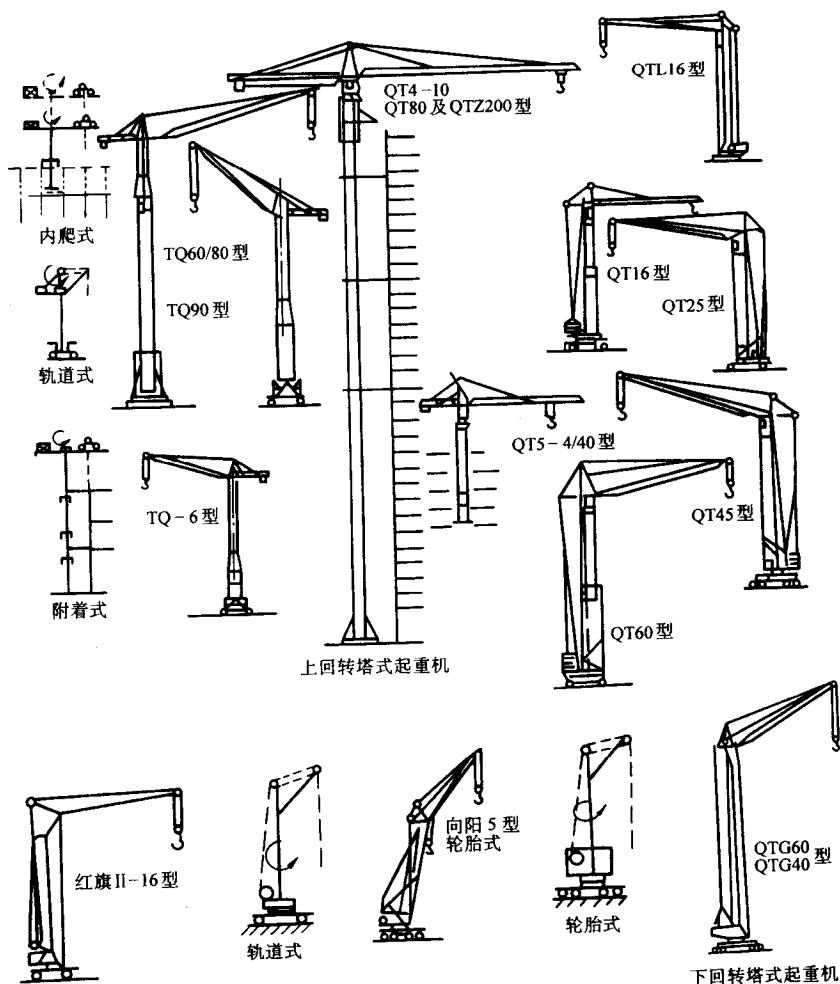


图 1-1 建筑工地上一些常用塔机

目前在我国的建筑工地上常见到的塔式起重机,大致可分为三大类:一类是多层建筑(住宅和一般民用建筑)施工中用的中、小型下回转快速拆装塔机(其中也掺杂有许多旧式塔机);一类是普通高层建筑施工中用的上回转式塔机;另一类是用于高层和超高层建筑施工中,能附着于建筑物的自升式塔机和能在建筑物内部(主要利用电梯井道空间)自行爬升的内爬式塔机。且后一类有全替代之势。当然,塔机的使用是依赖于建筑市场的需求,今后随建筑规格的变化,可能会出现动臂式的自升式塔机及小吨位的快速安装城市塔机的流行情况。

第二节 塔机的分类与性能参数

一、塔机的分类与规格

由于塔机的型号规格较多较杂,虽然现流行的水平起重臂型塔机已是主流,但旧式塔机也还存在,此外,现行的标准对塔机所规定的分类方式不具有唯一性,致使在现行的塔机使用中存在有许多混淆与模糊的观念。

(一) 习惯分类方法

在现实中较为杂乱,常见的分类法如下:

(1) 按架设或工作地点可否移动分为移动式塔机和固定式塔机。其中移动式塔机又根据其行走装置的不同,又可分为:①轨道式塔机;②牵引式轮胎塔机;③自行式轮胎塔机;④汽车塔机;⑤履带塔机。上述后四种均属于原引进、仿制前苏联塔机技术,现在很难看到,只有轨道式还在沿用。

(2) 固定式塔机按安装地点的不同分为附墙自升式塔机(或称外爬式塔机)和楼层自升式塔机(又称内爬式塔机)。

(3) 根据安装方式的不同可分为能够进行折叠运输、自行整体架设的快速安装塔机和需要借助机械设备(辅机)进行组拼和安装的塔机。

(4) 按照塔身结构回转的部位不同可分为下回转(塔身回转)塔机和上回转(塔身固定不转而塔尖及大臂旋转)塔机。

(5) 根据起重臂的构造特点可分为俯仰变幅臂架(动臂式)塔机及小车变幅臂架(水平臂架)塔机和折曲式两用臂架塔机。

(6) 还可按用途分为水电站和热电站施工用塔机、重型设备安装用塔机和建筑用塔机。不过,此种分法现在极少使用。

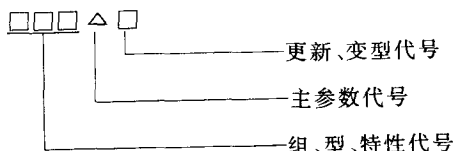
(二) 行业标准关于塔机的分类方法

(1) 引用中华人民共和国建筑工业行业标准《建筑机械设备与产品型号编制方法》(JG/T 5093—1997), 摘录其中相关内容见表 1-1。

表 1-1 建筑机械设备与产品型号编制方法

类	组		型		特性	产 品		主参数代号		
名称	名称	代号	名称	代号	代号	名 称	代号	名称	单位	表示法
建筑起重机	塔式起重机	QT (起塔)	轨道式	—	—	上回转塔式起重机	QT	额定起重力矩	kN·m	主参数 × 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			
			固定式	G(固)	—	固定式塔式起重机	QTC			
			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			

(2) 型号编制方法: 产品型号的组成如下



(3) 标记示例: 额定起重力矩为 800kN·m 的上回转自升式塔式起重机标记为:

塔式起重机 QTZ 80

(4) 几点解释

1) 该标准是对 1988 年标准的修订, 把习惯称呼的重量单位 t 改

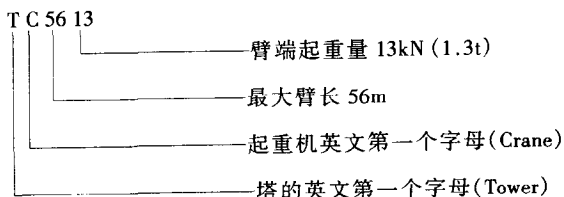
为 10kN，实际上应是一回事。但在我国由于一般人习惯 t 重量，故下面有些介绍还是借用 t 为单位通俗些。

2) 所谓额定起重力矩指的是起重臂为基本臂长时(标准规定至少要达到的臂架长度)最大工作幅度与相应额定起重量(吨数)的乘积。常见塔机的基本臂长和相应额定起重量如表 1-2 所示。

表 1-2 常见塔机基本臂长和相应额定起重量

参数名称	参 数 值									
额定力矩/t·m	16	20	25	31.5	40	63	80	100	125	160
基本臂长/m	16	20	25	25	30	35	35	40	40	40
相应起重量/t	1.00	1.00	1.00	1.26	1.67	1.80	2.29	2.50	3.13	3.56

3) 但是在实际中，人们习惯想知道起重臂端部能吊起的重量，各水平起重臂塔机改变其长度都有三种(以上)实际臂架长度。现以中联 QTZ80H 型塔机为例，其最大臂长已达到 56m，远远超过了基本臂长 35m。因此，现在有些塔机厂家把塔机最大臂长(m)与臂端(最大幅度)处所能吊起的额定重量(kN)两个主参数来标记为塔机的型号，这虽然没有依据标准，但能直观地反映塔机起吊的性能。如上述的中联 QTZ80H 型塔机，它的又一标记为 TC5613，其含义如下：



4) 一般的塔机在臂长超过基本臂长后，由于小车和吊钩重量所占用的无用力矩，其端部吊荷的额定重量稍少一点。如上述塔机，有心人马上计算： $56\text{m} \times 1.3\text{t} = 72.8\text{t} \cdot \text{m} < 80\text{t} \cdot \text{m}$ ，这是不是该塔机达不到 $80\text{t} \cdot \text{m}$ 的起重力矩呢？回答为否，因实际上该塔机装 56m 臂长时，在其 35m 处允许起重量为 2.55t，其真正的公称起重力矩是 $35 \times 2.55 =$