

Q I Z H O N G J I S H U



高等学校教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



起重技术

第2版

编著 崔碧海 主审 王清训



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是高等院校土木工程专业的教材,总结了我国广大建设者们近几十年经验,查阅了各方面的书籍、文献编著而成。本书系统介绍了目前常用吊装工艺方法的基本理论和工艺方法,并联合国内多年从事起重工作的专家撰写了数个重大工程的实例。主要内容包括:起重机械的分类,基本参数及载荷处理,索、吊具及牵引装置的计算与选择,自行式起重机的技术使用,桅杆式起重机设计与校核,其他起重机介绍,常用起重工艺、其他吊装方法简介、典型设备(构件)的吊装,工程实例,吊装方法的选择与方案编制等。

本书经过必要的内容删减后也可用作专科教材,同时可供有关工程技术人员和工程管理人员参考、阅读。

图书在版编目(CIP)数据

起重技术/崔碧海编著.—2版.—重庆:
重庆大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5689-0320-2

I. ①起… II. ①崔… III. ①起重机械—高等学校—
教材 IV. ①TH21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 308852 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

起重技术

(第2版)

编 著 崔碧海

主 审 王清训

责任编辑:王 婷 钟祖才 版式设计:王 婷

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆学林建达印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:17 字数:403千

2017年6月第2版 2017年6月第7次印刷

印数:9 001—12 000

ISBN 978-7-5689-0320-2 定价:36.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

第2版前言

《起重技术》教材第1版自2006年出版至今,经5次印刷,已有10年,得到了社会的认可。随着技术的发展和规范的修订,有必要对《起重技术》教材第1版进行相应的修订。

在进行起重技术发展现状调研的基础上,经与部分长期从事起重技术教学的教师和长期从事起重工作的现场技术人员的多次讨论,第2版对第1版主要进行了如下修订:将目前使用量较大的一些吊装工艺方法抽象出来,归并到第6章,以便于读者学习掌握,其主要内容包括平移工艺、利用建筑物进行吊装工艺、中心对称法吊装工艺、滑移法吊装工艺、扳立旋转法吊装工艺等;针对目前吊装难度较大的大跨度设备或结构、高耸设备或结构、大面积结构、大体积结构等,以一些典型工程为例,增加了典型设备(结构)的吊装方法,归并到第8章,在介绍这些典型设备或结构的吊装方法的同时,重点强调了对第6章介绍的内容的应用,以起到前后呼应的效果。

与本书第1版一样,修订工作同样得到了工程建设一线广大技术人员的大力支持,中国机械工业机械工程有限公司总经理、教授级高级工程师高杰,以及副总经理兼总工程师、教授级高级工程师陈前银两位同志合作撰写了8.2节、8.3节;重庆工业设备安装集团有限公司副总工程师、高级工程师郭庆元,设计室主任、高级工程师范小平两位同志合作撰写了8.4节,重庆建工工业有限公司总工程师、教授级高级工程师曾强同志撰写了8.5节。

由于章节的调整,第1版中的第10章在本版中调整为第9章,则参加编写的同志所编写的内容作相应调整,即中国机械工业建设第一安装公司原总工程师但长丰(教授级高级工程师)撰写9.1节,中国机械工业建设第一安装公司总工程师罗宾(高级工程师)撰写9.2节,广东省工业设备安装公司张广志(高级工程师)撰写9.3节,上海四安金属结构有限公司总工程师秦海强(高级工程师)撰写9.4节,广东省工业设备安装公司总工程师黄伟江(教授级高级工程师)、邓晓岚(高级工程师)撰写9.5节,重庆工业设备安装集团有限公司郭庆元(高级工程师)撰写9.6节,上海市安装工程有限公司副总工程师刘广根(高级工程师)撰写9.7节,重庆大学土木工程学院赵长荣讲师编写第4.3节。

由于作者水平所限,书中不足之处,敬请广大读者指正,深表感谢。

编者
2016年5月

目 录

0	绪论	1
0.1	起重技术在土木工程中的作用与地位	1
0.2	起重技术目前在国内外的发展状况	3
0.3	起重工程的特点	5
0.4	学习本课程的目的、要求和方法	6
1	起重机械的分类、基本参数及载荷处理	7
1.1	起重机械的分类及使用特点	7
1.2	起重机械的基本参数	9
1.3	起重机械的载荷处理	11
	习 题	12
2	索、吊具及牵引装置的计算与选择	13
2.1	钢丝绳及其附件	13
2.2	滑轮组	21
2.3	平衡梁的设计计算	29
2.4	电动卷扬机	31
	习 题	34
3	自行式起重机的技术使用	36
3.1	自行式起重机的分类、结构形式及特点	36
3.2	自行式起重机的特性曲线	39
3.3	自行式起重机的技术使用	44
3.4	自行式起重机的安全管理	52
	习 题	55
4	桅杆式起重机设计与校核	57
4.1	桅杆式起重机的基本结构与分类	57

4.2	实腹式桅杆式起重机的设计与校验	61
4.3	格构式桅杆式起重机的设计简介	72
4.4	稳定系统的设计计算	75
	习 题	83
5	其他起重机介绍	85
5.1	塔式起重机	85
5.2	桥式起重机	94
5.3	龙门起重机	98
5.4	万能杆件在起重工程中的应用	101
5.5	自升式龙门桅杆起重机	104
5.6	缆索式起重机	107
6	常用起重工艺	110
6.1	平移工艺	110
6.2	利用建筑物吊装法	115
6.3	中心对称吊装法	121
6.4	滑移吊装法	126
6.5	扳立旋转法吊装工艺	134
	习 题	140
7	其他吊装方法简介	142
7.1	无锚点推吊旋转法吊装大型高耸设备或构件	142
7.2	液压装置顶升旋转法吊装立式设备	143
7.3	超高空斜承索吊运设备吊装法	144
7.4	集群液压提升装置联合整体吊装大型设备与构件	144
7.5	气顶升吊装法	147
7.6	扣索悬挂、分段吊装、空中组对吊装法	148
8	典型设备(构件)的吊装	150
8.1	桥式起重机的吊装	150
8.2	大型门式起重机的吊装	160
8.3	大型弧形梁的吊装	167
8.4	建筑板型钢网架的吊装	174
8.5	大型建筑连廊的整体吊装	180
9	工程实例	188
9.1	德国某焦化厂输煤廊桥整体拆除吊装	188
9.2	150/75 t×33 m 桥式起重机整体吊装	193
9.3	深圳会议展览中心大跨度、大截面箱梁吊装技术	198
9.4	沪宁高速(江苏段)锡澄运河大桥整体牵引安装施工工艺	209
9.5	大型体育场飘带式屋盖钢结构吊装工艺	217
9.6	某厂尾气排放塔扳倒法吊装技术	223

9.7 东海大桥桥头堡钢结构吊装技术	234
10 吊装方法的选择与方案编制	239
10.1 吊装方法的选择原则及步骤	239
10.2 吊装方案的编制依据及其主要内容	240
附 录	243
参考文献	264



绪 论

0.1 起重技术在土木工程中的作用与地位

起重技术是土木工程中的重要施工技术之一,尤其在建筑工程、安装工程和桥梁工程中,它更是影响工程安全、质量、进度和施工成本的关键技术。

0.1.1 在建筑工程中

目前,建筑工程正向超高层、大跨度、钢结构方向发展,起重技术是这些结构施工不可缺少的施工技术。例如,国家大剧院的“蛋壳”结构由 148 榀弧形梁和中间重 700 t 的环梁组成(如图 0.1 所示),如何安全、快捷、经济有序地吊装中间重 700 t 的环梁和 148 榀弧形梁,就成为整个工程施工成败的关键。诸如此类结构在我国数不胜数,其中最典型的有奥运主场馆“鸟巢”结构、中央电视台新址塔楼结构、上海金贸大厦、广州新白云机场候机楼和机库等。随着国家经济建设的发展,相信此类结构在将来会越来越多。

0.1.2 在安装工程中

“起重技术”是安装工程中的三大关键技术之一,在安装工程中占有特殊的地位。随着我国工业建设和安装工程的“四化”(标准化、工厂化、大型化、集成化),吊装的重量直线上升,难度越来越大,对安全、进度、成本的要求进一步提高。如图 0.2 所示为某化工厂的反应塔设备,其自身高约 80 m,直径约 3 m,吊装重量约 3 000 kN(300 t)。随着我国工业建设的高速发展,各类重型设备越来越多,对起重技术的要求也越来越高。



图 0.1 国家大剧院“蛋壳”结构



图 0.2 某化工厂反应塔设备吊装

0.1.3 在桥梁工程中

“起重技术”在桥梁工程施工中,占有不可或缺的地位,尤其是近来发展的一些新型结构桥梁,如双肋钢管混凝土拱桥等,其吊装的工作量和难度都比较高。如图 0.3 所示为上海卢浦大桥的吊装,由于大桥桥面是用吊杆悬吊在钢管混凝土拱肋上的,所以钢管混凝土拱肋的吊装就成为大桥施工的关键工序。

重型结构和设备的吊装工艺复杂,技术难度大,安全要求高,耗用的人力、物力和时间直接影响整个工程的成本和进度。因此,采用先进、合理的吊装工艺、正确地选用起重机、有针对性地制订安全技术措施、最大限度地缩短吊装工作的工期,是工程建设界共同关注的关键问题,也是吊装工作者们不断探索的问题。



图 0.3 上海卢浦大桥钢管混凝土拱肋吊装

0.2 起重技术目前在国内外的发展状况

0.2.1 起重技术目前在国际上的发展

现代起重技术在国际上发展较快。概括地说,其发展的趋势主要体现在起重机械大型化,起重工艺方法联合化,控制、操作技术智能化等方面。

(1) 起重机械大型化

为了提高一次吊装的重量,目前国际上(尤其是西方发达国家),都在大力发展大型起重机。据有关资料显示,目前自行式起重机的额定起重量最大达到 2 000 t,自升式龙门桅杆式起重机达到高 100 m、额定起重量 1 000 t。相信随着起重机设计理论的发展和材料、制造工艺、控制技术等技术的发展,还会有更大型的起重机问世。

(2) 起重工艺方法联合化

起重机械大型化受到起重机设计理论、材料、制造工艺、道路承载能力、使用率、运行和维护成本等一系列因素的限制,不可能无限增大,利用多台较小起重机联合吊装大型设备或结构是起重技术发展的重要方向。如图 0.4 所示,即是采用 12 台自行式起重机联合吊装一大型结构。

利用多台起重机联合吊装大型设备或结构,可以最大限度地降低施工成本,加快工程进度,但吊装工艺复杂,对各起重机之间的相互协调要求较高,仅靠人工指挥协调,很难达到要求。所以目前国际上在发展多台起重机联合吊装的同时,还在大力发展智能化控制、操作技术。

(3) 控制、操作技术智能化

控制、操作技术智能化对起重技术的发展具有重要意义。采用计算机对起重机的受力状态(如倾覆力矩、应力与变形等)进行监控,可以让起重机操作人员充分掌握起重机的工作状态,进行正确的操作;采用计算机对起重工程的全部工艺过程进行控制、操作,可以准确地协调



图 0.4 12 台自行式起重机联合吊装一大型结构

各起重机相互之间的关系,协调起重机、辅助装置与设备之间的工艺动作,以便整个吊装工艺过程能严格按预先设计的工艺步骤进行,减小失误的概率。对于多吊点的设备或构件,尤其是大型结构,采用计算机对其受力状态、变形等进行监控,可以防止设备、构件、大型结构在吊装过程中因变形而破坏。例如,在图 0.4 中,12 台起重机联合整体吊装大型结构,这 12 台起重机之间的协调必须依靠计算机进行。否则,吊装中一旦出现各台起重机“不同步”,其中数台起重机的载荷可能达不到设计载荷,而另外的起重机必定严重超载,轻则损坏起重机,严重的将导致起重机倾覆,引发重大安全事故。图 0.4 中的大型结构具有 12 个吊点,吊装中的受力状态与工作时的受力状态截然不同,它在吊装过程中是否会因变形而破坏?采用计算机对其进行监控,可以及早发现事故的苗头,以便采取相应的技术措施。

0.2.2 我国起重技术的发展

我国起重技术有着悠久的发展历史,如长城、故宫的修建,以及历代故都钟楼的巨大铸钟和上百吨的雕像等的运输与吊装,都凝聚着我国劳动人民的智慧。但是,我国的现代起重技术起步较晚,仅几十年时间。在短短的几十年时间里,我国的现代起重技术得到了长足的发展。在起重机方面,20 世纪 70 年代我国普遍采用独脚式桅杆、卷扬机和几吨、十几吨的小型自行式起重机,今天却已拥有目前亚洲最大的 1 250 t 的自行式起重机(如图 0.5 所示)、1 000 t 的自升式龙门桅杆式起重机、2 000 t 的大型浮式起重机以及其他一系列的起重机械。在吊装工艺和方法方面,广大建设者们创造了许多优秀的整体吊装工艺方法,完成了大量的吊装工程。控制、操作技术智能化也开始在我国应用,如采用多台液压提升装置联合吊装大型结构,对多台液压提升装置之间的协调,就采用了计算机控制技术。

几十年来,我国起重工作者们因地制宜地创造、完善的吊装方法种类很多,对于整体设备或结构吊装方法可以概括地归纳为:对称吊装法、滑移法、旋转法、气(液)压顶升法、超高空斜拉索吊运法、多台起重机联合吊装、平移法等几大类。本书将在后面的章节中加以介绍。



图 0.5 1 250 t 自行式起重机

0.3 起重工程的特点

起重工程具有以下鲜明的特点：

①风险较大。体现在两个方面：首先是起重施工的精度难以达到计算模型的精度，造成实际吊装与理论计算不完全一致，出现误差；其次是一旦发生事故，轻则造成财产的重大损失，重则危及人员的生命安全。因此，“安全”是首要点。在确定方案时，需从多方面进行安全论证，尤其要对工艺细节进行仔细研究。当安全与其他指标发生冲突时，应以安全为主。

②重型设备或结构一般是一套装置、一幢建筑结构或桥梁结构的核心或主体，它们的吊装施工往往处在一个工程的关键线路上，它的成败常常决定整个工程的成败。因此，重型设备或结构的吊装施工受到工程建设各个方面的关注，一般需要施工单位的总工程师签字批准才能进行。

③对同一吊装项目，可采用的方案一般不是唯一的。在选择方案时，除首先保证安全外，对其“进度”“质量”“成本”等指标的协调必须综合考虑。

④起重工程工艺复杂，技术难度高，需要的起重机械多，对起重技术人员的依赖程度较高。一个施工单位的吊装水平，在一定程度上反映了该施工单位的实力和施工水平。

⑤对工程管理人员的综合素质和单位管理体制的规范性要求较高。能否成功地从事重型设备或结构的吊装，在一定程度上反映了该施工单位的管理水平。

0.4 学习本课程的目的、要求和方法

0.4.1 本课程与其他课程的联系

本课程的理论基础有数学、力学、钢结构、机械学、金属材料学、焊接技术等。

0.4.2 学习本课程的目的

起重工程是土木工程施工中的一个重要的工艺过程,也是难度较大、工艺要求较复杂、具有相当危险性的工艺过程。通过学习本课程,要求学生掌握这一工艺过程的基本理论、基本知识。通过一定的实践锻炼,使学生能够根据施工现场的实际情况设计合理的吊装方案,能够进行特殊起重机的设计与校核。

0.4.3 学习本课程的要求

①起重工程是具有相当危险性的工艺过程,要求学生培养严谨的工作作风和实事求是的科学态度,树立安全第一的观念。

②起重工程的工艺过程较复杂,涉及的基础理论和实践经验较多,要求学生首先要学好理论知识,学会各相关知识的融会贯通,在此基础上理论联系实际,提高分析和解决问题的能力。

0.4.4 学习本课程的方法

起重工程的一个重要特点是根据现场条件、设备或构件的技术要求去设计吊装方案,选择或设计起重机。由于现场条件不同,设备或构件的重量、几何尺寸、安装位置、力学特性、技术要求等均可能不同,所采取的吊装工艺也不同。所以从事多年吊装工作的同志说,他们一生很难做到两个完全相同的吊装工程,这就要求学生在学习本课程时做到:

①学好理论基础知识,特别是力学知识。

②认真分析所学的基本工艺过程中的每一个细节,增强自己的分析能力。

③尽可能多地学习别人的方案,分析其优缺点,以便借鉴。

④尽可能多地参观实际吊装工程,增加自己的实感。

1

起重机械的分类、基本参数及载荷处理

1.1 起重机械的分类及使用特点

1.1.1 起重机械的分类

目前工程中常将起重机械分为轻小起重机械和起重机两大类,如图 1.1 所示。

1.1.2 土木工程中常用起重机的使用特点

土木工程中常用起重机械主要有轻小起重机械、塔式起重机、桥式起重机、门式起重机、自行式起重机、浮式起重机、缆索式起重机、桅杆式起重机等。它们各有其独特的使用特点,在选择起重机时应充分考虑其特点,才能使其发挥最大效能。

1) 塔式起重机

塔式起重机又分压杆式和水平臂架加小车式,其主要特点如下:

- ①使用前需安装,使用后需拆除,因此不适合单件物体的吊装。
- ②起重机位置固定,或仅能在一定范围内(轨道铺设范围)移动。
- ③起升高度高,如加上附着杆,则更高。
- ④幅度利用率高,可吊装体积较大的物体。
- ⑤起重量小。

鉴于上述特点,塔式起重机主要适用于某一固定范围内,数量多但重量小的场合,如一般

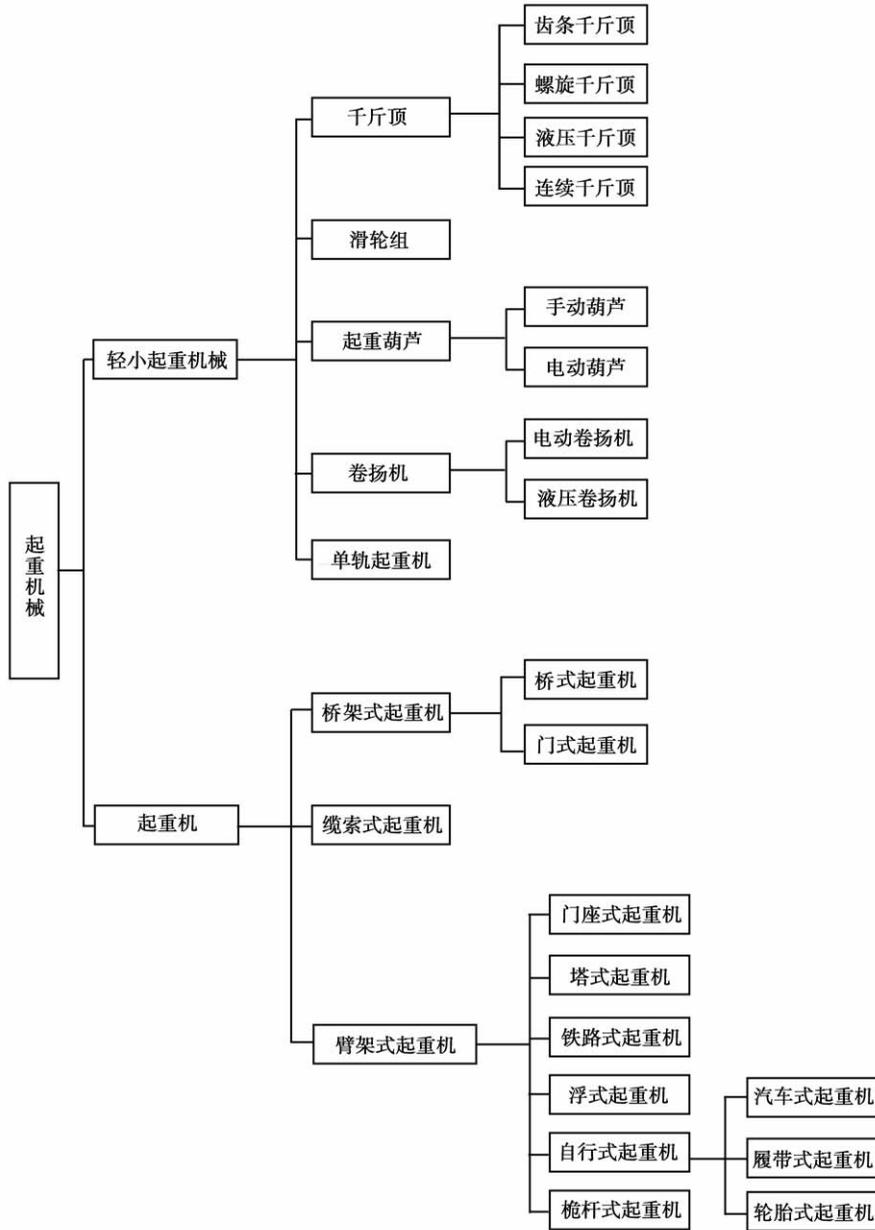


图 1.1 起重机械的分类

建筑工地。在安装工地,则主要用于锅炉、管道等的组装。

2) 桥式起重机

桥式起重机安装在车间内,起升高度和跨度固定,起重量不随起升高度和跨度变化,适合车间内的设备、构件的吊装。

3) 门式起重机

门式起重机一般安装在露天场地,其起升高度和跨度固定,起重量不随起升高度和跨度变

化,适合于施工现场的材料堆放场地、设备及构件保管场地、设备及构件组装场地等的吊装工作。

4) 自行式起重机

自行式起重机可以自己行走,尤其是其中的汽车式起重机,不需辅助设施便可长途转移,使用前不需安装,使用后不需拆除,使用极为方便,效率高,所以使用范围极广,是现代起重机的代表。但其幅度利用率低(较塔式起重机),起重量随起升高度和幅度的增加而大幅度下降,对施工现场的道路和地基要求较高,台班使用费较高。它主要适用于单件或小批量的大、中型设备(构件)的吊装。

5) 浮式起重机

浮式起重机装在专用的船上,主要用于在水上进行吊装,桥梁施工常常用到它。

6) 缆索式起重机

缆索式起重机由两个支架和支架间的钢缆组成,起重小车在钢缆上移动,进行重物的垂直吊装和水平运输。其工作特点是:受地形影响小,工作范围大,故广泛应用于山区和峡谷、河流地区的桥梁建设。

7) 桅杆式起重机

桅杆式起重机是一种非标准起重机,其结构简单,起重量大,可以组合成各种形式,从而形成各种适合现场条件和设备(构件)技术要求的工艺方法。但它使用效率低,一般在使用前需专门设计和制造,因此适用于某些其他起重机无法完成的特重、特高、场地受限的特殊场合的吊装。

1.2 起重机械的基本参数

起重机械的基本参数表征了其基本性能,为合理地选择、正确地使用起重机械提供依据。起重机械的基本参数主要包括:额定起重量 Q ,最大起升高度 H ,最大幅度 R 或跨度 L ,机构工作速度 V ,外形尺寸(长 \times 宽 \times 高),自重(单位为 kN)。

1.2.1 额定起重量

额定起重量用 Q 表示,单位为 kN(塔式起重机为 $\text{kN}\cdot\text{m}$),是指起重机容许吊装的最大载荷,它由起重机的整体稳定性、结构强度、各机构的承载能力等因素决定。额定起重量是起重机选择的首要参数。

1.2.2 最大起升高度

最大起升高度用 H 表示,单位为 m,是指工作场地地面或轨道面至起重机取物装置(一般为吊钩中心线)的上极限位置的距离,如图 1.2(a)所示,它直接决定了起重机吊装设备(构件)能达到的最大高度。对桥架式、缆索式起重机,该参数是固定的;对具有变幅机构的臂架式起重机,该距离随着起重机臂架伸长、缩短和起重机臂架的倾斜角度的改变而改变。

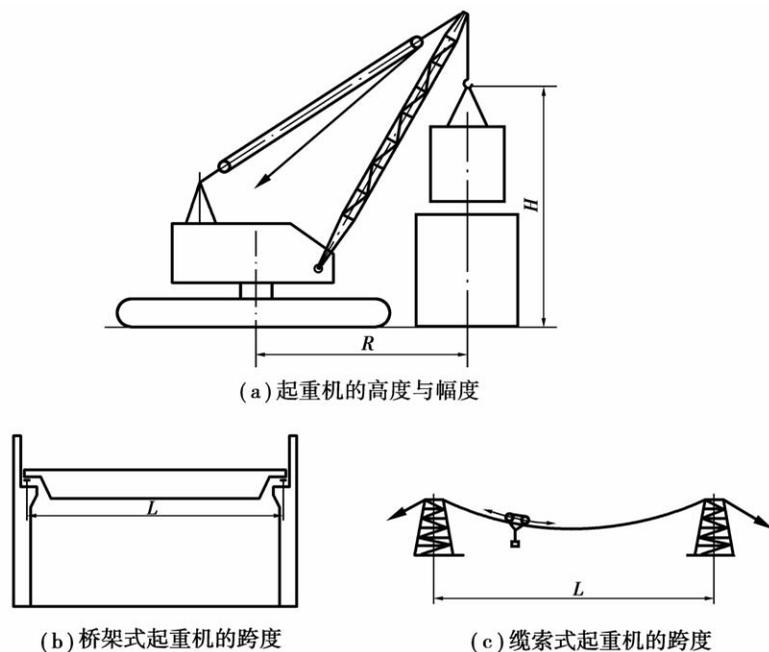


图 1.2 起重机的起升高度、幅度和跨度

1.2.3 幅度或跨度

幅度 R : 针对的是具有变幅机构的臂架式起重机, 它指的是起重机的旋转中心垂线与取物装置垂线间的水平距离, 如图 1.2(a) 所示。这个距离随着起重机臂架伸长、缩短和起重机臂架的倾斜角度的改变而改变, 最大幅度指的是起重机的旋转中心垂线与取物装置垂线间能达到的最大水平距离。该参数直接决定了起重机可达到的吊装位置和可吊装的设备(构件)的起升高度和几何尺寸。

跨度 L : 针对的是桥架式和缆索式起重机, 对于桥架式起重机, 指的是其大车两运行轨道间的水平距离, 如图 1.2(b) 所示。对于缆索式起重机, 指的是其两支撑塔架中心线间的水平距离, 如图 1.2(c) 所示。该参数确定了桥架式起重机和缆索式起重机的工作范围, 对某一型号的起重机, 该参数是固定的, 所以, 在设计建筑物或材料、设备场地时, 应根据工艺要求选择起重机的型号。

1.2.4 工作速度

起重机械的工作速度 V 包括起升、变幅、旋转和运行机构 4 个工作速度, 单位为 m/s 。

①起升速度: 指的是吊钩或取物装置上升的速度, 单位为 m/s 。

②变幅速度: 指的是取物装置从最大幅度移动到最小幅度的平均线速度, 单位为 m/s 。

③旋转速度: 指的是起重机每分钟旋转的转数, 单位为 r/min 。

④运行速度: 指的是起重机的行走速度, 其单位一般为 m/s , 对于自行式起重机, 则以 km/h 为单位。

1.2.5 外形尺寸和自重

起重机的外形尺寸和自重也是不可忽视的重要参数, 它们在一定程度上反映了起重机的

经济性和通过性能,在一些地形特殊的场合,还会决定吊装方案的技术可行性。

额定起重量、最大起升高度、幅度(或跨度)这3个参数直接影响起重机吊装物体的技术可行性,而工作速度、外形尺寸、自重等主要影响起重机吊装物体的经济性。

1.3 起重机械的载荷处理

起重机械承受的是非常强烈的直接动力载荷和冲击载荷,必须考虑其影响;在不同的吊装工艺中,常有数台起重机或数分支共同承担载荷,由于实际施工与计算模型存在误差,所以必须考虑这个误差的影响;在一些大型吊装中,要求的起升高度高,设备或构件的体积大,风载的影响比较大,在设计时必须加以考虑。

1.3.1 动载荷

以动载系数计入强烈的直接动力载荷和冲击载荷的影响,一般吊装工程取 $K_{动} = 1.1$ 。

1.3.2 不平衡载荷

在数台起重机或数分支共同承担载荷时,由于实际施工与计算模型存在误差,从而造成每台起重机或每一分支实际承担的载荷与计算模型不符,导致其中一台起重机或分支超载,工程中以不平衡载荷系数计入其影响。一般吊装工程取 $K_{不} = 1.2$ 。

如图 1.3 所示,分析计算滑轮组载荷和吊索载荷时,谁应考虑不平衡载荷系数,谁不应考虑?

分析要点:

- 不平衡载荷系数计入的是在数台起重机或数分支共同承担载荷时,由于实际施工与计算模型存在误差而造成载荷分配与计算模型不符的影响。
- 滑轮组单独承担载荷,不存在因施工原因而造成载荷分配与计算模型不符,不应考虑。
- 吊索是两分支共同承担载荷,存在因施工原因而造成载荷分配与计算模型不符,应考虑不平衡载荷系数。

1.3.3 计算载荷

起重工程中,为了综合考虑动载荷、不平衡载荷的影响,一般以计算载荷代替设备或构件的重量。计算载荷的一般计算公式为:

$$Q_{计} = K_{动} K_{不} Q$$

式中 Q ——设备或构件和索、吊具的重量之和。

1.3.4 风载荷

在露天进行吊装施工时,风对被吊装的设备或构件和起重机的作用不可忽视,会较大地增

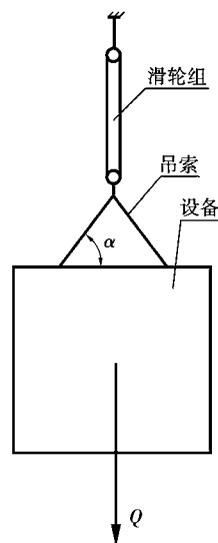


图 1.3 不平衡载荷系数的分析