

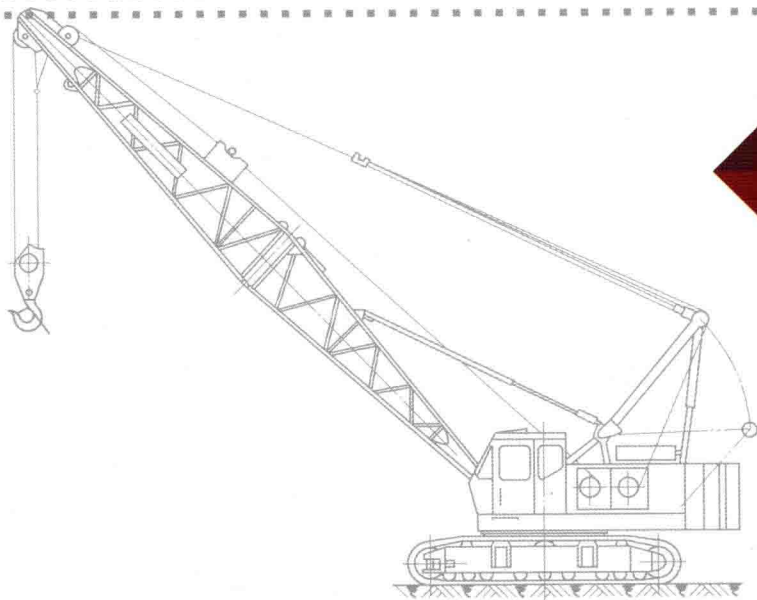
普通高等教育“十三五”规划教材



起重运输与吊装技术

QIZHONG YUNSHU YU DIAOZHUANG JISHU

张永清 主编 孙有亮 副主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

起重运输与吊装技术

张永清 主 编

孙有亮 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统地介绍了各种起重吊装机械专用机具的结构特点与选用原则及起重机各个机构的组成、结构特点、工作原理,重点介绍了起重吊装机械的基本理论、基本工艺、基本技术,并详细说明了大型设备吊装运输的方法以及有代表性的大型设备运输及吊装施工方案的编制过程。

本书主要作为高等工科院校(包括函授、夜大学、成人教育)建筑工程技术、工业设备安装专业本、专科的专业教材,也可供其他相关专业的教师和学生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

起重运输与吊装技术/张永清主编. —北京:化学工业出版社, 2016.9

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-27774-9

I. ①起… II. ①张… III. ①起重机械-安装-高等学校-教材 IV. ①TH210.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 181657 号

责任编辑:高钰

文字编辑:陈喆

责任校对:边涛

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张23¼ 字数579千字 2016年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着国内外工业建筑和现代科学技术的迅猛发展及“中国制造 2025”的推进，大中型构件、重型构件、高精端设备、异形设备的整体吊装要求越来越高，新技术、新工艺、新材料、新结构的大量应用，使得起重吊装工程量越来越大。尤其是现代化的大型化工设备、石油设备、桥梁、运动场馆、高层写字楼采用整体吊装作业量是前几年的几倍甚至几十倍，所以，迫切需要大功率的工程起重机来完成这些吊装工作。这是一个比较复杂的系统工程，对起重运输和吊装技术的难度、精度提出了更高的要求，使之成为一种无法替代的专门技术，具有广阔的发展空间和应用前景。

由于目前对大型设备吊装运输的施工组织和工艺技术还没有统一标准，各行业、各企业编写的施工组织和吊装技术方案五花八门，对大型设备吊装运输技术文件的编审、方案选择、组织实施、监督检查等方面还存在许多问题。吊装市场竞争激烈，各行业吊装工程千变万化，各种吊装工艺技术和机具优化不断更新。为了提高我国高等学校设备安装行业的教学质量，并为从事设备安装工作的技术人员、技术工人提供具有参考价值的依据，我们组织有经验的教师编写了本教材。

本书作为工业设备安装专业本、专科学生的专业课教材，系统介绍了各种起重吊装机械专用机具的结构特点与选用原则，介绍了起重机各个机构的组成、结构特点、工作原理，介绍了起重吊装机械的基本理论、基本工艺、基本技术，大型设备吊装运输的方法以及有代表性的大型设备运输及吊装施工方案的编制。

本书的编写特点是注重理论与实际相结合，理论简单明了、实际操作经济实用。本书加入了较多典型的工程案例进行分析研究，缩短了高等学校与实际工作的衔接时间，使毕业生能够尽快适应工作岗位。

本书主要作为高等工科院校（包括函授、夜大学、成人教育）建筑工程技术、工业设备安装专业本、专科的专业教材，也可供其他相关专业的教师和学生及工程技术人员参考。

本书由张永清任主编，孙有亮任副主编。石树正、戴美魁、郭思佳参加编写。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不足，恳请各位专家和读者批评指正，以便再版时修改和完善。

编 者

2016 年 5 月

第1章 绪论

1

1.1 概述	1
1.1.1 起重机械与吊装技术在国民经济中所起的作用和意义	1
1.1.2 起重机械与吊装技术的发展简史	1
1.1.3 起重机械今后的发展方向	2
1.2 起重机的主要参数	3
1.2.1 额定起重量 Q 和起重力矩 M	3
1.2.2 起升高度 H	4
1.2.3 跨度 L	4
1.2.4 幅度 R	4
1.2.5 工作速度	4
1.2.6 生产率	5
1.3 起重机的工作级别和工作类型	5
1.3.1 起重机利用等级	5
1.3.2 起重机载荷状态	6
1.3.3 起重机整机工作级别	7
1.3.4 起重机机构的利用等级	7
1.3.5 起重机机构的载荷状态	7
1.3.6 起重机机构的工作级别	8
1.3.7 起重机的工作类型	8
1.3.8 施工现场吊装工作要求	10

第2章 起重机械的基本构造、工作原理

11

2.1 起重机械的基本构造	11
2.1.1 轻小型起重设备的构造、工作原理	11
2.1.2 桥式起重机的构造	14
2.1.3 旋转类起重机的构造	18
2.2 通用桥式起重机的构造、工作原理	23
2.2.1 通用桥式起重机的构造	23
2.2.2 通用桥式起重机传动原理	29

第3章 起重机械的载荷分类及设计计算方法

30

3.1 起重机械的载荷分类	30
---------------------	----

3.1.1 载荷的分类	30
3.1.2 载荷的计算	31
3.2 起重机械的设计计算方法	36

第4章 起重机械的制动装置与安全装置

38

4.1 制动器的种类和用途	38
4.1.1 制动器的用途	38
4.1.2 制动器的种类	39
4.2 块式制动器	42
4.2.1 块式制动器的构造	42
4.2.2 块式制动器的选择计算	45
4.3 带式制动器	48
4.3.1 简单带式制动器	48
4.3.2 差动带式制动器及综合带式制动器	52
4.4 起重机械安全装置	53
4.4.1 缓冲器	53
4.4.2 防风装置	56
4.4.3 起重量限制器与载重力矩限制器	60

第5章 起重机械常用吊索与吊具

65

5.1 钢丝绳	65
5.1.1 钢丝绳的用途和制造方法	65
5.1.2 钢丝绳的构造和种类	66
5.1.3 钢丝绳的破坏形式和报废标准	71
5.2 滑轮	72
5.2.1 滑轮的构造	72
5.2.2 滑轮组的构造及其应用	75
5.3 卷筒	78
5.3.1 卷筒的构造与材料	78
5.3.2 卷筒的主要尺寸	79
5.3.3 卷筒的强度	83
5.3.4 卷筒的抗压稳定性	85
5.4 吊钩与吊环	85
5.4.1 取物装置的要求	85
5.4.2 吊钩的构造、种类、计算	87
5.4.3 吊环的构造、应用	96
5.5 吊物缆与卸扣	97
5.5.1 吊物缆的构造与应用	97
5.5.2 卸扣的构造与应用	99

6.1 卷扬机	103
6.1.1 手摇卷扬机	103
6.1.2 电动卷扬机	104
6.2 千斤顶	107
6.2.1 千斤顶的使用	107
6.2.2 千斤顶的构造、种类、技术规格	107
6.2.3 使用千斤顶的注意事项	110
6.3 起重桅杆	111
6.3.1 起重桅杆的特点和作用	111
6.3.2 起重桅杆的种类	111
6.4 塔式起重机	115
6.4.1 塔式起重机的用途和构造	115
6.4.2 塔式起重机的技术规格和特点	116
6.5 自行式起重机	117
6.5.1 自行式起重机的用途和特点	117
6.5.2 自行式起重机的种类	118

7.1 起升机构的构造	121
7.1.1 起升机构的组成	121
7.1.2 起升机构的传动	121
7.2 起升机构的计算	123
7.2.1 卷绕系统和驱动装置的计算	124
7.2.2 制动器的选用	131
7.2.3 启动、制动时间的验算	132
7.2.4 电动机发热验算	134

8.1 运行机构的概述	135
8.1.1 运行机构的任务	135
8.1.2 运行机构的分类	135
8.1.3 运行支承装置	135
8.2 运行驱动机构的构造	146
8.2.1 自行式运行驱动机构	146
8.2.2 牵引式运行驱动机构	151
8.3 运行阻力	152
8.4 运行驱动机构计算	156
8.4.1 电动机容量的初选	156

8.4.2 减速器的选择	159
8.4.3 制动器的选择	160
8.4.4 验算主动轮的打滑	160

第9章 变幅机构

162

9.1 变幅机构的类型	162
9.2 臂架摆动式变幅机构	163
9.2.1 载重的水平位移	163
9.2.2 臂架的自重平衡	166
9.3 运行小车式变幅机构	167
9.3.1 小车的构造	168
9.3.2 运行小车式变幅机构的工作原理	168

第10章 回转机构

170

10.1 回转机构的组成和常用形式	170
10.1.1 回转机构的组成	170
10.1.2 回转机构的形式	170
10.2 回转支承装置受力计算	170
10.2.1 回转支承装置的形式与构造	170
10.2.2 回转支承装置受力计算	179
10.3 回转驱动装置计算	183
10.3.1 回转驱动装置的形式与构造	183
10.3.2 回转驱动装置受力分析与计算	188

第11章 顶升机构

196

11.1 自升式塔式起重机的顶升结构及顶升方式	196
11.1.1 概述	196
11.1.2 顶升接高方式	196
11.1.3 顶升机构的种类	197
11.1.4 液压顶升机构	197
11.2 自升式塔式起重机的安装和拆卸	199
11.2.1 塔式起重机的安装	199
11.2.2 塔式起重机的拆卸	203
11.2.3 塔式起重机的使用	204
11.3 旋转法	204
11.3.1 安装	204
11.3.2 拆卸	206
11.4 起扳法和折叠法	206
11.4.1 整体起扳法	206
11.4.2 折叠法	206

11.5 内爬式塔式起重机的安装、爬升与拆卸	210
11.5.1 轮绳爬升系统	210
11.5.2 液压爬升系统	212
11.6 塔式起重机的运输方法	213
11.6.1 分件运输	213
11.6.2 整体拖运方式	213
11.6.3 半拖挂运输所要求的最小路面宽度	214

第12章 桅杆式起重机

216

12.1 桅杆的组立、移动与放倒	216
12.1.1 桅杆的受力分析	216
12.1.2 桅杆的组立方法	219
12.1.3 桅杆的移动和放倒方法	224
12.2 单桅杆吊装	225
12.2.1 夺吊	226
12.2.2 扳吊	232
12.2.3 倾斜桅杆吊装	234
12.3 双桅杆吊装	236
12.3.1 等高双桅杆吊装	237
12.3.2 不等高双桅杆吊装	239
12.4 人字桅杆吊装	241
12.4.1 人字桅杆的分类	241
12.4.2 人字桅杆的吊装	241
12.5 门式桅杆吊装	248
12.5.1 概述	248
12.5.2 侧偏吊	249
12.5.3 无锚点吊装	250
12.5.4 推举	255
12.6 动臂桅杆吊装	259
12.6.1 动臂桅杆的分类	259
12.6.2 临时吊杆吊装	261
12.6.3 动臂回转桅杆吊装	264

第13章 起重吊装工艺

266

13.1 吊装工艺选择的原则	266
13.1.1 吊装场地的布设	266
13.1.2 吊装机具的定位	266
13.1.3 桅杆的试验	267
13.2 设备吊运的安全保护措施	268
13.3 正装法与倒装法的选择	268

13.3.1 正装法与倒装法的特点	268
13.3.2 倒装法吊装设备实例	269

第 14 章 设备的运输与装卸

271

14.1 运输路线的选择	271
14.2 设备（构件）运输	272
14.2.1 常用的一次运输方法	272
14.2.2 常用的二次运输方法	273
14.3 设备装车与卸车	276
14.4 设备运输牵引力的计算与估算	278
14.4.1 滑运设备牵引力计算	278
14.4.2 滚动设备牵引力的计算	279
14.4.3 设备运输牵引力估算	281
14.5 设备过坑（沟）搬运方法的选择	282

第 15 章 大型设备吊装工程施工组织设计

284

15.1 施工组织设计编制原则和方法	284
15.1.1 施工组织设计的作用和任务	284
15.1.2 施工组织设计的编制原则	284
15.1.3 施工组织设计的内容和依据	285
15.1.4 施工组织设计中的几个重要部分	286
15.1.5 技术、物资供应计划的编制	289
15.1.6 施工准备工作计划的编制	290
15.1.7 施工平面图设计	291
15.2 吊装工程施工组织设计实例	291
15.2.1 两台 300MW 发电锅炉本体钢结构安装工程吊装施工组织设计	291
15.2.2 主要工程量	294
15.2.3 主要机具配置与布置及组合场平面布置	294
15.2.4 主要施工方案及技术措施	296
15.2.5 大型龙门起重机吊装施工组织设计	305
15.2.6 吊装方案编制依据	306
15.2.7 施工方案	306
15.2.8 主要力学分析及受力计算	317
15.2.9 吊装（安装）施工管理	323
15.2.10 施工（吊装）安全管理	323
15.2.11 施工（吊装）技术质量管理	326

第 16 章 典型吊装工程施工方案

327

16.1 吊装工程施工方案编写内容及方法	327
16.1.1 吊装工程施工方案的编写内容	327

16.1.2	吊装工程施工方案的编写方法	327
16.1.3	石化大型设备吊装方案的编制	331
16.1.4	吊装方案中安全技术措施的编制	338
16.2	吊装工程施工方案实例	339
16.2.1	400t 桥式起重机吊装施工方案	339
16.2.2	大型油压机搬迁吊装施工方案	351
16.3	大型设备吊装安全技术管理	357
16.3.1	吊装工程安全技术要点	357
16.3.2	起重伤害事故分析及对策	358
16.3.3	建设工程施工现场安全应急预案	360

第1章

绪论

1.1 概述

1.1.1 起重机械与吊装技术在国民经济中所起的作用和意义

随着“中国制造 2025”的推进，工业设备向大型化、规模化、集成化和智能化发展，需要大批起重吊装设备。起重吊装机械是各种工程建设广泛应用的重要设备。它对减轻劳动强度、节省人力、降低建设成本、提高劳动生产率、加快建设速度、实现工程施工自动化起着十分重要的作用。

随着现代科学技术的飞跃发展，在国民经济各部门和基本建设中，不断有新结构、新工艺、新技术、新材料的应用出现，一些大型、重型的构件、设备、塔器的运输与吊装等工作，如果没有起重机械设备是很难完成的。

工厂、矿山、车站、港口、仓库、货场、建筑、安装等都离不开起重、吊装机械。特别是一些重要建设项目的安装工程，例如一套年产 30 万吨合成氨、52 万吨尿素的化肥装置就要吊装设备 1165 台，质量达 5800t；管道长 68000m，质量达 3600t；钢结构质量达 2370t，合计 11770t。因此，在工程建设中，如何合理地配备起重机具，怎样科学地组织管理，制定的措施和方案是否先进、安全可靠均关系到工程建设的全局，直接影响工程的质量、安全和进度。随着现代工业的发展，起重机械与吊装技术在国民经济中显得更为重要了。

1.1.2 起重机械与吊装技术的发展简史

中国在发明和使用起重运输机械方面历史最为悠久。早在新石器时代末期，中国劳动人民已能用木棍滚动来搬运巨石。在商朝时，人们发明了利用对重杠杆原理起重的桔槔，之后又发明了辘轳。汉朝时，人们在四川井盐开采过程中广泛采用以绞车、滑车组成的起重装置，这种以木杆组成井架和缆风绳（拖拉绳）稳定的结构形式就是现今龙门桅杆或升降机的始祖。中国的长城、地下宫殿、故宫、历代古都钟楼的巨大铸钟及上百吨的铸造雕像的吊装，都凝聚着中国劳动人民的智慧。

古埃及人在建造金字塔时，已经运用了不等臂杠杆及滚子、斜面，用逐级升级法来提升巨石（有的重达 10t）。

18 世纪工业革命时，制造起重机采用了金属材料，并出现了用蒸汽驱动的起重机。

中国由于封建制度的长期束缚，社会生产和科学技术得不到发展，在旧中国连较简单的

起重运输机械都不会制造。

新中国成立后,中国在起重运输机械这个领域也从无到有、由小到大逐步发展起来,一批起重运输机械的科研机构 and 生产工厂逐步建立,设计、研制力量日趋壮大。今天,中国已经能设计制造起吊质量为 3~100t 的各种类型的汽车式和轮胎式起重机,起吊质量为 10~400t 的各种类型塔式起重机,起吊质量为 200~800t 的门式和桥式起重机,起吊质量为 500t 的浮吊,起吊质量为 350t 的桅杆,起吊质量为 450t 的公路大平板车等,以适应日益增长的设备、结构的起重装卸以及运输吊装任务的需要。

在吊装技术方面,新中国成立初期只能吊装几十吨,近几年来已经能吊几百吨乃至近千吨。举例如下:

采用双桅杆滑移法,整体吊装 $\phi 12.3\text{m} \times 34\text{m}/606\text{t}$ 的再生器、 $\phi 4.5\text{m} \times 82.5\text{m}/510\text{t}$ 的丙烯分馏塔。使用钢筋混凝土和钢结构组合框架整体吊装 $\phi 3\text{m} \times 35.7\text{m}/350\text{t}$ 标高 21m 的尿素合成塔。采用单桅杆倾斜带负荷变幅吊装 $\phi 2.2\text{m} \times 20.7\text{m}/100\text{t}$ 标高 35.5m 高压蒸汽包。采用直立单桅杆扳吊 310t 氨合成塔。采用人字桅杆扳吊 156m/410t 电视塔架。采用龙门桅杆整体推吊 120m/205t 火炬。用多根桅杆整体吊装 650t 网架屋盖。使用轮胎式起重机通过双联组合半拱旋转吊装法,吊装 22.7m/48t 的三铰拱钢结构散装尿素仓库屋架等。

从吊装技术来看,中国具有较多的经验,吊装工艺与国外相比并不落后,目前总体吊装机械化水平正在逐步提高,以适应吊装作业机械化配套连续发展的需要。但在许多改建和扩建的工程建设项目中,受场地和资金限制,仍然使用机动性较差与利用率较低的桅杆式起重机。

现在国外已生产出了起升质量为 1000t 的桅杆式起重机,起升质量为 1000t 的轮胎式起重机,起升质量为 1300t 的大平板车(法国产);起升质量为 800t 的履带式起重机(德国产)。

中国起重机的制造水平也在飞速提高,例如:太原重机公司制造的三峡 1200t 水电站桥式起重机,主、副钩的起升质量分别为 1200t 和 125t,跨度为 33.6m,起升高度为 $H_{\text{主}} = 34\text{m}$, $H_{\text{副}} = 37\text{m}$,单钩起重量为世界之最;天生桥 2×420t 水电站双小车桥式起重机,起重量为双小车系列世界之最。

中国烟台的莱佛士船厂的固定回转起重机的主吊钩能将质量为 1900t 的物体吊至 95m 高度,副吊臂能将质量为 200t 的物体吊起 135m。这个巨型起重机被安置在 40m 高的固定水泥基座上,是世界上最大的固定回转起重机。

1.1.3 起重机械今后的发展方向

近年来随着建设工程规模的不断扩大,起重安装工程量越来越大,尤其是现代化大型石油设备、化工设备、冶炼设备、电站、奥运场馆以及高层建筑的安装作业逐年增多。因此,对大功率的工程起重机的需求量日益增加。随着现代科学的发展,各种新技术、新材料、新结构、新工艺在工程起重机上得到了广泛的应用。根据目前国内外现有工程起重机产品和技术资料分析可得,近年来起重机械的发展趋势主要体现在以下几个方面。

(1) 液压技术的广泛应用

由于液压传动具有体积小、质量小、结构紧凑、能实现无级调速、操纵简便轻巧、运输平稳和工作安全可靠等优点,因此国内外各种类型的工程起重机广泛采用液压传动。液压技

术尤其适合中小型起重机械，如汽车式起重机等。

(2) 设备的大型化、自动化、人工智能化

为了满足大型石油、化工、冶炼设备和高层建筑、大型板材、大型构件的安装，今后的起重机必须向大型化、自动化、人工智能化发展。

(3) 用途多、效率高

由于建筑规模、使用场合条件的复杂多变，各国开始注意一机多用、提高功效的问题。即转换工作状态要快，能配多种工作装置（吊钩、抓斗、拉铲、电磁吸盘、抓取器、打桩设备等）；装有各种先进的安全报警、遥控、新式传动装置、工业电视及电子计算机，加入人工智能、“互联网+”等最新技术，从而极大提高了机械的工作效率。

(4) 提高“三化”程度，实行专业生产

提高“三化”程度，在不同程度上扩大了产品标准化、参数尺寸规格化（系列化）、零部件通用化的范围，为起重机械制造的机械化、自动化、连续作业提供了方便的条件。中国对桥式起重机、轮胎式起重机和塔式起重机分别制定了基本参数系列，统一了产品型号和等级，并制定了技术条件标准。目前各国标准都在向国际标准（ISO）靠拢。

1.2 起重机的主要参数

起重机的技术参数是说明起重机工作性能的指标，表征起重机的作业能力，也是设计的依据。起重机的主要参数有：起重量和起重力矩、起升高度、跨度（桥式类型起重机）、幅度（臂架类型起重机）、各机构的工作速度及生产率。

1.2.1 额定起重量 Q 和起重力矩 M

起重机在正常工作时允许起吊的物品重量和可以从起重机上取下的取物装置重量的总和，或起重机正常工作时一次起升的最大重量称为额定起重量。

额定起重量不包括吊钩、吊环之类吊具的重量，但包括抓斗、起重电磁铁、料罐、盛钢桶、真空吸盘之类吊具的重量。

某些旋转臂架类起重机，如塔式起重机、汽车起重机、轮胎起重机、履带起重机、铁路起重机以及门座起重机等，除起重量外还有起重力矩 M 这个参数，它是起吊重物的重量 Q 和臂架幅度 R 的乘积，这个参数决定了起重机工作过程中抗倾覆稳定性的能力。在起重力矩一定的前提下，这类起重机的起重量是随幅度变化的，这时的额定起重量是指最小幅度时的最大起重量。

额定起重量系列国家标准及国际标准见表 1-1。

表 1-1 额定起重量系列国家标准（GB 783—87）及国际标准（ISO 2374：1983） 10kN

0.1	0.125	0.16	0.2	0.25	0.32	0.4	0.5	0.63	0.8
1	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8
10	(11.2)	12.5	(14)	16	(18)	20	(22.5)	25	(28)
32	(36)	40	(45)	50	(56)	63	(71)	80	(90)
100	(112)	125	(140)	160	(180)	200	(225)	250	(280)
320	(360)	400	(450)	500	(560)	630	(710)	800	(900)
1000									

注：应避免选用括号中的起重量数据。

1.2.2 起升高度 H

起升高度是指从地面或起重机运行轨道顶面到取物装置最高起升位置的铅垂距离（吊钩取钩口中心；当取物装置使用抓斗时，指到抓斗最低点的距离），以 H 表示，单位为 m 。当取物装置可以放到地面或轨道顶面以下时，其下放距离称为下放深度。起升高度和下放深度之和称为总起升高度。

在确定起重机的起升高度时，除考虑起吊物品的最大高度以及需要越过障碍的高度外，还应考虑吊具所占的高度。

表 1-2 列出了 30~2500kN 电动桥式起重机起升高度系列，即 GB 791—65。抓斗桥式起重机的起升高度为 16m 和 22m。表 1-3 所示为轮胎和汽车式起重机的起升高度标准。

表 1-2 30~2500kN 电动桥式起重机起升高度系列（GB 791—65）

主钩起重量/10kN		3~50		80		100		125		160		200		250	
起升高度/m	主钩	12	16	20	30	20	30	20	30	24	30	19	30	16	30
	副钩	14	18	22	32	22	32	22	32	26	32	21	32	18	32

表 1-3 轮胎和汽车式起重机起升高度标准

起重量/10kN		3	5	8	12	16	25	40	65	100
起升高度/m	基本臂作业	5.5	6.5	7	7.5	8	8.5	9	10	11
	最长主臂作业			11	12	18	25	30	34	36

1.2.3 跨度 L

起重机运行轨道轴线间的水平距离称为跨度，以 L 表示，单位为 m 。桥式起重机的跨度 L 依厂房的跨度而定。表 1-4 示出了 GB 790—65 规定的 30~2500kN 电动桥式起重机跨度的标准值。

表 1-4 30~2500kN 电动桥式起重机跨度的标准值（GB 790—65）m

厂房跨度 L_0		9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
起重机跨度 L	$Q=30\sim 500kN$	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	—
	$Q=800\sim 2500kN$	7	10	13	16	19	22	25	28	31.2	—
		—	—	—	16	19	22	25	28	31	34

1.2.4 幅度 R

对于旋转臂架式起重机，幅度就是从起重机回转中心线至取物装置中心铅垂线之间的距离，用 R 表示，单位为 m 。对于非旋转臂架式起重机常用有效幅度表示，有效幅度是指臂架所在平面内的起重机内侧轮廓线与取物装置铅垂线之间的距离。如轮胎式起重机是指在使用支腿侧向工作时吊钩中心线至该支腿中心线的水平距离。

1.2.5 工作速度

起重机的工作速度包括起升、变幅、旋转和运行四个机构的工作速度。对伸缩臂架式起重机还包括吊臂伸缩速度和支腿收放速度。

① 起升速度——是指取物装置的上升速度（或下降速度），单位为 m/s 。

② 变幅速度——是指臂架式起重机的取物装置从最大幅度到最小幅度的平均线速度，单位为 m/s。

③ 旋转速度——是指起重机旋转时每分钟의转数，单位为 r/min。

④ 运行速度——是指桥式起重机大车、小车的运行速度，单位为 m/s。

表 1-5 列出了常用起重机的工作速度。

表 1-5 常用起重机的工作速度		m/s
起重机的工作速度	起重机类型	工作速度
起升速度	一般用途起重机	0.1~0.417
	装卸用起重机	0.667~1.5
	安装用起重机	<0.016
运行速度	桥式起重机与龙门起重机小车	0.733~0.833
	装卸桥小车	3~4
	桥式起重机大车	1.5~2
	龙门起重机大车	0.667~1
	门座起重机及装卸桥大车	0.333~0.5
	轮胎起重机	10~20km/h
	汽车起重机	50~65km/h
变幅速度	门座起重机(工作性)	0.667~1
	浮式起重机(工作性)	0.417~0.667
	汽车及轮胎起重机(调整性)	0.167~0.5
旋转速度	门座起重机	$n \approx 2r/min$
	汽车及轮胎起重机	$n \approx 2 \sim 3.5r/min$
	浮游起重机	$n \approx 0.5 \sim 2r/min$

1.2.6 生产率

起重机在一定的工作条件下，单位时间内完成的物品作业量称为生产率。

1.3 起重机的工作级别和工作类型

划分起重机的工作级别是为了对起重机金属结构和机构设计提供合理的基础，也是为用户和制造厂家进行协商时提供一个参考范围。在确定起重机的工作级别时，应考虑两个因素：利用等级和载荷状态。

1.3.1 起重机利用等级

起重机在有效寿命期间有一定的总工作循环数。起重机作业的工作循环是从准备起吊物品开始，到下一次准备起吊物品为止的整个作业过程。工作循环总数表征起重机的利用程度，它是起重机分级的基本参数之一。

工作循环总数与起重机的使用频率有关。为了方便起见，工作循环总数在其可能范围内，分成 10 个利用等级（表 1-6）。

工作循环总数除根据实际经验估算外，也可按式（1-1）计算得出，即：

$$N = \frac{3600YDH}{T}$$

(1-1)

式中 N——工作循环总数；

- Y——起重机的使用寿命，以年计算，与起重机的类型、用途、环境、技术和经济因素等有关；
- D——起重机一年中的工作天数；
- H——起重机每天的工作小时数；
- T——起重机一个工作循环的时间，s。

表 1-6 起重机的利用等级 (ISO 4301-1: 1986, GB/T 3811—2008)

利用等级	工作循环总数/次	备 注
U ₀	1.6×10 ⁴	不经常使用
U ₁	3.2×10 ⁴	
U ₂	6.3×10 ⁴	
U ₃	1.25×10 ⁵	
U ₄	2.5×10 ⁵	经常轻负荷使用
U ₅	5×10 ⁵	经常断续使用
U ₆	1×10 ⁶	不经常繁忙使用
U ₇	2×10 ⁶	繁忙使用
U ₈	4×10 ⁶	
U ₉	>4×10 ⁶	

1.3.2 起重机载荷状态

载荷状态是起重机分级的另一个基本参数，它表明起重机的主要机构——起升机构受载的轻重程度。载荷状态与两个因素有关：一个是实际起升载荷 Q_i 与额定载荷 $Q_{\max}$ 之比 ($Q_i/Q_{\max}$)；另一个是实际起升载荷 Q_i 的作用次数 N_i 与工作循环总数 N 之比 (N_i/N)。表示 $Q_i/Q_{\max}$ 和 N_i/N 关系的线图称为载荷谱。表 1-7 列出了四个起重机名义载荷谱系数 K_Q ，每个系数值代表一个名义的载荷状态。

$$K_Q = \sum_{i=1}^n \left[\frac{N_i}{N} \left(\frac{Q_i}{Q_{\max}} \right)^m \right]$$

(1-2)

- 式中 Q_i ——第 i 个实际起升载荷， $i=1, 2, 3, \cdots, n$ ；
- $Q_{\max}$ ——额定起升载荷（最大载荷）；
- N_i ——起升载荷 Q_i 的作用次数；
- N ——工作循环总数， $N = \sum_{i=1}^n N_i$ ；
- m ——材料疲劳试验曲线的指数，此处取 $m=3$ 。

根据计算所得的 K_Q 从表 1-7 中查得最接近（等于或稍大于）的名义载荷谱系数。

表 1-7 起重机名义载荷谱系数 K_Q

载 荷 状 态	名义载荷谱系数 K_Q	说 明
Q ₁ —轻	0.125	很少起吊额定载荷，一般起吊轻载荷
Q ₂ —中	0.25	有时起吊额定载荷，一般起吊中等载荷
Q ₃ —重	0.5	经常起吊额定载荷，一般起吊较重的载荷
Q ₄ —特重	1	频繁起吊额定载荷