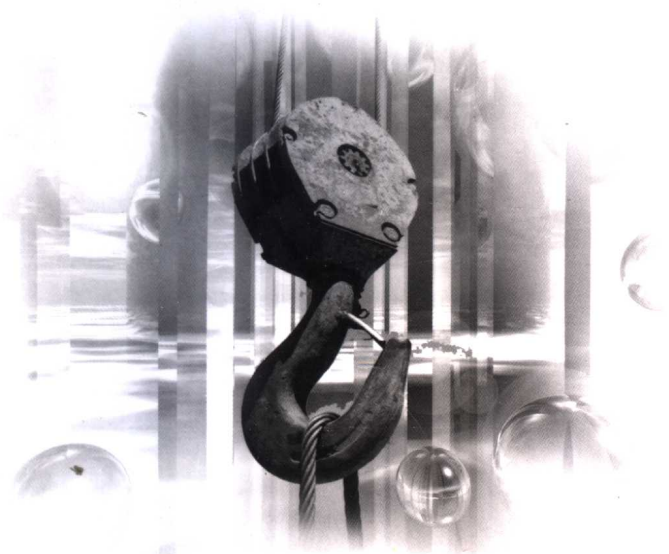


工○人○安○全○技○术○培○训○系○列○读○本

起重工安全技术

朱兆华 罗顶瑞 主编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

工人安全技术培训系列读本

起重工安全技术

朱兆华 罗顶瑞 主编



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

起重工安全技术/朱兆华, 罗顶瑞主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.5
(工人安全技术培训系列读本)
ISBN 7-5025-6982-0

I. 起… II. ①朱… ②罗… III. 起重机械—操作—安全技术 IV. TH21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 037059 号

工人安全技术培训系列读本

起重工安全技术

朱兆华 罗顶瑞 主编
责任编辑: 杜进祥 郭乃铎
文字编辑: 韩庆利
责任校对: 周梦华
封面设计: 关 飞

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 283 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6982-0

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序 言

党和政府高度重视安全生产工作。党的“十六大”强调要“高度重视安全生产，保护国家财产和人民生命的安全”。安全生产事关广大人民群众的根本利益，事关改革、发展和稳定的大局，是树立和落实以人为本、全面协调可持续发展观的具体体现，是全面建设小康社会的基础和保证，也是目前社会关注的焦点。

据统计，全世界每年有 120 万工人因职业事故和工作相关疾病失去生命。近年来，我国每年发生各类事故 100 万起，死亡约 13 万人。由于中国安全生产基础薄弱，许多企业安全欠账严重、设备老化，相当一部分生产经营单位安全投入不足，事故隐患大量存在，许多企业负责人和职工安全素质亟待提高，安全技术教育尤为迫切。目前，中国的计划生育政策从城市到乡村，得到广泛的实施，独生子女将成为新世纪的主要劳动力，这些人一旦发生伤亡事故和职业病，至少要影响三个家庭六个中老年人的生活。随着中国经济的发展，人民生活水平不断提高，人们对生产活动中的安全需求将会大大提高，人们会把安全、卫生、舒适的劳动条件作为职业选择的重要标准，对生产活动中安全-健康的关注已经上升到前所未有的高度。

知识就是力量。对劳动者进行安全技术知识的宣传、教育和普及，将会使他们加深对安全法规、标准以及安全规章的理解和认识，提高遵章守法的主动性和自觉性，真正做到“不伤害自己，不伤害别人，不被别人伤害”。故此，化学工业出版社特组织国内有关科研院所和企业的专家、学者共同编写了《工人安全技术培训系列读本》。

本系列读本各分册均围绕各专业工种的基础理论知识和基本操作技能，介绍各种作业条件下的安全要点及防护措施。我相信丛书的出版会受到广大技术工人的欢迎！

中国安全生产科学研究院副院长
中国职业安全健康协会副理事长兼秘书长

吴宗之

2005 年 3 月

前 言

随着科学技术飞速进步,中国加入世界贸易组织后与国际接轨,工业发展迅猛,生产业的制造、加工、处理等工艺设备越来越大,大型设备吊装新工艺及起重作业也越来越复杂。近几年来,国内外发生过多次重大起重吊装作业事故,造成严重的人员伤亡、经济损失。分析其主要原因,大部分是对起重吊装作业不甚了解和掌握、违章指挥和操作造成的。由于起重吊装专业书籍较少,操作规程和规范标准也不系统,起重吊装专业人员和有关管理人员未完全经正规培训,部分起重吊装安全操作技能失传。这是一个值得高度重视的问题。

目前国内外起重吊装专业书籍出版较早,起重吊装新工艺介绍较少,特别是很少将起重吊装专业技术和安全操作、安全管理紧密的结合起来。本书集起重吊装专业技术和安全操作、安全管理、查询手册、理论依据等内容为一体,具有深入浅出,通俗易懂,联系实际的特点。本书是自学、培训、考核及检查、监督、管理、指导起重吊装安全作业人员的专业技术书籍。

本书由朱兆华、袁凯飞、陶敬林策划,南京兆元安全环境科技服务有限公司组织编写,由朱兆华、罗顶瑞主编。由朱兆华、罗顶瑞统稿。

第一章由朱兆华、罗顶瑞编写;第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第九章由朱兆华编写;第七章由罗顶瑞、朱兆华编写;第八章由刘祖根、朱兆华编写。

本书在编审过程中,得到了江苏省安全生产监督管理局、中国石化南化公司、中国石化二公司、南京市安全生产监督管理局、江苏新世纪造船股份有限公司、南化公司化机厂、南京大件起重运输集团有限公司等单位及丛跃慈、赵昶东、乔克仁、张曾智、虞汉华、郑仁文、刘金宝、刘富胜、丁晓军、高讯、王中坚、朱旻、张明慧等同志

的大力支持，在此深表谢意。

若本书涉及起重设备、吊索具等技术标准和规范中的有关参数时，一律按国家最新标准执行。

本书编审时间仓促，不足之处难免，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

二〇〇五年二月

目 录

第一章 概论	1
第一节 起重吊装作业安全重要性	1
第二节 起重吊装作业的发展	2
第三节 起重吊装机械分类	5
第二章 基础知识	8
第一节 数学知识	8
第二节 静力学基础	12
第三节 材料力学基础	18
第四节 安全用电与登高作业	24
第五节 起重指挥信号	28
第六节 起重安全标志	52
思考题	54
第三章 常用索具与吊具	55
第一节 钢丝绳	55
第二节 麻绳	73
第三节 化学纤维绳	79
第四节 链条	81
第五节 卡环	83
第六节 吊钩	85
第七节 专用取物装置	89

第八节	吊索具近似许用负荷	92
第九节	起重负荷近似计算	95
思考题		101
第四章	常用起重机具	102
第一节	举重器.....	102
第二节	滑轮及滑轮组.....	104
第三节	电动卷扬机.....	109
第四节	桅杆.....	111
第五节	手拉葫芦.....	116
第六节	地锚.....	117
思考题		118
第五章	主要起重机械	119
第一节	起重机的工作参数.....	119
第二节	起重机工作类型.....	121
第三节	桥式起重机.....	122
第四节	自行动臂式起重机.....	142
第五节	塔式起重机.....	158
第六节	门座式起重机.....	171
第七节	起重机安全装置.....	186
思考题		196
第六章	起重机械安全管理与操作	197
第一节	起重机械的安全管理.....	197
第二节	起重机械安全操作要求.....	201

思考题.....	206
第七章 施工技术方案	207
第一节 起重作业技术方案内容.....	207
第二节 吊装技术方案编审人员资质与职责.....	211
第三节 起重工艺与特殊吊装.....	212
第四节 起重吊装技术方案实例简介.....	214
思考题.....	227
第八章 典型石化设备的现场吊装	228
第一节 热交换器抽芯.....	228
第二节 机泵揭盖.....	236
第三节 塔类设备吊装.....	238
思考题.....	246
第九章 起重事故案例分析点评	247
第一节 起重事故案例分析.....	247
第二节 典型重大起重事故案例讨论.....	259
附录	283
参考文献	297

第一章 概 论

第一节 起重吊装作业安全重要性

起重技术的发展,推动了起重安全技术的进步。起重作业安全技术是工业安全技术的重要组成部分,也是一门正在发展的并与多种学科交叉的分支学科。《起重工安全技术》是起重作业人员的必修课,各行业要广泛发动起重作业人员,认真钻研安全技术,不断提高安全技术水平及实际操作技能,提高自我保护能力,开展起重作业事故预测和预防工作,把事故消灭在萌芽状态。

随着国内外石油化学工业的迅速发展,石化装置处理能力日渐增大,所采用的工艺设备愈加庞大、复杂。由于有些设备不宜分段或解体后吊装,给吊装施工增加了难度,通常需要设置机具和桅杆,以多吊点、多套吊装机索具同时作业,较典型的吊装作业有:石油化工厂的高百米以上放空火炬或烟囱塔架的无锚点推举吊装;石油化工装置中高大塔器的双桅杆滑移法抬吊;500t级加氢反应器双500t大型吊车整体抬吊;化纤厂二甲苯塔的三桅杆抬吊;炼油催化再生器的四桅杆抬吊;千吨级反应器双门式桅杆抬吊;炼油厂焦化钢架的多套吊具、利用原有钢架内的焦炭塔作为吊装点、高重心整体抬吊;大型龙门吊主梁液压提升吊装;大型吊车抬吊作业以及体育场馆屋架数十根桅杆同步抬吊等大型吊装等。

目前,我国的安全生产工作正在经历着深刻的变化,施工和起重吊装单位安全生产工作面临着新的挑战 and 机遇,对安全生产工作提出了越来越高的要求。经济的全球化、现代化的大生产,特别是工业生产高度自动化、连续化及装备高速、高能量储备、高参数运行和大型化的特点,给安全生产带来了艰巨性和复杂性。当代生产过程中的事

故往往具有突发性、社会性和灾难性，使安全生产显得更加迫切和重要。近几年来，国内外发生过多次重大起重吊装作业事故，造成严重的人员伤亡、经济损失，分析其主要原因，大部分是对起重吊装作业不甚了解和掌握、违章指挥和违章操作造成的。因此要高度重视起重吊装安全工作，千万不能麻痹大意。

重大大型起重吊装事故一般伤亡巨大，损失惨重。

1. 大型造船龙门吊大梁吊装坠毁

某造船厂安装大型龙门吊过程中，在吊装龙门吊大梁（2000 余吨）时，由于调整钢丝绳受力不均衡，指挥操作失误，发生特大恶性事故，造成 2000 余吨的大梁坠落毁坏、大型吊装机具损失破坏，导致多人伤亡，其中 10 余名是吊装专业的教授、博士、高工等科技、教学、研究方面的精英，他们在大梁上面指挥协调操作时，随大梁从 50 多米高处坠下而引起伤亡事故。

2. 直升机吊装火炬头机毁人亡

某石化公司在安装放空火炬烟囱过程中，采用“直升机吊装火炬头”的方法，在火炬头吊装就位后摘除吊装索具时，由于指挥操作失误，发生吊装索具与飞机碰撞，飞机坠毁，造成死伤多人的恶性事故。

3. 大型吊车吊装设备吊耳断裂

某石化公司在安装大型设备时，采用“500t 吊车吊装加氢反应器”的方法，在吊装过程中，由于指挥操作失误、设备吊耳受力不均，导致吊耳撕裂，发生反应器坠落砸坏吊车的重大事故。

4. 吊车吊塔失稳摔毁

某石化公司在改扩建时，边生产、边施工，采用改造过的“580t 吊车”吊装焦炭塔，在吊装过程中，由于指挥操作失误、吊车失稳，发生设备和吊车摔毁、死伤多人恶性事故，还险些造成旁边正在运行的生产装置发生爆炸燃烧的灾难性事故。

大型吊装事故令人触目惊心，使我们更加认识到起重吊装作业安全的重要性。

第二节 起重吊装作业的发展

在古代社会，人们在生产劳动中就创造了很多简单的起重吊装方

法，制造了许多起重吊装设备。早在 3700 年前的商朝时期，人们就创造了用于吸水的桔槔，这是由杠杆、配重及吊桶构成的简单的起重吊装设备（也就是现在常用的杠杆）。明朝科学家宋应星于公元 1637 年在他的著作《天工开物》中对古代采煤起重吊装方法作了详细形象记载：人们用手摇绞车——辘轳从很深的煤井里把装在竹篮中的煤提到地面上来。到了 18 世纪，随着生产的发展，起重吊装作业越来越多，起重吊装机械得到了发展。进入 19 世纪，由于蒸汽和电力的出现，促进了起重吊装机械的进一步发展。

20 世纪，起重吊装设备在工业生产中被广泛采用，并成为生产工艺与操作过程中不可缺少的机械设备。新中国成立后，我国开始制造起重吊装机械。20 世纪 50 年代，起重吊装作业中出现了金属桅杆、重型金属桅杆和整体组合吊装技术。20 世纪 60 年代，起重吊装技术有了新的发展，创造了四桅杆组合吊装重 400 余吨设备的先进技术。70 年代，进入了特大吨位塔类设备综合整体吊装及特重型金属桅杆结构运用的新阶段。新型起重吊装设备的诞生和先进起重吊装技术的出现是和工业迅速发展同步进行的。80 年代以来，起重吊装在国民经济中已占有重要地位，起重吊装作业在设备安装工作中占有相当大的比重，约占安装总工期的 $1/3$ 以上，尤其是设备大型化的出现，设备整体质量大大增加，因而起重吊装技术又得到了发展。我国一些大中城市及沿海港口、码头，已采用集装箱进行吊装运输，随着大型造船业的发展，并开始使用与之相匹配的起重吊装运输机械，这把我们起重吊装作业机械化、大型化向前推进了一步。

随着科学技术的发展，起重吊装作业在各行业中也会有越来越多，越来越复杂，工业的快速发展，也使制造业、生产业的设备越来越大，起重吊装作业也向着大型化、机械化、自动化方向发展。

1. 大型吊车吊装

国内外工厂化制造，使小装置成为一个单体设备，有些大型生产设备，吨位很大，有数千吨的设备，也就有了数万吨级的吊车。目前德国德玛格（DEMAG）公司已生产出 6 万吨级（吊重 2.5kt）吊车，国内建筑市场也有 500~1200t 大型吊车在频繁使用。据了解，近几年石化企业在沿海某厂引进大型装置，其中有 2000t 级的整体设备，

国外公司总承包的工程项目提倡使用大型吊车吊装，这就需用 2 台以上、2000t 级以上的大型吊车完成。这也是对国内大型吊装市场在经济实力方面的一个严峻考验。

2. 自动监测及控制系统

在大型复杂的吊装作业中，起重机具的受力监测和控制非常重要，目前广泛使用的应力应变电测系统将会与计算机相结合，使之成为自动监测和控制系统。例如，南京国展中心屋架结构吊装和南京江南大酒店整体平移，均采用计算机控制，实现自动监测受力系统平衡。中原乙烯火炬吊装运用钢丝绳受力检测及报警系统，也取得了非常成功的结果。据了解，目前国内尚无大吨位（数十吨以上）、自动化程度高、便携易移位、操作方便的钢丝绳受力检测和检测设备。

3. 机索具轻小型化，减轻繁重危险的体力劳动

材料的再开发及合理利用，使起重吊装作业的机索具轻小型化和合理化是可行的，如日本已采用合成材料滚杠代替直径 80mm 的圆钢滚杠。进口卷扬机体积小、自重轻、起重能力大。危险部位的作业可用机器人加以完成。

4. 液压提升吊装方法

国内近几年兴起的液压提升设备，使吊车或桅杆不能解决的大型吊装作业用此方法完成。中石化某公司运用液压提升方法，成功完成烟台船厂龙门吊大型吊装工程。2003 年中石化已从英国引进一套 2500t 级液压提升装置，这为液压提升吊装自动化打下良好的基础。

5. 吊装方案软件的开发利用

利用计算机完成复杂的吊装设计、计算以及吊装过程的监测与控制，利用互联网络交流吊装新工艺、新技术、新设备等，目前已在国内外广泛运用。中国石化集团有关直属公司已开发了大型塔桅结构吊装软件、大型吊车吊装工艺方案软件等。

6. 吊装平衡装置

根据被吊设备和吊装机具及现场情况，通过分析计算，设计专用或通用吊装平衡装置，使得吊装机索具在受力状态下，自行调整各部受力，使其自动均衡，避免人为判断、指挥、操作失误。常用的吊装

平衡梁装置和串穿吊装机具的方法，都可以达到均匀、平衡目的。例如在南京炼油厂 72m 焦化钢架的八套吊具，利用原有钢架内的两台塔作为吊装点，高重心整体抬吊工艺方法的吊装过程中，采用每两对滑轮组之间串穿跑绳的办法，使得高重心的钢架在低吊点的整体抬吊吊装过程中，钢架本体、吊点和被吊点、吊装机具以及操作和控制系统，受力平衡、均匀，从而安全可靠度大大提高。

第三节 起重吊装机械分类

起重机械一般分为轻小型起重设备、桥式类型起重机、臂架式类型起重机、升降机四大类，详见图 1-1。当然，分类的方法较多，如何分类，有时要根据具体情况决定。

一、轻小型起重设备

轻小型起重设备主要指简易起重工具、卷扬机、葫芦等。简易起重工具指千斤顶（举重器）和滑车等。轻小型起重设备的主要特征是：一般只有一个升降机构，使重物作单一的升降运动，当然，在某些场所也可以进行水平运输，例如卷扬机既可进行升降运动，也可以进行水平运动，但这时重物也只能在一个方向上运动，也就是说，这既是升降设备，也可作为水平运输设备使用。

二、桥式类型起重机

桥式类型起重机主要包括：通用桥式起重机、堆垛起重机、龙门式起重机、冶金专用起重机、装卸桥及缆索起重机。桥式起重机的主要特征是：一般都具有起升机构、大车运行机构、小车运行机构等，它可使重物在一个有限的立体空间范围内向预先指定地点运动。桥式起重机的运动方向具有矢量性，即有垂直升降运动、水平运动和由大、小车同时以不同运行速度构成的合成运动。

桥式起重机因起重负荷大，在有限立体空间范围内运动，起重事故具有频繁性和严重性，因此预防事故发生的各种安全装置必须齐全、完好。

三、臂架式类型起重机

臂架式类型起重机可分为旋转臂架式和固定臂架式两类。旋转臂架式起重机包括塔式起重机、门座式起重机、浮式起重机、履带式起

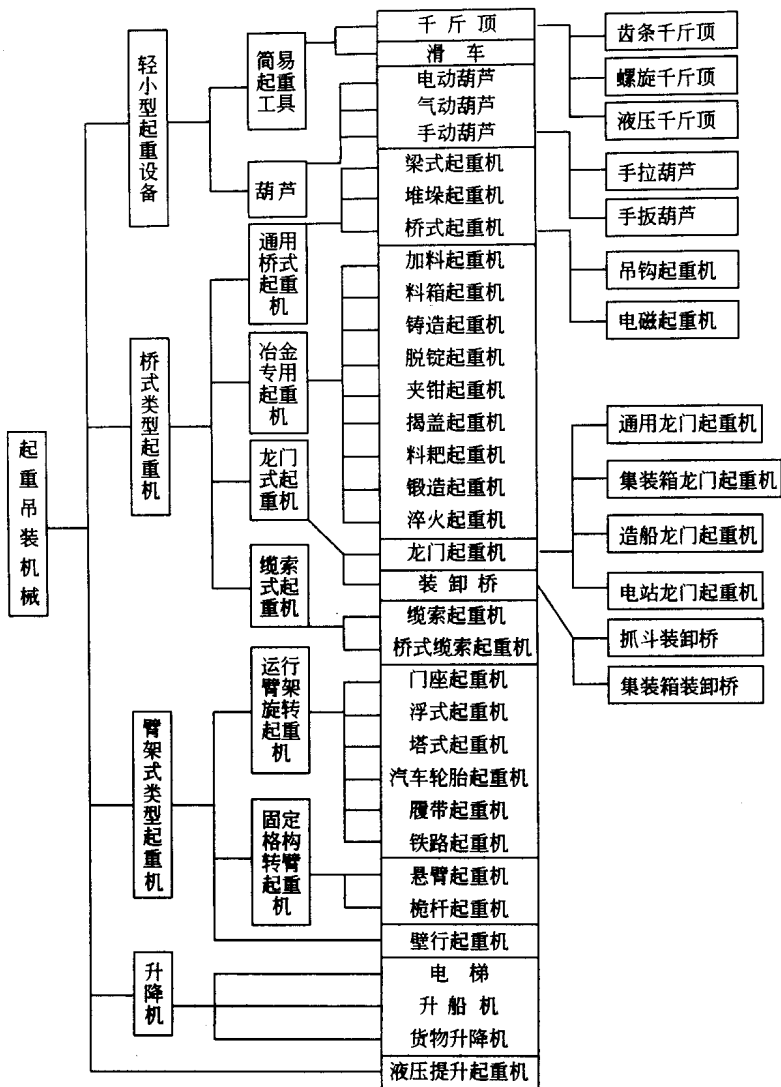


图 1-1 起重机械分类系统

重机、汽车式起重机、轮胎式起重机、铁路起重机。固定臂架式主要有悬臂式起重机和桅杆式起重机。旋转臂架式起重机的主要特征是：

一般都具有四大机构，即起重机构、变幅机构、旋转机构、运行机构。对于液压臂架式起重机还具有伸缩机构。臂架式起重机的运动方向具有矢量性，臂架的运动具有旋转性。臂架式起重机可使重物在一个有限的立体空间范围内向预先指定的地点运动，作业现场比较复杂，起重事故具有多发性和严重性。

固定臂架式起重机一般仅有起重机构，有些有变幅结构；结构比较简单，但是一些巨型起重机往往是固定臂架式，可以起吊数百吨的重物。

四、升降机

升降机可分为电梯、升船机和货物升降机三种。电梯主要用来载运人或物品；升船机主要是用来顶升船舶；货物升降机主要用来载运货物或设备。升降机的主要特征是都具有升降功能。