

建筑起重机械安全技术与管理

上海星宇建设集团有限公司 编
上海市建筑施工行业协会工程质量安全专业委员会

黄忠辉 顾问
徐建标 张家明 主编
严训 张常庆 陈兆 主审

建筑工业出版社



建筑起重机械安全技术与管理

上海星宇建设集团有限公司 编
上海市建筑施工行业协会工程质量安全专业委员会

黄忠辉 顾问
徐建标 张家明 主编
严训 张常庆 陈兆 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑起重机械安全技术与管理/上海星宇建设集团有限公司
限公司,上海市建筑施工行业协会工程质量安全专业
委员会编. —北京:中国建筑工业出版社,2012.5
ISBN 978-7-112-14074-9

I. ①建… II. ①上…②上… III. ①建筑机械:起
重机械-安全技术 IV. ①TH210.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 030234 号

责任编辑:邓 卫

责任设计:张 虹

责任校对:陈晶晶 刘 钰

建筑起重机械安全技术与管理

上海星宇建设集团有限公司 编
上海市建筑施工行业协会工程质量安全专业委员会

黄忠辉 顾问

徐建标 张家明 主编

严 训 张常庆 陈 兆 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京世知印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:23³/₄ 字数:580 千字

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月第一次印刷

定价:58.00 元

ISBN 978-7-112-14074-9

(22116)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编委会

顾问：黄忠辉

主编：徐建标 张家明

编委（按汉语拼音排序）：

蔡明桥 曹桂娣 陈 兆 程春化 崔一舟

丁水平 黄 毅 贾国瑜 陆荣根 施仁华

施雯钰 孙森木 汤坤林 吴成华 徐建标

严 训 张家明 张伟欣 郑爱伟 周 真

主审：严 训 张常庆 陈 兆

以下单位及领导在本书创作过程中作出了贡献：

徐建标 上海星宇建设集团有限公司 总经理

蔡明桥 上海市浦东新区建设（集团）有限公司 董事长

程春化 上海金正起重设备安装工程有限公司 总经理

丁水平 浙江德英建设机械制造有限公司 总经理

张伟欣 上海浦东新区三林桥路工程有限公司 总经理

郑爱伟 上海金虞机械有限公司 总经理

周 真 上海康爱住宅施工安装有限公司 总经理

前 言

建筑起重机械是房屋建筑和市政工程施工中用于物料的垂直和水平运输及构件安装的主要施工机械，也是高层建筑施工中用于作业人员上下乘运的重要设施。建筑起重机械属于危险性较大的专用设备，是涉及人身安全的特种设备。

这些年来，随着我国建筑业的持续快速发展，大中型市政建设项目和高层建筑的大量涌现，建筑起重机械的应用范围日益扩大，数量迅猛增多，各种新型产品层出不穷，各级政府及有关部门对建筑起重机械的安全监督管理日趋健全。但仍有一些单位专业人员不足，专业知识不强，技术能力低下，操作人员的安全技术素质不高，致使建筑起重机械的安全状况令人担忧。普及建筑起重机械的安全技术知识，是提高管理人员和操作人员安全技术水平的有效措施，是做好建筑起重机械安全监督管理工作的基础。

《建筑起重机械安全技术与管理》是一本以国家和建设行政主管部门的相关安全法律、法规、标准规范为依据，按照建筑行业安全监督管理的要求，结合建筑起重机械的理论知识 and 实践经验编写的安全技术与管理知识读本。对建筑起重机械的基本知识作了比较全面的介绍，并着重对塔式起重机、施工升降机、物料提升机、高处作业吊篮等几种常用的较大型建筑起重机械的结构、操作技术、安装拆卸、安全使用要求等方面作了比较系统的阐述。

本书内容丰富，通俗易懂，具有较强的指导性和实用性。既可作为建筑安全管理人员和各类机械操作人员的技术指导书，也可作为安全专业技术培训的教材。

本书在编写出版过程中，得到了上海市建设工程安全质量监督总站、上海市建设机械检测中心、上海市建工（集团）总公司、上海市机械施工有限公司、上海建工五建集团有限公司、上海市静安区建设工程质量（安全）监督站、上海市浦东新区建设工程安全质量监督站、上海市松江区建设工程安全质量监督站等单位的大力支持与帮助，谨此向各方面领导与专家表示衷心的感谢！

编者

2012年2月

目 录

0 建筑起重机械概论	1
0.1 建筑起重机械的发展	1
0.2 起重机械分类	4
1 基础知识	6
1.1 力学常识	6
1.2 重心和吊点位置的选择	7
1.3 物体重量的计算	9
1.4 电气常识	12
1.5 液压传动原理	20
2 小型起重设备和主要起重零部件	28
2.1 千斤顶	28
2.2 滑车和滑车组	29
2.3 葫芦	31
2.4 卷扬机和卷筒	33
2.5 吊钩	37
2.6 钢丝绳	39
2.7 螺旋扣	54
3 塔式起重机	55
3.1 塔式起重机的分类及特点	55
3.2 塔式起重机的组成及工作原理	62
3.3 塔式起重机的安全装置和稳定性	73
3.4 塔式起重机的安装与拆卸	87
3.5 塔式起重机的维护保养和常见故障	109
3.6 塔式起重机事故案例分析	120
4 流动式起重机、门式起重机	134
4.1 概述	134
4.2 履带式起重机	136
4.3 汽车式起重机	141
4.4 轮胎式起重机	146
4.5 门式起重机	147
5 施工升降机	155
5.1 施工升降机的型号和分类	155
5.2 施工升降机的性能参数	158

5.3 施工升降机的组成和工作原理 161

5.4 施工升降机的安全装置 174

5.5 施工升降机的安装与拆卸 183

5.6 施工升降机的维护保养与常见故障排除 198

5.7 施工升降机事故案例 203

6 物料提升机 208

6.1 物料提升机概述 208

6.2 物料提升机的类型 208

6.3 物料提升机的组成 210

6.4 物料提升机的工作原理 225

6.5 物料提升机的安装与拆卸 228

6.6 物料提升机的使用、保养和维修 237

6.7 物料提升机常见事故隐患与案例 249

7 高处作业吊篮 253

7.1 高处作业吊篮的特点、发展和用途 253

7.2 高处作业吊篮的类型和性能参数 254

7.3 高处作业吊篮的组成及工作原理 257

7.4 高处作业吊篮的安装与拆卸 276

7.5 高处作业吊篮的使用与维修保养 283

7.6 高处作业吊篮的常见故障与事故案例 292

8 建筑起重机械安全技术管理 298

8.1 建筑起重机械安全监督管理要求 299

8.2 建筑起重机械安全技术要求 307

8.3 建筑起重机械安全管理要求 327

0 建筑起重机械概论

起重机械是一种间歇动作的搬运设备。通过吊钩或其他吊具将重物悬挂在承载构件钢丝绳上，能够实现重物的提升、下降、一个或多个水平方向的移动，以重复的工作方式运移重物，这样的机械设备称为起重机械。建筑施工中使用的起重机械称为建筑起重机械。

0.1 建筑起重机械的发展

0.1.1 塔式起重机

塔式起重机主要用于房屋建筑施工中物料的垂直和水平输送及建筑构件的安装。塔式起重机简称塔机，亦称塔吊，起源于西欧。1941 年，有关塔式起重机的德国工业标准 DIN8670 公布。该标准规定以吊载 (t) 和幅度 (m) 的乘积 ($t \cdot m$)——起重力矩表示塔式起重机的起重能力。

我国的塔式起重机行业于 20 世纪 50 年代开始起步。从 20 世纪 80 年代开始，随着高层建筑的增多，塔式起重机的使用越来越普遍。进入 21 世纪，塔式起重机制造业进入了一个迅速的发展时期，自升式、水平吊臂式等塔式起重机得到了广泛应用。

从塔式起重机的技术发展方面来看，新的产品层出不穷，新产品在生产效能、操作保养便利性和运行可靠性方面均有提高。目前，塔式起重机的研究正向着组合式发展，即以塔身结构为核心，按结构和功能特点，将塔身分解成若干部分，并依据系列化和通用化要求，遵循模数制原理再将各部分划分成若干模块。根据参数要求，选用适当模块分别组成具有不同技术性能特征的塔式起重机，以满足施工的具体需求。推行组合式的塔式起重机有助于加快塔式起重机产品开发进度，节省产品开发费用，并能更好地为客户服务。

0.1.2 施工升降机

施工升降机从 20 世纪 70 年代开始应用于建筑施工中。20 世纪 70 年代中期研制了 76 型施工升降机，该机采用单驱动机构、五档涡流调速、圆柱涡轮减速器、柱销式联轴器和楔块捕捉式限速器，额定提升速度为 36.4m/min，最大额定载荷为 1000kg，最大提升高度为 100m，基本上满足了当时高层建筑施工的需要。20 世纪 80 年代，随着我国建筑业的迅速发展，高层建筑的不断增加，对施工升降机提出了更高的要求，在引进消化进口施工升降机的基础上，研制了 SCD200/200 型施工升降机。该机采用了双驱动形式、专用电机、平面二次包络涡轮减速器和锥形摩擦式双向限速器，最大额定载荷为 2000kg，最大提升高度为 150m，该机具有较高的传动效率和先进的防坠安全器，同时也增大了额定载荷和提升高度，达到了国外同类产品的技术性能，基本满足了施工的需要，已逐步成为国内使用最多的施工升降机基本机型。进入 20 世纪 90 年代，由于超高层建筑的不断出现，

施工升降机的运行速度已满足不了施工要求，更高速度的施工升降机应运而生，于是液压施工升降机和变频调速施工升降机先后诞生了。其最大提升速度达到了 90m/min，最大提升高度达到了 400m。但液压施工升降机综合性能低于变频调速施工升降机，所以应用甚少。同期，为了适应特殊建筑物的施工要求，还出现了倾斜式和曲线式施工升降机。

0.1.3 物料提升机

在我国，20 世纪 50 年代以前，建筑规模不大，生产力比较落后，建筑起重机械较少，建筑施工中多以人拉肩扛为主。为了解决起重问题，有人尝试用木料、竹料为架体，以人工牵拉作为动力搭建简单的起重机械。这是物料提升机的雏形。之后随着我国工业的发展，设备技术的提高，从 20 世纪 60 年代开始，建筑工地采用卷扬机作为动力，架体采用钢材拼装，出现了起重量较大的物料提升机。但是，其结构仍然比较简单，电气控制及安全装置也很不完善，普遍使用搬把式倒顺开关及挂钩式、弹闸式防坠落装置，操作时无良好的点动功能，就位不准。20 世纪 70 年代初，随着钢管扣件式脚手架的推行，出现了用钢管扣件搭建架体，使用揽风绳稳固的简易井架。虽然装拆十分方便，但架体刚度和承载能力较低，一般仅用于 7 层以下的多层建筑。在管理上，井架物料提升机的卷扬机和架体是分别管理的，架体作为周转器材管理，卷扬机作为动力设备管理。随着建筑市场规模的日益扩大，逐步出现了双立柱和三立柱的龙门架物料提升机。为了提高物料提升机的安全程度和起重能力，20 世纪 80 年代逐步淘汰了钢管和扣件搭建的物料提升机，开始采用型钢以刚性方式连接架设。20 世纪 90 年代初，建设部颁布了第一部物料提升机的行业标准《龙门架及井架物料提升机安全技术规范》(JGJ 88—92)，从设计制造、安装检验到使用管理，尤其是安全装置方面作出了较全面的规定。用于建筑施工的物料提升机，经过几十年的发展，尤其是《龙门架及井架物料提升机安全技术规范》实施以来，其结构性能有了较大提高，应用范围越来越广，但规模化的生产体系尚未建立。企业自制和小企业非规模化生产的痕迹较重，产品质量参差不齐，安装、使用以及维修保养存在诸多问题。随着建筑业的飞速发展，对物料提升机的可靠性和安全性提出了越来越高的要求。

0.1.4 高处作业吊篮

高处作业吊篮是由吊架演变发展而来的。早在 20 世纪 60 年代，我国已在少数重点工程上使用吊架。20 世纪 70 年代初吊架应用面逐渐扩大。20 世纪 80 年代初期，吊架悬吊平台的驱动，由设置在建（构）筑物上部的卷扬机滑轮组完成，悬吊平台由型钢焊接组成，这就是早期的高处作业吊篮。20 世纪 80 年代中期，通过吸收国外高处作业吊篮的有关技术，开发出了高处作业吊篮专用升降机，增加了安全装置，进一步完善和提高了产品质量和安全性能。随着高处作业吊篮使用量的日益增加，为了规范高处作业吊篮的设计、加工、生产、试验和使用，促进行业更好地发展，建设部于 1992 年至 1993 年间颁布了《高处作业吊篮》、《高处作业吊篮用安全锁》、《高处作业吊篮用升降机》、《高处作业吊篮性能试验方法》、《高处作业吊篮安全规则》等五部行业标准，2003 年上述标准修订升级为国家标准《高处作业吊篮》(GB 19155—2003)，对高处作业吊篮作了进一步的规范。

随着我国建筑业的发展，高层建筑的增多，高处作业吊篮使用越来越普遍。进入 21

世纪，高处作业吊篮制造业进入了一个高速发展的时期。据不完全统计，高处作业吊篮的专业制造厂家从 1999 年底只有 20 多家，到 2008 年底已经发展到近百家。从高处作业吊篮技术发展方面来看，新的产品层出不穷，新产品在操作便利性、使用可靠性等方面都有了提高，其发展趋势表现在以下几方面：①轻型化，采用铝合金悬吊平台及轻巧的提升机、安全锁、悬挂机构；②安全装置标准化，按照规范要求配置齐全有效的安全装置；③控制系统自动化，如悬吊平台自动调平装置、多点精确限载装置、工作状态自动显示与故障自动报警装置等。

0.1.5 流动式起重机

流动式起重机 (mobile crane)，国内用户大多翻译为移动式起重机，但国家标准《起重机械名词术语》定义为流动式起重机。流动式起重机主要包括轮式起重机（汽车起重机、轮胎起重机）、履带式起重机、专用流动式起重机等。

中国古代灌溉农田用的桔是臂架型起重机的雏形。14 世纪，西欧出现了人力和畜力驱动的转动臂架型起重机，19 世纪前期，出现了桥式起重机。当时起重机的重要磨损件如轴、齿轮和吊具等开始采用金属材料制造，并开始采用水力驱动。19 世纪后期，蒸汽驱动的起重机逐渐取代了水力驱动的起重机。20 世纪 20 年代开始，由于电气工业和内燃机工业迅速发展，以电动机或内燃机为动力装置的各种起重机基本形成。进入工业时代后，可移动的机械式起重机应运而生。经过上百年的发展，流动式起重机已经派生出汽车起重机、履带式起重机、全路面起重机等分支。

汽车式起重机 (Truck Crane) 在 20 世纪初发源于欧洲，其采用载重卡车底盘，搭载桁架臂或箱形液压伸缩臂，能在普通道路上行驶和作业。全路面起重机 (All Terrain Crane) 于 20 世纪 60 年代发源于欧洲，其采用专门设计的多轴全轮驱动底盘，油气悬挂，液压减振，可实现全轮转向、全桥驱动，搭载桁架臂或箱形液压伸缩臂。全路面起重机具有更高的场地适应性，起重能力更强，技术含量更高，当然造价也更高。

1945 年“二战”结束后，战后重建工程使汽车起重机和履带式桁架臂起重机，取代了战前的缆索式起重机。此时的起重机，传动装置仍以机械传动为主，部分采用液压助力装置；结构部分已由铆接变为焊接，并开始使用高强度钢材。桁架式臂架开始采用合金钢管、型钢焊接而成。此外制定了钢丝绳的技术标准，实现规格化批量生产，流动式起重机的性能和可靠性有了显著改善。

进入 20 世纪 60 年代，美国在移动式起重机市场已经确立了世界霸主地位。欧洲也不甘落后，1963 年，英国 COLES 公司推出 100t 级汽车起重机，为当时世界之最。1965 年格鲁夫生产了首台箱形伸缩臂起重机并出口德国，1968 年推出全球第一台具备回转结构的全路面起重机，1970 年推出使用箱形伸缩臂的全路面起重机。1971 年，COLES 推出的 Colossus L6000 型汽车起重机，最大起重能力达到 250t。1973 年 COLES 推出使用箱形伸缩臂的 LH1000 型汽车起重机。

流动式起重机的大型化趋势已是不争的事实，不断增大的吊装项目是促使起重设备大型化的催化剂。2006 年，在内蒙古鄂尔多斯草原上，由世界起重运输的巨无霸玛蒙特承担的神华煤液化反应器的吊装顺利完成，这是中国吊装史上的一项纪录，此次吊装的煤液化反应器单台重量达 2103t，采用玛蒙特的双臂平台 3000t 级双环轨起重机，历时 11h 完

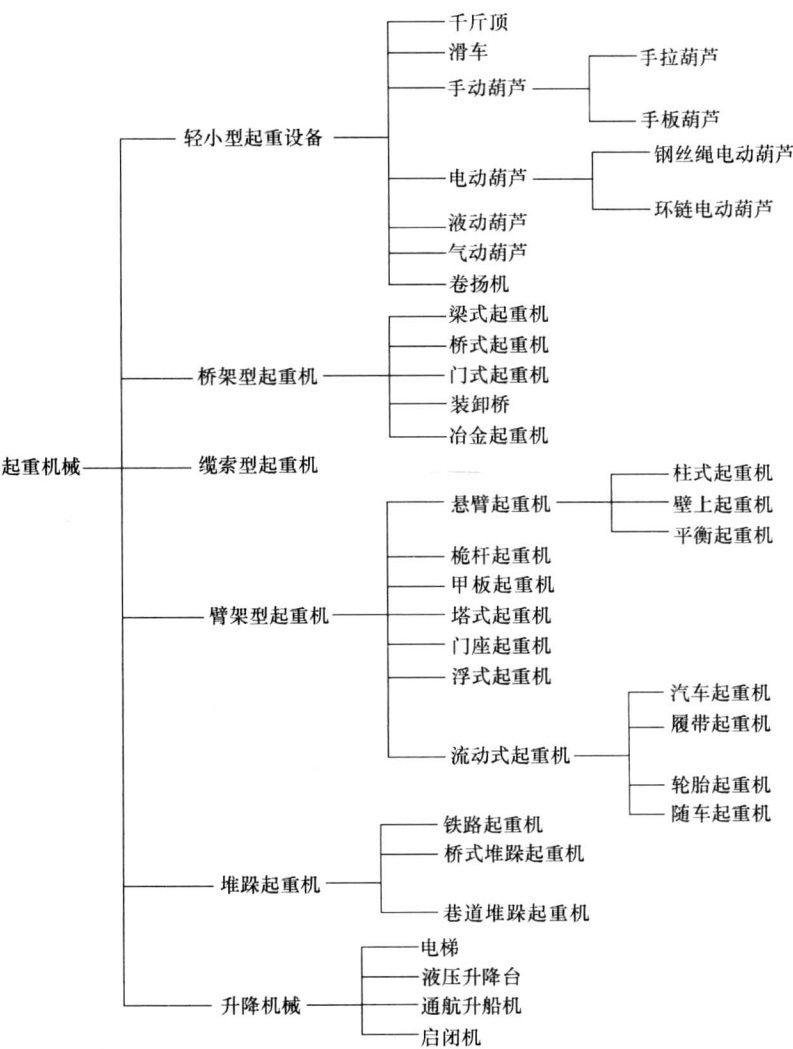
成吊装就位。2006 年 6 月 28 日，中国石油天然气第一建设公司创造了中国吊装史上的又一个纪录，用利勃海尔 1350t 履带式起重机成功完成总重 1206t 的石化加氢脱硫装置的反应器的安装，创履带式起重机在中国的吊装之最。

虽然我国履带式起重机起步较晚，但是近几年发展得非常快。目前已下线最大吨位的国产履带式起重机是中联重科、三一重工各自生产的 3200t 履带式起重机。

0.2 起重机械分类

起重机械可分为小型起重设备、起重机、升降机三大类，本书主要讲述建筑施工中常用的塔式起重机、门式起重机、流动式起重机和施工升降机、物料提升机。根据《起重机 术语 第一部分“通用术语”》GB/T 6974.1—2008 规定的分类方法，起重机械分类如表 0-1 所示。

起重机械分类表 表 0-1



起重机包括的品种很多，因此分类的方法也很多，主要有以下几种分类方法：

(1) 按起重机的构造分类：桥架型起重机、缆索型起重机、臂架型起重机；

(2) 按起重机的取物装置和用途分类：吊钩起重机、抓斗起重机、电磁起重机、冶金起重机、堆垛起重机、集装箱起重机、安装起重机、救援起重机；

(3) 按起重机的移动方式分类：固定式起重机、运行式起重机、爬升式起重机、便携式起重机、随车式起重机、辐射式起重机；

(4) 按起重机工作机构的驱动方式分类：手动式起重机、电动起重机、液压起重机、内燃起重机、蒸汽起重机；

(5) 按起重机的使用场合分类：车间起重机、机器房起重机、仓库起重机、料场起重机、建筑起重机、工程起重机、港口起重机、船厂起重机、坝顶起重机、船用起重机。

还有其他一些分类方法，如按回转能力分类、按支承方式分类等等。

1 基础知识

1.1 力学常识

1.1.1 力的概念

力是一个物体对另一个物体的作用，它包括了两个物体，一个叫受力物体，另一个叫施力物体，其效果是使物体的运动状态发生变化，或使物体变形。

力使物体运动状态发生变化的效应称为力的外效应，使物体产生变形的效应称为力的内效应。力是物体间的相互机械作用，力不能脱离物体而独立存在。

1.1.2 力的三要素

力的大小表明物体间作用力的强弱程度；力的方向表明在该力的作用下，静止的物体开始运动的方向，作用力的方向不同，物体运动的方向也不同；力的作用点是物体上直接受力作用的点。在力学中，把力的大小、方向和作用点称为力的三个要素。

如图 1-1 所示，用手拉伸弹簧，用的力越大，弹簧拉得越长，这表明力产生的效果跟力的大小有关系；用同样大小的力拉弹簧和压弹簧，拉的时候弹簧伸长、压的时候弹簧缩短，说明力的作用效果跟力的作用方向有关系。如图 1-2 所示，用扳手拧螺母，手握在扳手手柄的 A 点比 B 点省力，所以力的作用效果与力的方向和力的作用点有关。三要素中任何一个要素改变，都会使力的作用效果改变。

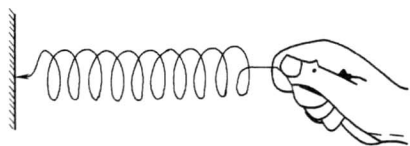


图 1-1 手拉弹簧

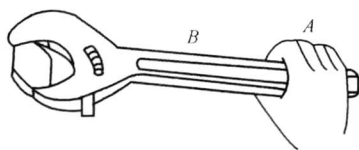


图 1-2 用扳手拧螺母

1.1.3 力的单位

在国际单位制中，力的单位用牛顿或千牛顿表示，简称为牛（N）或千牛（kN）。工程上曾习惯采用公斤力、千克力（kgf）和吨力（tf）来表示。它们之间的换算关系为：

$$1\text{牛(N)}=0.102\text{公斤力(kgf)}$$

$$1\text{吨力(tf)}=1000\text{公斤力(kgf)}$$

$$1\text{千克力(kgf)}=1\text{公斤力(kgf)}=9.807\text{牛(N)}\approx 10\text{牛(N)}$$

1.1.4 力的合成与分解

力是矢量，力的合成与分解都遵从平行四边形法则，如图 1-3 所示。

平行四边形法则实质上是一种等效替换的方法。一个矢量（合矢量）的作用效果和另外几个矢量（分矢量）共同作用的效果相同，就可以用这一个矢量代替那几个矢量，也可以用那几个矢量代替这一个矢量，而不改变原来的作用效果。

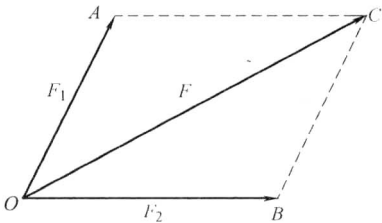


图 1-3 平行四边形法则

在分析同一个问题时，合矢量和分矢量不能同时使用。也就是说，在分析问题时，考虑了合矢量就不能再考虑分矢量，考虑了分矢量就不能再考虑合矢量。

1.1.5 力的平衡

作用在物体上几个力的合力为零，这种情形叫做力的平衡。

在起重吊装作业中，因力的不平衡可能造成被吊运物体的翻转、失控、倾覆，只有被吊运物体上的力保持平衡，才能保证物体处于静止或匀速运动状态，才能保持被吊物体稳定。

1.2 重心和吊点位置的选择

1.2.1 重心

重心是物体所受重力的合力的作用点，物体的重心位置由物体的几何形状和物体各部分的质量分布情况决定。质量分布均匀、形状规则的物体的重心在其几何中点。物体的重心可能在物体的形体之内，也可能在物体的形体之外。

(1) 物体的形状改变，其重心位置可能不变。如一个质量分布均匀的立方体，其重心位于几何中心。当该立方体变为一长方体后，其重心仍然在其几何中心。当一杯水倒入一个弯曲的玻璃管中，其重心就发生了变化。

(2) 物体的重心相对物体的位置是一定的，它不会随物体放置的位置改变而改变。

1.2.2 重心的确定

(1) 材质均匀、形状规则的物体的重心位置容易确定，如均匀的直棒，它的重心在它的中心点上，均匀球体的重心就是它的球心，直圆柱的重心在它的圆柱轴线的中点上。

(2) 对形状复杂的物体，可以用悬挂法求出它们的重心。如图 1-4 所示，方法是在物体上任意找一点 A，用绳子把它悬挂起来，物体的重力和悬索的拉力必定在同一条直线上，也就是重心必定在通过 A 点所作的竖直线 AD 上；再取任一点 B，同样把物体悬挂起来，重心必定在通过 B 点的竖直线 BE 上。这两条直线的交点，就是该物体的重心。

1.2.3 吊点位置的选择

在起重作业中，应当根据被吊物体来选择吊点位置，吊点位置选择不当就会造成绳索

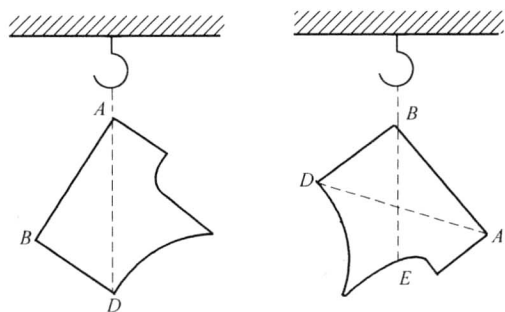


图 1-4 悬挂法求形状不规则物体的重心

受力不均，甚至发生被吊物体转动、倾覆的危险。吊点位置的选择，一般按下列原则进行：

(1) 吊运各种设备、构件时要用原设计的吊耳或吊环。

(2) 吊运各种设备、构件时，如果没有吊耳或吊环，可在设备的四个端点上捆绑吊索，然后根据设备具体情况选择吊点，使吊点与重心在同一条垂线上。但有些设备未设吊耳或吊环，如各种罐类以及重要设备，往往有吊点标记，应仔细检查。

(3) 吊运方形物体时，四根绳应拴在物体的四边对称点上。

(4) 吊装细长物体时，如桩、钢筋、钢柱、钢梁杆件，应按计算确定的吊点位置绑扎绳索，吊点位置的确定有以下几种情况：

① 一个吊点：起吊点位置应设在距起吊端 $0.3L$ (L 为物体的长度) 处。如钢管长度为 10m ，则捆绑位置应设在钢管起吊端距端部 $10 \times 0.3 = 3\text{m}$ 处，如图 1-5 (a) 所示。

② 两个吊点：如起吊用两个吊点，则两个吊点应分别距物体两端 $0.21L$ 处。如果物体长度为 10m ，则吊点位置为 $10 \times 0.21 = 2.1\text{m}$ ，如图 1-5 (b) 所示。

③ 三个吊点：如物体较长，为减少起吊时物体所产生的应力，可采用三个吊点。三个吊点位置确定的方法是，首先用 $0.13L$ 确定出两端的两个吊点位置，然后把两吊点间的距离等分，即得第三个吊点的位置，也就是中间吊点的位置。如杆件长 10m ，则两端吊点位置为 $10 \times 0.13 = 1.3\text{m}$ ，如图 1-5 (c) 所示。

④ 四个吊点：选择四个吊点，首先用 $0.095L$ 确定出两端的两个吊点位置，然后再把两吊点间的距离进行三等分，即得中间两吊点位置。如杆件长 10m ，则两端吊点位置分别距两端 $10 \times 0.095 = 0.95\text{m}$ ，中间两吊点位置分别距两端 $10 \times 0.095 + 10 \times (1 - 0.095 \times 2) / 3 = 3.65\text{m}$ ，如图 1-5 (d) 所示。

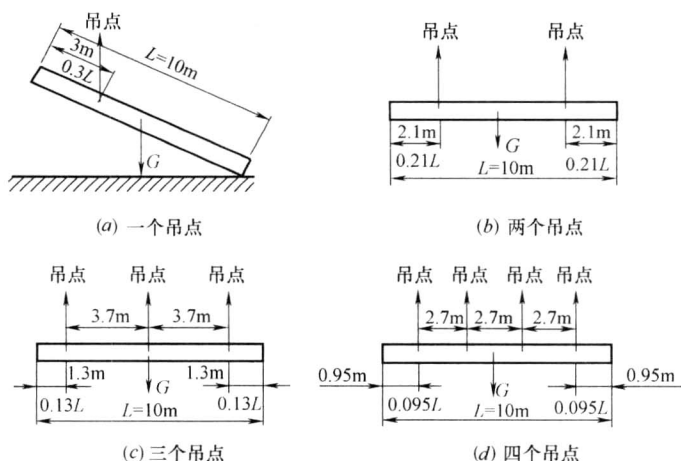


图 1-5 吊点位置选择示意图

1.3 物体重量的计算

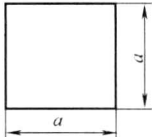
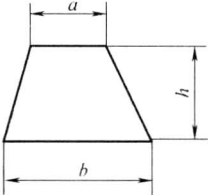
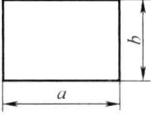
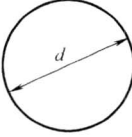
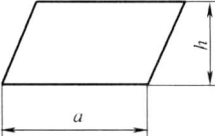
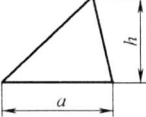
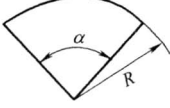
质量表示物体所含物质的多少，是由物体的体积和材料密度所决定的；重量是表示物体所受地球引力的大小，是由物体的体积和材料的容重所决定的。物体的质量与重量的值近似相等，因此，在日常生活中，也用质量的多少代替重量的大小。为了正确的计算物体的重量，必须掌握物体体积的计算方法和各种材料密度等有关知识。

1.3.1 长度的量度

工程上常用的长度基本单位是毫米（mm）、厘米（cm）和米（m）。它们之间的换算关系是 1m=100cm=1000mm。

1.3.2 面积的计算

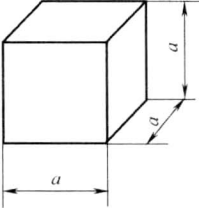
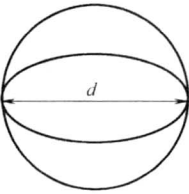
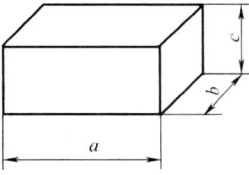
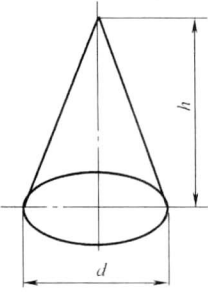
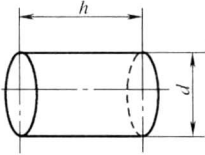
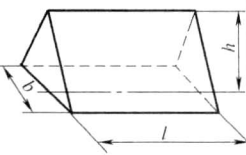
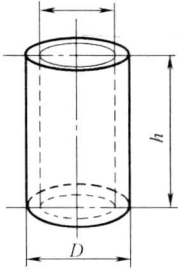
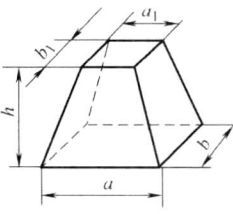
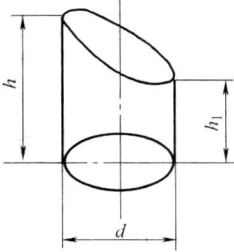
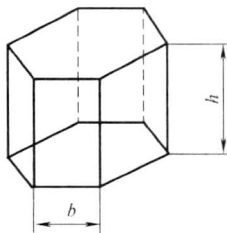
物体体积的大小与它本身截面积的大小成正比。各种平面几何图形的面积计算公式见表 1-1。

平面几何图形的面积计算公式				表 1-1	
名称	图形	面积计算公式	名称	图形	面积计算公式
正方形		$S=a^2$	梯形		$S=\frac{(a+b)h}{2}$
长方形		$S=ab$	圆形		$S=\frac{\pi}{4}d^2$ (或 $S=\pi R^2$) d —圆直径; R —圆半径
平行四边形		$S=ah$	圆环形		$S=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)$ $=\pi(R^2-r^2)$ d 、 D —分别为内、外圆环直径; r 、 R —分别为内、外圆环半径
三角形		$S=\frac{1}{2}ah$	扇形		$S=\frac{\pi R^2 \alpha}{360}$ α —圆心角(度)

1.3.3 物体体积的计算

对于简单规则的几何形体的体积，可按表 1-2 中的计算公式计算。对于复杂的物体体积，可将其分解成数个规则的或近似的几何形体，求其体积的总和。

各种几何形体体积计算公式 表 1-2

名称	图形	公式	名称	图形	公式
立方体		$V=a^3$	球体		$V=\frac{4}{3}\pi R^3=\frac{1}{6}\pi d^3$ R —底圆半径; d —底圆直径
长方体		$V=abc$	圆锥体		$V=\frac{1}{12}\pi d^2 h=\frac{\pi}{3}R^2 h$ R —底圆半径; d —底圆直径
圆柱体		$V=\frac{\pi}{4}d^2 h$ $=\pi R^2 h$ R —半径	任意三棱体		$V=\frac{1}{2}bhl$ b —边长; h —高; l —三棱体长
空心圆柱体		$V=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)h$ $=\pi(R^2-r^2)h$ r, R —内、外半径	截头方锥体		$V=\frac{h}{6}\times[(2a+a_1)b+(2a_1+a)b_1]$ a, a_1 —上下边长; b, b_1 —上下边宽; h —高
斜截正圆柱体		$V=\frac{\pi}{4}d^2\frac{(h_1+h)}{2}$ $=\pi R^2\frac{(h_1+h)}{2}$ R —半径	正六角棱柱体		$V=\frac{3\sqrt{3}}{2}b^2 h$ $V=2.598b^2 h=2.6b^2 h$ b —底边长