

特种作业人员安全技术培训系列丛书



起重作业人员 安全技术

谢静 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

特种作业人员安全技术培训系列丛书

起重作业人员安全技术

谢 静 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了起重作业人员所应掌握的安全技术知识,包括起重机的基础知识、通用部件安全技术、安全防护装置、通用安全技术以及桥架式、流动式和塔式起重机的安全技术和安全操作。同时还介绍了起重机的安全管理方法和起重作业事故案例。

本书可供起重机司机、起重司索工和起重指挥人员使用,也可供企事业单位安全、设备管理人员及大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

起重作业人员安全技术 / 谢静编著. —北京:
中国石化出版社, 2010. 5
(特种作业人员安全技术培训系列丛书)
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0372 - 8

I. ①起… II. ①谢… III. ①起重机械 - 操作 - 安全技术 - 技术培训 - 教材 IV. ①TH210. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 066465 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 12.5 印张 239 千字

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

定价: 30.00 元

前 言

随着经济的持续快速发展，我国起重机械的数量不断增多。而起重机械事故近几年高居各类设备事故第一位，事故隐患十分突出，安全形势十分严峻。

正是由于起重作业容易发生人员伤亡事故，对操作者本人、他人及周围设施的安全可能造成重大的危害，我国已将起重作业归入特种作业进行管理。而起重作业人员也就归为特种作业人员，起重作业人员包括起重机司机、司索工、信号指挥工和安装与维修工。

对于特种作业人员，国家安监总局在《关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见》中规定，必须接受与其工种相适应的、专门的安全技术培训，经安全技术理论考核和实际操作技能考核合格，取得特种作业操作证后，方可上岗作业。在由国家安监总局和国家煤矿安全监察局共同发布的《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》中，对于起重机司机、起重司索工和起重指挥人员的培训大纲考核内容都作了详细的规定。

本书根据这些考核标准的规定，详细地对起重作业人员应该掌握的安全技术知识进行了阐述。主要包括起重机的基础知识、通用部件安全技术、安全防护装置、通用安全技术以及桥架式、流动式和塔式起重机的安全技术和安全操作、起重机的安全管理方法和起重作业事故案例。基本包括了考核标准中关于起重机司机、起重司索工和起重指挥人员三种类别起重作业人员所规定的安全技术知识。

本书在编写过程中，参阅了很多相关的文献，对这些文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请专家、读者指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 起重机的分类	(3)
第三节 起重机的组成	(6)
第四节 起重机械的主要参数	(8)
第五节 起重机的载荷	(9)
第六节 起重机的工作级别	(12)
第七节 起重作业人员的资质考核	(15)
第二章 起重机通用部件的安全技术	(17)
第一节 取物装置	(17)
第二节 钢丝绳	(21)
第三节 滑轮和卷筒	(33)
第四节 制动器	(40)
第三章 起重机安全防护装置	(47)
第一节 安全防护装置的种类及技术要求	(47)
第二节 超载限制器	(48)
第三节 力矩限制器	(51)
第四节 缓冲器	(54)
第五节 极限位置限制器	(56)
第六节 防风防滑安全装置	(57)
第七节 其他安全防护装置	(60)
第四章 起重作业通用安全技术	(63)
第一节 吊运物体的稳定性	(63)
第二节 吊装物体的绑扎方法	(65)
第三节 起重吊运指挥信号	(69)
第四节 起重机用电安全	(84)
第五节 高处作业安全	(92)
第五章 桥架式起重机安全技术	(94)
第一节 概述	(94)
第二节 桥架式起重机的起升机构	(95)

第三节	大车运行机构和小车运行机构	(98)
第四节	桥架式起重机的金属结构	(105)
第五节	桥架式起重机的安全检验	(110)
第六节	桥式起重机安全操作规程	(114)
第七节	桥架式起重机的检查和维护	(116)
第八节	桥式起重机常见故障及排除方法	(118)
第六章	流动式起重机安全技术	(122)
第一节	概述	(122)
第二节	流动式起重机的稳定性	(126)
第三节	流动式起重机的载荷试验	(128)
第四节	流动式起重机的安全操作规程	(130)
第五节	流动式起重机的维护与保养	(133)
第六节	流动式起重机常见故障及排除方法	(136)
第七章	塔式起重机安全技术	(139)
第一节	塔式起重机的分类	(139)
第二节	塔式起重机的构造	(141)
第三节	塔式起重机的安装和拆卸	(146)
第四节	塔式起重机的稳定性	(152)
第五节	塔式起重机的安全管理和操作	(155)
第六节	塔式起重机常见故障及排除方法	(159)
第八章	起重机安全管理	(162)
第一节	起重机风险分析	(162)
第二节	起重机安全管理方法	(167)
第三节	起重机安全管理法规及标准	(172)
第九章	事故案例分析	(175)
第一节	概述	(175)
第二节	事故案例	(175)
参考文献		(192)

第一章 绪 论

第一节 概 述

起重机械被广泛地应用于各种物料的起重、运输、装卸、安装和人员输送等作业中，是现代工业生产中不可缺少的设备。起重机械通过工作机构的组合运动，把物料提升，在空间一定范围内移动，然后按要求将物料安放到指定位置，空载回到原处，准备再次作业，从而完成一次物料搬运的工作循环。

在现代生产中，起重机不仅在物料运输领域起着重要作用，而且有些起重机还直接参与生产工艺过程，成为工艺设备的主要组成部分，大大提高了劳动效率，同时减轻了劳动强度。起重设备还进入人们的工作和生活领域，例如公共场所的电梯、娱乐场所的大型升降游艺机等，提高了人们的生活和生存质量。

一、起重作业的特点

从安全角度分析，起重作业具有以下特点：

① 起重机械通常结构庞大，机构复杂，能完成起升运动、水平运动。例如，桥式起重机能完成起升、大车运行和小车运行 3 个运动；门座起重机能完成起升、变幅、回转和大车运行 4 个运动。在作业过程中，常常是几个不同方向的运动同时操作，技术难度较大。

② 起重机械所吊运的重物多种多样，载荷是变化的。有的重物重达几百吨乃至上千吨，有的物体长达几十米，形状也很不规则，有散粒、热融状态、易燃易爆危险物品等，吊运过程复杂而危险。

③ 大多数起重机械，需要在较大的空间范围内运行，有的要装设轨道和车轮（如塔吊、桥吊等）；有的要装上轮胎或履带在地面上行走（如汽车吊、履带吊等）；有的需要在钢丝绳上行走（如客运、货运架空索道），活动空间较大，一旦造成事故影响的范围也较大。

④ 有的起重机械需要直接载运人员在导轨、平台或钢丝绳上做升降运动（如电梯、升降平台等），其可靠性直接影响人身安全。

⑤ 起重机械暴露的、活动的零部件较多，且常与吊运作业人员直接接触（如吊钩、钢丝绳等），潜在许多偶发的危险因素。

⑥ 作业环境复杂。从大型钢铁联合企业，到现代化港口、建筑工地、铁路枢纽、旅游胜地，都有起重机械在运行；作业场所常常会遇有高温、高压、易燃

易爆、输电线路、强磁等危险因素，对设备和作业人员形成威胁。

⑦ 起重机械作业中常常需要多人配合，共同进行。一个操作，要求指挥、捆扎、驾驶等作业人员配合熟练、动作协调、互相照应。作业人员应有处理现场紧急情况的能力。多个作业人员之间的密切配合，通常存在较大的难度。

二、起重作业伤害事故的特点

① 事故大型化、群体化，一起事故有时涉及多人，并可能伴随大面积设备设施的损坏。

② 事故类型集中，一台设备可能发生多起不同性质的事故是不常见的。

③ 事故后果严重，只要是伤及人，往往是恶性事故，一般不是重伤就是死亡。

④ 伤害涉及的人员可能是司机、司索工和作业范围内的其他人员，其中司索工被伤害的比例最高。

⑤ 在安装、维修和正常起重作业中都可能发生事故。其中，起重作业中发生的事故最多。

⑥ 事故高发行业中，建筑、冶金、机械制造和交通运输等部门较多，与这些部门起重设备数量多、使用频率高、作业条件复杂有关。

⑦ 起重事故类别与机种有关，重物坠落是各种起重机共同的易发事故，此外还有桥架式起重机的夹挤事故，汽车起重机的倾翻事故，塔式起重机的倒塔折臂事故，室外轨道起重机在风载作用下的脱轨翻倒事故以及大型起重机的安装事故等。

三、起重作业人员的要求

基于起重作业的特殊性，为了保证起重机械的安全运行，国家将其列为特种设备加以管理，而起重作业人员被列为特种作业人员。起重作业人员包括起重机司机、司索工(起重工)和指挥员。起重机司机是指操作各种类型起重机的驾驶人员。司索工指在起重作业中，从事对物体进行绑扎、挂钩的作业人员。指挥员指在起重作业中，负责发出各种起重信号指令的作业人员。

起重作业人员要求身体健康，初中以上文化，无妨碍从事起重作业的疾病和生理缺陷，年满18周岁以上。按国家有关规定，经专门的安全作业培训，取得国家统一格式的特种作业人员资格证书后，方可持证从事相应的起重作业项目的工作。离开本岗位6个月以上，重新上岗前，须经实际能力考试合格和理论考试合格后方可上岗；起重作业人员在其操作证有效期到期时，必须参加复审，复审合格后，方可继续从事本岗位作业，否则，应调离起重作业岗位。起重作业人员(或单位)必须妥善保管从业资格证，不得涂改、伪造。

第二节 起重机的分类

对现代起重机械来说,按其构造类型,可分为轻小起重设备、升降机和起重

一、轻小起重设备

轻小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、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。它虽然也只有一个升降机构,但由于配有完善的安全装置及其他附属装置,其复杂程度是轻小起重设备不能比拟的,故列为单独一类。

三、起重机

起重机是指除了起升机构以外还有其他运动机构的起重设备。根据水平运动形式的不同,分为桥架类型起重机和臂架类型起重机两大类。此外,还有桥架与臂架类型综合的起重机。例如,在装卸桥上装有可旋转臂架的起重机,在冶金桥式起重机上装有可旋转小车等。

1. 桥架类型起重机

其特点是以桥形结构作为主要承载构件,取物装置悬挂在可以沿主梁运行的起重小车上。桥架类型起重机通过起升机构的升降运动、小车运行机构和大车运行机构的水平运动等组合运动,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。这类起重机应用于车间、仓库、露天堆场等处。桥架类型起重机根据结构型式不同还可以分为桥式起重机、门式起重机和缆索起重机。

(1) 桥式起重机

它的桥架由主梁和两个端梁组成,整个起重机直接运行在建筑物高架结构的轨道上。最简单的是梁式起重机,采用电动葫芦在工字钢梁或其他简单梁上运行。桥式起重机的运动方向具有矢量性,即由垂直升降运动、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。

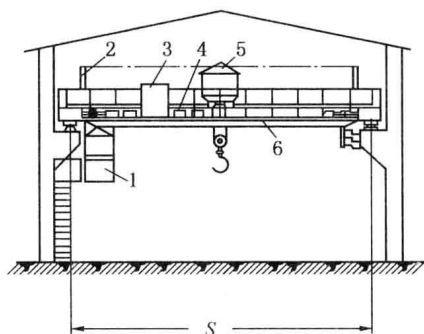


图 1-1 桥式起重机示意图

- 1—桥架；2—大车移行机构；3—小车；
4—提升机构；5—操纵室；6—主梁

桥式起重机一般由桥架(又称大车)、装有提升机构的小车、大车移行机构、操纵室、小车导电装置(辅助滑线)、起重机总电源导电装置(主滑线)等部分组成。图 1-1 为桥式起重机示意图。

(2) 门式起重机

又被称为带腿的桥式起重机。其主梁通过支撑在地面轨道上的两个刚性支腿或刚性-柔性支腿，形成一个可横跨铁路轨道或货场的门架，外伸到支腿外侧的主梁悬臂部分可扩大作业面积。门式起重机有时制造成单支腿的半门式起重机。装卸桥是专门用于装卸作业的门式起重机，供货站、港口等部门进行散粒物料的堆取，其特点是小车运行速度大、跨度大(一般为 60~90m 以上)，生产率高(可达 500~1000t/h 或更高)。集装箱门式起重机是 20 世纪 80 年代发展起来的机种，是专门用来进行集装箱的堆垛和装卸作业的门式起重机，如卸船上集装箱的门式起重机。图 1-2 为门式起重机示意图。

(3) 缆索起重机

它适用于跨度大、地形复杂的货场、水库或工地作业。由于跨度大，固定在两个塔架顶部的缆索取代了桥形主梁。悬挂在起重小车上的取物装置被牵引索高速牵引，沿承载索往返运行，两塔架分别在相距较远的两岸轨道上，可以低速运行。图 1-3 为缆索起重机示意图。

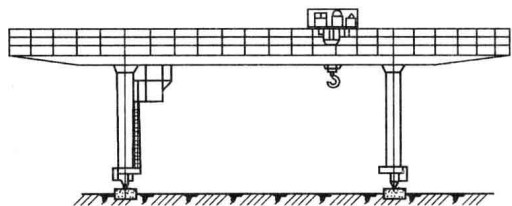


图 1-2 门式起重机示意图

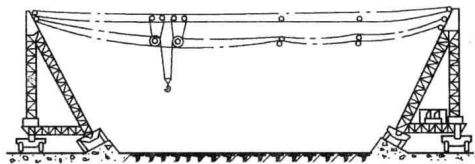


图 1-3 缆索起重机示意图

桥架类型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。

2. 臂架类型起重机

臂架式起重机可装设在车辆或其他运输工具上，构成了常见的各种运行臂架

式起重机。例如, 门座起重机、塔式起重机、铁路起重机、流动式起重机。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。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。

(1) 流动式起重机

它包括汽车起重机(图 1-4)、轮胎起重机(图 1-5)、履带起重机(图 1-6)。

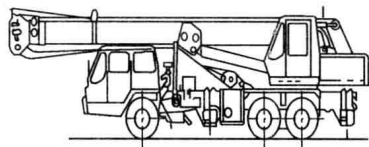


图 1-4 汽车起重机示意图

采用充气轮胎或履带作运行装置, 可以在无轨路面长距离移动。最常见的汽车起重机安装在汽车底盘上, 其优点是机动性好, 可与汽车一起编队运行。

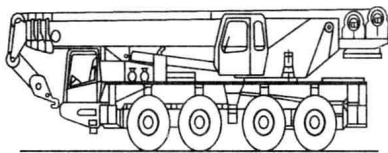


图 1-5 轮胎起重机示意图

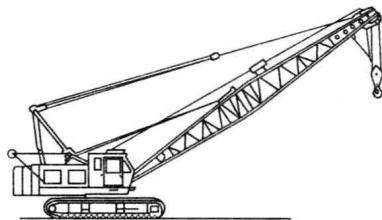


图 1-6 履带起重机示意图

(2) 塔式起重机

其结构特点是悬架长(服务范围大)、塔身高(增加升降高度)、设计精巧, 可以快速安装、拆卸。轨道临时铺设在工地上, 以适应经常搬迁的需要。图 1-7 为塔式起重机示意图。

(3) 门座式起重机

它是回转臂架安装在门形座架上的起重机, 沿地面轨道运行的门座架下可通过铁路车辆或其他车辆, 多用于港口装卸作业, 或造船厂进行船体与设备装配。图 1-8 为门座式起重机示意图。

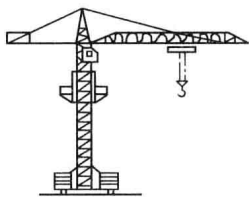


图 1-7 塔式起重机示意图

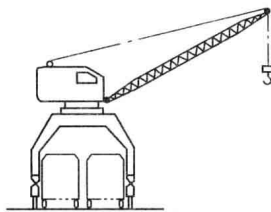


图 1-8 门座式起重机

第三节 起重机的组成

起重机械由驱动装置、工作机构、取物装置、操纵控制系统和金属结构组成。通过对控制系统的操纵，驱动装置将动力能量输入，转变为机械能（即适宜的力或运动速度），再传递给取物装置。取物装置将被搬运物料与起重机联系起来，通过工作机构单独或组合运动，完成物料搬运任务。可移动的金属结构将各组成部分连接成一个整体，并承载起重机的自重和吊重。

一、驱动装置

驱动装置是用来驱动工作机构的动力设备的。常见的驱动装置有电力驱动、内燃机驱动和人力驱动等。多数起重机是用电动机驱动的，人力驱动仅适用于起重重量很小且搬运距离不大的起重机。与普通电动机比较，起重机专用电动机的启动转矩大、转子的转动惯量小、机械强度高。交流绕线型电动机用得最多。需要在很大范围内平稳调速时，也可采用直流电动机。自行式起重机和浮游起重机大多采用内燃机或内燃机-电机驱动。

二、工作机构

工作机构包括起升机构、运行机构、变幅机构和回转机构，被称为起重机的四大机构。

1. 起升机构

起升机构是起重机最基本的工作机构，大多由吊挂系统和绞车组成，也有通过液压系统升降重物的。吊挂系统一般由钢丝绳、滑轮组和吊具组成，吊钩是最常见的吊具。绞车可安置在起重小车上，也可安置在起重机金属结构上或附近的地基上，通过收放钢丝绳而升降重物，有时可用电动葫芦或手动葫芦作为起升机构。有些起重机还配有副起升机构，用以吊运较轻的物品或进行辅助作业。

2. 运行机构

是通过起重机或起重小车运行来实现水平搬运物料的机构，有无轨运行和有轨运行之分，按其驱动方式不同分为自行式和牵引式两种。

3. 变幅机构

起重机变幅机构由驱动装置, 钢丝绳卷绕系统和安全保护装置等组成。驱动装置包括电动机、联轴器、制动器、减速器、卷扬筒等部件; 钢丝绳卷绕系统包括钢丝绳、卷筒、定滑轮和动滑轮。安全保护装置有力矩限制器、最大工作幅度、最小工作幅度限制器。

4. 回转机构

起重机中用于支承平台以上机件和使平台以上机件和物料作绕回转中心转动的机构称作回转机构。回转机构由回转支承装置和回转驱动装置两部分组成。回转支承保证回转部分有确定的回转运动并承受起重机回转部分作用于它的垂直力、水平力和倾覆力矩。驱动装置是由电动机、减速器、制动器、支座、小齿轮等组成。

三、取物装置

取物装置是通过吊、抓、吸、夹、托或其他方式, 将物料与起重机联系起来进行物料吊运的装置。根据被吊物料不同的种类、形态、体积大小, 采用不同种类的取物装置。例如, 成件的物品常用吊钩、吊环; 散料(如粮食、矿石等)常用抓斗、料斗; 液体物料使用盛筒、料罐等。也有针对特殊物料的特种吊具, 如吊运长形物料的起重横梁, 吊运导磁性物料的起重电磁吸盘, 专门为冶金等部门使用的旋转吊钩, 还有螺旋卸料和斗轮卸料等取物装置, 以及集装箱专用吊具等。合适的取物装置可以减轻作业人员的劳动强度, 大大提高工作效率。防止吊物坠落, 保证作业人员的安全和吊物不受损伤是对取物装置安全的基本要求。

四、金属结构

金属结构是指起重机的骨架。各种起重机有不同的结构型式, 主要承载件如桥架、臂架和门架可以是箱形结构或桁架结构, 也可以是腹板结构。金属结构的尺寸和重量占起重机外形尺寸和总重量的很大部分, 要在保证强度、稳定性和刚度, 即保证金属结构不发生破坏、不产生过度变形和振动的条件下, 尽量减轻结构重量。

起重机的金属结构是起重机的重要组成部分, 金属结构的垮塌破坏会给起重机带来极其严重甚至灾难性的后果。

五、控制操纵系统

通过电气、液压系统控制操纵起重机各机构及整机的运动, 进行各种起重作业。控制操纵系统包括各种操纵器、显示器及相关元件和线路, 是人机对话的接口。安全人机学的要求在这里得到集中体现。该系统的状态直接关系到起重作业的质量、效率和安全。

第四节 起重机械的主要参数

起重机械的参数是表现起重机械工作性能的技术经济指标,也是设计、使用和检验起重机械的依据。掌握有关参数,对保证起重吊运安全是至关重要的。国家标准 GB 6974.2—86《起重机械名词术语——起重机械参数》中介绍了中国目前已生产制造与使用的各种类型起重机械的主要技术参数(标准的术语名称)、定义及示意图,主要包括以下参数:

一、起重量 G

起重量可分为额定起重量、最大起重量、总起重量、有效起重量等。单位为 kg 或 t。

有效起重量 G_p 指起重机能吊起的重物或物料的净质量。对于幅度可变的起重机,根据幅度规定有效起重量。

额定起重量 G_n 指起重机允许吊起的重物或物料,连同可分吊具(或属具)质量的总和(对于流动式起重机,包括固定在起重机上的吊具)。对于幅度可变的起重机,根据幅度规定起重机的额定起重量。

总起重量 G_t 指起重机能吊起的重物或物料,连同可分吊具上的吊具或属具(包括吊钩、滑轮组、起重钢丝绳,以及在臂架或起重小车以下的其他吊物)的质量总和。对于幅度可变的起重机,根据幅度规定总起重量。

最大起重量 G_{max} 指起重机正常工作条件下,允许吊起的最大额定起重量

起重机标牌上标定的起重量,通常都是指起重机的额定起重量,应醒目表示在起重机结构的明显位置上。对于臂架类型起重机来说,其额定起重量是随幅度而变化的,其起重特性指标是用起重力矩来表征的。标牌上标定的值是最大起重量。带可分吊具(如抓斗、电磁吸盘、平衡梁等)的起重机,其吊具和物料质量的总服额定起重量,允许起升物料的质量是有效起重量。

二、起升高度 H

起重机水平停车面至吊具允许最高位置的垂直距离。对吊钩和货叉,算至它们的支承表面;对其他吊具,算至它们的最低点(闭合状态)。对桥式起重机,应是空载置于水平场地上方,从地面开始测定其起升高度。

三、跨度 S

跨度指桥式类型起重机运行轨道中心线之间的水平距离,单位为 m。桥式类型起重机的小车运行轨道中心线之间的距离,地面有轨运行的臂架式起重机的运行轨道中心线之间的距离,都称为轨距。保持起重机的大车运行轨道的跨度和小车运行轨道的轨距平行,是起重机安全检查的内容之一。

四、幅度 L

幅度 L 指起重机置于水平场地时, 空载吊具垂直中心线至回转中心线之间的水平距离(非回转浮式起重机为空载吊具垂直中心线至船舶护木的水平距离)。

最大幅度 $L_{\max}$ 指起重机工作时, 臂架倾角最小或小车在臂架最外极限位置时的幅度; 最小幅度 $L_{\min}$ 指臂架倾角最大或小车在臂架最内极限位置时的幅度。

五、机构工作速度

1. 起升速度 v_n

稳定运动状态下, 安装或堆垛最大额定载荷时的最小下降速度, 单位为 m/min 。

2. 大车运行速度 v_k

稳定运动状态下, 起重机运行的速度。规定为在水平路面(或水平轨面)上, 离地 10m 高度处, 风速小于 $3\text{m}/\text{s}$ 时的起重机带额定载荷时的运行速度。单位为 m/min 。

3. 小车运行速度 v_t

稳定运动状态下, 小车运行的速度。规定为离地面 10m 高度处, 风速小于 $3\text{m}/\text{s}$ 时, 带额定载荷的小车在水平轨道上运行的速度。单位为 m/min 。

4. 变幅速度 v_l

稳定运动状态下, 额定载荷在变幅平面内水平位移的平均速度。规定为离地 10m 高度处, 风速小于 $3\text{m}/\text{s}$ 时, 起重机在水平路面上, 幅度从最大值至最小值的平均速度, 单位为 m/min 。

5. 行走速度 v

行走速度是指在道路行驶状态下, 流动式起重机吊挂额定载荷的平稳运行速度, 单位为 km/h 。

6. 回转速度 ω

稳定状态下, 起重机转动部分的回转角速度。规定为在水平场地上, 离地 10m 高度处, 风速小于 $3\text{m}/\text{s}$ 时, 起重机幅度最大, 且带额定载荷时的转速。

六、起重力矩

指幅度和相应的起吊载荷的乘积。单位为 $\text{t} \cdot \text{m}$ 。这个参数综合了起重量和幅度两个因素, 比较全面、确切地反映了臂架型起重机的起重能力和工作过程中的抗倾覆能力。

第五节 起重机的载荷

起重机在作业过程中, 承受载荷种类复杂、载荷作用方向不同, 这不仅表现

在运行过程中起重机会受到包括静载荷、动载荷、交变载荷等各种载荷的作用,而且随着起重机会的工况改变,即使是同类载荷也表现出多变的特征。受到载荷作用的起重机械各承载零件和结构件会产生相应的应力和变形,当应力和变形超过一定的限度,就会使零、构件丧失功能,甚至破坏,造成危险。

起重机的载荷计算是起重机及其组成零、部、构件受力分析的原始依据,也是报废或事故原因判断分析的重要依据。载荷状态判断得准确与否,将直接影响计算结果和事故结论的正确与否。因此,需要了解起重机上的载荷种类、各种载荷的作用方向以及在不同工况下的载荷作用方式。

1. 重力载荷

起重机的重力载荷包括自重载荷和起升载荷两大部分。

自重载荷包括起重机的金属结构、机械设备、电气设备等(不包括起升载荷)的重力载荷。载荷的作用方式及简化的力学模型可以分别考虑,一般情况下,起重机的机械设备和电气设备可视为集中载荷作用在设备安装的位置中心,桁架的自重视为作用在结构节点上的集中载荷,箱型结构的自重作为均布载荷处理。自重载荷通常都比它的工作对象的重量大得多。

起升载荷指所有起升质量的重力,包括允许起升的最大有效物品、取物装置(包括下滑轮组吊钩、吊梁、抓斗、容器、起重电磁铁等)、悬挂挠性件以及其他在升降中的设备的质量。当起升高度小于 50m 时,起升钢丝绳的重量可以不计。

当起重机处于非运动的静止状态,即起重机不工作,或吊载停止升降运动悬吊在空中的状态,或起重机处于稳定匀速运动状态时,起重机的自重载荷和起升载荷可作为静载荷处理。对于桥架类型的起重机,物料通过载重小车沿主梁水平运动时,小车自重及起升载荷则组成了移动载荷。

2. 动载荷

动载荷使起重机在运动状态改变时产生动载效应,动载效应使原有静力载荷值增加。

动载荷包括在变速运动中,结构自重和起升载荷产生的惯性载荷;由于车轮经过不平整轨道接头,或起重机的运动部分撞击缓冲器产生的冲击载荷;在惯性载荷和冲击载荷作用下,金属结构和工作机构的弹性系统产生振动的振动载荷等。动载荷与工作速度(加速度)、运动方向、结构的形式和性质(诸如系统的质量分布、系统的刚度和阻尼等)、起重机的使用条件以及司机操作方法、操作技能的熟练程度等多种因素有关。

在进行起重机零、部、构件的设计、安全检验、安全防护装置的选择和起重事故的分析计算时,必须考虑动载荷的作用方向,包括垂直方向和水平方向的动载。

(1) 垂直方向的动载荷

为了计算方便,垂直方向的动载效应通常用不同的动力系数 ϕ_i 表示,对于不同工况产生的动载荷是通过动力系数与相应的静载荷的乘积计算获得。动力系数一般查阅起重机设计规范或有关手册给定的范围,根据实际工况来选用确定,常用的动力系数和适用工况介绍如下:

① 起升冲击系数 ϕ_1

在起升质量突然离地起升或下降制动时,起重机的自重载荷将产生沿其加速度相反方向的冲击作用。 ϕ_1 是考虑了这种工况下的自重冲击系数,在进行载荷计算时,它仅与起重机自重载荷相乘。

② 起升载荷动载系数 ϕ_2

在起升机构工作时,起升质量突然离地起升或下降制动的情况下,被吊物品重力载荷将产生动态增大效应。 ϕ_2 是考虑了这种工况下起升载荷的增大系数,在进行载荷计算时,它应与起升载荷相乘。 ϕ_2 值的大小与起升速度、系统刚度及操作情况有关,一般起升速度越大,系统刚度越大,操作越猛烈, ϕ_2 值也越大。

③ 突然卸荷冲击系数 ϕ_3

当抓斗起重机和电磁吸盘起重机在卸货时,或当吊钩、钢丝绳意外断裂吊载坠落的起重事故发生时,会导致起升质量部分或全部突然卸载,这将对结构产生动态减载作用。 ϕ_3 是考虑了这种工况下的卸荷冲击系数。在进行金属结构和起重机抗倾覆的稳定性计算时,应考虑这种动态减载作用的影响。

④ 运行冲击系数 ϕ_4

当起重机或起重小车通过不平道路或轨道接缝时,沿着垂直方向会产生运行冲击载荷, ϕ_4 是考虑这种效应的运行冲击系数。运行冲击系数与起重机或小车的运行速度、轨道或道路状况有关。

(2) 水平方向的动载荷

由于各种水平载荷发生的机理不同,计算方法也各不相同。

① 运行水平惯性力

运行机构变速时的惯性力,按产生水平运行惯性力的相应质量与加速度乘积的1.5倍计算,1.5是考虑驱动力对起重机金属结构产生的动力效应的系数。运行惯性力的计算结果应按不大于主动车轮与钢轨间的粘着力取值。

② 回转和变幅运动的水平力

臂架式起重机回转和变幅机构运动时,起升质量产生的水平力,由于受到变幅和回转起制动时产生的惯性力、回转运动时的离心力,以及受司机操作方法等多种因素的综合影响,会产生附加水平力。一般按悬吊物的钢丝绳对垂直线的偏