

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

高等学校教材



起重运输机械

QI ZHONG YUN SHU JI XIE

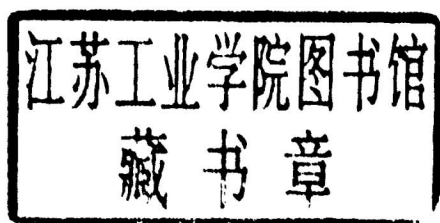
过玉卿 主编

华中理工大学出版社

起重运输机械

过玉卿 主编

过玉卿 冯秀清 郑永康 编著



华中理工大学出版社

内 容 提 要

全书分为三篇（起重机械、起重机械金属结构的设计计算基础、连续运输机械），共计十九章，重点介绍了起重机械中的主要零部件的设计与选择、起重机械中的四个典型机构的设计与计算、起重机械中的金属结构的力学基础、起重机械中的桥式类型起重机（桥式起重机、门式起重机和装卸桥）的设计与计算，同时，还重点介绍了连续运输机械中的带式运输机的设计与计算，并简要介绍了其它类型的连续运输机的设计与选择。

本书介绍的设计计算方法符合《起重机设计规范》等有关的国家标准，本书反映了国内外起重运输机械中的一些新产品、新结构及新的设计计算方法。本书内容系统、丰富、新颖，具有一定的特色。

本书可作为高等工科院校起重运输机械专业的教材，也可作为有关的工程技术人员的参考书。

起重运输机械

过玉卿 主编

责任编辑 钟小珉

*

华中理工大学出版社出版发行

（武昌喻家山）

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：24.75 字数：610 000

1992年11月第1版 1992年11月第1次印刷

印数：1—3 000

ISBN 7-5609-0682-6/TH·59

定价：6.40元

（鄂）新登字第10号

前 言

本书基本上是按照1986年冶金机械专业起重运输机械课程教学大纲的要求编写的，但随着时间的推移和科学技术的发展，原大纲规定的内容已不能满足当前培养学生的需要了。因此，本书除满足大纲的要求外，在有关章节上作了拓宽和加深。本书参考了国内外起重运输机械教材的新内容，扼要介绍了国内起重运输机械设计制造行业中的科研新成果，阐述了从国外引进的冶金企业用的桥式起重机的新技术和新结构。

本书采用的计算方法和有关的数据资料符合我国起重机设计规范（GB3811—83）和起重机专用零部件的新标准。书中还介绍了起重机新系列部件，如YZR系列电动机、QJ系列减速器、梅花联轴器和滚棒联轴器等部件。

本书共计十九章，重点介绍了起重机械中的主要零部件的设计与选择、起重机械中的四个典型机构的设计与计算、起重机械中的金属结构的力学基础、起重机械中的桥式类型起重机（桥式起重机、门式起重机和装卸桥）的设计与计算，同时，还重点介绍了连续运输机械中的带式运输机的设计与计算，并简要介绍了其它类型的连续运输机的设计与选择。

本书由武汉钢铁学院过玉卿、冯秀清和郑永康编写。郑永康编写第二、三、四、五章，冯秀清编写第十二章并审读其它各章，过玉卿编写其余各章及附录并担任主编。武汉水运工程学院陈慕忱教授在百忙中审阅了全书，并提出了宝贵的意见，在此向他表示衷心的感谢。

本书可作为冶金院校起重运输机械专业的教材，也可作为冶金机械和工程机械专业的参考书，还可供从事起重运输机械设计的工程技术人员参考。

由于作者的水平有限，书中的不妥和错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

作 者

1991年3月

于武汉钢铁学院

目 录

第〇章 绪 论

- §0-1 起重运输机械在国民经济建设中的作用..... (1)
- §0-2 起重运输机械的发展概况..... (2)
- §0-3 起重运输机械的类组划分..... (5)

第一篇 起重机械

第一章 起重机械概论

- §1-1 起重机械的基本参数..... (12)
- §1-2 起重机械的技术经济指标..... (13)
- §1-3 起重机械的工作级别..... (14)
- §1-4 起重机械的计算载荷..... (18)

第二章 滑轮组装置

- §2-1 钢丝绳..... (19)
- §2-2 滑轮..... (29)
- §2-3 滑轮组..... (33)
- §2-4 卷筒..... (36)

第三章 取物装置

- §3-1 通用取物装置..... (43)
- §3-2 专用取物装置..... (47)

第四章 制动装置

- §4-1 制动器的种类与作用..... (61)
- §4-2 块式制动器..... (63)
- §4-3 盘式制动器..... (73)
- §4-4 制动器的发热验算..... (76)

第五章 行走装置

- §5-1 车轮与车轮组..... (79)
- §5-2 轨道..... (82)
- §5-3 车轮的强度计算..... (83)

第六章 驱动装置

- §6-1 电力驱动装置..... (87)
- §6-2 液力和液压驱动装置..... (97)

第七章 起升机构

- §7-1 起升机构的构造及布置方案..... (100)
- §7-2 起升机构的计算..... (106)
- §7-3 起升机构的载荷特点..... (115)

第八章 运行机构

- §8-1 运行机构的构造、分类及布置方案..... (116)
- §8-2 运行机构的计算..... (123)

§8-3	运行机构的载荷特点	(134)
§8-4	绳索牵引式运行机构的计算	(134)
第九章 旋转机构		
§9-1	旋转机构的构造及分类	(137)
§9-2	旋转机构的计算	(144)
§9-3	旋转机构的载荷特点	(152)
第十章 变幅机构		
§10-1	变幅机构的构造、分类及布置方案	(154)
§10-2	变幅机构的计算	(156)
第十一章 轻小型起重设备		
§11-1	千斤顶	(160)
§11-2	手拉葫芦	(161)
§11-3	手扳葫芦	(164)
§11-4	电动葫芦	(166)
第十二章 桥式起重机		
§12-1	桥式起重机的类型、构造及主要参数	(176)
§12-2	大车运行机构的设计方案	(181)
§12-3	小车起升机构及小车运行机构的设计方案	(182)
§12-4	桥式起重机的桥架设计计算	(184)
第十三章 门式起重机和装卸桥		
§13-1	门式起重机的分类和构造	(206)
§13-2	起重小车	(209)
§13-3	门式起重机的大车运行机构	(211)
§13-4	门架的设计计算	(213)

第二篇 起重机械金属结构的设计计算基础

第十四章 起重机械金属结构的力学基础

§14-1	梁在移动载荷作用下的内力计算	(235)
§14-2	桁架在固定载荷作用下的内力计算	(244)
§14-3	桁架在移动载荷作用下的内力计算	(248)
§14-4	结构的弹性位移	(252)
§14-5	超静定结构的概念及力法计算	(262)
§14-6	位移法计算	(277)
§14-7	结构矩阵分析方法	(285)

第三篇 连续运输机械

第十五章 连续运输机械概论

§15-1	概述	(300)
§15-2	连续运输机的特点和分类	(302)
§15-3	物品的分类和特性	(304)
§15-4	连续运输机的生产率计算	(307)

第十六章 带式输送机

§16-1	概述	(308)
-------	----	-------

§16-2	带式运输机的主要零部件.....	(310)
§16-3	带式运输机的设计计算.....	(324)
§16-4	特种形式的带式运输机.....	(333)
第十七章	链式类型的运输机	
§17-1	链板运输机.....	(336)
§17-2	刮板和埋刮板运输机.....	(341)
§17-3	悬式运输机.....	(345)
第十八章	斗式提升机和斗轮堆取料机	
§18-1	概述.....	(348)
§18-2	斗式提升机.....	(348)
§18-3	斗轮堆取料机.....	(352)
第十九章	无挠性牵引构件类型的运输机	
§19-1	螺旋运输机.....	(354)
§19-2	滚道运输机.....	(356)
§19-3	惯性运输机.....	(358)
§19-4	步进运输机.....	(361)
§19-5	气力运输机.....	(362)
附录	结构矩阵分析程序的应用	(364)
参考文献	(387)

第0章 绪 论

§0-1 起重运输机械在国民经济建设中的作用

起重运输机械作为物料搬运、装卸或用于安装的机械设备，可以减轻或代替人们的体力劳动，提高劳动生产率。随着工农业生产和科学技术的发展，起重运输机械已经由主要为各生产部门服务的辅助设备发展为实现生产机械化和自动化不可缺少的设备，有时，它甚至成为工业生产流程中不容忽视的关键设备。

目前，现代冶金企业日益向大型化方向发展，年产600万吨钢材至1200万吨钢材的钢铁企业已经出现。为了每年冶炼600万吨钢材，需要900万吨的铁矿石、500万吨的炼焦煤以及220万吨的石灰石，若计及其它辅助的原材料，则生产过程中总的物流量每年为3000~3500万吨。对于这样的钢铁企业，车间与车间之间的转运量接近6500~7500万吨/年，而车间内部的转运量为车间之间的转运量的2~3倍。用于原材料运入和成品运出的运输费用为整个企业生产费用的35~45%。这样巨大的运输量在很大程度上是由起重运输机械来完成的。

通常，钢铁企业的厂外运输一般是先用火车将原材料运输到企业的原料场，然后用翻车机或螺旋卸车机等将原材料卸到材料仓。厂内每个车间是分散的并有各自的贮料场，车间之间的主要运输方式是铁路运输，再辅以汽车运输。散装物料的转运多采用装卸桥、露天抓斗桥式起重机等间隙工作起重机械，有时也采用带式输送机。

近年来，处于水力资源丰富的地区的厂矿企业总是充分利用水运条件进行厂外运输，而主要利用带式输送机、堆取料机起重运输机械进行厂内运输。例如，我国年产900万吨生铁的上海宝山钢铁总厂的原料车间，供给除轧钢系统外的整个冶炼系统各车间所需的原料，其每年的物流量在2000万吨以上，占全厂总的原材料运输量的90%。这些原材料大部分先由带式输送机输送到原料场，并在原料场内破碎、筛分、混匀和贮存，再转运到烧结、炼铁、炼钢、焦化、石灰石和白云石焙烧等车间和发电厂。该原料车间共有带式输送机约315台，总长52.5km。单机带宽最宽的为2m，带长最长的为1686.7m，带速最高的为250m/min。

冶金企业的起重设备在金属冶炼和轧制过程中起着和生产设备同样重要的作用。现代冶金企业广泛采用料箱起重机、加料起重机、铸造起重机、脱锭起重机、揭盖机、钳式起重机以及配有专用吊具（如板坯夹钳、钢卷夹钳、料耙、磁盘等）的各种运送钢坯和钢材的冶金起重机。

通用桥式起重机是冶金企业使用量大、面广的起重设备。近年来，为了适应生产的需要，冶金企业广泛地采用重级、超重级（工作级别为A7、A8）的通用桥式起重机，并配备专用的吊具（如各种夹钳、旋转吊钩、磁盘等），以代替各种专用的冶金起重机。

近年来，冶金技术的发展和冶炼工艺的革新，带来了冶金起重机的很大变革。例如，用吹氧转炉代替平炉炼钢，用连续铸锭代替断续模铸后，给平炉加料的桥式加料起重机或地面加料起重机就不适用了，取而代之的是用于吹氧转炉的兑铁水起重机和料箱起重机。又如，模铸必需使用的脱锭起重机和为初轧机供料的均热炉钳式起重机现在也使用较少，取而代之的是连铸时所需用的运送板坯和钢坯的起重机。

冶金起重机的生产效率和可靠性对冶金企业的产量和产品的质量有着直接的影响。冶金

起重机的的工作条件是，工作频繁，经常满载甚至超载工作，运行速度高，工作环境恶劣（高温、多尘）。因此，对冶金起重机的要求是，可靠性高，维修方便。

起重运输机械在冶金企业中的作用已如上所述，在其它的国民经济部门中也是如此。例如，在机械制造业、电力工业、煤炭工业、交通运输业、建筑工业和建材工业等行业中都使用着大量的起重运输机械。

世界上，每一个工业发达的国家，每年用于物料搬运的费用都很高。例如，日本每年用于物料搬运的费用为生产总费用的10%左右；美国每年用于物料搬运的费用为生产总费用的20~25%。世界各国不仅努力开发各种大型、高效、可靠、经济而又安全的起重运输机械，而且日益朝着工业企业机械化、半自动化与自动化的物料搬运系统的方向发展。

§0-2 起重运输机械的发展概况

在古代，我国就已开始使用简单的起重运输机械。如《庄子·天运篇》中记载的桔槔，《事物记源》中记载的辘轳等，都是我国劳动人民在起重运输机械方面的创造发明。近代的起重运输机械，是在鸦片战争以后才逐渐由西方传到中国的。

解放以前，旧中国虽然已经生产过多种起重运输机械，但它们主要用于加工、修理业务中，规模很小。

新中国成立后，党和政府非常重视发展工农业生产，改善人民群众的劳动和生活条件。在恢复和发展生产、进行大规模经济建设的过程中，各行各业都遇到繁重的物料搬运问题，迫切需要各种类型的起重运输机械，从而促进了起重运输机械工业的发展。

解放初期，我国从向原苏联引进产品、仿制原苏联产品过渡到自行设计起重运输机械，建立和发展了我国自己的起重运输机械工业。

1. 桥式起重机的发展

桥式起重机适用于机械、冶金、化工、电力、轻工、军工、建材等工矿企业和部门，它主要用于车间和仓库。

1949年，大连起重机厂按照原苏联提供的5t桥式起重机部分图纸和原苏联1946年颁布的有关标准，试制出解放后我国第一台5t、19.5m的箱形结构桥式起重机，它是我国生产桥式起重机的新起点。

经过30余年的努力，我国已有100多个起重机生产厂家，可以生产起重量为5~50/12.5t*、跨度为10.5~31.5m的双梁桥式起重机。

我国从事起重机设计、制造、科研、教学的专家、学者及工程技术人员在推动桥式起重机的技术进步、提高设计水平和制造水平、制订各种技术标准、进行产品系列化、更新旧产品、开发新产品等方面都作出了很大的贡献。

我国除能生产中、小吨位的桥式起重机外，还能生产大型桥式起重机。例如，1967年，太原重型机器厂为刘家峡电站设计制造了一台400/80/10t、21m的轻级工作制桥式起重机；同年，大连起重机厂也为哈尔滨电机厂设计制造了一台400/80t、34m的中级工作制桥式起重机。桥式起重机有向大吨位发展的趋势，到目前为止，设计制造过起重重量在100t以上产品的生产厂家已有7个，已具备生产100t以上产品的生产厂家就更多了。

1970年，武汉钢铁公司冷轧厂、热轧厂从德国和日本引进了主要生产设备的同时，还引

*斜分数线后面的数值(如12.5)为起重机各个副钩的起重重量，下同。

进了一批冶金桥式起重机。这些起重机的结构新颖、技术先进、性能可靠，引起了国内起重机行业的工程技术人员的重视。消化、吸收从国外引进的起重机的新技术、新结构，并将它们移植到我国自行设计开发的新产品中，是大家重视和关心的课题。

我国的对外开放政策使桥式起重机行业的发展出现了广阔的前景。1979年10月大连起重机厂与德国的德马克公司威特厂合作，为我国上海宝山钢铁总厂无缝连续轧管厂生产出3台16t、39.5m的旋转电磁挂梁桥式起重机和1台8t、27.5m的旋转挂梁桥式起重机以及6台8t、45.5m的旋转挂梁桥式起重机等共计33台产品。这些产品完全达到甚至超过了德国的有关设计技术标准。上海起重运输机械厂和太原重型机器厂也陆续与国外进行技术合作和联合生产桥式起重机。

目前，我国桥式起重机的生产技术水平和质量已能达到援外和出口的要求。截至1983年底，我国出口援外5~250/30t的桥式起重机约600台。

武汉钢铁学院、北京科技大学和武汉冶金设备制造公司等单位先后联合研制了12.5/3t、19.5m和75/20t、19m的冶金桥式起重机。

武汉钢铁学院于1988年组织国内五个厂家进行了63/16t、80/20t、100/20t、125/32t四个吨位的冶金桥式起重机的系列化设计工作；1989年又进行了冶金专用吊具的设计工作；目前，正在开展起重机计算机辅助设计的研究工作。

2. 冶金起重机的发展

解放前，我国没有设计制造过冶金起重机，全国仅有的几个钢铁公司和钢厂，如鞍山钢铁公司、大冶钢厂、太原钢厂等的冶炼、轧钢配套用的起重运输设备都是由国外进口的陈旧设备。

解放后，国家曾制订了优先发展重工业的政策，把提高钢产量看作是发展国民经济的重要任务。在这种形势下，冶金起重机在我国开始制造，并得到迅速的发展。在50年代中期与后期，桥式加料机、铸造起重机、脱锭起重机、均热炉钳式起重机、锻造起重机、料箱起重机、揭盖起重机、淬火起重机、料耙起重机、磁盘起重机等各种冶金起重机就陆续研制出来。

累计到1983年止，太原重型机器厂和大连起重机器厂共生产出14个品种、612台冶金起重机，先后武装了鞍钢、武钢、包钢、攀钢、重钢、太钢、首钢等50余个重点冶金企业。

3. 带式运输机的发展

现代化的冶金企业，将带式运输机作为主要的运输设备之一。以上海宝山钢铁总厂为例，在庞大的物流系统中，采用带式输送机的总长度达52.5km，其输送量占总运输量的64.4%。

目前，我国已形成一个庞大的带式运输机行业，据不完全统计，带式运输机生产厂家有40余个，具备了年产50余万米带式运输机的生产能力。

带式运输机的品种、规格繁多，一般分为通用带式运输机（DT型）、移动带式运输机（DY型）、钢绳芯带式运输机（DX型）、大倾角带式运输机（DJ型）、钢绳牵引带式运输机（DS型）等。

我国曾提出TD60型系列带式运输机的基本规范，完成了标准设计研究（包括带宽为300~1400mm的共8种规格的30种部件的全套系列图纸），编制了《TD60型通用固定带式运输机选用手册》。随后，又先后设计出TD62型、TD72型、TD75型通用固定带式运输机。目前，全国有32个带式运输机制造厂家均按TD75型生产。

从国内外起重运输机械的基本发展情况可以看出，冶金、矿山起重运输机今后的发展

趋向是以下的几个方面。

(1) 现代冶金企业多设有集中的原料车间，以便供给烧结、炼铁、炼钢、焦化、耐火材料车间和发电厂等所需的原料，供应时将采用连续运输方式，由计算机控制。

原料车间为了向高炉提供冶炼用的精料，常配备有混匀堆取料机、堆取料机，它们既是工艺设备，又是运输设备。

今后，连续运输设备的销售额将有所提高。1984年的欧洲共同市场预测报告指出，当年的西欧搬运设备销售额中，连续运输设备的销售额将比往年上升60%左右，而间隙工作的起重机的销售额将比往年下降24%。

(2) 今后，冶金企业的厂内运输将以带式运输机和汽车运输为主，而铁路运输将日益减少。以日本为例，60年代中期兴建的君津钢铁厂把铁路运输用于铁水、钢锭、钢坯、高炉渣和钢渣的搬运；60年代末期兴建的大分厂和扇岛厂把铁路运输只用于铁水和钢锭的搬运，每万吨钢产量的铁路长度从65m降到30m。

(3) 由于炼钢炉的容量日益向大型化方向发展，如平炉的容量高达900t，纯氧顶吹转炉的容量高达400t，底吹转炉的容量也高达250t，因此要求配备起重量更大的起重机。

随着炼钢炉的大型化，冶金厂厂房的高度也日益增加，因此要求起重机的起升高度有所提高。例如，具有250t容量的转炉的炼钢厂，其厂房的高度达40~50m，起重机的起升高度当然也相应增大。

由于转炉的生产效率高，因此要求起重机的起升速度也高，原来一般为4~10m/min，而目前已达15~40m/min。例如，铸造起重机的起升速度原为0.5~8m/min，而现在达12~16m/min。

冶金厂用桥式起重机的工作级别一般为A8、A7、A6（即超重级和重级工作制）三个级别，因此要求其配套的电机、电器的JC(%)值和起重量的平均利用率也应有所提高（一般要求提高到0.5~0.9）。若一昼夜工作22~24小时，一年工作360天，则要求电机、电器的每小时接通电源的次数为300~500次。

(4) 大起重量桥式起重机（包括冶金起重机）的主梁大多数已采用偏轨宽翼缘箱形梁。例如，德国的MAN公司和日本的住友公司等生产的铸造起重机的主梁，在其小车轨道下设有异形T字钢，这样可使产生在小车轨道上的集中轮压不致直接作用在焊缝处。这种偏轨宽翼缘箱形梁的翼缘较宽，可以作走台，且使梁的外形美观。大车的传动装置和电气设备大多数放在主梁的内部，有利于防尘和维修。

为了便于堆放、运输，桥架的主梁和端梁已采用高强度螺栓联接。大车的运行机构大多数已采用分别驱动，减速器的输出轴已采用万向联轴器与驱动车轮相联。

(5) 冶金起重机是大起重量、大跨度的重型设备，其工作速度也日益提高。因此，减轻自重、降低轮压，使承轨建筑和厂房建筑不致过于庞大是至关重要的。为此，要求从以下两个方面来改进冶金起重机。

①在起重机的机械部分，尽量采用焊接件、冲压件代替铸件。例如，卷筒、轴承座、减速器的壳体等尽量采用焊接件。

②在结构方面，尽量采用偏轨宽翼缘箱形梁的翼缘代替走台，以增加主梁的水平刚度，减少非直接承载的构件。

(6) 应用人机工程学的原理，改进司机室内的操作环境和条件，采用联动控制台，配备空调设备，以及采用视野开阔的司机室结构。

(7) 尽量采用通用桥式起重机，并配用各种专用吊具，以代替各种专用的冶金起重机。这些专用吊具包括电动旋转吊钩组、板坯夹钳、钢卷夹钳、液压吊挂式脱锭装置等。这样，可省去小車上的柱架-井架结构和旋转机构，以减轻自重及简化结构。



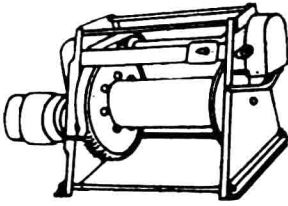
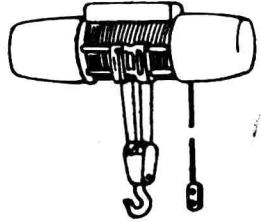
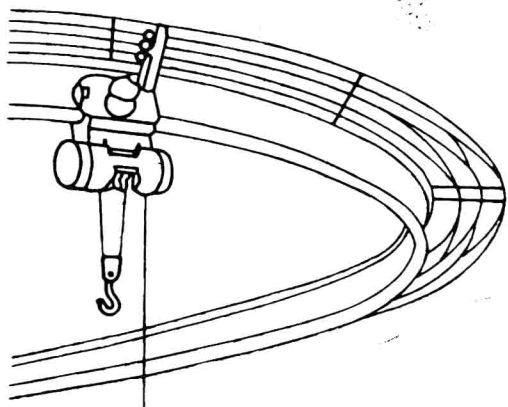
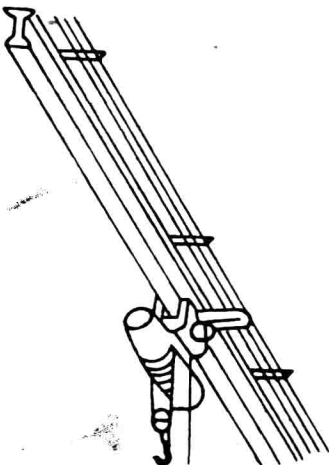
§0-3 起重运输机械的类组划分

起重运输机械的主要特点是使用面广，因而其品种、规格繁多。过去，我国曾经按照用途、结构形式、工作原理或性能特点，对起重运输机械进行分类。

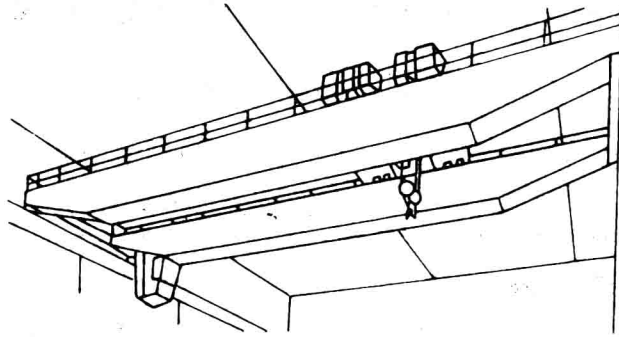
近年来，由于拟订新产品发展规划、标准化规划、产品产量与产值统计等方面的需要，我国制订了《起重运输机械产品类组划分》新标准（JB3750—84）。新标准将起重运输机械分为大类、小类、系列、品种、规格五个类组。大类是按主要功能特性来划分；小类是按工作原理、性能特点、使用范围或结构特征来划分；系列是按基本结构、形式特征及设计依据来划分（但其主要参数符合系列，成为一组产品）；品种是按在同一系列产品中主参数的不同来划分（对于未成系列的产品，则按区别系列的原则来划分）；规格是按在主参数相同的产品品种中其它参数的不同来划分。

起重运输机械按照新标准共分为5大类、21小类，如表0-1所列。关于小类以下的系列、品种、规格的具体划分方法，可参阅有关资料。

表0-1 起重运输机械的类组划分

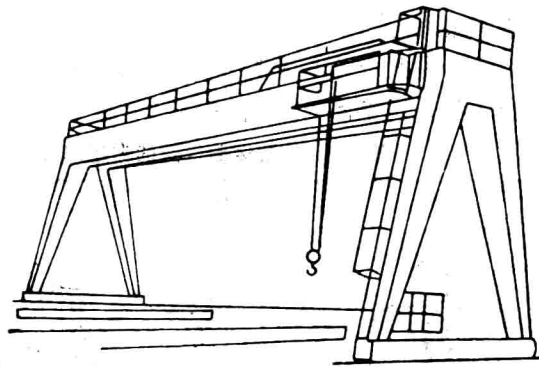
		千斤顶	滑车	绞车	葫芦
起重机械	简单起重设备				
	单梁起重机				

桥式起重机



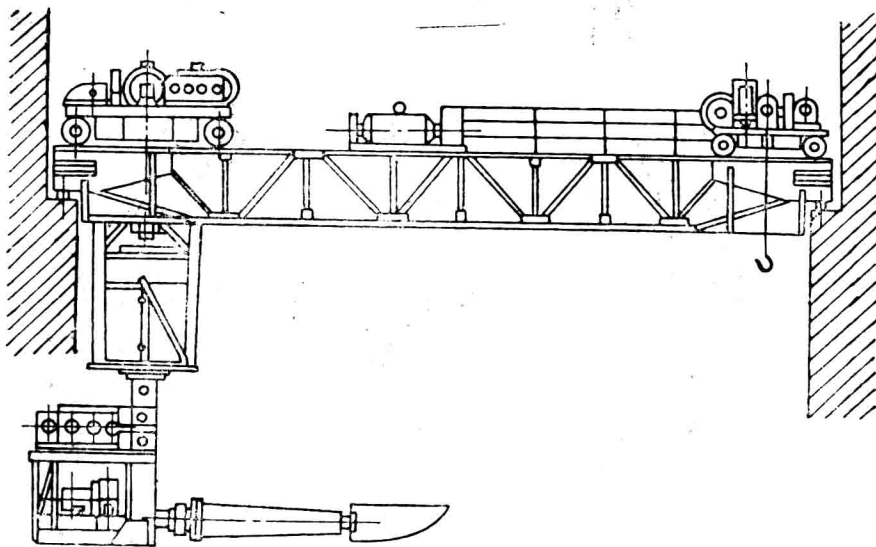
起

门式起重机(装卸桥)

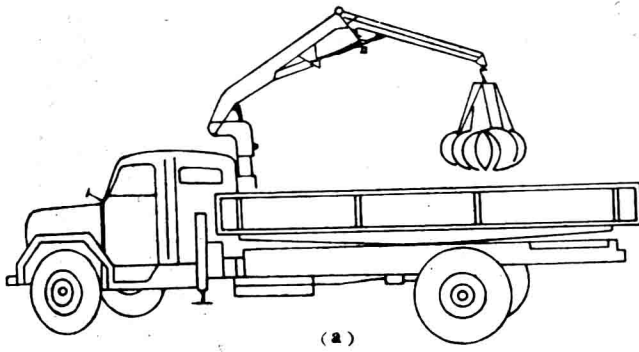


机

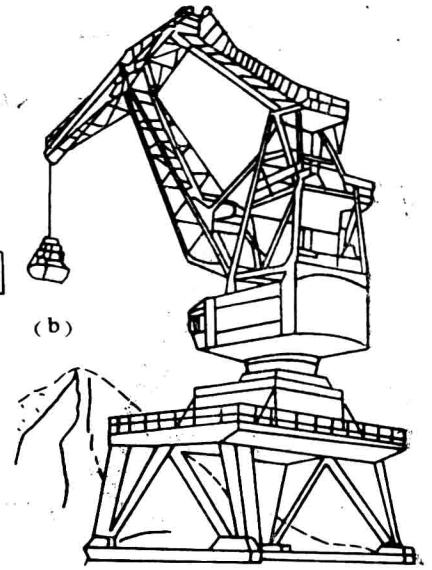
冶金桥式起重机



臂架旋转起重重
机

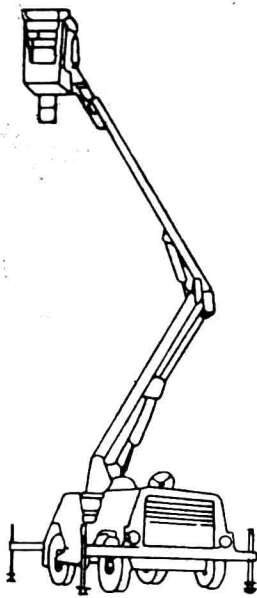


(a)

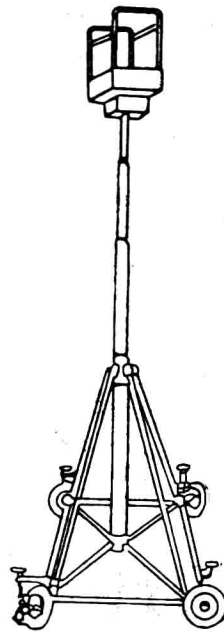


(b)

机工程起重
械

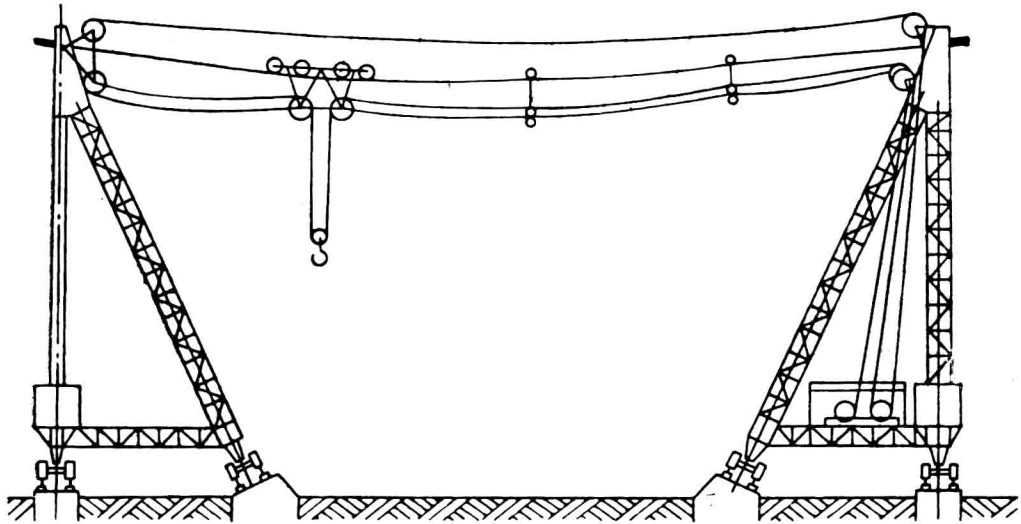


(a)

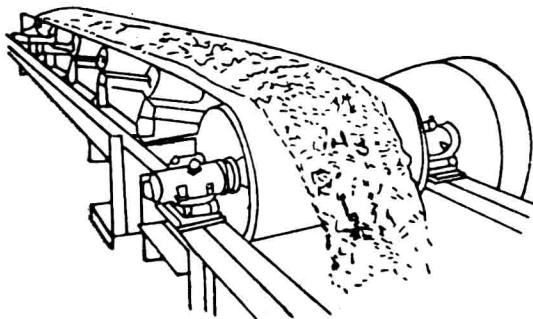


(b)

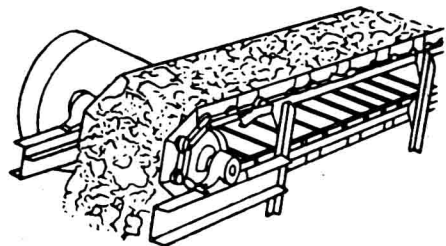
起
索
重
起
机
重
械



有
挠
性
件
运
输
机
械



(a)

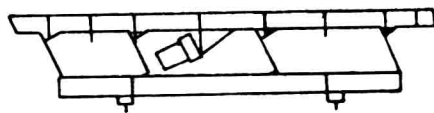


(b)

无
挠
性
件
运
输
机
械

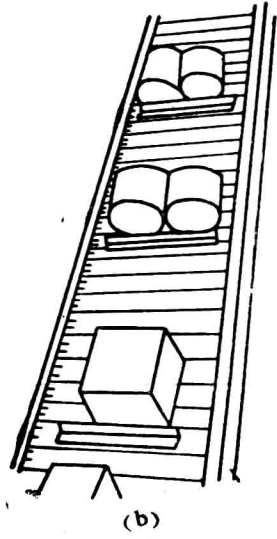
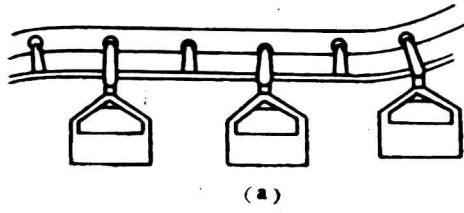


(a)

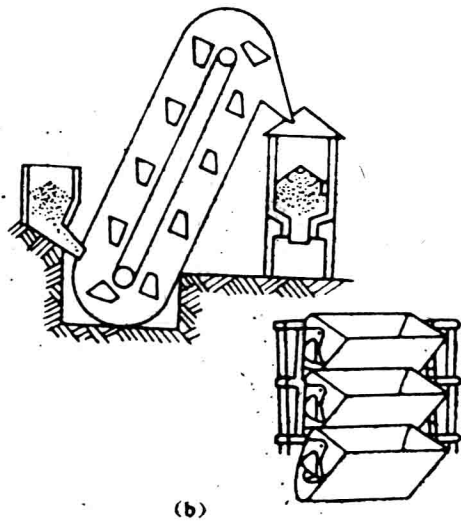
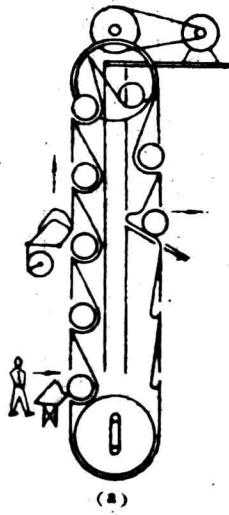


(b)

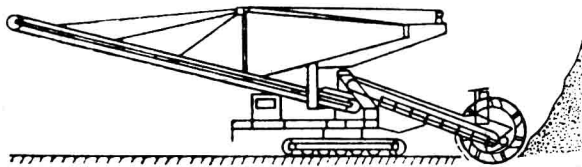
专
用
运
输
机
械



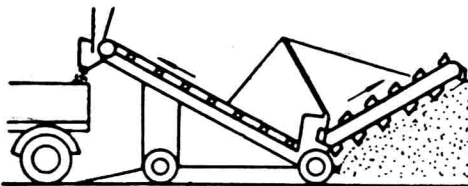
机
械
提
升
机



堆
取
料
机

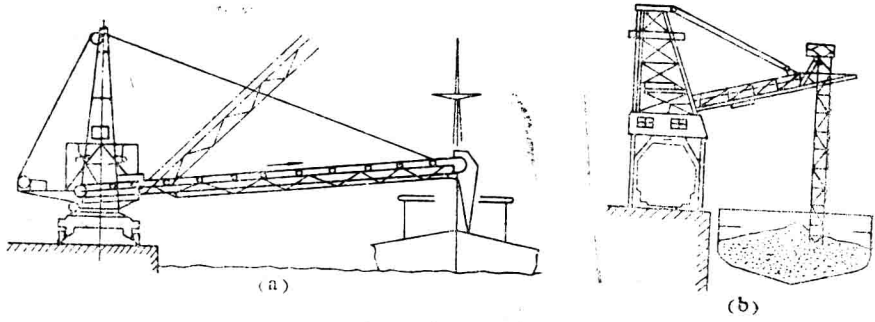


机
械
装
(卸)
车
机

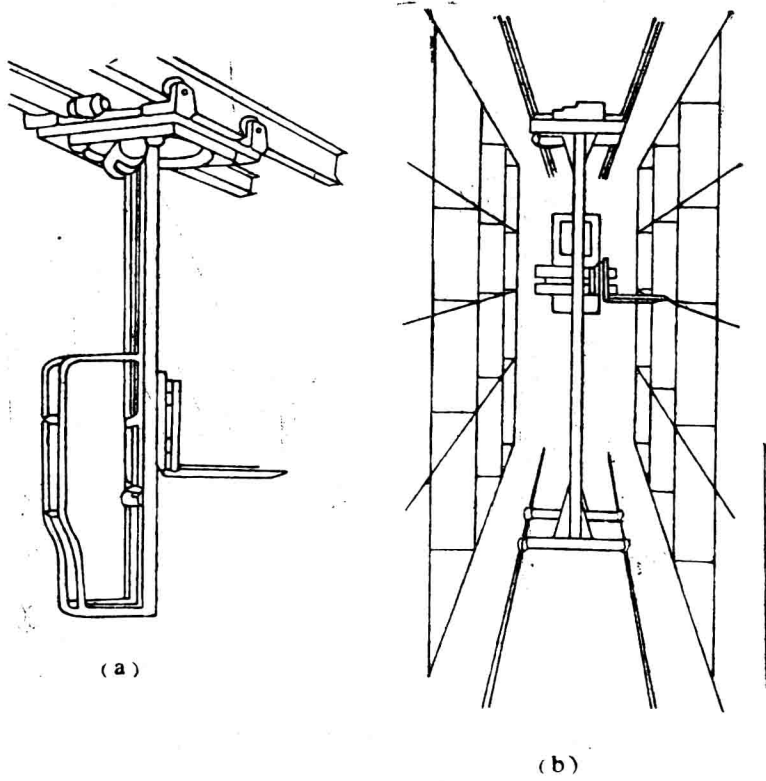


续表0-1

装
卸
机
械



堆
仓
起
重
机



给
料
机

