

高等学校教学用书

起重机械

札沃德契科夫著



机械工业出版社

高等学校教学用书

起重机械

札沃德契科夫著

北京钢铁学院机械原理、零件及
起重机教研组译



机械工业出版社

1959

出版者的話

原書系根据苏联高等教育部[起重运输机械](起重机械部分)的教学大綱編訂，并供工艺和机器制造高等学校学生作为教学参考書。

書中叙述較广泛的通用起重机械，闡明了它們的原理、計算原則和构造。

本書可作为我国机器制造高等学校的教学参考書，也可供从事起重运输机械設計和制造的工程技術人員参考。

苏联 Д. А. Заводчиков 著 ‘Грузоподъемные машины’
(Машгиз 1955 年第一版)

* * *

NO. 2700

1959 年 4 月第一版 1959 年 4 月第一版第一次印刷
850×1168 $1/32$ 字數 222 千字 印張 8 $12/16$ 0,001—5,100 册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
北京五五工厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 1 26 元

目 次

序言	1
第一章 緒論	9
1 起重運輸機械製造業的重要性、發展史和現況	9
2 典型起重機械概述	13

第一部分 起升機構

第二章 起升機構的裝置及構件	19
3 起升機構的簡圖	19
4 起升機構的主要靜力學和動力學的關係	22
第三章 攪物設備	26
5 概述	26
6 單鉤	27
7 双鉤	41
8 吊環	44
9 懸挂裝置	45
10 夾鉗	53
11 抓斗	55
第四章 撓性構件	58
12 概述	58
13 麻繩	58
14 鋼絲繩	60
15 焊接鏈	68
16 載重關節鏈	71
17 繩索與鏈條的分析比較	76
第五章 滑輪和滑輪組	79
18 滑輪的用途和構造	79
19 繩索滑輪的阻力和效率	81
20 鏈條滑輪的阻力和效率	83

21 滑輪組	85
第六章 卷筒和鏈輪	88
22 繩索卷筒	88
23 繩端在卷筒上的固定裝置	94
24 焊接鏈卷筒	96
25 卷筒的安裝及其與傳動機構的聯接方法	97
26 卷筒的阻力和效率	99
27 摩擦卷筒(絞盤)	100
28 規格焊接鏈和載重關節鏈的星輪	102
第七章 起升機構的驅動	106
29 概述	106
30 搖把	106
31 牽引輪	109
32 手驅動起升機構的計算	110
33 電動機	110
34 電力驅動起升機構的計算	112
35 按起動力矩驗算電動機	119
第八章 支持貨物重量和調節貨物下降速度的裝置	126
36 概述	126
37 棘輪機構	126
38 摩擦停止器	130
39 制動器的類型及其工作原理	132
40 制動器計算力矩的確定	133
41 瓦塊式制動器	138
42 雙瓦塊制動器	145
43 簡單帶式制動器	153
44 差動帶式制動器	156
45 制動力矩可變方向的帶式制動器	157
46 帶式制動器的零件	159
47 軸向壓力制動器	161
48 摩擦表面不可分離的自動軸向制動器	165
49 摩擦表面可分離的自動軸向制動器	167
50 安全搖把	171

51 制动器的操縱.....	173
52 离心式速度制动器.....	178
第九章 起升机构的类型	184
53 手驱动机构.....	184
54 电动机驱动的机构.....	187

第二部分 起重机

第十章 桥式起重机	194
55 概述.....	194
56 行輪的构造和計算.....	197
57 起重机小車和桥架的运行阻力.....	203
58 运行机构的制动器.....	207
59 起重机梁式桥架的計算.....	209
60 格子式起重机梁（桁架）的計算原理.....	213
61 起重机小車.....	221
62 起重机的运行机构.....	226
63 架空單軌道.....	227
第十一章 轉柱式旋轉起重机	229
64 概述.....	229
65 旋轉起重机桁架的計算.....	230
66 起重机的支承构件.....	238
67 起重机的旋轉机构.....	242
68 小車运行机构.....	245
69 动臂傾斜角的改变.....	248
第十二章 定柱式旋轉起重机	250
70 概述.....	250
71 支柱.....	252
72 軸承.....	254
73 基础底板.....	258
74 基础.....	262
第十三章 轉盘式起重机	266
75 概述.....	266

76 行輪式支承旋轉裝置.....267

77 滾子式支承旋轉裝置.....270

第十四章 行動起重機274

78 概述.....274

79 起重機載荷在行走裝置的支承構件上的分布.....275

80 起重機的穩定性.....279

序 言

〔起重运输机械及机构〕这门课程，其中大部分是〔起重机械〕，它的主要任务是研究在各种不同的工业部门中货物运输机械化的工具。众所周知，包括运输过程在内的全部生产过程最大限度机械化是发展我们国民经济的一个重要条件，因此对所有工程师来说，即使简单地了解一下起重运输机械也是必要的。这也就说明了为什么在培养各种专业工程师的高等学校的教学计划中要包括〔起重运输机械〕这门课程。

然而，这门课程的任务还不仅限于这些。早在上世紀的七十年代，浮薩聶格拉特斯基教授（И. А. Вышнеградский）已經提出这门课程在一般教学法方面的意义是很重要的，按照这位教授的建议这门课程已被列为高等工业学校中各专业的必修课程。在教学计划中，把〔起重运输机械〕课程放在基础技术课与专业课之间，作为培养工程师的基础技术课和专业技术课之间的桥梁决不是偶然的。应当指出，在基础技术课中，学生所得到的是一般性知识。例如在金属工艺学和金属学中，学生熟悉了现代机器制造业中所采用的全部制造材料，以及它们的生产工艺和加工工艺、物理性质和机械性质、在某种工作条件下采用它们有利和在另一些工作条件下采用它们就不利、以及它们相对的价格等等。在材料力学中研究物体在实际机械的各种载荷情况下可能产生的应力状况。又如在机械原理中研究实际机械中可能遇到的各种机构，以及诸如此类的课程。

就在學習〔起重运输机械〕这门课程的过程中，学生开始初次接触到具体的整部机械，并研究这些机械和它的部件的工作情况、以及对它们提出的要求，确定作用在机械的部件和零件上的载荷、载荷作用的特性和计算方法，求出各个零件的运动参数等等。在

研究的同时必然会發生和需要解决許多有关問題：如在一定工作条件下采用最有利与最适当的制造材料，選擇零件载荷的合理分布簡圖，選擇最适当和最可靠的机械部件和零件——傳动装置、联轴节、轴承等，也就是将学习基础技术課程时获得的全部知識应用到所研究的起重运输机械的具体工作情况中去。

可能会發生这样的問題：为什么具体运用有关基础技术課程知識的第一門課程是起重运输机械，而不是与学生專業有关的其他課程，例如机床、渦輪机、汽車等。这个問題可以这样来解釋，因为起重运输机械能最簡單、明了和确切地闡明机械及其部件和零件的所有工作情况，而这些情况都是解决上述問題所必需的。

这些見解基本上确定了〔起重运输机械及机构〕全部課程的內容。同时不应该忘記，現代起重运输技术已發展成为机械制造业中一个巨大的独立部門，为了培养这方面的工程师，在許多学院內設置了相应的專業。此外应该注意，在教学計劃中分配給〔起重运输机械〕課程的时数并不太多，这就預定了它們的分量。

所有这些情况使得在起重运输机械課程中不能詳尽地研究全部或更多不同形式的起重运输机械，而要使学生的注意集中在主要的典型机械上，但要深入地詳細分析它們的工作和闡明選擇材料、計算簡圖、部件結構等問題，关于这些問題前面已經提过了。这本教学参考書就是以这个方針为基础的。

第一章 緒 論

1 起重運輸機械制造业的重要性、發展史和現況

起重運輸機械是我們社会主义經濟的各个部門中生产过程机械化的最重要工具之一。党和政府的許多決議都指出將社会主义企业中的繁重工作和運輸作业机械化有其非常重要和決定性的意义。早在1931年的經濟工作人員會議中就已經指出「……生产手續机械化，是我們所应实行的一个新穎的和有決定意义的办法，否則既不能支持我們的發展速度，也不能維持我們的新的生产規模」[●]。第十九次党代表大会指示，在發展苏联1951~1955年期間的第五个五年計劃时，应在高度的技术基础上不断提高生产和改善生产，其基本特征之一就是使生产过程高度的机械化和自动化。

1953和1954年苏共中央全体會議，有关进一步發展苏联农业經濟的決議中很重視所有生产和運輸作业机械化的問題。

在偉大的十月社会主义革命前，在上世紀末叶才开始萌芽的起重運輸機械制造业發展得很慢，同时多半局限于仿造外国式样的起重机。然而，历史上記載了很多有关革命前俄国起重運輸工作机械化技术方面創造性的解決办法的許多極寶貴的資料，这些解決办法就其規模和气魄而言都超过了当时起重運輸技术的世界水平。作为这方面工作的事例可以列举在1674年所組織的將重达130吨以上的查理鐘举升到莫斯科克里姆林宮的大伊万鐘樓上去的事例。有趣的是关于这方面的問題傳統上常是从法国科学院方面得到技术上的帮助。但是他們也不得不承認缺乏把这样大的重

● 斯大林著列宁主义問題第11版333頁。

物举升到很大的高度上去的經驗。

另外，約在 200 年前，为了在彼得堡建立一个彼得一世的紀念碑，曾运输了重达一千吨的花崗岩基石，这是解决巨大运输问题的另一个同样有趣的历史事例。这种巨大操作的各个阶段——把岩石装上沉沒的平底拖船，在滾珠支承装置上沿道路运输以及在运输的同时进行岩石削平加工，这些深思熟虑和创造性的决定显示了它的組織者和执行者的非凡的創造才能；这些品質能使他們勇敢地去解决已經提出的問題，并且获得圓滿的解决。

同一时期（十八世紀的后半期），历史上还記載了祖国在連續运输机械方面的很多發明資料，例如，在阿尔泰的一个矿山的全部机械化运矿系統，在金矿中用矿砂車运输等。

在起重运输技术方面，俄国历史中有很多我們同胞的創作事例。但当时在資本主义的社会条件下，許多宝贵的發明得不到支持而被埋沒了。

只有在偉大的十月社会主义革命以后，起重运输机械制造业才获得应有的發展。还在我国社会主义工业化的初期，在第一个五年計劃期間，这个机械制造部門就發展起来了。由于起重运输机械制造工厂、科学研究所和設計机关共同工作的結果，使我們起重运输方面的技术完全摆脱了对外国的依賴，并保証以品質优良的本国設計的装备供給工业部門。我們国民經济的社会主义性質也同样地反映在起重运输工业所生产的机械上，体现在零件和部件标准化和划一化，零件和部件的分組性和互换性等原則的巨大發展。这与外国資本主义的机械制造业故意形成的五光十色的結構有着显著的区别。

这就为起重运输机械的生产中采用先进工艺和协作开辟了广泛的可能性。

依·阿·浮薩聶格拉特斯基教授在俄国奠定了起重运输机械制造方面的初步科学工作。他在 1872 年出版了 [起重机械教程]。十九世紀末叶和二十世紀初期，薩莫西（А. М. Самусь），別洛夫

(М. Н. Берлов) 和拉脫諾夫斯基 (Л. З. Ратновский) 等人的許多著作丰富了起重运输机械的科学文献。

但是这門科学仅在偉大的十月社会主义革命后才得到全面的發展。在这时期出版有科茲明 (П. С. Козьмин) 和斯比伐科夫斯基 (А. О. Спиваковский) 关于連續运输机械方面和基非尔 (Л. Г. Кифер) 关于起重机械方面的巨大著作，这些著作大大地反映了苏联和世界各国起重运输技术的現狀。此外，还应提到有关工业运输机械化各种問題的許多其它著作。

多年来苏联出版了起重运输技术杂志用来报导这方面的科学和生产成就以及交流經驗。

还必须指出全苏起重运输机械制造科学研究所 (ВНИИПТМ-АШ) 和苏联設計-安装托拉斯 [苏联工业机械化协会] (“Союзпроммеханизация”) 在發展起重运输科学和技术方面起了很大作用。

现在起重运输机械制造业已成为独立的工业部門，并随着国民經济中各个部門对运输设备要求的增長而不断發展着。工业的蓬勃發展以及提高劳动生产率和在生产中运用先进技术而进行的斗争，均促使起重运输技术向前發展和改进。

起重运输机械制造工厂为采矿工业制造了高生产率的料罐和料車式升降机以及各种型式的运输机。

为冶金工业制造了用于矿石場和燃料場的巨型的起重机，平爐車間和軋鋼車間用的起重机，高爐用的完全自动化的料車升降机，軋鋼車間用的軋道等等。

20~30年以前，在建筑工业中应用起重机还是罕見的現象。現在，甚至建筑不大的房屋也少不了它。更不用說，多層樓房和使用大塊的預制建筑构件的建筑物中，如果没有起重运输作业的机械化，那就不可想像了。在改进建筑工作中所起的决定性作用使这些工作的施工有了根本的变化，如快速工作法的运用，新建筑材料和預制建筑构件的应用等。

为了使土方工作机械化，我們的工业生产了各种不同能力和

结构的挖掘机——从市政建设用的小型挖掘机直到用于巨大的水利建筑工程中具有14~20立方公尺挖斗的巨型步行式挖掘机。

在农业中运用起重运输技术是很好的例证，从前那里是根本没有劳动过程机械化的。

在我们的农业中，除各式作业机械以外，还广泛地采用我们的工业生产的各种起重运输设备：把谷物装上汽车的谷物装载机，干草和谷草装载机，牧畜场中运输饲料的架空索道等。

为特别繁重的森林工业制造了运木车，架空索道，木材牵引机，堆垛机以及用于木材仓库跨度为300~400公尺的巨大缆索起重机械。

还应当提到我们的工厂已经掌握和生产的用于住宅、公共建筑物、大商店和地下铁道车站的起重运输设备，如升降机，其中包括有高层建筑物应用的快速电梯，载客的电梯和自动扶梯。

除生产重型设备以外，起重运输机械制造业还注意到小型货物运输的机械化。必须指出，由于生产过程的加强和运用快速工作方法的結果，使生产中货物的周转率大大增加了。例如过去将25~50公斤不太重的零件装到机床上去加工需数小时，对于这种作业的机械化未必能够作为一个问题提出。但现在当快速加工零件的时间以分来计算时，将零件装到机床上和将它们拆卸工作的机械化，从减轻工人劳动和进一步提高他们生产率的观点出发具有重大的意义。因此现代化机械制造工厂连续作业线上布满着一系列快速的气动和电动运行的升降机用来举升和运输轻型零件。

因此，遵照党和政府的指示，我们现代化的起重运输机械制造业使所有工业和国民经济部门中都广泛地起重运输作业机械化。今后我们起重运输技术发展的道路是改进机械的质量、减轻重量、降低成本、提高它们的使用可靠性、提高产量、操纵简化和自动化以及制造新的效能高的机械，以满足我们国民经济中各个部门的需要。

2 典型起重机械概述

現有的全部起重运输设备按其工作特性可以分成两类：

- 1) 連續运输的机械，用来連續地运输貨物；
- 2) 循环运输的机械，它們的特征是周期性，亦即工作時間与不工作時間相互交替。手动和机动的小車是这一类机械的典型例子，小車从装貨处到指定地点的工作行程和空車行程是相互交替的，空車行程是为了回到原处再作下一次的工作行程。这类机械的主要部分是各种起重机械，而其中最主要是广泛应用在各个工业和国民經济部門中的起重机。

能在垂直或水平方向运移貨物的机械叫做起重机。在大多数的工作情况下用「起重机械」的名字并不很恰当，因为它们主要是水平移动，即将貨物从起重机工作場所的一个地方移到另一处，而举升貨物只是当貨物需离开地面并越过机器設備和其它一些障碍物时才有需要。但是在有些情况下，貨物的举升确实是它的主要目的，例如用于高大建筑工程的起重机。虽然如此，实际常把所有这一类型的机械叫作「起重机械」；这是由于就其尺寸和能力而言，举升貨物的机构是主要的，并需予以最大的注意，因为不合理的结构或故障都会引起貨物的墜落。

根据不同用途、安装地点以及特殊的工作条件而具有不同型式的起重机。这些起重机相互間的主要区别是水平移动貨物的构架型式和机构的构造。

下面举出一些最常用的普通起重机械的簡圖。

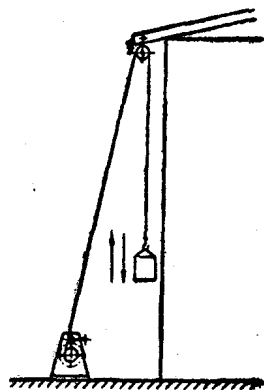


圖1 手動建筑用絞車。

圖1是手动或机械驱动絞車的簡圖，它們使用于建筑工程中，进行装配和修配等工作时用来举升貨物。这种装置是最簡單的起

重机型式，它只能沿垂直方向运移货物。

这类装置的较复杂的型式如图 2 所示，乃是升降机或用来举升货物与人的电梯。它和上述装置所不同的是这种机械将货物放在罐笼或乘载室中举升，而罐笼或乘载室则沿固定的垂直导轨运动。为了减少电梯起升机构的电动机功率，照例是采用了对重，用来平衡乘载室自重和大约一半的有效载荷。虽然简图很简单，但这种机械仍属于复杂的起重运输设备，因为按照它们的工作和安全技术条件要求，除了主要的绞车以外，还要有许多辅助机构和设备：如开闭井道和乘载室门的机构，控制乘载室在各层准确停车的设备，调速器和保险器等。

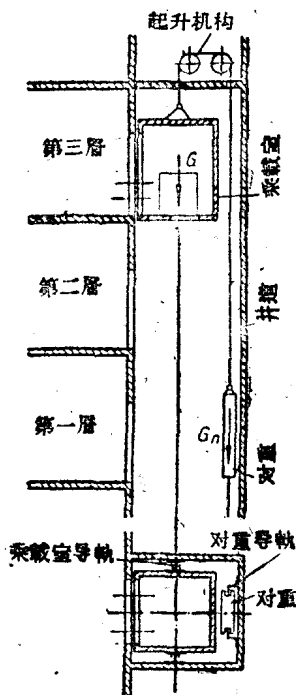


图 2 升降机。

起重機，亦即用来沿垂直和水平方向运移货物的机械，可以分为两大类：1) 桥式起重机，2) 旋轉起重機。第一类起重機中借助于綜合的往復运动而使貨物作水平方向运移，而旋轉起重機，顧名思義，主要是靠旋轉运动。

圖 3 表示一些不同型式的桥式起重機。圖 3 a 是用在室内的标准桥式起重機。它由起重機桥架 1 和小車 3 組成，桥架的行輪可以順着厂房（垂直于圖的平面）在起重機軌道 2 上移动。軌道固定在厂房縱牆上。小車 3 則可帶着悬挂在它下面的貨物沿着桥架移动，小車上裝有起升貨物和移动小車的机构。在裝有桥式起重機的厂房內，除了起重機攔物裝置所不能到达的較小的牆脚地带（[死角]）以外，整个厂房內的面积都能利用起重機的三个机构进行工作。

桥式起重机安置在厂房上面，它不占据厂房的有效面积，所以在工业部门中已成为最普遍采用的起重机械了。

桥式起重机也可在室外工作，但这时需要为起重机轨道设置专门的棧桥（圖 3 б）。当起重机工作的場地很長时，最好将起重机轨道鋪設在地面上，而在桥架上增架两个支腿；这样的桥式起重机叫做龙门起重机（圖 3 в）。有时可以把起重机的一根轨道安設在建筑物的牆上，而另一根只得設置棧桥或是按照簡圖 6 来解决。这一种情况下便得到如簡圖 3 г 所示的半龙门起重机。

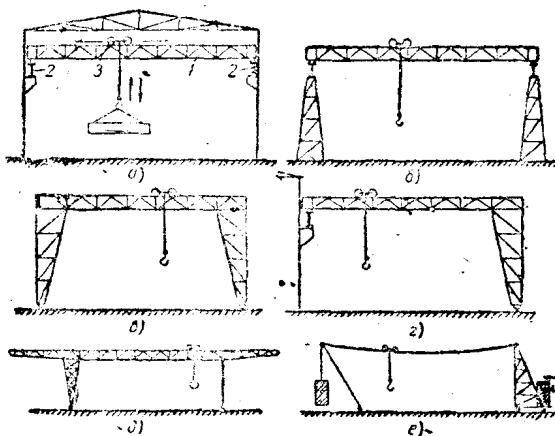


圖 3 桥式起重机。

当龙门起重机在宽度很大的場地上工作时，为了減輕桥架的重量，起重机的支腿最好不安装在桥架的末端，而裝在离末端有一定距离的地方（按計算确定）。巨型的〔装卸桥〕通常都具有这种形状，其長度达100~150公尺（圖 3 в）。

然而工业中要求跨度更大的这类起重机。这类起重机的结构（圖 3 в）所需金屬量非常大，因此用張紧在两个塔架之間的鋼絲繩（圖 3 e）来代替它的刚性桁架，特种构造的小車沿着鋼絲繩移动。用以張紧承载鋼絲繩的两个支承塔架具有不同的构造：其中一个（右边的）沿着两条軌道运行，而第二个則做成可以摆动的，

并沿着一条轨道运行。两个塔架由适当的对重来平衡，这种起重机的跨度达400~500公尺。

旋轉起重機最簡單的一種型式是轉柱式起重機。這種起重機多半是安裝在牆壁旁，起重機的上軸承就固定在牆上。所以這種起重機常稱為壁裝起重機。圖4 a 和 b 所示為幅度不變的壁裝旋轉起重機，這種起重機的工作區域就是半徑為 a 的圓弧平面。因此當工作需要貨物在一定面積內移動時，這種起重機就不適用了，但在條件適合時它們仍然被採用。

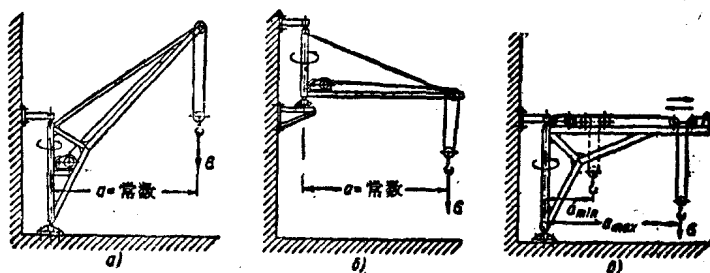


圖4 轉柱式旋轉起重機。

可以利用沿起重機構架的上橫梁移動的小車來改變幅度，這樣可改善起重機的性能（圖4 c）。這種起重機的工作區域是以半徑 $a_{\max}$ 和 $a_{\min}$ 所組成的半圓環面積。

上述構造的起重機有時也安裝在室外的場地上，但在這種情

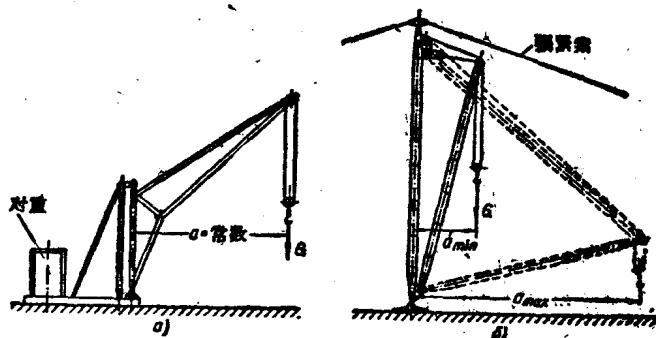


圖5 動臂旋轉起重機。