

高等学校教学用书



起重机械

第一卷

柳·根·齐 菲 尔 著
約·伊·阿布拉毛維赤

高等教育出版社

高等学校教学用书



起重机械

第一卷

(修订本)

柳·根·齐菲尔, 约·伊·阿布拉毛维赤著

过玉卿等译

高等教育出版社

本书系根据苏联国立机器制造书籍出版社(Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы) 1956年增订第二版的柳·根·齐菲尔(Л. Г. Кифер)与约·伊·阿布拉毛维赤(Н. И. Абрамович)教授所著“起重机械”(第一卷)(Грузоподъемные машины часть 1),将过去第一版译本重新修订翻译的。

原书经苏联高等教育部多科性工学院及机器制造高等学校主管司批准作为机器制造高等学校教学参考书。

与旧版比较,新版增加了起重机械的驱动装置一章及攫物设备、电动滑车、抓斗绞车和刮掘绞车等内容,而对起重机械的金属结构一章作了较多的删减。

新版在桥式起重机和行动旋转起重机等章,介绍了新型结构的这类起重机。在本版中作者阐述了苏联近年来在起重运输机械设计制造方面的先进技术和新成就,同时也介绍了其他国家的新技术。

在阅读旧版时,必须配合使用说明正文的图集,新版在正文中增插了说明正文的插图,因此读者不看图集也能顺利阅读正文。

本书可作为起重机械专业、建筑机械专业或机器制造类各专业的“起重运输机”课程的教学参考书。

本书旧版中译本由陈燕生等翻译。新版修订翻译工作由过玉卿、陈燕生和蓝石三人担任。

起 重 机 械

第 一 卷

柳·根·齐菲尔, 约·伊·阿布拉毛维赤
过玉卿等译

高等教育出版社出版 北京宣武门内承恩寺7号
(北京市书刊出版业营业许可出字第054号)

上海市印刷四厂印刷 新华书店发行

统一书号 15010·862 开本 787×1092 1/18 印张 27 3/9
字数 591,000 印数 6,001—10,800 定价(4) 2.50
1955年3月第1版 1960年3月第2版(修订本)
1960年3月上海第4次印刷

序

本书为“起重机械”课程的教学参考书，并系根据莫斯科鲍曼高等工业学校及其他机器制造高等工业学校“起重运输机械”专业的教学大纲编写的。书中阐述了起重机械及其主要部件与零件的设计和计算原理。除此以外，书中还研究了一些通用的起重机：固定旋转起重机、运行式起重机——履带式起重机、铁道起重机和汽车起重机，以及桥式起重机和悬臂起重机。

为补充本书而出版了“图集”，在“图集”中载有起重机械的各种不同结构，并摘录了一些全苏国家标准和工厂规范。

本书的基本任务为供教学参考之用，这一任务也就决定了材料的选择、编写和阐述的特点。但是大多数计算及参考用的标准化数据对于从事起重运输机械制造的工程技术工作者也有裨益。

关于安全技术方面的现行法规（苏联工业及矿业安全监察委员会的“起重机械使用安全与安装法规”）在本书各有关章节中也有所反映。

当准备本书三版时，曾考虑了对初版的一些评论、读者代表会议的讨论总结以及各个机器制造高等学校的教学经验。

书中反映了苏联机器制造工业中在创建起重机的新型结构中的成就，同时还阐述了国外生产的起重机的例子。

在编写本书时给予作者很大帮助的有：技术科学副博士 B. O. 奥斯多里斯基（Остольский），他提供了绪论的材料；技术科学副博士 A. Г. 米克列尔（Меклер），他提供了 § 21 “电力驱动装置”的材料；技术科学副博士 M. И. 亚历山大罗夫（Александров），他提供了 § 7 “停止器”及 § 8 “制动器”的材料；技术科学副博士 И. О. 斯比村娜（Спицына），她提供了 § 26 “电动滑车”的材料；技术科学副博士 Г. М. 尼古拉也夫斯基（Николаевский），他提供了 § 9 “支承的行轮和滚轮”及 § 15 “在计算机构时所考虑的负荷及起重机械工作类型的确定”及第八章“桥式起重机”的材料，以及技术科学副博士 A. Г. 依密尔曼（Иммерман），他提供了“运行式旋转起重机的动臂及其计算（包括在 § 34 中）”的材料。

补充修订本书时，考虑了评阅者的意见及技术科学副博士 Г. М. 尼古拉也夫斯基对初版的批评意见。

第一卷 目 录

序	5
緒論	1
第一章 起重机械的零件及部件的构造和計算	15
§ 1. 悬挂物品用的挠性件	15
§ 2. 滑輪、卷筒和复滑輪組	33
§ 3. 手搖柄、曳引輪和杠杆	65
§ 4. 載物吊鉤和吊环	68
§ 5. 称起升物品用的秤	82
§ 6. 攪物設備	83
§ 7. 停止器	120
§ 8. 制动器	128
§ 9. 支承行輪和滾輪	184
第二章 起重机械机构的計算	193
§ 10. 概述	193
§ 11. 物品起升机构的計算	197
§ 12. 直綫运行机构的計算	207
§ 13. 繞垂直軸綫旋轉的旋轉机构的計算	217
§ 14. 变幅机构的計算	222
§ 15. 在計算机构时所考虑的載荷及起重机械的工作类型的确定	226
第三章 起重机械的驅動裝置	232
§ 16. 驅動裝置的分类	232
§ 17. 蒸汽驅動裝置	262
§ 18. 气力驅動裝置	265
§ 19. 液力驅動裝置	265
§ 20. 內燃机驅動裝置	266
§ 21. 电力驅動裝置	237
第四章 千斤頂、絞車和滑車	262
§ 22. 千斤頂	262
§ 23. 气力升降機	271
§ 24. 絞車	272
§ 25. 人力驅動的滑車和跑車	293
§ 26. 电力驅動的滑車	296
第五章 关于起重机械支承結構的基本知識	304
§ 27. 起重機金屬結構上的載荷	304
§ 28. 起重機金屬結構的計算	307
§ 29. 金屬結構	310
§ 30. 起重机的基础	312

第六章 通用固定旋轉起重機	317
§ 31. 有外部上支承的起重機	317
§ 32. 无外部上支承的起重機	332
第七章 行动旋轉起重機	363
§ 33. 自行車式起重機	363
§ 34. 裝在行車上的行动旋轉起重機	367
第八章 桥式起重機	438
§ 35. 人力驅動的桥式起重機	438
§ 36. 机械驅動的桥式起重機	441
第九章 壁装悬臂式行动起重機	478
§ 37. 具有固定悬臂的起重機	478
§ 38. 具有旋轉悬臂的起重機	482
参考书刊	485

緒 論

起重裝置的開始採用，可以追溯到遠古時代。人類在其發展的最低級階段，就不得不在創造和改進基本勞動工具的同時，也創造和改進最簡單的起重運輸裝置和設備。在游牧部落里，當從一居地遷移到另一居地時，以及在定居的民族里，隨着交換和貿易的擴大，隨着農業、建築技術、采礦冶金業、運輸業及軍事技術的發展和改進，總之在僅僅靠直接用大量人力也無法搬運沉重而巨大重物的所有情況下，就產生了利用起重運輸裝置的要求。

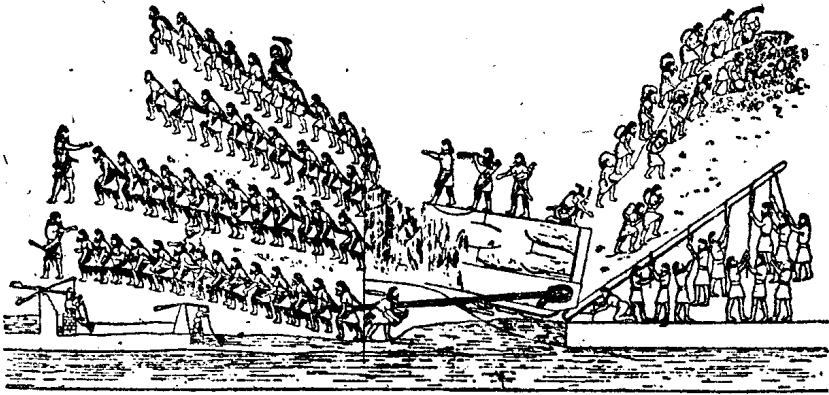


圖 1.

利用最簡單的工具和設備來減輕繁重的起重運輸工作有着几千年的悠久歷史。大概還早在修建最古老的石料建築物（石碑）時，就應用了滾子、杠桿及斜面（斜路）。利用它們曾為亞述的宮殿和廟宇運送和安裝過巨大的雕像，也曾在古埃及修建金字塔時運送和安裝過巨大的石塊（圖1）。在古代的中國、印度及東方各國曾經應用杠桿式升降機^①（動臂起重機的雛形）來提水（圖2）。在紀元開始很久以前，在中國就已應用了人力驅動的水平和垂直轆轤（圖3）。稍後，古希臘人在礦石起升、運輸業及建築業的實踐中應用了馬拉轆轤、復滑

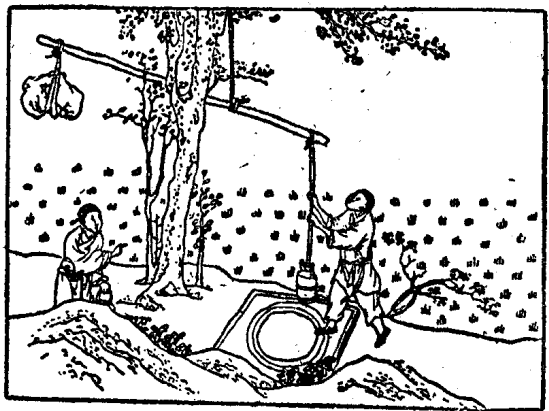


圖 2.

^① 譯者注：這種裝置在我國稱為桔槔。

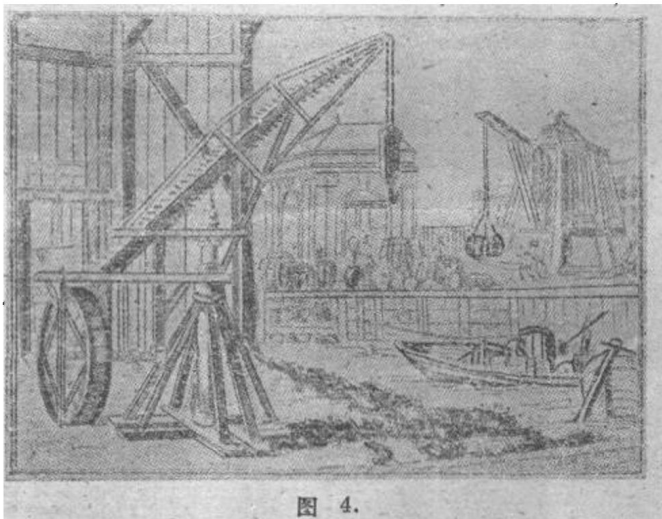
車以及复杂的起重装置(由用繩索系牢并与水平面成固定或可变傾斜角的斜杆和悬



挂在斜杆上的复滑車所組成,复滑車上并附有单件物品用的最简单的取物装置)。罗马人进一步改进了这种装置从而創造了旋轉起重機。根据紀元前一世紀維特魯維叶(Витрувио)的著作中記載,这种起重機被安裝于能够在滾子上向任何方向旋轉的堅固的木質構架上。它們可以把物

品起升达 12 米的高度,并利用人力驅动轆轤或馬拉傳动裝置來驅动。在古羅馬也首先出現了吊籠式升降機——現代升降機的雛形。

在十一到十二世紀,工程技術在西歐得到進一步的發展。在十四到十五世紀,由于貿易、航海以及采礦冶金業的發展,起重裝置有了某些改善。图 4 所示为当时出現的最簡單的起重裝置的結構形式。到了十九世紀後半期,加速了主要類型的起重運輸裝置的發展過程,并且扩大了它們的應用範圍。



还早在十一世紀前半期,在諾夫哥羅德(Новгород)修建索菲斯基(Софийский)大教堂

时,建築家們就應用了复杂的起重滑輪系統(复滑輪組)去起升重物。在十四到十五世紀,在建築工程及礦場中應用了滑輪(鉄制絞車)及起重轆轤。不久以后,在造船工程中、在鹽場上鉗井和汲滷时、在冶金工厂中进行澆注金屬和鉗大炮筒以及其他工作时,也應用了各种型式的起重机构和裝置——滑輪、轆轤和千斤頂(舉重器)。

在 1674 年,俄国的机械師們在莫斯科克里姆林宮舉升起一个大鐘——一个全重超过 8000 普特最巨大的有色金属鑄件。他們是利用木制的杠杆、复滑輪組及轆轤把它舉升起來的。用杠杆逐步地微微抬起鐘緣并在其下鋪設新的圓木因而增高了支架。为了減輕使鐘起升的劳动,把鐘用鏈条与裝滿石头的对重平台相固結。

在十八世紀,在烏拉爾(Урал)、阿尔泰(Алтай)及查巴依卡里(Забайкалье)的工厂里,开展了用于冶金生产的起重運輸裝置的建設事業。1734 年,在叶迦特琳堡(Екатеринбург)冶金工厂建成了由煉鉄炉至裝料平台面“起升生鉄与重桶”^①的起重裝置。1752 年,在阿尔泰的查吉尔斯克(Чаянск)矿山,制成了用繩索拖運的往復運

① 譯者注:在这种裝置中,生鉄盛在两只互相平衡的桶內起升,負載的桶上升时,空桶就下降并起对重的作用。

动的矿車裝置。1765年，俄国机械师兼水工技师 К. Д. 佛罗洛夫 (Фролов) 完成了卡尔巴里黑斯克 (Карбалыхинск) 碎矿及洗矿工厂的建立工作，在这个工厂里，是最先在这个世界上实现了主要生产工序及厂内运输的机械化。在十八世纪 80 年代，К. Д. 佛罗洛夫在兹米诺哥里斯克 (Зминогоorsk) 矿山，建成了起升矿石和排水的装置；在这种装置里包括有斗式提升机和矿石升降机。在 1793 年，在彼得洛夫斯克 (Петровск) 铁工厂中，在 Ф. 波尔兹 (Борзый) 的领导下按照他的设计制成的动臂旋转起重机 (图 5) 开动运用了。

М. В. 罗蒙诺索夫 (Ломоносов) 所著的“采矿冶金学首要基础”一书中曾对关于采矿冶金工业中用的起重运输装置进行了叙述。彼得堡科学院院士 Л. 欧拉 (Эйлер) 及 Д. 伯努里 (Бернулли) 完成了关于起重装置的鉴定工作。

在 1769 年到 1770 年，根据俄国锻工所提出的方法，搬运了用炮铜制成的彼得一世纪念象的巨大花岗石座，重达 1200 吨的石块被安置在木质方梁上，方梁则能在铺设于铜槽内的青铜球上移动，借助于轆轤及复滑轮组而把石块运到距离将近 9 公里的涅瓦河岸边，然后把石块装在驳船上顺

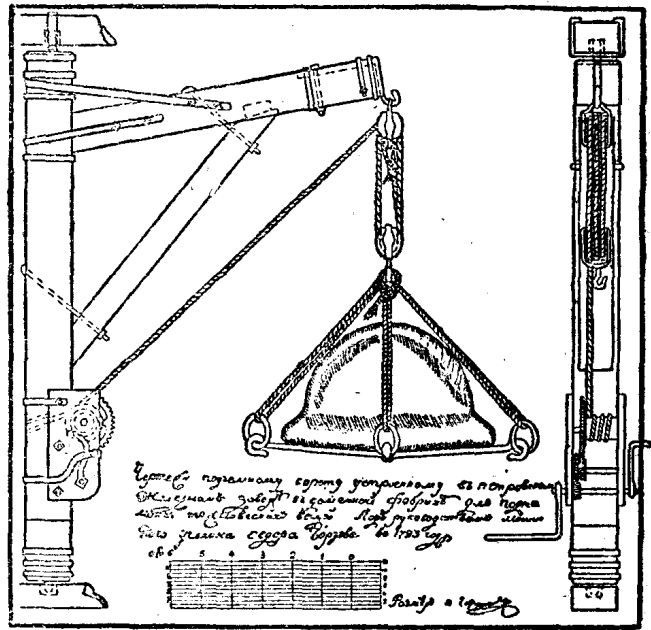


图 5.

水运到安装纪念象的地方。在同一时期，在普希金 (Пушкин) 城的叶迦特琳 (Екатеринин) 宫的奇珍楼^①及莫斯科附近的库斯科伏 (Кускоево) 村的奇珍楼内的升降机被农奴匠师们制成了。И. П. 库里宾 (Кулибин) 在彼得堡玻璃工厂实现了制造镜面玻璃的起重、运输、玻璃液的浇注工作的机械化，并且设计了草图和制成了电梯的模型。在十九世纪开始时，Д. 彼得洛夫 (Петров) 在莫尔沙斯克 (Моршанск) 城完成了教堂建筑物的搬移工作；К. 索波列夫 (Соболев) 从事于设计举升建筑物用的组合的千斤顶的工作。

1828 至 1830 年，借助于木质构架及木轆轤完成了彼得堡 (Петербург) 依沙阿基辅 (Исаакиев) 教堂双层柱廊的柱子的安装工作。而在 1832 年，完成了全重超过 600 吨的亚历山大洛夫柱子的安装工作。

① 译者注：即现在的列宁格勒博物馆。

在十九世紀以前所使用的起重机构、装置和设备的特征是用木材作为主要部件(构架、支柱及轆轤等)的制造材料,例如在这些机构和装置中,齒輪的齒和輪緣也都是用木材制成的,至于鋼則仅仅用来制造象軸、棘輪与爪、吊鈎等零件。

仅仅在上一世紀的前四分之一时期,才开始比較广泛地用金属来代替木料。

在上一世紀的 20 年代,在巴黎制成了第一台全部由木材制成的桥式起重机。在十九世紀的最后四分之一时期,还比較常用木材或木材及金属合用作为桥式起重机、龍門起重机的承载結構和門座起重机的动臂。

上述的这些机构和装置都是由人力或畜力驅動的。早已为古老民族所熟知的水力驅動装置(水車)及中世紀的风力驅動装置(風車)沒有在上述的这些机构和装置中得到广泛采用。仅仅在上一世紀的开始时,当随着工业和运输业的发展,更多地需要增加起升和水平运行的速度来起升重物时,才开始在大起重量的起重机及通用的升降机中采用机械驅動。

按時間論,最早用于上述起重机械上的是用水作为工作液体的液力驅動,水在高达几十个大气压的压力下送到工作缸中。开始采用这种驅動是在十八世紀末。但是第一台液力驅動起重机則是在 1847 年在英国制成使用的。而仅在十九世紀后半期,液力驅動才在固定式及运行式起重机、載客及載貨升降机(电梯)、千斤頂和其他起重机械中得到了广泛应用。在起重机液力驅動裝置的結構的发展过程中,Н. И. 彼得洛夫^①教授的研究具有重要意义,他首先奠定了液力驅動起重机的理論。

在十九世紀 30 年代,在英国首先制成固定式蒸汽驅動起重机,但是在这以后,蒸汽驅動起重机由于結構不够完善而沒有得到显著的推广。在十九世紀 90 年代,由于蒸汽动力装置趋于完善,它的輪廓尺寸及重量也較為减小,因而蒸汽起重机才逐漸地排挤了液力起重机。

1880 年,在德国制成了第一台电力升降机(电梯),它的起升机构是由原动机、蜗杆傳动以及与固定导向齒条的齒相嚙合的齒輪所組成。同时,在德国又制成了全部机构由一个电动机驅動的电动桥式起重机;而在 1889 年,在美国开始运用了第一台以各个电动机分別驅动物品起升机构、載重小車运行机构及起重机桥架运行机构的电动桥式起重机。在 1885 至 1891 年,电力驅動裝置的应用扩展到龍門、半門座及固定旋轉起重机上。在 1895 年,在运行式起重机中首先采用了內燃机驅動。

在革命前的俄国,將近一百年以前,在哥斯特羅馬(Кострома)机械工厂中,根据定貨单个地生产过起重机。在十九世紀末,各种型式的起重設備的生产已为一系列巨大的机器制造厂[索尔莫伏(Сормово)、哥罗明納(Голомина)、布良斯克(Брянск)、克拉馬道尔(Краматор)、布基罗夫(Путилов)等]所掌握了。

^① Н. И. 彼得洛夫是 Н. А. 威实涅格拉德斯基教授——俄国第一本起重机械教科书的作者——的学生,并且还是 1882 年出版的“谷类的儲藏和轉运。煤炭的轉运”一书的編者。

在偉大的十月社会主义革命以后,起重运输設備的生产在苏联,已經形成了一个独立的机器制造部門,而繁重工作的机械化問題具有了特別重大的意义。

苏联机器制造业掌握了最复杂和最完善的起重运输設備的生产,它的数量也已足够满足苏联国民經济各部門的需要。

苏联起重运输設備生产的发展,已經成为在国民經济各部門中——港口、铁路車站、采矿冶金工业、发电站的燃料仓库和燃料运输系統、房屋建筑(图14)水力工程建设(图18)、机器制造工厂、人民日用必需品工业企业、森林工业及农业——广泛实行繁重的运输过程机械化的先决条件。起重运输机械的新的标准結構被制成了,在这个基础上规定了部件单元化、零件及部件划一化及規格化的合理原則。因此,有可能減輕机器的自重、提高它們的使用可靠性、进行企业协作、加速机器的制造以及改善生产場地的利用。

在現时,在巨大的工业企业、港口及建筑工业等中,要是沒有实现各种物品的起重运输过程的机械化,簡直是不可想象的。

在起重运输設備这个綜合的概念中,包括着可以归納为下列三个基本类别的各种各样的机器、装置和設備:

- (1) 周期作用的起重机械、装置和設備——其載物或攬物构件作往复直綫运动;
- (2) 連續运输的机械、装置和設備;
- (3) 近处的地面和架空(有軌和无軌)运输的机械、装置和設備。

起重机械、装置和設備是供起升和降下物品用的。在一般情况下,起重机械和装置的工作周期由下述几个操作組成:將物品挂到載物构件上(或者用專門的攬物器来攬取物品),工作运转(起升、在水平面內的运行和降下物品)、解下所运送的物品以及空車运转到重复装載处。起重机械和装置的生产率(单位時間內由它所运移的物品数量)在此情况下与起升高度及水平运移的距离成反比。以上所列举的明确的标志可以截然区别起重机械类和其他类,例如連續运输机械类;后者在許多情况下也用于沿垂直方向运移物品或依次在水平和垂直方向不轉載地运行,但它是連續作用的(即无須在装卸物品时停止运转),而其生产率与运输距离无关。

按照結構上的特征,起重机械、装置和設備可分为簡單起重机构和机械、起重机及升降机。

属于簡單起重机构和机械的有:

- (1) 千斤頂——起升高度有限的起升机构;所举升的物品支放在可移动的齿条、螺旋或活塞上;
- (2) 滑車——是固定在不动或可动上支承(房梁、鈎环、单軌架空道的小車承梁等)上的一种起升机构,可将重量不大的物品起升一不甚大的高度。
- (3) 絞車——是用来起升物品或沿水平或傾斜方向运移物品、并可作为复杂起

重機械和裝置的組成部分的一種簡單起重機械。

用來起升和水平運移自由懸掛着的物品的複雜起重機械都屬於起重機類。這種機械的工作機構（起升機構、沿工作綫運行的運行機構及繞垂直軸回轉的旋轉機構等）安裝在不動的或可動的支承金屬結構上。

將物品置于吊籠（吊廂）、平台或料桶（盛斗）內由一個水平面沿導軌間的固定路綫運送到另一水平面去的複雜起升裝置屬於升降機類。

按照可動性的程度，起重機械、裝置和設備可分為固定式或運行式的（沿無軌道路、地面有軌道路或架空道移動）。

按照動作的方向及數目，起重機械、裝置和設備可分為：

- (a) 在垂直面內有一個動作的；
- (б) 在水平面和垂直面內共有兩個動作的；
- (B) 有三個動作的，即一個在垂直面內而兩個在水平面內（沿互相垂直的方向作直綫運動）；
- (r) 有四個動作的，即一個在垂直面內的直綫運動，兩個在水平面內的直綫運動以及一個在水平面內的旋轉運動。

按照驅動的型式，起重機械、裝置和設備可以分為人力驅動的和機械驅動的；機械驅動包括電力驅動、蒸汽驅動、內燃機驅動、液力驅動及氣力驅動等。

按照用途，起重機械、裝置和設備可分為一般用途的（通用的）和專用用途的（專用的）；前者通用於國民經濟各部門中，後者用在某些生產部門（冶金、建築業等）的專用條件下工作，用於起升和運移某幾種確定的物品以及用於運送乘客。

用於國民經濟各部門的起重機械、裝置和設備的一般名稱如下：

1 簡單的起重機械：

- (a) 螺旋千斤頂（圖 6）、齒條千斤頂及液壓千斤頂；
- (б) 氣力舉重器；
- (B) 固定式及運行式的手動滑車（圖 7）及電動滑車；
- (r) 絞車（圖 8）；
- (л) 絞盤式絞車。

2 通用起重機：

- (a) 單梁（梁式起重機）及雙梁橋式起重機（圖 9）；
- (б) 固定式定柱起重機（無外部上支承的）；
- (B) 有外部上支承的固定式起重機；
- (r) 龍門起重機（圖 10）；



圖 6.

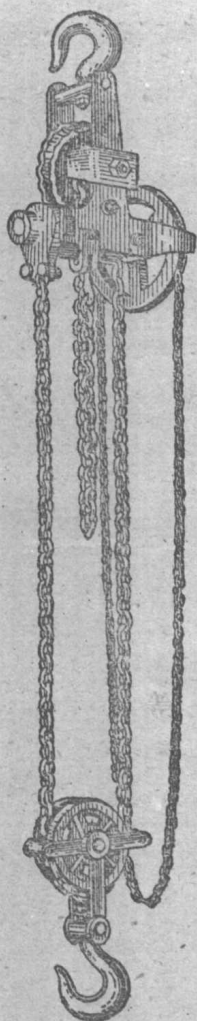


图 7.

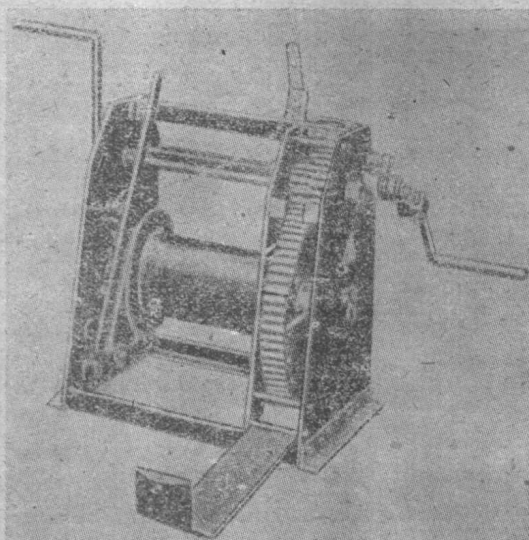


图 8.

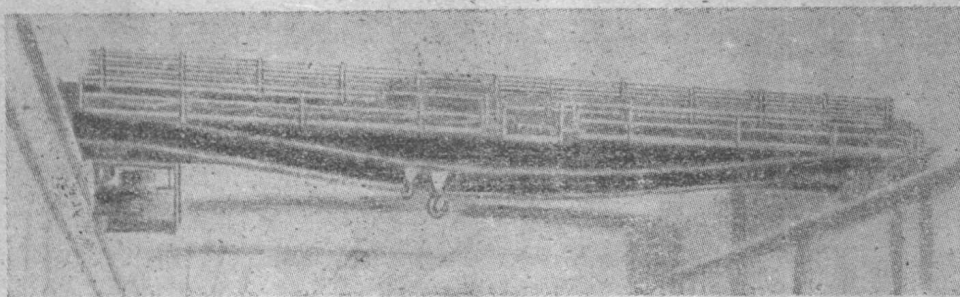


图 9.

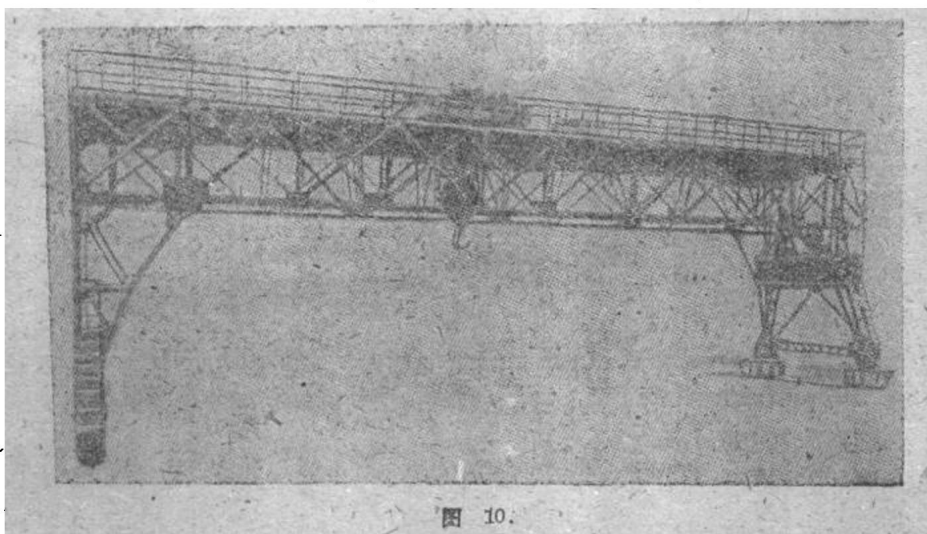


图 10.

- (A) 自行車式起重機;
- (e) 懸臂起重機;
- (ж) 鐵道動臂起重機、履帶式動臂起重機及汽車動臂起重機(圖 11);
- (3) 單軌起重機。

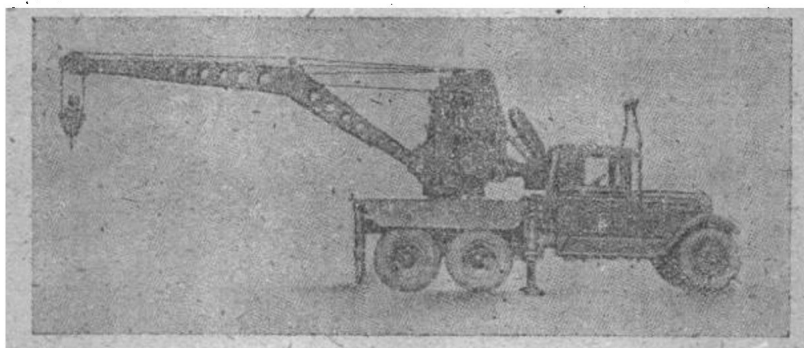


图 11.

3. 特种起重機:

- (a) 門座起重機(圖 12)及半門座起重機;
- (6) 浮游起重機(圖 13);
- (B) 建築用塔式起重機(圖 14);
- (Г) 桅杆—動臂起重機(圖 15);
- (A) 船台及船舶艙裝用的造船起重機(圖 16);
- (e) 冶金起重機;
- (ж) 橋式裝卸機(圖 17);
- (3) 纜索起重機(圖 18)。

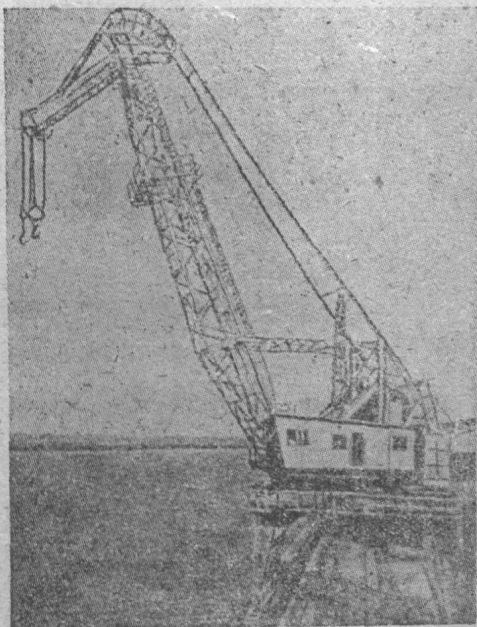


图 12.

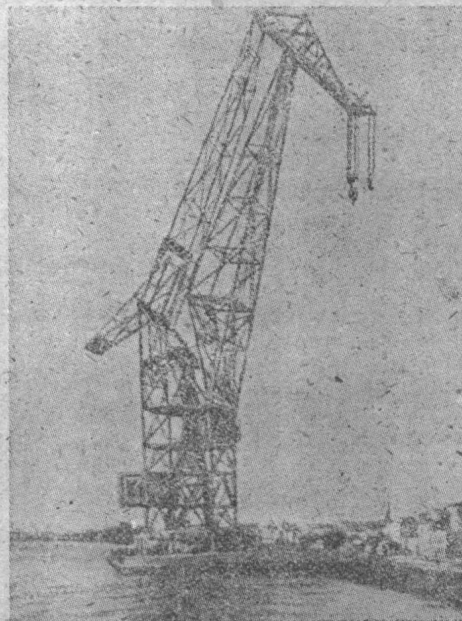


图 13.

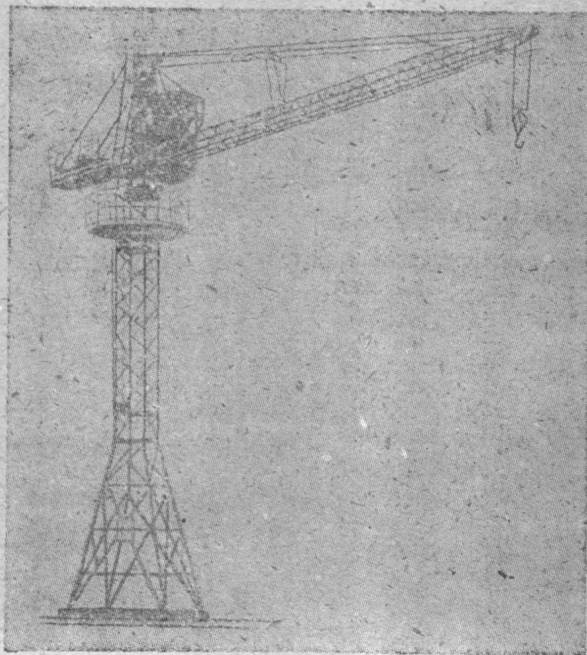


图 14.

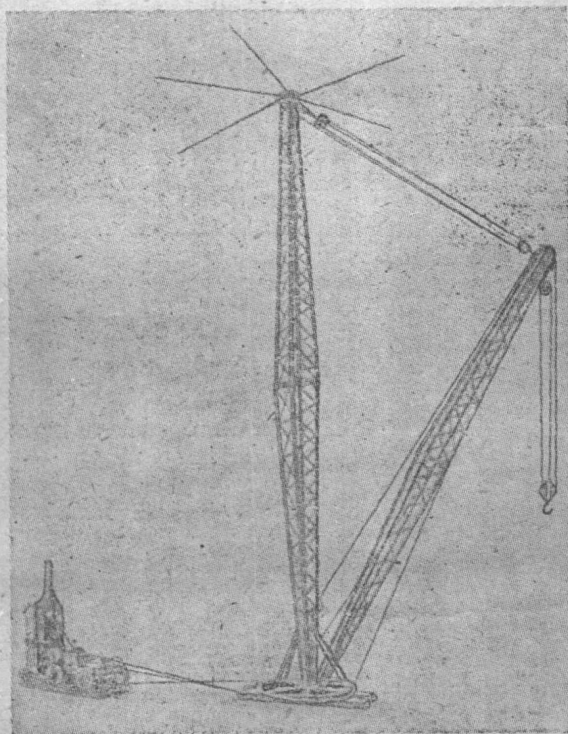


图 15.

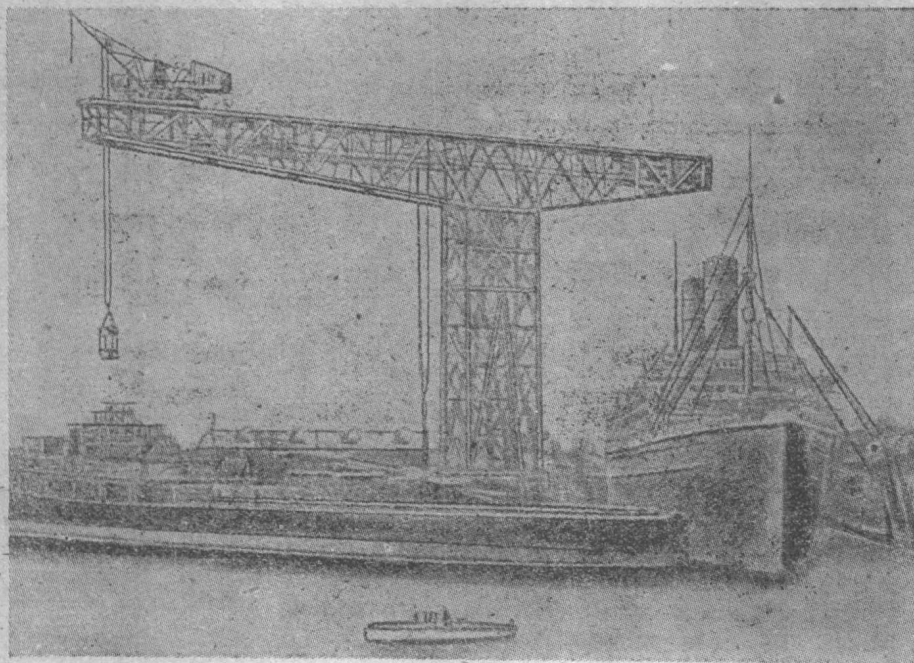


图 16.

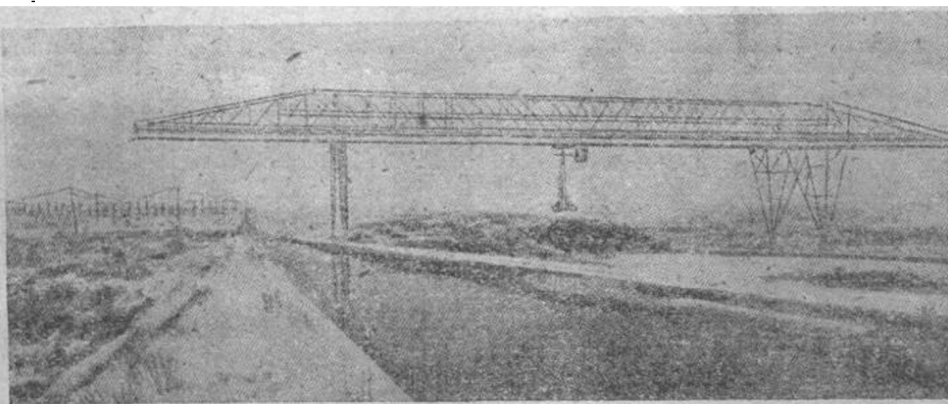


图 17.

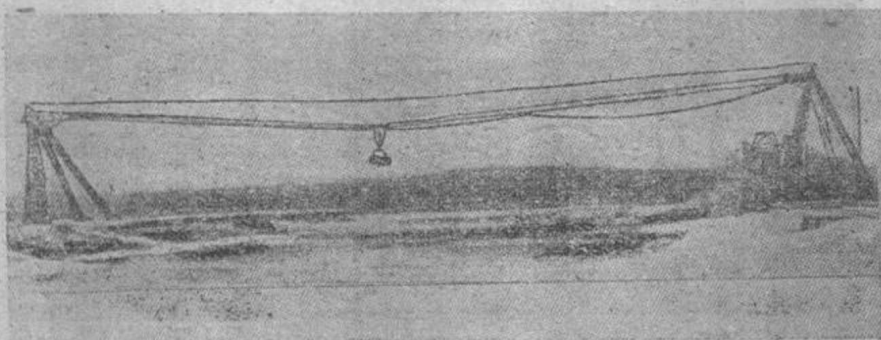


图 18.

4. 升降机:

(a) 旅客及貨物升降机(电梯);

(b) 料車升降机(图 19);

(c) 柱式建筑升降机。

起重机械结构型式的选择取决于所运移物品的特性(重量、尺寸及其他特性)、所服务的生产过程的特点、場地的輪廓尺寸、执行起升及运移主要操作的工作机构的驱动型式以及这些操作在一定時間內的持久性和重复周期性等。

任何复杂的起重机械都是由物品起升机构、一个或若干个机器本身的和重物的直綫运行机构、机器旋轉部分繞垂直軸綫回轉的旋轉机构以及变幅机构(幅度系指由物品悬挂点至旋轉中心沿水平綫量得的距离)所組成。所有这些机构都安装在支承机架或桁架上,机架固定在地基上或者安装在車輪或履帶上(在沿有軌或无軌道路順着工作綫运行的机器中)。每个机构都是由各种机器所通用的零件及部件(例如心軸、轉軸、軸承、連接件、

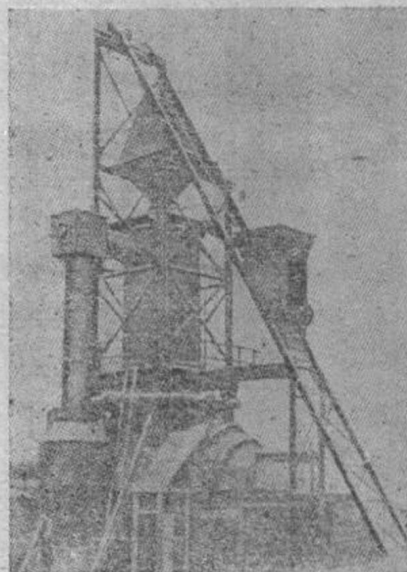


图 19.