

门式起重机

蘭格、馬賽尔著



机械工业出版社

門 式 起 重 机

蘭 格、馬 賽 尔 著

高 仲 達 譯



机 械 工 業 出 版 社

1958

出版者的話

本書著者在苏联基洛夫起重运输机械制造工厂从事門式起重机的設計和制造工作达二十余年，积累了丰富的經驗。書中詳細地介紹了門式起重機設計和計算的原則問題，系統地敘述了各機構和金屬結構的計算方法；对于金屬材料的選擇及其热处理也都作了說明。書中所載基洛夫工厂制造的門式起重机的技术規範及部件重量表等尤為設計門式起重機時之可貴參考資料。

本書主要供从事起重機，尤其是門式起重機設計和制造的工程技術人員之用，亦可供高等学校有关專業的教師和學生參考。

苏联 A. Г. Ланг, В. С. Майзель 著 ‘Портальные краны’ (Машгиз
1953 年第一版)

* * *

NO. 1589

1958 年 5 月第一版

1958 年 5 月第一版第一次印刷

787×1092 $\frac{1}{18}$ 字数 232 千字 印張 10 $\frac{3}{9}$ 0,001—1,300 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华书店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号

定价(10) 1.90 元

目 次

原序	5
----------	---

第一篇 基本資料

第一章 概論	7
1 門式起重机的主要类型	7
2 苏联門式起重机的制造	18
第二章 起重机計算的原則指示	29
3 計算負荷和許用应力	29
4 重量負荷与風力負荷	31
5 慣性力	33
6 起重鋼絲繩对于鉛垂綫的傾斜角	37
7 穩定性	41
8 行走輪在軌道上的压力	44

第二篇 机 構

第一章 計算和制造方面的实用指示	51
1 材料及热处理	51
2 計算負荷和許用应力	51
3 耐疲性和强度的計算	55
4 齿輪傳动	60
5 軸心和軸	65
6 花鍵連接与鍵連接	67
7 軸承	70
8 齿形联轴节	71
第二章 变幅机构	73
9 机构的型式与結構	73
10 起重臂主要尺寸的決定	78
11 起重臂的平衡	85
12 作用在机构上的負荷	87
13 发动机的选择	93
14 刹車	96
第三章 旋轉机构	98
15 支承裝置	98
16 大針輪	104
17 旋轉机构的驅動裝置	105
18 極限力矩联轴节和刹車	109
第四章 起重机构	110
19 無机械变速的絞車	110

綠

20 变速絞車	111
21 抓斗絞車	112
第五章 行走機構	116
22 結構形式	116
23 发动机的选择	119
24 刹車	120
25 零件的耐疲性和强度的計算	121

第三篇 金屬結構

第一章 材料	122
1 概論	122
2 低碳鋼	123
3 低合金鋼	124
4 連接金屬	126
5 关于采用輕合金的意見	127
第二章 計算和設計上的主要問題	129
6 采用材料的种类和断面形狀	129
7 負荷	130
8 許用应力	132
9 基本計算資料	135
10 接头和接合	140
第三章 起重臂	144
11 具有平衡滑輪組的起重臂	144
12 具有軟拉繩象鼻梁的鉸接起重臂	146
13 具有硬拉杆象鼻梁的鉸接起重臂	158
14 起重臂的活动鉸接关节	166
第四章 人字架和轉盤	169
15 結構	169
16 人字架和轉盤的計算	171
第五章 門架	175
17 結構	175
18 計算	179

原 序

不久以前，門式起重機主要是用于海港和河港的裝卸工作機械化以及造船工作上。

但在近年以來，這種起重機的使用範圍已擴展得相當廣泛。

偉大的斯大林式共產主義建設和第十九次黨代表大會所提出的任務，要求在極短的時間內完成巨大的建設工作量。為了完成這個任務，必須尋求新的工作方法，和在建設實踐中採用最新的機器。

在大規模水利建設工程中，門式起重機是使工作機械化的新型通用機器之一。

蘇聯基洛夫起重運輸設備工廠（ПТО）的全体工作人員，創造了一系列堅固的、具有高度生產率的這種類型的起重機，並在複雜的建築條件下證明其完全適用。

門式起重機曾參加過建築聶姆梁斯克水电站的水壩和建築伏爾加-頓河運河水閘的工作。

門式起重機使用範圍的擴展，自然也就引起了对這種機械的注意。如果說現在門式起重機在蘇聯僅由基洛夫起重運輸設備工廠（ПТО）來製造，那末在最近的將來其他一些工廠也將會生產它們；很多的工程師、技術人員和學生將會遇見關於門式起重機的設計、製造和使用的問題。

近年來，在蘇聯科學家和工程師的許多著作中，曾研究了門式起重機的一些個別計算和設計問題。其中應當特別指出的是技術科學博士 А. И. 杜克雷斯教授、技術科學副博士 А. Л. 阿里涅爾、技術科學副博士 Н. Г. 巴夫洛夫、工程師 П. А. 庫德里亞夫策夫和副教授 П. А. 薩莫洛維奇的著作。

但是直到現在為止還沒有一本能有系統地和全面地闡明起重機設計問題的書。

本書著者把總結在基洛夫起重運輸設備工廠中設計和製造門式起重機的二十年經驗作為自己的任務。

我們認為這本書不僅可作為門式起重機而且也可作為其他類型的起重機的設計和計算的參考書，因為其中敘述了適用於一般起重機的計算方法，例如強度計算方法。

這本書也可以作為已熟悉了起重運輸機械一般課程的高等技術學校學生的參考書。

在書中有許多問題都是初次研究，因此著者以感謝的心情期待能看到讀者的一切批評和意見，來信請寄至出版社。

著 者

2

9

第一篇 基本資料

第一章 概論

1 門式起重机的主要类型

裝置在可以沿軌道运动的剛性口形架——門架上的自由周轉伸臂起重機称为門式起重機(圖 1)。

門式起重機是海港和河港裝卸工作以及造船和修船時的裝配工作中最普遍的機械化工具之一。

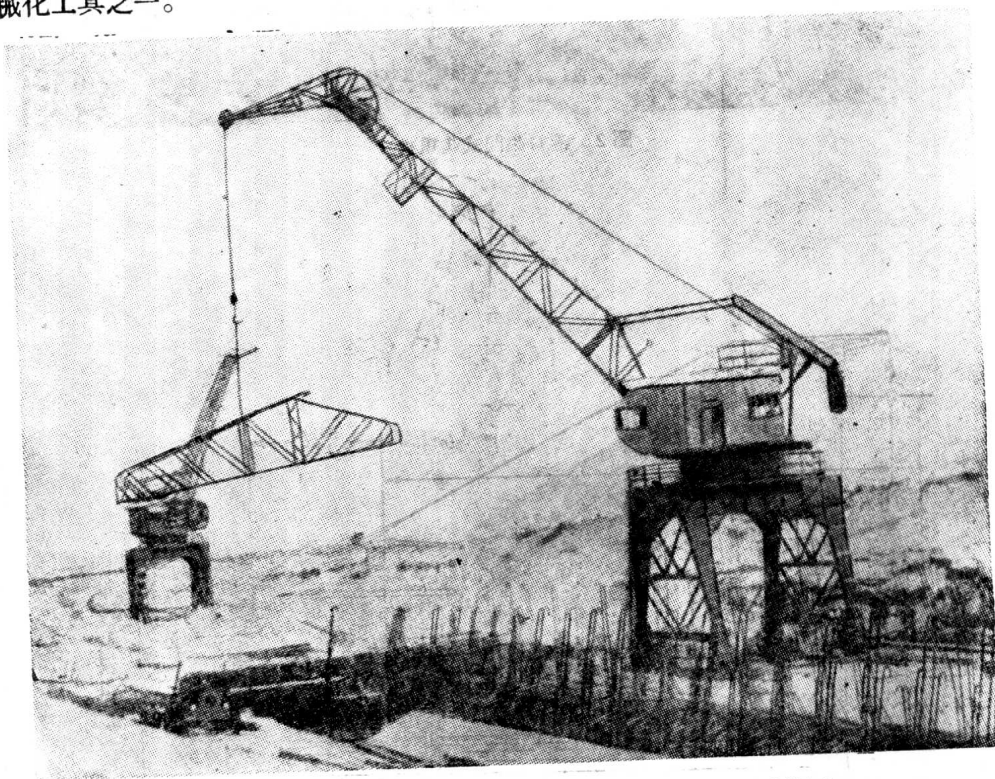


圖 1 建築伏爾加-頓河運河水閘的 3 噸建築起重機(安裝鋼筋構架)。

門式起重機的使用範圍，近年以來更加擴大，現在經常被採用于建築工程機械化方面。

門架為門式起重機區別于他種類型的伸臂起重機——浮船起重機、固定旋轉起

重机等的的一个部分，它是一个立体的刚性架子，跨越铁路线或无轨道路以保证车辆自由通过。这样在港口上就有可能最完满地利用岸线附近和船台上的面积，就生产条件来说这是很必要的。在某些情况下，门架可以用Γ形的半门架来代替，其金属

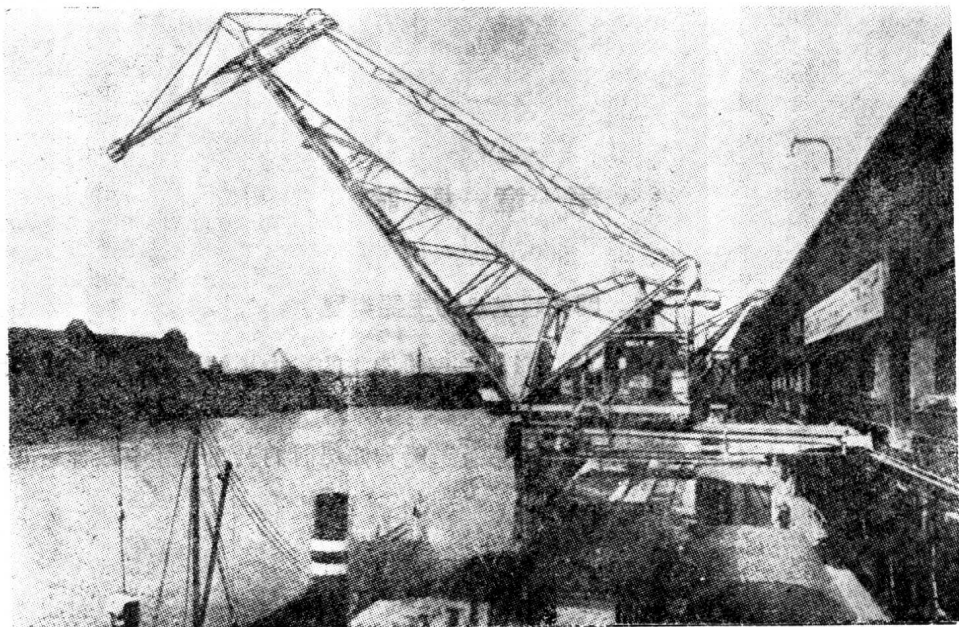


圖 2 港口半門式起重機。

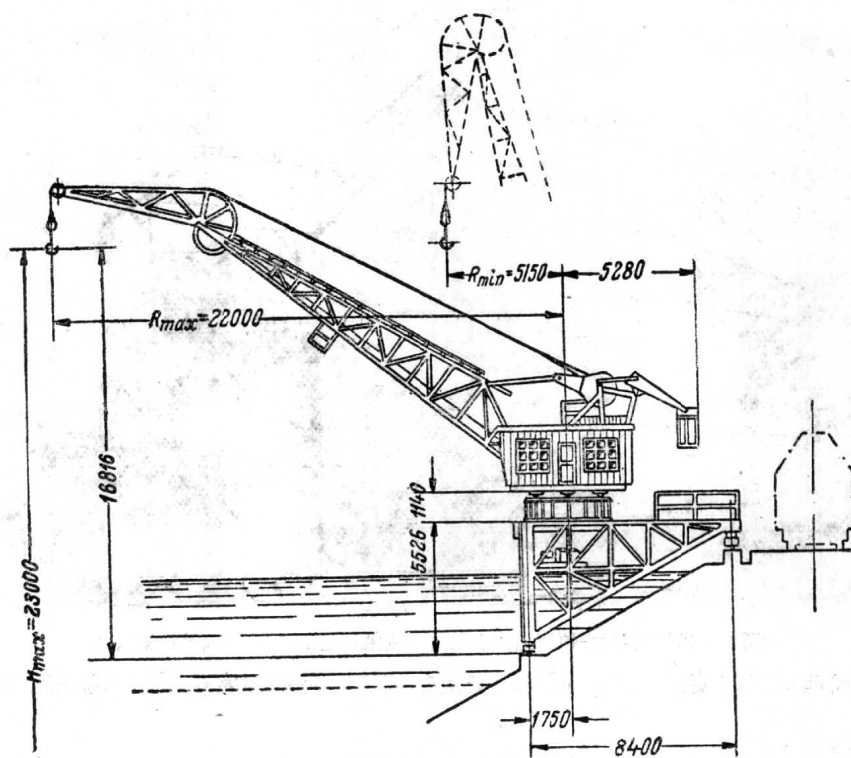


圖 3 特殊結構半門架上的港口轉載起重機。

在某些情況下(當河內水位變動很大時),這種結構形式是必要的。

門式起重機的轉動部分通常就是一部獨立的伸臂起重機(圖4),它由下列各主要部件所組成:起重臂1,人字架2,轉盤3,轉動支承裝置4,轉動部分的旋轉機構5,起重機構6(一個或幾個),變幅機構7,配重8,機器房9,駕駛室10。

研究門式起重機的各种類型時,最好是从起重臂的式樣上來區分它們,因為起重臂是最具有特征性的構件,它決定着起重機的整体結構和使用性能。

从許多現有的起重臂結構中,我們只選擇并研究其中最普遍的四種式樣。

第一種式樣——剛性搖動起重臂,這種起重臂是不平衡的,變幅時也不能保證貨物的水平移動(圖5)。

第二種式樣——具有曲線形象鼻梁和軟拉繩的鉸接起重臂(圖6和7)。

圖6所示的式樣,其象鼻梁末端滑輪不作水平運動。貨物移動的水平性是由變幅時起重鋼絲繩沿象鼻梁滑輪作稍許的溜動而達到的。

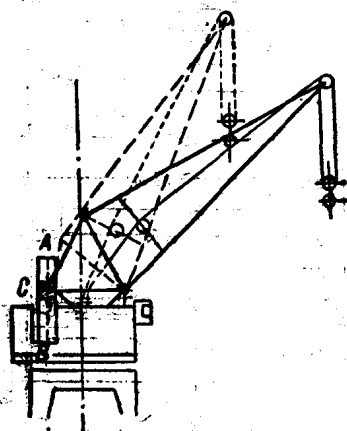


圖5 舊式的不平衡起重臂的簡圖。變幅運動由螺桿AB傳動螺母C而產生。

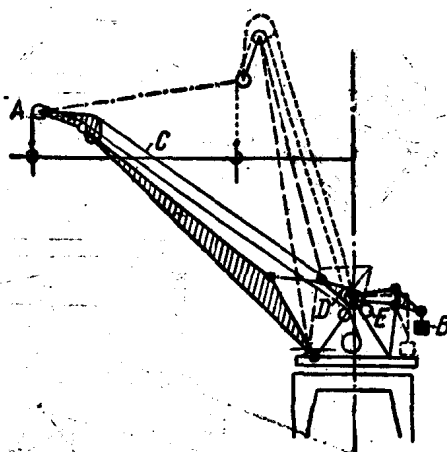


圖6 具有軟拉繩象鼻梁的鉸接起重臂的簡圖,末端滑輪不作水平移動。

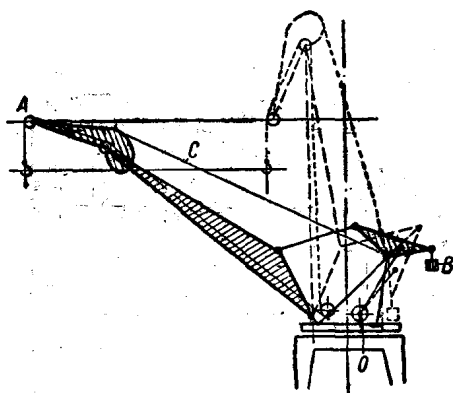


圖7 具有軟拉繩象鼻梁的鉸接起重臂的簡圖,末端滑輪作水平移動。

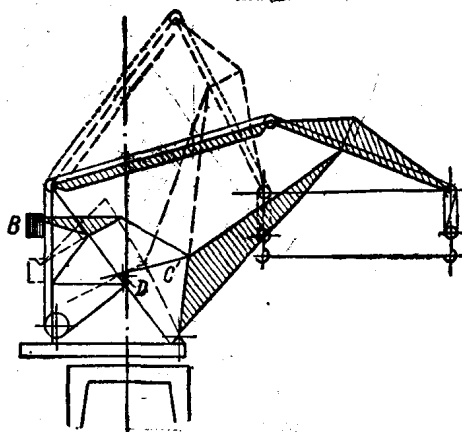


圖8 具有硬拉杆象鼻梁的鉸接起重臂的簡圖。

变幅运动是由小齿輪 E 驱动扇形齿輪 D 使之轉动而产生。

圖 7 所示的式样，在变幅时象鼻梁末端滑輪和貨物都作水平移动。

变幅运动是由曲拐機構的曲拐軸繞 O 点旋轉而产生。

圖 6 和 7 中： A ——末端滑輪； B ——配重； C ——繞在象鼻梁曲綫部分上的拉繩。

第三种式样——具有直綫形象鼻梁和硬拉杆的鉸接起重臂（圖 8）。这里的末端滑輪和貨物也是沿水平綫移动。 B ——用以平衡把杆、象鼻梁和象鼻梁拉杆的配重。

变幅运动借針齿輪 D 与針齿条 C 的嚙合傳动而产生。

第四种式样——具有平衡滑輪組的剛性搖动起重臂（圖 9）。起重臂圍繞一点而旋轉，此点与把杆和活配重 B 的重心相重合。 O_1A ——平衡滑輪組； C ——起重臂的末端引索滑輪。变幅运动由曲拐機構驱动而产生。

第一种式样的起重机——具有剛性搖动起重臂——結構上最簡單，安裝也最方便。但把杆的不平衡性和变幅时貨物的上升和下降，要求有强大功率的变幅機構。由于这种原因，这样的起重机未被广泛采用，在苏联也不制造。在苏联港口上个别的具有剛性搖动起重臂的起重机（外国牌号），在使用中証明是不好的，并已經改造成为具有鉸接起重臂的起重机了。

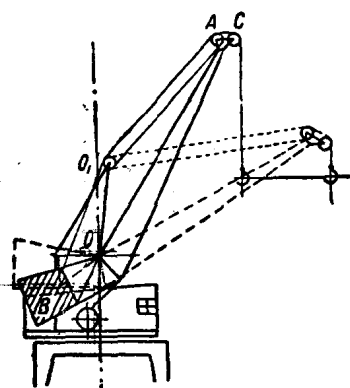


圖 9 具有平衡滑輪組的起重臂簡圖。

按照第二种式样制造的起重臂是由曲綫形象鼻梁、把杆和軟拉繩構成；虽然在結構上較之第一种要复杂一些，安裝也困难些，但在苏联和外国仍然得到广泛采用。这种起重臂較輕，在象鼻梁曲綫部分放样精确时能使貨物沿水平路綫移动。起重臂要簡單而且必須平衡，其变幅機構要尽可能輕便而紧凑。这种起重机的变幅速度能够达到所要求的任何数值。具有这种起重臂的起重机的起重能力有很大的变化范围——由 2 吨到 80 吨。苏联基洛夫起重运输設備工厂制造的具有曲綫形象鼻梁和軟拉繩的起重机，其起重能力到 10 吨，幅度达 40 公尺。

这种起重机的起重能力可以达到 15 吨而無多大困难。更高的起重能力会使把杆結構沉重，这是由于旋轉機構起动的和刹車时把杆所受的扭力負荷增大了的缘故。

按照第三种式样制造的起重臂，由直綫形的象鼻梁、把杆和硬拉杆所組成；这种起重臂較之前两种式样是复杂和沉重一些，而且安裝也很費力。但它几乎也和具有曲綫形象鼻梁和軟拉繩的起重臂一样，得到普遍的采用。

具有硬拉杆起重臂的門式起重机的起重能力不受限制，可以达到 75~100 吨。

具有这种式样起重臂的浮船起重机的起重能力可以达到 350 吨。

对于起重能力不大的起重机，宁可采用按照第二种式样制造的具有曲綫形象鼻梁和軟拉繩的起重臂，因为第三种式样的起重臂重量很大而且具有很大的擋風面积。

变幅时，鋼絲繩沿滑輪溜动也引起自身的很大磨損。

照例，現代的門式和半門式起重機都具有平衡的搖動起重臂，可以服务于以最小和最大幅度為半徑所描繪的兩個圓周之間的環狀工作面積。對於這個面積的服務，可依靠起重臂的擺動來實現，而不必移動起重機。基於這個原理，起重臂應制成第二、第三和第四種式樣。

當貨物水平移動時，對於平衡的起重臂的變幅只需要很小的發動機功率和很輕的變幅機構。這種情況就容許大大地增加變幅速度，同時將變幅當作是工作的運動。也就是說，能在很短的時間內完成很多的工作。

在這裡變幅機構發動機的功率主要是消耗於克服鉸接點和傳動機構中的有害阻力、風的阻力以及在完全平衡不可能的情況下由於起重臂未被活配重完全平衡時的一些阻力。

根據某些資料〔2〕●，貨物水平移動的起重機和具有簡單起重臂的、變幅時貨物上升或下降的起重機相比較，其消耗在變幅上的功要減小4/5。

經驗證明，採用平衡起重臂可以減輕起重機司機的勞動，並能夠大大地提高起重機的生產率。

起重機的用途及其裝置所在地特點，在很大程度上決定着起重機的結構形式和主要參數。

根據其用途，門式起重機可按下列方式分類：

1. 用於貨物裝卸工作的港口門式起重機。
2. 造船和修船用的門式起重機，裝在堤岸上、船台上和浮船塢上（後一種有時為簡便計，稱為船塢起重機）。
3. 建築工作機械化用的門式起重機（門式建築起重機）。

港口起重機 門式起重機是海港和河港岸綫上轉載成件或散碎貨物的主要設備。

因為這種起重機在岸綫上工作於局限的條件下，必須經過倉口取起或放下貨物，而且活動於船的索具和上層裝備之間，因此起重機應採用前述的特种起重臂，使具有最大的靈活性。

作為大批貨物裝卸工作用的起重機的起重能力在3到20噸的範圍之間。以前基洛夫工廠製造供港口使用的起重機的起重能力從2噸開始，但現在為了增加生產率，起重機的最小起重能力提高到3噸。而且起重能力為2噸和3噸的起重機，其自身重量的差別並不大。

隨着岸邊倉庫面積的加寬和船隻尺寸的加大，便有使現在已達到30甚至35公尺的門式起重機的最大幅度更為增大的趨勢。最小幅度常決定於結構上的理由，而設計者為了使一部起重機能達到最大的服務面積，正力求達到最小幅度的最小值。

為了保證船隻的裝卸，吊鉤自軌頂至其上限位置的高度必須達25公尺，并使

● 方括號中的數字表示原文版書末參考文獻的編號，譯本沒有附列參考文獻，如需參考，可閱原文版。后同。——編者

可能降至軌頂以下 15 公尺。

实际中最常遇见的和全苏起重运输机械制造科学研究所推荐的港口起重机門架的跨度如下：

- a) 跨过一条标准軌距鉄路綫的門架（單綫門架）—— 6 公尺；
- б) 跨过二条标准軌距鉄路綫的門架（双綫門架）—— 10.5 公尺●；
- в) 跨过三条标准軌距鉄路綫的門架（三綫門架）—— 15.3 公尺。

單綫門架上的起重机的轉动部分，是裝置在其跨度的中間。双綫門架上的——根据起重机的用途裝在中間或移近軌道的一边。三綫門架上的起重机的轉动部分有时制成为能够行动的，以增加起重机的使用幅度。

起重机的底寬（圖 14 为 5650 公厘）在多数情况下是根据轉动部分的尺寸、行走輪的数目和行走脚架的結構而从結構上的理由来决定。

由于建造現代化港口堤岸的費用很大，起重机行走輪的輪压常限制在 20~30 吨之間。行走輪的数目取决于起重机的起重能力和幅度以及軌距。

对港口門式起重机要求具有高度的生产率，以保証在很短的时间內完成船只的裝卸工作。因此起重机的工作速度应达到相当大的数值。根据起重能力，速度的变化应在下列范围之間：

起重速度（主鉤）——由 15 到 90 公尺/分；

起重臂的变幅速度——由 20 到 60 公尺/分；

起重机的旋轉速度——由 1 到 3 轉/分；

門架的行走速度——由 25 到 30 公尺/分。

根据所吊物件的性質，起重机应备有另外的攪执机构：吊运成件貨物的起重机应备有鉤式吊具；吊运散碎貨物的起重机应备有抓斗。

造船和修船起重机 这种起重机保持門式起重机所有的基本特征，同时又具有区别于其他門式起重机的一系列的特性。

这种起重机用于造船和修船的裝配工作。

为了便于船只的水上舾裝工作，船厂的堤岸常設有門式起重机。在此情况下这种起重机又名舾裝起重机。

借助于舾裝起重机，可以进行机器和鍋爐的安裝工作，以及在干船塢和修理碼頭进行船舶的修理工作。这种型式的起重机常裝置在特高的門架上，以便能無阻碍地为船只的水上舾裝服务。用于舾裝大船的起重机，自軌頂算起其鉤高达 40 公尺，下降深度达 15 公尺。

船台門式起重机是为船台上船体裝配工作服务的。現代的造船工艺規定船体大件裝配，因此船台起重机的起重能力达到相当大的数值。近年来基洛夫工厂制造的这种型式起重机的起重能力达 75 吨。

起重能力 20 吨或更大些的起重机具有兩部起重校車——主鉤和副鉤。

● 有些旧式起重机的跨度为 10 公尺。

造船門式起重机的工作条件和工作类型与港口轉运起重机的区别很大。除像港口起重机一样要求有很高的运动速度以保証生产率的提高以外，船台和舾装起重机同时还应具有低的速度，以便用于精細的設備安裝工作。因此造船門式起重机至少应有两种起重速度：安裝速度—— $0.1 \sim 5$ 公尺/分和主要速度—— $2 \sim 45$ 公尺/分（根据起重机的起重能力）。貨物起升和下降速度的調节，可采用所謂微动驅動或瓦尔德-雷奧納德联动机来达到。在个别情况下，亦有借助于特制的荷重推力制动器和手制动器相結合的方式来控制下降速度的。

舾装和船台起重机的門架跨度通常采用 10 公尺，采用 6 公尺的較少。

装置在浮船塢上的起重机，因之也叫船塢起重机，是造船門式起重机的特殊类型。这种起重机工作于船塢的船舷上，因此其軌距可能較小——在 $3.5 \sim 4.5$ 公尺之間。

船塢起重机的軌距特別小（与港口和造船起重机比較），尤其又与船塢一起承受傾斜和摆动，这就迫使采取特殊措施以保証其稳定性。此外，对于船塢起重机，当其由一个港口在公海中轉移到另一个港口时，还要求按出行状态放置其把杆。

建筑起重机 在战后时期，門式起重机开始广泛用于大型建筑工程机械化方面，例如基洛夫工厂所制造的起重能力为 3 吨和 10 吨的門式起重机，就著有成效地被采

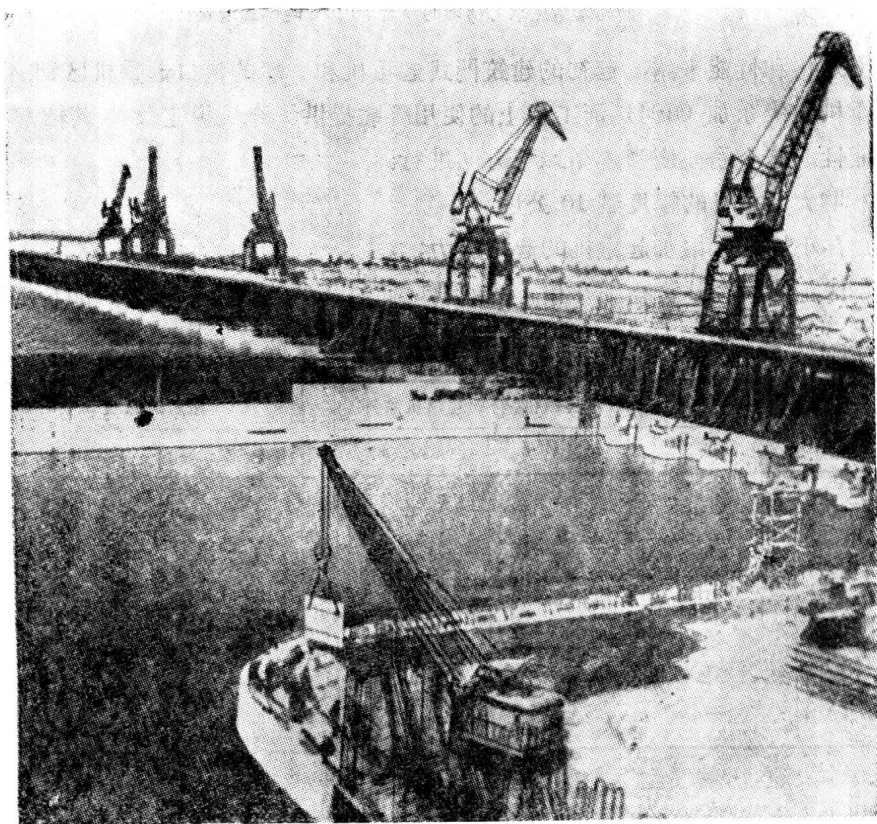


圖11 用于聶姆梁斯克水力樞紐的水壩建筑工程上的 10 吨門式起重机。

用在第一个共产主义建设——伏尔加-顿河运河工程上。10 吨起重机用于接合管子、装置钢筋、模板、壳板和铺设混凝土等工作（图 11 和 12）。两部 10 吨起重机配合工作，可用以安装水电站的透平机和水壩的闸门。借助于装置在伏尔加-顿河通航运河水闸上的 3 吨起重机来进行安装钢筋和模板、浇灌混凝土以及其他工作（图 1）。

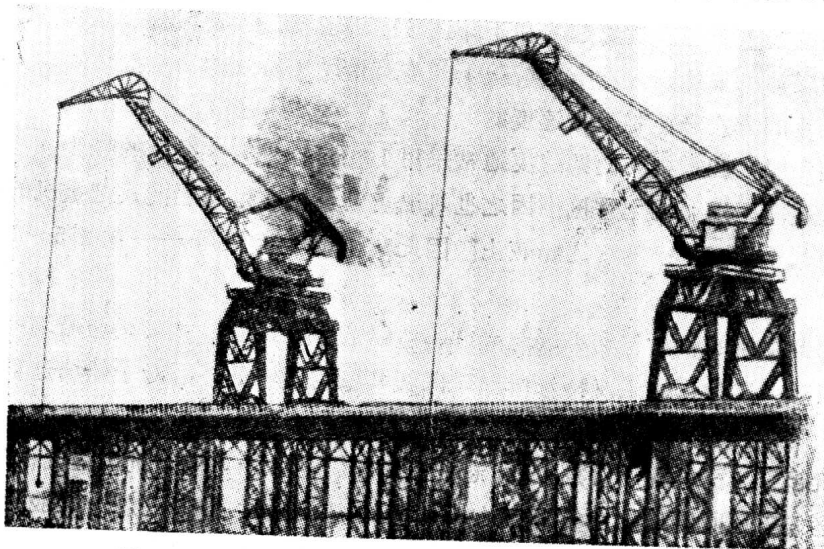


图 12 用于聶姆梁斯克水力樞紐的桥台上的 10 吨門式起重机。

就其规格和性能来讲，起初的建筑門式起重机和一般的港口起重机区别不大。这种起重机在伏尔加-顿河运河工程上的使用经验提供了今后拟定改善其结构的途径的可能性。这个途径应当遵循以下方向进行：

- 1) 增大起重机的幅度到 40 公尺；
- 2) 在小幅度时增加起重机的起重能力；
- 3) 保证能够调整货物上升和下降速度；此时主要速度应当增大，而着地速度

表 1 門式起重机的起重能力和幅度的荐用值

港口起重机		造船起重机(船塢起重机除外)		建筑起重机	
Q 吨	R_{max} 公尺	Q 吨	R_{max} 公尺	Q 吨	R_{max} 公尺
3	} 25~30	3	} 25~30	3	} 25
5		5		5	
10	} 30~35	10	} 30~35	15/10/7.5	20/30/40
15		15		20/15/11	25/30/40
20+5		20+5	30~35		
		30+5	32~37		
		50/40+10	24/30~33		
		75/50+10	20/30~33		

注：起重能力欄內所列两个数值，例如 30+5 是指起重机具有两种起重吊钩——主钩与副钩。用分数表示的起重能力，例如 15/10/7.5 表示其主钩起重能力随幅度大小而定，与该起重能力相应的幅度的最大容许值也同样用分数表示，例如 20/30/40；此时荷重力矩保持常数。