

国内外机电工业基本情况介绍

国内外缆索起重机和 桥式起重机概况

第一机械工业部技术情报研究所编

(内部资料 注意保存)



机械工业出版社

出版者的話

大跃进以来，全国人民干劲十足，都满怀信心地力求在更短時間內在主要工业产品方面迅速超过英国，赶上世界先进水平。为了帮助各生产和研究單位較全面地掌握各国的机电工业的基本情况，第一机械工业部技术情报研究所除編出“英国机械工业綜述”一套共13册已由我社出版之外，现又編出“国内外机电工业基本情况介紹”若干册，内容包括：重型机械、冶金机械、起重設备、化工設备、动力設备、机床、高压电器、內燃机、汽車、农业机械、通用机械、仪器仪表、航空运输机和塑料应用……等專題，分別介紹国内外有关产品的生产水平与技术水平，并作簡要的綜合分析比較和評論。

書內所介紹的产品种类，大都是从我国最近两三年內的重点产品为对象，可供各單位在确定跃进指标时参考。

本書可供机电工业企业领导干部、工程技术人员和計劃工作同志参考之用。

NO. 內 270

1959年4月第一版 1959年4月第一版第一次印刷

789×1092 1/16 字数 59 千字 印張 2 5/8 0,001— 1,500 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷

北京市書刊出版业营业許可証出字第 008 号

定价(11) 0.40 元

編 者 的 話

在党的总路綫的光輝照耀下,我国机电工业正在一日千里的向前飞跃發展,机电工业的技术水平在許多方面已接近或者已經达到了国际的先进水平。为了便利各級領導同志和技术人員及时了解这方面的發展情况,我們搜集了一些資料按專業編写了“国内外机电工业基本情况介紹”。在編写过程中由于時間倉促和我們的政治与业务水平的限制,其中有的情况和数字可能有出入甚至有錯誤,因而这些資料作为内部文件發行,仅供参考。不当之处,請予指正。

第一机械工业部技术情报研究所

目 次

I、纜索起重机	第一机械工业部技术情报研究所 水利起重运输施工机械設計研究所編	
1、国内外建筑用纜索起重机情况		1
2、纜索起重机發展中的几个主要問題		4
1) 承馬 (5) —— 2) 傳动系統 (7) —— 3) 通訊及指示設備 (9) —— 4) 吊斗卸料时“跳跃”現象的防止及混凝土分配設備 (10) —— 5) 塔架部分的构造 (12) —— 6) 纜索和工作繩 (13)		
附录 桥式纜索起重机		14
II、桥式起重机	第一机械工业部技术情报所編	16
1、国内外桥式起重机情况		16
1) 苏联 (17) —— 2) 德意志民主共和国 (19) —— 3) 西德 (20) —— 4) 美国 (22) —— 5) 英国 (24) —— 6) 日本 (32) —— 7) 中国 (34)		
2、桥式起重机的發展趨勢		37
参考文献		38

I 纜索起重機

1 國內外建築用纜索起重機情況

纜索起重機可應用於橋梁、堤壩的建築工程和碼頭、煤棧及木材倉庫等處。一般的纜索起重機的構造是兩面兩個支柱，中間張有一些鋼索（承載索、牽引索及起重索），載重小車借助於牽引索在整個跨度內移動，載荷的升降借起重索完成，曳引機構和起重機構放在一個塔架的機器房內。纜索起重機能適應山谷河流等起伏不平的地勢，進行起重運輸，其技術經濟指標也較高，所以在國外得到日益普遍的採用。在目前的技术發展條件下，纜索起重機的跨度可達到1000公尺以上，速度可達到600公尺/分，起重量可達50~100噸（用在跨度較小之處），這就使得它的应用面更廣了。它的最重要的用途是大型水電站工程的混凝土澆築工作，採用了它就可以不必建造價錢昂貴，耗費金屬很多的棧橋。

纜索起重機多數是單跨式的，但有時也可以看見多跨式的。如伊朗某海港上就曾裝了一台多跨式的纜索起重機，這個起重機上帶有SKY-HOOK型號的自行式載重小車。整個起重機共有25跨間，每個跨度為200公尺。三個載重小車由內燃機驅動，沿兩條直徑41公厘的纜索運行，每個小車都由司機獨立駕駛。起重機小車的起重量为10噸，運行速度為11~13公尺/秒。它是用來運送油管和建築材料的。

根據最近雜誌報導，蘇聯在採用纜索起重機方面還不很普遍，近來已準備大力發展。蘇聯在水電站建設工程中已採用的移動式纜索起重機，其基本特性如表1所示。

表 1

基 本 特 性	起 重 機 型 式	
	吊 鉤 式	抓 斗 式
纜索起重機跨度(公尺)	190~680	200~350
起重量(噸)	7~15	8~20
移動塔高度(公尺)	25~69	20~40
速度(公尺/分):		
載荷起升	15~60	30~60
載重跑車運行	150~360	150~300
塔架運行	5~15	5~15

蘇聯在1935年以前，在伏爾霍夫、席莫-阿夫恰爾斯克、里昂斯克等水電站工程上採用的纜索起重機都是固定支架式的，到1937年在雷賓斯克及烏里契等處建設伏爾加上游的水利樞紐時，第一次使用了塔架平行移動及沿圓弧移動的纜索起重機。由於移動式纜索起重機在這些水利樞紐工程上使用情況良好，從那時起，便開始普遍採用。在纜索起重機中，纜索的連接方面考慮過兩個

方案：1）承載索固接於塔架上；2）承載索借擺動塔架之助而張緊。

近年來在建築工程中，特別是混凝土澆築工作時，採用承載索固接於塔架上的纜索起重機較多。在電力驅動方面，採用了電動機-發電機Г-Д機組，使用質量較高，已在古比雪夫水電站建設工程中得到証實。在承馬方面，最近由蘇聯工業機械化局設計了一種新的自行式承馬，其特點是載重跑車與承馬間不會發生撞擊現象（這種承馬在後面介紹）。在觀察載重跑車位置、載荷高度、兩塔移動時相互之間的錯位現象等等方面，採用了由自整步電動機操縱的指示器。

下面各舉例簡單地介紹一下蘇聯生產的吊鉤纜索起重機及抓斗纜索起重機。

蘇聯在某水電站上使用了一台鉤纜索起重機，這台纜索起重機為平行移動式，塔架高度達

45公尺、跨度 400 公尺、起重量为 15 吨。这台起重机用来安装巨大的钢筋结构、运送壳板、混凝土模及安装设备。用一根承载索，为封闭式，直径为 70 公厘，固定在塔架上，其接头装在滚柱轴承内，使承载索能在垂直面内自由转动。承马采用移动式。跑车在空载和满载时移动速度为 360 公尺/分，满载时，移动速度为 230 公尺/分。跑车由直流电动机带动，容量为 130 瓩，转速为 630 转/分，按 Γ - Π 系统工作。这台起重机的总重为 480 吨，比以前在古比雪夫水电站建设工程上使用的类似规格的外国缆索起重机轻 13%。

苏联在伏尔加水电站工程的混凝土工厂料场上使用了四台平行移动抓斗式缆索起重机，跨度为 250 公尺，起重量为 20 吨。目前在斯大林格勒采用了跨度为 350 公尺、起重量为 15 吨的辐射式缆索起重机，载荷升起速度为 60 公尺/分，载重跑车速度为 300 公尺/分。采用了苏联工业机械化局。设计的移动式承马，这种承马用夹子和曳引绳连接，和小车一起运行。抓斗的工作（抓料、起升、卸料）由两个绞车来完成，每个绞车的电动机容量为 100 瓩，为了控制抓斗的上、下端位置，绞车装有终点开关。绞车上还装有自动同步发送机，操纵室内装有指示设备，通过自动同步接收机与同步发送机相连，可以指示和控制载荷移动位置。这台起重机每小时可完成 40 个工作循环，即每小时生产率为 600 吨。

在斯维尔斯克水电站（Свирская ГЭС）工程上曾采用带有摆动塔架的安装用缆索起重机来运送混凝土但没有获得成功。在这台起重机上，吊斗卸料时引起承载索垂度的迅速改变，而且变动值很大，这时混凝土就会从很高的高度上倾倒出来，这是工艺规范及安全操作规范所不允许的。但是，正如 Г. Г. Куйбыда 工程师在“Механизация строительства”（1958, 10）上一篇文章中所指出，吊斗的这种“跳跃”现象是可以减小到足以顺利地采用缆索起重机来运送混凝土的。苏联在这方面做了不少研究工作，还提出了改装方案（这点以后详述）。苏联最近对采用缆索起重机很重视，提出要建立专门的设计机构，并指定设备较好的专业化工厂来生产缆索起重机的装备部件及金属结构，此外还提出了降低成本及改进结构的措施。

国外最近出现了大跨度、大起重量、高速度的缆索起重机。表 2 是美国几个建设工程中采用的缆索起重机技术特性。

表 2

工 程 名 称	水泥浇筑量 (万公方)	缆索起重机参数		载荷移动速度 (公尺/分)		每小时工作循环数
		跨 度 (公尺)	起 重 量 (吨)	水平方向	垂直方向	
汉格里—霍斯	220	730	25	457	90	17
洛克奥脱—泡因脱	60	793	18	540	143	21
狄屈劳依脱	114	—	25	559	183	20.5
潘恩—弗莱脱	167	732	25	610	183	20.9

由于提高了速度，效率也提高了，如在美国狄屈劳依脱堤坝工程上采用的一台缆索起重机，效率达到 3000 公方/一昼夜。美国汉格里—霍斯工程，采用了四台缆索起重机，担负了包括辅助工序在内的全部工作，混凝土浇筑量达到 173000 公方/月。

日本近年来也生产高速缆索起重机，表 3 是日本日立工厂制造的高速缆索起重机技术特性。

西德 Polig 公司生产的建筑用缆索起重机的技术性能列于表 4。

除了上述国家之外，欧洲一些国家如捷克、德意志民主共和国、瑞士和意大利等在水利枢纽

表 3

地 名	藤 原	宮 川	小 河 内	秋 葉	井 川	田 子 倉	里部第四
堤高(公尺)	94.5	84	149	55	100	145	186
堤長(公尺)	230	223.4	345	270	240	477	526
堤体积(公方)	4245	413500	1680000	216000	367000	1920000	1600000
型式	FRH-TC	FRH-SC	FRH-TC	FRH-TC	FRH-SC	FRH-TC	FRH-TC
起重量(吨)	13.5	13.5	25	23	10	25	25
料斗容量(公尺 ³)	4.5	4.5	6	6	3	6	6
跨距(公尺)	323	290	418	360	330	599.68	598
提升高度(公尺)	130	100	150	105	135	148	233
主索直径(公厘)	75	75	90	90	64	100	100
速 度	满载起升(公尺/分)	90	100	90	100	125	125
	满载下降(公尺/分)	120	150	150	150	160	160
	轻载起升(公尺/分)	180	180	180	180	200	200
	载重跑车运行(公尺/分)	250	300	370	360	500	500
	支柱移动(公尺/分)	6	10	10	20	20	30
安装年份	1953	1953	1953	1954	1955	1956	制造中

表 4

混凝土浇筑量 (万公方)	跨 度 (公尺)	起 重 量 (吨)	提升高度 (公尺)	型 式	起重机台数	承载索直径 (公厘)	或荷横行速度 (公尺/分)
47	250	10	110	辐射 固定	1	64	300
	325	10	110		2	64	
76	357	10	130	平行移动	3	62	300
210	513	20	275	辐射	3	80	360

建設中，也广泛地采用了纜索起重机。

我国应用和制造纜索起重机的历史是比较短的，但是在全民大办水利，综合利用長江、黄河等河流的水力资源的形势下，發展纜索起重机具有很重要的意义。下面簡單介紹我国已制造或設計的几台纜索起重机。

我国建筑工程部参考了国外有关文献和德意志民主共和国的初步設計与說明書，以及參觀了水丰發電厂的日本制造的纜索起重机后，自行設計了一台 10 吨平行移动式纜索起重机。这台起重机現已制成，并准备用于新安江水电站建設工程。它的技术特性如下：

跨度.....725公尺
 起重量.....10 吨
 型式..... 平行移动式
 速度：
 吊钩升降.....90 公尺/分
 载重跑车移动.....360公尺/分
 塔架移动.....6 公尺/分
 主塔及副塔高度.....20公尺
 电力驱动方式.....采用电动机-发电机(Г-Д)机组，直流驱动。

随后，建筑工程部吸取了設計 10 吨纜索起重机的經驗，又設計了一台 20 吨纜索起重机，准备用于湖南資水柘溪水电站，其主要技术特性如下：

跨度.....650公尺
 起重量.....20 吨

最大提升高度	130公尺
速度	
吊钩升降	90公尺/分
载重跑车移动	360~420公尺/分
塔架移动	6公尺/分
主、副塔高度	25公尺
电力驱动方式	采用Γ-Л机组，直流驱动。

另外德意志民主共和国为我国设计了一台20吨缆索起重机，跨度为605/558公尺，起重量为20吨，提升高度为128公尺，载重跑车最大移动速度为360公尺/分。这台起重机拟用于新安江工程。

第一机械工业部第三局为黄河三门峡水电站工程设计了一台浇筑混凝土，运输建筑材料、模板、构架以及安装设备用的缆索起重机，其技术特性如下：

跨度	880公尺
起重量	20吨(有二台载重小车并联承载)
承载索	4根(每根直径60公厘)
起重绳直径	22.5公厘
曳引绳直径	17.5公厘
小车移动速度	360公尺/分
起重速度	90公尺/分
塔架移动速度	6公尺/分
机器塔高	70公尺
对塔高	50公尺
驱动方式	Γ-Л机组
起重电动机	175瓩(共两只，合为350瓩)
曳引电动机	130瓩(共两只，合为260瓩)
塔架移动电动机	5瓩(共22只，合为110瓩)
电动机总容量	720瓩

在这台起重机上，承载索端部的固接采用均衡梁和带有液压泵的调整设备。因跨度较大，在司机房内有同步控制的重物位置指示器和电视机，司机和操作工人有步行联系。为了防止左右塔架行走时可能产生过大的错位，装有塔架偏斜限制器。在塔顶上装有测风仪，当风力超过极限值时，机构就停止工作并使夹轨器动作，使起重机可靠地停住。此外，起重机上还装有避雷设备、超负荷装置、限位开关及其他保护用的安全装置。

这台机器现正在进行制造。

此外，第一机械工业部为长江三门峡水利枢纽工程研究和设计跨度为1500公尺、起重为25吨的缆索起重机，该机的工作速度要求更高。

随着越来越多的水利枢纽工程的出现，采用缆索起重机将日益广泛，应该及早对缆索起重机的研究和设计工作给予足够的重视。

2 缆索起重机发展中的几个主要问题

下面分论述一下缆索起重机发展中的几个主要问题。

1) 承馬

纜索起重机的跨度通常是較大的，为了防止工作繩过分下垂（过分下垂会干扰工作繼續进行），应用了一种特殊承馬装置，使工作繩按一定距离均匀地分布在跨度中。

纜索起重机的運轉經驗証明，承馬的結構及其性能的好坏对保証起重机可靠和不停歇的运用，以及对小車的結構和重量有直接的影响，因此，在纜索起重机中，它是作为一个重要部件被人注意的。

目前，在許多国家中用得最多的是固定式承馬。这种承馬的主要优点是結構簡單，重量輕，工作可靠。根据現有資料，以前用这种承馬小車的工作速度在300公尺/分以內。我国上海建筑机械厂在設計新安江10吨的纜索起重机时曾做过小車和承馬的运动試驗，高速运行試驗后沒有發現什么問題（是用模型試驗，而不是工业試驗的結果）。根据他們估計，采用固定式承馬时小車的运行速度可以到420公尺/分。

有些国家認為在高速运行时采用固定式承馬，会使跑車与承馬之間發生撞擊現象，因此在某些場合下采用了自行式承馬，对承馬的結構也作了若干改进。

西德泡里格（Polig）公司曾采用一种經過改进的“Lambert”自行式承馬，改进之处在于加了一根直徑6公厘的繩索，繞过承馬上的摩擦輪，直接与跑車連接，这样可以消除，因摩擦系数的差別而引起的承馬不均匀分布現象。这些承馬实际上就是一些輕型的跑車，在承载索上移动，上面装了一些滾輪，以支托牵引索及提升索。这些承馬用一根牵引索带动，速度一个比一个来得低，因为这些承馬是跟在載重跑車的后面，只有速度一个逐渐低下来，才能达到每隔一定距离布置一个承馬的目的。

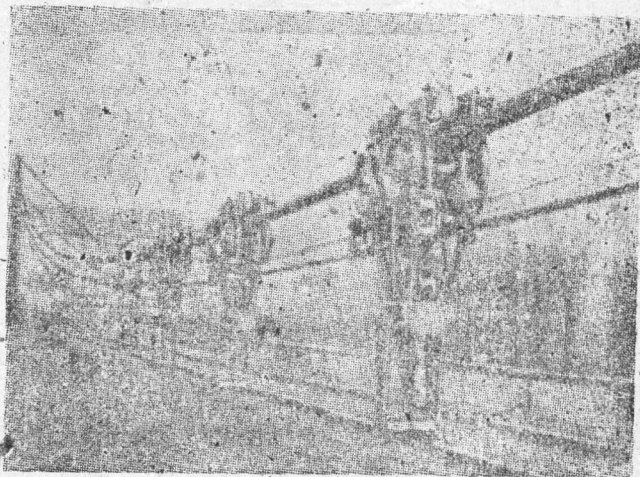


圖1 Polig公司設計的自行式承馬。

这种承馬在美国已采用了十多年了。

苏联工程师古依皮特（Г. Г. Куйбид）設計的一种新型的自行式承馬，是有由电磁鉄或凸輪机构控制的承馬开放装置系統。采用这种承馬系統也可以使跑車与承馬之間不發生碰撞。承馬与牵引索之間的夹住及松开动作是由装在塔頂上的开放装置自动进行的。这种系統是他根据对水电站工地上運轉的纜索起重机多年观察和反复研究，并在改进原有結構的基础上創造出来的。这种承馬开放装置在古比雪夫和斯大林格勒水电站工地上已順利工作了15个月。在1957年出版的“Вопросы Теории и Расчёта Подъёмнотранспортных Машин”一書上，对这种承馬有專門的介紹和簡圖說明。

我国三門峽20吨、880公尺的纜索起重机上也采用了由电磁鉄控制的承馬开放装置系統。但因初次設計，对这种承馬的性能、动作可靠性了解不够，曾做出一套試驗用的單索承馬开放装置，在三門峽工地的小型起重机上进行过試驗。通过試驗，發現了一些問題，如在該承馬上

都要加一緩冲彈簧等。在試驗的基礎上，對結構作了改進。改進過的結構的這種系統將用于三門峽的纜索起重機上。因為試驗時間十分短暫，所得的結果還不能說是十分確切的。

在開放式承馬中，最主要的是要很好地解決承馬高速收回時與開放裝置的碰撞問題，因此，就要很好地設計緩冲彈簧；此外，收放裝置中的壓杆的剛性和其安裝位置也會影響承馬有秩序地收放。解決了這些問題，在高速（360公尺/分）運行的纜索起重機上是可以採用古依皮特承馬開放裝置系統的。至于它是否能勝任高生產率施工機械的頻繁工作，那要看電磁鐵和其他部件的制造質量以及維護工作的好壞了。

在美國，當載重跑車速度為300公尺以內時，採用凸輪承馬（游碼）；在速度較高時（達600~660公尺/分），採用一種無承馬的“Travelift”系統。這時候將起重卷筒裝在載重跑車上，并通過一根附加牽引索使其轉動（見圖2），因為這根鋼索可以經常被拉緊，所以就沒有必要採用承馬。但採用這種方式，跑車自重太大，并且起重索磨損大所以效果并不是最理想的。

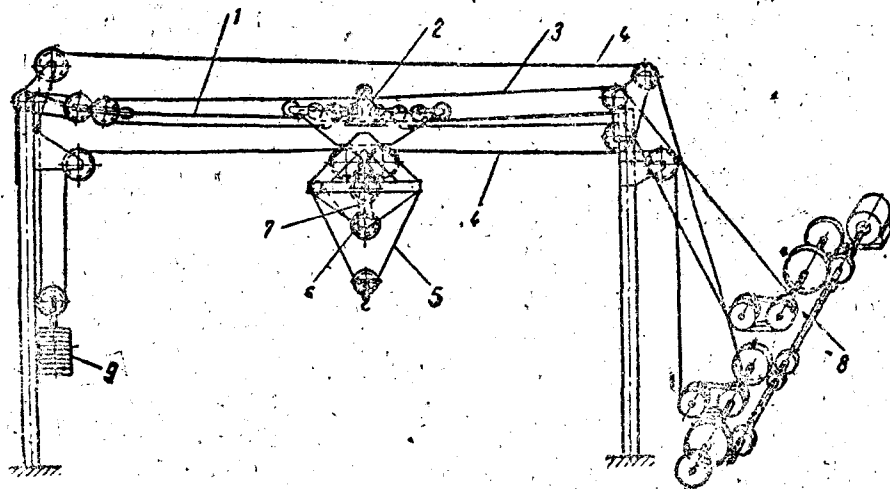


圖2 採用“Travelift”系統的纜索繞卷示意圖：

1—承載索；2—載重跑車；3—牽引索；4—附加牽引索；5—起重；6—起重卷筒；7—附加牽引索滑輪組與起重卷筒之間的傳動機械；8—驅動裝置；9—對重。

但高速運行的纜索起重機不一定採用“Travelift”無承馬結構，在美國潘恩弗萊脫（Pine Flat）堤壩上採用的跨度為730公尺，載重跑車速度為600公尺/分的纜索起重機上，就用了承馬。這種承馬是摩擦驅動式。據報導效果良好（在“Construction Methodes and Equipment”1951—10上提到過；德國VDI雜誌1955年第14期也作過專門介紹），跑車與承馬之間沒有撞擊現象，但承馬的位置需要調整，尤其是當駛近跨邊時，承載索傾斜度大，輪子產生打滑現象。每隔幾小時需調整一次，機構也較複雜。日本曾從美國進口過具有這種承馬裝置的起重機，用在佐久間堤壩上。日本藤原堤壩上採用的纜索起重機是日本戰後第一台大型高性能的。原來採用紐索式承馬，速度只能達到250公尺/分，如果再提高一些，部件就急劇磨損。後也改用了新式的摩擦驅動承馬，在載重跑車前後各配兩個承馬，在跑車與塔架間等距離分布。承馬有四個車輪分兩組在承載索上行走，由牽引索，通過摩擦輪，再由鏈條帶動承馬的輪子。為防止車輪與承載索之間打滑，車輪是從上下兩面夾住承載索的。在承馬與跑車接近時，离合器自動張開，避免撞擊。但日本認為這種承馬的動作準確性是不很可靠的。日本的日立工厂从1932年开始对承馬进行了專門的研究，最后制成了一种纜索牽引式承馬，他們認為這種承馬較

好。这种承馬裝置原理与摩擦驅動式相同，承馬也是在跑車与塔架間等距离布置，所不同的是每个承馬都由專用的繩索牵引，承馬本身构造簡單，不需調整。日本的小河內水庫工程上采用的“玉号”繩索起重機(25 吨×418 公尺)，跑車速度为 370 公尺/分，最初采用紐索式承馬，在 1954 年 2 月开始運轉后，發現部件磨損塊，承馬維護困难，就在同年 7 月改用了新式的繩索牵引式承馬(見圖 3)。在牵引絞車的驅動卷筒上裝了两个供承馬索用的摩擦輪，这两个摩擦輪直徑与絞車卷筒直徑之比为 1:2:3，在載重跑車前后各挂兩組无端承馬索。据报导，在試驗速度为 535 公尺/分时，沒有發生撞击、异音以及發热現象，運轉情况良好。在这种裝置中，承馬是固定在承馬索上的，只要摩擦輪不打滑，承馬索与牵引索之間的相互关系总是正确的。在正常運轉时，承馬不需調整，跑車駛近塔架时，能用簡單的方法自动調整位置。

将日本的日立工厂把紐索式、摩擦驅動式及繩索牵引式三种承馬进行比较，其比較結果列于表 5。

表 5 各式承馬比較表

(以起重量为 25 吨、跨度为 500~600 公尺的高速繩索起重機作为比較基础)

項 目	紐索式(Button Rope)	摩 擦 驅 動 式	繩 索 牵 引 式
動作準確性	良好	不良	良好
運動時撞擊現象	劇烈	无	无
承馬損耗	很多	有	无
繩索磨損	很多	不詳	微小
維護難易	難	難	易
承馬部分的重量比較 (100%)	45	175	100
需要承馬數目	12	6	6
載重跑車的自重比較 (100%)	130	100	100
承馬用的繩索 (直徑×根數)	20φ×2	牵引索兼作承馬索，不另用	16φ×3

从上表看来，以繩索牵引式为最佳，載重小車不必像紐索式那样裝有承馬收放裝置，自重可減輕(起重 25 吨的，自重減輕 1700 公斤)。比起摩擦驅動式来，繩索牵引式結構簡單，動作正确。据日本日立工厂自称，采用这种承馬，速度提高到 600 公尺/分以上不成問題，但是实际运用时不需超过这个速度。

日本在田子倉水电站工程上采用了日立工厂 1956 年制造的高速繩索起重機，其承馬也是繩索牵引式，但是在驅動方式上作了改进，使運轉更为輕快，这台繩索起重機的載重跑車前后，各布置 3 个承馬。前述“玉号”繩索起重機上試驗这种承馬时，承馬索的驅動裝置裝在牵引絞車的驅動輪上，而在这台起重機上，承馬索由裝在兩塔最高部分的牵引摩擦輪帶動。牵引小車的摩擦輪直徑很大(达 2 公尺)，因此承馬驅動摩擦輪直徑也相应地增大；同时在这种結構方案中，繩索繞卷方向相同，因此繩索寿命也有所增加。繩索繞卷方式見圖 4。

2) 傳 動 系 統

由于一些新型的繩索起重機起重量大、跑車移动速度高，采用了 500 馬力或 500 馬力以上的絞車。在美国 Pain Flat 堤壩上的高速繩索起重機絞車功率达 1000 馬力。

美国、苏联及其他一些国家都普遍采用了直流电动机，一方面可节约 50% 电力，另一方面可以保证小車既平稳又迅速地启动及制动，而且也能使重物准确地停住。速度的調节一般采用

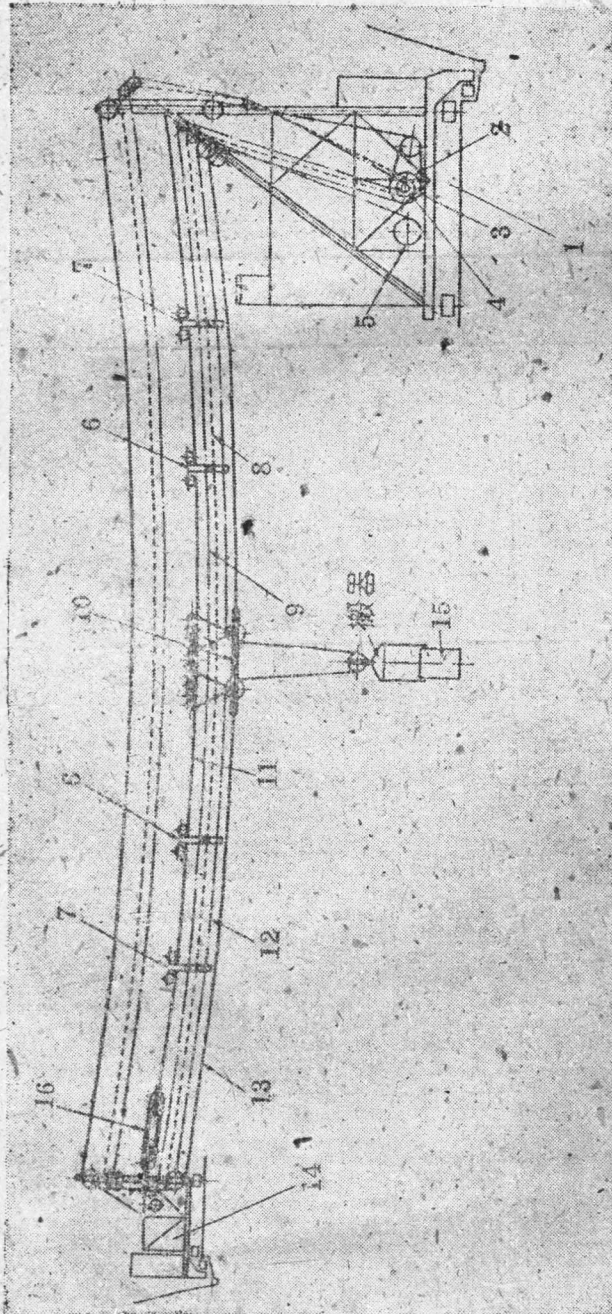


圖3 “玉号”高速鋼索起重
机示意图:

1—主塔; 2—小車牽引卷筒;
3—B承馬卷筒; 4—A承馬卷
筒; 5—起重卷筒; 6—B承馬
7—A承馬; 8—B承馬; 9—
A承馬; 10—載重小車; 11—
承載索; 12—起重索; 13—小
車牽引索; 14—副塔; 15—混凝
土吊斗; 16—承載索調整裝置。

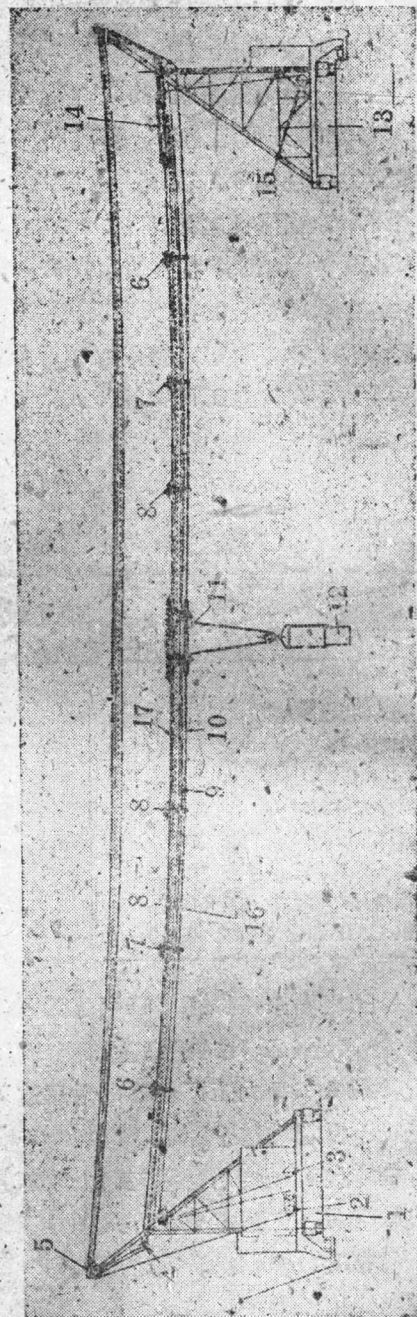


圖4 日本日立工厂另一繩
索繞卷方式示意图:

1—主塔; 2—小車牽引絞車;
3—起重絞車; 4—導輪; 5—小
車牽引導輪 (2000φ); C承
馬導輪 (1500φ); B承馬導
輪 (1000φ); A承馬導輪 (500φ); 6—A承馬; 7—B承
馬; 8—C承馬; 9—起重索; 10—
牽引索; 11—載重小車; 12—混
凝土吊斗; 13—副塔; 14—承載
索調整裝置; 15—鼓調整裝置的
絞車; 16—A索 (0.25V); B
索 (0.5V); C索 (0.75V);
V—橫行速度; 17—承載索。

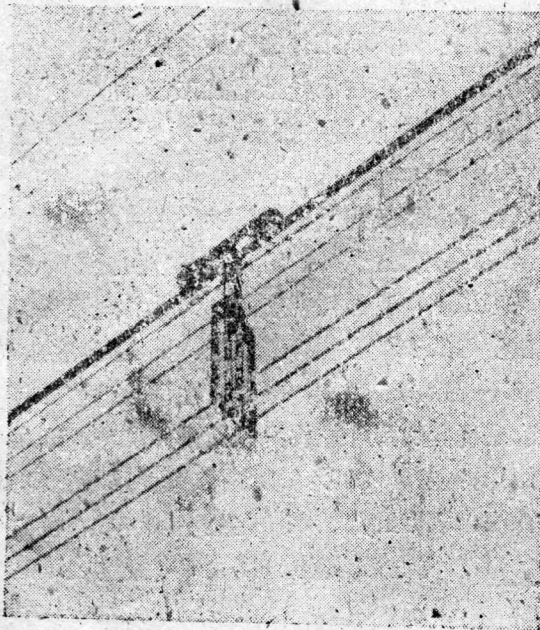


圖5 无撞击高速承馬（繩索牽引式）。

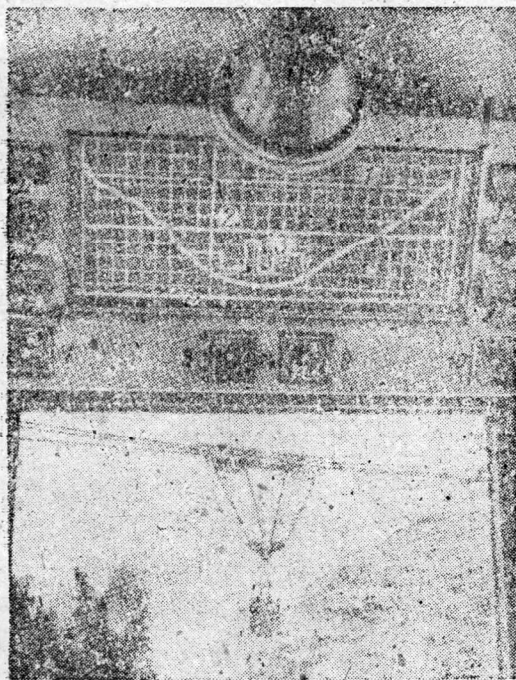


圖6 繩索起重機司機操作台設備：

- 1—工程上頂界；2—兩條自動移動的縱橫座標綫；
3—工程建築物的上平面；4、5、12及13—電氣測量儀器；6及11—起重跑車移動及載荷起升速度指示儀；7及10—載荷正確位置指示儀；8—兩塔相互位置指示儀；9—起重機運動方向指示儀。

Γ-Π系統，或採用帶有功率放大電機的Γ-Π系統；但在某些場合下，也採用交流電傳動，此時必須加裝調速設備。如西德製造的一些繩索起重機，起重及跑車移動機構採用滑環式的交流電動機調速系統，可以使下降速度隨負載不同而改變。在Sambuko工程上的繩索起重機，採用帶有變頻機的電力液壓控制系統，可以使載荷起升及下降速度降低到額定速度的 $\frac{1}{10}$ ，以適應工作要求。蘇聯最近曾提出要設計交流電傳動機構，通過採用飽和扼流圈等方法，使其工作質量不低於Γ-Π系統。

起重與牽引部分的分別傳動在有些國家（如蘇聯）早已實現，美國原來是向大功率絞車發展的，現在也轉而採用分別傳動，這對提高生產率有很大好處。

在運行式的繩索起重機中，常採用自整步電動機系統，以保證二塔架同步運行；在塔架上并裝上帶有光電管的閉鎖器，當二台起重機彼此接近時或一台起重機向終端時，閉鎖器就作用，并控制行走台車驅動機構，使它們保持一定的距離，免除因司機操作不好而引起的碰撞。

3) 通訊及指示設備

當繩索起重機的跨度很大時，司機與裝卸地點工人之間的可靠聯系極為重要。許多國家早已不用信號指示工作，而廣泛地採用了講電話及無線電話來聯系。但是，雖然有了電話聯系，但能使司機能看到工作地點情景，還是很必要的，最有效的方法是採用電視設備。

司機操縱台的設備也有了改善，在司機室前方窗子上端裝了專門的指示設備（圖6）。兩條自動移動的縱橫座標綫在指示板上標出跑車在跨度間的位置及起重吊鉤的高度。指示板上還標出了工程的輪廓綫及混凝土灌筑物的上端位置，可以幫助司機確定位置。在此裝置附近設有帶有字盤的儀器，從字盤上可以知道跑車及吊鉤的正確位置及它們的運動速度、兩塔架的運動方向、平行移動繩索起重機兩塔架運行時的步調不一致程度等等。

4) 吊斗卸料时“跳跃”现象的防止及混凝土分配设备

“跳跃”问题非常重要，直接关系到机器工作周期的长短，及工作情况的良好与否。

前面已经谈到，在苏联吊斗“跳跃”现象曾成为缆索起重机在混凝土灌筑工程的广泛采用的障碍，由此看来这是进一步发展及推广缆索起重机的关键问题，各国都对此问题作了研究。

在起重机构急剧起动及骤然停止时，缆索起重机的承载索及起重索同吊钩（载荷）一起发生振动，这种振动量往往很大。这种情况除了有可能造成缆索过载外，常常是起重机生产率降低的原因之一。根据研究结果，这种“跳跃”现象是可以减小到最低程度的。为此首先要保证两个条件：（1）在混凝土从吊斗卸出时，承载索垂度的改变值必须降到最低，要达到这点，可以将缆索起重机承载索两端固定连接于塔架上，而不采用摆动塔架；（2）在吊斗迅速卸料时，承载索要发生动力振动，要消除这种振动必须改进现有的吊斗结构并采用慢卸吊斗。苏联列宁格勒工学院研究结果证明，只要使吊斗卸料时间保持在15~20秒，动力振动就可以完全消除。除了以上两种方法以外，还有一个微差传动递补法：根据计算结果，在集中载荷时，在起重

机跨距操作区段间，重物在不同位置时的承载索垂度变化量可以看作是一样的；并且直接与重物的重量成比例。由于这个特点，就可用微差传动的方法来自动递补起重索，这样可在整个卸料过程中吊斗始终保持在同一高度。用上述几种方法改装过的缆索起重机，可以广泛地用于混凝土灌筑工程。

苏联电站部设计院设计了一种新式结构的缆索起重机，装有卸料漏斗及长达8~10公尺的振动溜管（图7）。

这种双层缆索起重机有两个独立的缆索系统，一个专为吊斗，另一个专为漏斗。吊着吊斗的载重跑车借助于牵引索在中间那根承载索上行駛，而旁边两根承载索上有一对跑车将漏斗吊住。在混凝土自吊斗倒进漏斗时，随吊斗卸载程度的不同，承载索将吊斗渐渐往上抬起，

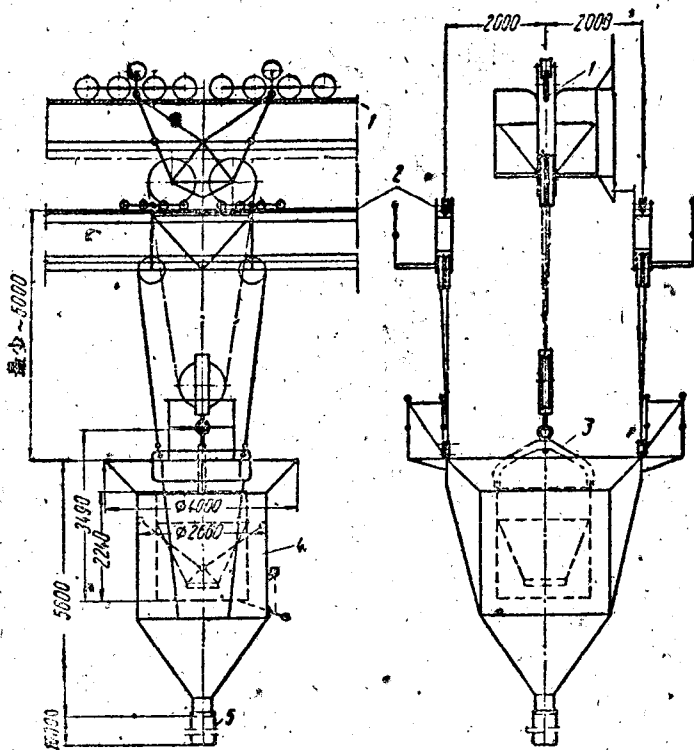


图7 传送混凝土用的具有振动溜管的漏斗：

1—吊斗跑车的承载索；2—漏斗跑车的承载索；3—吊斗；4—漏斗；5—振动溜管。

而受料漏斗则往下降。它们之间的距离约等于吊斗与漏斗垂度位置变动值的总和，即等于主索静力垂度的二倍。为了使吊斗与漏斗之间的距离保持恒定，这两个系统的提升机构都装有微动装置。这种微动机构接到起重重量传感器传来的脉冲后，就会将这两个系统的起重索递补一些，使其彼此靠拢，这样，吊斗及漏斗仍可保持在原来的水平面上。

苏联曾按上述原理改装了一台用于斯大林格勒水电站上的缆索起重机，但是至今未在生产条件下检验过。苏联还提出过一种方案，就是把一些缆索起重机组合起来，当用于装配工作时，这些起重机可以单独工作，而用于混凝土灌注工程时，则将其其中几台用来吊漏斗，另几台用来吊混凝土吊斗，这两组起重机装成两层，因为漏斗与吊斗的高度是不同的。

图8是另一种双层缆索起重机，吊斗在上层缆索起重机上运行，下层的缆索起重机的承载索上吊着一个桥架，桥架上有漏斗及连着送料小车的运输机。

瑞士及意大利的一些堤坝工程上已采用了带有分配设备的缆索起重机。采用了分配器，生产率可以增加，因为它可以在一个长时间内把混凝土浇灌在同一个地方，它还可以扩大缆索起重机的操作面，因而可以把缆索起重机做成固定的，省去了塔架轨道。利用分配器还可以将混凝土灌到不能直接采用普通的大容量吊斗的狭窄的建筑物构件中去。应该指出，采用分配装置，桥架重量和吊桥架的缆索所造成的附加费用也将增大。在欧洲对采用分配器的看法还未统一，现在分配器正在继续采用，其结构也在继续改进。

苏联电站部设计院与列宁格勒加里宁工学院合作设计了一种由E. Ф. Фрейгофер工程师倡

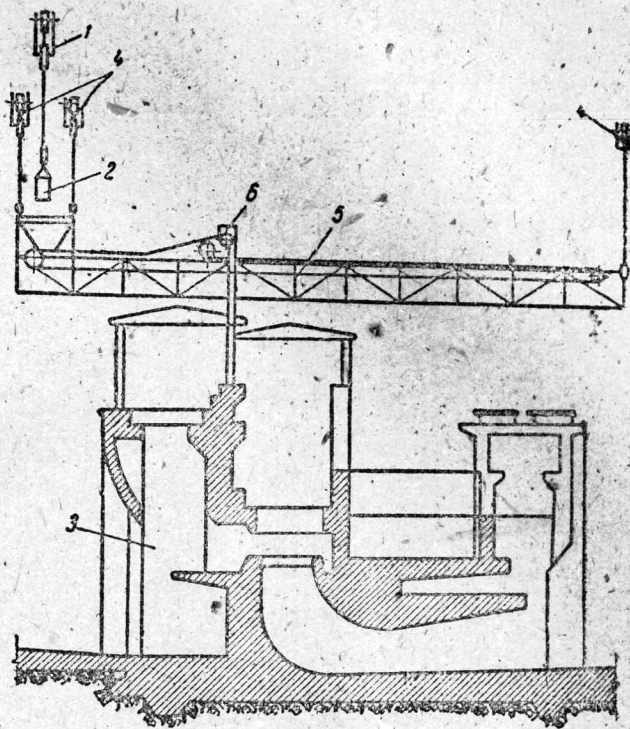


图8 带有分配设备的双层缆索起重机示意图：

1—吊斗跑车；2—吊斗；3—建筑物；4—分配设备跑车；5—带有带式输送机的桥架；6—与溜管装在一起的送料小车。

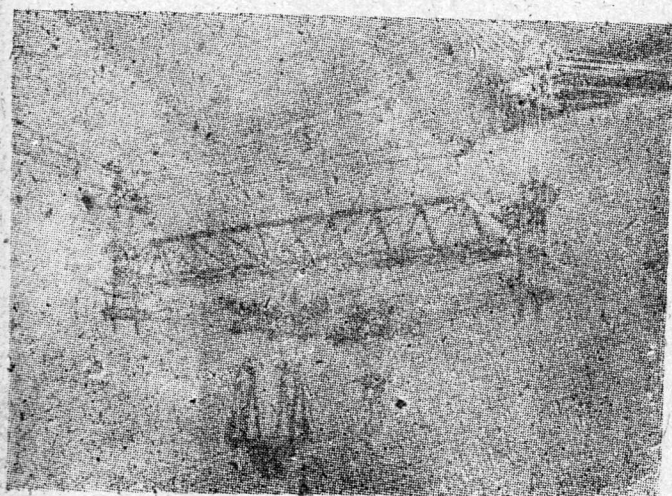


图9 吊桥式缆索起重机的模型。

议的吊桥式缆索起重机(Мосто кабельные Краны)。这种起重机实质上就是将一些桥式缆索起重机横吊在两组承载索上，并可以沿承载索移动。这种装置的模型正在列宁格勒工学院实验室内进行试验(图9)。

在建筑物上方可以同时装上几个带有载重小车的桥架，如图10。被输送的物料可以从旁边进入桥架，再由载重小车送到指定地点卸料。

这种结构的吊桥式起重机，可以联合起来一起工作，起重量可以达到40~50吨，这样就可以用先进的方法

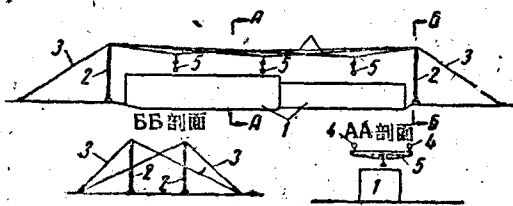


圖10 吊橋纜索起重機示意圖:

1—要灌混凝土的建築物；2—起重機的支柱；3—纜索；4—供橋架移動用的纜索；5—帶有載重跑車的橋架。

而且是始終作用在承載索上，此時卸掉的載荷與之相比則小得多，而該時吊鉤跳動行程可以不計。從這點看來，前述那種分配器的採用，對防止振動（跳躍）現象也是有好處的，因為分配器的重量是較大的。

5) 塔架部分的構造

由於用於建築工程的纜索起重機的跨度及起重量的增大，美國原來採用的垂直台車供塔架運行，水平台車供承受纜索水平拉力的結構已不適用了，他們改用了傾斜或台車。

在狹窄地帶的建築物混凝土灌筑工程中，同時採用數台高度較大，底面積較大的一般移動式塔架的纜索起重機是不可能的。在這種情況下，對塔架部分的結構作了研究改進。在一些工程中（Обераар. Самбуко. Мавуазин. Моозербоден）採用了金屬橋台，橋台上可以行駛帶有較低的纜索起重機的塔架，或者僅是吊車，承載索就直接固接在它們上面。這種結構是參照造船廠採用的

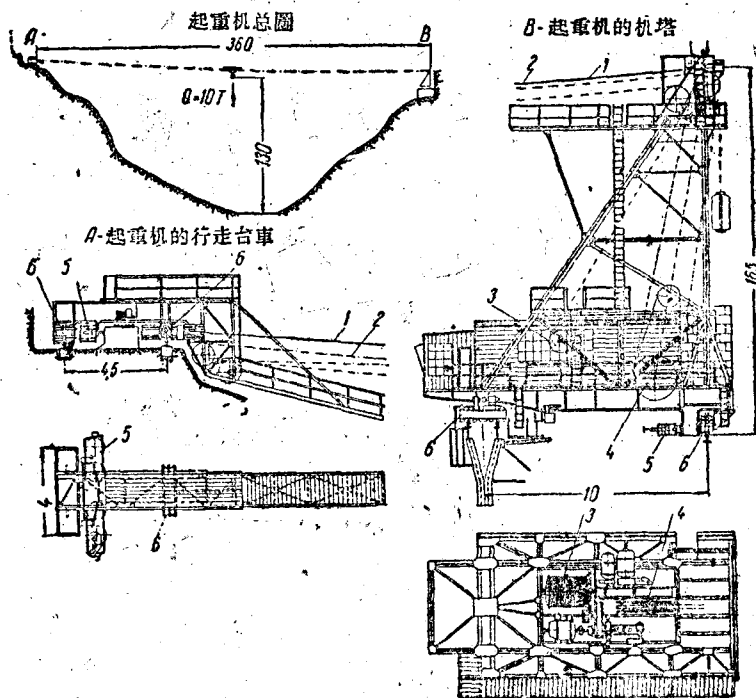


圖11 瑞士建築工地上所用的移動式纜索起重機:

1—承載索；2—曳引索；3—起重絞車；4—小車運行用的帶有驅動的裝置；5—水平支承台車；6—起重行走車（有金屬橋台）。

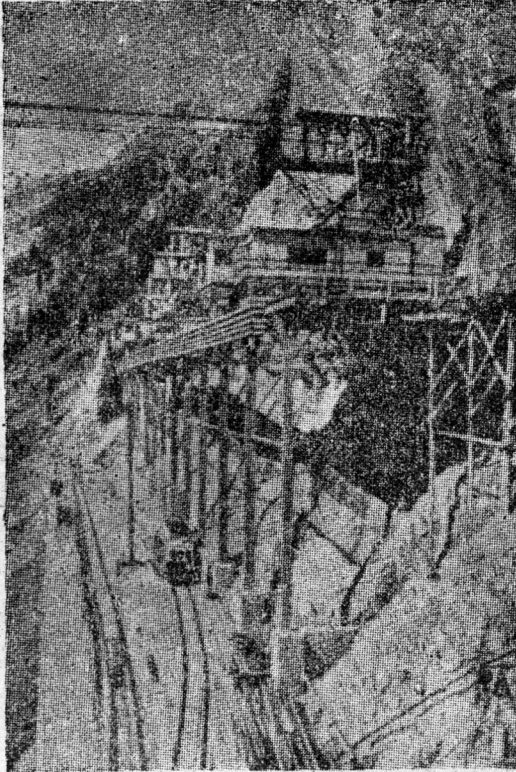


圖12 瑞士堤壩工地上在桥台上行走的纜索起重機主塔。

帶有行走台車的造船台纜索起重機的簡圖設計的(圖 11 和 12)。它比起一般在地面軌道上行走的帶有高塔的纜索起重機來, 這種新式的結構運行軌道亦較複雜, 因此金屬消耗量較大, 但是此時的支承台車和承載索的外形尺寸是大大減小了, 這樣, 相鄰的兩台起重機可以互相靠得很近, 如在瑞士 Самбуко 堤壩上, 採用這種結構的起重機(圖12) 兩台起重機承載索之間的距離可縮短到 9 公尺。

另一種方案可以使相鄰的兩台起重機靠得更近, 這方案中利用了可以向兩側擺動的支柱。法國的 Донзер-Мандрагон 工地上的跨度為 630 公尺, 起重量為 9 噸的纜索起重機上採用了這種高達 80 公尺的支柱(見圖 13)。用絞車拉緊側面一根牽繩, 同時放鬆另一根, 就可使支柱擺動(見圖14)。

在北非一些工程上, 也採用了類似結構的纜索起重機。

6) 纜索和工作繩

對纜索要經常給予注意: 至少每隔一天要檢查一次, 每星期要上一次油。起重索的磨耗最大, 在工作強度較大時, 每隔 800~1000 小時就要換一次。歐美一些國家採用直徑為 89 公厘的閉式

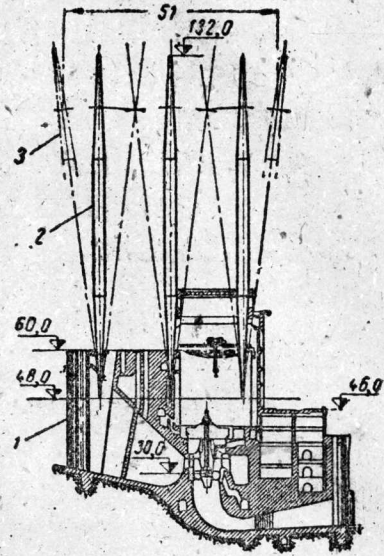


圖13 法國水電站工地上固定式纜索起重機的擺動支柱:

1—水電站建築物的橫斷面; 2—在垂直位置的擺動支柱; 3—向兩側擺動達到最偏位置時的支柱。

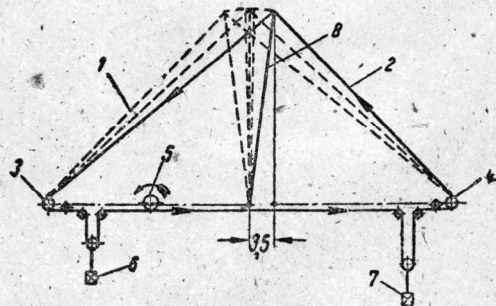


圖14 法國水電站纜索起重機支柱側向擺動示意圖:

1及2—抗牽; 3及4—制動設備; 5—絞車; 6及7—張緊用重物; 8—擺動支柱。

结构承载索，拉断力为 712 吨。在生产闭式结构的承载索方面，苏联提出在提高它品质的同时要掌握制造直径 90 公厘或更大的绳子。日本田子仓工地上缆索起重机的承载索直径为 100 公厘。每隔六星期将缆索转过 45° ，这样缆索可以连续用好几年。1957 年在罗马召开的第一届国际索道运输会议曾对缆索的电磁探伤给予很大注意。

玻璃钢最近在工业上得到很广泛的应用，所以若干国家现已开始研究用玻璃钢来制造缆索。

另外，跑车是依靠绞车上的几个摩擦轮传递牵引力而移动的，为了增加摩擦力，这些轮子需有襯垫。在 1957 年罗马会议上西德提出的一种用聚合塑料作的新颖襯垫引起了很大的注意，这种襯垫的摩擦系数高达 0.5。

附录 桥式缆索起重机

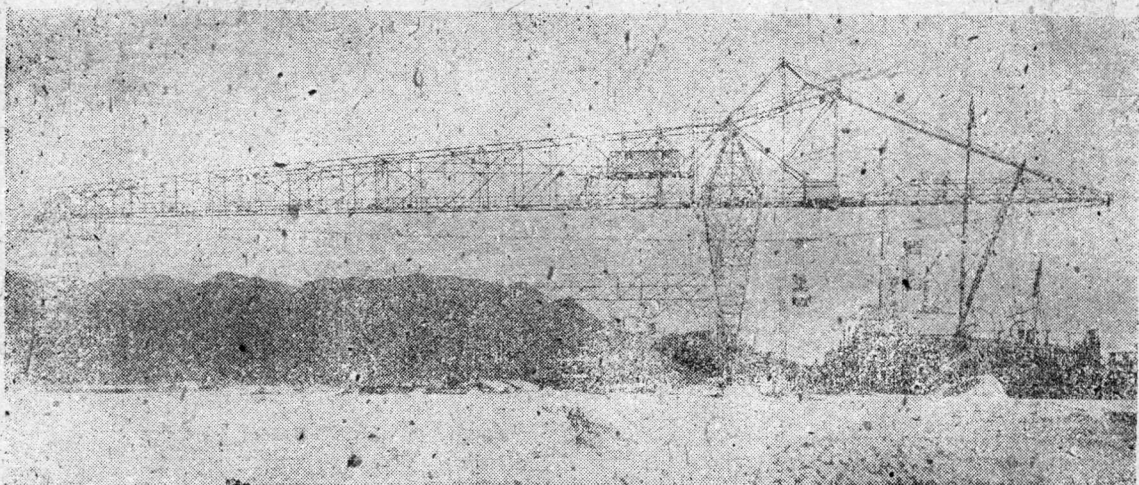


圖 1 桥式缆索起重机。

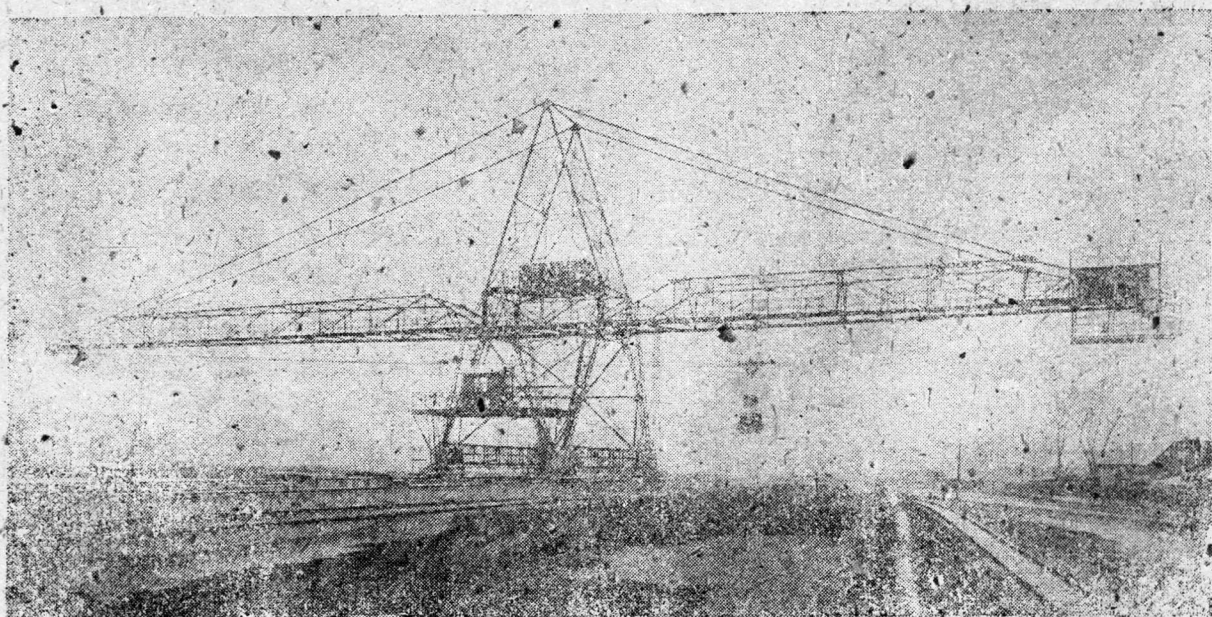


圖 2 飞机型桥式缆索起重机。