

И. Я. 柯卡著

黄松元译

建筑用塔式起重机

中国工业出版社



建筑用塔式起重机 结构及计算

И·Я·柯卡著

黄松元译

中国工业出版社

本书阐述在建筑业中应用的塔式起重机的结构和计算的特点。讨论起重机型式及主要尺寸的选择以及确定生产率的问题。对主要部件及其强度、稳定性及寿命计算的原始资料进行了叙述。

本书供使用和制造建筑用塔式起重机部门以及熟悉起重机构造的工程技术人员研究新问题和计算用。亦可用作〔起重运输机械〕及〔建筑机械〕专业学生的参考书。

И. Я. Коган

СТРОИТЕЛЬНЫЕ БАШЕННЫЕ КРАНЫ

Машгиз 1958

* * *

建筑用塔式起重机

结构及计算

黄松元译

*

机械工业图书编辑部编辑 (北京阜成门外百万庄)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街10号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第110号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $9^{3/4}$ · 字数 252,000

1963年5月北京第一版·1963年5月北京第一次印刷

印数 0,001—1,097 · 定价(10-6)1.50元

*

统一书号: 15165 · 2052(一机-425)

序 言

塔式起重机在建筑业中的广泛应用，在起重机制造者面前提出了許多涉及到这类起重机械今后的改进和发展的許多問題。可惜，起重机构造的理論研究工作仍然落后于本技术部門的蓬勃发展。指出这一点就足够了：起重机結構由鉚接过渡到焊接，直到目前为止，在建筑力学理論中仍沒有得到更多的、足够的反映。

虽然有了許多已进行过的研究結果和实际經驗的資料，但在文献和現行的规范里仍然沒有闡述，无疑地，这引起了許多部門工程技术工作者的注意。在本书中占有主要地位的建筑用塔式起重机計算的專門問題，是适应設計局的实际需要来叙述。同时，决不仅限于計算公式，而且还考虑到这类起重机繼續不断的发展和改进。設計师对于实际現象、公式特点及这些公式的应用范围应有一个明确的观念。所以在每一种情况下就能对某个計算公式作出結論。为了容易了解，首先討論簡單的問題，而后再討論更复杂的。

众所周知，数学計算公式的复杂性，对讀者來說，常常掩盖了所討論的問題的物理实质，并使得在科学研究的实际活动中利用这些公式有困难。对技术工作者來說，最重要的不仅在于得到正确的、精确的解答，而且要找出尽量簡化的方法，此方法仅保証实际目的的足够准确性。

被引用的見解将作为闡述本书所涉及到的理論問題时的基础。最后一章是叙述試驗方法，以全苏建筑机械科学研究院（ВНИИСтройдормаша）的資料作基础，該研究院在斯特列柯夫（С. А. Стрелков）教授领导下，对創造試驗塔式起重机的專門仪器进行了許多工作。

目 次

序 言	
緒 論	7
第一章 起重机类型及其特性	15
第二章 起重机結構和尺寸選擇的基本准則	33
幅度和起重高度	33
起重量	36
塔身高度和起重臂长度	37
安裝方法	37
起重机的轉运方法	50
起重机結構的主要要求	53
第三章 主要的計算数据	55
生产率的确定和速度的選擇	55
起重机工作制度	65
結構的計算方法	66
風載荷	73
动載荷	74
第四章 起重机稳定性計算	78
基本原理	78
动載荷的影响	80
起重机的傾斜度	88
傾复力矩的平衡	90
第五章 起重机支承上压力的确定	97
原始情况	97
主要的計算条件	101
起重机基础的不精确度	103
起重机基础柔性的确定	104
起重机軌道柔性的确定	108
支承上压力的分布	111
起重机軌道鋪設的最大容許誤差	115
第六章 起重机承重結構的特性	120
材料和杆件截面	120
节点的接头和联接	125

起重臂	135
塔架	148
支承部分	151
承重結構今后改进的可能性	155
第七章 承重結構的計算特性	158
概述	158
鋼絲繩变形的确定	160
金屬結構变形的确定	165
自振周期的确定	182
受压起重臂和塔身的稳定	190
第八章 負荷起升裝置	213
鋼絲繩滑輪組	213
卷揚机	215
起升动力学	218
第九章 变幅机构	231
机构型式	231
載荷水平移动的起升起重臂的机构	232
变臂的平衡和稳定性	239
变幅的动力学	246
变幅卷揚机	251
第十章 迴轉-支承裝置	254
裝置的型式	254
迴轉-支承裝置的計算	256
迴轉机构	258
迴轉动力学	263
第十一章 行走裝置	270
行走裝置的型式	270
行走机构	282
行走阻力	285
行走动力学	286
第十二章 实验方法	289
附录 有关塔式起重机軌距(基础)的选择	295
1948~1955年有关塔式起重机文献的书刊索引	303
参考文献	308

緒 論

塔式起重机是一种自由立着的起重臂迴轉的起重机，它的特点在于：起重臂是固結在垂直塔身(塔架)的上部。上述特性在任何情況下，都确定了已知的許多不同类型的塔式起重机的特征。

塔式起重机除起重臂和塔身外，还有下列主要部分：迴轉支承裝置；載荷起重机构；变幅机构；迴轉和行走机构；支承結構和平衡重。

支承結構称为門架，是由两个鉸接框架組成，在門架下面保留有自由的空間。

由起重臂和塔架組成的塔式起重机的承載結構，为Γ-型形式，这种形式能保證更好地包圍直角式建筑物，这是塔式起重机在建筑业中广泛应用的一个原因。

显然，由图 1 可以看出，Γ-型的承載結構容許把起重机布置得直接靠近正在建造的建筑物。这时，塔式起重机的有效幅度接

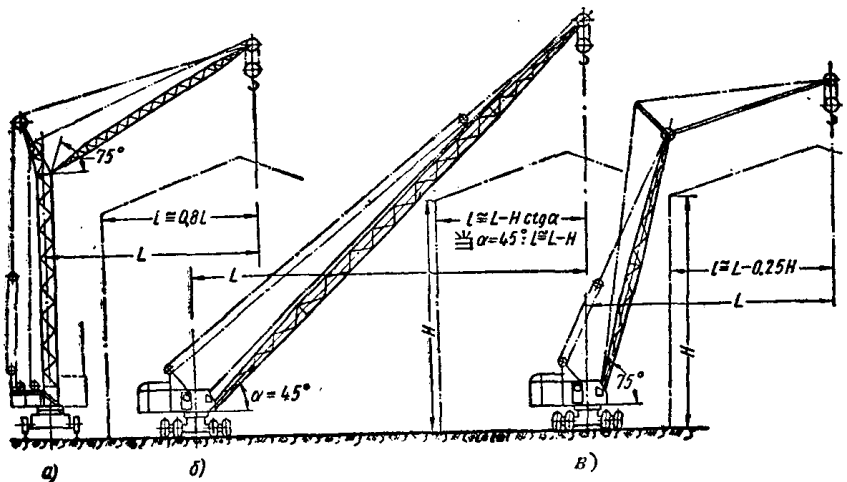


图 1 塔式起重机和动臂起重机的比較：
 a—塔式起重机；δ—具有直的起重臂的动臂起重机；
 B—具有直的起重臂和鵝頸的动臂起重机。

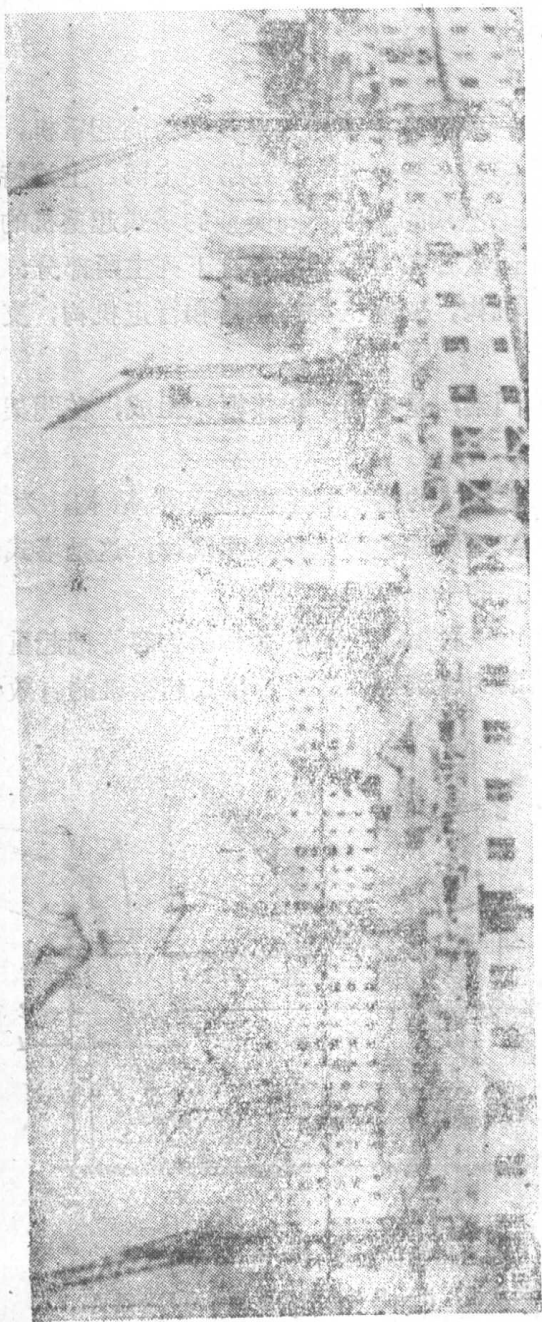


图 2 塔式起重机在建造砖墙民用住宅（莫斯科市）。

近全部幅度的80%，該时若为普通的动臂起重机，則不超过50%，并随着建筑物高度的增加而急剧地减小。当具有鵝頸时(图1 e)，动臂起重机的使用条件改善了，但同时由于起重臂必須傾斜，起重机不得不离开建筑物其距离不小于建筑物高度的20%。动臂起重机变幅是非常困难的，这就降低了它的机动性。

由图1的比較簡图可看出：根据建筑物高度的增大，塔式起重机与动臂起重机的比較，其优越性是非常明显的。所以，广泛采用塔式起重机来建造很高的直角式楼房。

塔式起重机对于直角式建筑物建造的良好适应性，是它在民用住宅和水力工程建筑中被广泛地应用和在工业建筑中部分地被采用的原因。

用于大量建筑磚墙的民用住宅的塔式起重机(图2)，幅度为10~20米时起重重量由0.3吨到1.5吨；用于由装配式鋼筋混凝土构件組成的民用及公用的建筑，采用較重型起重机(图3)，幅度为15~30米时其起重重量为3~5吨。

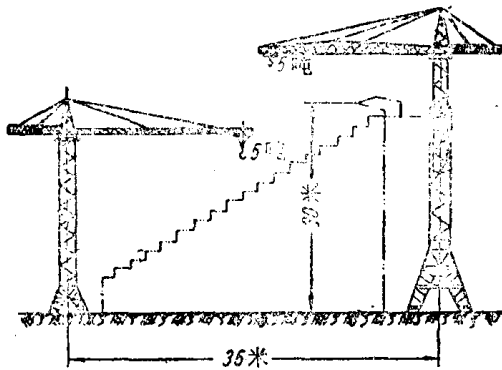


图2 塔式起重机在建筑由装配式鋼筋混凝土构件組成的运动場建筑物(莫斯科市)。

建造堤壩(图4 a)、桥梁及其他同类构筑物，也常常采用这类起重机。当工作量巨大时，則采用特別大的重型起重机，幅度为20~40米时起重重量为25~40吨。类似的起重机用于工业建筑中安装重型結構(图4 b及 e)。

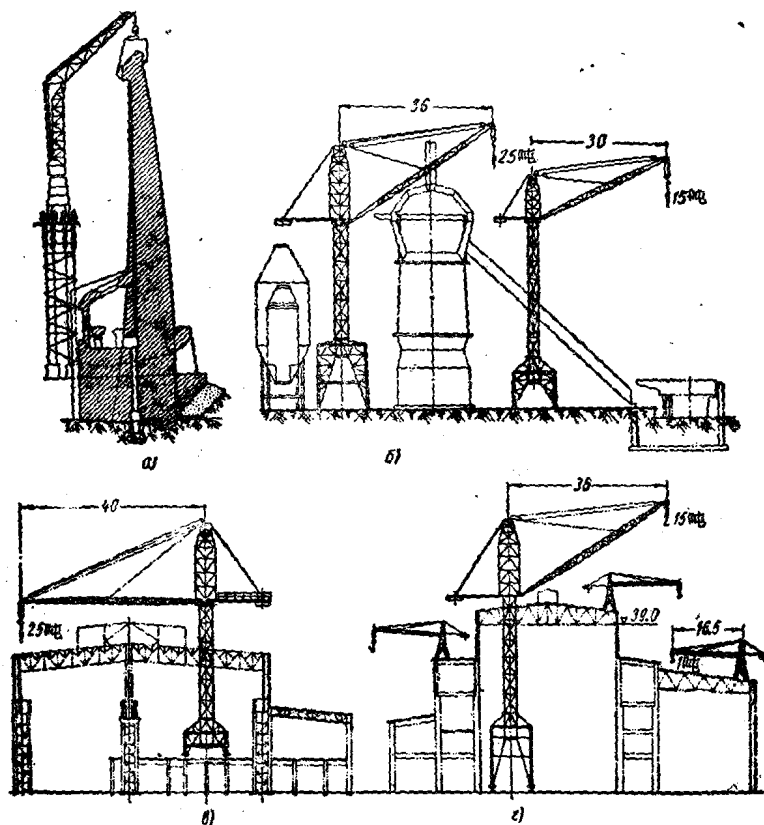


图4 在水力工程建筑和工业建筑中塔式起重机的应用简图:

a—建造高大堤坝; б—建造高炉车间; в—安装平炉车间金属结构;

г—安装中央热电站主厂房结构。

在许多情况下,为了更好地利用主要起重机的载重量而装设补充用的辅助起重机(图4г)。

在建筑高大楼房时,曾采用过许多台不同型式的塔式起重机。如建筑国立莫斯科大学(МГУ)(图5),有15台塔式起重机工作过,起重量由1.5吨到15吨,一些布置在地面上,一些布置在建筑物本身上。



图5 国立莫斯科大学主要楼房的建筑。

塔式起重机在建筑业中的推广，赋予它本身结构以独特的特征。由此，现在可以容易地划出各种塔式起重机之间的界限，所以在建筑业中应用的就称为建筑用塔式起重机及造船用塔式起重机。第一类起重机具有快速安装、拆卸和搬运适应性的不同特性，在现代建筑条件下这具有决定性意义。造船用塔式起重机，同工业部门工作的所有的其他起重机一样，通常只安装一次并在同一地点工作许多年。

由于起重机在建筑条件下常常搬运的必要性，而影响到它的金属结构、机构和总的组成，并使得建筑用塔式起重机成为起重机械单独的、独立的类别，这类起重机是本书所要讨论的对象。

建筑用塔式起重机的独特的特性，使得它的计算理论部分产生了许多新问题。

建筑用塔式起重机是起重机械比较年轻的一类，它最初的出现，是近百年来在建筑业中开始采用机械化技术的结果。

在建筑业中具有机械驱动的起重机的出现，不仅只是表示取代了货物起重和运输作业的人力劳动，并給予建筑工艺和房屋结构以决定性影响。虽然这里不立即闡明，但現在已很清楚，起重机、尤其是塔式起重机的应用，就創立了这种可能性：即由小构件一磚、矿渣块和其他等等建造楼房需耗費許多人力劳动的老建筑方法，过渡到用工厂預制的大量构件建造建筑物的装配式方法。

建筑中磚的大量应用，对它的起升和运输工作的机械化应特别注意。

当应用重量为3~4公斤重的磚时，墙的堆砌过程本身的劳动量，較之磚的运输过程要少3~4倍。

机动的悬臂起重机（图6 a）是塔式起重机的直接的前身。它已包括有它的主要元件——起重臂，塔身，起重机构——使同时起重最繁重的工序垂直起升机械化。但是结构（塔身作成木制桅杆，用牵索拉紧）的简陋性不允許有大的幅度和沿前面运移，結果就限制了在正在建造的建筑物整个面积装载的可能性。此外，这种起重装置的载重量很小。所以，起重工具今后的发展，一方面是沿着由固定式机械过渡到运行式机械的途径，另一方面是沿着加大幅度的途径。这就不仅有可能使貨物起升，而且使它沿水平运行，同时从地面提取貨物到建筑仓库。而出現了增大起重臂迴轉角度的必要性，悬臂起重机的轉角被限制为 270° ，在当时的条件下是完全足够的。

根据专门文献判断，第一种运行式悬臂起重机出現于1902年。最初（图6 b）它还不象現代塔式起重机一样是自立式的，但已經可以沿正在建造的建筑物的前沿运行。1905年出現了自立式的，但为具有长起重臂的固定式全旋轉起重机（图6 c）。它的特征是：三条支承腿的下部分布得很宽。随后，根据試驗的积累和設計方法的改善，起重机下部尺寸减小了。

在这种起重机中（图6 c），已經拟定解决由于长起重臂而产生的变幅方法的新問題。該处幅度的变化是利用載重小車沿起重

臂运行来实现。

以后, 在1914年, 出现了立着的、带起重臂的运行式塔式起重机, 它包含了现代结构所有的主要特征。

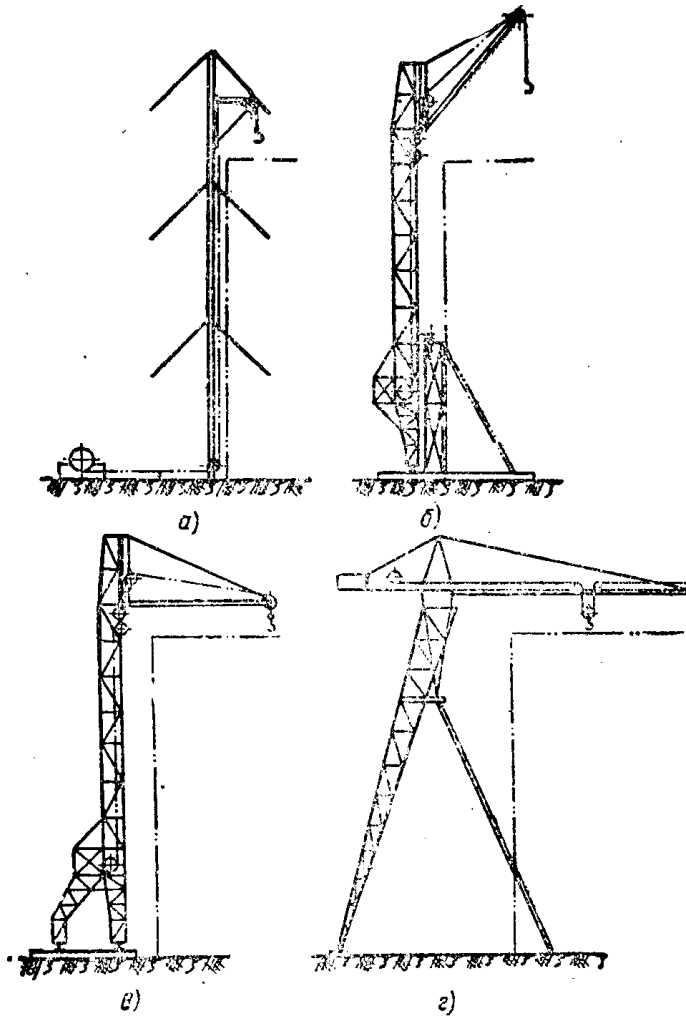


图6 建筑用塔式起重机结构的发展:

a—起重机-悬臂; *б*—运行式角撑架-塔式起重机; *в*—具有不完全迴轉的悬臂的运行式自立式塔式起重机; *г*—固定式三支承、具有载重小车沿起重臂运动的完全迴轉的塔式机。

今后发展的途径是：探求一种更好的结构，个别部件的改善，单电机过渡到多电机驱动及其结构的研究，很方便的快速安装和不拆卸搬运。

塔式起重机的出现及其逐渐的改善，现在已趋向取代卷扬机——它的特点是价格低廉，载荷沿地面和交错的、正在建造的建筑物水平运移时需耗费大量的劳动量。

在苏联，卷扬机现在仅用来作为建筑物内部个别材料的运送，也就是塔式起重机所不能完成的工作。西德现在正在考虑塔式起重机的合理利用[88]，甚至是材料重量为 600 吨的极小的建筑物(有效的生活面积大约 150 米²)。

事实上塔式起重机能把任一重量的货物送到建筑面积的任一点，塔式起重机的大量应用，不仅使货物的起重和运送工作完全机械化，同时随着钢筋混凝土的小构件过渡到预制构件和预制板壁的发展，而且也是现代建筑业整个改造的原因之一。

[机械手]——起重机——可以提升重量达 70 吨的载荷；载荷重量的减轻即降低了起重机的使用利用率，因为第一：用于小零件需要特别包装成为整件货物，第二：把它装在包扎或容器里，不可避免地要耗费附加的劳动。

因此，新的生产工具——起重机——的出现，引起了整个建筑生产工艺根本改革的必要性，建筑生产工艺转变为预制构件，但已是在新的、更高的技术的基础上。

建筑用塔式起重机的广泛推广和所出现的规律性，研究它和继续改善它就成为必要了。

第一章 起重机类型及其特性

塔式起重机在建筑业中的广泛应用，使其創立了许多适应于各种不同工作条件的变态形式。

起重机的类型是按照：装置的特性、工作方法、变幅方法、塔身结构、起重臂与塔身的联结方法及平衡方法来区分。

按装置特性 建筑用塔式起重机分为两种基本类型：1) 地上起重机，靠近正在建造的建筑物，装置在地面上和2) 装置在建造中的建筑物上的起重机。第一类起重机（见图2和3）得到了最大的推广，因为它保证与建筑工作的进行完全无关，并同时保证所任意希望的顺序。这是最大的优点，因为当工作过程有任何意外的变化时，建筑者能够容易地调度起重机。如广场上有若干台地上起重机工作时，其中某一台由于损坏而运走，则在它修理期间其他起重机能够代替工作。

另一方面，当建造的建筑物的高度增大时，地上塔式起重机的重量和成本很快地增加；同时基础尺寸也加大，从而耗費了起重机用的作业面积（见表1）。

表1 幅度20米，载重量1.5吨的塔式起重机依据高度而定的指标

起 重 机 型 号	塔架高度 (米)	起重机軌道 的軌距 (米)	起重机重量(吨)		起重机軌道 每 米 价 格 (卢布)
			沒有压重	总 重	
T-178	17	3.5	15	28	71
СБК-1	27	3.8	21	43	99
СБК-1М	37	5	41	85	114

因此，近来（苏联在1947年，西德、法国、丹麦和其他国家在1955年）出现了安装在建筑物上的起重机（图7）。在仅建造一层建筑物的情况下，起重机塔架的高度不大。在苏联，建筑物上起重机用于高层建筑物（图8），显然，该处是不可能采用地

上起重机。

起重机安装在建筑物上，迫使建筑工作要遵守严格的顺序性。此外，当这样布置时，起重机沿水平方向的运行更为困难，这就迫使装置较原定建筑速度需要数量更多的起重机，用来围着建筑物的全部面积。

所以，在某些情况下，对其下部是宽而矮、且直立部分是较窄的高大建筑物的建筑，用组合起重机(图9)是合理的，当建造建筑物下部分时起重机在地面上而后运送到建筑物中心矗立部分的骨架上。

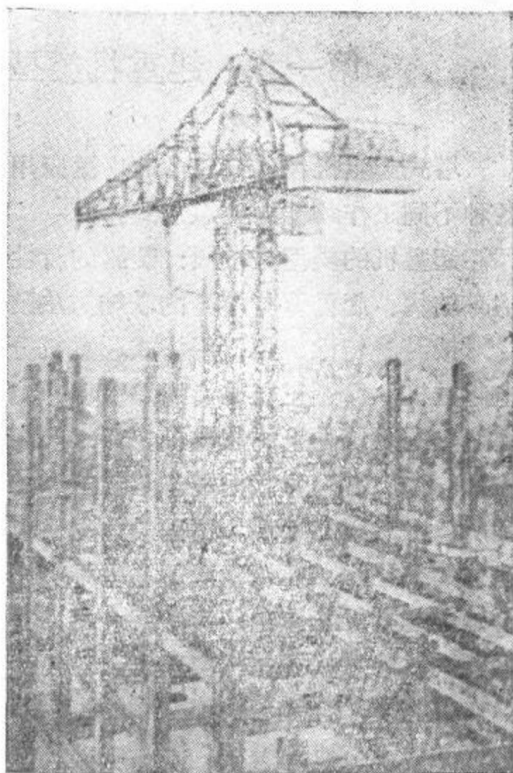


图7 建筑物上的自升式起重机。

按工作方法 按建造建筑物的工作方法，塔式起重机同样分为两类：1) 固定式起重机，工作面积在一个场地；2) 运行式，可以从一个工作地点转运至另一工作地点。如上所述，固定式起重机是最早出现的。因为它们工作的面积不大，所以运行式起重机现时得到了极大的推广。但是，固定式起重机至今并没有从使用中排除；它们应用于单个桥墩建筑、塔形构筑物、高炉建筑、矗立大楼等等。

此外，当由于高速度工作时，用于一个对象的起重机数量要加多，这一台起重机的工作面积，易于被另一个场地的起重机工作到，则在这种情况下亦可应用。