

黄金新 编译



国外轮式起重机

3.6



中国建筑工业出版社

本书简要介绍了国外轮式起重机的新机型和代表性的产品，以及新结构、新材料等，并着重论述了轮式起重机的现代技术水平，还编入了国外行之有效的操作经验。

本书可供工程机械科研设计人员、高等院校师生以及工程机械驾驶维修人员参考。

国外轮式起重机

黄金新 编译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：7³/₄ 字数：207 千字

1982年6月第一版 1982年6月第一次印刷

印数：1—3,300 册 定价：0.75元

统一书号：15040·4127

前 言

汽车式和轮胎式起重机属于工程起重机械，统称为轮式起重机。它们除了可以满足国民经济许多部门的需要以外，也可装备某些军工部门，因此国外对这两个机种十分重视，特别是近十几年来，发展很快。在产量方面，1978年全世界（不包括中国）轮式起重机的总产量已经达到35000台；在品种方面，目前全世界约有150多个厂家在制造，有400多个规格；在产品性能方面，由于主要国家都有强大的研制力量，不断采用新技术、新材料，机械性能有很大的提高；在质量方面，国外产品一般使用寿命规定为十年；在最大起重重量方面，目前桁架臂汽车式起重机已达到1000吨，桁架臂轮胎式起重机已达到500吨，伸缩臂汽车式起重机已达到200吨（250吨的伸缩臂起重机正在制造）。西德在制造大型轮式起重机方面处于领先地位。

当前，国外轮式起重机总的发展趋势是“七化”、“三性”。“七化”是指：1）液压化（除中小型几乎全部采用液压传动外，采用液压传动的大型（100吨以上）桁架臂起重机也占40%以上）；2）大型化（每年生产数量有限，但代表一个国家的综合生产技术水平）；3）最优化（采用先进的设计计算方法并配用电子计算机）；4）轻量化（主要是减轻金属结构件的自重）；5）多轴化（使底盘单轴轴荷不超过12~13吨）；6）通用化（系列内的产品零部件尽量做到通用）；7）多样化（采用多种工作装置，扩大使用范围）。“三性”是指可靠性、安全性和舒适性。

基于上述情况，为了更好地吸取国外的先进技术和经

验，加速四化建设，特选编本书。书中着重论述轮式起重机的现代技术水平，简要介绍国外轮式起重机的新机型和代表性的产品以及新结构、新材料等，另外，考虑到起重机的安全作业是头等重要的，因此本书还编入国外行之有效的操作经验。本书可供工程机械科研、设计人员、高等院校师生以及工程机械操作维修人员参考。

本书内容是编者从国外大量资料中选译、整理编写成的，同时也参考了一些同志提供的文章和有关的译稿，为此，特向上述同志表示衷心的感谢。

由于编者水平不高，错误和不妥之处，请提出批评指正。

编 者

一九八〇年

目 录

第一章 概述	1
(一) 起重机的分类	1
(二) 汽车式和轮胎式起重机的区别	1
(三) 自行动臂式起重机的 发展过程	3
(四) 各类轮式起重机的主要特点和使用 范围	5
(五) 轮式起重机的主要 参数	9
(六) 如何合理地选用轮式 起重机	18
第二章 几个主要国家生产的 基本 情况	23
(一) 产 量	23
(二) 品 种	26
(三) 最大起重量 比较	29
(四) 轮式起重机主要制造厂的基本 情况	29
第三章 轮式起重机的 现代 技术 水平	38
(一) 如何衡量行业的 水平	38
(二) 先进产品的主要 标志	38
(三) 大型产品的制成可以反映一个国家总的制造 水平	39
(四) 评定轮式起重机先进性的主要 标准	40
(五) 主要性能参数是衡量同类型起重机设计水平的实 质性指标	43
(六) 重量利用系数 K_d 较为全面地反映起重机的设计水平	43
(七) 减轻自重对于保证起重机先进性有 重要意义	46
第四章 新机型和代表性 产品	49
(一) 西德生产的 1000 吨 “ROSENKRANZ” 汽车起 重机	49
(二) 德马克的 TC4000 型 800 吨汽车起重机	51
(三) 西德哥特瓦尔德制造的 500 吨轮胎式 起重机	53
(四) LG1300 型 300 吨桁架臂汽车起重机	54
(五) 西德 TC1200 型桁架臂汽车 起重机	66
(六) 英国考娄萨斯 (Colossus) 型集装箱桁架臂汽车起重机	80
(七) AMK200-103 型 200 吨液压伸缩臂汽车式起重机	87
(八) HC500 型 160 吨液压伸缩臂汽车起重机	92

(九) 苏联KC-6471型40吨液压伸缩臂汽车式起重机	96
(十) 英国科尔斯的“Supertruck 25/28”型25吨伸缩臂汽车起重机	102
(十一) 西德AMK45型20吨液压伸缩臂汽车起重机	105
(十二) 美国P&H奥米茄(OMEGA)60型越野轮胎起重机	109
(十三) 法国32吨越野轮胎起重机	121
(十四) 日本皮克罗维(PICROVER)R80型工业用液压轮胎起重机	124
(十五) 法国Y1511型液压轮胎起重机	131
(十六) 911型全液压工业用轮胎起重机	141
(十七) TC75型带桁架伸缩臂的液压起重机	148
第五章 新结构	157
(一) 新型伸缩吊臂	157
(二) 国外常用的几种同步伸缩机构	164
(三) 后缩式吊臂	169
(四) 西德TC600型汽车起重机的“超起”附加装置	170
(五) 美国克拉克公司快速拆装楔形装置	174
(六) 芬兰洛科莫的P-140C拖车	174
(七) AK5H抢险和牵引液压起重机	176
(八) 支腿自动调平装置	177
(九) 英国制造的锥形滚柱转盘	184
(十) 降低起重机的噪音	198
第六章 新材料	201
(一) 普遍应用高强度钢	201
(二) 铸尼龙(聚酰胺)滑轮	202
(三) 铸尼龙滑动垫块	203
(四) 碳纤维强化塑料(CFRP)	204
第七章 新的计算方法和新技术	207
(一) 用有限单元法研究桁架臂的压屈强度	207
(二) 电子式力矩限制器	223
第八章 事故的统计、分析和安全措施	231
(一) 事故的统计和分析	231
(二) 轮式起重机司机工作须知	234
参考资料	241

第一章 概 述

(一) 起重机的分类

起重机械的结构类型繁多，一般根据其结构特点及用途进行分类。国外把汽车式、轮胎式和履带式起重机划为自行式起重机一类。所谓自行式起重机，按照日本的定义是指在起重机上装有车轮或履带，不使用轨道而能在地面行驶的起重机。

按照我国的分类、汽车式、轮胎式、履带式起重机等属于工程起重机械。本书只论述汽车式和轮胎式起重机。这两种起重机国内又统称为“轮式起重机”。

(二) 汽车式和轮胎式起重机的区别

汽车式起重机和轮胎式起重机的区分，目前尚未有严格的规定，习惯上把装在通用或专用汽车底盘上的起重机称为汽车式起重机（简称汽车吊）；由一个专用的自行轮胎底盘组成的起重机称为轮胎式起重机（简称轮胎吊）。

小型汽车起重机（起重量 3 ~ 13 吨）一般采用通用汽车底盘；15吨以上的汽车起重机一般采用加强的专用汽车底盘，以满足起重机对车架强度、刚度等方面的特殊要求。

不论是汽车式起重机还是轮胎式起重机都是用途广泛的通用安装、装卸的起重机械。在构造、性能、用途等方面有很多相同之处（如都由起升、变幅、回转、吊臂伸缩（液压式）和行走等机构组成，采用支腿和充气轮胎等），但也有各自的优缺点和特定的使用场合。现将这两种起重机的主要区别列于表1-1中。

这里应当指出的是，表 1-1 所述只是一般的区分方法，并不是绝对准确的。六十年代末期以来，轮式起重机向大型方向发

汽车式起重机和轮胎式起重机的主要区别

表 1-1

序号	项 目	汽 车 式 起 重 机	轮 胎 式 起 重 机
1	底 盘	采用通用或专用汽车底盘	采用专用的自行轮胎底盘
2	发 动 机	40吨以上的汽车起重机一般都采用二台发动机, 上车发动机功率较小, 但也有一些公司装单发动机的(80吨以下)。中小型的起重机一般用汽车原有发动机	采用一台发动机, 并且一般都装在上车转台上
3	行驶速度	在好路面上的行驶速度, 绝大多数在 60 公里/小时以上。行驶速度高、转移方便是本机的最大特点	一般都在30公里/小时以下
4	起重性能	车身较长, 主要在两侧和后方可吊重作业(打支腿)。由于采用弹性悬挂, 一般都不能吊重行驶	轮距轴距配合较好, 多数能四面起吊重物。在平坦地面能吊重行驶是本机的最大特点
5	通 过 性	转弯半径大, 爬坡度数高, 一般在 $12^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 左右	转弯半径小, 爬坡度较低, 一般在 $8^{\circ} \sim 14^{\circ}$ (越野式除外)
6	司 机 室	除个别小型的起重机以外, 绝大多数采用两个司机室, 一个用于操纵行驶, 一个用于操纵起重作业	只有一个司机室, 一般设在上车转台上
7	支 腿	前支腿位在前桥后面	一般支腿都配置在前桥和后桥外侧
8	使用特点	可经常在较长距离的工地之间来回转移。起重和行驶并重, 一般可与汽车编队行驶	适于定点作业, 不宜经常长距离转移, 以起重作业为主, 行驶为辅, 不能与汽车编队行驶

展, 零部件通用化程度高, 特别是液压越野轮胎起重机在英国、美国、西德、法国大量出现以后, 就很难从行驶速度、司机室数量等项去严格加以区分了。西德人说: “汽车式和轮胎式的一般区分标准不再是唯一的正确的区分标准了”。因为目前越野轮胎起重机的行驶速度有的已经超过 70公里/小时, 司机室一般只有

一个，但也有两个的。又譬如国外有的厂家，如西德克鲁伯（Krupp）、美国克拉克（Clark）等生产的起重量80吨以下的汽车起重机都是采用单发动机的，这与中大型汽车起重机装二台发动机的习惯说法显然也是不相符了。

（三）自行动臂式起重机的发展过程

十九世纪末，世界上出现了铁路，一些工业比较发达的国家为了满足港口、码头等地吊装物资和其他装备的需要，对起重机提出了新的要求，十八世纪出现的人力驱动、低效率的固定式起重机便满足不了需要了，于是轨道式起重机开始得到了发展。

美国首先于1869年制成第一台40吨的蒸汽轨道起重机，接着1879年英国科尔斯（Coles）公司制成一台3.5吨蒸汽轨道式抓斗起重机（见图1-1），并于1902年和1917年分别制成电传动（动力由车顶上的架空电缆提供）和内燃机机械传动的轨道式起重机。随后，美国在1916~1918年期间开始生产履带式和硬橡胶实心轮胎的自行式起重机。英国于1922年开始制造以汽油机为动力的电传动的汽车起重机。尽管当时行走车轮是实心轮，但能脱离轨道自由行走，这可以说是发展过程中的一个重大飞跃。至于采用充气轮胎的轮式起重机，英国于1937年制成，行驶速度每小时

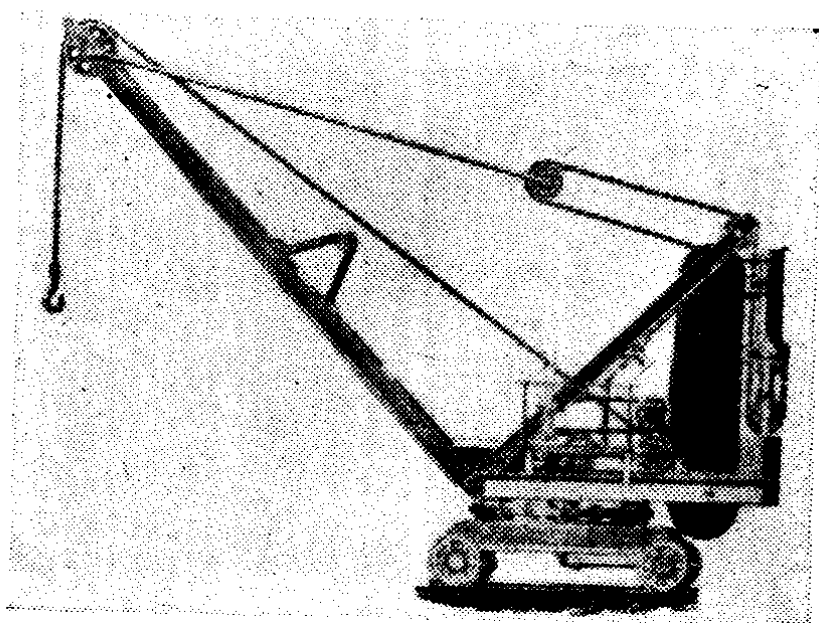


图 1-1 英国科尔斯公司 1879年制造的第一台轨道式起重机

为15.3公里。

德国于1918年制成第一批履带式起重机，1925~1927年开始制造实心轮的轮胎起重机。日本1953年开始生产三吨轮式起重机。我国生产轮式起重机的历史较短，1954年开始生产汽车式，1962年开始制造轮胎式。

从上看出，轮式起重机是从蒸汽轨道式起重机发展而来的，而英、美是世界上最早制成汽车式和轮胎式起重机的国家，迄今已约有六十年的历史。

如果把自行动臂式起重机的发展历史划分一下的话，则大致可分为下列五个阶段：

1. 原始萌芽阶段（1869~1915年）

这一阶段主要是采用蒸汽轨道起重机，它沿轨道行走，其上车的试制成功为后来发展自行轮式起重机创造了条件。

2. 脱轨并采用实心轮胎阶段（1916~1930年初）

这一阶段主要是行走部分采用履带和实心轮胎，起重机可以脱离轨道在陆地自由行走，这就极大地扩大了使用范围，但起重量在二吨以下。

3. 摸索发展阶段（1930~1945年）

这一阶段由于汽车工业发展的结果，起重机上采用了充气轮胎；传动方式绝大多数采用机械传动，只有少数采用电传动；吊臂多数是桁架式短吊臂，臂长一般不超过15米。如需装用较长吊臂，在公路上行驶时，须将吊臂拆下。至1945年，汽车式起重机的最大起重量为5吨。

4. 大量发展中小吨位起重机和开始采用液压传动阶段（1945~1965年）

第二次世界大战后，国外在恢复和建设，急需大量起重运输机械，因而机动灵活、使用简单、操纵方便、效率较高的中小型轮式起重机优先得到了大量发展，在港口、码头、林场、货站、工矿、企业、仓库、建筑工地以及军工部门得到了广泛应用，全世界有上百个厂家都在制造，品种繁多，起重吨位逐步增

大。1950年英国制造了世界上第一台20吨汽车式起重机，50年代中期它的最大起重量达到50吨。1962~1965年期间，英、美、西德等国在提高起重量上相继突破百吨大关，但当时大部分起重机仍采用机械传动或电传动。

虽然1948年美国密尔渥刻（Milwaukee）生产的第一台液压伸缩臂式起重机投入了市场，在技术上出现了一个重大的突破，但因当时液压元件质量不过关，而未能取得真正的进展。只是到了60年代中期，液压传动才被广泛地应用在小吨位的起重机上。

5. 液压化、大型化和提高性能阶段（1966~1979年）

60年代末期，特别是从70年代开始，由于大型石油化工、冶炼设备以及高层建筑吊装作业的迫切需要，对轮式起重机提出非常严格的要求。要求起重机的起重量要大，工作效率要高，行驶速度要快，越野性能要好等等。由于当时液压技术、电子工业、高强度钢材和汽车工业飞速发展，为满足上述要求提供了条件，因而促使轮式起重机向液压化、大型化、高效、安全、舒适、减轻自重等方面迅速发展，在起重量和性能上都取得了惊人的进展。现在，桁架臂半拖挂汽车起重机的最大起重量达到1000吨，主臂最大长度达到121米；轮胎起重机最大起重量达到500吨；液压伸缩臂汽车起重机的最大起重量达到200吨，250吨的也即将制出。

（四）各类轮式起重机的主要特点和使用范围

60年代末以前，轮式起重机主要包括汽车式（Truck crane）和轮胎式（Mobile crane or wheel crane）两类。70年代以后，为了满足用户的不同需要，又发展了具有各种不同特点的机型，如越野轮胎起重机，这就使得原来区分轮胎式与汽车式的概念不再适用。目前，国外比较一致的看法是按应用范围和吊臂型式来划分，这样，轮式起重机又可细分为下列五种，见表1-2。

各类轮式起重机的

项 目	吊臂形式 类 别	液压伸缩式吊臂(Hydraulic Telescoping)	
		工业 轮 胎 起 重 机 (Industrial crane)	汽 车 式 起 重 机 (Truck crane)
起重机外观		见图1-2	见图1-3
起重量范围(t)		5~35	16~200
传动形式		液压传动	液压传动
一般行驶速度 (km/h)		≤25	≥60
底盘形式		特制轮胎底盘	15吨以上采用专用底盘 13吨以下采用普通汽车底盘
结构特点		一般采用4×2底盘，前轮驱动，后轮转向，单司机室，一人操纵，外形尺寸小，转弯半径小，机动灵活，可吊重行驶。 缺点是行驶速度较低，爬坡能力差，不适于坏路面上工作。 司机室的布置方式有二：一是布置在回转中心的前方或后方的纵向中心线上；另一种是布置在回转中心的侧方，另一侧备有载货平台	除具有桁架臂汽车起重机的结构特点外，最大的优点是到现场后2~3分钟内即可投入工作，不必拆装吊臂，效率高。 缺点是投资费用较高，租费比同吨位桁架臂起重机高30%或30%以上。另外，由于吊臂结构重量比桁架臂重得多，因此起重性能一般比桁架臂起重机差
主要使用场所		工矿企业，仓库，港口，水库以及不要求长距离转移的工地，以装卸作业为主	军工部门，建筑工地，石油化工和工矿企业等

特点和使用范围

表 1-2

boom)	桁架式吊臂 (Lattice boom)	
越野轮胎起重机 (Rough terrian crane)	汽车式起重机 (Truck crane)	轮胎式起重机 (Mobile crane)
见图1-4	见图1-5	见图1-6
10~73	65~1000	25~500
液压传动	机械、电力、液压	机械、电力、液压
≥35	≥60	≤30
特制轮胎底盘	专用汽车底盘	特制轮胎底盘
结构紧凑，机动性和越野性好，一般4×4底盘，四轮驱动，四轮转向并可蟹行。具有液力变矩器和动力换挡变速箱，大部分采用刚性悬挂，行驶速度35~40公里/小时，个别也有80公里/小时以上的。由于本机行驶速度较高，爬坡能力好，转弯半径小，因而兼有汽车式和轮胎式的优点。 缺点：1)由于采用两桥结构和越野型单胎，轴荷往往过大，不宜发展大型；2)成本比同吨位汽车起重机高(指带弹性悬挂的起重机)	绝大多数采用二个司机室，具有弹性悬挂，行驶速度快，适于工地之间长距离转移。桁架臂受力情况较好，自重轻，必要时可接长吊臂，起重性能好，在起重量、起升高度方面比同吨位的液压汽车起重机大。 缺点：1)对于大吨位起重机，装卸吊臂费工费时，准备时间长。2)不能吊重行驶，由于车身较长只能两侧和后方作业。3)轴距较大，转弯半径大。本机价钱较低，租费较低	发动机、司机室布置在上车，轮距、轴距配置比较合适，可以四面作业，可以吊重行驶，某些型号还可附加工作装置，如抓斗、电磁吸盘等。发动机功率较小，可以减少作业班运转费用。 缺点：1)行驶速度低。2)行驶通过性较差。3)轴荷大、超宽。大型轮胎起重机外形尺寸大，移动不便，自重较大，需要多轴底盘，因而失去机动灵活的特点。 本类产品近十多年来发展十分缓慢，但派生一些新品种，如轮胎塔式起重机，集装箱轮胎起重机，高司机室港口轮胎起重机等
可在野外劣地或无路地区行驶，特别适用于军工部门，亦可用于现代化开挖的建筑工地等	工矿企业，建筑工地，石油化工，电站等。用来完成装卸和安装工作	在比较固定的场所工作，如港口码头，车站、仓库、货场、工地工矿企业等。用来完成装卸和安装工作

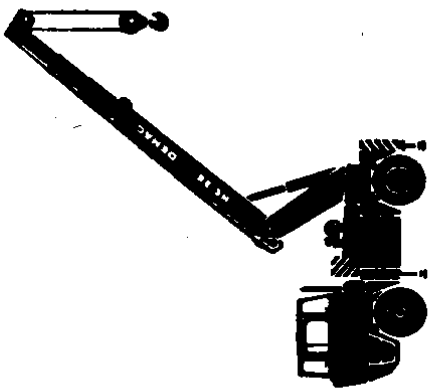


图 1-2 工业轮胎起重机

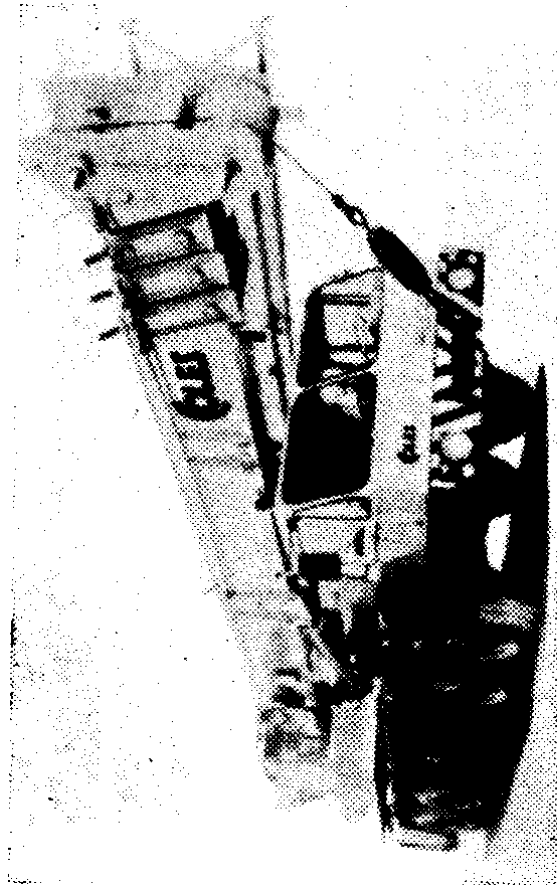


图 1-3 液压伸缩式吊臂汽车式起重机

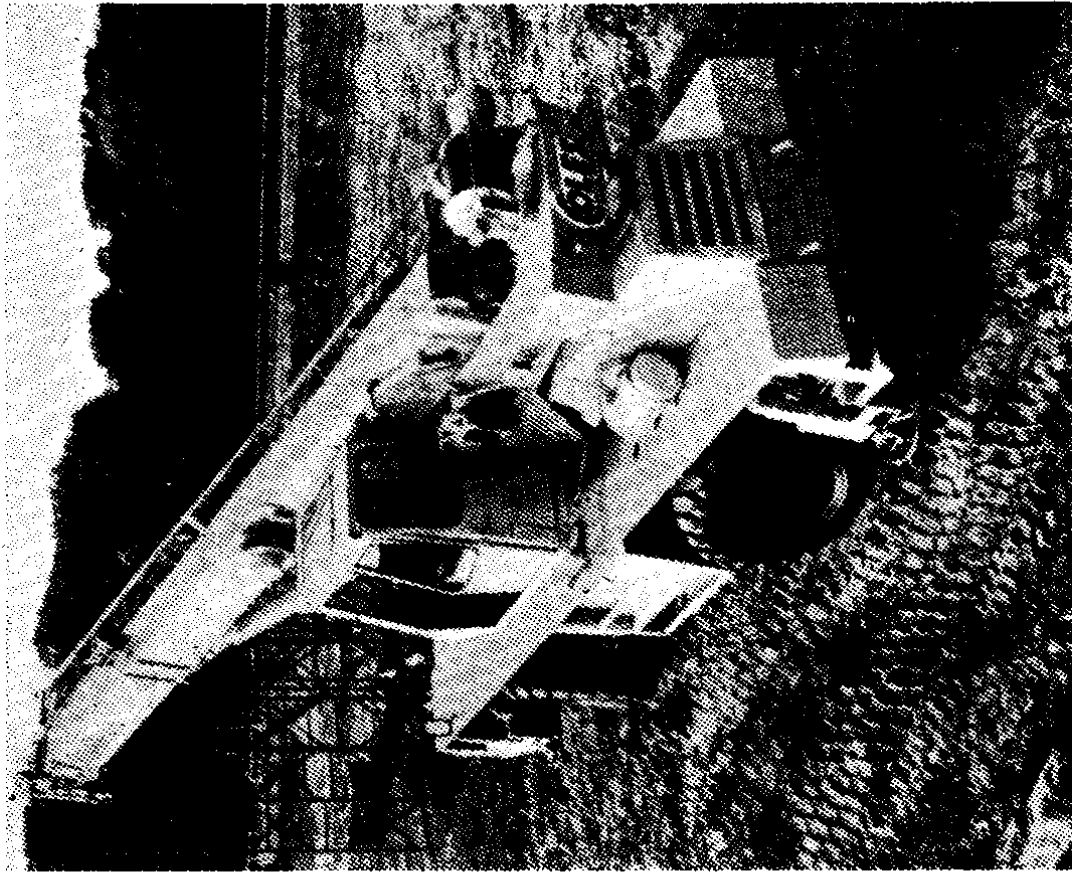


图 1-4 越野轮胎起重机

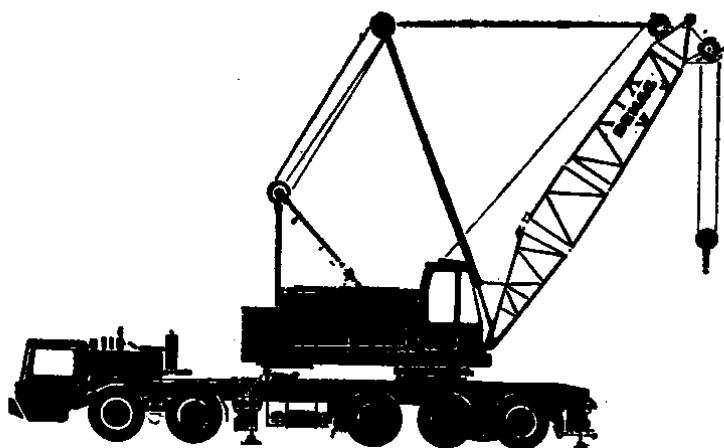


图 1-5 桁架式吊臂汽车式起重机

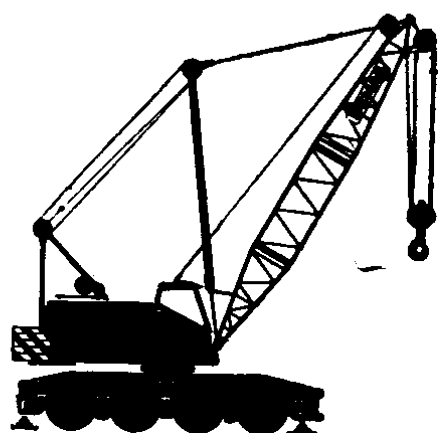


图 1-6 桁架式吊臂轮胎式起重机

(五) 轮式起重机的主要参数

轮式起重机的主要参数包括起重量、幅度（工作幅度和有效幅度）、起重力矩、吊臂长度、起升高度、工作速度、自重、发动机功率、爬坡度、最小转弯半径、外形尺寸、轴荷、支腿跨距等。这些参数说明起重机的工作性能和技术经济指标，是设计的技术依据，现分别叙述如下：

1. 起重量（ Q ）

在保持必要的安全系数和结构强度的前提下，起重机能够起吊的最大重物的重量习惯上都叫做起重量，单位是吨或公斤。外国厂商的起重量常常包括下滑轮组、吊钩和过载保护装置，而我国规定的轮式起重机的起重量则不包括吊钩、吊环之类吊具的重量，但包括抓斗、磁盘等的重量。日本把包括吊钩或抓斗等吊具的重量在内的起重量称为“总起重量”；把在各种吊臂长度、各种幅度下允许的最大起重量（包括吊钩、抓斗等吊具的重量）称为“额定总起重量”。此外，在日本自行式起重机标准中还引用了“稳定临界总起重量”这一术语。所谓“稳定临界总起重量”是指起重机处在“稳定临界状态”时的总起重量。这里的“稳定临界状态”是指起重机在坚硬平坦的地面上吊起重物时（重物已离开地面数厘米以上）但又不倾翻的状态。最大起重量是对应于吊

臂最小幅度的，随着幅度的增加，起重机的起重量则相应地减小。由于起重量是根据吊臂的强度和整机的稳定来决定的，所以轮式起重机的起重量是变化的。国外生产的起重机在最大额定起重量时的最小幅度太小，因此最大额定起重量并无实用价值，只是从一个方面来说明起重机的工作能力。目前国外许多国家对轮式起重机最大额定起重量时的最小幅度未有统一的规定，各个厂家也没有自己的严格的起重量系列，因此有利于产品的改型，充分挖掘某种起重机的潜力，不断提高起重机的起重量。

大型轮式起重机，为了扩大作业范围一般设有两套起升机构，起重量较大的称主起升机构或主钩，起重量较小的称为副起升机构或副钩。副钩的起重量比主钩小，约为主钩的 $1/5 \sim 1/3$ ，但副钩的起升速度较高。

起重机不带支腿工作时能提高它的机动性和生产效率，带支腿工作时可以增大起重量和提高稳定性。汽车式起重机不打支腿一般不能起重。轮胎式起重机不打支腿时的起重量，对于30吨以下的起重机来说，一般为打支腿时起重量的50%左右，对于30吨以上的起重机，则为30~40%。轮胎起重机吊重行驶时的起重量一般为使用支腿时的全周起重量的30~40%。

2. 幅度（工作幅度 R 和有效幅度 A ）

工作幅度是指由起重机回转中心线至吊钩中心线的水平距离，单位为米。它与吊臂长度和仰角有关。吊臂仰角一般为 0° 到 80° 。有时为了便于操作者站在地面就能接近吊臂顶端进行操作，可使吊臂处于 $-3^\circ \sim -4^\circ$ 的状态。但工作角度一般在 $30^\circ \sim 80^\circ$ 的范围内。为了反映起重机的实际工作能力，有时采用“有效幅度”这个概念。它是指在起重机吊臂侧置的工况下，由吊钩中心到侧向倾翻边缘的距离。轮式起重机倾翻边缘的含意为：（1）打支腿时从靠近吊钩一侧的支腿中心线算起；（2）不打支腿时从靠近吊钩一侧的单轮（或双轮）中心线算起。至于有效幅度的规定值，国外一般都规定得偏低，因为有效幅度过大就意味着最大起重量时的工作幅度较大，而起重作业时吊臂所受的力却大大

增加，这样势必引起吊臂的设计重量加大，结果在大幅度时的起重量急速下降。目前，国外起重量40吨以下的轮式起重机，其有效幅度通常为0.8~1.2米，而我国《汽车起重机及轮胎起重机基本参数系列（JB773—74）》标准中规定得大一些，不小于1~1.5米。大起重量的轮式起重机经常在大幅度下进行工作，因此有效幅度应力求规定得合适。

关于最大起重量时的最小幅度，国外都规定得很小，根据统计资料，绝大多数都在3~3.6米之间，其中3米的最多。如前所述，幅度太小没有实用价值，但它却带来了吊臂重量较轻以及在大中幅度时起重能力较大的优点。

3. 起重力矩（ M ）

轮式起重机的起重力矩是指起重量和相应该起重量的工作幅度的乘积，即 $M=Q \times R$ 。最大起重力矩是指最大额定起重量和相应工作幅度（一般是最小工作幅度）的乘积。虽然按起重力矩的大小比单纯按起重量能更为确切地比较同吨位起重机的起重能力，但是也必须考虑到下述情况：在幅度4米时起重量为15吨、起重力矩等于60吨·米的轮式起重机，在幅度15米时不能起吊4吨的重物。

4. 吊臂长度

吊臂长度是指吊臂根部销轴中心到吊臂顶部滑轮中心的距离。这一长度又叫计算长度，与结构长度有所不同。副臂长度是指副臂两端销子中心的距离。

由于目前国外对吊臂各部分的名称叫法不统一，译法也很混乱，为此特建议采用1978年“一机部汽车起重机和轮胎起重机技术条件编写工作组”提出的有关吊臂的统一名词术语（草案）。

主吊臂：与转台相铰接的吊臂称主吊臂，又称主臂。

副吊臂：铰接于主臂顶端，用以延长吊臂长度的吊臂称副吊臂，又称副臂。

基本臂：中间臂段全部拆除或伸缩臂段全部缩回的主臂，称为基本臂。

最长臂：中间臂段全部装上或伸缩臂段全部伸出的主臂称为