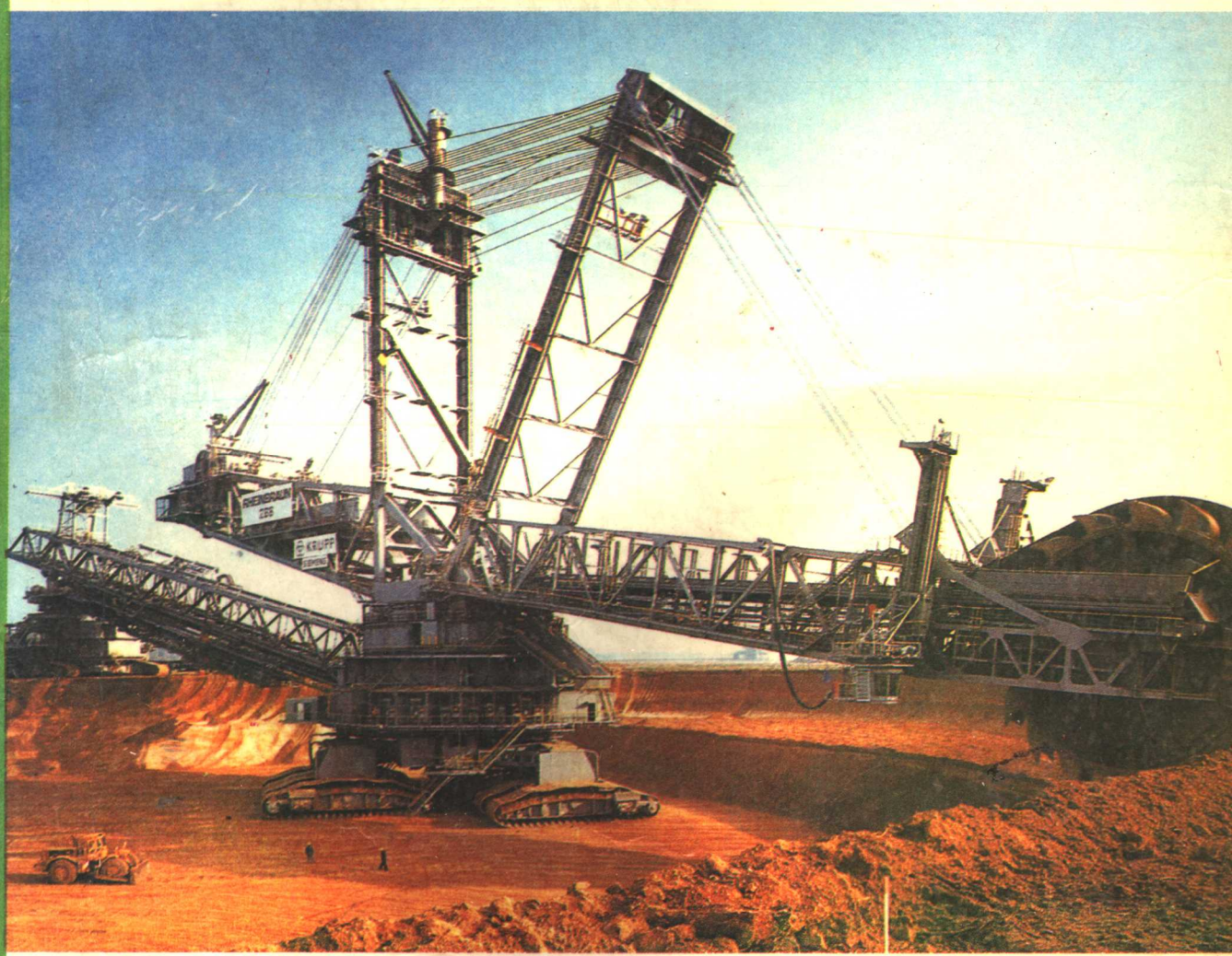


[德] W·Durst/W·Vogt 著

《斗轮挖掘机》翻译组译

斗轮挖掘机



天津科技翻译出版公司

斗 轮 挖 掘 机

德斯特 沃格特
〔德〕 W. Durst/W. Vogt 著
《斗轮挖掘机》翻译组 译

天津科技翻译出版公司

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了斗轮挖掘机的发展简况、结构类型、工作方式；并重点论述了斗轮挖掘机的主要部件：斗轮及驱动装置、物料输送装置——胶带输送机、回转装置、履带行走装置、电力装备、润滑系统、安全保护装置以及辅助设备等主要参数、具体结构和有关计算。

本书还列举了大量的实例说明斗轮挖掘机不仅可广泛用于露天煤矿，而且也适用于金属、非金属矿山以及开挖运河、修筑水坝等大型土方工程。

书后还附有我国斗轮挖掘机连续开采工艺及成套设备在云南省小龙潭煤矿的应用简况。

本书实用性强，可供从事上述专业的设计、制造、科研、教学人员以及现场操作、维修和管理人员学习、使用与参考。

责任编辑 李丕章、王松园

张毓青

津新登字(90)010号

斗轮挖掘机

[德]W. Durst/W. Vogt 著

《斗轮挖掘机》翻译组译

天津科技翻译出版公司出版

邮政编码 300191

太阳商务有限公司图文处理部排版

霸州市印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

1992年8月第一版 1992年8月第一次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 28.5

字数 660千 印数 1—1200

ISBN 7-5433-0384-1/TB.16

定价：39元

译 者 的 话

本书是根据原西德特兰斯出版社 1988 年出版的《斗轮挖掘机》一书翻译的,最初只是作为翻译资料并没打算出版,但在翻译过程中发现,该书在特兰斯出版社 1973 年出版的拉斯佩尔(L. Rasper)所著的同名著作的基础上做了大量的修改,增加了许多新的内容,对 1973 年以来斗轮挖掘机领域技术上的最新发展和应用做了进一步全面的阐述。是现已发行的关于斗轮挖掘机专业书籍的最新著作。考虑到该专业的书籍甚少,为适应我国大力发展露天采矿的需要,我们翻译出版了这本书。

为介绍我国斗轮挖掘机的发展和应用情况,我们请小龙潭煤矿陈泽民、郑勇二位同志写了“我国斗轮挖掘机连续开采工艺及成套设备在云南省小龙潭煤矿的应用”一文附在书后。

由于我们水平所限,不妥之处在所难免,恳请读者指正。

本书由天津工程机械研究所徐长和、戴启东、章嘉林、王辉、寿晏清、耿跃海、顾利雅、宗跃、杨懋伦、倪建合、江创华、徐胜同、马玲朵译校,全书由徐长和、戴启东审校。

目 录

1	概述	(1)
1.1	斗轮挖掘机的发展史	(1)
1.1.1	斗轮挖掘机的早期发展	(2)
1.1.2	斗轮挖掘机的实际应用	(6)
1.2	斗轮挖掘机的应用范围	(23)
1.2.1	斗轮挖掘机在露天矿中的应用	(23)
1.2.2	斗轮挖掘机在大型土方工程中的应用	(23)
1.3	斗轮挖掘机质量的定义	(24)
1.3.1	结构质量 M_c	(25)
1.3.2	服务质量 M_{serv}	(25)
1.3.3	工作质量 M_{oper}	(25)
1.4	斗轮挖掘机的有关标准	(25)
	参考文献	
2	斗轮挖掘机的工作原理	(29)
2.1	斗轮臂可伸缩的斗轮挖掘机	(31)
2.1.1	基本结构	(31)
2.1.2	工作方式	(35)
2.1.3	生产能力	(36)
2.2	斗轮臂不可伸缩的斗轮挖掘机	(36)
2.2.1	基本结构	(37)
2.2.2	工作方式	(37)
2.2.2.1	简述	(37)
2.2.2.2	垂直切削	(40)
2.2.2.3	水平切削	(42)
2.2.2.4	下挖	(43)
2.2.2.5	选采	(44)
2.2.2.6	工作范围	(45)
2.2.3	生产能力	(50)
	参考文献	
3	斗轮挖掘机的挖掘与输送部件	(53)
3.1	斗轮及斗轮驱动装置	(53)
3.1.1	有格式斗轮	(53)
3.1.2	半格式斗轮	(53)
3.1.3	无格式斗轮	(56)

3.1.4	斗轮及斗轮驱动装置的结构	(56)
3.1.4.1	铲斗	(56)
3.1.4.2	斗轮体	(61)
3.1.4.3	斗轮轴及其支承	(69)
3.1.4.4	斗轮减速器	(75)
3.1.4.5	驱动电机	(78)
3.1.4.6	过载离合器	(78)
3.2	斗轮从工作面采掘物料	(79)
3.2.1	斗轮相对采掘工作面的位置——切削曲线	(80)
3.2.2	铲斗形状	(87)
3.2.3	铲斗的切削速度	(92)
3.2.4	物料的切削阻力——斗轮上的有效切削力	(94)
3.2.5	物料中的夹杂物	(101)
3.2.6	生产能力	(101)
3.2.7	斗轮在斗轮臂上的布置(自由切削角)	(107)
3.3	输送路线	(108)
3.3.1	转载点	(108)
3.3.1.1	半格式和无格式斗轮上的转载点——卸料槽和卸料板	(108)
3.3.1.2	不带卸料板的转载点	(112)
3.3.1.3	回转中心处的转载点	(112)
3.3.2	胶带输送机	(117)
3.3.2.1	胶带的输送断面	(117)
3.3.2.2	胶带的输送速度	(118)
3.3.2.3	胶带布置	(122)
3.3.2.4	滚筒	(124)
3.3.2.5	承载托棍	(126)
3.3.2.6	输送能力	(128)
3.3.2.7	运行阻力	(129)
3.3.2.8	驱动功率和胶带张力	(131)
3.3.2.9	胶带结构	(133)
3.3.2.10	张紧装置	(133)
3.3.2.11	胶带的对中装置	(134)
3.3.2.12	胶带的清扫装置	(134)
3.3.2.13	挡料板	(137)
3.3.2.14	胶带输送机的支承结构	(137)
3.3.3	清扫胶带和链式刮板输送机	(137)
3.3.3.1	清扫胶带	(137)
3.3.3.2	链式刮板输送机	(137)
3.3.4	落料溜槽	(138)

3.3.5	胶带输送机参数	(139)
	参考文献	
4	斗轮挖掘机的控位(行走、回转及变幅)装置	(143)
4.1	简述	(143)
4.2	行走装置	(143)
4.2.1	液压步行装置	(143)
4.2.2	轨道式行走装置	(145)
4.2.3	履带行走装置	(145)
4.2.3.1	履带行走装置的类型	(149)
4.2.3.2	三履带行走装置的设计	(154)
4.2.3.3	履带行走装置的组成	(157)
4.2.3.4	行走阻力	(158)
4.2.3.5	在不平地面上行走	(164)
4.2.3.6	作用在履带行走装置上的力	(170)
4.2.3.7	力的传递	(177)
4.2.3.8	行走驱动装置	(193)
4.2.3.9	履带的失速	(198)
4.2.3.10	履带行走装置修理过程中需要采取的措施	(198)
4.3	回转装置	(198)
4.3.1	回转支承	(199)
4.3.1.1	滚球回转支承	(199)
4.3.1.2	圆锥滚子回转支承	(210)
4.3.1.3	特殊回转支承	(211)
4.3.1.4	液压油缸滚轮回转支承	(212)
4.3.2	回转驱动装置	(213)
4.3.2.1	回转驱动装置上的作用力	(213)
4.3.2.2	回转驱动装置的形式	(216)
4.4	变幅系统	(221)
4.4.1	变幅系统的形式	(221)
4.4.1.1	液压油缸变幅	(221)
4.4.1.2	钢丝绳变幅卷扬机	(222)
4.4.2	变幅系统和卷扬滚筒上的作用力	(228)
4.4.3	安全措施	(229)
4.4.4	其它装置的钢丝绳变幅系统	(229)
4.4.4.1	卸料臂的钢丝绳变幅机构	(229)
4.4.4.2	司机室升降机构	(232)
4.5	斗轮臂的伸缩装置	(232)
	参考文献	

5	斗轮挖掘机的润滑系统	(235)
5.1	稀油润滑	(235)
5.1.1	浸油润滑	(235)
5.1.2	飞溅润滑	(236)
5.1.3	无压循环润滑	(236)
5.1.4	稀油强制润滑	(237)
5.2	油脂润滑	(238)
5.3	润滑注意事项	(240)
6	斗轮挖掘机的钢结构	(241)
6.1	支承结构	(241)
6.1.1	载荷种类和许用应力	(246)
6.1.2	支承结构的设计方法	(247)
6.2	辅助结构	(249)
6.2.1	机器通道	(249)
6.2.2	检修平台	(249)
6.2.3	输送路线上的转载点	(249)
6.2.4	防护罩和顶棚	(250)
6.3	机房	(251)
6.4	防腐措施	(252)
	参考文献	
7	斗轮挖掘机的稳定性	(254)
	参考文献	
8	斗轮挖掘机的安全保护装置	(259)
8.1	减速器过载保护装置	(259)
8.1.1	斗轮过载保护装置	(259)
8.1.1.1	机械保护装置	(259)
8.1.1.2	液力偶合器	(259)
8.1.1.3	磁粉离合器	(261)
8.1.1.4	扭矩平衡器	(262)
8.1.2	回转减速器的过载离合器	(262)
8.2	碰撞保护装置	(262)
8.3	外载荷过载保护	(266)
8.4	联锁	(266)
8.5	急停开关	(266)

9	斗轮挖掘机的电力装备	(268)
9.1	自备电力装置	(268)
9.2	供电系统	(268)
9.2.1	供电方式	(268)
9.2.1.1	悬挂电缆	(270)
9.2.1.2	电缆卷筒	(271)
9.2.1.3	集电环	(273)
9.2.1.4	电缆的环形布置	(275)
9.2.2	配电装置	(275)
9.2.2.1	开关柜	(275)
9.2.2.2	变压器	(277)
9.2.2.3	集电环	(277)
9.2.2.4	电缆的环形布置	(278)
9.2.3	电力驱动	(279)
9.2.3.1	行走电力驱动	(279)
9.2.3.2	回转电力驱动	(281)
9.2.3.3	变幅电力驱动	(282)
9.2.3.4	斗轮电力驱动	(283)
9.2.4	控制与报警系统	(285)
9.2.5	安全保护装置	(286)
9.2.6	通讯设备与信号传输	(287)
9.2.7	采掘工作的自动化	(287)
9.2.8	司机室操作台	(290)
9.2.9	维修设备	(291)
10	斗轮挖掘机的辅助设备	(293)
10.1	拆装设备	(293)
10.2	备用发电设备	(294)
10.3	空气压缩机	(296)
10.4	灭火装置	(296)
10.5	硫化设备	(297)
10.6	照明设备	(297)
10.7	焊接设备	(298)
10.8	风速测量仪	(298)
10.9	倾斜仪	(298)
11	露天开采设备	(300)
11.1	简述	(300)
11.2	物料的采掘	(300)

11.3	物料的输送	(309)
11.4	物料的排弃	(314)
	参考文献	
12	采用斗轮挖掘机开发的露天矿矿区的开采、疏干和重建	(318)
12.1	矿区开发步骤及其原则	(318)
12.2	地质勘测的意义	(321)
12.3	疏干	(323)
12.3.1	地表水的疏干	(324)
12.3.2	疏干井	(325)
12.3.3	帘栅墙	(326)
12.3.4	真空疏干、横向排水井	(327)
12.4	矿区重建	(327)
12.4.1	莱茵褐煤矿区的重建	(328)
12.4.2	瑞典兰斯特德(Ranstad)露天铀矿的矿区重建	(331)
12.4.3	艾伯特(Alberta)油砂露天矿矿区重建的可行性研究	(332)
	参考文献	
13	采用斗轮挖掘机开采的露天矿	(337)
13.1	汉巴赫(Hambach)褐煤露天矿	(337)
13.1.1	矿山的设计、规划和重建	(337)
13.2	印度南部奈维利(Neyveli)褐煤露天矿	(342)
13.2.1	矿区现状及发展过程	(343)
13.2.2	矿区的扩建	(348)
13.2.3	水文条件和排水	(348)
13.2.4	采矿设备	(351)
13.2.5	覆盖层的松动爆破	(355)
13.3	古恩耶勒(Goonyella)露天煤矿	(356)
13.3.1	矿区地质条件	(356)
13.3.2	矿区规划简述	(356)
13.3.3	采掘设备的设计	(358)
13.4	土耳其埃耳比斯坦(Elbistan)褐煤露天矿	(358)
13.4.1	矿区现状及发展过程	(358)
13.4.2	矿区地质和水文条件	(361)
13.4.3	露天开采设备	(362)
13.4.4	矿区规划	(367)
13.4.5	硬岩的处理	(367)
13.5	希腊北部普托利迈斯(Ptolemais)褐煤矿区中的卡尔迪(Kardia)露天矿	(368)

13.5.1	简述	(368)
13.5.2	露天开采设备	(369)
13.6	希腊南部的梅加洛波利斯(Megalopolis)褐煤矿区	(372)
13.6.1	矿区现状及发展过程	(372)
13.6.2	矿区地质条件	(373)
13.6.3	若克里亚(Thoknia)和科列米(Khoremi)矿的开采设备	(374)
13.7	印度尼西亚武吉阿桑(Bukit Asam)露天煤矿	(376)
13.7.1	简述	(376)
13.7.2	矿区地质条件	(376)
13.7.3	矿区开采规划	(378)
13.7.4	采掘设备和胶带输送机	(381)
13.8	澳大利亚拉特罗布河流域(Latrobe Valley)的劳阳(Loy Yang)褐煤 露天矿	(383)
13.8.1	简述	(383)
13.8.2	矿区的地质条件	(383)
13.8.3	开采设备及采掘工艺	(385)
	参考文献	
14	斗轮挖掘机应用简介	(391)
14.1	用于直接卸料的具有长卸料臂的斗轮挖掘机	(391)
14.2	与排土机配合用于直接卸料的斗轮挖掘机	(392)
14.2.1	多哥的磷酸盐露天矿	(392)
14.2.2	德克萨斯州贝格布隆(Big Brown)褐煤露天矿	(395)
14.3	纳米比亚金刚石露天矿采用斗轮挖掘机与输送桥、排土机配合作业进 行内排	(396)
14.4	斗轮挖掘机直接与输送桥、排土机配合开挖运河	(399)
附： 我国斗轮挖掘机连续开采工艺及成套设备在云南省小龙潭煤矿的应用		(405)

1 概述

近年来由于露天矿的产量不断增加,不仅使采矿设备日趋大型化,而且生产能力也越来越高。由于大型露天矿服务年限一般都在 20 年以上,因此,采矿设备应适应矿山的主要特定情况,以利于降低采矿成本。发展大型采矿设备有不同方式,这主要取决于设备所在工作面的工作条件。

采掘埋藏层浅的矿物,在美国优先发展间断采掘设备。因此,不但大型拉铲挖掘机其斗容达 170m^3 ,臂长达 100m ,而且大功率的单斗挖掘机斗容已达 114m^3 。

间断采掘设备常采用内排工艺,即设备将采掘的表层物料直接排入采空区(见第 11.2 节)。

然而选采深处岩层中的矿物,采用内排工艺是不经济的,因为必须将表层覆盖物输送到远处,并通过排土机将覆盖物排到采空区。在欧洲大部分露天矿,链斗挖掘机和斗轮挖掘机的应用已得到发展。目前斗轮挖掘机已成为最常用的采掘设备。

最大的斗轮挖掘机已发展到日产 240000m^3 ,并在世界上最大的露天矿(莱茵褐煤露天矿,图 1.1)获得了成功的应用。该机生产能力、外形尺寸和服务质量都是世界上最大的。

图 1.2 所示,为 1933 年制造的斗轮挖掘机和现在正在应用的世界上最大的斗轮挖掘机两者参数的对比。

目前,理论生产能力从 $200\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 到 $20000\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 的斗轮挖掘机在露天矿的应用获得了良好的效果。此外,在其它输送大量物料的施工中,其应用也相当成功。如混料堆置场、储料场、筑坝和运河工程。

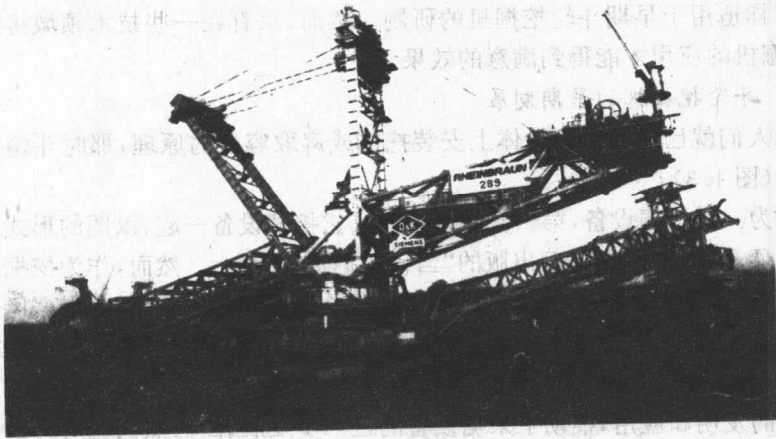
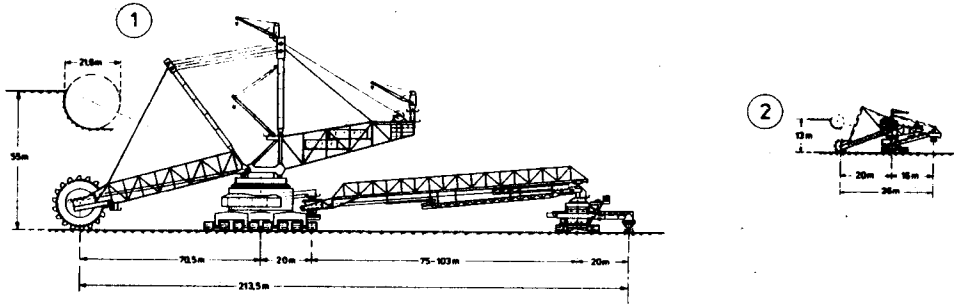


图 1.1 带输送桥和转载机的 SchRS $\frac{6600}{17} \times 51$ 型斗轮挖掘机

1.1 斗轮挖掘机的发展史

在技术发展方面,理论研究常常先于实际应用。在产品的设计完成后,制造的第一台设备即样机存在一些问题,要对其部件进行修改时,应以早期的研究成果作为基础,来确定改



主要参数对比

制造年代	1933	1979			
斗轮直径(m)	5.0	21.6	服务质量(t)	352	13265
斗轮驱动功率(kW)	74	3360	理论生产能力($m^3 \cdot s^{-1}$)	0.21	5.28
装机总功率(kW)	300	16900	理论生产能力($m^3 \cdot h^{-1}$)	756	19000

图 1.2 两种斗轮挖掘机的尺寸对比

进设计的原则。然后再通过几年运行试验的逐步改进,这样就形成了较完善的最终产品。这种方法也同样适用于早期斗轮挖掘机的研制。然而,只有在一些技术领域得到一定发展以后,斗轮挖掘机的应用才能得到满意的效果。

1.1.1 斗轮挖掘机的早期发展

在古代人们就已经知道在轮体上安装挖掘或取容器的原理,那时斗轮是靠人力或畜力来驱动的(图 1.3)。

斗轮作为一种挖掘设备,第一次出现是与其它挖掘设备一起,以图的形式发表在列欧那德·达芬奇(Leonardo da Vinci)出版的“当代挖掘机”文献上。然而,作为挖掘设备第一次在德国实际应用是挖掘威悉(Weser)河。其斗轮直径为 12m,驱动装置是根据风力粉碎机的基本原理设计的,设计者派耳蒂尔(Peltier)是挖掘机的权威。后来,在 1836 年由吕贝克(Lübeck)废料处理厂对该机斗轮进行了重新设计。

蒸汽机的发明和应用,推动了采掘设备的进一步发展。因为蒸汽机可为设备的运转连续不断地提供机械能。

早在 1834 年,W·S·欧蒂斯(W. S. Ottis)首次将蒸汽机用于挖掘机,该挖掘机是为修建巴尔的摩—俄亥俄(Baltimore & Ohio)铁路而制造的。

连续作业蒸汽驱动的链斗挖掘机起源于欧洲,首次用于修建从塞丹(Sedan)到蒂翁维尔(Thionville)的铁路。该机是在古富雷(Couvreux)和康贝(Combe)的专利基础上,由卫菲尔(Weyer)和里士满(Richmond)工厂制造的。从 1863 年到 1868 年开挖苏伊士(Suez)运河时,

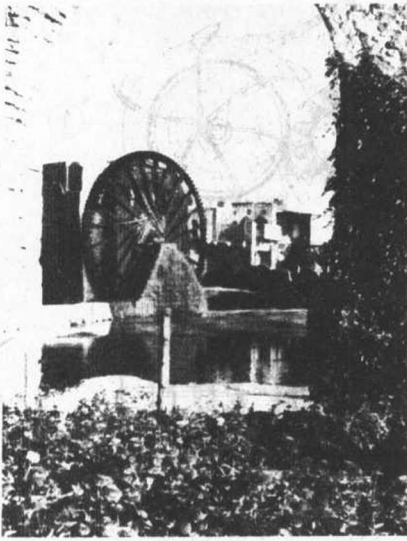


图 1.3 水车灌溉系统

采用古富雷专利技术制造了七台挖掘机,剥离量为 $6 \times 10^6 \text{m}^3$ 。

1881 年美国工程师试图研制一台斗轮挖掘机。然而,只获得了初步的成功。1870 年小型轮式挖掘机在美国的应用,推动了对 1881 年所制造的斗轮挖掘机的改进。

1881 年 6 月 7 日查尔斯·A·史密斯(Charles A. Smith)获得了美国第 242.484 号关于剥离挖掘机的专利。专利包括成功制造和使用斗轮挖掘机所需的全部资料,但该专利一直没有实际应用(图 1.4)。专利介绍了两个独立自由切削的斗轮,位于胶带输送机两侧,从侧面将物料卸到胶带上。斗轮和胶带输送机能够升、降和回转。斗轮挖掘机可在轨道上行走。

1883 年 10 月 30 日明尼苏达州圣保罗市的沃尔特·S·摩尔顿(Walter S. Morton)获得的美国第 287.563 号专利,也全面地介绍了斗轮挖掘机。然而,物料如何从斗轮卸到紧挨着斗轮后部并位于斗轮中心线上的胶带输送机上的问题还没能解决(图 1.5)。

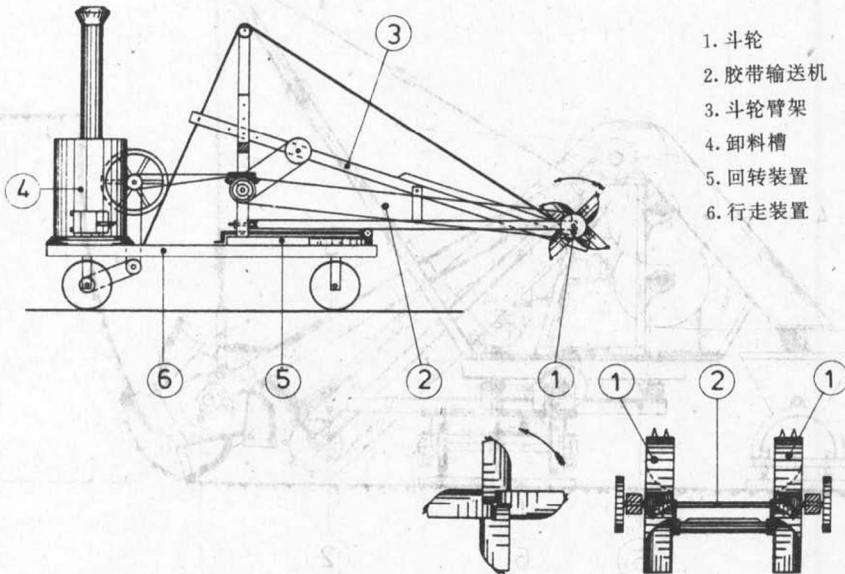
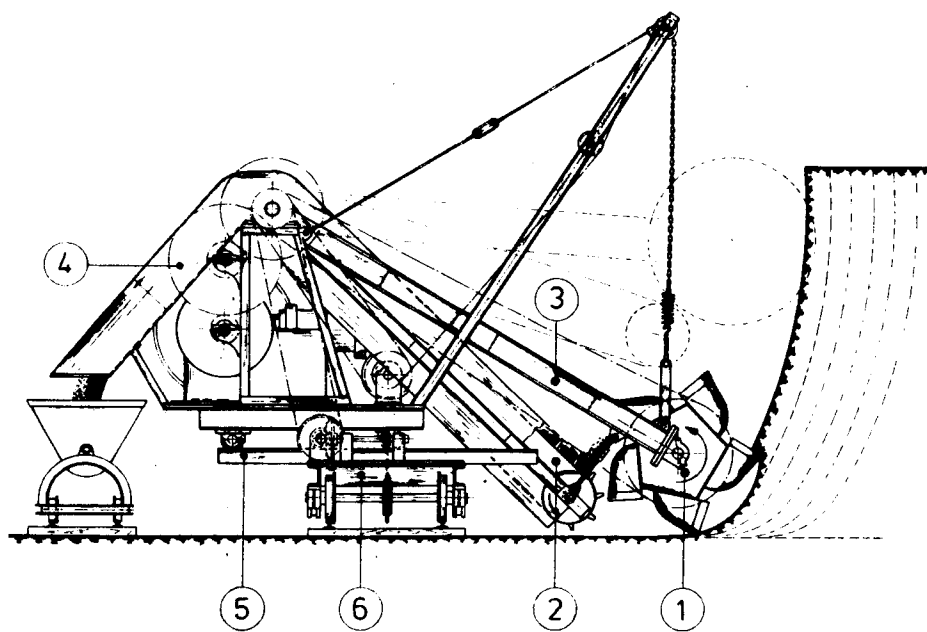
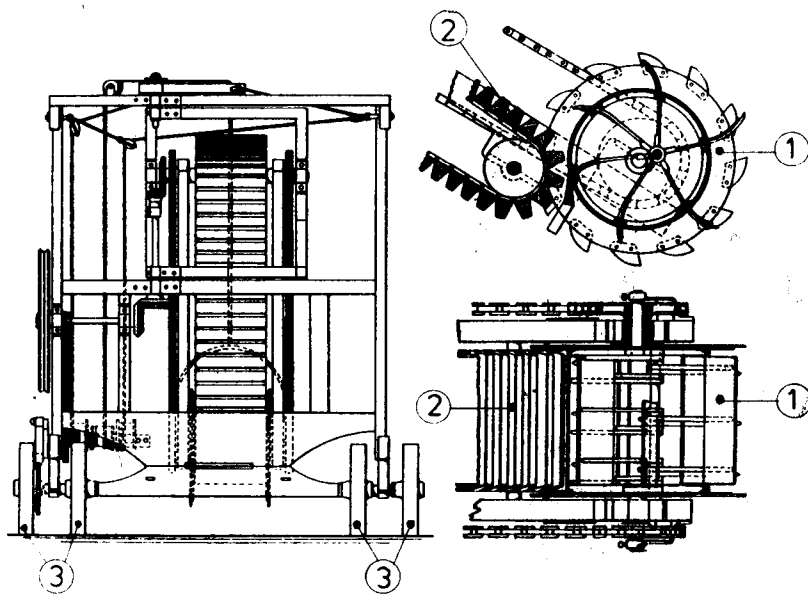


图 1.4 查尔斯·A·史密斯获得的美国第 242.484 号专利



1. 斗轮 2. 胶带输送机 3. 斗轮臂架 4. 卸料槽 5. 卸料装置 6. 行走底座

图1.6 罗伯特·葛洛哥内尔获得的法国第387.493号专利

1895年1月29日新泽西州的阿贝特·娄勒(Albert Roll)获得了美国第533.376号专利,该专利提供了一个相对胶带输送机横向布置的斗轮。

1906年7月27日S·J·路德(S. J. Loyd)和A·R·葛罗史密斯(A. R. Grossmith)获得的德国DRP第192.425号专利是欧洲最早的专利。该专利介绍了斗轮布置在链斗前面的结构。然而,这个方案在技术上没能实现,因为现有设备已表明,只靠链斗已能获得满意的挖掘量。

1908年5月6日柏林的罗伯特·葛洛哥内尔(Robert Glogner)获得了法国第387.493号专利(他在英国也拥有这个专利),其内容介绍了斗轮如何将其挖掘的物料卸到位于紧挨着斗轮中心后部的胶带输送机上。然而,这个专利对摩尔顿的专利设想(图1.6)并没有什么发展。其斗轮和胶带输送机不仅可以升、降和回转,而且也能伸缩,以便可以调整斗轮的挖掘深度。该斗轮挖掘机专利设计上采用蒸汽机驱动。

1913年3月2日法国蒙特贝哈特的乔治·欧根·奥古斯特·施万德尔(George Eugene Auguste Schwader)所获得的德国DRP第272.118号专利,通过铲斗下面的溜槽,克服了从斗轮向胶带输送机上输送物料的难题,物料可通过溜槽滑到安装在斗轮侧面的胶带输送机上(图1.7)。

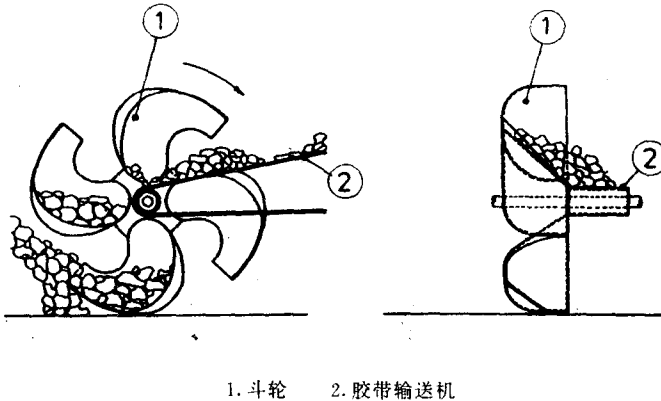


图1.7 乔治·欧根·奥古斯特·施万德尔获得的德国第272.118号专利

该专利后来为研究散料搬运的莱比锡ATG(Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft)通用运输设备公司所有,并一直保持到1936年。在C·A·史密斯的专利中,斗轮挖掘机的基本结构已经形成。并通过施万德尔的发明最后转化成实际工作的设备。这些专利申请授予年代是19世纪后期,研究物料搬运的工程师们认为需要一种机械来满足挖掘各种物料的要求,其生产能力是现有设备所达不到的。

然而,斗轮挖掘机在第一次作为商品投入实际应用之前,还有许多问题要解决,其中包括输送机胶带和驱动问题。

1884年布埃特(Biette)和雷布隆(Le Brun)对开挖运河挖掘机的卸料胶带采用印度橡胶制成,其宽度为1m,并具有30mm侧帮的槽形胶带[2]。

1900年在巴黎展览会上,展出了表面由橡胶覆盖的毛织胶带,其胶带输送机两滚筒间

距为 150m。

纽约罗宾士(Robbins)输送带公司,最早采用了麻织或巴林塔树胶为衬的橡胶胶带,用来输送较重的物料,如砂或煤。

20 年代初,由于科学技术的发展,为胶带接头的制作和面胶损坏的修复提供了成功的方法。

1.1.2 斗轮挖掘机的实际应用

第一次世界大战以后,德国大量开发褐煤资源。

第一台轨道式斗轮挖掘机是由科隆卡尔克区洪堡机械制造厂(Maschinenbau—Anstalt Humboldt, Köln—Kalk)生产的。1916 年在德国比特费尔德(Bitterfeld)附近的贝格威茨(Bergwitz)褐煤露天矿投入使用,用来挖掘轨道水平以上的物料(切削高度见图 1.8)。该机是参考链斗挖掘机设计的。

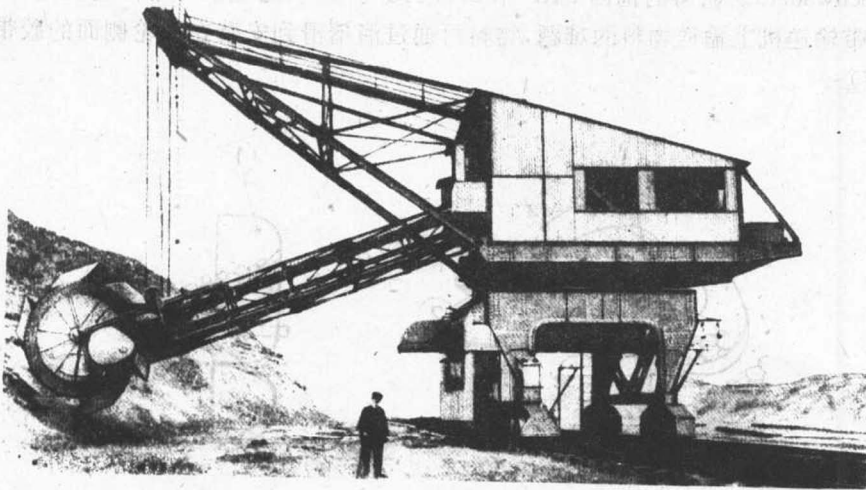


图 1.8 第一台轨道式斗轮挖掘机于 1916 年在比特费尔德附近的贝格威茨露天矿第一次投入使用

斗轮安装在可回转的上部结构上,能够实现上下变幅,作业时可挖正面和侧面的台阶。但是,这台斗轮挖掘机使用情况并不理想。于 1923 年报废,从而停止了使用。那时,贝格威茨露天矿对挖掘硬的物料还没有经验。

保存在洪堡机械制造厂文献中的一个技术发展报告介绍了从 1896 年至 1914 年采掘设备的发展成就,并介绍了反铲和链斗挖掘机,其制造是从 1910 年开始。而新型设备——斗轮挖掘机制造比反铲和链斗挖掘机要稍晚些。斗轮挖掘机是一种新型的输送能力很大的专用设备。其上部结构可以回转,斗轮臂架还具有一个可调整的伸缩臂,使斗轮调整的距离可达 10m。斗轮挖掘的物料输送到输送机胶带上,然后通过卸料漏斗卸到设在轨道上的矿车里(图 1.9)。

1919 年以后,生产了第一台履带行走的自动铲斗机(Autoschaufler),并在其中部装有柴油发动机。该机只能挖取堆放的物料。