

中等专业学校规划教材

建井机械

余时仲 主编

煤炭工业出版社

中等专业学校规划教材

建井机械

余时仲 主编

煤炭工业出版社

802191

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书是煤矿中等专业学校煤矿建井专业《建井机械》课程教材。本书全面、系统地论述了建井机械的理论基础知识,常用建井机械的结构、工作原理、适用条件、管理知识及重点设备的选型计算方法。其主要内容包括:液压传动理论基础知识(含流体力学理论基础知识)论述;液压元件的结构、工作原理、适用条件和液压系统介绍;立井凿井专用设备,平、斜巷施工设备,排水、压气、运输等设备的结构、工作原理、适用条件介绍;提绞、排水、压气设备的选型计算方法等。

本书引用了最新技术标准及技术资料,适用性强。本书为煤矿中等专业学校建井专业教材,还可作为职业培训教学用书,也可供有关大专教学和技术人员参考。

中等专业学校规划教材

建 井 机 械

余 时 仲 主 编

责任编辑:刘 永 清

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092\text{mm}^1/1$, 印张 $21^1/2$ 。

字数 505 千字 印数 1—2,570

1995年5月第1版 1995年5月第1次印刷

ISBN 7-5020-1082-3/TD4

书号 3850 B0151 定价 11.90元

前 言

《建井机械》在1980年由煤炭部教育司确定为一门学科，经过10年的教学实践，初步形成了比较系统、比较完整、实用性较强的教学体系。本书是在煤炭工业部科教司教材编审室的主持下，根据原中国统配煤矿总公司教育局1989年6月颁布的《煤炭中等专业学校煤矿建井专业教学计划》和《建井机械教学大纲》编写的，是《建井机械》课程的第一本专用教材。

本书在编写中力求做到适应煤炭工业改革开放的形势，尽力在思想性、先进性、科学性上满足煤炭建设的需要，紧紧抓住中专教材的特色，切实贯彻“少而精”的原则，加大基础知识、基础理论、基本技能的培养力度，特别注意了教给学生运用理论知识解决现场实际问题的方法和要领。

本书由重庆煤炭工业学校余时仲编写绪论、第一、二、三章，大同煤炭工业学校贾官杰编写第四、八章，抚顺煤炭工业学校李洪信编写第五、九、十章，山西省煤炭工业学校尹成迅编写第六、七章。余时仲担任主编，初稿经全国煤炭中专矿机教材编审委员会委员、重庆煤炭工业学校马新民、抚顺煤炭工业学校钟光耀、泰安煤炭工业学校陈维健审查。专此致谢。

由于编者水平有限和客观条件限制，疏漏、错误在所难免，敬请读者指正。

编 者

1993年9月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 液压传动基础知识

第一章 液压传动概述	3
第一节 液压传动的基本概念	3
第二节 液压油	12
思考题与习题	22
第二章 液压传动的理论基础	24
第一节 流体静力学	24
第二节 流体动力学	34
第三节 流体流动中的阻力损失	47
第四节 液压冲击和气穴现象	51
思考题与习题	51
第三章 液压元件与液压系统	53
第一节 液压泵	53
第二节 液压马达	65
第三节 液压缸	70
第四节 液压控制阀	75
第五节 辅助元件	86
第六节 液压传动基本回路	95
思考题与习题	99

第二篇 井巷施工机械

第四章 立井凿岩钻架	100
第一节 伞形钻架	100
第二节 环形钻架	113
思考题与习题	121
第五章 抓岩机	123
第一节 NZQ ₂ -0.11型抓岩机和气动大抓斗	123
第二节 靠壁式抓岩机	129
第三节 环形轨道式抓岩机	136
第四节 中心回转式抓岩机	143
第五节 长绳悬吊式抓岩机	149
第六节 抓岩机的生产率	153
思考题与习题	154
第六章 巷道施工机械	156

第一节 凿岩钻车	156
第二节 铲斗式装岩机	160
第三节 耙斗装岩机	165
第四节 蟹爪式装载机	170
第五节 运输机械与设备	174
思考题与习题	192
第七章 巷道掘进机	193
第一节 煤巷掘进机	193
第二节 岩巷掘进机	199
思考题与习题	201

第三篇 井巷施工配套机械与设备

第八章 提绞设备	202
第一节 概述	202
第二节 提升容器	204
第三节 提升与悬吊钢丝绳	210
第四节 提升机	217
第五节 凿井绞车	234
第六节 天轮	238
第七节 凿井提升方式的确定和提升设备的选型计算	243
思考题与习题	274
第九章 排水设备	275
第一节 概述	275
第二节 离心式水泵的工作原理与性能参数	277
第三节 矿用离心式水泵的结构	285
第四节 吊泵的运转与维护	293
第五节 建井排水设备的选型计算	294
第六节 建井辅助排水设备	298
思考题与习题	302
第十章 建井压气设备	303
第一节 概述	303
第二节 空压机的工作原理与性能参数	304
第三节 空压机的构造	312
第四节 空压机的运转与维护	326
第五节 压气设备选型计算	326
思考题与习题	331
参考文献	332

绪 论

一、《建井机械》的任务和研究对象

《建井机械》是煤矿中专建井专业专业课程之一，它的任务是为学生学习《立井与车场工程》、《平巷与斜井工程》等课程作准备。它的教学目的是使学生掌握常规建井施工机械的结构、工作原理、选型计算、使用和维修等知识。

建井机械是以机械制图、机械零件与机械原理、普通电工和煤矿电工等课程为基础的一门综合性的应用型学科，它所包含的内容与建井施工工艺紧密相连，具有鲜明的适用性。

为了更深刻地掌握建井施工机械的工作原理，《建井机械》还承担了流体力学和液压传动基础知识的教学任务。

二、建井机械在煤矿建设中的地位和作用

在矿井建设过程中，开拓工程是先行工程，并且是在空间受限、光线暗淡的条件下进行的劳动强度大、危险性大、工序繁杂的工程。

开拓工程包括井筒开拓、巷道开拓、硐室开拓，以及采煤工作面准备等等。所有这些工程的劳动对象主要是岩层、其次是煤层。在岩层、煤层中开拓采用机械设备的程度是加快施工速度、提高施工质量的关键。

“普及施工机械，大力提高机械化程度”是我国发展煤炭生产的基本方针，建井施工也不例外。在这一方针指引下，我国原煤产量年年增长，跃居世界第一位。这一事实，标志着我国煤炭科研、设计、建设、生产和机械制造等各个方面的技术水平和管理水平已相当先进，也是我国煤矿建设，生产用机械设备的研制，应用高速度发展的佐证。

国家计划1995年和2000年的原煤产量分别是12.5亿t和14亿t，较1990年(10.8亿t)有大幅度的增长。为了达到这两个目标，建井施工机械在新井建设和老井改造挖潜中的地位显得十分突出，因为，它起着能否确保高速度、高质量、低成本、安全地完成新建和改建矿井的保障作用。掌握这方面的知识是广大建井工程技术人员的普遍要求。

三、建井机械的发展简况

外国产煤国家使用建井施工和采、掘、运、提升等配套机械设备比我国早。解放以前，我国大多数生产矿井仅在提升、通风、排水等几个生产环节中采用了蒸汽驱动的机械设备，而采煤、掘进、运输等环节则大量采用手工操作。在我国北方由英、日等国经营的几座矿井在提升、通风、排水等环节应用了电动的，初具自动化性能的大、中型机械设备。

解放以后，我们从原苏联等东欧国家大量引进矿山机械设备，同时着手组建科研队伍，研制本国产品，至60年代末，统配煤矿的主要生产工序基本实现机械化，70年代开始向高、新、尖进军。此后，矿用机械设备有长足进展。一向比较落后的综采、综掘机械相继研制成功，并推广使用，一改过去煤炭工业的落后局面。

在建井施工机械方面，解放初期从原苏联引进了风镐、风钻、手动抓岩机、装煤机、装岩机等机械，70年代起，我国相继研制成功气压或液压传动的、性能比较优越的带岩台

车、大型抓岩机、煤巷掘进机等施工机械。目前，我国自制的建井施工机械设备已经拥有常规的立井凿井专用设备（包括立井金属井架、钻眼设备、提升与悬吊设备、装岩设备和排水设备等），特殊凿井设备（包括大型钻井机械和冷冻施工设备等），平、斜巷及硐室施工设备，通风、运输设备等等。

随着煤炭工业的高速发展和矿井深度加大的形势，我国建井机械设备正向大功率、提高自动化程度和可靠性、降低能耗和噪音危害等方向发展，前景十分乐观。

四、《建井机械》的学习方法

《建井机械》课程的特点是理论性甚强的应用型学科，学习中要贯彻理论联系实际的教学原则，多在“应用”上下功夫。课程里的理论知识要牢固掌握，作到融会贯通。要以理论知识为基础去理解各种机械的结构，工作原理和具体应用，为今后因地制宜地选用机械设备和提高管理水平作准备。

要学会选型计算方法，学习过程中要深刻理解选型计算原则，达到借助参考资料能够独立进行正确的选型计算的目标。

第一篇 液压传动基础知识

第一章 液压传动概述

第一节 液压传动的基本概念

一、液压传动的概念

液压传动是用液体的压力能传递力或运动的传动方式。与机械传动一样,传动的目的在于获得某种既定的作功手段。与机械力传动相比,它的不同点在于,不是用刚体物质而是用液体来传递力或运动,而且在传动过程中,需要把机械能转换成液体的液压能,再转换成对外作功的机械能。

常见的典型液压传动设备有液压千斤顶、水压机等。现以液压千斤顶为例,说明液压传动的概念。图 1-1 是液压千斤顶的工作原理图。

向上提手柄 1, 通过活塞杆带动小活塞 2 向上运动, 该活塞下表面与小油缸 3 围成的密闭空间的容积增大, 压力降低, 油箱里的油液在大气压力作用下, 沿通道 9、10 顶开吸油阀 5 进入小油缸 (在此过程中, 排油阀 4 在弹簧的压力作用下, 把小油缸的出口口关闭)。小活塞从下死点运动到上死点, 这个过程是液压千斤顶的吸油过程, 是液压千斤顶工作的准备阶段。

向下压手柄, 油液受到小活塞的压力作用, 推动排油阀 4 打开小油缸的出口口 (同时吸油阀 5 在弹簧和油液压力共同作用下, 把小油缸的吸油口关闭), 使油液沿通道 6 进入大油缸 11 (开关 7 应关闭, 使油液不能沿通道 8 进入通道 9)。由于油液几乎不可压缩, 由小油缸排出的油液必须由大油缸容纳, 于是油液推动大活塞 12 向上运动, 让出一个与小油缸排出的油液体积相同的空间。大活塞向上运动表现出它具有能举起重物的能量。这个过程就是液压千斤顶的工作过程。

再次上提、下压手柄, 小油缸重复吸油、排油过程。每重复一次排油过程, 大活塞就把重物举起一定高度, 实现举起重物到某一要求高度的意愿。

在小油缸每次吸油过程中和千斤顶停止工作时, 被举起的重物不会落下, 因为, 排油阀 4 和开关 7 把大油缸的出口封闭住了, 缸中油液无处可去, 成为重物的支持物, 使被举起的重物停留在原来的高度上。

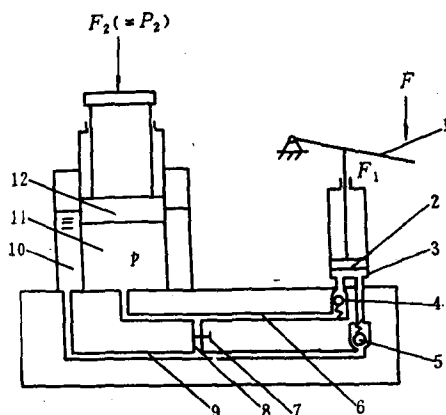


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1—手柄, 2—小活塞, 3—小油缸, 4—排油阀, 5—吸油阀, 6、8、9—油液通道, 7—开关, 10—油箱, 11—大油缸, 12—大活塞

在液压千斤顶这个装置中,小油缸的作用是把外加机械能($F_1 S_1$),转换成油液具有的压力能(p),大油缸的作用是把油液的压力能转换成用以举起重物的机械能($F_2 S_2$),通过这样两次转换,达到传递力($F_1 \rightarrow F_2$)的目的。

接受机械能和输出机械能之间的传递物质不是别的,正是液压油,因此,这种传动方式称为液压传动。

如欲放下重物,应打开开关7,让油液从通道6经8,再沿通道9返回油箱,重物失去油液的支持而自动下落。

二、液压传动的工作原理

用液体传动按传动原理不同,分为液压传动和液力传动两大类。液压千斤顶、水压机等属于液压传动,建井施工机械及煤矿采掘机械中广泛采用这类传动方式。这是由于它具有把力“放大”和容易调节工作机构的工作“速度”等优点。而煤矿中的胶带输送机、刮板输送机上用的液力联轴节属于液力传动。本课程主要讨论液压传动的有关问题。

液压传动装置的工作原理与机械传动装置的工作原理有相同的特点,同时存在区别。从传力物质的受力情况来看,在稳定传动中,机械零件的受力情况不变,液压油的压力 p 也保持不变。同时,它们各自原有的形态(固态或液态)不变,这是它们的相同点。

常见的绳、带、链、杆、齿轮等机械零件在强度足够的情况下,能分别实现推、拉、扭等形式的传动,而液压传动则不然,由于液压油是流体,它只能在密闭容器中承受和保持压力,因此,若欲利用它的压力能对外作功实现既定的传动,就不得不借助其他机械零件来转换压力能。图1-1中2、3、6、11、12五个元件组成一个密闭容器,重物放置在大活塞12上,由它把重物举起来。

由液压千斤顶的结构和工作原理可见,液压传动的必备条件是液压油必须处在密闭容器内。

密闭容器里的油液能传递力的原因是,油液分子具有依次传递力的本领,就好像刚体物质能传递力一样。不过,液体在传力过程中,不能维持初始状态的形状,它不断地随容器形状的改变而改变。

设液压千斤顶中小活塞的面积为 A_1 ,大活塞的面积为 A_2 ,当小活塞上的外力为 F_1 时,经过油液传递到大活塞上形成对外作功的力为 F_2 ,则液压油的压力 p 为:

$$p = \frac{F_1}{A_1}; \quad p = \frac{F_2}{A_2}$$

于是

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

或

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-1)$$

上式表明:当油液压力 p 一定时,作用力(F_1 、 F_2)与油液的作用面积(A_1 、 A_2)成正比。这就是液压千斤顶的工作原理,也就是液压传动的工作原理。

例1-1 某液压千斤顶(图1-2)手柄端头上的外力 $F = 12\text{N}$, $l = 40\text{cm}$,小活塞的工作

面积为 $A_1 = 8\text{cm}^2$, $l_1 = 10\text{cm}$, 大活塞的工作面积为 $A_2 = 50\text{cm}^2$, 试求该液压千斤顶能够举起多少重物?

解: 先求出小活塞上的作用力 F_1

$$F_1 = \frac{F \times l}{l_1} = \frac{12 \times 40}{10} = 48\text{N}$$

再求液压油的压力 p

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{48}{8} = 6\text{N/cm}^2$$

于是千斤顶的举力 F_2 为:

$$F_2 = p A_2 = 6 \times 50 = 300\text{N}$$

由此可知, 该液压千斤顶可举起300N的重物。

三、液压传动系统的组成部分及组合形式

一般液压传动系统包括以下五个部分:

1. 工作油液

工作油液简称液压油, 它是能量的载体, 传递能量的物质, 它在液压传动系统中同时起着润滑, 冷却机器零件的作用。

2. 动力元件

动力元件指液压系统中的液压源装置, 如液压千斤顶中的小油缸3、小活塞2(图1-1)等零件的组合物, 通常统称为液压泵, 俗称油泵。它的作用是把人力、电动机或内燃机等原动机输出的机械能转变成液压油的压力势能, 使油液具有对外作功的本领。

3. 执行元件

执行元件指液压系统中对外输出作用力或扭矩的装置, 如液压千斤顶中的大油缸11、大活塞12(图1-1)等零件的组合物。它的作用是把液压油的压力势能转变为机械能, 获得作功的效果, 它包括液压缸和液压马达两类。

4. 控制元件

控制元件在液压系统中的作用是, 控制, 调节液压油的流量、流向、压力等, 保证执行元件安全、平稳地按既定要求动作。

5. 辅助元件

辅助元件包括系统中的油箱、油管、滤油器、仪表等。尽管它们不是主要部件, 但却是不可缺少的, 对系统的影响是不可轻视的。

液压传动系统按液压油在主回路(液压泵与液压缸或液压马达组成的回路)中的循环方式不同, 各组成部分有不同的组合形式, 分为开式系统(图1-3a)和闭式系统(图1-3b)

开式液压系统的特点是, 油液从油箱被吸起, 经过油泵、油马达后返回油箱, 储存复用。它的优点是补油、换油方便, 油液冷却、沉淀效果好。缺点是油箱占据空间大。

在闭式系统中, 油泵的吸油口与马达的排油口直接连通。它的优点是省去了油箱, 节约了油液, 但油液的冷却、沉淀效果欠佳, 对系统的安全运转存在威胁。为了补充油液, 常常需要另设一台专用的辅助油泵, 如图1-3中的4。

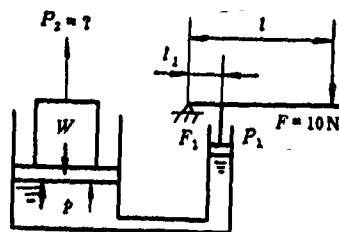


图 1-2 例题1-1

四、液压传动系统的图示方法

我国现行液压系统图形遵照中华人民共和国国家标准GB 786—76《液压及气动图形符号》绘画。标准规定了液压及气动的各种元件的基本符号。基本符号只表示元件的职能、连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数,也不表示系统管路的具体位置及元件的安装位置。所有元件符号均以静止位置或零位置表示(当组成系统其动作另有说明时,可作例外)。符号在系统中的位置,除有方向性的元件符号(如油箱、仪表等)外,根据具体情况可水平或垂直绘制。

GB 786—76液压及气动图形符号摘录列于表1-1。

按照规定画法,液压千斤顶的液压系统图应绘制成图1-4的形式。与图1-1对照,图1-4中2是一台手动单向定量油泵,代表图1-1中的1、2、3、4、5的组合,图1-4中3是单活塞杆单作用油缸,代表图1-1中的11、12。图1-4中1与2、2与3、3与4、4与1间的各直线段代表图1-1中的油液通路9、6、8。图1-4中的4代表图1-1中的7。

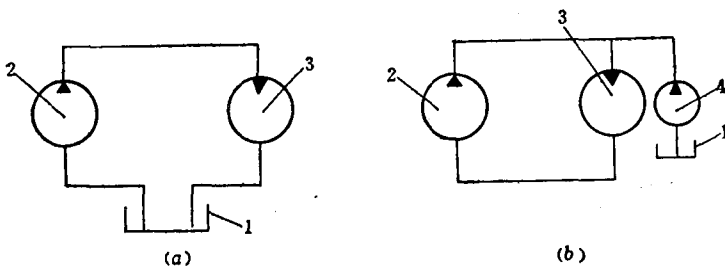


图 1-3 开式与闭式液压系统
1—油箱, 2、4—油泵, 3—油马达

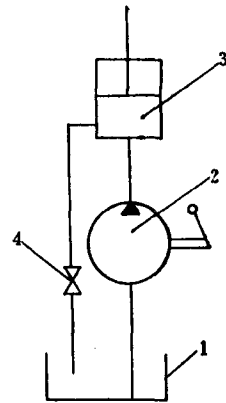


图 1-4 液压千斤顶液压系统图
1—油箱, 2—油泵, 3—油缸, 4—开关

五、液压传动的特性及优缺点

1. 液压传动的特性

由式(1-1)及例1-1可知, 液压千斤顶中油液的工作压力 $p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$, 其中 $F_2 = W$ (不计运动阻力时), 当 A_1 、 A_2 及 F_1 一定时, p 值由 W (负载) 的大小决定, 即液压系统中液压油的压力是由负载形成的。这是液压传动的一个重要特性。

设小活塞每次的行程为 s_1 , 大活塞每次的行程为 s_2 , 这样, 在一个工作过程中, 小油缸排出的油液体积 $s_1 A_1$ 与进入大油缸的油液体积 $s_2 A_2$ 相等。若按单位时间计, 用字母 q_v 代表, 称为液压千斤顶的流量, 即

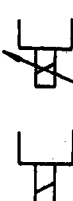
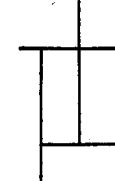
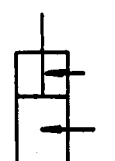
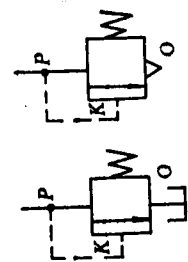
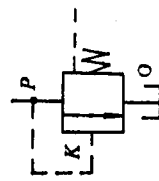
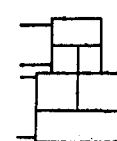
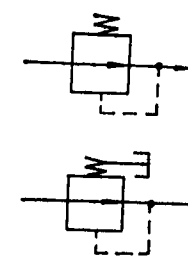
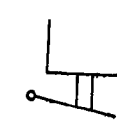
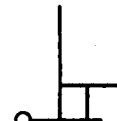
$$q_v = \frac{s_1 A_1}{t} = \frac{s_2 A_2}{t}$$

用字母 v 代表活塞的运动速度, 即 $v = \frac{s}{t}$, 则有

表 1-1 GB 786 液压及气动图形符号对照表

名 称	符 号		名 称	符 号	
	GB786-76	GB786.1-93		GB 786-76	GB 786.1-93
工作管路			双向变量泵		
控制管路			空气压缩机		
弹 簧			单向定量马达		
油 箱			双向定量马达		
开 关		同左	单向变量马达		
单向定量泵			双向变量马达		
双向定量泵			摆动马达		
单向变量泵					

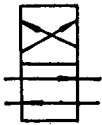
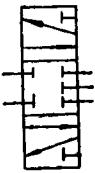
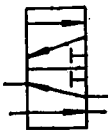
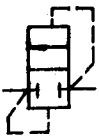
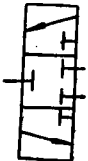
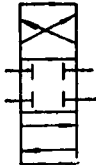
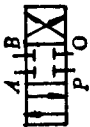
续表

名 称	符 号		名 称	符 号	
	GB786—76	GB786.1—93		GB786—76	GB 786.1—93
柱塞式缸			单双线圖式 电磁控制		
单活塞杆缸			溢 流 阀		
双活塞杆缸			外控液流阀		
不同介质增压缸			定压减压阀		
人工手柄式控制					
机械弹簧式控制					

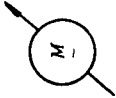
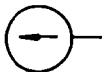
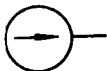
续表

名 称	符 号		名 称	符 号	
	GB786—76	GB786.1—93		GB 786—76	GB 786.1—93
外控减压阀			固定式节流阀		
顺序阀			可调式节流阀		
外控顺序阀			调速阀		
卸荷阀			溢流节流阀		
			二位三通阀		

续表

名 称	符 号		名 称	符 号	
	GB786—76	GB786.1—93		GB786—76	GB786.1—93
二位四通阀		同左	三位五通阀		
二位四通阀			单向阀		
三位三通阀			三位四通转阀 (注)		
三位四通阀			弹簧式蓄能器		

续表

名 称	符 号		名 称	符 号	
	GB 786-76	GB 786.1-93		GB 786-76	GB 786.1-93
粗过滤器			直流电动机		
一次雾化油雾器			指针式压力表		
压力继电器		同左	真空表		
交流电动机			流量计		
			直接温度计	