



高等学校“十二五”重点规划教材

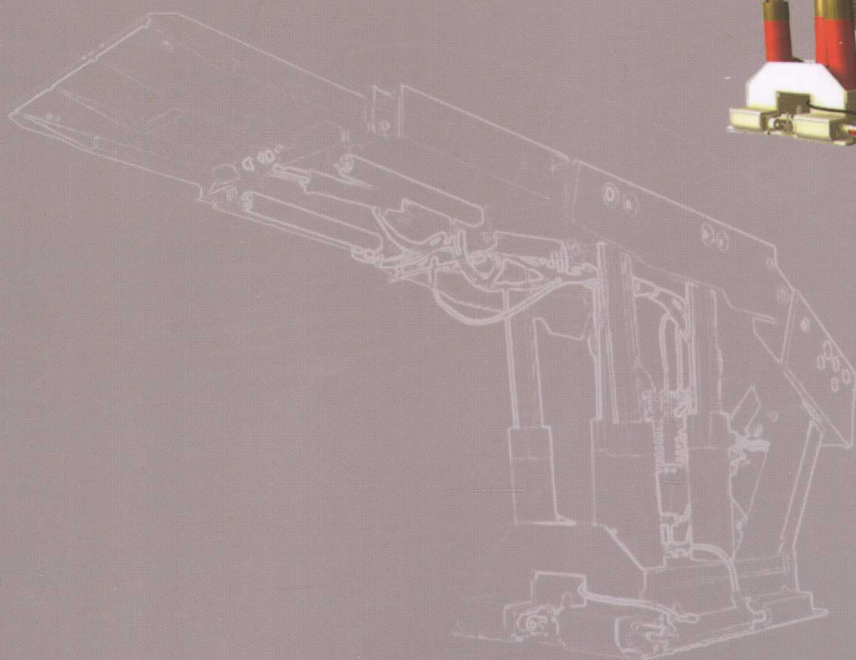
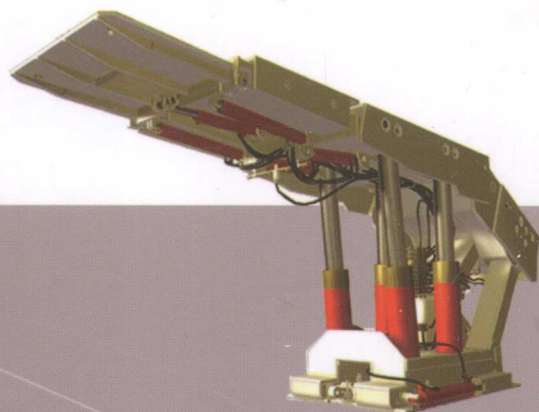
煤炭行业高等学校煤矿机械毕业设计系列教材（第五册）

煤矿机械液压传动

系列主编 刘春生

本册主编 侯清泉 王本永 林海鹏

本册主审 姜 斌



MEIKUANG JIXIE
YEYA CHUANDONG

HEUP 哈尔滨工程大学出版社



高等学校“十二五”重点规划教材

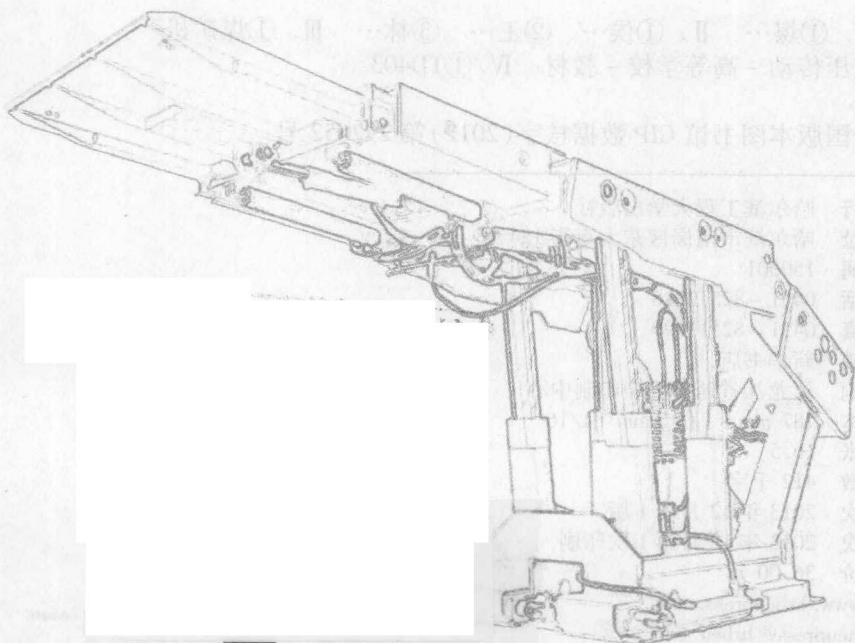
煤炭行业高等学校煤矿机械毕业设计系列教材（第五册）

煤矿机械液压传动

系列主编 刘春生

本册主编 侯清泉 王本永 林海鹏

本册主审 姜 斌



HEUP

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是煤矿机械毕业设计系列教材之一,以煤矿机械液压系统为主线。全书共分8章,第1章为概述,第2章为液压传动系统基本计算,第3章为液压传动选型设计计算,第4章为现代先进液压技术,第5章为采煤机液压系统,第6章为掘进机械液压系统,第7章为液压支架和乳化液泵站液压系统,第8章为液压绞车液压系统。书中除了对基本型和典型的煤矿机械液压系统进行了详细讲解外,还对采煤机发展过程中曾出现过的一些液压系统原理图进行了汇编,并列出了煤矿机械液压系统中主要液压元件的型号及参数,以供学生在进行毕业设计时参考和借鉴。

本书以实用性为主,突出矿业特色,培养特色鲜明,内容自成体系,符合国家的新标准,可供煤炭院校和其他工科高等院校机械设计制造及其自动化专业的师生教学使用,也可供从事煤炭生产的一线技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿机械液压传动/侯清泉,王本永,林海鹏主编.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2012.12
煤矿机械毕业设计系列教材
ISBN 978-7-5661-0478-6

I. ①煤… II. ①侯… ②王… ③林… III. ①煤矿机
械-液压传动-高等学校-教材 IV. ①TD403

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 292652 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 16.5
字 数 412 千字
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

煤矿机械毕业设计系列教材编审委员会

顾 问:王国法 王铁军

主 任:刘春生

副主任:周广林 吴卫东 刘元林

委 员:(以姓氏笔画为序)

于风云 王本永 孙月华

刘训涛 张文生 张志平

张艳军 芦玉梅 李德根

陈国晶 林海鹏 侯清泉

姜 伟 姜 斌 胡金平

赵存友 唐庆菊 徐 鹏

常 禄 康 宇 曹 贺

韩建勇 靳立红

序

PREFACE

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020年)指出,要全面提高高等教育质量,提高人才培养质量。在《纲要》的战略主题中指出,教育要“坚持能力为重,优化知识结构,丰富社会实践,强化能力培养,着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力”。面对经济全球化的发展,科技进步的日新月异和人才竞争的日趋激烈,我国科技发展的总体目标之一是:到2020年进入创新型国家行列,为在本世纪中叶成为世界科技强国奠定基础。科技创新,人才为本。创新型国家的建设,离不开高素质的创新人才。提高质量是高等教育发展的核心任务,煤炭高等教育要主动适应建设创新型国家的科技发展要求。

煤炭是我国重要的基础能源和原料,在今后相当长的时期内,煤炭在我国国民经济、社会发展和国家能源安全中仍然具有举足轻重的战略地位。为推动煤炭行业科学发展、安全发展和可持续发展,人才培养是关键。毕业设计是本科人才培养最重要的实践性教学环节,煤矿机械毕业设计系列教材能够有效促进煤矿机械专业毕业设计质量稳步提高,将毕业设计与知识能力培养相结合,毕业设计与工程实际问题相结合,毕业实习、毕业设计与人格培养相结合,以此提高学生工程设计能力和培养煤矿机械领域的实用型人才,突出特色培养。

刘春生教授所带领的矿山机械系列课程教学团队是黑龙江省优秀教学团队,所依托的专业——机械设计制造及其自动化专业是黑龙江省重点专业,国家特色专业建设点。该团队多年来讲授煤矿机械设计与制造系列课程,具有丰富的教学和科研经验。这套系列教材的主要特点如下:

该系列教材矿业特色突出,内容精炼,汇集了煤矿采掘机械、煤矿提升运输机械、煤矿流体机械等典型煤矿机械,及煤矿机械制造工艺与夹具、煤矿机械液压传动,将煤矿典型机械的设计与制造融为一体。

该系列教材培养特色鲜明,体现了工程与实践相结的教育理念。工程实践能力是高级应用型人才的一项重要素质,也是学生适应社会需要的一项重要能力。该系列教材以培养学生的工程意识、工程素质和工程实践能力为根本,以提高学生实践能力和创新能力为目标,使学生的知识和理论固化为素质,转化为能力。

该系列教材使用方便,围绕不同类型的设计题目,每册自成体系,针对性和实用性强。书中编写了相关的方案设计内容,强调方案设计的重要性,加强学生对总体方案的设计能力的培养;根据毕业设计的需要收集了较常用的设计资料,减少了学生查找资料的困难。

这是一套矿业类机械设计制造及其自动化专业的特色教材,是毕业设计难得的指导丛书,是煤矿机械概论课的主要参考书。希望该系列教材能在毕业设计指导中发挥重要的作用,也希望煤炭行业的广大青年学生、工程技术人员和科技工作者,努力学习、潜心钻研、勇于创新,为我国煤炭事业的发展和创新型国家目标的实现,贡献自己的聪明才智。

煤炭科学研究总院首席科学家
国家级有突出贡献专家
中央联系的高级专家

刘春生

2011.4.20

前言

PREFACE

为了使学生更好地完成“机械设计制造及其自动化”专业毕业设计内容中液压传动部分的设计任务,完成相关参数计算、元件选择和必要的设计内容,并设计出更加科学合理的液压系统,做好毕业设计,培养学生液压传动技术的工程实践应用能力,为学生毕业后顺利走上工作岗位打下坚实的基础,特编写此书,供煤炭院校和其他工科高等院校机械设计制造及其自动化专业的学生使用,也可供从事煤炭生产的一线技术人员参考使用。

全书共分8章,第1章介绍了液压技术的发展现状和趋势、液压传动介质和液压技术在煤矿机械中的应用;第2章介绍了缝隙流动、热平衡计算、液压冲击计算和液压节流计算等基本计算内容;第3章介绍了液压系统所用液压元件的参数计算及选型;第4章介绍了现代先进的液压元件和液压控制方法;第5章介绍了典型采煤机液压系统及其所派生和演化的液压系统、电牵引采煤机的调高液压系统,并汇编了采煤机发展过程中所出现的一些采煤机液压系统原理图;第6章介绍了掘进机的液压系统,还介绍了挖装机和侧卸式装载机的液压系统;第7章介绍了液压支架和乳化液泵站的液压系统;第8章介绍了液压绞车的液压系统。书中除了对典型的煤矿机械液压系统进行了详细讲解外,还对采煤机发展过程中曾出现过的一些液压系统原理图进行了汇编,并列出了煤矿机械液压系统中主要液压元件的型号及具体参数,为本书的使用者提供参考和借鉴。

本书由侯清泉、王本永、林海鹏任主编,参加本书编写的还有靳立红和李德根。本书由侯清泉主持编写和统稿,姜斌主审。本书第1章,第5.2节、第5.3节、第5.4节和第6章由侯清泉编写,第4章由李德根编写,第5.1节和第5.5节由靳立红编写,第2章和第8章由林海鹏编写,第3章和第7章由王本永编写。本书在编写过程中参考了国内一些专家的论文论著,在此一并表示最由衷的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不当之处在所难免,恳请广大读者朋友批评指正。

编者

2013年8月

第1章 概述	1
1.1 液压技术的发展和应⽤	1
1.2 液压传动介质	3
1.3 液压技术在煤矿机械中的应⽤	7
参考文献	8
第2章 液压传动系统基本计算	9
2.1 缝隙流动	9
2.2 管道中的压力损失计算	19
2.3 热平衡计算	24
2.4 液压冲击计算	27
2.5 液压节流计算	31
参考文献	35
第3章 液压传动选型设计计算	36
3.1 液压泵选型计算	36
3.2 液压马达选型计算	41
3.3 液压缸选型计算	44
3.4 蓄能器选型计算	51
3.5 液压油箱计算	70
3.6 液压管道选型计算	78
3.7 冷却器选型计算	82
参考文献	85
第4章 现代先进液压技术	87
4.1 现代先进液压元件	87
4.2 现代先进液压控制方法	94
参考文献	106
第5章 采煤机液压系统	108
5.1 采煤机概述	108
5.2 MLS_3-170 型采煤机牵引部及其派⽣液压系统	110
5.3 $MG300$ 型采煤机牵引部及其派⽣液压系统	125
5.4 采煤机调高液压系统	134
5.5 其他采煤机液压系统	142
参考文献	171
第6章 掘进机械液压系统	172
6.1 掘进机概述	172
6.2 典型掘进机液压系统	174
6.3 其他掘进机液压系统	180
6.4 装载机机械液压系统	200
参考文献	204

第 7 章 液压支架和乳化液泵站液压系统	206
7.1 液压支架概述	206
7.2 液压支架液压系统	212
7.3 乳化液泵站液压系统	229
参考文献	233
第 8 章 液压绞车液压系统	234
8.1 液压绞车概述	234
8.2 液压提升绞车液压系统	235
8.3 YAJ 系列液压安全绞车液压系统	247
参考文献	253

第 1 章 概 述

本章要点:

本章介绍了国内外液压技术的发展现状、发展趋势和今后的努力方向,阐述了液压传动介质的特性,并列举了液压技术在煤矿机械应用中的发展历程和应用场合。

1.1 液压技术的发展和應用

1.1.1 国内外液压技术发展现状

我国液压行业已形成了门类齐全、有一定生产能力和技术水平、初具规模的生产科研体系。目前全国约有 300 家企业,在国家部属或行业归口的研究院所中设有 20 多个液压气动研究室,有 10 多个大学设有流体传动与控制专业,还有国家级液压元件质量监督检测中心以及国家重点实验室。

我国液压工业重视同国外企业进行有效的经济和技术合作,近年来先后从国外引进了很多液压元件和液压系统等制造技术,为提高产品水平和生产能力起到了重要作用。目前我国已与美国、日本、德国等国家共同建立了某些合资企业,这些企业将推动我国液压工业的发展。另外我国也有了气动元件、液压元件和滤油器的外商独资公司。

我国通过科技攻关和技术引进,产品水平有一定提高,生产出一些具有世界先进水平的产品,另外,在 CAD 和 CAT(Computer Aided Test)技术、污染控制、故障诊断、机电一体化、海水及高水基溶液等传动介质的应用、现代控制技术的应用等方面也取得了可喜成果,不少已应用于生产。

在国外,液压工业的发展速度高于机械工业。全世界液压产品产值约 200 亿美元。在美、日、德等主要工业国家的比较中以日本人均产值为最高,其主要原因是日本工厂设备自动化程度高,生产管理完善,此外,日本各企业外协量大,将一些零件扩散给协作厂加工,实现零件生产的专业化。在国外,液压 CAD 的应用对提高设计质量、加快设计速度、促进液压产品更新换代起到十分重要的作用,在二维工程图形处理、三维几何造型和工程分析方面已取得不少成果。

1.1.2 液压技术发展趋势

液压技术从目前的发展来看,在元件的基本原理和结构方面,近期内仍看不出有突破性发展的迹象。但液压技术发展到今天,它已经成为一门与其他学科相互关联、交叉的综合性学科,它也因其他技术的发展而得以迅速发展。其元器件在功能、功率密度、控制精度、可靠性及寿命方面有几倍、十几倍乃至几十倍的改进和提高,制造成本显著降低。有资料显示,近 20 年来流体传动与控制技术的发展源于其他领域发明的占 50%,移植其他技术成果(材料、加工工艺、表面技术等)的占 30%。

液压技术的应用领域越来越广泛,据分析,建筑工程机械和农机等行走机械是液压工业的主要用户;在产业机械中,机床、冶金和塑机是主要用户。由于机床、塑机和机器人等行业部分传动装置已被电气传动所取代,其需求量减少。建筑、工程和冶金等行业需求量的比重显著增加。国外资料显示,建筑机械和工业车辆液压使用率有增长趋势,机床等产业机械的液压使用率有下降趋势。

为适应机械产品向高性能、高精度和自动化方向发展的需要,液压产品主要发展方向是:节能,提高效率,提高控制性能以适应机电一体化的发展,提高可靠性、寿命、安全性和维修性,适应环境保护(降低噪声和振动、无泄漏)。今后,将发展无泄漏元件和系统,如发展集成化和复合化的元件和系统,实现无管连接,研制新型密封和无泄漏管接头、电机泵组合装置。无泄漏将是全球液压界今后努力的重要方向之一。

液压系统维护已从过去简单的故障拆修,发展到故障预测,即发现故障苗头时,预先进行维修,清除故障隐患,避免设备恶性事故的发生。要实现主动维护技术,必须加强液压系统故障诊断方法的研究,必须使液压系统故障诊断现代化,加强专家系统的研究,要总结专家的知识,建立完整的、具有学习功能的专家知识库,并利用计算机根据输入的现象和知识库中的知识,用推理机中存在的推理方法,推算出引起故障的原因,提出维修方案和预防措施。要进一步开发液压系统故障诊断专家系统通用工具软件,对于不同的液压系统只需修改和增减少量的规则。另外,还应开发液压系统自补偿系统,包括自调整、自润滑、自校正,在故障发生之前进行补偿,这也是液压行业努力的方向之一。

CAD 技术使人工设计方式变为自动化和半自动化的方式,尤其是 CAD/CAM、CAPP(计算机辅助工艺规划)的推广和应用使液压技术得以迅速发展。近 10 年来,工作站和 PC 微型机的广泛普及,如 32 位微机工作站,在功能上远远超过过去的交钥匙(Turn Key)系统,特别是三维图形处理功能方面,已显示出其优越性。CAD 技术的发展目标是,利用 CAD 技术全面支持液压产品从概念设计、外观设计、性能设计、可靠性设计到零部件详细设计的全过程,并把计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助分析(CAE)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助检验(CAI)、计算机辅助测试(CAT)和现代管理系统集成在一起建立计算机制造系统(CIMS),使液压设计与制造技术有一个突破性的发展。

1. 液压元件的发展趋势

近年来,由于主机产品发展的需要,产品品种构成有所变化。

(1) 液压泵 柱塞泵所占比率有增长趋势,齿轮泵变化不大,而叶片泵则下降 0.7%;21 世纪液压泵的发展无论是在工业液压还是行走机械液压,包括在物料搬运设备中的应用,都将向着高压化、信息化智能化控制、与原动机合一及纯水液压泵的四大方向发展,以达到高效、节能、环保(减少噪声与环境污染)和高度信息化智能化的目的,并使液压的应用领域有进一步的发展。液压泵作为液压系统的核心,在今后其与控制元件的模块化、组合化及集成化方面将会有进一步的发展。

(2) 马达 柱塞马达的构成比有增长趋势。

(3) 阀门 通用三类阀门占总产量的比例有减少趋势,叠加阀、插装阀、比例阀和多路阀等所占比例将显著增加。电磁换向阀产量和销售额所占的比重最大。

(4) 滤油器 由于重视液压系统污染控制,滤油器的销售额有显著增长趋势。

(5) 机电一体化设计 今后的设计可能会从机电一体化的角度考虑,会集成多种传感元件甚至嵌入芯片,从而适应系统对元件状态监测及控制的要求。现场总线技术也有可能

成为元件的标准配置,以实现信号采集及与计算机的通信。

(6) 高效节能元件的研发 目前已有的节能元件很难满足高频控制的要求,如能研制出高频响应的变量泵(马达),将使泵控电液系统比阀控电液系统更具竞争力,显然前者更节能。

(7) 环保与纯水液压 采用纯水为介质的液压系统将会适应环保的要求而得到长足的发展。今后的发展重点主要集中在元件类别的丰富及工作压力的提升上。相信随着新材料的运用,其成本也会大大降低。

2. 系统集成与控制技术领域的发展趋势

(1) 新型磁性材料的研制,将显著提升现有比例阀的特性。

(2) 进一步提高伺服阀的频宽。

(3) 功能的复合、集成与接口的标准化。

(4) 新型控制理论的应用。

3. 密封技术方面的发展趋势

(1) 新材料的应用 对聚四氟乙烯(PTFE)的运用及新填充料的研发方面,将构成业界持续的竞争。短期内,尚无新的高分子材料对 PTFE 地位形成真正的冲击。

(2) 对密封机理的认识及密封件形状研究 密封件的研制是基于对密封机理的深刻认识之上的。因此,密封机理作为基础性研究,仍将对密封技术的发展提供动力。在 PTFE 密封件方面,密封件的形状革新将成为各家公司的卖点。

(3) 密封件的加工方法 目前,PTFE 密封件主要还是利用机加工的方法生产,其固然有灵活的一面,但如何高效地加工,依然是需要直面的一个问题。

4. 液压系统仿真技术的发展趋势

(1) 深入研究先进的建模方法。

(2) 大力发展分布交互式仿真技术。

(3) 进行面向对象仿真技术的研究。

(4) 开展人机和谐仿真环境的研究。

(5) 在液压系统仿真技术中引入数据库技术。

1.2 液压传动介质

被认为是液压系统工作元件之一的液压油,除了作为工作介质传递液压能之外,在液压系统中还起着对各种液压元件的润滑、抗磨、防锈和防腐蚀等作用。几种常用的液压油性能比较如表 1.1 所示。液压系统越来越向高压、大负荷、小型化发展,因此对油品性能的要求也越来越苛刻,在要求油品具有耐高温、耐高压和高抗磨能力的同时,由于使用了微细的过滤元件,对油品过滤性能的要求也不断提高,并且要求油品的使用寿命越来越长。这些都使传统的生产调和技術、基础油的应用和添加剂的性能面临着巨大的挑战。

表 1.1 几种常用的液压油性能比较

质量项目	高黏度指数石油基 (L-HR)	抗磨石 油基 (L-HM)	水包油 (L-HFAE)	油包水 (L-HFB)	水-乙 二醇 (L-HFC)	磷酸酯 (L-HFDR)
外观	浅褐	浅褐	透明、乳化	乳白	透明	透明

表 1.1(续)

质量项目	高黏度指数 石油基 (L-HR)	抗磨石 油基 (L-HM)	水包油 (L-HFAE)	油包水 (L-HFB)	水-乙 二醇 (L-HFC)	磷酸酯 (L-HFDR)
密度/(g/cm ³)	0.86	0.87	1.005	0.95	1.07	1.13
黏度 ISO rG	15~100	46	—	68	33	48
黏度指数	140	106	—	150	150	-30
倾点/℃	-45	-33	0	-23	-50	-21
使用温度/℃	-20~65	-5~74	0~55	-5~60	-30~60	-5~80
闪点/℃	220	222	—	—	—	252
燃点/℃	—	298	—	410	440	650
含水量/%	0	0	80~98	44~47	40~45	0
蒸气压	低	低	高	中	高	低
泵磨损 (ASTMD2882)/mg	—	22	高	100	100	<25
难燃性	差	差	优	尚可	优	良
防腐蚀性	优	优	尚可	良	良	优
黏度压力系数	20.4	石蜡基 22 环烷基 27	0.6	20.7	4.5	14
适合密封材料 ^①	BN,N,T	BN,N,T	NY,E, B,BN,T, P,N	BN,N,T	BN,N,T	E,B,T
耐用上限压力/MPa	35	35	7	15	21	40

①BN—丁腈,N—聚氯丁,T—聚四氟乙烯,NY—尼龙,P—聚尿烷,B—丁基,E—乙丙共聚橡胶。

煤矿机械存在承受的负荷大,工作条件恶劣,环境潮湿,污染严重等诸多不利因素,因而煤矿机械液压油(乳化液)的使用和管理应予以高度的重视。不按规定注油及管理不善,都将导致设备过早损坏,影响设备正常运转。现将煤矿机械中常用的液压油和水包油型乳化液的相应性能进行介绍。

1.2.1 液压油

采煤机牵引机构液压系统、截割机构的辅助液压系统以及掘进机的液压系统,都必须严格使用规定的液压油。

1. 煤矿机械液压系统对液压油的要求

液压油在液压系统中具有很重要的作用,液压系统能否可靠、有效且经济地工作,在一定程度上取决于液压油的性能。煤矿机械对液压油的要求如下。

(1) 良好的抗磨性和润滑性

采煤机液压牵引机构的液压系统工作压力一般为 12~20 MPa,且液压元件的动作速度较快,为防止各种磨损,油液的润滑性和抗磨性就显得非常重要。

(2) 合适的黏度和良好的黏温特性

液压油黏度的选择必须兼顾机械效率和容积效率两大因素。黏度低会造成机械的内泄漏和磨损;黏度过高会造成吸油困难和发生气蚀,也会增大液压系统供油压力及动力损失。另外,煤矿机械液压系统的温度变化较大,一般在 40~80 ℃ 之间。液压油黏度会随液压系统温度的变化和季节的温差而变化,而液压油黏度随温度的变化程度要小,也就是说,要具有良好的黏温特性。

(3) 抗剪切稳定性

抗剪切稳定性是指液压油抵抗剪切变形的能力。液压油流经液压元件时,要受到剧烈的剪切作用,从而使油的黏度及黏度指标有下降的趋势。如果黏度下降到一定程度,油液就不能使用。因此,液压油要具有良好的抗剪切稳定性。

(4) 良好的防锈性和抗乳化性

煤矿机械一般在潮湿的环境中工作,由于水的侵入而常使液压元件发生锈蚀。因此,油液要具有良好的防锈性。

液压油在使用中常常不可避免地要混入一些冷却水,如果液压油的抗乳化性不好,它将和混入的水形成乳化液,使水不易从液压油箱的底部放出,从而可能造成其润滑性不良。因此抗乳化性是液压油的一项很重要的理化性能指标。

液压油的抗乳化性与其洁净程度关系较大,若润滑油中的机械杂质较多,或含有皂类、酸类及运行过程中生成的油泥等,在有水存在的情况下,液压油就容易发生乳化反应而生成乳化液。抗乳化性差的油品,其氧化稳定性往往也差。

(5) 较好的氧化稳定性和抗泡性

在高温条件下,液压油应具有抗氧化作用的能力。为防止由于液压油氧化变质、颜色变深、酸值和黏度增大以及沉淀而妨碍液压系统的动作,液压油必须具有较好的氧化稳定性。

抗泡性是指液压油的消泡能力。为避免液压系统因混入空气而造成泡沫及发生气蚀现象,故液压油要具有良好的抗泡性。

(6) 要与密封材料和涂料相容

液压系统中使用的一些密封元件和涂料,都是由有机合成材料制成的,因此与工作液体之间存在是否相容的问题。如果不相容,就会使密封元件发生膨胀、软化或硬化,降低它的工作寿命;使涂料溶解,破坏液压元件的保护涂层,污染工作液体并使其变质。在选择工作液体时必须十分注意相容性问题。

(7) 经济性

液压系统中工作液体的经济性具有普遍性,在选用时既要符合性能要求,又要照顾价格。如采煤工作面液压支架中的工作液体,由于其使用量极大,一般只能采用比较廉价的乳化液作为工作液体。

(8) 对人体无毒害和无明显的刺激作用

2. 液压油的选用

液压油的种类与牌号较多,为了正确合理地加以选用,一般应根据液压系统的环境条件、工作条件及油液的性质来确定液压油的品种及黏度。

(1) 液压油品种的选择

目前我国生产的液压油有机械油、汽轮机油、普通液压油、抗磨液压油及低凝液压油等,可根据表 1.2 加以选择。

表 1.2 国产液压油的性能

液压油品种	液压油品质				适用压力及其设备
	抗氧化性	抗泡性	防锈性	抗磨性	
机械油	一般	一般	—	—	中低压,小于 6.3 MPa,液压千斤顶
汽轮机油	较好	—	较差	较差	中低压,小于 6.3 MPa,输送机液力耦合器
普通液压油	较好	较好	较好	一般	低压,6.3 ~ 16 MPa,轻型采煤机
抗磨液压油	较好	较好	较好	较好	高压,大于 16 MPa,中、重型采煤机
低凝液压油	—	—	—	凝点低	用于寒冷地区的露天采矿设备

(2) 液压油黏度的选择

油液的黏度应根据液压系统的工作温度及所用的液压泵型式来选择。液压油的黏度可根据不同结构型式的液压泵按表 1.3 来选择。

表 1.3 不同工作温度下常用泵的工作液体与黏度的推荐

液压泵型式		工作温度		推荐液压油品种
		5 ~ 40 ℃	40 ~ 80 ℃	
		40 ℃ 运动黏度/mm ² · s ⁻¹		
叶片泵	< 6.3 MPa	28 ~ 46	39 ~ 72	普通液压油及其代用品 抗磨液压油
	> 6.3 MPa	49 ~ 70	56 ~ 90	
齿轮泵		28 ~ 70	99 ~ 170	中低压用普通液压油 中高压用普通液压油
径向柱塞泵		28 ~ 46	61 ~ 240	中低压用普通液压油
轴向柱塞泵		40 ~ 70	70 ~ 160	中高压用普通液压油

1.2.2 水包油型乳化液

水包油型乳化液的主要成分是水,仅含 2% ~ 15% 的细小油滴,由乳化油兑水而成。它的优点是:不燃(安全),价廉,黏温特性和防锈性能好,对丁腈橡胶密封件没有损害,对人体也无害,且具有一定的润滑性。因此,在国内外煤矿井下液压支架和单体液压支柱中广为应用。我国专门用于液压支架的乳化油有 M-4(煤-4 号)、M-10(煤-10 号)和 MDT 等标号。前两种仅适用于中硬以下水质,且长期使用后过滤网不易清洗;后者可用于各种水质,在乳化油中引入高效络合剂(用于提高乳化液抗硬水能力),等于乳化油自带软水装置,提高乳化液的稳定性,对钢、铜和密封材料有良好的防锈性和适应性,并对过滤网的清洗性能好,是一种安全、经济、性能可靠的液压传动介质。后来研制成功的 ZM-1 乳化油性能更好,适应水质能力更强,对黑色金属有明显的防锈能力,乳化液中油和水的配比为(3%~5%):(97%~95%)。

配制和储存乳化液时,避免使用铅、锌等金属容器,配制乳化液含油浓度要准确。当水质在中硬以下时,可低到 1%~2%,高硬水配制的乳化液浓度可适当提高。

煤矿常用液压工作液体的性能比较和使用范围如表 1.4 所示。

表 1.4 煤矿常用工作液体的性能比较和使用范围

项目	矿物型液压油	水包油型乳化液	油包水型乳化液
黏度	低~很高	低	低
黏度指数	70~140	很高	130~170
润滑性	优	差	良
液压泵寿命	中~长	短	中下
防锈性	优	尚可	良
抗燃性	易燃	难燃	可燃
使用温度范围/℃	-29~100(45)	4~49	4~66(40)
与密封材料的相容性	可用丁腈橡胶、氯丁橡胶、聚氨酯橡胶、硅橡胶、氟橡胶等,不能用天然橡胶和丁基橡胶等	和矿物型液压油基本相同,但不能用聚氨酯橡胶和纸、皮革、软木等	同水包油型乳化液
其他注意点	对涂料无特殊要求	最好不用涂料	最好不用涂料

注:表中“使用温度范围”一栏中括号内的数字为最佳使用温度。

1.3 液压技术在煤矿机械中的应用

从 20 世纪 40 年代起,液压技术就应用于煤矿机械。1945 年,德国制造了世界上第一台液压传动的截煤机,实现了牵引速度的无级调速和过载保护。紧接着美国、英国和苏联等国家在采煤机上应用了液压传动。1954 年,英国研制成功了自移式液压支架,出现了综合机械化采煤技术,从而扩大了液压传动技术在煤矿机械中的应用。

液压传动容易实现往复运动,并且可保持恒定的输出力和转矩,因此采煤机的滚筒调高、调斜,液压支架的升降、推移、防倒、防滑和调架,单体液压支柱的升降都采用了液压传动技术。此外,在掘进机、钻机、挖掘机、转载机、重型刮板输送机和绞车等煤矿机械及其辅助设备中,也都大量地采用了液压传动技术。随着煤矿机械装机功率的加大,对工作性能、控制调节方式以及自动化程度要求的提高,现今的煤矿机械已经越来越不能和液压传动技术分离了。

由于所处条件的特殊性,煤矿机械中的液压传动具有许多不同于普通机械液压传动的特点。首先,它的工作压力高。随着煤矿机械装机功率的加大,反映在液压传动中,工作压力越来越高。大多数煤矿机械的工作压力为 12~25 MPa,属中高压系列。在液压支架中,工作压力可达 60 MPa 以上。其次,井下作业,环境潮湿而又充斥煤尘、岩粉尘,对液压系统的污染威胁极大,液压传动的大量故障往往是由于油质不净所致。而且,一旦发生故障,现场分析、处理比较困难。所以,对于煤矿机械的操作使用、维护保养、检修以及油质的管理等都需要采取严格的抗污染措施。此外,井下煤矿机械都是移动式作业机械,体积都比较紧

凑,加上通风条件差,因而使液压系统散热困难。而煤矿机械工作负荷很大,连续作业,所以油温较高,从而影响到机器工作速度的稳定和工作油液的使用寿命,为此往往需要采用成本较高的特制液压油。

随着液压技术与微电子技术的结合,液压技术已走向智能化阶段。在微型计算机或微处理器的控制下,进一步拓宽了液压技术的应用领域。无人采煤工作面的出现,喷浆机器人的研制成功,都是液压技术和微电子技术相结合的成果。可以预见,在煤矿机械中,液压技术将得到更加广泛的应用。

综上所述,目前如要了解和掌握煤矿机械的工作原理、结构性能,以及使用、维修和管理好煤矿机械,没有液压传动及液压系统的相关知识,就会变得十分困难。

参 考 文 献

- [1]《采煤机械化设备使用与维护》编审委员会. 采煤机械化设备使用与维护(采煤设备分册)[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1988.
- [2]王启广,黄嘉兴,史禹. 液压传动与采掘机械[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2005.
- [3]孙执书,李宾. 采掘机械与液压传动[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1991.
- [4]杨尔庄. 21 世纪液压技术现状及发展趋势[J]. 液压与气动,2001(3):1-2.
- [5]杨尔庄. 21 世纪液压技术现状及发展趋势(续)[J]. 液压与气动,2001(4):1-3.
- [6]杨尔庄. 21 世纪液压技术现状及发展趋势(续2)[J]. 液压与气动,2001(6):1-3.
- [7]陈忠强. 国外液压技术现状及发展趋势[J]. 现代零部件,2004(5):54-56.
- [8]付华,傅周东,吴根茂. 液压技术的现状与发展[J]. 矿山机械,2000(11):53-57.
- [9]许仰曾. 21 世纪液压泵的发展趋势[J]. 机电信息,2001(5):72-73.
- [10]邓习树,李自光. 当前液压系统仿真技术发展现状及趋势[J]. 机床与液压,2003(1):20-22.
- [11]刘伟艳,李春诚,王泽恩. 液压技术的发展对液压油的性能要求[J]. 润滑油,2005,20(4):1-5.
- [12]刘新德. 袖珍液压气动手册[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

第2章 液压传动系统基本计算

本章要点:

本章主要介绍了缝隙流动、管道压力损失、热平衡、液压冲击及液压节流的计算。在缝隙流动中主要介绍了平行平板中的缝隙流动、平板圆盘缝隙间的流动、环形缝隙中的轴向流动、其他型式的缝隙流动,以及液压卡紧现象和液压卡紧力的计算;在管道压力损失的计算中,介绍了相关基本概念和压力损失计算的具体公式;在热平衡计算中主要介绍了液压系统发热、散热的计算及冷却器的选择;在液压冲击计算中分别介绍了液流通道迅速关闭时和急剧改变运动部件速度时的液压冲击;在液压节流计算中分别介绍了薄壁小孔、短孔和细长孔、圆柱滑阀阀口和锥阀阀口的节流计算。

液压传动是根据流体力学的基本原理,利用液体的压力能来传递动力的传动方式。它利用各种液压元件组成具有特定功能的基本回路,再由若干基本回路组成系统,从而实现能量的转换、传递和控制。一般在液压传动系统图或装配图初步绘完之后,或在绘制过程中需要进行液压传动系统及液压元件选择的计算,根据分析内容的不同对液压系统进行局部简化,或者用简化的模型代替原件,然后计算液压系统大致的特性。例如,管道压力损失计算,一般是在管路尺寸初步拟定以后;系统的发热计算,是在确定油箱尺寸及选择冷却器之前;液压冲击计算是在系统设计的过程当中进行。

2.1 缝隙流动

在液压传动和机械润滑等方面,经常利用缝隙流的理论去计算泄漏量和阻力损失。液压元件的零件之间常需有相对运动,这样,在这些零件之间就必须有一定的配合间隙(或称缝隙),如液压泵、液压马达中转子侧面与机壳之间,叶片泵转子叶片顶部与定子内表面之间,转动轴与轴承之间,车床的溜板与导轨之间均有一定的间隙。液压油由压力较高处经过配合间隙流到压力较低的地方或大气(自由空间)中,这就是泄漏。泄漏分为内泄漏和外泄漏两种。如图2.1所示,液压油自高压腔通过活塞与缸体的配合间隙流入低压腔,即为内泄漏;液压油由活塞杆与缸盖的配合间隙流入大气(自由空间)中,则为外泄漏。

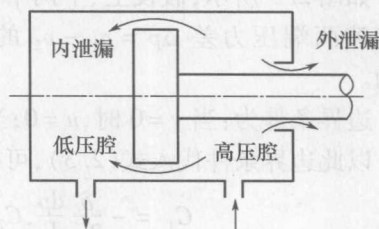


图 2.1 缝隙泄漏示意图

由于流体具有黏性,流体在缝隙中流动都是层流流态。流体在缝隙中的流动可分为两类:一种是由缝隙两端压力差造成的流动,称为压差流动;另一种是缝隙的两壁面之间的相对运动而产生的流动,称为剪切流动。此外,这两种流动同时存在时的缝隙流动,称为压差剪切流动。