



“十二五”重点规划教材

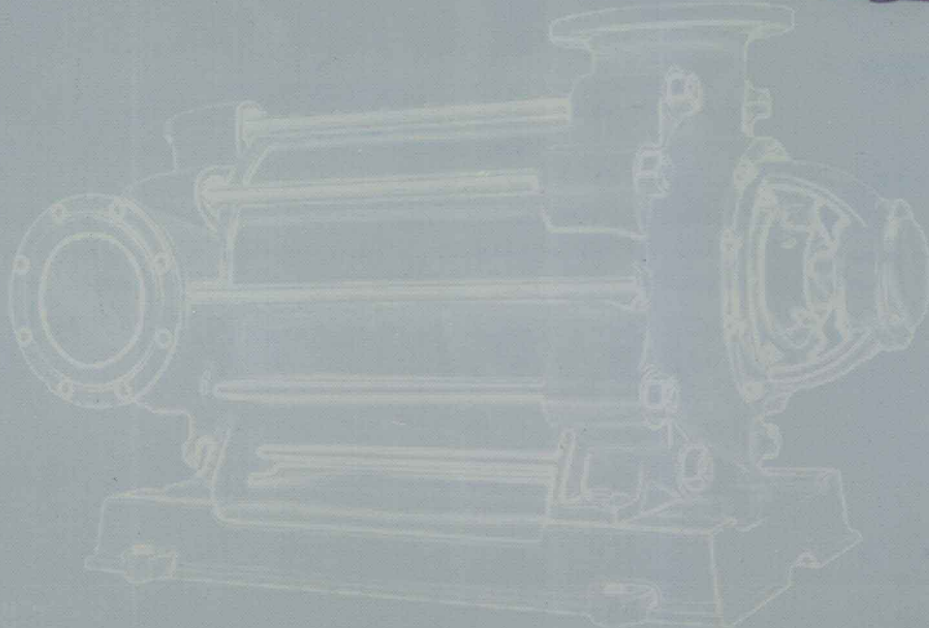
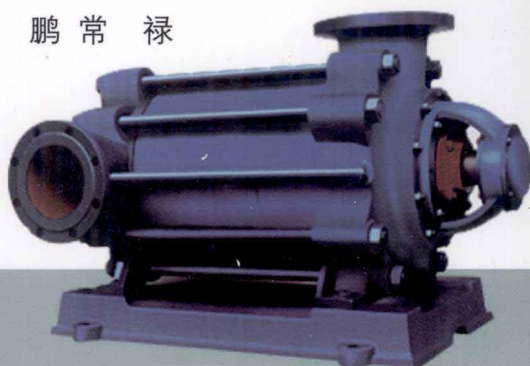
学校煤矿机械毕业设计系列教材（第二册）

煤矿流体机械

系列主编 刘春生

本册主编 韩建勇 侯清泉 徐 鹏 常 禄

本册主审 刘元林



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

MEIKUANG LIUTI JIXIE

国家特色专业建设点、黑龙江省重点专业建设资助

“十二五”重点规划教材

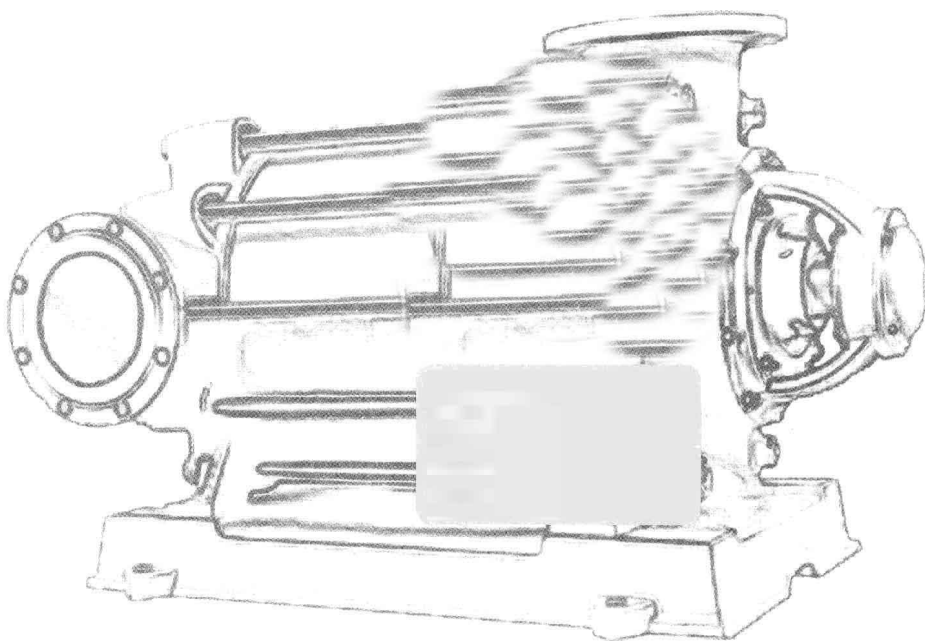
煤炭行业高等学校煤矿机械毕业设计系列教材（第二册）

煤矿流体机械

系列主编 刘春生

本册主编 韩建勇 侯清泉 徐 鹏 常 禄

本册主审 刘元林



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书是煤矿机械毕业设计系列教材之一,以煤矿流体机械为研究对象,对煤矿广泛使用的排水设备、通风设备和压气设备进行了介绍,除了系统地介绍了各设备的作用、组成、工作原理外,着重阐述了各设备主要零部件的设计方法和设计过程,以及各设备的选型设计计算过程。此外,书中还对矿用其他流体机械设备的结构和原理进行了简介,提供了部分风机、水泵的特性曲线,以便设计时选用。

本书以实用性为主,突出矿业特色,培养特色鲜明,可供煤炭院校机械设计制造及其自动化专业的学生和从事煤炭的现场技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿流体机械 / 韩建勇等主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2012. 4

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0346 - 8

I. ①煤… II. ①韩… III. ①煤矿机械 IV. ①TD4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 060347 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 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 12.75
字 数 318 千字
版 次 2012 年 4 月第 1 版
印 次 2012 年 4 月第 1 次印刷
定 价 27.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

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机械专业毕业设计质量稳步提高,将毕业设计 with 知识能力培养相结合,毕业设计 with 工程实际问题相结合,毕业实习、毕业设计 with 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:

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;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

为方便学生更好地进行“煤矿流体机械”的选型设计计算和毕业设计,正确掌握设计的方法和步骤,培养学生煤矿流体机械的工程实践能力,做好毕业设计并顺利走上工作岗位打下坚实的基础,我们编写了这本选型设计和毕业设计方面的指导教材,供煤炭院校机械设计制造及其自动化专业的学生和煤矿现场技术人员使用。

本书共分6章。第1章介绍了煤矿排水、通风和压气设备的组成及作用;第2章介绍了煤矿流体机械的总体方案设计;第3章介绍了矿用离心泵结构特点、主要过流部件的结构特点和水力分析、离心泵的设计方法及选型设计计算;第4章阐述了矿用通风机工作原理和结构特点、主要气动部件气动分析、设计方法和矿用风机的选型设计计算;第5章介绍了矿用空气压缩机结构原理、主要零部件结构特点、主要技术参数的确定和选型设计计算;第6章主要介绍了旋流泵、自吸离心泵、深井泵及吊泵的原理。此外,为了提高学生理论联系实际和分析解决工程实际问题的能力,书中选编了部分实例和选型设计所需的主要资料,供学生设计时参考和选用。

第1章、第2章、第6章和附录由徐鹏编写;第3章由韩建勇编写;第4章由侯清泉编写;第5章由常禄编写。全书由韩建勇主持编写和统稿,刘元林主审。本书在编写过程中,兄弟院校有关教师提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢!由于编者水平有限加之时间仓促,书中不当之处在所难免,恳请读者朋友批评指正。

编 者

2012年1月

第 1 章 概述	1
1.1 煤矿通风机械的作用及其组成	1
1.2 煤矿排水机械的作用及其组成	2
1.3 煤矿压气设备的作用及其组成	4
参考文献	4
第 2 章 总体方案设计	5
2.1 概述	5
2.2 原理方案设计	6
2.3 结构方案设计	8
2.4 总体布局设计及主要参数确定	13
2.5 方案评价	16
参考文献	17
第 3 章 矿井排水设备	18
3.1 离心泵概述	18
3.2 离心泵结构形式及分类	20
3.3 离心泵主要零部件设计	33
3.4 排水设备选择设计	52
参考文献	61
第 4 章 矿井通风设备	62
4.1 矿井通风机概述	62
4.2 矿用通风机结构	74
4.3 叶轮的设计	90
4.4 通风机选型与经济运行	110
参考文献	116
第 5 章 压缩空气设备	118
5.1 压缩空气设备概述	118
5.2 空气压缩机结构	124
5.3 空气压缩机设计	138
5.4 空气压缩机选型设计	148
参考文献	170
第 6 章 其他类型泵	172
6.1 旋流泵	172
6.2 自吸离心泵	174
6.3 深井泵及吊泵	176
参考文献	177
附录	178

第 1 章 概 述

本章要点:

本章以煤矿流体机械作为主要研究对象,从通风、排水以及压气三个方面介绍了煤矿流体机械在煤矿生产中的作用,并对煤矿通风机械、排水机械以及压气设备的组成进行了详尽的阐述。

1.1 煤矿通风机械的作用及其组成

在进行地下开采时,有大量有害气体喷发出来,另外还有易于引起爆炸的煤尘,这对井下工作人员和矿井安全都产生了很大的威胁。我国《煤矿安全规程》对井下空气的成分(包括各种有害气体的浓度)、温度、风速和按人员计算的风量都作了严格的规定。为了保障广大煤矿职工有一个安全、可靠和良好的工作环境,必须向井下输送足够数量的新鲜空气,以冲淡有害气体的浓度和带走飞扬的煤尘。这项任务是由被称为“矿井肺脏”的通风设备完成的。

矿井通风过程如图 1.1 所示。装在地面的通风机 8 运转后,在通风机入口截面 1—1 处形成负压,由于外界大气的气压与此负压的压差作用,井下空气产生流动。外界新鲜空气进入进风井 1,流经井底车场 2,通过大巷 3 到达工作面 4。工作面有害气体多、温度高、湿度大,空气流经这里时混入了各种有害气体和煤尘,使气流的成分和物理状况发生较大变化,成为污浊气体。污浊气体经回风巷 5、出风井 6 和风硐 7,最后由通风机出口截面 2—2 排出矿井。通风机连续运转,外界新鲜空气不断被输入矿井,污浊气体连续被排出,在矿井内形成连续的气流,从而使矿井获得足够数量的新鲜空气,达到矿井通风的目的。

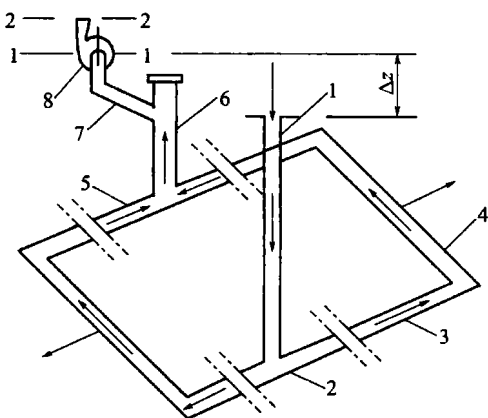


图 1.1 矿井通风过程示意图

1—进风井;2—井底车场;3—大巷;4—工作面;5—回风巷;
6—出风井;7—风硐;8—通风机

通风设备除担负正常通风任务外,在井下发生火灾需要改变风流方向时,还必须及时完成返风任务。为了全面完成矿井通风的各项任务,通风设备必须由一系列的装置和辅助部件组成。如图 1.2 所示,该装置是以轴流式通风机为主体的设备组合。轴流式通风机 1、传动轴 21 和电动机 22 配套组成机组。“S”型弯头 6、进风道 7 和风道与井筒的

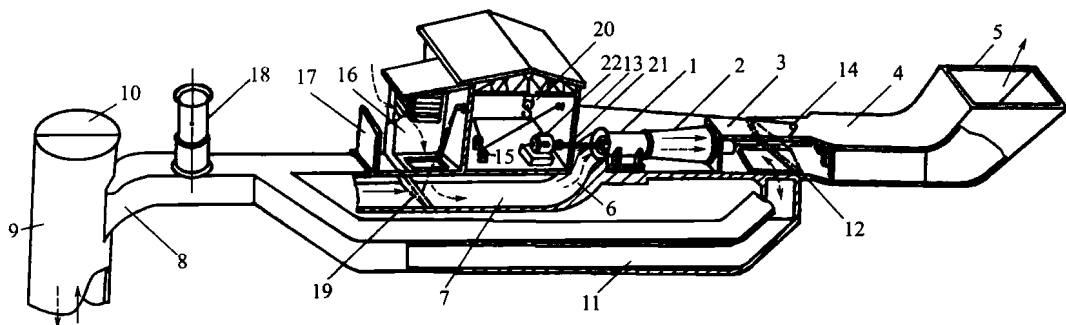


图 1.2 单台轴流式通风机设备示意图

1—轴流式通风机;2—扩散器;3—扩散风道;4—消音器;5—扩散弯头;6—“S”型弯头;7—进风道;
8—风道与井筒的接口部;9—井筒;10—防爆门;11—返风道;12—扩散道风门;13—钢丝绳;14—滑轮;
15—风门绞车;16—进风室;17—立式闸门;18—测风管;19—大气风门;20—起吊装置;21—传动轴;22—电动机

接口部 8 组成进风部件。扩散器 2、扩散风道 3、消音器 4 和扩散弯头 5 组成出风部件。进风室 16、大气风门 19、扩散道风门 12 和返风道 11 组成返风部件。各风门是通过钢丝绳 13、滑轮 14 和风门绞车 15 操作的。立式闸门 17 和测风管 18 是测定风机流量的装置。除此之外,在风机房内还配有起吊装置 20。

通风机运转后,设备以正常方式工作时,来自矿井井筒 9 的乏气通过接口部 8、进风道 7 和“S”型弯头 6 被吸入风机,经风机后,通过扩散器 2、扩散风道 3、消音器 4 和扩散弯头 5 排向高空。此时,各风门均处于图 1.2 中实线所示位置。

接到返风命令后,首先停止通风机,而后开动风门绞车,使各风门处于图 1.2 中虚线所示位置。此时,大气风门 19 隔绝了进风道 7 与井筒 9 的通道,同时打开了进风室 16 与进风道 7 的通道;扩散风门隔绝了扩散风道 3 与扩散弯头 5 的通道,与此同时打开了扩散风道 3 与返风道 11 的通道。当重新启动风机后,外界新鲜空气通过进风室 16 的百叶窗进入进风室内,转入进风道 7,随后经“S”型弯头 6、通风机 1、扩散器 2 和扩散风道 3,向下再转弯 90° 进入返风道 11 并按虚线箭头所指压入井筒 9,完成返风任务。

最后应指出,为了保证矿井正常生产,通风机设备必须昼夜不停地连续运行。因此,要求它能十分可靠地工作。同时由于它耗电量大,因而又要求它能经济地工作。矿井设计人员应该正确地选择通风机并做好设备的组合设计,生产人员应正确地安装并做好维护、运转和调试等各环节的工作。为此,必须掌握通风机的工作原理,了解它的构造,通晓它的运转规律,以便充分发挥其应有的效能。

1.2 煤矿排水机械的作用及其组成

在采矿过程中,随时有矿井水涌入矿井。矿井水来自大气降水、地表水和地下水,这些水通过各种途径涌入矿井。为保证矿井正常生产必须随时将涌入矿井的水排出,否则有被淹没的危险,这项任务是由矿井排水设备完成的。

排水过程如图 1.3 所示。涌入矿井的水顺排水沟集中到水仓 1,而后流入泵房 4 内的吸水井 2 中。水泵 3 运转后,矿井水经水管 5 排到地面并流到地面排水沟中,从而完成排水任务。

当需要一台水泵和一条排水管就能排除矿井涌水时,通常都是配备三台水泵,其中一台工作、一台备用、一台检修,除此之外,还需另加一条备用水管。图 1.4 为装有三台水泵和两条排水管的排水机械设备。水泵 1 和电动机 11 组成水泵机组,水泵机组、水管和其他辅助装置组成排水设备。设备中的每台水泵都有各自的吸水管 3,吸水管下端装有带过滤网的底阀 4,过滤网可以防止大块颗粒物质进入水泵,底阀可以防止泵中水泄入水井。泵出水口处装有闸阀 5,紧接在一起的是止回阀 6。闸阀用于启动和停止水泵时控制泵与水管的通路,有时也用于控制泵的排水量。止回阀的作用在于水泵突然停止时防止排水管中水突然返流形成的水击冲毁水泵。止回阀上方装有三通 13,两侧各装有闸阀一支,两闸阀一启一闭可以控制由哪一条水管排水。两条排水管并行通往地面。在泵吸水口处装有真空

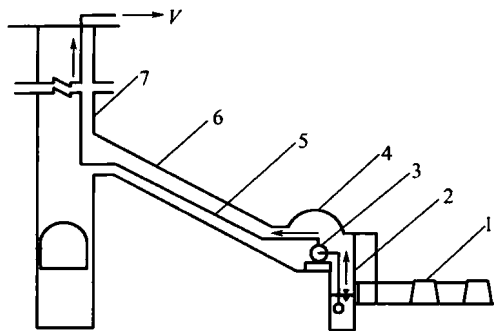


图 1.3 排水过程示意图

1—水仓;2—吸水井;3—水泵;4—泵房;
5—水管;6—管子道;7—井筒

表的作用在于水泵突然停止时防止排水管中水突然返流形成的水击冲毁水泵。止回阀上方装有三通 13,两侧各装有闸阀一支,两闸阀一启一闭可以控制由哪一条水管排水。两条排水管并行通往地面。在泵吸水口处装有真空

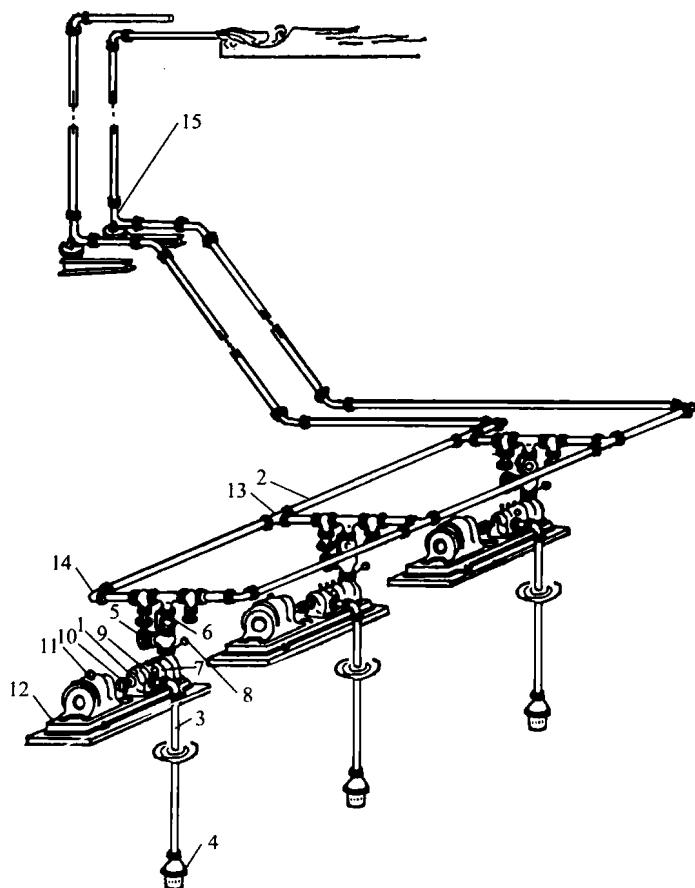


图 1.4 排水设备示意图

1—水泵;2—排水管;3—吸水管;4—带过滤网的底阀;5—闸阀;6—止回阀;7—真空表;8—压力表;
9—放气阀;10—联轴节;11—电动机;12—底盘;13—三通;14—弯头;15—带支承的弯头

表7,在出口处装有压力表8,它们用于监视水泵运行情况。

当水井中的水位上升到一定程度时,应启动工作水泵排水。启动水泵前,首先经一系列的例行检查,而后向泵内充水,充满后即可启动水泵。启动时应在关闭出水口闸阀的情况下进行,待泵轴转速达正常值时再逐渐开启闸阀,水量逐渐增加,直到闸阀全部开启后,泵排水量达到最大值。

当水井水位下降到下限位置时,应停止排水。停止水泵前应首先关闭闸阀,而后切断电动机电源,水泵即逐渐停止运转。

矿井排水设备对矿井正常生产起着重要作用,因此必须保证它可靠运行。同时因为其功率大、运转时间长、耗电多,所以还要求它能经济地运行。矿山工作者应掌握其工作原理,了解其结构,通晓它的运转规律,以便能正确地选择、安装,做好维护和运转工作并充分发挥其应有的效能。

1.3 煤矿压气设备的作用及其组成

煤矿空压站一般都是设在井上,用管道把压缩空气送入井下,沿大巷,上下山到工作面,带动风动工具工作,如图1.5所示。但在低沼气矿井中,若送风距离较长时,为了节省钢材,减少压力损失,也可在井下主要运输巷道附近——新鲜风流通过的地方设置空压站。

压气设备主要由拖动设备(一般用电动机)、空压机及其附属装置(包括滤风器、储气罐、冷却装置等)和压气管道等组成。

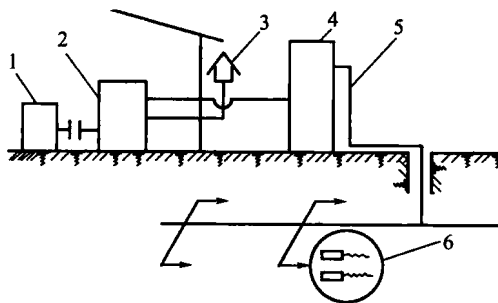


图 1.5 煤矿压气设备示意图

1—电动机;2—空压机;3—滤风器;4—储气罐;
5—管道;6—风动工具

参 考 文 献

- [1] 李新梅. 矿山流体机械[M]. 北京:航空工业出版社,2010.
- [2] 王振平. 矿井通风排水及压风设备[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2008.
- [3] 白铭声,陈祖苏. 流体机械[M]. 北京:煤炭工业出版社,2005.
- [4] 孟凡英. 流体力学与流体机械[M]. 北京:煤炭工业出版社,2006.

第 2 章 总体方案设计

本章要点:

本章介绍了煤矿机械设计的一般过程,并依据系统的观点,以机械系统的总体方案设计为主线,详细阐述了原理方案设计、结构方案设计、总体布局设计和主要参数确定以及方案评价这四个组成部分。

任何机械均是由若干机构、部件和零件组成的系统,因此,煤矿流体机械也是一个机械系统。在进行机械系统设计时,第一个环节是总体方案设计。总体方案设计是指从全局的角度,以系统的观点,所进行的有关整体方面的设计。它包括系统的原理方案的构思,结构方案设计,总体布局与环境设计,主要参数及技术指标的确定,总体方案的评价与决策等内容。

总体方案设计给具体设计规定了总的基本原理、原则和布局,指导具体设计的进行;而具体设计则是在总体方案设计基础上的具体化,并促成总体方案设计不断完善;二者相辅相成。因此,在工程设计、测试和试制的中期或后期,总体方案设计人员仍有大量工作要做,只有把总体和系统的观点贯穿于产品开发的过程,才能保证最后的成功。

2.1 概 述

2.1.1 机械设计的一般过程

机械是人类完成各种设想的执行者,机械的创造过程也是机械的设计过程。根据机械设计任务大小的不同,设计过程的繁简程度当然也不会一样,但大致都要经过表 2.1 所示的几个阶段。

表 2.1 机械设计的一般过程

阶 段	内 容	应完成工作
产品规划	(1) 根据产品发展规划和市场需求或由上级下达,提出设计任务 (2) 进行可行性研究 (3) 编制设计任务书 (4) 系统计划,制定系统开发计划	(1) 提出可行性报告 (2) 提出设计任务书 (3) 提出系统开发计划
总体方案设计	(1) 根据设计任务,提出若干个可行方案 (2) 进行分析、评价、决策,确定最佳方案	提出最佳方案和机构运动简图 (必要时进行实验研究)
技术设计	(1) 绘制总装配图、部件装配图、零件工作图 (2) 绘制各种技术文件	(1) 提出整个设备的标注齐全的全套图纸 (2) 提出各种技术文件和说明书

表 2.1(续)

阶 段	内 容	应完成工作
试制试验	通过试制、试验发现问题,加以改进	(1)提出试制、试验报告 (2)提出改进措施
产品跟踪	设备投产以后,根据用户的意见、生产中发现的问题以及市场的变化作相应改进和更新设计	收集问题,发现问题,改进设计

在机械产品设计之初许多问题和矛盾尚未暴露,因而上述的设计过程一般不会一次就能依次进行到底,而是要经过不断的反复和交叉,才能获得性能相对较好的设备。

2.1.2 机械系统的总体方案设计

机械系统的总体方案设计是一项极富创造性的活动,要求设计者善于运用已有知识和实践经验,认真总结过去的有关工作,广泛收集、了解国内外的有关信息(如查阅文献、专利、标准,同有关人员交谈等),充分发挥创造性思维和想象能力,灵活应用各种设计方法和技巧,以设计出新颖、灵巧、高效的机械系统。

机械系统总体方案设计一般按下述步骤进行。

- ①原理方案设计:根据生产或市场需要,制定机械系统的总功能,通过功能分析得到系统的分功能,求出分功能的解,拟订实现分功能的工作原理和技术手段,然后综合为原理方案。
- ②结构方案设计:根据所确定的原理方案,确定功能载体的组合方式。
- ③总体布局设计及主要参数确定:根据原理方案及结构方案,具体确定各零部件之间的相对位置及联系尺寸、运动和动力的传递方式及主要技术参数。
- ④方案评价。通过对众多方案的评比,从中选出最佳方案。

2.2 原理方案设计

设计机械产品时,首先应根据使用要求、技术条件及工作环境等情况,明确提出机械系统所要达到的总功能;然后通过功能分析得到系统的分功能,拟订实现这些分功能的工作原理及技术手段(功能载体);最后设计出机械系统的原理方案。

2.2.1 功能描述

功能是对某一产品的特定工作能力的形象化描述。

在进行功能抽象时可以根据抽象与具体的关系,逐步实施。如将水泵的功能描述为:抽水—取水—输送液体,这是一步步抽象的过程。功能抽象化有助于产生新的创造思路。

系统工程学用“黑箱”(Black Box)来描述功能,如图 2.1 所示。它表示待求机械系统的输入、输出以及与环境的

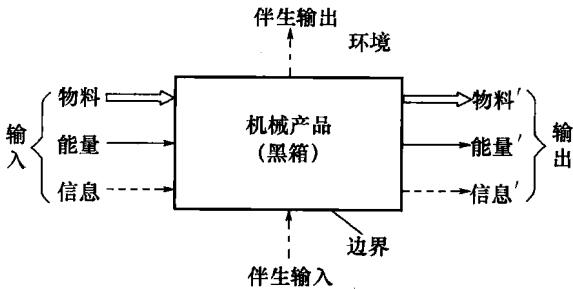


图 2.1 黑箱法的示意图

关联情况。其中还未求得的机械系统用“黑箱”表示,“黑箱”的功用是将输入的物料、能量和信息转换为输出的物料、能量和信息。同时伴随着一定的伴生输入和伴生输出。其中物料转换表示如何将毛坯、半成品转换成成品。转换有时也可单纯地移动位置。能量的转换表示如何将其他形式能量变成机械能或机械能变成其他形式能量以及利用机械能完成移动、物料变形等。信息的传输或转换表示物理量的测量和显示、控制信号的传递等。

对黑箱输入量、输出量表达得愈具体,其求解的可能性就愈大。

2.2.2 功能分解

为了更好地寻求机械系统工作原理方案,将机械系统的总功能分解为比较简单的分功能是一种行之有效的办法。通过功能分解可使每个分功能的输入量和输出量关系更为明确,因而可以较易求得各分功能的工作原理解。总功能的分解方法有如下两种:

- ①按解决问题的因果关系或手段目的关系来分解分功能;
- ②按机械产品工艺动作过程的顺序来分解分功能。

2.2.3 功能求解

功能求解是原理方案设计中重要的搜索阶段。可以应用科学原理进行技术原理构思,从而进行功能求解;再按技术原理组织功能结构,在一定条件下作用于加工对象,形成技术分系统,实现分功能。

同一种技术原理可以实现多种功能;而更重要的是,同一种功能可以用不同的技术原理来实现。如果再辅以工程技术人员长期积累的经验就能很好地找出各功能的实现方案。

这一步需要发散思维,应尽可能多地列出满足功能要求的多种技术手段,无论是本专业领域的还是其他专业领域的都需要考虑。另外,对于一个功能元应尽可能地多提出几种技术原理,以便为方案的构思和评价提供较多的选择。

以下为输送液体的原理方案分析。

对于生产中常见的“输送液体”功能,可以通过各种物理效应和工作原理的探索,求得多种解法。

1. 负压效应

①利用压力 p 与容积 V 的关系 ($pV = \text{常数}$),增大容积空间形成负压吸入液体,减小容积空间形成高压输出液体。所有的容积泵如柱塞泵、偏心转子泵等都是应用这种原理,其最简单的结构如图 2.2 所示的波纹管水泵,拉压塑料波纹管 1 改变其容积,液体从单向阀 2 吸入,从单向阀 3 压出,水头可达 3 m 多。

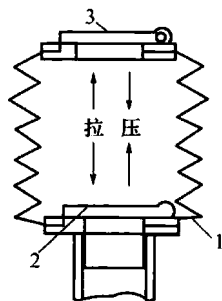


图 2.2 波纹管水泵

②利用流速与压力的关系,即文丘里喉管原理,如图 2.3 所示,使流体(液体或气体)流经变截面喉管,在狭窄处流速增大,形成负压,被输送液体就可以从小孔 M 抽进喉管,当流速达 $600 \sim 700 \text{ m/s}$ 时,水头可达 $5 \sim 6 \text{ m}$ 。

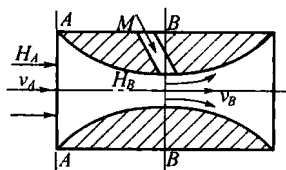


图 2.3 文丘里喉管原理

2. 惯性力效应

①利用离心惯性力将水引出,一般离心泵都是应用这种原理。

②利用往复运动的惯性力,如图 2.4 所示,将管 1 置于水中,在 A 和 B 方向往复运动,水即通过单向阀 2 和 3,由管 4 输出。

③虹吸原理。图 2.5 所示为吸液器原理图。将软管 1 插入盛液桶 2 中,反举吸液器缸套使活塞到 A 位置,放下缸套使其位置比液面低,活塞由位置 A 落至位置 B ,上部形成真空,盛液桶中的液体在大气压作用下进入软管到达吸液器底部流出,形成虹吸流。

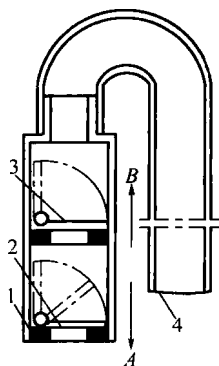


图 2.4 惯性泵图

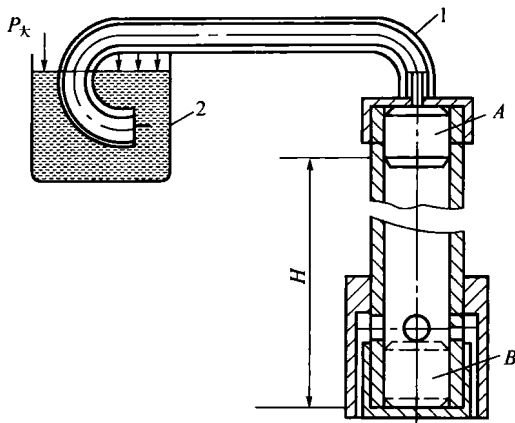


图 2.5 吸液器原理图

3. 毛细管效应

高性能的轻质热管为两端封闭的管子,衬里为数层金属丝网,管内封装液体,如图 2.6 所示。在高温端液体吸热蒸发,蒸气流至低温端放热,冷凝后的液体由于毛细管效应通过金属丝网流回热端。此种热管可用于人造卫星和冻土层输油管保温。

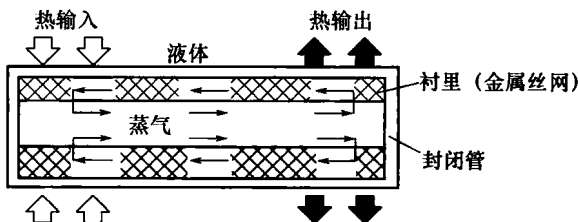


图 2.6 轻质热管

2.3 结构方案设计

机械系统的原理方案仅表示功能载体的组合,但同样的功能载体可以有不同的组合,所得到的产品不仅可能有不同的形状和尺寸,甚至可能影响到整体性能。

结构方案设计主要是依据所确定的原理方案,给出具体的结构图,以体现所要求的功能。结构设计涉及到材料、工艺、精度、设计计算方法、实验与检测技术、机械制图等学科领域,是一项综合性工作。

为了设计出最佳的机械结构方案,即在保证实现产品的预期功能的前提下,最大限度地降低成本,延长使用寿命,确保产品、操作者或使用用户及环境等的安全,掌握和运用设计的基本原则和原理是非常重要的。

2.3.1 结构方案设计的基本原则

确定和选择结构方案时应遵循的基本原则:明确、简单和安全可靠。

1. 明确

明确是指对产品设计中所要考虑的问题都应在结构方案中获得明确的体现与分担。

(1) 功能明确

所选结构应能达到预期的功能,每个分功能应由确定的结构来分担,既不能遗漏,也不应重复。例如,装有斜齿轮的轴,选用径向轴承,遗漏了轴向力的作用。又如,在图2.7(a)中传递扭矩是键还是圆锥面,零件的轴向定位是轴的台阶还是圆锥面,两者均不明确,这是一种功能不明确的结构。图2.7(b)中,两种功能都由圆锥面承担,功能明确,是一种好的结构。

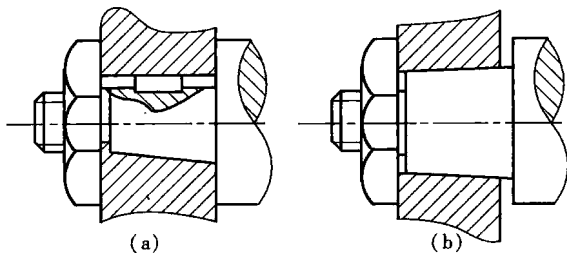


图 2.7 锥面连接

(2) 工作原理明确

所选结构的物理作用明确,从而可以可靠地实现能量流(力流)、物流和信号流的转换与传导。例如,图2.8所示为轴的轴向定位的两种方案。

图2.8(a)为两端固定方案,当轴受热伸长时,轴承的轴向载荷为轴承的预紧力与受热伸长所产生的附加载荷之和,是不明确的,若伸长超出了轴承间隙允许的范围,就会破坏轴承的正常工作状态。

图2.8(b)为一端固定方案,左端轴承内外环均固定,既确定了轴的轴向位置,又可承受一定的轴向力。

右端轴承外环未固定,当工作时轴因受热膨胀,右轴承可以随轴的右部一起移动且基本保持轴承的正常工作条件,故该方案对于轴的轴向位置及轴承正常负荷来说工作原理明确无误。

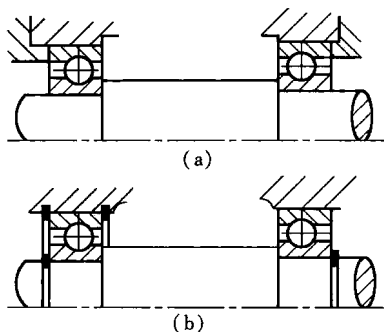


图 2.8 轴向定位方案

(a) 工作原理不明确; (b) 工作原理明确

(3) 使用工况及应力状态明确

材料选择和尺寸计算要依据载荷情况进行,不应盲目采取双重保险措施。例如,轮毂与轴的连接中,若采用过盈配合,则平键只起周向定位作用,此时不能按承受载荷来确定平键的尺寸,还应注意给装配造成的困难。

(4) 其他

凡与结构设计有关的其他方面都应在图样或技术文件中予以明确体现。例如,制造、检验、运输、安装调试、使用及保养诸方面的要求等。

2. 简单

简单是指整机、部件和零件的结构,在满足总的功能前提下,尽量力求结构形状简单、零部件数量少等。这样,不但降低了产品的制造成本,而且还提高了产品工作的可靠性。例如,由平面、圆柱面、圆锥面、球面或其他对称形状所构成的零件很容易加工、检验。一方面,可用较少的工时获得较高的精度,以确保其功能的实现;另一方面,规则形体便于计算,不但节省计算时间和试验费用,而且计算结果接近实际,从而提高了零件的工作可靠性。

3. 安全可靠

安全可靠是指机器安全和为了保证安全可靠而采取的技术措施。

安全技术可分为直接安全技术法、间接安全技术法和提示性安全技术法三种。

(1) 直接安全技术法

在结构设计中充分满足安全可靠要求,保证在使用中不出现危险。其主要遵循下列三个原理。

①安全存在原理:组成技术系统的各零件和部件之间的连接在规定载荷和时间内完全处于安全状态。这就必须做到:构件中受力、使用时间和使用环境是清楚的;选择的计算理论和方法、材料经过验证是可靠的;试验负荷要高于工作负荷;严格限制使用时间和范围。

②有限损坏原理:使用中,当出现功能干扰或零件出现断裂时,不会使主要部件或整机遭到破坏。这就要求失效的零件易于查找和更换,或者能被另一零件所代替,即采用安全销、安全阀等。例如,对于可能松脱的零件加以限位,使其不会因脱落造成机器事故。如图 2.9(a)所示,螺钉松脱后会落入机器内,机器不能正常工作。如图 2.9(b)所示,螺钉松脱时受到限位,不至掉入机器中。

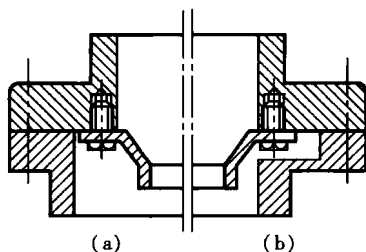


图 2.9 有限损坏原理

(a) 螺钉会落入机器内;

(b) 防螺钉会落入机器内

③冗余配置原理:当技术系统发生故障或失效时会造成人身安全或重大设备事故,为了提高机械设备的可靠性,常采用重复的设备系统。例如,飞机发动机的双驱动、三驱动和副油箱,压力容器中的两个安全阀等,一旦主功能失效,便可启动备用装置。

(2) 间接安全技术法

通过防护系统和防护装置来实现技术系统的安全可靠。防护系统应能防止机器在超负荷下工作,可自动脱险。例如,液压、气动系统中的安全阀,电路系统中的保险丝,机床中的安全离合器等,都是当设备出现危险或超负荷时,自行脱离危险状态。

(3) 提示性安全技术法

在事故出现以前发出报警和信号,提示人们注意。例如,提示灯、警铃等。

2.3.2 结构方案设计的基本原理

在结构设计中常会用到下述各项原理。

1. 任务分配原理

结构设计中必须根据所要求的分功能合理地选择载体,即选择零件以承担功能。

任务分配是指功能与载体之间关系的确定。任务分配有如下三种可能。

(1) 一个载体承担一种功能

功能与载体一一对应,便于达到“明确”“可靠”,便于实现结构优化及准确计算。

载荷分担就是将一个较大的或复合的载荷分流到不同零件或同一零件的不同部位上,从而达到降低应力、减少形变量的效果。

在图 2.10(a)中,尽量减小了轴外伸端长度,以减小轴承载荷并使结构紧凑。在图 2.10(b)中,皮带轮所受的力作用在两个轴承中间,可以减小轴承所受载荷。

(2) 一个载体承担多种功能

功能集中于一个载体,可以减少零件数量、减轻机器质量、降低成本。不同功能任务分配:

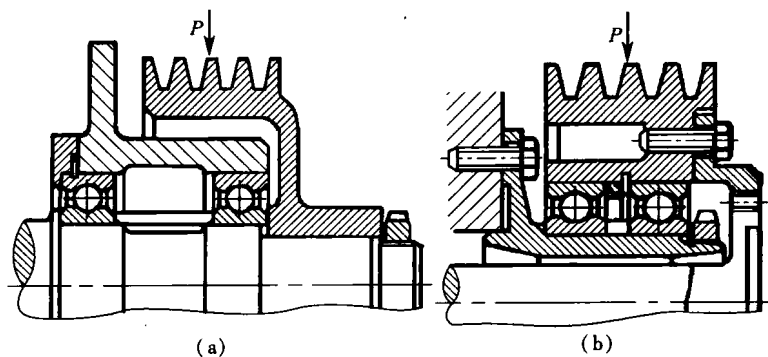


图 2.10 减小轴承负荷的结构

(a)减小了轴外伸端长度;(b)皮带轮受力作用于两轴承中间

①在同一零件中,可在不同位置采用不同材料分别承担不同功能。例如,蜗轮采用青铜齿圈与铸铁轮体的组合。

②当同一零件采用相同材料时,可在不同部位进行不同的热处理来承担不同的功能。例如,轴径表层淬火以增加耐磨性,而中间调质以保证较高的韧性,提高疲劳强度。

(3) 多个载体承担一种功能

多个载体承担同一种功能,可以减轻零件负荷,延长其使用寿命。当功率和尺寸达到一定限度时,就需要把同一种功能分配给若干个功能相同的构件来分担。例如,当只靠螺栓预紧产生的摩擦力来传递横向载荷时,会使螺栓尺寸过大,可通过增加抗剪元件,如销、套筒和端面键等,以分担横向载荷来解决问题。

2. 自补偿原理

系统元件通过本身结构或系统中的配置关系,在工作过程中产生加强功能或避免失效的作用,称为自补偿(或自助)。在自补偿结构中,工作总效应是由初始效应和辅助效应组成的。初始效应从结构本身产生,能保证系统正常工作;而辅助效应往往由系统工作过程中出现的力或压力作用下而得到的功能得以加强。

常见的自补偿原理的应用形式有自加强、自平衡和自保护三种。

(1) 自加强

当辅助效应与初始效应的作用方向相同时,系统的总效应加强。例如,图2.11所示为偏心夹紧机构的示意图。当在偏心轮手柄上加一个初始力 F_1 时,由于偏心的作用而获得一个初始的夹紧力 F 。工作时,工件1受到力 F_2 的作用,该力使工件与偏心轮之间产生一个使偏心轮顺时针转动的趋势,该趋势与力 F_1 的作用同向,故有增大夹紧力 F 的作用,且该作用随着 F_2 的增大而增大,所以夹紧可靠。注意,当方向相反时,则辅助效应恰好削弱初始效应,是不合理的。

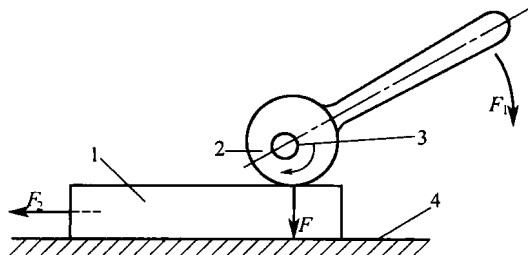


图 2.11 偏心夹紧机构的示意图

工作时,工件1受到力 F_2 的作用,该力使工件与偏心轮之间产生一个使偏心轮顺时针转动的趋势,该趋势与力 F_1 的作用同向,故有增大夹紧力 F 的作用,且该作用随着 F_2 的增大而增大,所以夹紧可靠。注意,当方向相反时,则辅助效应恰好削弱初始效应,是不合理的。

(2) 自平衡

在工作状态下,使辅助效应与初始效应相反,形成有利的平衡状态,以提高性能或克服不利的影响,即自平衡。