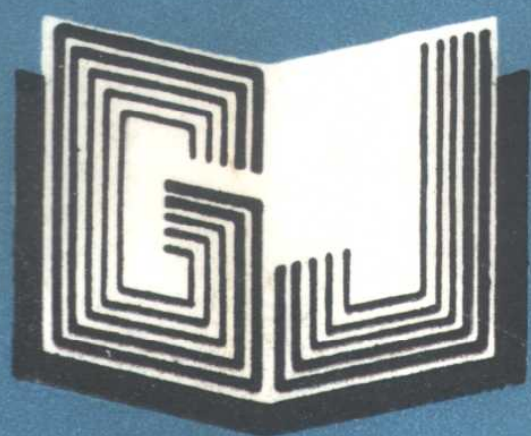




高等学校教材

泵站辅机与自动化

(第二版)

扬州大学水利学院 潘咸昂 编

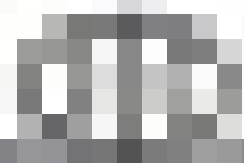




泵阀机械与自动化

— 2 —

—— —



高等学校教材



泵站辅机与自动化

(第二版)

扬州大学水利学院 潘咸昂 编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是根据水利部教学指导委员会水动专业组 1992 年在扬州召开的会议精神,修订编写的泵站辅助设备及自动化课程的新一版本科教材。

本书主要内容为大中型泵站的水、油、气三大系统和液压启闭机,还有水力量测系统及辅机自动化的内容,并尝试性地介绍了泵站特殊用途阀门,内容比较丰富和全面。在第二版又着重从新技术、新设备方面作了必要的充实。

本书作为泵站专业课的教材,对内容的实践性予以足够的重视,从设计理论和方法及工程实践均有较详细的论述,并附有设计算例,故本书也可作为泵站工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

泵站辅机与自动化/潘咸昂编. —2 版. —北京:中国水利水电出版社, 1999. 4

高等学校教材

ISBN 7-80124-992-5

I. 泵… II. 潘… III. 泵站-辅助系统-自动化-高等学校-教材
IV. TV675

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05737 号

书 作 出	名 者 版	高等学校教材 泵站辅机与自动化 (第二版) 扬州大学水利学院 潘咸昂 编 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
发 行 售	行 售	新华书店北京发行所 全国各地新华书店
排 印 规 版 印 定	版 刷 格 次 数 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京市密云县印刷厂 787×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 380 千字 1 插页 1989 年 11 月第一版 1999 年 10 月第二版 1999 年 10 月北京第四次印刷 4201—5200 册 16.20 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第一版前言

本书是根据原水电部水利水电教材编审委员会对第二轮高校教材的决定，按照《水利水电动力工程》专业培养目标的要求而编写的；同时还考虑了在大中型泵站工作的设计和运行技术人员的需要。

我国的机电排灌事业自 60 年代以来有了飞跃的发展，一大批大中型泵站在全国各地如雨后春笋般出现，在抗旱排涝、保证农业高产稳产中发挥了很大的作用。但是在大中型泵站中，除了主机外，必须有辅机（即辅助设备）才能保证泵站的优质稳定运行。迄今有关泵站辅助设备及自动化的书籍尚不多见，希望本书作为拙劣的开端能起抛砖引玉的作用。

泵站辅助设备有着不同于其它工业系统的辅助设备的特点，而且我国许多泵站已有 20 年左右的运行经验可资借鉴，这是在编写本书时首先予以考虑和要反映的；其次，泵站辅助设备的门类较多，系统各别，因此加强全书的系统性和逻辑性显得格外重要；此外作为一本教材，对于基础理论和基本概念也不能有所忽视，在编写过程中，曾得到武汉水利电力学院及江苏农学院有关同志的指导和帮助，特此鸣谢。在收集资料过程中，不少厂家和工程单位热情提供图纸资料，在此一并致谢。

全书由江苏农学院负责，江苏农学院潘咸昂副教授执笔编写第一至第五章，武汉水利电力学院蔡平高级工程师执笔编写第六章至第十一章，河海大学胡沛成副教授担任主审。

限于编者的业务能力和时间，书中难免有不到之处，甚至错误的地方，请各位专家、读者不吝指正。

编 者

1989.1.25

第二版前言

水利是国民经济的基础产业,随着工农业生产的飞速发展和人民生活水平的不断提高,水利建设的重要性日益显现和为人们所认识,投入了巨大的人力和物力。近年来一批大型泵站的动工兴建也是颇引人注目的,从太湖之滨的魏村泵站和江淮平原上的泰州引江河泵站,到晋西北的又一引黄灌溉壮举,可谓不胜枚举。生产的发展推动了泵站科学技术的进步,改革开放的国策又为引进国外新技术提供了十分有利的条件,所以与泵站相关的一批新产品、新技术不断涌现。

本书是水利水电动力工程专业的泵站辅助设备及自动化课程的教材,自第一版面世至今已有八年时间了。此次修订的原则经水利部教学指导委员会水动专业组研究同意,在原书的基础上,在大框架不变的情况下,更新内容、加强基础、修正错误,对每一段内容都进行了仔细地推敲,认真负责地修改好。

更动较大的几处有:新增第四章泵站特殊用途的阀门,这是有鉴于国外的泵站在此领域已有长足的发展,而国内才刚刚起步,编写出的材料可能比较肤浅,但目的在于启发创新精神,向国际水平靠拢。删去原第十章可控硅励磁装置,因本专业的袁家博副教授已于1991年出版了泵站可控硅励磁装置的专著,并列为该选修课的推荐书目。其他还有水系统水力计算的方法改用美国流体力学百科全书推荐的方法;液压启闭机增加了插装阀的内容,从基本回路到应用实例都有;并对水力量测仪表作了比较全面的内容更新。至于局部的修改为数甚多,无法一一列举,光新增图幅就约50张。辅机自动化除对自动化元件补充了新内容外,基本上保持原参编蔡平高级工程师的编写内容。

由于编者本人水平有限,错误不当之处在所难免,请读者不吝指正。

本书第二版的主审仍为胡沛成教授,江冰、张敬德副教授也做了大量工作,特此铭谢。张润田、王晓东二位高级工程师在本书编写过程中曾给予大力帮助,在此一并致谢。

编者

1999.7.10

目 录

第二版前言

第一版前言

绪 言..... 1

第一章 水系统..... 4

第一节 供水对象及其用水量的确定 4

第二节 技术供水对水压、水温及水质的要求 11

第三节 供水方式及系统图 14

第四节 供水设备选择及布置 18

第五节 管网水力计算..... 24

第六节 不用冷却水的轴承 37

第七节 泵站排水的对象和任务 39

第八节 排水量计算与排水设备选择 41

第九节 排水系统布置方式与系统图 43

第十节 水系统的可靠性分析与提高可靠性的途径 47

第十一节 供排水系统图设计实例 50

第二章 油系统 53

第一节 泵站用油的种类和作用 53

第二节 泵站用油的基本性质 56

第三节 油的净化处理..... 60

第四节 油系统设计 64

第五节 油系统的水力计算 72

第六节 油系统的布置及保安防火要求..... 77

第七节 泵站油压装置..... 78

第八节 液压减载装置..... 86

第三章 气系统 91

第一节 活塞式空气压缩机工作原理 91

第二节 活塞式空气压缩机的构造 97

第三节 高压空气系统 102

第四节 低压空气系统 109

第五节 真空破坏阀的选择计算 114

第六节 水力真空破坏阀 119

第七节	压缩空气系统设计与布置	121
第八节	抽真空系统的作用和原理	123
第九节	抽气量计算	125
第十节	水环式真空泵	130
第四章	泵站特殊用途的阀门	133
第一节	液控蝶阀	133
第二节	缓闭止回阀	135
第三节	速闭止回阀	136
第四节	新型安全阀	137
第五节	自动控制阀	142
第五章	液压启闭机	145
第一节	泵站对液压启闭机的工作要求	145
第二节	简单的液压启闭机的油路系统和动作过程	147
第三节	液压闸门的结构布置方式	147
第四节	液压系统的控制阀	149
第五节	液压系统基本回路	156
第六节	液压启闭机典型油路系统分析	162
第七节	液压启闭机的主要部件构造	167
第八节	液压启闭机的设计计算	174
第九节	液压启闭机产品技术参数	179
第六章	水力监测系统	182
第一节	泵站水力监测的目的和内容	182
第二节	水位测量	182
第三节	主泵扬程测量	187
第四节	主泵流量测量	191
第五节	水力监测系统的选择设计	196
第七章	自动化概论与自动装置元件	199
第一节	自动控制系统	199
第二节	自动化元件概述	202
第三节	转速、温度和压力信号器	202
第四节	液位和液流信号器	207
第五节	电磁阀和配压阀	211
第八章	辅助设备的自动控制系统	218
第一节	自动控制系统的图例及符号	218
第二节	油压装置的自动控制	220
第三节	压缩空气装置自动控制	223

第四节	技术供水装置自动控制·····	225
第五节	集水井排水装置自动控制·····	227
第九章	水泵机组的自动操作·····	229
第一节	机组润滑系统和冷却系统自动化·····	229
第二节	机组制动系统自动化·····	230
第三节	出口闸门控制系统自动化·····	231
第四节	水泵机组的自动操作·····	233
附录一	水力机械系统图图形符号 (SDJ209—82)·····	244
附录二	SZ—2、SZB 型真空泵性能·····	248
附录三	各种温度时的水蒸气饱和气压及密度·····	249
附录四	CY14—1B 型柱塞泵的技术规格·····	250
附录五	QPPY II 系列液压启闭机技术参数·····	251
参考文献	·····	254

绪 言

一、泵站辅助设备及自动化的研究对象和内容

机电排灌在我国农田水利事业中占有重要位置,是建设高产稳产、旱涝保收农田的一项长期的、带根本性的有效措施。以江苏省为例,排灌动力现有 458 万 kW,为建国初的 100 倍;排灌面积现有 6091 万亩,占全省耕地面积的 86%。全国机电排灌总动力已超过 6000 万 kW,其中有一批大型电力排灌站,由于技术先进,排灌能力大,所以效益显著。自我国第一座大型排灌站——江都排灌站于 60 年代初建成之日起,在嗣后的 10 年中,从东南沿海至西北高原,在湖北、湖南、广东、陕西、甘肃等许多省内纷纷继起修建大站;其中既有低扬程大流量的泵站,也有高扬程中小流量的泵站。从规模上看,以江苏省皂河泵站为最大,它采用两台全调节立轴斜流泵,转轮直径 5.7m,设计扬程 6 m,单泵出流量 $97.5 \text{ m}^3/\text{s}$,配套电机 7000 kW。其他著名的大型泵站还有湖北凡口泵站,为 4 m 直径轴流泵,设计扬程 9.5 m,单泵流量 $53.5 \text{ m}^3/\text{s}$,配套电机功率 6000 kW;陕西东雷泵站工程,累计总扬程 311 m,总装机 11 万 kW,其二级站单级扬程在 200 m 以上,单机容量为 8000 kW。

大型泵站的特点之一是它们都有一套较完整的、较现代化的辅机系统,泵站自动化程度较高,从而为主机组获得最佳技术经济效益、持久地安全可靠地运行创造了必要的条件。例如皂河泵站的辅机设备分油、气、水三个系统。油系统主要设置有 9 m^3 容量的油压装置,额定油压为 400 kPa,用于调节水泵轮叶;还有润滑油处理装置,高压油顶转子装置和操纵液动检修闸阀装置。气系统划分高压和低压,高压气供油压装置补气之用,低压气作为电机刹车、主泵围带充气、风动工具用气。供水系统为解决机组、生活及消防用水;排水系统主要是为检修和调相而设置,供排结合运行。另外,皂河泵站采用平板快速钢闸门断流,启闭设备为双缸上顶式液压启闭机。

由此可见,大型泵站辅助设备的内容十分广泛,不但是油、气、水系统俱全,而且还有相当数量的各种用途的液压设备。

泵站自动化是利用一系列自动化元件或装置,对泵站中的机电设备的工作状况进行自动监视,对泵站运行过程中的电的和非电的参数实现自动检测,对机组的启动、停机和调节实现自动控制,对运行过程中可能发生的事故进行自动保护。根据自动化程度的不同,通常可以分为全自动化、半自动化和综合自动化泵站。

江都排灌站是采用远动装置的泵站群控自动化泵站,能在总控制室内对 4 座排灌站和一座变电所的电、电压、功率、压力、温度、叶片角度及水位等各种数据集中观测和定时自动打印制表;对各站(所)内各台主机、辅机及油开关进行遥控;当站(所)发生事故时,能将事故性质用光字牌在总控制室内表明,同时发出音响警报;在总控制室内还能对叶片角度和励磁电流进行调节,被调对象连续把被调参数送至总控制室内以数字显示

出来。

二、本课程的学习方法与要求

本课程内容的覆盖面较宽，因此涉及的学科门类比较广泛，从活塞式空气压缩机的构造到供排水管路的设计，以至液压元件的构造与各种基本液压回路的功能解析，还有可控硅励磁装置的原理与调试和水泵机组及其辅助设备的自动控制与自动操作等，都包括在本课程的内容中。因此，学习本课程时，需根据横向学科特点，善于从有关学科中撷取有用的知识为本课程目的服务；其次，本课程是一门实用性与综合性很强的专业课，因此在学习本课之前，需先学完水泵及水泵站、泵站电气设备、电子技术、数字技术和非电量的电测技术等有关课程，并通过生产实习具备一定的泵站运行知识；最后泵站辅助设备及自动化是为主机组服务的，辅机的工作好坏最终要从主机体现出来（使主机处于最好的技术状态，持久并安全地运行），因此辅机系统及自动化的设计，必需结合主机和泵站的具体情况，做到因地制宜。

通过对本课程的系统学习，包括实习、实验和课程设计等教学环节的锻炼，要求对泵站辅助设备及自动化建立起清楚的概念，能根据泵站具体条件，进行油、气、水系统的设计，水泵机组的自动化接线，可控硅励磁装置的调试，并对辅机系统在运行中出现的问题有能力进行分析和制订出实施方案。

三、泵站辅助设备及自动化的地位及前景

泵站辅助设备是大型泵站中不可缺少的组成部分。好的主机必须有好的辅机系统与之配合，才能相得益彰，发挥出最大作用。其中理由是很清楚的，因为如果今天冷却水系统出现故障，使轴承温升增高；明天油压装置出现故障，使水泵叶片不能调节，那么主机就无法正常运行。又据大型泵站的运行实践表明，辅机的故障率远高于主机，因此对于泵站辅机系统的设计和运行工作，应给予充分的重视。

泵站辅助设备还在泵站自动化中起到中间纽带的作用。例如虹吸式出水流道的水泵机组的停机自动化，是通过控制压缩空气去打开真空破坏阀而实现的。又如为了实现离心水泵的开机自动化，需对泵壳的抽真空系统进行控制。随着泵站自动化水平的不断提高，还将对泵站辅助设备提出新的要求。所以要实现泵站自动化，必需以泵站辅助设备为基础。而要管理好泵站辅助设备，也必需掌握其自动操作过程。本课程起到了使这两部分内容互相沟通的作用。

泵站自动化是当前泵站管理运行现代化的发展趋势。众所周知，泵站实现自动化以后，大大加快控制、操作过程，避免误操作，防止运行事故，提高了设备工作的可靠性；自动装置可以使泵站运行在最佳状态，从而节省能耗，提高设备的利用率和延长设备寿命；泵站自动化以后，运行人员的职责从过去的直接参与操作、调节和检查设备，改变为通过自动装置监视设备的工作和泵站的工况，大大降低了劳动强度，同时也可大大减少运行人员，提高劳动生产率。

近年来，我国泵站自动化已从单个对象的自动控制发展到整个机组的自动控制；从强电就地控制发展到弱电集中控制和无触点控制；从单个泵站的自动化发展到采用远动装置

的泵站群控自动化和梯级泵站群自动化。目前不少泵站年运行时数很少，占用了相当多的运行管理人员，在提高泵站自动化水平后，可以实现少人值班或无人值班，这对泵站的运行管理是有积极意义的。泵站节能、提高泵站的经济效益是当前泵站运行管理中的重要课题之一，如果不采用自动化装置，不采用计算机技术，从某种意义上讲是困难的。

我国南水北调的东线工程，将建设一批大型提水泵站，对该系统的科学管理与运行必将依赖于现代的自动化设备。新的泵型和装置，如大型贯流泵和大型卧式轴流泵装置的出现，也将为泵站辅助设备提出新的任务，并推动辅机的生产与科研向前发展。

第一章 水 系 统

泵站的水系统由供水和排水两个部分组成。供水部分包括技术供水、消防供水和生活供水。供给生产上的用水称做技术供水，主要是供给主机组和某些辅助设备的冷却润滑水，如同步电动机的空气冷却器冷却用水、推力轴承和上下导轴承的油冷却器冷却用水、水泵油导轴承的密封润滑水和水泵橡胶轴承的润滑用水，以及水环式真空泵工作用水和水冷式空气压缩机冷却用水等。技术供水量在全部供水量中所占比例一般可达 85% 左右，本章主要介绍技术供水。

泵站在抽水、调相和检修过程中，需要及时排除泵房内各种渗漏水、回水和积水。其中除一部分可自流排出泵房外，大部分需借助排水系统予以排出。

第一节 供水对象及其用水量的确定

一、同步电动机空气冷却器的冷却用水

在泵站上使用的大型立式三相同步电动机的散热通风方式一般有三种：开启式、半管道式和密闭自循环式。800 kW 的 (TL800—24/2150 型) 和 1600 kW 的 (TL1600—40/3250 型) 电机为开启式通风方式。3000 kW 的 (TL3000—40/3250) 为半管道式通风方式，这种通风方式的电机转子的上方和下方都装有风扇，冷空气自上下机架吸入电机，一部分经定子线圈端部及定子铁芯内圆表面，另一部分经过空气隙及定子槽口处的空隙（定子铁芯沿高度分为若干段，每段长约 40~50 mm，段与段之间以“工”字形衬条隔成通风沟）从定子径向风道逸出，用通风机排出泵房外，由于在通风全途径中有部分管道，故称作半管道式，江都三、四站的通风方式即此。开启式通风方式则较简单，它不设通风管道与通风机，电机升温热量直接散发在泵房内，如江都一、二站，因此泵房温度较高。

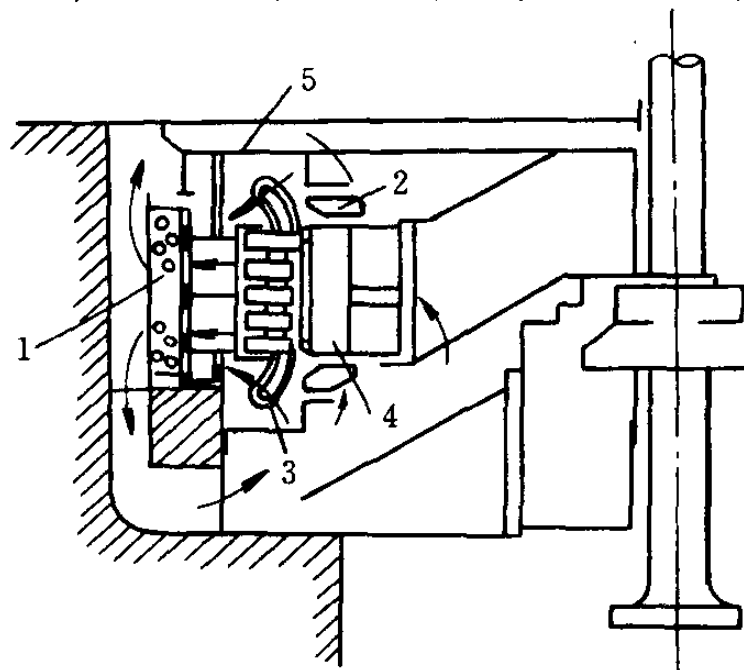


图 1-1 电机密闭自循环通风方式
1—空气冷却器；2—风扇叶；3—定子；
4—转子；5—导风罩

机升温热量直接散发在泵房内，如江都一、二站，因此泵房温度较高。

容量大的电机，如皂河泵站的 7000 kW 电机 (TL7000—80/7400) 和凡口泵站的 6000 kW 电机，采用密闭自循环通风方式 (图 1-1)。灯泡式贯流泵机组也是如此。这种方式是把电动机周围空间加以封闭，使其中贮存着一定体积的空气，并在电机四周装设若干个空气冷却器，一般为 4~8 只。电机旋转时，装在转子上的风扇强制空气流过转子线圈，再由定子中心的通风沟排出。因此机壳中原有冷空气吸收了电机线圈和铁芯散发的热量后成为热空气。热空气在通过冷却器受到冷却后变成冷空气，然后重新进入电机内。

如此循环，即可将电机因电磁损失而产生的热量发散出机外。

空气冷却器由一组铜合金管子组成，铜管四周绕有弹簧形的细铜丝，以增加吸热面积。管中通有循环冷却水。

热空气的温度一般升高至 60℃，经过空气冷却器冷却后降至 35℃。而冷却水的进出口温差一般为 2~4℃。空气的温差和水的温差都与冷却器的冷却效应有关，在同等条件下，效应好的冷却器能达到较大的温差，故而耗水量较低。某站有 2 台额定功率相同的电机，配有不同的空气冷却器，据现场实测的运行资料为：

项 目	5# 机	3# 机
热风平均温度 (℃)	66	50
冷风平均温度 (℃)	24	31
温 差 (℃)	42	19
冷却器数量 (%)	100	150
设计冷却水量 (%)	100	185

由此可见，不同的冷却器的效应差别是很大的，温差几乎相差一半。因此，改善冷却器的冷却效应，提高冷却效果是保证设备安全运行、节电节水的关健，亦是做好供水系统设计的基本条件。

电机根据其绕组的绝缘等级对温升提出要求，一般要求空气吸热后的温度不超过 60~70℃。如温升过高将限制其能力的发挥，达不到额定功率；相反，降低温升是电机超载运行的必要条件。

根据热量平衡条件，可得出每台电动机的空气冷却器的用水量为

$$Q_k = \frac{3600\Delta N_e}{\rho c \Delta t} \quad (1-1)$$

$$\Delta N_e = \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} N_0$$

式中 Q_k ——空气冷却器用水量， m^3/h ；

ΔN_e ——空气冷却器所需散发的电机损耗功率（不包括轴承损耗），或称电磁损耗功率， kW ；

N_0 ——电动机的额定功率， kW ；

η_e ——电机效率，国产大型立式三相同步电动机效率为 90.5%~95%；

ρ ——水的密度， T/m^3 ；

c ——水的比热容，近似于 4186.8J/(kg·K)；

Δt ——冷却水在空气冷却器的进口与出口处的温差，与冷却器的效应优劣有关，一般为 2~4℃。

在设计中常常采用厂家提供的冷却水用量的资料，此时需注意它一般是以进水温度为 25℃，机组带最大负荷连续运转时产生的最大热量为依据。如进水条件不符，应进行折算，图 1-2 所示为当水温低于 25℃时冷却水量的折减系数。

下面介绍一个经验公式。适用大型电机，即

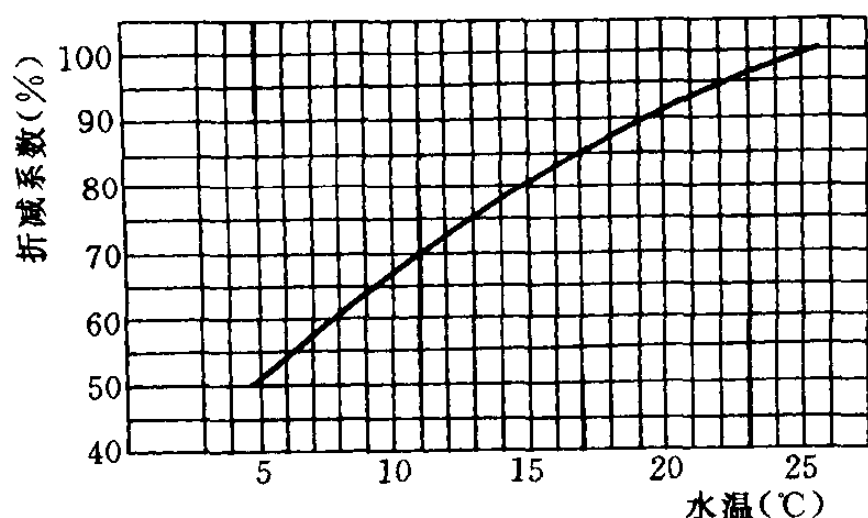


图 1-2 水温低于 25℃ 时冷却水量的折减系数

$$Q_k = 8.5 N_0 \left(\frac{1 - \eta_p}{0.025} \right) \times 10^{-3} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (1-2)$$

式中符号含义同前。

一台电动机有多个空气冷却器，如 TL7000—80/7400 型电机共有 8 个，其布置方式如图 1-3 所示，即分为 4 组，每组 2 只串联，这 4 组并联于进出水管之间，所以上面讨论的冷却水量实际上是进出水总管中的水流量。

二、轴承油冷却器的冷却用水

大型立式电机的推力轴承及上下导轴承在运转时产生机械摩擦，此损失以热能的形式积聚在轴承中，由于轴承是浸在润滑油中的，故热量将由轴承传入油内。此热量必须及时排出，否则将影响轴承寿命及安全，并加速油的劣化。一般在轴承油槽中装设由一组 $\phi 19/\phi 17$ 铜管构成的油冷却器（图 1-4），其中通过水流、冷却润滑油，使轴承不致过热。

油冷却器的冷却用水量可按轴承摩擦所损耗的功率进行计算。对于推力轴承有

$$Q_T = \frac{3600 \Delta N_{ft}}{\rho c \Delta t} \quad (1-3)$$

$$\Delta N_{ft} = P f v \times 10^{-3} \quad (1-4)$$

式中 Q_T ——推力轴承油冷却器用水量， m^3/h ；

ΔN_{ft} ——推力轴承损耗功率，kW；

P ——推力轴承荷重，由轴向水推力和机组转动部分重量组成，N；

v ——推力轴瓦上 2/3 直径处的圆周速度，m/s；

f ——推力轴承镜板与轴瓦间摩擦系数，其数值大小与液体摩擦条件有关，一般为 0.001~0.01，在计算中，建议按 $f=0.003\sim0.004$ 考虑；

ρ ——水的密度， T/m^3 ；

Δt ——冷却水在油冷却器的进口与出口处的温差，一般为 2~4℃。

当技术资料比较充分时，推力轴承损耗功率可按式计算

$$\Delta N_{ft} = K_f \sqrt{\frac{\mu v}{PL}} p v L B n K \times 10^{-3} \quad (\text{kW}) \quad (1-5)$$

式中 K_f ——推力瓦形状系数， $K_f \approx 1.8 + L/B$ ；

μ ——平均油膜动力粘度， $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ，与其温度有关，设推力瓦进出口之间油膜温升为 20℃，油温为 60℃，则平均油膜温度等于 $60 + 20/2 = 70$ (℃)；

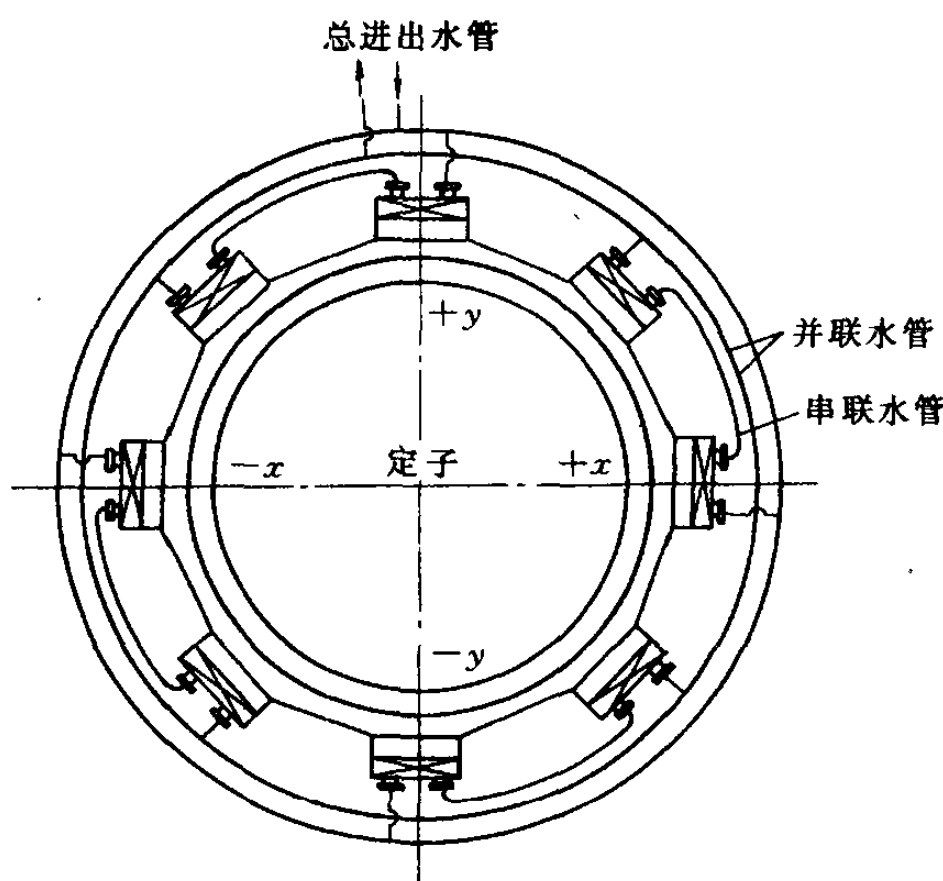


图 1-3 空气冷却器的联接布置

v ——平均圆周速度, m/s;

P ——平均面压, Pa;

L ——推力轴瓦平均长度, m;

B ——推力轴瓦宽度, m;

n ——推力轴瓦数量;

K ——修正系数, 因系低速轴承, 取 1.2。

电动机上下导轴承油冷却器用水量各为推力轴承的 10%~20%。

当资料齐全时, 瓦块式导轴承的损耗可用下式计算为

$$\Delta N_{fd} = K \mu n v^2 \frac{BL}{G} \times 10^{-3} \text{ (kW)} \quad (1-6)$$

式中 ΔN_{fd} ——瓦块式导轴承的损耗功率;

G ——轴瓦间隔, m;

L ——轴瓦高度, m;

B ——轴瓦宽度, m;

n ——轴瓦数;

v ——圆周速度, m/s;

K, μ ——同上式, 取 $K=1.20$; 对常用透平

油, 油温为 50°C 时, $\mu=35 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 左右。

油冷却器的必需冷却面积可按下式计算:

对推力轴承

$$F = \frac{\Delta N_{ft}}{k(\bar{t}_{hu} - \bar{t}_s)} \times 10^3 \text{ (m}^2\text{)} \quad (1-7)$$

式中 F ——油冷却器必需冷却面积, m^2 ;

ΔN_{ft} ——推力轴承损耗功率, kW;

$\bar{t}_{hu}$ ——散热前后润滑油平均温度, $^\circ\text{C}$, 约为 $46 \sim 51^\circ\text{C}$;

$\bar{t}_s$ ——进水与出水的冷却水平均温度, $^\circ\text{C}$, 在南方取 27°C , 在北方取 22°C ;

k ——总传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $k=115 \sim 150 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 与冷却器材质及构造形式有关, 对不同的冷却器有不同的 k 值, 由制造厂家提供。

F 得知后, 可按 $F = z\pi dL$ 求出冷却水管管径和根数。 z 为冷却水管根数, d 为水管内径, L 为单根水管长度。

据经验, 当冷却水自然温度 $t \leq 25^\circ\text{C}$ 、冷却水管内流速 $v \geq 1.2 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 时, 每千瓦摩擦功率需 $\phi 19/\phi 17$ 铜管 $4 \sim 5 \text{ m}$ 进行冷却。

皂河泵站主泵推力轴承油冷却器的布置情况如图 1-5 所示, 电动机额定功率为 7000 kW , 在推力轴承油槽中有 8 个冷却器, 全部是串联。

三、主水泵的润滑用水

目前, 大型水泵轴承结构有两种类型: 一种是橡胶轴瓦, 用水润滑; 另一种是合金轴

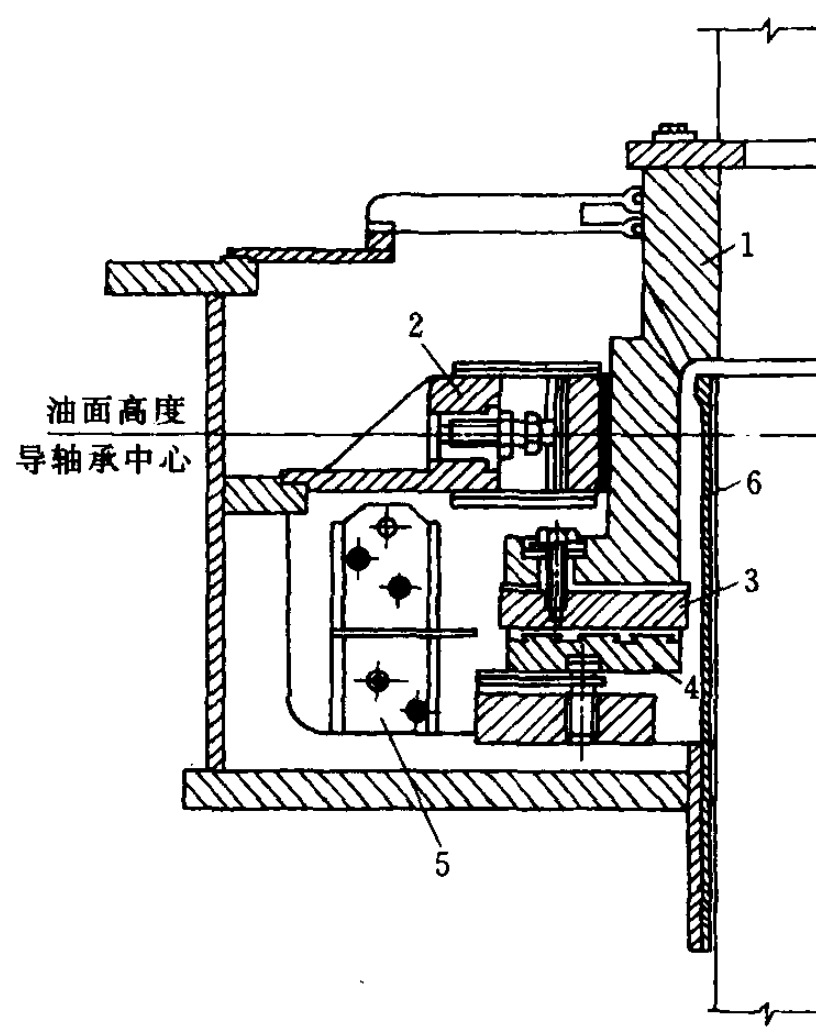


图 1-4 立式电动机的油冷却器
1—推力头; 2—导轴承; 3—镜板; 4—推力瓦块; 5—油冷却器; 6—挡油圈

瓦，用油润滑，形式有毕托管式或螺旋油槽式。对后者除了需要向置于油盆内的油冷却器供应冷却用水外，尚需向其防水密封装置供应润滑用水，因为密封装置大都是用橡胶圈止漏的。

例如江都一、二站的主泵导轴承是橡胶轴承，而三、四站是油导轴承。皂河站主泵也是油导轴承。

1. 橡胶导轴承的润滑用水

橡胶轴承的润滑水通过水管引入轴承上端，流经轴瓦与轴颈之间形成水膜，维持轴与轴瓦之间相对运动时的液体摩擦，最后由下端流出，完成润滑任务（图 1-6）。橡胶轴瓦在供水中断时，产生大量热量，将导致橡胶轴瓦烧毁，使机组无法工作，因此供水必须十分可靠。但轴流泵的橡胶导轴承位于流道内部，当水泵抽水时，轴承浸没在水中；现在的橡胶导轴承一般只有上密封，而无下密封，上密封还可能漏水，因此某泵站的润滑水供水支管坏了，却未酿成烧瓦事故。

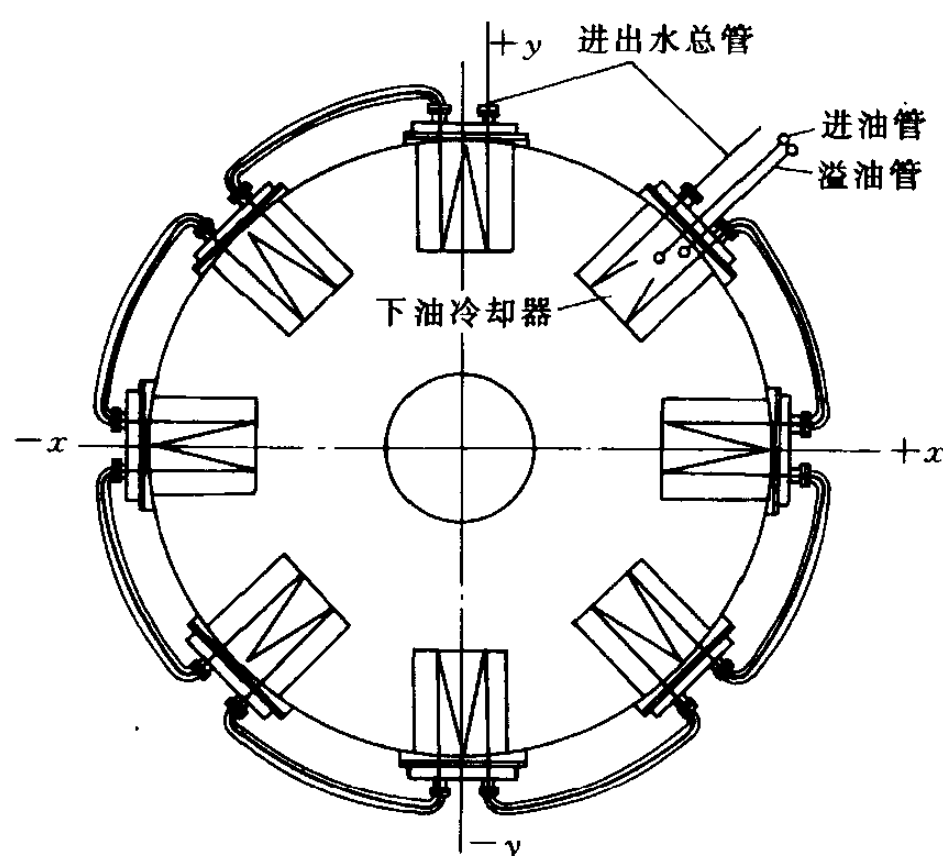


图 1-5 推力轴承油冷却器的布置

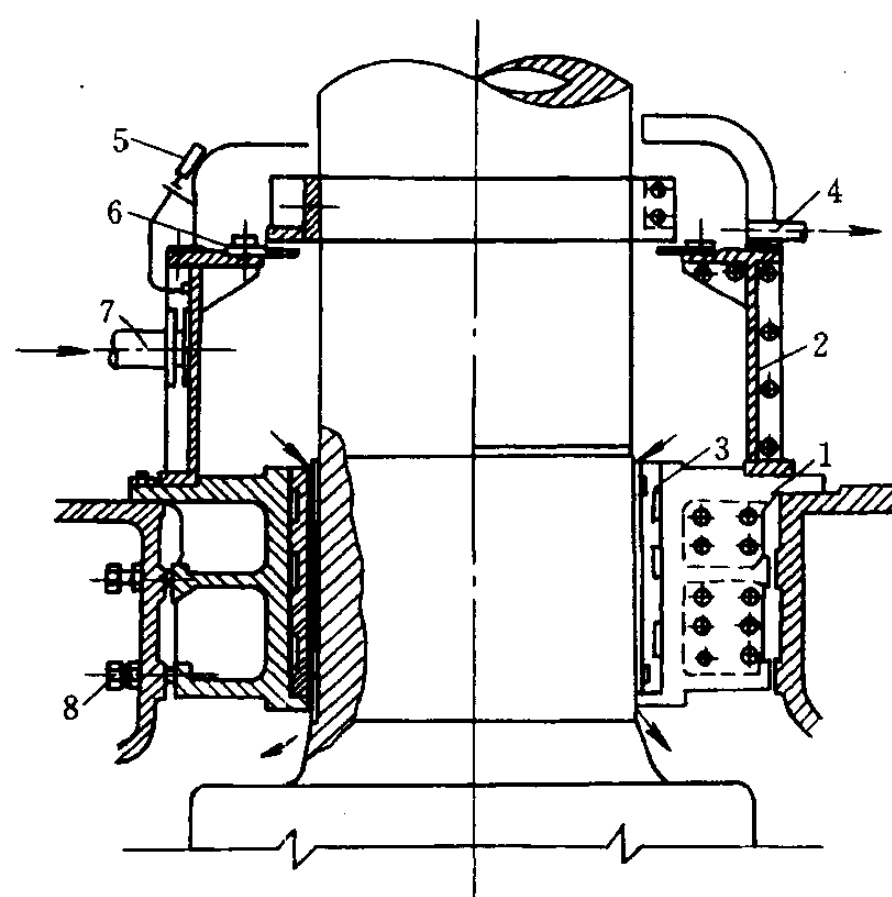


图 1-6 水润滑橡胶导轴承

1—轴体；2—润滑水箱；3—橡胶瓦；4—排水管；
5—压力表；6—轴承密封；7—进水管；8—调整螺栓

采用外部供水的目的主要是为了改善润滑水的水质，含有粗颗粒硬质泥砂的水会造成主轴的严重磨损，这是不允许的，所以必须对来水澄清后方能使用。如果水质较好，有的轴流泵（如 64ZLB—50）允许直接用流道中的水作润滑之用，仅在调相运行工况时，才启用外部压力水。

橡胶轴瓦在正常转速下所需的润滑水量可由下式计算

$$q_{sh} = \frac{9.8 B l D_p u^{3/2}}{\rho c \Delta t} \quad (1-8)$$

式中 q_{sh} ——橡胶轴瓦润滑水量，L/s；

D_p ——橡胶轴承内径，cm；

B ——系数，与主轴的圆周速度有关，见图 1-7，一般取 0.18 左右；