



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA



高压直流输电 岗位培训教材

辅助设备

国网运行有限公司 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

高压直流输电 岗位培训教材

辅助设备

国网运行有限公司 组编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为《高压直流输电岗位培训教材》丛书之一,分5部分23章,阐述了关于阀冷却系统、空调系统、消防系统、站用电交流系统和站用电直流系统的安装、调试、操作、巡检、维护及故障处理等方面的要求和注意事项等。

本书可供高压直流输电岗位运行、检修技术人员及管理人员参考,也可作为相关专业院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

辅助设备/国网运行有限公司组编. —北京:中国电力出版社, 2009

高压直流输电岗位培训教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8519 - 8

I. 辅… II. 国… III. 高电压 - 直流系统 - 输电线路 - 辅助系统 - 技术培训 - 教材 IV. TM726.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 024980 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年4月第一版 2009年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 14.75印张 328千字

印数 0001—3500册 定价 36.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《高压直流输电岗位培训教材》

编 审 委 员 会

主 编 崔吉峰

副主编 李 东 王守东 陈秋安 王晓希

娄殿强 罗德彬

编 委 余克武 余振球 刘 涛 唐开平 殷俊新

李继辉 仝培理 习超群 王聿升 王世民

胡开军 刘国云 丁子健 李安伟

各分册编写人员

变压器设备

饶洪林	周 广	吴 聪	谭 静	陈 飞	靳海路	王 枫	陈大军
余珊珊	赵福莉	郑 华	黄瑶玲	张 勇	戚 菲	李 浩	张 念
张 益	张海燕	李 君					

换流器及直流控制保护设备

吴 鹏	汪 涛	陈 凯	王丽娜	摆 亲	陈 晓	吴 宁	王紫鑫
许立新	吕拦坡	赵 杰	李 彪	付纪华	姚 孟	俞晓冬	孙 瑾
姚其新	韩情涛	贺霖华	李 君	刘蓓蒂	刘 浔	李凤祁	

开关设备

戴晨蓉 廖文锋

线路设备

曹 亮 李浙涛 刘庭波 吴秀海 胡 风

通信设备

马树明 欧阳兰 吴 军 朱煜冰 李 晶

互感器、滤波器及避雷器设备

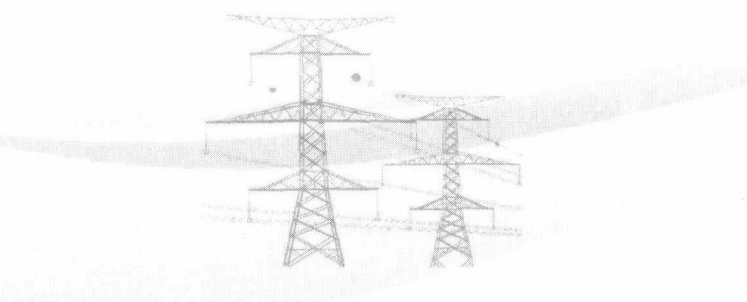
王 鹏	黄 晨	钱 龙	胡锦涛	康 文	石伟峰	李华兵	毛志平
黄岳奎	吴 鹏	汪 涛	陈 凯	王丽娜	摆 亲	陈 晓	陈炳华
顾舒扬							

辅助设备

周建国	张 昕	饶 磊	魏华兵	李龙蛟	廖卉莲	康 文	石伟峰
黄 晨	邹根海	苏 飞	陈 凯	汪 涛	吴 鹏	王丽娜	摆 亲
陈 晓	王紫鑫	汤晓峥					

交流保护设备

沈志刚	单 哲	郝跃东	汪道勇	李锋锋	徐 兵	商少波	郑 华
黄瑶玲	赵福莉	周建国	张 昕	黄正发	姚青强	吕拦坡	姚 兵

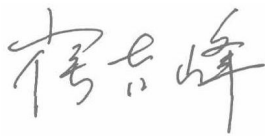


序

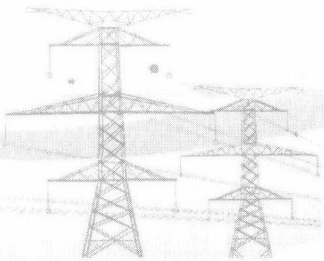
1989年，中国第一条超高压直流输电工程葛洲坝—南桥直流输电工程建成投产，直流输电技术在中国稳步发展。进入21世纪后，随着三峡电力送出和跨区电网大规模发展，中国直流输电工程也得到较快发展。目前，中国直流输电无论容量还是技术水平均已走在世界前列，今后还将有一大批直流输电工程投运，直流输电在电网中的作用越来越重要。

由于直流输电工程技术及设备的特殊性，工程运行维护较交流工程有很大不同，随着后续直流输电工程的快速发展，直流输电运行维护培训需求大大增加。因此，编写有关直流输电工程生产岗位培训教材是当前直流输电工程发展所急需的，对提高在运直流输电工程的运行可靠性也具有重要意义。国网运行有限公司是国内运行维护直流工程最早、数量最多、容量最大的专业电网运行公司。为了全面提高国内直流输电工程运行维护工作水平，公司组织了数十名长期从事直流输电运行、检修的技术人员，在充分总结在运直流工程运行经验的基础上，前后经过长达两年的时间编写完成了理论结合实际设备、全面系统、实用性较强的《高压直流输电岗位培训教材》。

这套教材共分八册，系统地对直流输电相关设备的原理、结构、技术特点进行了详细的描述，并进而对设备的巡视检查、检修试验等运行维护工作要求和特点进行了总结。它的出版发行将为从事直流输电运行维护、设计、安装、调试和直流输电设备制造、直流电网生产管理和调度管理等方面的技术人员和生产管理人员提供很好的技术参考。期望它能够对提高我国常规直流输电工程和特高压直流输电工程生产运行水平起到重要作用，从而为建设坚强国家电网作出贡献。



2008年12月



前言

高压直流输电技术起步在 20 世纪 50 年代,到 80 年代,全世界共建成了 30 项直流输电工程,直流输电在电网中发挥了重要作用,直流输电控制保护技术得到进一步的发展和完善。迈入 90 年代以后,随着电力电子技术、计算机技术和控制理论的迅速发展,高压直流输电技术日益完善,可靠性得到提高。

我国直流输电技术同样是在 80 年代得到发展的,建成了我国自行研制的舟山直流输电工程(± 100 千伏,100 兆瓦,55 千米)和代表当时世界先进水平的葛洲坝—上海(简称葛上) ± 500 千伏直流输电工程。90 年代,随着三峡工程的建设,三常、三广、三沪直流工程相继投运。2004 年,我国第一个背靠背直流工程,同时又是一个直流设备国产化示范工程——灵宝背靠背直流工程顺利建成,标志着中国已经逐渐成为世界上运行直流工程数量最多、容量最大、线路最长的直流输电大国。

据预测,至 2010 年全国发电装机总容量将达到 8.4 亿千瓦左右,2020 年将突破 12 亿千瓦左右。将新建电源的电安全、稳定、可靠、经济地送出是我国电网建设的基本任务,并应在此基础上逐步改善电网结构、推进全国联网,这使得电网的发展比电源建设更具挑战性。特别是在西电东送工程中,直流输电本身适宜远距离输送、送电容量大、易于控制和调节的特点将发挥极其重要的作用。根据《国家电网公司特高压电网规划》,到“十一五”末,规划投产的直流背靠背工程包括东北华北背靠背、灵宝背靠背(扩建)、中俄背靠背、福建广东背靠背四个项目,以及德阳—宝鸡、呼盟—辽宁、晋东南—江苏、宁东—潍坊、蒙古—天津、俄罗斯—辽宁、西藏—青海、葛沪改造八个项目。到“十一五”末,国网公司系统直流输电工程将达到 17 个、换流站 28 个,输送容量达到 4005 万千瓦。到“十二五”末,国家电网公司将有 8 个直流系统建成投产,包括向家坝—上海、宁东—济南、四川—湖南、锦屏—江苏、蒙古—唐山、溪洛渡—湖南、溪洛渡—浙江、蒙古—山东。直流工程总数将达到 25 个、换流站 44 个,输送容量达到 8085 万千瓦。“十三五”期间,国家电网公司规划建设投产的直流系统还有 14 个,直流输电工程将达到 39 个、换流站 72 个,输送容量达到 18 745 万千瓦。国内南方电网公司在运的天生桥—广州、安顺—肇庆、兴仁—深圳三个直流输电工程,总输送容量 780 万千瓦,此外在“十一五”末还将完成云广特高压直流输电工程,总输送容量达到 1420 万千瓦。

随着大批直流输电工程投运,直流输电工程的运行维护和生产管理工作显得日益重要,特别是随着近年来直流工程数量和容量的快速发展,直流工程运行维护也不再局限于专业的直流电网运行公司,各网省公司将更多地参与直流输电工程运行维护和生产管理工作。正是为了满足我国直流输电工程生产运行的需要,国网运行有限公司总结了近 20 年来在直流输电工程中运行维护的经验,结合直流输电设备特点,全面系统地编制了我国第一套专门针对直流输电岗位的培训教材。

本套教材共分八册，其主要内容有：变压器设备，换流器及直流控制保护设备，开关设备，线路设备，通信设备，互感器、滤波器及避雷器设备，交流保护设备，辅助设备等。系统地对直流输电工程中的上述设备的结构、原理、技术特性、运行维护工作内容和要求等进行了详细说明。本套教材在大量收集、整理、分析国网系统在运直流输电工程运行技术资料的基础上，结合现场运行维护经验，按照设备类别对直流输电工程的运行维护岗位专业技能进行了详细说明，是从事直流输电运行维护和生产管理人员学习直流输电原理、设备特性、控制原理和运行维护内容的岗位技能教材。同时本书也可用于直流输电工程设计、安装、调试、调度管理、设备厂家及相关直流输电工程生产管理人员使用。

为了编制好本套教材，国网运行有限公司充分发挥专业直流输电工程运行维护公司的特点，仔细分析直流输电各岗位的技术技能需求，自 2007 年 10 月开始进行编制，经过了多次讨论修改，数易其稿，最后于 2008 年 10 月完成了本套教材的编写工作。本书的编写人员均是有着丰富的直流输电工程现场工作经验、熟悉直流输电工程设备技术和生产管理的专业人员。运行公司所属宜昌、上海、惠州、三门峡四个管理处，共 9 个换流站的近百名专业技术人员参与了教材编写。

本书在编写过程中得到了国家电网公司、设备制造厂家、各技术监督单位的大力支持，特在此表示感谢。限于我们的水平和经验，书中难免存在缺点和不足，望读者批评指正。

编 者

2008 年 11 月

目 录

序
前言

第一部分 阀冷却系统

第一章 阀冷却系统介绍	2
第一节 系统组成及功能介绍	2
第二节 系统设计	9
第二章 阀冷却系统安装和调试	12
第一节 内冷水系统的安装和调试	12
第二节 外冷水系统的安装和调试	14
第三章 阀冷却系统运行操作和巡检	18
第一节 内冷水系统运行规定	18
第二节 外冷水系统运行规定	19
第三节 操作步骤	21
第四节 阀水冷系统巡检要点	25
第四章 阀冷却系统控制及保护	27
第一节 阀水冷系统监视装置	27
第二节 阀水冷系统控制	27
第三节 阀水冷系统保护配置	28
第五章 阀冷却系统维护	31
第一节 内冷水系统维护项目	31
第二节 外冷水系统运行维护项目	32
第三节 外风冷系统运行维护（灵宝站）	34
第六章 常见故障及其处理方法	42
第一节 MCC 电源柜的常见故障及其处理方法	42
第二节 内冷水系统的常见故障及其处理方法	42

第三节	冷却塔的常见故障及其处理方法	44
第四节	喷淋泵的常见故障及其处理方法	46
第五节	外冷水系统的常见故障及其处理方法	46
第六节	外风冷系统的常见故障及其处理方法（灵宝站）	51
附录 A	相关系统图	53
附录 B	冷水系统图例说明	56
附录 C	灵宝换流站外风冷设备清册	66

第二部分 空 调 系 统

第七章	空调系统介绍	70
第一节	系统概述	70
第二节	系统组成及功能介绍	70
第八章	空调单元设置介绍	78
第一节	空调单元的控制	78
第二节	空调单元的联锁	79
第三节	空调单元的调节	79
第四节	空调单元的报警设定	80
第五节	空调系统与消防系统的配合	81
第九章	空调系统定期维护及故障处理	82
第一节	空调系统常见故障及处理	82
第二节	空调系统定期维护	84
第三节	空调系统巡检标准	87

第三部分 消 防 系 统

第十章	消防系统介绍	92
第一节	系统概述	92
第二节	系统组成及功能介绍	92
第十一章	运行操作说明	110
第一节	气体消防系统	110
第二节	水消防系统	113
第三节	泡沫消防系统	115
第四节	火灾探测报警系统	116

第十二章 维护说明 119

 第一节 气体消防系统..... 119

 第二节 水消防系统..... 120

 第三节 泡沫消防系统..... 120

 第四节 火灾探测报警系统..... 121

第十三章 维护项目及周期 126

 第一节 气体消防系统..... 126

 第二节 水消防系统..... 126

 第三节 泡沫消防系统..... 127

 第四节 火灾探测报警系统..... 128

第十四章 故障处理 129

 第一节 雨淋阀、蝶阀、止回阀、螺旋管阀故障处理..... 129

 第二节 压缩机、消防泵故障处理..... 130

 第三节 柴油机及泵的故障处理..... 130

 第四节 气体流量报警处理..... 130

 第五节 其他故障处理..... 131

第十五章 常见故障列表 133

附录 D 消防系统结构图 144

第四部分 站用电交流系统

第十六章 站用电系统图及功能介绍 152

 第一节 站用电交流配电系统功能介绍..... 152

 第二节 站用电系统介绍..... 153

第十七章 10kV 站用变压器介绍 155

 第一节 10kV/400V 结构和部件介绍 155

 第二节 10kV/400V 站用变压器维护和年度检修情况介绍 159

第十八章 10kV 和 400V 系统介绍 160

 第一节 10kV 开关介绍 160

 第二节 400V 系统介绍 183

第十九章 站用电系统保护及报警信号	192
第一节 10/0.4kV 站用变压器保护	192
第二节 10kV 断路器保护	192
第三节 0.4kV 断路器保护	194

第二十章 备用电源自动投入装置	195
第一节 概述	195
第二节 备用电源自动投入装置的配置	196
第三节 备用电源自动投入装置的基本原理	196
第四节 备用电源自动投入装置运行维护说明	199
第五节 备用电源自动投入装置运行维护注意事项	200

第五部分 站用电直流系统

第二十一章 站用电系统图及功能介绍	202
第一节 概述	202
第二节 蓄电池结构、参数及运行维护说明	202

附录 E 鹅城站 110V 直流蓄电池系统图	204
-------------------------------	-----

第二十二章 110V 直流系统充电机介绍	205
第一节 110V 蓄电池系统加装联络母线	205
第二节 充电机控制系统介绍	205
第三节 用户界面说明	207

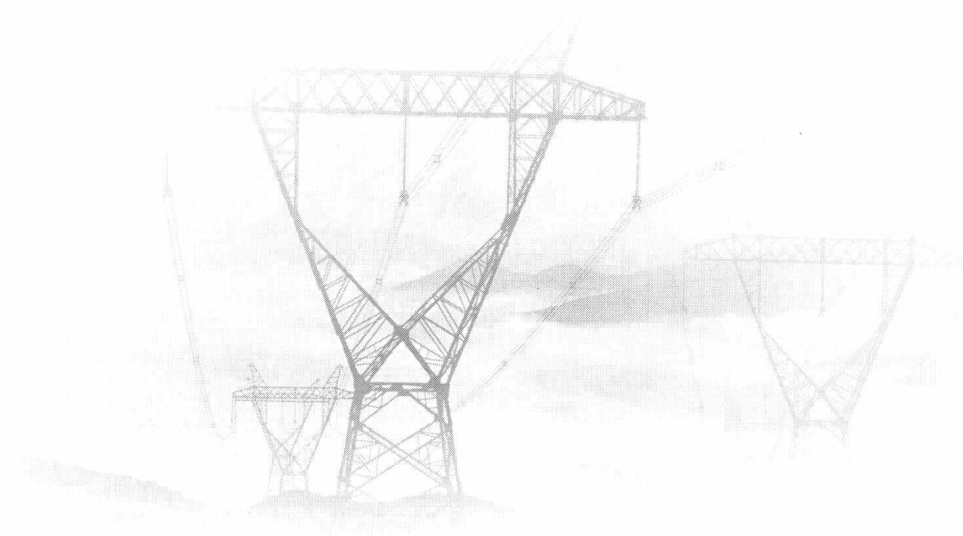
第二十三章 UPS 设备	213
第一节 概况	213
第二节 站公用 UPS 系统介绍	214
第三节 继电器室 UPS 系统介绍	214
第四节 站公用 UPS 逆变器装置说明	215
第五节 继电器室 UPS 用户界面操作说明	220

高压直流输电岗位培训教材

辅助设备

第一部分

阀冷却系统



阀冷却系统介绍

本培训教材适用于龙泉换流站、政平换流站、江陵换流站、鹅城换流站、宜都换流站、华新换流站和灵宝换流站的阀冷却系统。

晶闸管换流阀是换流站的核心元件，常规直流工程换流站晶闸管的额定电流高达 3000A，正常运行时，大电流产生高热量，导致晶闸管温度会急剧上升，如果不对晶闸管进行有效冷却，晶闸管将被烧坏。因此需要专门设计一套冷却系统，就是我们所说的阀冷却系统。

阀冷却系统是一个密闭的循环系统，它通过冷却介质的流动带走晶闸管阀由于消耗功率所产生的热量。从散热效果、防火、防腐蚀等多方面因素考虑，阀冷却系统的冷却介质采用去离子水，因此我们通常把阀冷却系统称作阀水冷系统。

第一节 系统组成及功能介绍

阀冷却系统一般采用水冷方式，由两个部分组成：一部分是内冷却系统，另一部分是外冷却系统。葛一南、三一广直流和三一沪直流工程内、外冷却系统均采用水冷方式，如图 1-1 所示。如果换流站处于比较寒冷的地区，为了避免水系统结冰，可采用外风冷系统，如灵宝背靠背换流站。

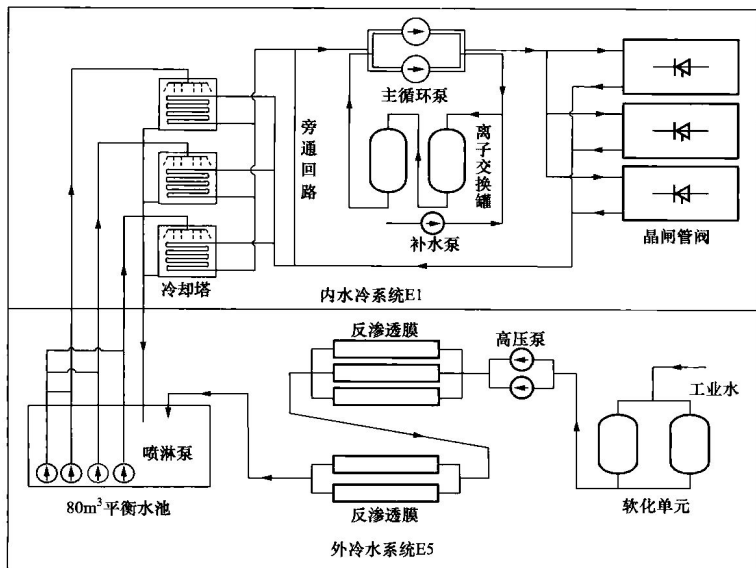


图 1-1 阀冷却系统原理图

一、内冷水系统组成及功能介绍

内冷水系统如附图 A-1 所示, 图中的元件作用详见附录 B 图例说明。内冷水系统主要包括主水回路和水处理回路两个部分。

1. 主水回路

在主水回路中, 冷却水通过晶闸管阀和冷却塔来构成循环回路, 涉及到的设备是主循环泵、晶闸管阀、冷却塔、除气罐和加热器。

(1) 主循环泵。主循环泵的作用是提供系统循环动力。内冷水系统有两台主循环泵, 一台运行, 另一台备用。用于主循环泵的电动机是高速和低速两速型的。控制系统通过软启动器来启动主循环泵高速运行, 当主循环泵高速运行后, 软启动器将被自动短接, 退出运行。

(2) 晶闸管阀。构成晶闸管阀的基本元件为晶闸管组件, 晶闸管组件由 6 个晶闸管元件和 7 个冷却器组成, 如图 1-2 所示。图中实线表示进水, 温度较低, 虚线表示出水, 温度较高。每个晶闸管两侧的冷却器一个水温高, 一个水温低, 这种设计可以保证每个晶闸管元件冷却效果相同。

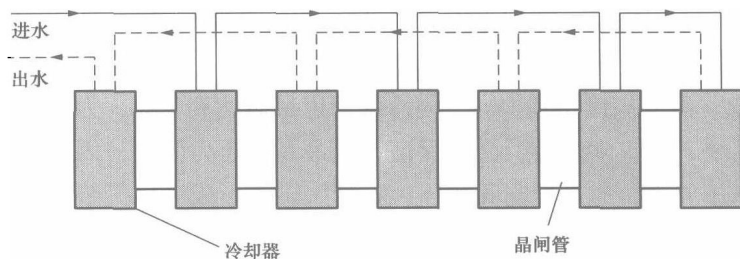


图 1-2 晶闸管组件冷却原理图

(3) 冷却塔。冷却塔的作用是通过喷淋水和风扇来对内冷水散热管进行冷却。系统共有 3 台冷却塔, 直流系统满负荷运行时, 两台冷却塔就能满足冷却容量的要求, 正常运行时 3 台冷却塔均投入运行。冷却塔风扇由变频器控制, 控制系统根据冷却容量要求, 控制风扇转速。

冷却塔上部为风扇, 中间为喷淋管和喷嘴, 下部为内冷水系统散热管。冷却塔的工作原理如图 1-3 所示, 通过喷淋管和喷嘴将水喷洒在散热管上进行冷却, 同时通过风扇加快空气对流, 提高对内冷水系统散热管的降温效果。

(4) 除气罐。除气罐的作用是自动排除系统中残留的气体。主循环泵切换或者内冷水系统检修时, 可能会产生气体, 为了避免气体影响系统运行, 在内冷水系统主水回路串有一个排气罐, 在排气罐顶部装有一个自动排气阀, 这样就能自动排除系统中的气体, 保证系统正常运行。

(5) 加热器。加热器的作用是避免系统管道冻结。为了避免直流系统停运, 及环境温度很低时内冷水系统冻结, 导致系统不能运行, 在系统主回路上装有 4 台加热器。

2. 水处理回路

主回路中的一部分水将流过水处理回路。2h 内流经水处理回路中的容量是整个系统

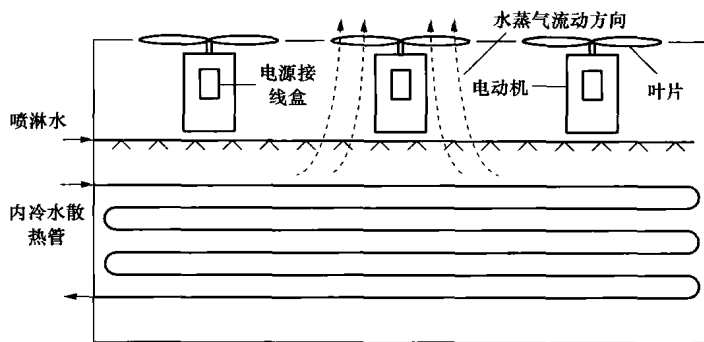


图 1-3 冷却塔冷却原理图

的容量。水处理回路包括离子交换罐、膨胀罐和补水泵。

(1) 离子交换罐。水处理回路有两个离子交换罐 Z3 和 Z4，离子交换罐内部为离子交换树脂，为了避免树脂进入到系统中，离子交换罐进、出口处均装有机械过滤器。两个离子交换罐串联运行，通过阀门的切换，可以倒换 Z3 和 Z4 的串联位置。按照厂家要求，每年需要更换串联回路中第一个离子交换罐中的树脂，并将更换树脂的离子交换罐作为串联回路中的第二个运行。比如，冷却水先通过 Z3，然后在通过 Z4，运行一年后，需要更换 Z3 中的树脂，更换后，需切换阀门，让冷却水先通过 Z4，然后再通过 Z3。

(2) 膨胀罐。阀塔高度达到 18m，内冷水管道最高达到 20m，为了避免系统最高点出现真空，导致系统不能正常循环，必须保证系统最高点压力为正，因此系统装有一个膨胀罐。膨胀罐与高压氮气瓶通过控制阀相连，在膨胀罐中形成高压气垫，确保内冷水系统的基准压力。另外把膨胀罐中水位定义为内冷水系统的水位，控制系统通过监视膨胀罐中的水位变化来判断内冷水系统泄漏情况。

(3) 补水泵。更换离子交换树脂或者当系统出现泄漏时，需要对系统进行补水。当主泵低速运行时，可以直接启动补水泵，对系统进行补水。当主循环泵高速运行时，由于补水泵的出水压力低于主循环泵的出水压力，必须切换阀门 V52 或者 V53，才能实现补水。

二、外冷水系统组成及功能介绍

外冷水系统如附图 A-2 所示。软化单元、反渗透处理单元、平衡水池、喷淋泵、高压泵、工业泵、盐池、盐水池组成外冷水系统。图中的元件作用详见附录 B 图例说明。生水在进入反渗透单元之前，在一个软化水单元进行预处理。反渗透单元给冷却塔提供喷淋水。

1. 软化单元

软化单元的作用是对反渗透单元提供合格的软化水。外冷水系统有两套软化单元 E5. Z41 和 E5. Z51，正常运行时，一套软化单元投入运行，另外一套备用。如果软化单元不能正常运行，将直接损坏反渗透膜。软化单元通过树脂吸附水中的钙镁离子，来达到软化水的目的。

软化单元有两种运行方式：一种是自动补水，对水进行软化，如图 1-4 中细实线所示。软化单元另外一种运行方式是再生，随着软化单元处理水量的增加，软化树脂吸附钙、镁离子的增多，它的吸附能力将会不断降低，因此需要定期对树脂再生。再生包括三个过程，第一个过程是反冲洗，如图 1-4 中点划线所示，时间为 600s；第二个过程是加

盐,如图 1-4 中虚线所示,时间为 2160s;最后是冲洗,如图 1-4 中粗实线所示,时间为 900s。

软化单元再生优先级高于平衡水池补水的优先级,也就是说,当系统既要再生又要补水的时候,系统将先再生,待再生结束后,再启动补水。比如,外冷水系统自动启动补水, E5. Z41 运行,在补水的过程中,当经过 E5. Z41 软化单元的水量达到 150m^3 ,不管平衡水池水位多高,系统将自动停止补水,并立即启动对 E5. Z41 进行再生。当再生结束时,控制系统再根据平衡水池水位确定是否启动补水。

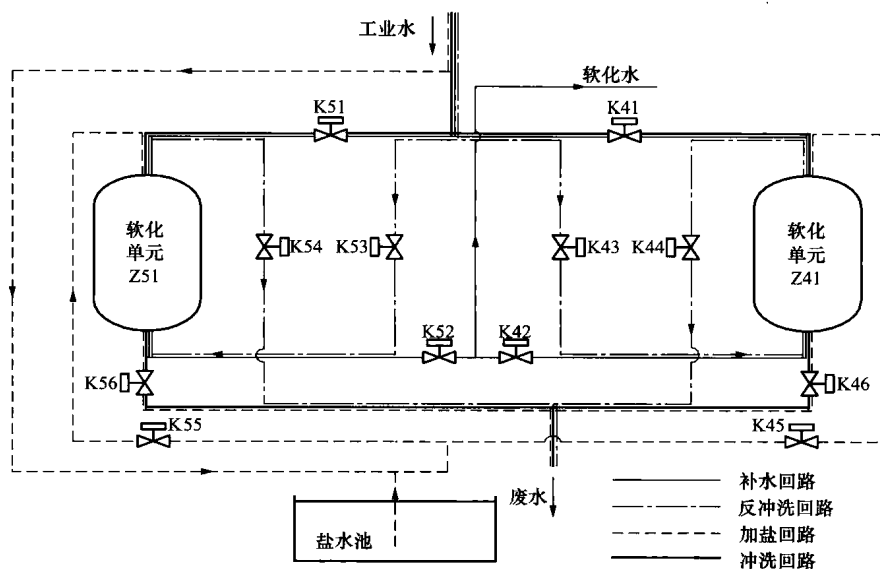


图 1-4 软化单元运行原理图

2. 反渗透单元

对透过的物质具有选择性的薄膜称为半透膜,一般将只能透过溶剂而不能透过溶质的薄膜称为理想半透膜。当把相同体积的稀溶液(例如淡水)和浓溶液(例如盐水)分别置于半透膜的两侧时,稀溶液中的溶剂将自然穿过半透膜而自发地向浓溶液一侧流动,这一现象称为渗透。当渗透达到平衡时,浓溶液侧的液面会比稀溶液的液面高出一定高度,即形成一个压差,此压差即为渗透压。渗透压的大小取决于溶液的固有性质,即与浓溶液的种类、浓度和温度有关,与半透膜的性质无关。若在浓溶液一侧施加一个大于渗透压的压力时,溶剂的流动方向将与原来的渗透方向相反,开始从浓溶液向稀溶液一侧流动,这一过程称为反渗透。

阀冷却系统中反渗透单元主要组成部分是反渗透膜,其主要作用是过滤水中的金属离子。反渗透膜是装在隔膜管内,该管分两级安装,第一级装有 3 个管,第二级装有两个管,每级有一个冗余,正常时每个隔膜管都处于运行状态,进水流量通过隔膜管,流过隔膜元件的水就是渗透水。为了使流经隔膜元件的水流量保持较大,不能用太多的盐水,一部分集中水再循环到泵的进水侧,而另一部分水排出。该管尺寸设计的最大运行压力为