



冷却塔运行 维护与检修

李晨生 张 庆 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

冷却塔运行 维护与检修

李晨生 张 庆 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书叙述了冷却塔运行维护管理办法,强调了运行维护工作的重要性。介绍了冷却塔构造、塔芯结构检修技术和防冻设施等多项专利技术,并对冷却塔水工混凝土的病因分析、分类及修补工艺、修补材料、质量验收、施工安全等检修技术进行了详细介绍。

本书可供从事冷却塔的管理人员、运行维护人员和检修施工的工程技术人员培训使用,也可供高等院校有关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷却塔运行维护与检修/李晨生,张庆编著. —北京:中国电力出版社,2014.9

ISBN 978-7-5123-6120-1

I. ①冷… II. ①李… ②张… III. ①冷却塔—运行 ②冷却塔—检修 IV. ①TF3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第144807号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014年9月第一版 2014年9月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 32开本 4.375印张 105千字

印数0001—2000册 定价30.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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



前 言

双曲线自然通风冷却塔（本书中简称冷却塔）是火力发电厂循环冷却水系统中的重要构筑物。冷却塔的热力性能直接影响到电厂的经济效益。加强冷却塔运行维护管理，降低冷却塔出水温度，提高冷却效率，降低电、水消耗，是符合企业追求经济效率最大化和可持续发展的战略要求。

贯彻以预防为主，计划检修的原则，提高运行维护和检修的技术水平。特别是严寒地区冷却塔的冬季运行管理和防冻技术是延长冷却塔结构使用年限、降低检修成本的核心任务。

作者在总结 40 余年冷却塔运行维护的实践基础上吸取有关单位的经验和科研成果，阐述了冷却塔科学管理的办法和重要性，以及冷却塔成功管理的范例和冷却塔倒塌实例。

书中介绍了大中型冷却塔的构造。对冷却塔水工混凝土的病因进行了分析，提出了维修、补强作法和措施。对塔芯结构的塑料部件维修、改造，提出了质量标准和安全技术。

书中重点叙述了冷却塔防冻设施的改造要点和专利技术的应用。

本书编写过程中参考了大庆油田电力集团龙凤热电厂管理、改造冷却塔的成功经验，东北电力设计院的设计成果，大庆油田电力集团油田电厂路景发等同志的论文，河南省泌阳市玻璃钢实业有限公司的专利科研成果等。在此特向以上单位和个人表示衷心的感谢！

本书承哈尔滨工业大学土木工程学院博士生导师王政教授，大庆油田电力集团龙凤热电厂原总工程师、高级工程师赵大光审

阅，并提出了宝贵的修改意见。在此谨致谢意！

双曲线自然通风冷却塔运行维护与检修技术涉及学科较广，专业性强。作者深感专业水平和实践经验所限，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

2014年4月



目 录

前言

● 第一章	冷却塔构造	1
	第一节 塔筒、塔基部分	4
	第二节 塔芯结构	7
	第三节 冷却塔防冻部分	8
● 第二章	冷却塔运行与维护	12
	第一节 冷却塔运行维护的重要性	12
	第二节 冷却塔运行维护的特点	13
	第三节 冷却塔运行维护的管理办法	17
	第四节 运行维护人员的基本知识	19
● 第三章	冷却塔运行维护管理	23
	第一节 运行维护人员参数监视与分析	23
	第二节 冷却塔冬季运行维护及防冻措施	25
	第三节 冷却塔运行管理范例及冷却塔 倒塌实例	28
	第四节 冷却塔运行维护的安全技术	31
● 第四章	冷却塔水工混凝土病害成因及破坏机理分析	33
	第一节 裂缝	33
	第二节 渗漏	35
	第三节 剥蚀	37
● 第五章	风筒及塔芯结构混凝土检修技术	40
	第一节 新老混凝土黏结技术	40

	第二节	裂缝修补与补强技术	42
	第三节	渗漏处理的原则和方法	54
	第四节	剥蚀破坏及修补技术	59
	第五节	混凝土中钢筋锈蚀的修补技术	61
	第六节	混凝土碱集料反应裂缝的 预防与修补	66
	第七节	冷却塔筒壁防水防腐工程	70
●	第六章	配水系统淋水装置检修技术	73
	第一节	新型循环水分配器总成（配水槽） 选用原则及施工方法	73
	第二节	淋水填料、除水器选用原则	75
	第三节	塔内附属设施及配件	81
●	第七章	冷却塔防冻设施改造及应用	84
	第一节	塔顶吊装孔新型封堵器的应用	84
	第二节	百叶窗式冷却塔挡风防冻装置	85
	第三节	进风口防冻管（化冰管） 技术改造的要点	88
●	第八章	冷却塔淋水装置大修（改造）工程质量 验收及试验	92
	第一节	冷却塔塑料部件的质量验收	92
	第二节	淋水装置质量标准及检验方法	93
	第三节	冷却塔鉴定性试验	98
●	第九章	冷却塔检修（改造）工程安全技术	104
	第一节	现场管理	104
	第二节	高处作业	105
	第三节	吊篮作业	105

第四节 塔内作业	107
附录 A 淋水填料平片加热纵向收缩率的测试方法	108
附录 B 淋水填料低温对折试验耐寒温度 (t_b) 的测试方法	109
附录 C 塔芯塑料部件的湿热空气老化试验方法	111
附录 D 淋水填料成型片耐温性能测试方法	112
附录 E 淋水填料组装块荷载试验方法	113
附录 F 淋水填料黏结剂拉伸剪切强度测试方法	114
附录 G 淋水填料专用黏结剂的鉴别方法	116
附录 H 塔芯塑料部件的热水老化试验方法	118
附录 I 除水器弧片尺寸变化率的测试方法	119
附录 J 除水器拉杆的断裂拉力测试方法	120
附录 K 除水器拉杆的弯曲试验方法	121
附录 L 除水器撑板的断裂拉力测试方法	123
附录 M 除水器撑板的扭曲试验方法	124
附录 N 除水器组装块的荷载试验方法	125
附录 O 塔芯塑料部件的试样制备	127
附录 P 喷溅装置的组合均布系数	129
参考文献	132



第一章

冷却塔构造

火力发电厂、化工厂、石化、核工业等企业，生产工艺对冷却水的需求量很大。由于我国水资源紧缺，在离江、河、湖、海水源地较远的地区，供水方式一般采用闭式循环供水方式。自然通风冷却塔和机力通风冷却塔是闭式循环供水方式中主要的冷却设备。电力企业一般采用双曲线形钢筋混凝土结构逆流式自然通风冷却塔。因此，这种冷却塔被称为双曲线自然通风冷却塔（以下简称冷却塔）。

冷却塔的组成可分为塔筒、塔基和塔芯结构两大部分。寒冷地区增加冷却塔防冻部分。

4000m²冷却塔立、断面图见图 1-1。

4000m²冷却塔平面图见图 1-2。

塔筒、塔基部分主要包括：冷却塔环基、集水池池壁及池底、斜支柱（人字柱）、通风筒、塔顶刚性环、塔外扶梯、爬梯、人孔门、压力进水沟、回水沟、连通沟等。

塔芯结构主要包括：淋水架构的梁柱、压力配水槽、中央竖井、喷溅装置、淋水填料、除水器及塔内沟、槽盖板、栏杆等。

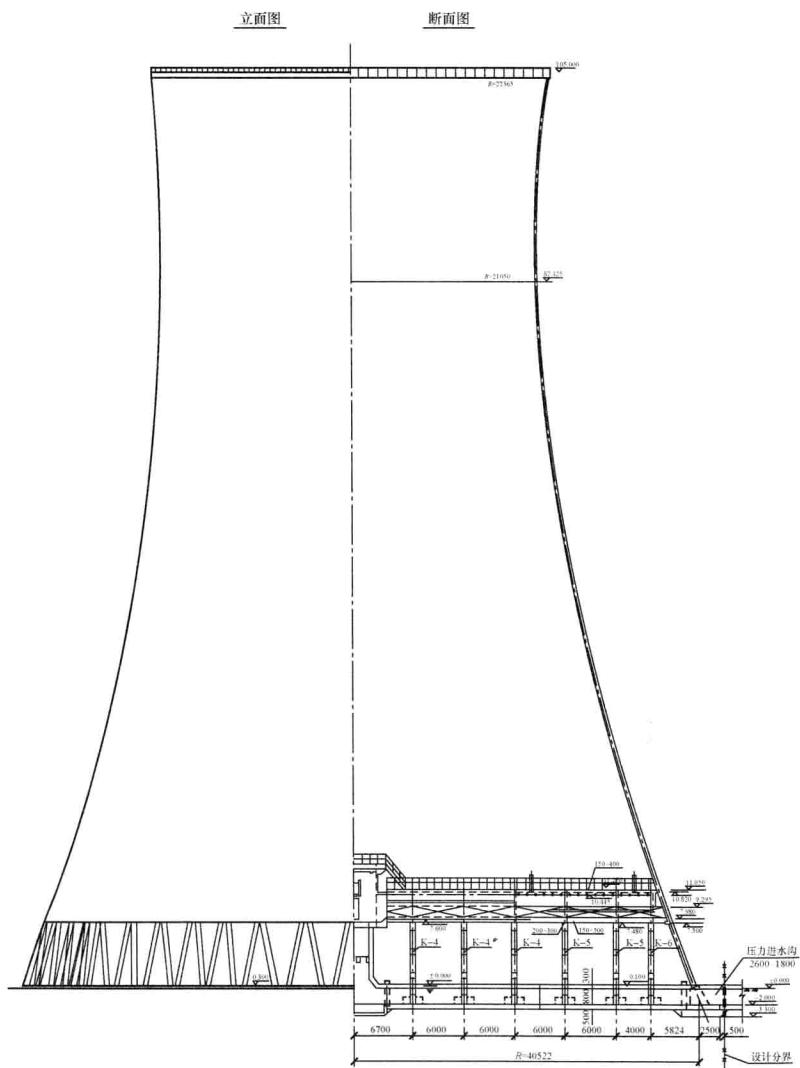


图 1-1 4000m² 冷却塔立、断面图

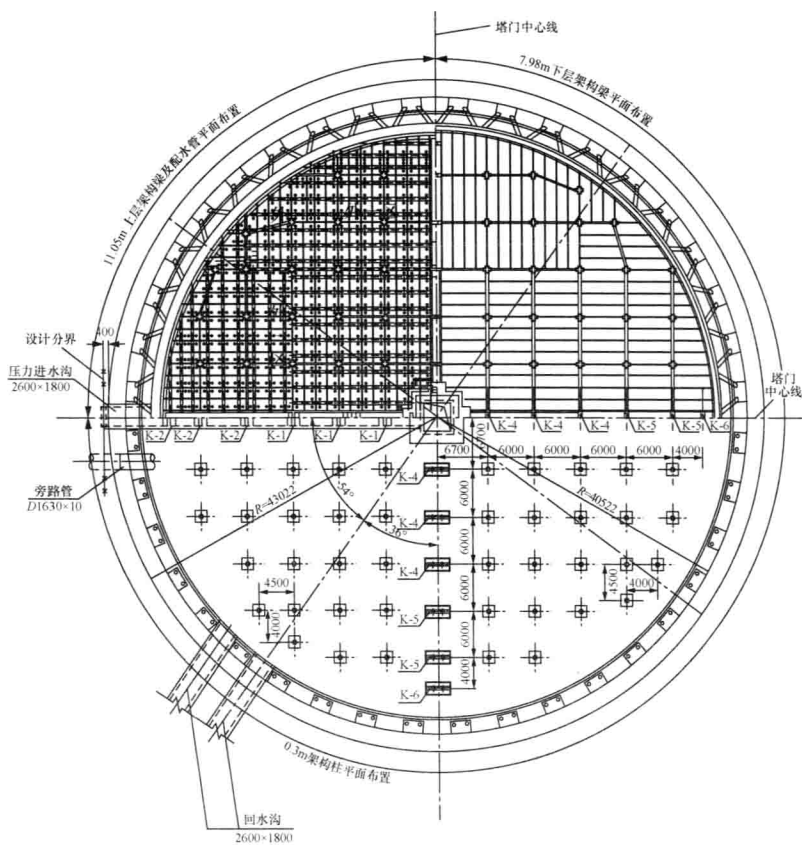


图 1-2 4000m² 冷却塔平面图

第一节 塔筒、塔基部分

以淋水面积 4000m^2 冷却塔为例。冷却塔通风筒自进风口 7.30m 至刚性环 105m 。其中：集水池顶面 (0.3m) 直径为 78.256m ，喉部 (82.455m) 直径为 42.26m ，塔顶 (105m) 外径为 46.73m ，塔高为 105m 。

通风筒为双曲线形钢筋混凝土薄壁结构。壁厚：下环梁 (7.30m) 0.65m 厚，喉部 ($69.61\sim 95.63\text{m}$) 0.16m 厚，塔顶刚性环 0.3m 厚。采用水工混凝土浇筑。

塔基为倒 T 形环形基础，基础深度为 3.30m 。集水池池壁与环基一同浇筑。池壁顶面设防护栏杆。集水池四周设宽度为 3.3m 的散（收）水坡。

冷却塔基础详图见图 1-3。

塔环基顶面设 40 组（80 根）斜支柱，直径 $\phi 550\text{mm}$ 、斜支柱上标高 7.3m ，为进风口。通风筒自 7.3m 起至 9.0m ，高度为 1.7m ，为通风筒下环梁。斜支柱通过下环梁承受通风筒的全部荷载。

通风筒及斜支柱均采用水工混凝土浇制，斜支柱单柱体积为 2.3m^3 。

塔顶刚性环，宽度为 1.0m ，中间设有 750mm 检修平台。平台内外设玻璃钢安全护栏，护栏高度为 1.35m 。

塔顶刚性环详图见图 1-4。

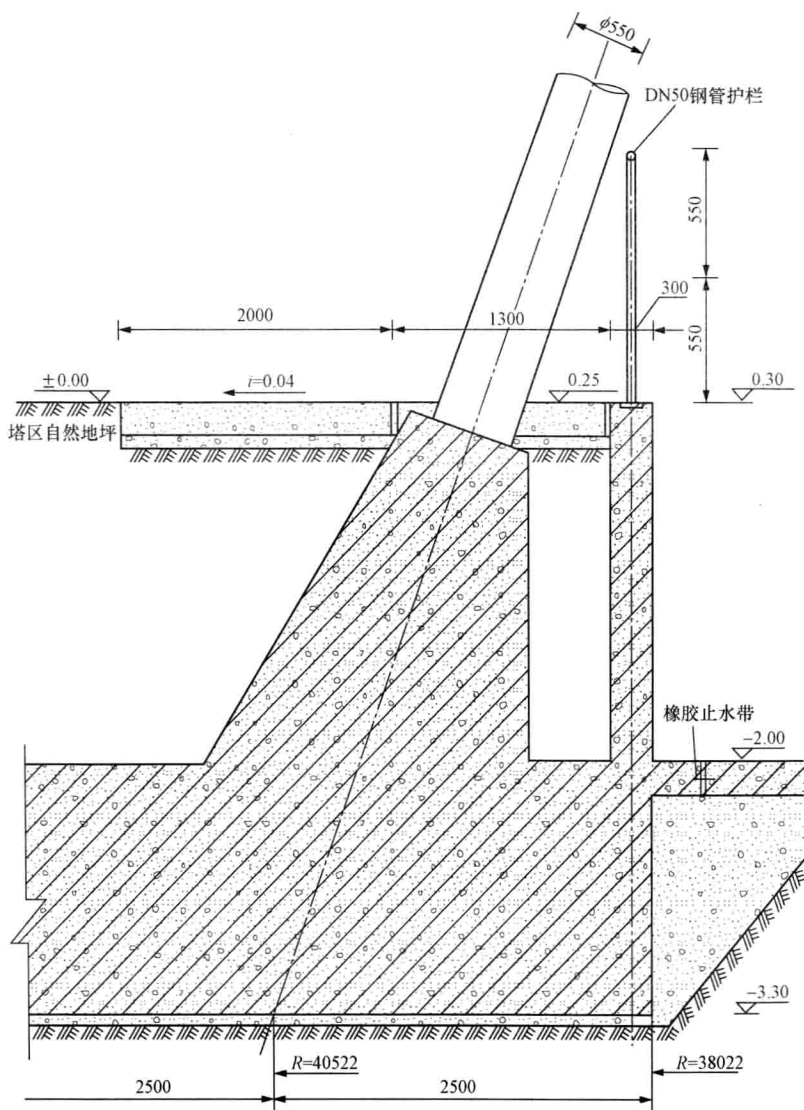


图 1-3 冷却塔基础详图

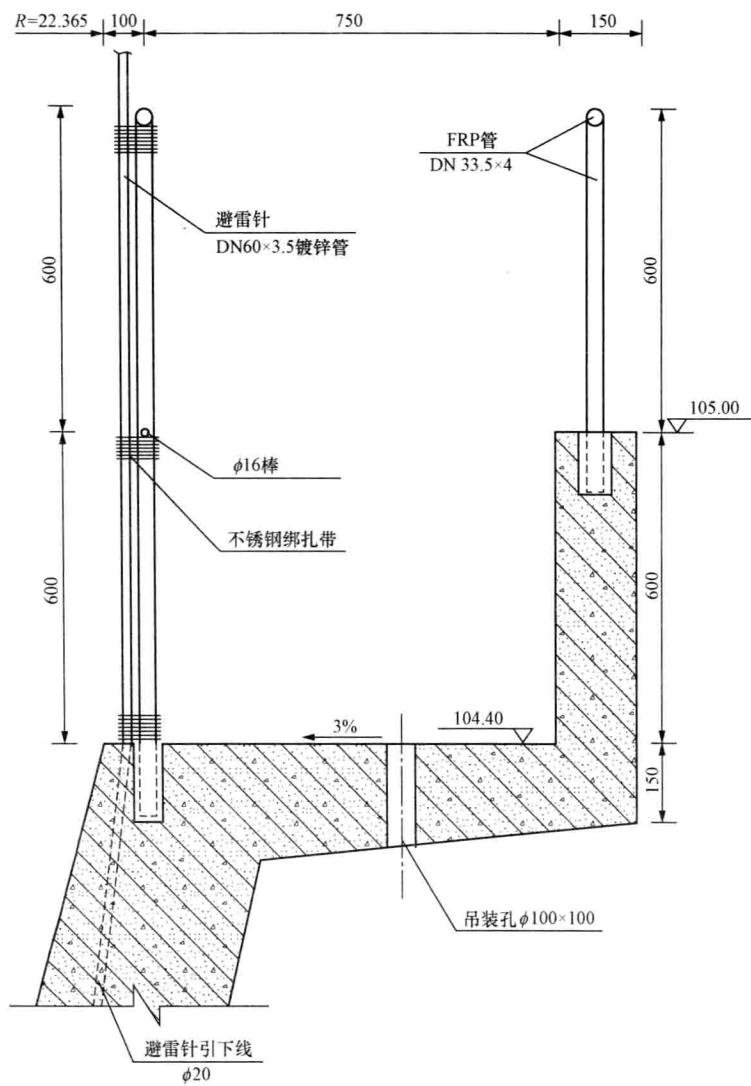


图 1-4 塔项刚性环详图

第二节 塔芯结构

冷却塔内淋水架构，按 6.0m 柱距布置 84 根混凝土柱，柱断面为 400mm×400mm。设计高 7.98、11.05m 两层梁。

7.98m 为下层梁。主梁 108 根，断面 200mm×500mm；次梁 228 根，断面 150mm×500mm。

11.05m 为上层梁。主梁 108 根，断面 200mm×400mm；次梁 428 根，断面 150mm×400mm。

压力水沟框架柱 24 根。

配水系统采用管式配水，由压力进水沟、中央竖井、压力配水槽（主水槽）、配水管、喷嘴组成。

压力进水沟：断面高 1.8m、宽 2.6m，为钢筋混凝土箱形结构。

中央竖井：断面 5.5m×5.5m，竖井上顶高 13.5m。

压力配水槽（主水槽）：塔内共设 4 个，为钢筋混凝土现浇结构。水槽分为上、下两层，上层水槽，底标高 9.70m，断面 1.0m×1.0m，担负塔内围配水；下层水槽，底标高 7.42m，断面 2.80m×1.0m，担负塔外围配水。

为控制内外围分区配水，竖井内上层水槽入口设置了材质为镍铬合金的铸铁闸板门。

配水管采用硬聚氯乙烯（PVC-U）塑料管。塔内分为内区、外一区、外二区，三个配水区域。配水管以 2.0m 间距布置，管径 D200~D355mm 四种规格，采用 XPH、XP2 型喷嘴，在塔内 1.0m×1.0m 方格网布置。全塔共用喷头 1908 套。

配水管采用-15mm×1mm 的不锈钢绑扎带将配水管固定在上层梁下，管中心标高为 10.445m，管与梁之间采用高压聚乙烯闭孔泡沫垫块固定。

淋水填料采用聚氯乙烯 (PVC) 塑料为材质的薄膜式双斜波, 高度为 1.25m。

填料托架采用玻璃钢 (FRP) 托架, 安装在下层梁上, 标高 7.98m, 实际用量为 4100m^2 , 托架端部与混凝土梁采用不锈钢件固定。

除水器采用聚氯乙烯 (PVC) 塑料 160-45 型除水器, 安装在上层梁上, 标高 11.05m, 全塔共使用 2468 块。

4000m^2 冷却塔塔芯结构剖面图见图 1-5。

第三节 冷却塔防冻部分

一、内、外围分区配水

为了在塔内形成内、外围分区配水, 达到冬季运行时增大外围淋水密度, 防止淋水装置架构结冰现象的发生。设计中, 压力水槽分为上、下两层。上层水槽负担冷却塔内围配水, 下层水槽负担冷却塔外围配水。竖井内上层水槽入口处设置了钢闸门。当冬季运行时, 循环水量少, 竖井水位低, 关闭钢闸门, 只通过下层水槽在外围配水, 起到防冻作用。为了达到均匀配水的目的, 根据塔内配水压力, 塔内不同区域采用不同直径的配水管和不同型号的喷嘴。

二、旁路管

在冷却塔的进水管上设置了旁路水管, 当冬季机组启动或停机过程中热负荷较小, 冷却水量也小时, 开启旁路水管, 使循环水直接流入集水池, 避免因冷态循环使淋水装置结冰。

三、挡风板

在冷却塔的进风口处设置挡风板, 冬季运行时可根据气温、风向的变化情况调整挡风板悬挂的方位和数量, 改变冷却塔的进风面积, 以控制进塔空气量, 防止塔内结冰。

4000m² 冷却塔进风口高度为 7.3m, 设置了三层悬挂式玻璃钢 (FRP) 挡风板。各层挡风板采用颜色区分。一层 (III型) 挡风板为蓝色, 285 块; 二层 (II型) 挡风板为浅绿色, 285 块; 三层 (I型) 挡风板为浅黄色, 285 块。全塔挡风板总计 855 块。挡风板安装图见图 1-6。

冷却塔各部位水工混凝土技术指标见表 1-1。

表 1-1 冷却塔各部位水工混凝土技术指标

序号	部位 (构件) 名称	强度等级	抗冻等级	抗渗等级	保护层厚度 (mm)
1	通风筒	C30	F300	W8	25
2	塔顶刚性环	C30	F300	W8	25
3	斜支柱	C30	F300	W8	35
4	环形基础	C30	F200	W6	50
5	水池壁	C30	F200	W6	30
6	水池底板	C30	F200	W6	30
7	淋水架构	C30	F200	W6	40/30
8	柱基础	C30	F200	W6	40
9	压力进水沟	C30	F300	W8	30
10	回水沟 (连通沟)	C30	F200	W6	30
11	中央竖井	C30	F300	W8	30
12	压力水槽 (主水槽)	C30	F300	W8	30