

双曲线冷却塔维修技术

刘 鋈 编著

中国建筑工程工业出版社

双曲线冷却塔维修技术

刘 鋈 编著

中国建筑工程工业出版社

本书着重介绍双曲线冷却塔的损坏原因和维修的方法，也适当介绍了运行与维护的原理以及有关理论和新的科技成果。可供双曲线冷却塔所在工厂的运转维修工人、工程技术人员和管理人员参考。

* * *

责任编辑：徐竞达

双曲线冷却塔维修技术

刘 鲲 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：6¹/₂，字数：145千字

1986年8月第一版 1986年8月第一次印刷

印数：1—3,100册 定价：1.00元

统一书号：15040·5042

前 言

双曲线自然通风冷却塔在国内外均已五十多年历史。近年来随着工业的迅速发展，我国双曲线自然通风冷却塔的数量迅速增大。这类冷却塔的工作条件很差、容易损坏、使用寿命短、大修周期短、维修费用大，只有通过加强管理、提高运行与维修的技术水平，才能安全经济运行、延长寿命、减少维修费用，取得明显的经济效益。为此，编者在总结我国数十年来这类冷却塔运行和维修的实践的基础上，吸取了近年来有关单位的科研成果与经验，阐述了双曲线冷却塔运行与维修的实用技术和有关经验，供具有双曲线冷却塔的工厂的运行人员、维修工人、工程技术人员和管理人员参考。

编写本书时参考利用了许多单位的科研成果和生产经验。这些单位是：城乡建设环境保护部建筑科学研究院、水利电力部技术改进局、黑龙江省电力工业局、西安热工研究所、华东电力设计院、西北电力设计院、东北电力设计院、水科院水力学冷却水研究所、黑龙江省鸡西发电厂、辽宁省抚顺发电厂、阜新发电厂、武汉电力设计院、上海工业建筑设计院等。在此特向以上有关单位和个人表示衷心的感谢。

本书承水利电力部东北电业管理局赵普瑞同志审阅，并提出宝贵的修改意见。

双曲线冷却塔维修涉及的学科较广、专业性较强，有待研究和探讨的问题还很多，而笔者深感自己的理论水平和实

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 冷却塔运行与维修的重要性.....	1
第二节 双曲线冷却塔的构造.....	3
第三节 冷却系统的组成.....	9
第四节 冷却塔的损坏.....	12
第五节 冷却塔运行与维修的特点.....	14
第六节 冷却塔的管理与规程制度.....	15
第二章 运行与维护	19
第一节 冷却塔设计中的有关参数.....	19
第二节 冷却塔的热力特性曲线与冷却效果.....	22
第三节 冷却塔运行与电力生产工艺的关系.....	27
第四节 冷却塔运行最佳化的考虑因素.....	30
第五节 运行参数的监视与分析.....	33
第六节 循环水水质稳定的处理与维护.....	39
第七节 冷却系统的冻害及运行维护措施.....	45
第八节 冷却塔的起停操作及运行故障处理.....	49
第九节 热力参数的测量方法及仪表.....	53
第十节 冷却塔的试验.....	59
第十一节 冷却塔运行维护班(组)的岗位责任.....	62
第十二节 冷却塔运行维护安全技术.....	65
第三章 塔筒结构的修补	68
第一节 塔筒结构缺陷的观测与检查.....	68
第二节 有缺陷塔筒结构的评定.....	74

第三节	塔壁喷浆修补方案的实践与措施	77
第四节	塔筒结构其它分项的修补方案	82
第五节	脚手工程及吊斗	87
第六节	喷浆作业	92
第七节	塔筒喷浆机械设备	104
第八节	干法喷浆设备操作	114
第九节	筒壳内壁喷涂耐腐蚀涂料	123
第十节	塔筒修补质量检验	126
第十一节	塔筒修补的安全技术	131
第十二节	劳动组织、劳动效率、材料消耗与 工期安排	137
第十三节	冷却塔倒坍一实例	145
第十四节	冷却塔拆除一实例	148
第四章	淋水装置的维修	154
第一节	淋水装置缺陷的检查与评定	154
第二节	冷却系统防止冻害的维修措施	157
第三节	配水槽的维修及其设计施工要点	161
第四节	喷溅装置的维修及新型喷溅装置	166
第五节	淋水装置填料的维修与更换	169
第六节	淋水装置梁柱的维修	170
第七节	除水器	175
第八节	淋水装置吊装机具	179
第九节	淋水装置吊装	184
第十节	淋水装置大修的质量检验与验收	190
第十一节	淋水装置大修的安全技术	192
第十二节	劳动组织、劳动效率与工期安排	195
主要参考书目		199

第一章 概 述

第一节 冷却塔运行与维修的重要性

大中型火力发电厂、化工厂等企业冷却水的需用量是很大的。由于水源日益紧张，各国采用循环供水方式的逐渐增多。在循环供水方式中，国内外在自然通风塔和机力通风塔的选择上，多采用自然通风塔。一般大中型自然通风冷却塔的基础、贮水池和塔筒结构，均采用双曲线型的钢筋混凝土结构，因此这种冷却塔被称为双曲线自然通风冷却塔（本书以下简称双曲线冷却塔或冷却塔）。

冷却塔是需用大量冷却水的工厂生产工艺中不可缺少的组成部分。重视并正确地进行冷却塔的运行与维修，是具有实际的经济意义。

第一 冷却塔能否完好地接带全负荷，会直接影响到所在工厂的产值和生产安全。对火力发电厂的冷却塔夏季能否完好地工作，则是满负荷发电和安全发电的必要条件。只有冷却塔具有足够的冷却效果，向汽轮发电机组的凝汽器提供足够冷却的水，才能保证凝汽器必要的真空度，从而保证汽轮发电机组的正常运行。反之，当真空度低到一定程度，汽轮发电机组必须限制发电出力，甚至停机，以防止发生汽轮发电机组损坏的严重事故。一个5万千瓦汽轮发电机组一般情况下与一座2000平方米淋水面积的冷却塔配套。夏季如有这样一座冷却塔因检修停止运行，可导致限制发电负荷5万千

瓦，则每小时少发电 5 万度，影响了电厂的产值，降低了经济效益，可见忽视冷却塔的维修，可造成生产上经济损失的数量是巨大的。一些火力发电厂冷却塔设备状态不良而造成夏季限制发电出力的实践也证明了这一点。

第二 冷却塔能否达到应有的效率是影响所在工厂生产经济性的重要措施。在火力发电厂，冷却塔达到应有效率是省煤节电、节约能源、降低发电成本的一项重要措施。冷却水的温度愈低，则蒸汽做功后的排汽温度愈低，从而等量蒸汽所作之功愈大，其有效利用率相应增大。资料[2]所作的理论分析认为，电站热效率的提高与循环水温度的下降成正比，对用煤炭、石油为燃料的电厂中压机组，冷却水温度每降低一摄氏度，热效率能提高 0.47%，高压机组能提高 0.35%，使用该燃料的电厂约为 0.7%。某火力发电厂对冷却塔效果与煤耗（每发 1 度电所需标准煤炭消耗量）的相互关系，进行过测试。该电厂采用国产 5 万千瓦凝汽式汽轮机组，配套锅炉为中温中压，配套冷却设备为一座 2000 平方米淋水面积的双曲线自然通风冷却塔。其测试结果是，夏季冷却塔出口水温每升（降）1 摄氏度，汽轮机的汽耗（每发 1 度电所消耗的蒸汽重量）相应提高（降低），而煤耗亦相应随之提高（降低）1.5 克/度。一年按 7000 小时推算：这样一座冷却塔效果不良而使出口水温每升高一摄氏度，即可使该 5 万千瓦发电机组在一个夏季多耗标准煤约 500 吨；反之，该座冷却塔效果提高，使出口水温每降低 1 摄氏度，一年夏季即可节省标准煤约 500 吨。此外，大中企业需用的循环水量较大，故循环水泵耗电量较大，可达电站总发电量的 1.5~3%。故确定合理的运行方式，对节约用电也具有一定的意义。

第三 提高冷却塔运行检修的水平，对节约生产检修费用并延长冷却塔使用寿命有重要的意义。双曲线冷却塔是正常使用年限最短、年折旧率最高的构筑物之一。在良好的设计和施工条件下，严寒地区冷却塔从基建后到第一次大修的正常使用年限约为10年，寒冷地区为10~15年，非受冻地区约15~20年。此后，须经定期的大修才能继续维持寿命。大修的费用一般较高，直接造成所在工厂较大的人力、物力和资金的支出，特别是寒冷和严寒地区，仅在使双曲线冷却塔服务三、四十年的过程中，总大修费用甚至可超过其基建费用。从已有冷却塔维修的大量实践情况来看，检修质量、检修周期、检修总费用、使用寿命存在着较大差异，很有潜力可挖。不合理的冷却塔运行方式，不及时维修或低质量的维修，可大大加快破损速度，缩短检修周期、增大检修费用；反之，则可减缓其破损速度、增大检修周期，从而减小了总维修费用，延长了使用寿命。

第二节 双曲线冷却塔的构造

双曲线自然通风冷却塔的组成可分为塔筒结构和淋水装置两大部分。塔筒结构包括：冷却塔贮水池、通风筒的基础、斜支柱、通风筒、步梯、爬梯、塔顶避雷装置等。淋水装置包括：配水管和配水槽、喷溅装置、淋水填料、梁柱架构、除水器等。图1-1和图1-2为淋水面积为2000平方米的某双曲线自然通风冷却塔的构造简图。

一、塔筒结构

1. 冷却塔集水池

冷却塔集水池的作用是汇集、贮存冷却后的循环水，并

起到一定调节水量的作用。池深一般1.8~2.2米左右。池壁一般兼塔筒结构的基础，池底为钢筋混凝土板，一般兼作淋水装置基础，水池内壁作防水抹灰，池壁和池底间设有变形缝。池底基本呈水平状，但略有坡度，使积水可流向集水坑，以便检修时抽水。有的集水坑底部设有排污管道，通往排

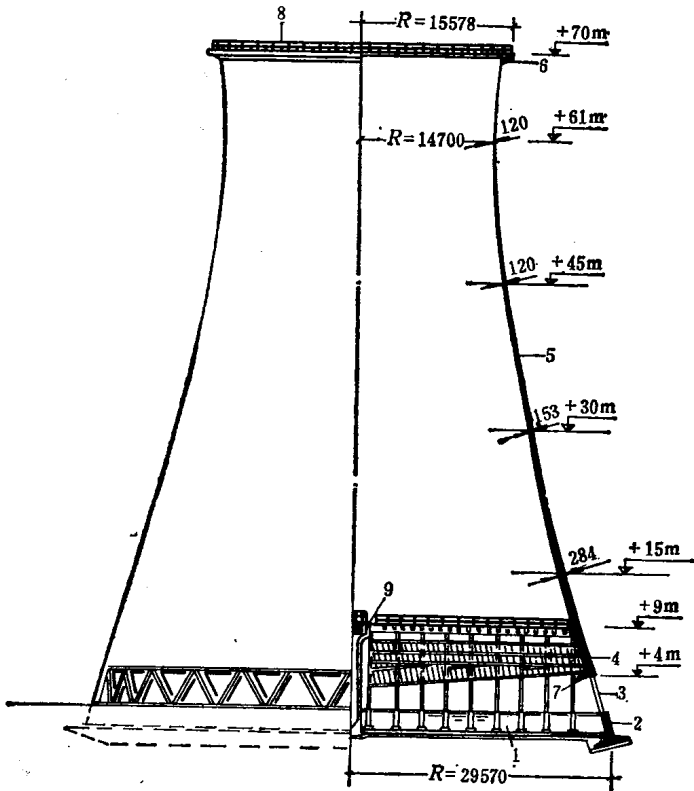


图 1-1 某淋水面积为2000平方米的冷却塔立面、剖面图

- 1—集水池；2—塔筒结构的基础；3—斜支柱；4—塔筒下部刚性环；
5—筒壁；6—塔筒上部刚性环；7—滴水檐；8—塔顶栏杆；9—竖井

污检查井。池壁上一般设有溢流口，使溢流水排向下水管道。

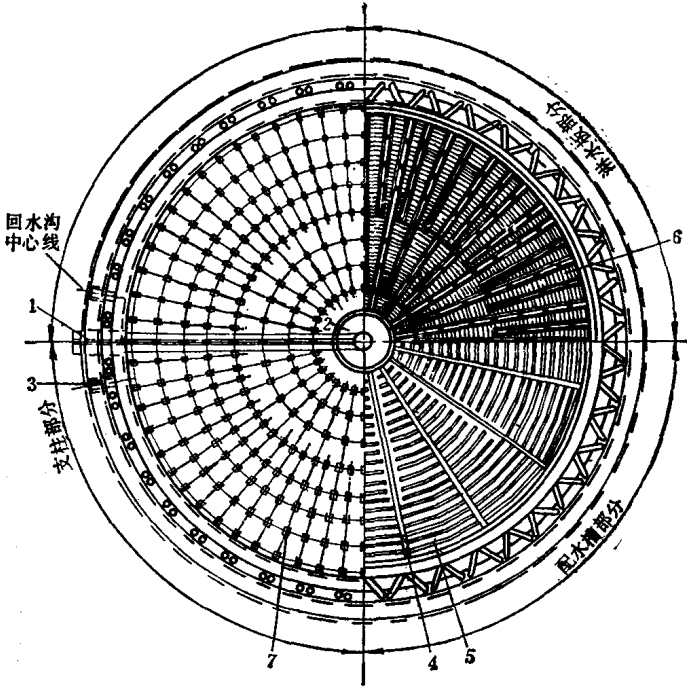


图 1-2 某淋水面积为2000平方米的冷却塔平面布置图
 1—压力进水管，2—竖井，3—回水沟；4—主水槽，5—分水槽，
 6—淋水填料，7—淋水装置支承柱

2. 塔筒的基础

它在水平面呈环状，钢筋混凝土结构，具有较大的整体刚度，用以支承上部通风筒，并能适应一定程度的地基沉降影响。其立面部分通常兼作集水池侧壁。

3. 斜支柱

斜支柱又称人字柱，一般为三十六个圆形或多角形的钢

筋混凝土支柱。其作用是支承通风筒，支柱之间的空间即为通风筒的进风口。斜支柱高度为3~5米。斜支柱的钢箍常用螺旋配筋，其纵向主钢筋上端锚固于筒壳下环梁内，下端锚固于基础（池壁）内。斜支柱的内力较大，它与筒壳及基础的联接构造要求严格，用以适应数量较大的复杂状态的应力。

4.塔筒

塔筒又称通风筒，多为双曲线型旋转体钢筋混凝土薄壳结构。其作用是组织气流，形成自然抽力，将冷空气吸入塔内，将塔内湿热空气有组织地排向高空，减少湿热空气涡流，减少通风阻力。塔筒又可以分为下部刚性环梁、筒壁、上部刚性环梁、挡水檐等几个部分。

（1）下部刚性环梁

它是塔筒的最下部分，位于斜支柱的上部。梁高1.6~2.0米，厚度为塔筒的最大厚度，一般为30~50厘米。内配有强大的双层钢筋网，具有较大的刚度、强度。

（2）筒壁

筒壁又称筒壳，它是塔筒的主体部分，薄壳结构，外型呈双曲线型。其中直径最小的部位称为喉部。薄壳的厚度自下而上逐渐减小，到喉部处为12厘米，喉部以上略大于12厘米。筒壁内配双层钢筋网。

（3）上部刚性环梁

它位于塔筒的最上端，为水平状的环形的钢筋混凝土结构。其作用是增强筒壳顶端的刚度和强度，兼作维修人员在塔顶作业时行走的平台和起重绳具的悬挂点。

（4）挡水檐

它是附着于塔筒下部内壁的环状钢筋混凝土构造，参见

图4-1-(2)。其主要作用是组织塔筒内壁上的凝结水滴入集水池内，防止这些凝结水顺流到斜支柱和通风口上形成冻害。这种构造呈斜置的板状时，一般称为“挡水檐”，又称“防冻帘”；如与塔筒组成沟槽状时，一般称“壁流槽”，又称“滴水沟”。挡水檐比壁流槽易于施工，且可阻止冷空气沿塔筒内壁“短路”，减缓这些部位淋水填料的冻害。

5. 步梯和爬梯

为进入塔内进行作业而在筒壳上开设的入口叫“检修孔”，又称“人孔门”。自室外地坪通往检修孔的梯子称为“步梯”。自检修孔通往塔顶的、附着于塔筒外壁的梯子称为“爬楼”。

6. 避雷装置

冷却塔的防雷保护装置，由避雷针、导线和接地线三部分组成。避雷针可以专设，也可以用塔顶铁栏杆兼作。导线可由沿塔筒外壁安设的铜线（或钢筋）组成，也可用塔壁内配筋兼作，但此时基建施工过程中应有专门的焊接措施。接地线有3~4处，相互间用导线相连。

二、淋水装置

1. 配水系统

冷却塔的入口水经压力管道，流经竖井，分流至各配水槽。再经喷溅装置，形成细小均匀的水珠洒落到淋水填料上。

(1) 压力管道

压力管道一般为2~5根钢管，在各塔入口处设有阀门。

(2) 竖井

单竖井又称中央分水井，位于塔的圆心，钢筋混凝土结

构，其主要功能为输水和配水，兼作淋水装置梁柱构架的刚性支点。大型冷却塔往往设有几个竖井。

（3）配水槽

大中型冷却塔的配水方式多为“槽式配水”。配水槽过去均为木制，现均采用钢筋混凝土结构。配水槽分为主水槽和分水槽两种。如主水槽和分水槽分别为径向、环向布置时，则分别称为“径向水槽”和“环向水槽”。主水槽的作用是输送、分配水量，并作为分水槽的支承点。分水槽的作用是输送、分配水量，安装喷溅装置，并形成喷溅装置所需静水压头的水深高度。

（4）喷溅装置

大中型冷却塔中，使用较普遍的是“喷水嘴—溅水碟装置”。喷嘴多采用涂釉的工业陶瓷、玻璃或塑料制品。它利用一定水深形成的静水压头，使水向下形成射流，射向溅水碟，同时能降低循环水温 $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ，占冷却幅度的 $5\sim 15\%$ 。溅水碟多采用涂釉工业陶瓷、玻璃或塑料制品。它将射流溅散成均匀细小的水珠，洒落到淋水填料上。国内外有些冷却塔还较多地采用了“反射型喷溅装置”，它将喷水嘴和溅水碟合为一体，具有对中良好的优点，冷却效率较高。

2. 淋水填料

淋水装置中热交换的主要部位为淋水填料。它使喷溅下落的水珠受到阻拦，形成表面积很大的水膜及雨滴，充分与周围冷空气接触，以蒸发、传导和对流等方式完成热交换，使循环水得到冷却。淋水填料种类较多，有木制淋水板条、竹制淋水板条、石棉水泥淋水板条、蜂窝纸、水泥铁丝方格网、塑料斜波纹淋水填料等。我国过去多采用木制淋水板，目前大量采用的是水泥方格网、塑料斜波纹填料等。

3. 梁柱架构

梁柱过去多为木结构，现均更新为钢筋混凝土结构。其作用是支承配水系统和淋水填料。

(1) 横向受力构件

横向受力构件有溅水碟支承梁、淋水填料支承梁、横梁等。横梁是柱子的中间支点，有时兼作淋水填料支承梁等承受荷载。

(2) 竖向受力构件

竖向受力构件有长柱和短柱。长柱高度为8~12米，其上端支承水槽等构件，中间承受淋水填料和横梁传来的荷载，下端安设于杯型基础的杯口中。短柱视平面布置情况决定是否设置，它将淋水填料等荷载传给下层横梁。竖井在其平面位置上起到长柱的作用，并成为保证淋水装置稳定的刚性支点。

(3) 基础

每个长柱下设置一个独立基础，它将上部荷载传给集水池底板。

(4) 除水器

除水器又称收水器，过去大中型冷却塔均未安设除水器。我国部分水塔已在1979年开始使用。除水器位于配水槽顶面，其作用是回收排汽中所含的水珠，以节约用水并减少排汽对周围环境的污染。

第三节 冷却系统的组成

双曲线冷却塔冷却系统的组成有：用水设备、压力水管道、冷却塔、循环水回水沟、循环水泵、排污系统、补充水

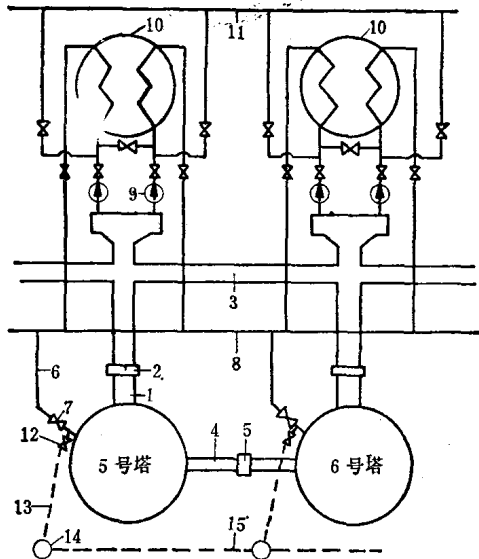


图 1-3 某电厂循环水系统图（一部分）

1—循环水回水沟；2—回水沟闸门；3—循环水主沟；4—连通沟；5—连通沟闸门；6—冷却塔入口压力管；7—入口管闸门；8—压力水母管；9—循环水泵；10—用水设备；11—补充水管；12—排污门；13—排污溢流下水道；14—排污管检查井；15—下水道干线

系统等。图1-3为某电厂循环水系统图的一部分。

一、用水设备

用水设备的种类取决于所在工厂的类型。凝汽式发电厂的主要用水设备是汽轮机的凝汽器，其它使用冷却水的设备还有冷油器、励磁机、发电机的水冷器等。

二、压力水管

将热水从用水设备送往冷却塔的管道为压力钢管，通常称为压力水管，它是用水设备的出口管、冷却塔的入口管。在多台用水设备和多座冷却塔的情况下，压力水管有单元制和