



燃煤电厂 现代水务管理

· RANMEI DIANCHANG ·
· XIANDAI SHUIWU GUANLI ·

何世德 李 锐 张占梅 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



燃煤电厂 现代水务管理

RANMEI DIANCHANG
XIANDAI SHUIWU GUANLI

何世德 李 锐 张占梅 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书参考了国内外大量的文献资料并总结了编者多年的实践经验,详细阐述了燃煤电厂水务管理各个方面的情况。全书共七章,主要内容包括燃煤电厂水资源选择、用水系统、排水系统、水处理工艺、水务管理及管理新模式等。

本书可作为从事燃煤电厂水务管理工作的科技工作者、工程管理人员和操作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

燃煤电厂现代水务管理/何世德等编著. —北京:中国电力出版社, 2014-8

ISBN 978-7-5123-1674-*

I. ①燃… ①何… ②燃煤发电厂—工业用水—水资源管理 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 120364 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月北京第一次印刷

700 毫米×1000 毫米 16 开本 13.75 印张 268 千字

定价 36.00 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

水是基础性的自然资源和战略性的经济资源。水资源的可持续利用，是经济和社会可持续发展极为重要的保证，因此世界各国都十分重视水的问题，都在强化水资源管理，积极倡导节约用水和水资源重复利用。我国是世界贫水国家之一，人均年占有水资源居世界第 109 位，水资源严重不足。随着工业经济的快速发展，水资源枯竭和水污染问题日益加剧，已经严重地制约着我国经济和社会的发展。

燃煤发电在我国能源结构中占有举足轻重的地位，燃煤电厂一直是我国工业界的需水和耗水大户之一。水作为重要的工质，在燃煤电厂许多生产环节中都要使用。由于过去相当一段时间以来，重煤耗，轻水耗，造成了电厂对水资源过度使用和浪费；近年来，随着国民经济的快速发展，推动了燃煤电厂的迅猛增长，节水及环境保护问题更加突出，已成为电力工业可持续发展的主要制约因素之一。如何通过对燃煤电厂实施有效、科学的水务管理，是我国电力工业可持续发展急需解决的问题。

燃煤电厂水务管理是一项复杂的系统工程，水务管理的理念要贯穿于燃煤电厂规划、设计、生产、管理的每一环节。本书及时总结和推广节水减排的工程和管理经验，旨在引导电厂建立科学的水务管理机制，进一步推动燃煤电厂水务管理工作的深入开展。

本书全面介绍了我国在燃煤电厂水务管理和节水方面的先进技术和宝贵经验，同时结合实践对燃煤电厂现代水务管理模式进行了应用探索。本书从燃煤电厂的水源选择、用水系统与排水系统设计、节水工艺技术研究和水务管理模式等方面进行了系统而全面的论述，对指导燃煤电厂实施有效的水务管理，有较强的实用性。

本书既包含了水处理技术方面的知识，又包含水务管理方面的管理

学知识，为提高燃煤电厂水资源利用率、减少废（污）水排放、保护环境提供了宝贵的经验。

西安热工研究院有限公司 副院长：

中国电机工程学会火力发电分会电厂化学组主任委员：

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Wang' followed by a stylized flourish.

水是人类赖以生存和发展的不可替代的资源，是社会可持续发展的基本条件之一。

我国是一个水旱灾害频繁、水资源短缺的国家。据有关资料介绍，我国水资源总量 2.81 万亿立方米，在世界上位居第六，但由于人口众多，人均水资源占有量仅列世界第 121 位，为世界人均占有量的四分之一。由于我国地域广阔，各地区不同的水文地质条件以及季风气候的影响，降水在时间和空间上的分布极不均衡，水资源与人口、耕地、矿产等资源分布极不匹配，如我国的煤炭资源 70% 分布在黄河流域及以北地区，但该地区水资源只是长江流域及以南地区的四分之一。这种不均衡的状况，与我国工农业发展的用水需求结构极不相适应。随着国民经济的持续发展和城乡一体化进程的加快，工业与城镇生活用水、农业与田园生态环境用水的需求矛盾日益严重，而水环境的污染、江河断流、地下水位下降和用水效率低下等问题，加剧了水资源的短缺。

燃煤电厂是耗水大户，据统计，燃煤电厂用水量占我国工业用水总量的比例超过 40%。对一个新建电厂而言，水资源已构成能否立项的先决条件；对正在运行的电厂来说，耗水量的高低直接影响到自身的经济效益。因此，采取积极有效的用水与节水技术，开展排水治理与回收利用，提高水的综合利用率，建立科学的现代水务管理机制，是电力工业发展过程必须面对的问题，也是建立节水型社会的一个重要组成部分。

燃煤电厂的节水及水务管理工作是一项十分复杂的系统工程，涉及热机、水工、化学、环保等多专业的协调配合，节水思想需要贯穿在规划设计、施工调试、生产运行各个阶段。《燃煤电厂现代水务管理》一书，就如何依据国家法律文件和行业规范，比较详尽地介绍了燃煤电厂

取水、用水、排水、水量平衡、水质平衡、排水治理与回收利用技术等；并对当前燃煤电厂出现的一些节水科技成果以及先进的现代水务管理模式进行深度阐述，为广大燃煤电厂的技术人员、管理工作提供了有益的参考资料。

全书分七章，第一章由王旭东、马艳编写，第二、第三章由周于、马艳编写，第四章由陈冠邑编写，第五章由王旭东、陈冠邑编写，第六章由李锐、张占梅编写，第七章由张占梅、王旭东编写，全书由何世德统稿。

限于编者水平，且仓促成书，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

序

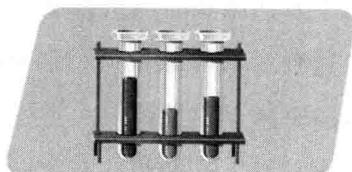
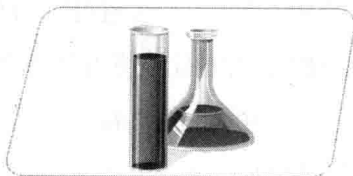
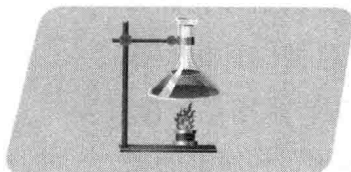
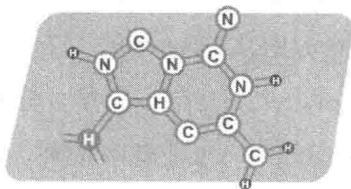
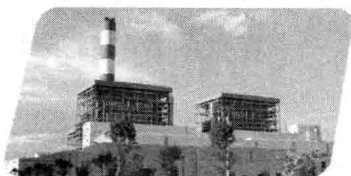
前言

第一章 概论	1
第一节 我国水资源的基本状况	2
第二节 我国燃煤电厂用水现状	3
第三节 我国燃煤电厂水务管理概况	6
第二章 燃煤电厂水资源	9
第一节 水资源类型	10
第二节 水资源选择的一般原则	19
第三章 燃煤电厂用水系统	25
第一节 冷却水系统用水	26
第二节 烟气脱硫工艺用水	30
第三节 除灰渣系统用水	33
第四节 运煤系统用水	39
第五节 锅炉补给水系统用水	42
第六节 生活用水	46
第七节 其他用水	47
第四章 燃煤电厂排水系统	51
第一节 冷却水系统排水	52
第二节 烟气脱硫系统排水	54
第三节 除灰渣系统排水	57
第四节 输煤系统排水	59
第五节 化学水处理系统排水	60
第六节 生活污水	62

第七节 非经常性排水	64
第五章 燃煤电厂水处理工艺	67
第一节 天然水净化处理	68
第二节 循环水处理	89
第三节 排水污染防治处理	98
第四节 再生水深度处理	119
第五节 矿井排水处理	122
第六节 燃煤电厂零排放	126
第六章 燃煤电厂水务管理	129
第一节 燃煤电厂水务管理现状	130
第二节 燃煤电厂现代水务管理理念	135
第三节 现代水务管理的任务及内容	139
第四节 燃煤电厂节水途径	148
第五节 现代水务管理的技术指标	158
第六节 现代水务管理的基本程序	160
第七节 现代水务管理的展望	162
第七章 燃煤电厂水系统管理新模式	165
第一节 燃煤电厂水务管理模式现状	166
第二节 建设项目管理模式	168
第三节 燃煤电厂水务管理新模式探索	178
第四节 合同水务管理 WMC 模式	189
附录	197
附录 I 燃煤电厂主要水系统水质要求及检测方法	197
附录 II 部分电厂水平衡图	201
附录 III 与燃煤电厂水务管理有关的法律、法规和规程	203
附录 IV 缩写与单位说明	205
参考文献	207



概 论



第一节 我国水资源的基本状况

水是人类赖以生存的宝贵自然资源，是社会发展的基础。在自然界中，水以不同的形态存在并循环不息。地球上三分之二以上面积由水覆盖，但 97% 以上的水是人类生产生活无法直接使用的海水和苦咸水。淡水资源占总水资源的比例不到 3%，其中绝大多数是不能使用的冰川水和深层地下水，因此可供人类使用的淡水资源相当有限。

我国水资源总量并不丰富，人均占有量更低，水土资源不相匹配。从总量上讲，我国水资源总量为 28 100 亿 m^3 ，居世界第六位。但由于我国人口众多，人均水资源量不足 2400 m^3 ，约为世界人均水平的四分之一，在世界上名列第 121 位，是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一。

改革开放以来，经济的高速发展和城市化进程的加快，工农业生产用水和城镇居民生活用水需求急剧增加，但供水总量增长缓慢。我国工业用水量和城镇生活用水量分别从 1980 年的 457 亿 m^3 /年、68 亿 m^3 ，增加到 2008 年的 1397.1 亿 m^3 、729.3 亿 m^3 /年，分别增加了 2.1 倍、9.7 倍多，平均年增长 4.1% 和 8.8%。工业耗水量大，万元 GDP 用水量远低于发达国家。污水排放总量不断增大，远远超过了自然界的自净化能力，这种对水资源长期的破坏性使用的局面，使世界水资源供应日益短缺，越来越严重地影响人类生产、生活的正常发展。“十一五”末期，尽管用水总量上升的势头有所遏制，但是生活、生产、生态争水，行政区争水，行业争水现象时有发生，供需矛盾更加突出。按目前的正常需要，在不超采地下水的情况下，正常年份全国缺水量将近 400 亿 m^3 ，三分之二的

城市不同程度缺水。

随着经济的发展,我国未来水资源形势将更为严峻,水资源短缺已经成为制约我国社会、经济、环境可持续发展的重要因素。根据国务院批复的《全国水资源综合规划》,我国将实行严格的水资源管理制度。保护和合理利用水资源已列为我国的基本国策。

第二节 我国燃煤电厂用水现状

电力工业是社会经济发展的重要基础,随着我国经济的快速发展,电力需求也急剧增加。2000—2009年,我国国民经济年均增长速度为9.86%,全社会用电量从2000年的13 470亿kW·h增长到2009年的36 430亿kW·h,年均增长11.7%,高出经济增长速度1.84个百分点。截至2009年底,全国全口径发电量36 639亿kW·h,同比增长6.2%。其中火电29 922亿kW·h,自1996年以来,我国的发电量和装机水平一直居全球第二位。进入2000年以后,我国电力工业更是进入历史上的高速发展时期,年均开工超过2500万kW,投产大中型机组逐年上升,截止2009年底,全国全口径发电设备容量87 407万kW,比上年底净增8130万kW,同比增长10.23%,其中火电65 205万kW,同比增长8.16%(中电联《全国电力供需与经济运行形势分析预测报告》2010年1月)。

我国是煤炭资源大国,我国的火力发电基本上以燃煤发电为主。燃煤电厂是耗水大户,其耗水量约占工业耗水量的40%左右,水资源也就成为燃煤电厂生产和发展中最为关切的问题之一。事实上,水已经成为制约电力生产发展的主要因素。2005年7月,国家标准化管理委员会同国家发展和改革委员会等相关部门编制了《2005—2007年资源节约与综

合利用标准发展规划》。规划中拟定的关于节水方面的标准共 150 项，包括节水基础、管理、方法，以节水为直接目的的节水技术和产品，以及海水（苦咸水）淡化和利用等标准。其中与燃煤电厂节水有关的标准 35 项。该规划的编制，显示了国家行业层面对节水管理的重视，也给燃煤电厂节水工作提出了要求。

一、我国燃煤电厂水量消耗现状

不同的燃煤电厂水耗水平不同，新建电厂技术先进、水耗低，老厂水耗高，大型电厂比小型电厂耗水指标低。截至 2005 年，我国燃煤电厂用水量为 635 亿 m^3 /年，排放废水量 19.2 亿 m^3 ，见表 1-1。

表 1-1 2000~2005 年燃煤电厂用水数据

项目 \ 年份	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
用水量 (亿 m^3)	455	470	509	521	597	635
废水排放量 (亿 m^3)	15.3	13.5	14.4	16.2	18.1	19.2
单位发电耗水量 [$\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$]	4.2	3.9	3.5	3.4	3.2	3.1

从表 1-1 中可以看出，2005 年，我国燃煤电厂单位发电量耗水量平均为 3.1 $\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，但就燃煤电厂个体而言，目前全国很多电厂耗水量水平高于这一数据。造成这一差异的原因主要是新建电厂、大型电厂设计起点高，节水技术应用情况好，节水效果较好，单位发电耗水量低，在统计数据中这部分电厂的数据拉低了平均值。

电力工业的高速发展，必然使整个电力行业对水资源的需求量加大，国家对火力发电行业的用水管理也随之加强。2002 年，由原国家经贸委提出，国家标准化委员会批准发布了针对火力发电等行业的取水定

额 GB/T 18820—2002《工业企业产品取水定额编制通则》。其中 GB/T 18916.1—2002《取水定额 第1部分：火力发电》被排在了5个重点节水行业之首，并于2003年实施。

《取水定额第1部分：火力发电》中规定：

(1) 单位发电量取水量定额指标见表1-2，规定单机容量小于300MW的循环冷却机组和直流冷却机组的取水定额指标，分别小于或等于 $4.80\text{m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$ 和 $1.2\text{m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$ ；单机容量大于或等于300MW的循环冷却机组和直流冷却机组的取水定额指标，分别小于或等于 $3.84\text{m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$ 和 $0.72\text{m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$ 。

表 1-2 单位发电量取水量定额指标 $\text{m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$

冷却方式	单机容量小于300MW	单机容量大于或等于300MW
循环冷却机供水系统	≤ 4.80	≤ 3.84
直流冷却供水系统	≤ 1.20	≤ 0.72

(2) 装机取水量定额指标见表1-3，用于设计火电企业时使用。

表 1-3 装机取水定额指标 $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$

冷却方式	单机容量小于300MW	单机容量大于或等于300MW
循环冷却机供水系统	≤ 1.0	≤ 0.8
直流冷却供水系统	≤ 0.2	≤ 0.12

二、我国燃煤电厂节水潜力分析

据有关资料介绍，截至2005年底，我国燃煤电厂平均装机耗水率 $0.68\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ ，是20世纪80年代大机组平均耗水指标 $1.42 \sim 1.56\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ 的1/2左右，工业用水重复利用率达到70%以上。但是与国外燃煤电厂的先进水平 $0.5\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ 相比较，我国燃煤电厂

的耗水量还有很大的节约空间。

在具体节水环节上，燃煤电厂取水主要用于冷却用水和冲渣用水，这两部分用水占电厂用水的很大部分，节水的空间较大。

在占全国火电总装机容量较大比例的循环冷却电厂中，由于循环水量大，循环水补充水需求仍然是电厂耗水量最大的部分，约占全部取水量的 70% 以上。提高循环水的浓缩倍数，增加水的循环利用次数是循环水系统节约用水的最有效的措施。

燃煤电厂排放废水中冲灰水排放量最大，如采用低浓度水力除灰，水灰比按 15 : 1 计，一台 1000MW 机组的燃煤电厂的灰水排放量为 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ ，如果不回收利用，仅这一方面就达到了燃煤电厂总耗水量的一半以上，这也是燃煤电厂节水的一个主要环节，是采用水力除灰的燃煤电厂节水潜力所在。

另外，新的节水技术和新的水务管理模式的应用，将会使我国燃煤电厂的节水空间更大。开展燃煤电厂节水技术研究，推动燃煤电厂节水管理，降低燃煤电厂单位发电水耗，节约水资源，必将会产生巨大的经济效益和环境效益，具有非常重要的现实意义。

第三节 我国燃煤电厂水务管理概况

我国燃煤电厂水务管理的概念起源于 20 世纪 80 年代，经历了近三十年的发展，电厂水务管理从无到有，并成为了电厂日常管理工作重要的一部分。随着环保压力的加大和水资源的日益匮乏，燃煤电厂应用节水技术的积极性不断加强。

火电厂水务管理涉及用水、节水、重复利用及污染控制等，我国这

方面的工作起步较晚，与发达国家的水务管理水平存在相当大的差距，但随着国家法规、政策的不断严格，相关部门重视程度的不断提高，全民节水意识的不断增强，以及水务管理水平不断向现代化和科技化发展，新的处理技术的推广应用和不断改进，我国的水务管理工作也会步上一个新的台阶。

在水务管理模式方面，目前我国燃煤电厂的水务管理主要以电厂自主管理的模式为主，所有的电厂不论大小，在开展水务管理时，都是根据自身的情况，组织相应的人员开展水务管理，并根据规范要求，自行确定管理组织机构，建立管理制度，这种状况造成了燃煤电厂水务管理“大而全，小而全”的模式。这种模式专业化特点不强，管理水平参差不齐，不利于水务管理工作的推广。

在规范方面，我国相继制定了一系列水务管理方面的规章和规范，规定了燃煤电厂节水工作的任务，明确了燃煤电厂节水和水资源保护的责任。同时，随着技术发展的需要，相应的规范、规章还在进一步的完善中。

