

CHINA

中国工业用水与节水丛书

第二册

重点

行业用水与节水

国家发展和改革委员会
环境和资源综合利用司 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TU991.31
1-2

CHINA

中国工业用水与节水丛书

第二册

重点

行业用水与节水

国家发展和改革委员会 编
环境和资源综合利用司

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为《中国工业用水与节水丛书》的第二册。内容包括：火电工业用水与节水、冶金工业用水与节水、石油勘探开发用水与节水、石油化工工业用水与节水、纺织工业用水与节水、造纸工业用水与节水、煤炭工业用水与节水、食品工业用水与节水、有色金属工业用水与节水。

图书在版编目 (CIP) 数据

重点行业用水与节水 / 国家发展和改革委员会环境和资源综合利用司编. —北京: 中国水利水电出版社, 2004

(中国工业用水与节水丛书; 2)

ISBN 7-5084-2514-6

I. 重... II. 国... III. 工业用水—节约用水

IV. TU991.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 120703 号

书 名	中国工业用水与节水丛书 第二册 重点行业用水与节水
作 者	国家发展和改革委员会环境和资源综合利用司 编
出版 发行	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: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 27.25 印张 646 千字
版 次	2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—2600 册
定 价	70.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《中国工业用水与节水丛书》编辑委员会

主 任 赵家荣

副 主 任 翟 青 何炳光

委 员 谢 极 祁鲁梁 杨尚宝 王静波

《中国工业用水与节水丛书》编写人员

主 编 翟 青

副 主 编 雷长群 谢 极 祁鲁梁

编写人员 (按姓氏笔画排序)

谢 极	邵益生	宋兰合	张桂花	陈柏华
李家强	邱若磐	陈洪志	佟立华	冯 霄
王 斌	朱志文	李本高	贾立敏	李晓芸
沙中魁	王大卫	阎鸿炳	杨书铭	余惠芳
靳福明	张 玮	李中和	刘长青	赵奎霞
张永珍	张国宁	蔡 梅	刘景阳	劳善根
杨军耀	张雨山	王 静	阎家泓	李永存
孙文章	雷长群	高 红	姜军清	段文伟
汤万金	咎瑞卿			

统 稿 谢 极 祁鲁梁

前言

水是人类社会发展的基础性自然资源和战略性经济资源，水资源的可持续利用，是实现经济社会可持续发展极为重要的保证。我国是一个水资源紧缺的国家，作为经济高速发展的人口大国，我国面临着更为紧迫的压力。水资源短缺的问题，已经成为未来 20 年我国实现全面小康社会目标所面临的重大挑战之一。

党的十五届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十个五年计划的建议》明确指出：“水资源可持续利用是我国经济社会发展的战略问题，核心是提高用水效率，把节水放在突出位置。要加强水资源的规划与管理，协调生活、生产和生态用水。城市建设和工农业生产布局要充分考虑水资源的承受能力。大力推行节水措施，发展节水型农业、工业和服务业，建立节水型社会。”要实现水资源可持续利用，必须树立和落实科学发展观，正确处理和解决我国经济快速发展和水资源短缺的矛盾，努力建设节水型社会。运用科学发展观解决水资源短缺问题，不仅是我国国民经济快速、健康发展的需要，也是提高广大人民群众生活水平、全面建设小康社会的重要保障。

一、充分认识我国水资源供需矛盾的严重性，增强建设节水型社会的危机感

我国是一个水资源短缺的国家，淡水资源总量为 28000 亿 m^3 ，居世界第四位，但人均淡水拥有量不足 2200 m^3 ，只有世界平均水平的 1/4。在 2003 年联合国发布的《世界水资源开发报告》中，中国的人均水资源量排在了第 128 位。另外，水资源分布的不均衡，水体的大量污染和用水浪费加剧了我国水资源贫乏的程度。全国正常年份缺水量近 400 亿 m^3 。1991 年以来，平均每年因旱受灾耕地面积 4.12 亿亩，占全国耕地总面积的 1/5 强，平均每年因旱减产粮食 280 多亿 kg；全国 660 座城市中有 400 多座城市缺水，其中近 110 座严重缺水。特别是近年来我国北方地区连续遭受严重干旱，水资源短缺一年甚于一年，水荒步步紧逼，已严重制约了我国经济社会的发展。随着人口增加和社会经济的发展，我国生产、生活用水都在增长，目前全国年取水量约

5500 亿 m^3 ，已经占到了世界全部取水量的 12%，是用水最多的国家之一。预计 2010 年我国供水总量为 5500 亿~5600 亿 m^3 ，取水需求总量将达到 6000 亿~6100 亿 m^3 ，届时将有 400 亿~600 亿 m^3 的供需缺口，这将使我国已有的水资源供需矛盾在未来更加突出。据《中国可持续发展水资源战略研究》的综合报告预测，到 2030 年，我国人口将达到峰值 16 亿，届时人均水资源量只有 1750 m^3 ，将列入严重缺水的国家。在充分考虑节水的情况下，估计届时取水总量为 7000 亿~8000 亿 m^3 ，而全国实际可能利用的水资源量约为 8000 亿~9000 亿 m^3 ，预计取水量已经接近可利用水量的上限，水资源进一步开发的难度极大。如果不采取有力措施，我国有可能在未来出现严重的水危机。

二、客观认识我国水资源利用现状，提高建设节水型社会的紧迫感

我国的总取水量中，农业取水约占 70%，工业取水约占 20%，生活取水约占 10%。我国水资源利用方式粗放，用水效率不高，节水潜力巨大。我国水资源利用的效率与国际先进水平相比有较大差距，2002 年我国万元 GDP 取水量为 537 m^3 ，是世界平均水平的 4 倍。耕地自然降水利用率只有 45% 左右，灌溉水的利用率仅有 43%，远低于发达国家 70%~80% 的水平；粮食作物的平均水分生产率仅 1 kg m^3 左右，是发达国家的 50%；在 8 亿亩农田有效灌溉面积中，按低标准进行节水改造的面积近 3 亿亩，只占 36%。全国万元工业增加值取水量为 241 m^3 ，是发达国家的 5~10 倍；工业水的重复利用率约为 50%，而发达国家已达 85%。全国城市供水管网和用水器具的漏损率高达 20% 以上，仅城市便器水箱漏水一项每年就损失上亿立方米。此外，我国在污水处理回用，海水、矿井水、雨水利用及空中水资源开发等方面也处于较低水平。

我国用水效率与世界的差距，也预示着节水的巨大潜力。这说明，在用水需求方面，我们还有很大的可压缩空间。一方面我国节水的潜力非常大，另一方面我国的用水现状已与我国水资源条件极不适应，这种状况无法支持我国经济社会的可持续发展。因此，加强节水工作，改变我国用水管理落后的局面，是一项十分重要、非常艰巨而又极其迫切的任务。

三、正确认识我国节水工作取得的成绩，进一步增强节水工作的责任感

缓解我国水资源供求紧张的途径主要有两个，一个是“节流”，另一个是“开源”，即对海水、中水等非传统水资源的利用，前者强调了对水资源使用的节约，后者则强调了对水资源的替代。只有同时从这两方面入手，才能收到较好的效果。近年来，我国先后发布了“水法”、“清洁生产促进法”等法律，对节约用水作出了法律规定。从中央到地方，目前都在逐步建立和完善

节水机构，普遍开展了节水宣传，制定了一些节水管理法规和工业、农业、城市节约用水规划，明确提出了鼓励节约用水的制度和政策，加强了节约用水的法制管理。同时制定了工业取水定额国家系列标准，加大了对工农业节水的财政支持，加强了对海水、矿井水、中水等非传统水资源的利用，开展了创建节水型农业、节水型工业、节水型城市和节水型社会活动。

在社会各方面的努力下，通过采取行政、经济、技术等综合措施，我国的节水工作取得了明显的成效，工业、农业和城市生活的用水效率大大提高，全国年用水总量得到了有效控制。1998~2002年，我国国民经济每年以高于7%的速度增长，而全国年取水量并未出现大的变化，稳定在5500亿 m^3 左右。我国万元GDP取水量，也由1980年的9820 m^3 ，降至2000年的610 m^3 、2002年的537 m^3 。

(1) 工业用水实现“增产不增水”。虽然工业化进程不断加快，但工业取水总量增幅很小。工业取水遏制住了1993~1999年年均增长4.2%的势头，1999~2002年实现了工业取水量“零增长”；万元工业增加值取水量从1999年的330 m^3 降至2002年的241 m^3 ，年均递减9%。全国工业用水重复利用率比20世纪80年代初提高了近40%。

(2) 农业节水初见成效。从1998年开始，国家对247个大型灌区进行了节水改造，目前已形成了110亿 m^3 的节水能力，新增节水灌溉工程1.43亿亩，在2.5亿亩农田中推广了各种形式的非工程节水措施，显著提高了综合生产能力。1999~2002年农业年取水量维持在3800亿 m^3 左右。农田灌溉每亩取水量在逐年下降，1980年为583 m^3 ，2000年为479 m^3 ，2002年降至465 m^3 ，与1980年相比，实现年节水量753亿 m^3 。

(3) 城市生活节水力度加大。全国所有城市和绝大部分市镇都基本做到了依据水表收水费，基本取消了居民生活取水包费制，一些重要城市，如北京、天津等还出台了一些严格的取水定额管理措施，实行计划取水、超计划加价的办法，减少浪费，提高用水效率。全国城市年节水38亿 m^3 。目前已有北京、上海、济南、青岛等10座城市被评为全国节水型城市。张掖市、绵阳市、大连市的节水型社会建设试点工作也取得了初步成效。

(4) 非传统水资源利用。2002年全国海水直接利用量为216亿 m^3 ，海水淡化先进工艺技术和设备的研究已经取得突破性进展。在部分沿海地区建成了日产淡水5000t的工程，海水淡化成本降至5元/t左右。

到2002年底，我国已建成城市污水处理厂537座，总处理规模为3579万 m^3/d ，全国城市污水处理率达到39.97%，污水再生水利用量达到2.12

亿 m^3 。

据 2000 年初调查, 全国共建成雨水集蓄利用工程 560 万处, 蓄水容积 18 亿 m^3 , 解决了 1532 万人及 966 万头牲畜的饮水问题。

我国的节水工作取得了一些成效, 也创造了一些经验, 为今后树立和落实科学发展观、努力建设节水型社会奠定了基础。虽然取得了一些成绩, 但是, 我们也要清醒地认识到, 目前中国节水水平与严峻的水资源形势还很不相称, 中国总体缺水形势还未得到缓解, 水资源质量呈恶化趋势也未得到有效控制, 节水的战略地位还不够突出, 全民的节水意识还有相当差距, 节水型社会建设还面临着许多新的问题有待解决。解决水资源这个战略问题需要全社会的努力。

四、树立和落实科学发展观, 全面推进节水型社会建设

建设节水型社会是一项涉及全社会各层面的综合性系统工程, 需要政府的大力推动, 更需要全社会的广泛参与和支持。我国严峻的水资源形势与目前节水水平的矛盾说明, 传统的主要依靠行政措施推动节水的做法已不适应形势的要求。我们必须按照科学发展观和“五个统筹”的要求, 总结节水工作实践经验, 创新节水机制, 全面贯彻党中央、国务院有关节水的方针政策, 以提高水资源对经济社会发展的保障能力为目标, 以建设节水型社会为核心, 以建立水资源节约与替代机制为重点, 充分发挥广大群众的主动性和创造性, 坚持“节约优先、治污为本、多渠道开源”的原则, 大幅度提高用水效率和水资源替代水平, 实现水资源的可持续利用。

当前, 我们应主要从以下几个方面来推动我国的节水型社会的建设: 一是要加快建立和完善节约用水的法律法规体系, 编制工农业节水和城市生活节水专项规划, 强化政府对节水工作的指导。二是要理顺水资源管理体制, 强化执法, 实现城乡水资源统一管理, 推进水务一体化管理。三是要建立和完善以取水许可制度和水资源有偿使用制度为核心的, 包括水资源论证、三同时四到位 (建设项目的主体工程与节水设施同时设计、同时施工、同时投产; 取用水户做到用水计划到位、节水目标到位、节水措施到位、管水制度到位)、节水产品认证等在内的水资源和节水管理体系, 建立节水激励机制和监督机制。四是要制定工农业和城乡居民生活取水定额标准, 对取水实行总量控制和定额管理相结合的基本管理制度。五是要按照水资源的承载能力, 调整经济结构, 优化水资源配置, 发展节水型工业、节水型农业和节水型服务业。六是要突出重点, 增加投入, 加强农业节水工程建设、工业节水技术改造和城市供水管网改造, 积极推进海水、中水、矿井水等非传统水资源的

利用，建立节水投资保障机制和节水激励政策。七是要依靠科技进步，增加节水技术研发的投入，推广使用先进的节水工艺、节水技术、节水产品和节水器具，提高工农业用水及生活用水效率。八是要理顺水价体系，充分发挥价格杠杆在促进节水中的作用，适时、适度、适地调整水价和水资源费，实行超计划取水和超定额取水累进加价制度。九是要建立科学的用水统计指标体系和节水评价指标体系，评价考核供用水单位节水实施情况，加强对高用水行业、重点用水大户的监督检查。十是要积极开展节水宣传教育，鼓励社会公众参与节水，增强全民节水的自觉性，形成节约用水的良好氛围。

建设节水型社会是全面建设小康社会的重要支撑工程，是一项创新工作。我们一定要抓住机遇，积极努力，全面推进节水工作。只要我们真正树立和落实科学发展观，勇于实践，开拓创新，就一定能够走出一条建设节水型社会、实现人与自然和谐相处、经济社会可持续发展的成功之路。

《中国工业用水与节水丛书》编辑委员会

目 录

前 言

第一章 火电工业用水与节水	1
第一节 概述	1
第二节 火电工业用水	13
第三节 火力发电工业排水	41
第四节 火电工业节水	65
参考文献	80
第二章 冶金工业用水与节水	81
第一节 概述	81
第二节 冶金工业用水现况和节水成效与目标	83
第三节 冶金工业用水	95
第四节 冶金工业的节水措施	108
第五节 节水方法与技术	110
参考文献	161
第三章 石油勘探开发用水与节水	162
第一节 概述	162
第二节 石油勘探开发用水	164
第三节 石油勘探开发排水	167
第四节 石油勘探开发节水途径	186
第五节 海上(水上)溢油处理方法	196
参考文献	200
第四章 石油化工工业用水与节水	201
第一节 概述	201
第二节 石化工业的用水与排水	202
第三节 石油化工企业的节水	210
第四节 石化工业一般废水处理技术	238
第五节 石化工业特殊废水的处理技术	244
参考文献	259
第五章 纺织工业用水与节水	260

第一节 纺织工业基本状况	260
第二节 纺织工业用水状况	261
第三节 纺织工业排水状况	265
第四节 纺织印染行业废水治理方法	266
第五节 各类纺织印染产品废水治理方法	269
第六节 纺织印染废水治理工程的设计与运行	272
第七节 工程实例	273
参考文献	275
第六章 造纸工业用水与节水	276
第一节 概述	276
第二节 制浆造纸工业用水与节水	276
第三节 制浆造纸工业排水	280
第四节 制浆造纸工业废水处理技术	286
第七章 煤炭工业用水与节水	292
第一节 概述	292
第二节 矿井水的排放与资源化	299
第三节 选煤厂的用水与节水	325
第四节 矿区生活用水与节水	340
第五节 其他工业用水与节水	347
参考文献	352
第八章 食品工业用水与节水	353
第一节 概述	353
第二节 食品工业用水	355
第三节 食品工业排水	365
第四节 食品工业节水	379
第九章 有色金属工业用水与节水	383
第一节 概述	383
第二节 有色金属工业用水	384
第三节 有色金属工业排水	385
第四节 有色金属工业节水	419
参考文献	421
后记	422

第一章 火电工业用水与节水

第一节 概 述

一、我国火力发电工业的发展状况

我国的电力工业自从新中国成立后,得到了很大的发展,尤其是改革开放以来,更是进入了一个快速增长期。截至 2000 年底,全国总发电装机容量约为 316000MW,发电量为 1350kW·h。其中,火电装机容量为 236800MW,年发电量为 1107.9kW·h。

根据国家有关部门的预计,今后我国 GDP 年均增长 7% 左右,随着我国经济继续保持持续稳定增长,国民经济和社会发展对电力的需求也将相应增长,预计全国“十五”期间电力需求的年平均增长速度在 4.5%~5.0% 之间。2005 年装机容量将达到 365000MW,发电量将达到 1620kW·h,其中火力发电装机容量将达到 261000MW,发电量将达到 1294.9kW·h。到 2010 年,全国装机容量将达到 450000MW,发电量将达到 2040kW·h,分别增长 4.3% 和 4.2%,其中火电装机容量将达到 322000MW,发电量将达到 1590.6kW·h。

火电厂生产需要有足够的水量和一定的水质作保证。虽然由于国家能源政策和环保政策的不断完善改进,燃煤火力发电的比例将会有所减少,水电、核电和其他新能源的发电比例将会有所上升,但是我国以煤为主要发电燃料的基本状况,在一定时期内难以改变,而且总量还将逐渐增加,在我国整体缺水形势十分严峻的情况下,节约用水将是火电行业一项长期的重要任务。

党中央、国务院提出的西部大开发战略,是电力工业调整战略布局,特别是加快西部电力发展的重大机遇,我国西部有丰富的煤炭资源,但水资源匮乏,随着“十五”期间四大工程之一的“西电东送”的实施,西部缺水给电力发展带来的矛盾将更加突出。因此,在火电生产中合理、高效地利用有限的水资源,是贯彻可持续发展战略的要求。

近些年来,随着自身节水管理的加强和社会保护环境要求的日益提高,火力发电厂积极采取节水措施,节水取得了很大的进展。在改革开放的 20 年中,我国的火力发电在快速发展的同时,耗水量得到了控制。在目前的火电装机容量中,有近 80% 的容量是在这 20 年增加的,但由于用水效率的提高,使耗水总量的增长速度得到了控制。

但是,从我国严重的缺水形势以及不少火电厂还存在用水不合理、重复利用率低、废水排放污染超标等问题来看,制订更严格的节水规划和采用先进、科学、有效的节约用水措施仍是我们面临的重要任务。



二、水在火力发电中的作用

火力发电厂的生产过程，是一个能量转化过程，它是利用燃料（煤、石油或天然气等）蕴藏的化学能，通过燃烧变成热能传给锅炉中的水，使水转变为具有一定压力和温度的蒸汽，导入汽轮机，在汽轮机中蒸汽膨胀作功，将热能转变为机械能，推动汽轮机转子旋转，汽轮机转子带动发电机转子一起高速旋转，将机械能变为电能送至电网，火力发电的能量转换过程如图 1-1 所示。



图 1-1 火力发电厂的能量转化过程

通过火力发电厂的能量转化过程可以看出，水或水吸收热能后生成的蒸汽是热力系统的工作介质，担负着传递能量的作用。

水在火力发电厂的生产过程中，也担负着冷却介质的作用，用以冷却汽轮机排出的蒸汽、冷却转动设备的轴瓦等。

水在火力发电厂的生产过程中，同时担负着清洁的作用，湿式除尘器、湿法或半干法烟气脱硫系统、输煤栈桥喷淋等都不能缺少水。

另外，水在火力发电厂的生产过程中，还担负传输载体的作用，例如，在水力除灰和水力排渣系统中用于灰渣的输送。

对于热电联产厂，水（或蒸汽）是载热介质，担负向热力用户提供热能的作用。

水也是人类生活必不可少的物质，有人的地方就有水的消耗。例如职工饮用水、沐浴用水、消防用水、绿化用水等。

因此可以说，在火力发电厂生产过程的各个环节，几乎都离不开水。无论是做功的工质还是冷却的工质都是由水或汽态的水来完成的。

三、火力发电厂的分类

火力发电厂简称火电厂，火力发电是最早得到实用的发电技术，1995 年全世界总发电量的 62.98% 是由火力发电生产的。在我国，火电所占的比例更大，为 80.2%。

火力发电厂按照动力设备的类型，可分为蒸汽动力发电厂、燃气轮机发电厂和内燃机发电厂以及燃气—蒸汽联合循环发电厂，其中蒸汽动力发电厂占据主要地位，它提供的电能约占火力发电厂提供电能的 95%。

火力发电厂按照燃料的不同可以分为燃煤电厂、燃油（主要有原油、重油、柴油）电厂、燃气（主要有天然气、液化天然气、煤气）电厂等几种类型。我国的火力发电厂的燃料以煤炭为主，1990 年燃煤电厂占火力发电总容量的 90.4%，1995 年上升到 96.8%。

按照机组是否供热，火力发电厂可以分为凝汽式发电厂和热电联产厂（简称热电厂）两类。凝汽式发电厂仅向外界用户供应电能，而热电厂除向外界用户供应电能外，还向用户以蒸汽或热水的形式供应热能。

火力发电厂按照对在汽轮机中做过功的蒸汽的冷却方式的不同可以分为循环冷却电厂、直流冷却电厂、空冷电厂等。

循环冷却电厂是指采用循环冷却水系统对汽轮机排出的蒸汽进行冷却的电厂。循环冷却水系统常用的冷却设施有冷却塔、冷却池、喷水池及喷射冷却装置。

直流冷却电厂是指采用直输直排冷却水系统对汽轮机排出的蒸汽进行冷却的电厂。

空冷电厂以空气作为冷却介质，这种以空气为冷却介质的冷却系统通常称为干式冷却系统，干式冷却系统又分为直接干式冷却系统和间接干式冷却系统，其中直接干式冷却系统以布置在厂房外的空气冷却器代替布置在汽轮机下方的水冷却凝汽器。间接干式冷却系统的凝汽器仍布置在汽轮机下方，采用密闭式循环冷却水系统对汽轮机排出的蒸汽进行冷却，然后利用空冷却塔进行热量交换。

用于冷却汽轮机排出的蒸汽的冷却水系统是火力发电厂用水量最大的用水系统，例如在循环冷却电厂，占电厂全部用水量的 70% 左右。

四、火力发电厂的主要用水系统

火力发电厂的用水一般分为两类：一类是生产用水；另一类是生活用水。生产用水主要有水汽循环系统，即热力系统用水、冷却系统用水、供热系统用水和水力除灰排渣系统用水等。生活用水主要有生活系统用水、消防系统用水、绿化施工系统用水等。

近年来，随着酸雨问题的日益严重，越来越多的燃煤电厂增设了烟气脱硫装置，因此生产用水中还应包括脱硫系统用水一项。

下面对火力发电厂几个主要用水系统作一简单介绍。

(一) 水汽循环系统

图 1-2 为一个凝汽式发电厂水汽循环系统流程简单示意。

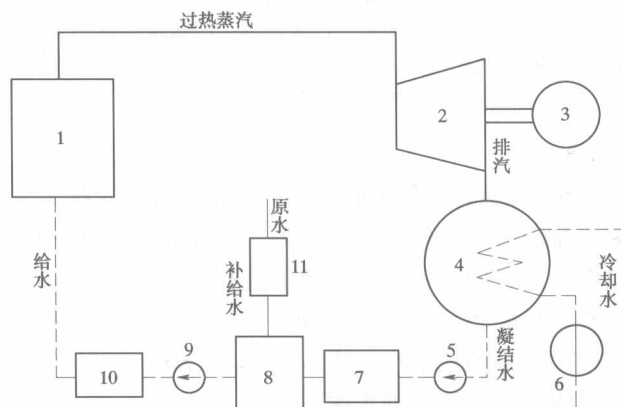


图 1-2 凝汽式发电厂水汽循环系统的流程

- 1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；
5—凝结水泵；6—冷却水泵；7—低压加热器；
8—除氧器；9—给水泵；10—高压加热器；
11—水处理设备

在该系统中，锅炉、汽轮机和凝汽器是主要设备，锅炉产生的蒸汽在汽轮机做功后，进入凝汽器凝结成水，然后由凝结水泵送到低压加热器，加热后送到除氧器，再由给水泵将已除氧的水送到高压加热器，最后进入锅炉，开始下一个循环。



由于热力系统内的压力和温度都很高,为了保证其正常运行,对热力系统内的水、汽质量有很严格的要求,并随机组参数的提高而愈加严格。

有些发电厂除了发电外,还向附近的工厂和住宅区供生产用汽和取暖用热水,这种电厂称为热电厂。供热热能来自于生产电能的动力装置的排热或余热。通过热电联产使不同品位的能量得到更充分的利用。因此可获得更好的经济效益和社会效益。见图 1-3 热电厂水汽循环系统的主要流程。

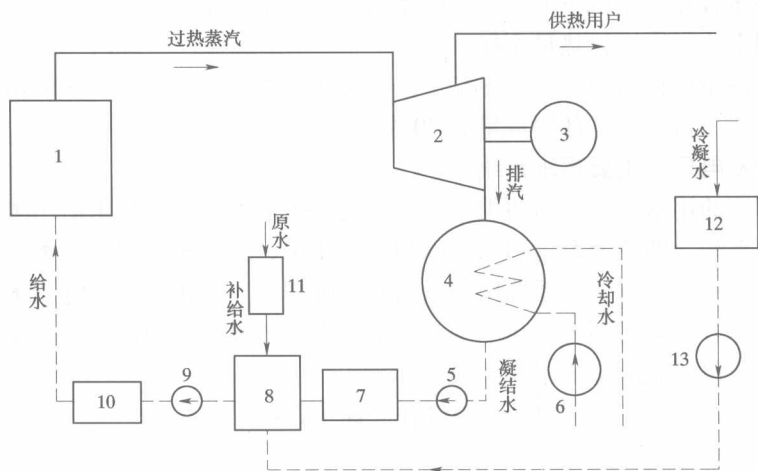


图 1-3 热电厂水汽循环系统的流程

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—凝结水泵；6—冷却水泵；
7—低压加热器；8—除氧器；9—给水泵；10—高压加热器；11—水处理设备；
12—返回凝结水箱；13—返回水泵

(二) 锅炉补给水系统

火力发电厂热力系统中的水汽循环过程中,会由于锅炉的排污、吹灰、除氧器排汽,燃油加热、汽轮机轴封排汽等原因发生水汽损失,因而需要不断向热力系统内补充水,以保持水汽平衡。在热电厂中,向热力用户供热的过程中也会造成水汽损失,其损失量因用户用热方式不同和供热系统的状况不同而不同。锅炉补给水水源大多使用淡水,如江河、湖泊和水库的地表水或井、泉的地下水。进入 20 世纪 80 年代以来,由于水资源短缺,海水和市政、工厂的废水成为新增的两种水源。

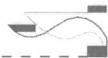
从水源引来的原水需要经过处理后才能进入给水系统,锅炉补给水处理系统一般由预处理、软化或除盐处理等部分组成。见图 1-4 锅炉补给水系统流程图。

补给水的预处理是为了去除水中的悬浮物、胶体和有机物等物质。

软化或除盐处理有除去水中的钙、镁离子的软化处理,也有除去水中的硬度、同时降低碱度的软化降碱处理,还有除去全部溶解盐类的除盐处理。软化水处理主要是作为低压锅炉补给水处理,其工艺主要有石灰软化和离子交换树脂软化。除盐水处理主要作为高压锅炉的补给水处理,主要有离子交



图 1-4 锅炉补给水系统流程图



换、反渗透、电渗析等方式。

(三) 冷却水系统

用于冷却汽轮机排出的蒸汽的冷却水系统是火力发电厂用水量最大的系统。

火力发电厂冷却水分为凝汽器冷却水和工业冷却水。

1. 凝汽器冷却水系统

凝汽器是将汽轮机排汽凝结成水的设备，在凝汽器中利用冷却水和蒸汽进行热交换，使蒸汽的温度迅速降低而变成液态，形成真空，以提高循环热效率。

凝汽器冷却水系统分为循环冷却水系统和直流冷却水系统，循环冷却水系统中建有冷却塔或冷却池，或喷射冷却装置等设施，这些设施的作用是将冷却水从蒸汽那里获得的热量散发到大气中，使冷却水降温后再循环使用。循环冷却水系统由于冷却水在系统中循环使用，只需补充一定的水量，以弥补使用过程中造成的损失，取水量少，所以用于缺水地区。图 1-5 是一个有自然通风冷却塔的循环冷却水系统示意图。

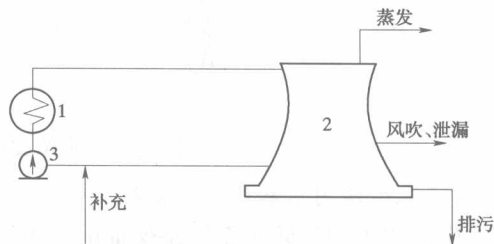


图 1-5 循环冷却水系统示意图

1—凝汽器；2—冷却塔；3—循环水泵

直流冷却水系统是采用直接从天然水体取水进入凝汽器，和蒸汽进行热交换后再直

接排入天然水体的方式，采用直流冷却水系统的电厂一般位于靠近江、河或沿海等水量丰沛的地区。根据直流冷却水系统所取用的水是海水还是淡水，直流冷却水系统又分为海水直流冷却系统和淡水直流冷却系统。

2. 工业冷却水系统

工业冷却水是除凝汽器冷却水之外的其他冷却水，如发电机空气冷却器、氢冷却器、主冷油器以及辅助机械的轴承冷却水。工业冷却水系统就是用于向这些设备连续不断地供应冷却水的管道连接系统。根据各厂的具体情况不同，工业冷却水系统可以作为凝汽器冷却水系统的一个分支，也可以自成系统。当作为凝汽器冷却水系统的分支时，称为开式系统，当自成系统时，称为闭式系统。还有的电厂把工业冷却水系统设计成开闭结合式，即部分设备的冷却水按开式系统设计，部分按闭式系统设计。

(四) 水力除灰排渣系统

大部分火力发电厂用水作为动力和介质清除锅炉燃烧过程中产生的灰渣，称为水力除灰（渣）。这种工艺运行操作简便，便于长距离输送，且能防止扬灰。

水力除灰按输送方式有灰渣分除和灰渣混除两种系统；按输送浓度又可分为高浓度输送系统和低浓度输送系统。当灰渣浆中灰渣的重量含量为 40% 以上时为高浓度，以下的为低浓度。

水力除灰排渣系统也是火力发电厂中用水量比较大的一个系统，尤其是采用低浓度输送时，是火电厂除冷却用水外，第二位用水量大的系统。

如图 1-6 所示低浓度灰渣分除系统的工艺流程。

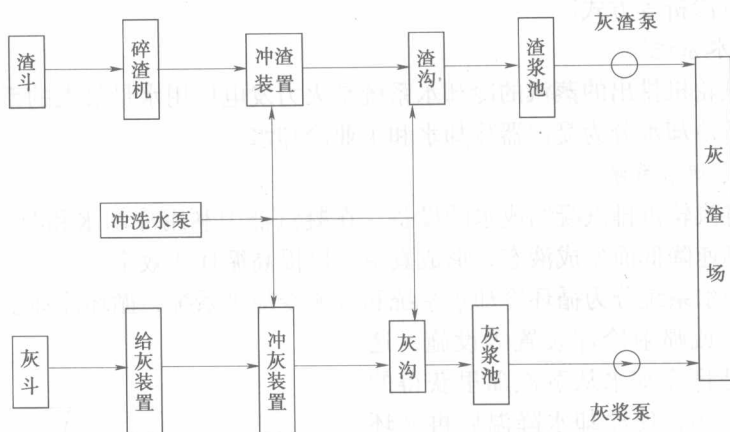


图 1-6 低浓度灰渣分除系统工艺流程

(五) 生活用水和消防水系统

生活用水和消防水系统是保证电厂生活和生产正常、安全运行的重要的用水系统。

厂区生活用水可由市政给水系统供应或取自地下水，有条件的最好利用市政给水系统，既能保证质量又能节省再建水处理设备的投资。

消防用水系统一般要求独立设置。消防用水可直接使用原水或取自市政给水系统。

五、火力发电厂的耗水与供水

火力发电厂在生产过程中，为保证其生产和生活的正常运行，所需要从天然水体取用的新鲜水量，称为取水量；把维持生产正常运行所需要的水量称为用水量；把在生产过程中耗损的水量称为耗水量；把使用过后又排放回天然水体的水量称为排水量。

其中耗水量是衡量一个电厂节水水平的重要的指标，为了便于比较，火电行业常使用两个“耗水率”的概念，一个是“装机耗水率”——装机为百万千瓦的电厂每秒钟所消耗的水的体积 [单位为 $\text{m}^3 / (\text{s} \cdot \text{GW})$]；另一个是“单位产量耗水率”——发一度电所消耗的水的重量 [单位为 $\text{kg} / (\text{kW} \cdot \text{h})$]。

(一) 火力发电厂水的消耗

火电厂中水的消耗包括循环冷却水损失、除尘除灰排渣水损失、热力系统汽水损失、化学水处理系统水损失、厂区工业水损失和生活、消防水损失等几个方面。

其中循环冷却水损失主要由蒸发损失、排污损失、风吹损失和泄漏损失组成，一般约占全厂耗水量的 70%。

除尘除灰排渣水损失与除尘除灰排渣方式以及系统形式有关，不同的方式和系统形式其用水损失有很大差别，可以在占全厂耗水量的 10%~45% 的范围内变化。

热力系统的汽水损失，在锅炉部分有锅炉排污放水、锅炉安全门和过热器放汽门的排汽损失、用蒸汽推动附属机械（如汽动给水泵）的消耗、蒸汽吹灰和燃烧液体燃料（如油）时采用蒸汽雾化法的蒸汽消耗等；在汽轮机部分有轴封处的连续向外排汽，在抽气器和除氧器排气口处也会随空气排出一些蒸汽；此外还有各种水箱的溢流和热水的蒸发、管道系统法兰盘连接处不严密和阀门泄漏等。凝汽式发电厂在正常运行情况下，热力系统的