



ZHONGDIAN HANGYE

JIESHUI JIANPAI JISHU

重点行业 节水减排技术

廖传华 张秣媛 冯志祥 著



化学工业出版社



ZHONGDIAN HANGYE

JIESHUI JIANPAI JISHU

重点行业 节水减排技术

廖传华 张秣媛 冯志祥 著

·北京·

水资源的高效利用是缓解我国水资源缺乏和水污染问题的重要途径之一。

《重点行业节水减排技术》首先讲解了工业节水减排的基本途径，并以化工行业、石油化工行业、钢铁行业、电力行业、纺织印染行业、造纸行业等用水重点行业为主，分别详细阐述各重点行业节水减排的新技术和新方法。

《重点行业节水减排技术》可供水环保领域的广大工程设计人员、科研人员、企业管理人员阅读参考，也可供高等学校环境工程、化学工程、电气工程等相关专业师生阅读和教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

重点行业节水减排技术/廖传华, 张秭媛, 冯志祥著.
北京: 化学工业出版社, 2016.7
ISBN 978-7-122-27017-7

I. ①重… II. ①廖…②张…③冯… III. ①工业用水-节约用水 IV. ①TU991.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 095438 号

责任编辑: 卢萌萌 仇志刚
责任校对: 边涛

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市航远印刷有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 522 千字 2016 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究

前言

水是最宝贵的资源之一。随着社会经济的飞速发展和人口的增长，我国用水量与日俱增，但水资源总量却随着全球气候和环境的变化而明显减少。与此同时，我国仍存在水资源利用方式粗放、用水效率不高的问题，导致水资源供需矛盾进一步突显。另一方面，排放的工业废水很多都没经过彻底处理甚至根本没经过处理就直接排放，对生态环境造成了巨大的压力。由于水污染而产生的环境事件、公共安全事件甚至重大社会事件层出不穷，水污染制约了社会经济的发展，严重影响到人民的身体健康，直接威胁到人类的生存空间。

为此，我们分别选取了化工行业、石油化学工业、钢铁、火力发电、纺织印染和制浆造纸六大重点行业，在大量现场调研的基础上，结合课题组多年来的研究成果，撰写了这本《重点行业节水减排技术》，旨在为生产企业的节水减排改造及水行政主管部门的用水管理提供指南。

全书共分8章。第1章概述性地介绍了当前我国的用水现状及面临的问题，指出了节水减排的重要意义；第2章介绍了工业过程节水减排的几种途径以及节水减排效果的评价方法；第3章分别从无机化工（合成氨、硫酸、纯碱、氯碱）和基本有机化工（甲醇、甲醛、乙醇、乙醛）等方面详细介绍了化学工业行业的生产工艺流程、用水节点及对水质水量的要求、污染物的来源与排放，在分析节水减排措施及取得的效果的基础上构建了节水减排评价指标体系；第4章从石油炼制与石油化工两个方面介绍了石油化工行业的生产工艺流程、用水节点及对水质水量的要求、污染物的来源与排放，在分析节水减排措施及取得的效果的基础上构建了节水减排评价指标体系；第5章以“长流程”为典型，介绍了钢铁行业的生产工艺流程、用水节点及对水质水量的要求、污染物的来源与排放，在分析节水减排措施及取得的效果的基础上构建了节水减排评价指标体系；第6章对火力发电行业的生产工艺流程、用水节点及对水质水量的要求、污染物的来源与排放，在分析节水减排措施及取得的效果的基础上构建了节水减排评价指标体系；第7章对纺织印染行业的生产工艺流程、用水节点及对水质水量的要求、污染物的来源与排放，在分析节水减排措施及取得的效果的基础上构建了节水减排评价指标体系；第8章对制浆造纸行业生产工艺流程、用水节点及对水质水量的要求、污染物的来源与排放，在分析节水减排措施及取得的效果的基础上构建了节水减排评价指标体系。

本书由南京工业大学廖传华，江苏省水利厅张秣媛、冯志祥合著，其中，第1章、第8章由廖传华著，第2章~第4章由张秣媛著，第5章~第7章由冯志祥著，全书由廖传华统稿。在写作过程中，南京工业大学耿文华教授、王重庆副教授、米展副教授提出了大量宝贵的意见，罗威、王慧斌、刘理力、金丽珠、朱亚松、赵忠祥、闫正文、王太东、李洋、刘状、汪威、李亚丽、廖炜、宗建军、闫月婷、马婷婷、陆蓓蓓等研究生做了大量的文字工作，在此一并表示感谢。

本书虽经多次审稿、修改，但由于作者的水平有限，不妥及疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正，笔者将不胜感激。

著者

2015年10月于南京

目录

第1章 绪论	001	2.2.3 工业废水的处理方法	028
1.1 中国的水资源现状	001	2.3 循环冷却水零排放技术	035
1.1.1 水资源的分布	001	2.3.1 循环冷却水水质特点	035
1.1.2 水资源量	004	2.3.2 循环冷却水零排放技术方法	036
1.1.3 水资源的开发利用现状	005	2.4 节水减排评价指标体系	039
1.2 水资源的危机	006	2.4.1 节水减排评价指标体系的构建原则	040
1.2.1 水资源的短缺	006	2.4.2 节水减排评价指标的选取	040
1.2.2 水资源的浪费	007	2.4.3 节水减排评价方法	042
1.2.3 水污染的加剧	007	2.4.4 评价指数	044
1.3 节水减排的意义	007	参考文献	045
1.3.1 节水减排是缓解城市缺水的措施	008	第3章 化工行业的节水减排	046
1.3.2 节水减排是保护水环境的需要	008	3.1 无机化工行业的节水减排	047
1.3.3 节约用水能产生巨大的经济效益	009	3.1.1 合成氨工业的节水减排	047
1.3.4 节约用水是实现可持续发展战略的保证	009	3.1.2 硫酸工业的节水减排	052
1.3.5 节约用水是社会安定团结的要求	009	3.1.3 纯碱工业的节水减排	056
1.4 重点行业节水减排的现状及存在的问题	009	3.1.4 氯碱工业的节水减排	062
1.4.1 重点行业的确定	009	3.2 基本有机化工行业的节水减排	068
1.4.2 重点行业节水减排现状分析	010	3.2.1 甲醇生产过程的节水减排	068
1.4.3 重点行业节水减排存在的问题	011	3.2.2 甲醛生产过程的节水减排	072
参考文献	011	3.2.3 乙醇生产过程的节水减排	074
第2章 工业节水减排的基本途径及评价体系	012	3.2.4 乙醛生产过程的节水减排	078
2.1 工业节水的基本途径	012	参考文献	080
2.1.1 工程节水	013	第4章 石油化工行业的节水减排	081
2.1.2 管理节水	016	4.1 石油化工行业的分类	081
2.1.3 工艺节水	017	4.1.1 石油炼制	081
2.1.4 设备节水	021	4.1.2 石油化工	082
2.1.5 非常规水源的利用	022	4.1.3 天然气化工	082
2.1.6 水系统集成优化	025	4.1.4 高分子化工	082
2.2 工业减排的基本途径	026	4.2 石油炼制行业的节水减排	082
2.2.1 废水处理与回用的意义	026	4.2.1 典型工艺流程	083
2.2.2 工业废水的来源及特点	026	4.2.2 用水节点及水质水量分析	088
		4.2.3 节水措施及效果分析	089
		4.2.4 减排措施及效果分析	094
		4.2.5 节水减排评价体系	098
		4.3 石油化工行业的节水减排	099
		4.3.1 烯烃生产过程的节水减排	099
		4.3.2 芳烃生产过程的节水减排	107

4.4	天然气化工行业的节水减排	112	5.6.2	用水节点及其对水质水量 的要求	179
4.4.1	天然气净化过程的节水 减排	113	5.6.3	废水的排放与资源化回用	180
4.4.2	天然气制甲醇过程的节水 减排	116	5.6.4	节水措施及效果分析	186
4.4.3	天然气制乙炔过程的节水 减排	119	5.6.5	减排措施及效果分析	186
4.5	高分子化工行业的节水减排	122	5.7	节水减排评价体系	187
4.5.1	合成塑料工业的节水减排	122	5.7.1	节水减排评价指标	187
4.5.2	合成纤维工业的节水减排	126	5.7.2	节水减排评价体系的构建	187
4.5.3	合成橡胶工业的节水减排	134	5.7.3	计算指标权重	187
	参考文献	138	5.7.4	节水减排控制标准	188
	第5章 钢铁行业的节水减排	139		参考文献	189
5.1	钢铁行业的生产流程和用水 现状	139	第6章 火电行业的节水减排	190	
5.1.1	钢铁行业的生产流程	139	6.1	火力发电厂的典型生产流程	190
5.1.2	钢铁行业的用水现状与节水 潜力	140	6.2	火力发电厂的用水与排水	191
5.1.3	钢铁工业废水的处理原则与 方法	141	6.2.1	用水节点及水质水量分析	191
5.2	烧结过程的节水减排	141	6.2.2	污废水的产生	193
5.2.1	烧结过程的工艺流程	141	6.2.3	废水的排放与处理	195
5.2.2	用水节点及水质水量分析	141	6.3	节水措施及效果分析	195
5.2.3	废水的排放与资源化回用	144	6.4	减排措施及效果分析	201
5.2.4	节水措施及效果分析	148	6.5	节水减排评价体系	203
5.2.5	减排措施及效果分析	149	6.5.1	节水减排评价指标	203
5.3	焦化过程的节水减排	152	6.5.2	节水减排评价体系的构建	204
5.3.1	焦化过程的生产流程	152	6.5.3	计算指标权重	204
5.3.2	用水节点及水质水量要求	153	6.5.4	节水减排控制标准	204
5.3.3	废水的排放与资源化回用	153	6.6	火力发电废水的“零排放”	205
5.3.4	节水措施及效果分析	156	6.6.1	火力发电厂废水“零排放” 的技术措施	205
5.3.5	减排措施及效果分析	157	6.6.2	确保火力发电厂废水“零排放”的 有效方法	206
5.4	炼铁过程的节水减排	159	6.7	超临界水发电技术及其应用	207
5.4.1	生产工艺流程	159	6.7.1	超临界净水发电技术	207
5.4.2	用水节点分析	159	6.7.2	超临界水氧化法热能利用及 发电技术	210
5.4.3	废水的排放与资源化回用	160	6.8	可再生能源发电技术	211
5.4.4	节水措施及效果分析	166	6.8.1	太阳能发电	211
5.4.5	减排措施及效果分析	168	6.8.2	风力发电	212
5.5	炼钢与连铸过程的节水减排	169	6.8.3	海洋能发电	213
5.5.1	炼钢连铸过程的工艺流程	169	6.8.4	地热能发电	216
5.5.2	用水节点及水质水量要求	169		参考文献	217
5.5.3	废水的排放与资源化回用	171	第7章 纺织印染行业的节水 减排	218	
5.5.4	节水措施及效果分析	175	7.1	棉纺织印染行业的节水减排	218
5.5.5	减排措施及效果分析	176	7.1.1	典型生产流程	218
5.6	轧钢过程的节水减排	179	7.1.2	用水节点及水质水量分析	221
5.6.1	生产工艺流程	179	7.1.3	废水的排放与处理	223
			7.1.4	节水措施及效果分析	227

7.1.5 减排措施及效果分析	231	潜力分析	265
7.1.6 节水减排评价体系	232	8.2 制浆过程的节水减排	266
7.2 毛纺印染的节水减排	234	8.2.1 制浆过程的工艺流程	266
7.2.1 典型生产流程	234	8.2.2 用水节点及其对水质水量 的要求	267
7.2.2 用水节点及水质水量分析	236	8.2.3 制浆过程的废水排放与处理 回用	268
7.2.3 废水来源及处理方法	237	8.2.4 节水措施及效果分析	273
7.2.4 节水措施及效果分析	240	8.2.5 减排措施及效果分析	275
7.2.5 减排措施及效果分析	241	8.2.6 节水减排评价体系	276
7.2.6 节水减排评价体系	241	8.2.7 制浆企业节水减排技术的发 展趋势	278
7.3 麻纺印染的节水减排	243	8.3 造纸过程的节水减排	281
7.3.1 苧麻纺织的典型生产流程	244	8.3.1 造纸生产的工艺过程	281
7.3.2 亚麻纺织的典型生产流程	246	8.3.2 用水节点和水质水量要求	282
7.3.3 用水节点及水质水量分析	247	8.3.3 废水排放与处理回用	284
7.3.4 废水的处理	248	8.3.4 节水措施及效果分析	284
7.3.5 节水措施及效果分析	248	8.3.5 减排措施及效果分析	287
7.3.6 减排措施及效果分析	249	8.3.6 节水减排评价体系	289
7.3.7 节水减排评价体系	250	8.4 二次纤维原料制浆的节水减排	291
7.4 丝绸纺织印染的节水减排	252	8.4.1 二次纤维制浆的工艺流程	292
7.4.1 典型生产流程	252	8.4.2 用水节点及其对水质水量 的要求	294
7.4.2 用水节点及水质水量分析	253	8.4.3 废水的排放与处理	295
7.4.3 废水的排放与处理	253	8.4.4 节水措施及效果分析	298
7.4.4 节水措施及效果分析	255	8.4.5 减排措施及效果分析	301
7.4.5 减排措施及效果分析	255	8.4.6 节水减排评价体系	302
7.4.6 节水减排评价体系	257	8.5 造纸行业废水的“零”排放	304
7.5 超临界流体技术在印染行业节水减排 中的应用	259	8.5.1 “零”排放的发展趋势	305
7.5.1 超临界二氧化碳流体技术在 染色中的应用	259	8.5.2 废纸造纸“零”排放技术实 施的重要性	305
7.5.2 超临界水氧化技术在染整废水 治理中的应用	260	8.5.3 制浆造纸企业废水“零”排 放的实施途径	306
参考文献	262	8.5.4 “零”排放存在的问题	306
第8章 制浆造纸行业的节水 减排	264	8.5.5 “零”排放案例	307
8.1 制浆造纸行业的用排水现状	264	参考文献	311
8.1.1 制浆造纸行业的排水	265		
8.1.2 制浆造纸行业的取水	265		
8.1.3 制浆造纸行业的节水减排			

第1章

绪论

水是生命之源，生产之要，生态之素，人类社会发展一刻也离不开水。在现代社会中，水更是经济可持续发展的必要物质条件。然而，随着社会经济的快速发展，城市化进程的加快，环境污染的加剧，导致水资源供需矛盾更加突出，水对经济安全、生态安全、国家安全的影响更加突出，成为制约可持续发展的重要因素。因此，企业实行最严格的节水减排制度，对实现水资源的可持续利用，进而实现经济社会的可持续发展具有重大的意义。

1.1 中国的水资源现状

我国位于世界最大的大陆，即亚欧大陆的东侧，濒临世界最大的海洋，即太平洋，南北跨纬度 50° ，东西跨经度 60° ，土地面积约为 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，地域辽阔、地形复杂、气候多样、江河众多、资源丰富，是一个人口众多，社会生产力正在迅速发展的国家。

1.1.1 水资源的分布

(1) 河流水系

我国江河众多，流域面积 1000 km^2 以上的河流约 5800 多条，因受地形、气候的影响，在地区上的分布很不均匀。绝大多数河流分布在我国东部气候湿润、多雨的季风区，西北内陆气候干燥、少雨，河流很少，有面积广大的无流区。

按照河川径流循环的形式，河流可分为直接注入海洋的外流河和不与海洋沟通的内陆河两大类。从大兴安岭西麓起，沿东北—西南走向，经内蒙古高原的阴山、贺兰山、祁连山、巴颜喀拉山、唐古拉山、冈底斯山，直至我国西端的国境线，为我国内陆河和外流河的主要分水界。在此分水界以东，除松辽平原、鄂尔多斯台地以及雅鲁藏布江南侧有几块面积不大的闭流区外，河流都分别注入太平洋和印度洋。外流河区域约占全国土地总面积的 65% 。在分水界以西，除额尔齐斯河下游流经俄罗斯入北冰洋外，其余的河流都属于内陆河，内陆河区域约占全国土地总面积的 35% 。我国的河流水系和流域面积如表 1-1 所列。

表 1-1 中国河流水系和流域面积

区域	水系	流域	流域面积/km ²	占全国总面积的比例/%	
外流河	太平洋	黑龙江及绥芬河	875342	9.25	
		辽河、鸭绿江及沿海诸河	245207	2.59	
		海河、滦河	319029	3.37	
		黄河	752443	7.95	
		淮河及山东沿海诸河	327443	3.46	
		长江	1808500	19.11	
		浙闽台诸河	241155	2.54	
		珠江及沿海诸河	578141	6.11	
		元江及澜沧江	240194	2.53	
		小计	5387454	56.95	
	印度洋	怒江及滇西诸河	154756	1.63	
		雅鲁藏布江及藏南诸河	369588	3.90	
		藏西诸河	52930	0.55	
		小计	577274	6.10	
	北冰洋	额尔齐斯河	50000	0.52	
	合计			6014728	63.58
	内陆河	内蒙古内陆河	309923	3.27	
		河西内陆河	517822	5.47	
		准噶尔内陆河	322316	3.40	
中亚细亚内陆河		79516	0.84		
塔里木内陆河		1121636	11.85		
青海内陆河		301587	3.18		
羌塘内陆河		701489	7.41		
松花江、黄河、藏南闭流河		90353	0.95		
合计		3444642	36.41		
总计			9459370	100.00	

① 外流河流 我国的外流河大都发源于青藏高原东、南部边缘地带；内蒙古高原、黄土高原、豫西山地和云贵高原的东、南地带；长白山地、山东丘陵、东南沿海低山地丘陵的 3 个地带。发源于青藏高原的河流都是源远流长、水量很大，蕴藏着巨大水力资源的巨川大河，主要有长江、黄河、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江等。发源于内蒙古高原、黄土高原、豫西山地和云贵高原的河流，主要有黑龙江、辽河、滦河、海河、淮河、珠江、元江等河流，除黑龙江、珠江外，就长度、流域面积和水量而言，均次于源自青藏高原的河流。发源于东部沿海低山地的河流，主要有图们江、鸭绿江、沂沭泗河、钱塘江、瓯江、闽江、九龙江、韩江、东江和北江等河流，这些河流的长度和流域面积都较小，但大部分河流的水量和水力资源都十分丰富。

② 内陆河流 我国内陆河的水系，由于地理、地形和水源补给条件的不同，在水系发育、分布方面存在很大的差异，大致可划分为：内蒙古、河西、准噶尔、中亚细亚、塔里木、青海和羌塘等内陆河流域。内蒙古内陆河地形平缓，河流短促、稀少，存在着大面积无

流区。河西、准噶尔、中亚细亚、塔里木内陆河，气候干燥，但地形起伏较大，在祁连山、天山、昆仑山等高山冰雪融化水和雨水的补给下，发育了一些比较长的内陆河，如塔里木河、伊犁河和黑河等。另有许多短小的河流顺山坡流到山麓，消失在山前或盆地的砂砾带中。青海柴达木盆地的地形和高寒气候使盆地四周分布着许多向中央汇集的短小河流，在盆地中广泛分布着盐湖和沼泽。藏北羌塘内陆河流域的特色是星罗棋布地分布着许多湖泊和以湖泊为汇集中心的许多小河。

我国主要江河的长度和流域面积见表 1-2。

表 1-2 中国主要江河的长度和流域面积

江河名称	长度/km	流域面积/km ²	江河名称	长度/km	流域面积/km ²
长江	6300	1808500	辽河	1390	219014
黄河	5464	752443	海河	1090	264617
黑龙江	3101	886950	淮河	1000	269150
澜沧江	2354	164766	滦河	877	54412
珠江	2210	442585	鸭绿江	790	32466
塔里木河	2179	198000	元江	686	75428
雅鲁藏布江	2057	240480	闽江	541	60992
怒江	2013	134882	钱塘江	410	41700
松花江	1956	545594			

注：国外部分的长度和流域面积不计在内。

(2) 湖泊

我国是一个多湖泊的国家，据初步统计，面积在 1km² 以上的湖泊有 2800 多个，湖泊总面积达 75610km²，占全国总面积的 0.8% 左右；全国湖泊的储水量约为 7510×10⁸m³，其中，淡水的储量为 2150×10⁸m³，仅占湖泊储水量的 28.7%。

我国的湖泊大致以大兴安岭、阴山、贺兰山、祁连山、昆仑山、唐古拉山和冈底斯山一线为界，此线的东南为外流湖泊区，以淡水湖分布为主，此线西北的湖泊为内陆湖泊区，以咸水湖或盐湖分布为主，但青藏高原还分布着一些淡水湖泊。

我国内流湖泊的总面积为 38150km²，储水量为 5230×10⁸m³，其中淡水的储量为 390×10⁸m³；外流湖泊的面积为 37460km²，储水量为 2270×10⁸m³，其中淡水的储量为 1760×10⁸m³。外流湖泊的淡水储量为内流湖泊的 4.5 倍。

我国主要湖泊的面积和水量分布见表 1-3。

表 1-3 中国主要湖泊的面积和水量分布

湖泊分布地区	湖水面 积/km ²	占全国湖泊总 面积的比例/%	储水量 /10 ⁸ m ³	其中淡水储 量/10 ⁸ m ³	占湖泊淡水总 量的比例/%
青藏高原	36560	48.4	5460	880	40.9
东部平原	23430	31.0	820	820	38.2
蒙新高原	8670	11.5	760	20	0.9
东北平原	4340	5.7	200	160	7.4
云贵高原	1100	1.4	240	240	11.2
其他	1510	2.0	30	30	1.4
合计	75610	100.0	7510	2150	100.0

(3) 冰川

我国是世界上中低纬度山岳冰川最多的国家之一，南起云南省的玉龙雪山（27°N），北抵新疆的阿尔泰山（49°10'N），纵横数千公里的西部高山，据初步查明现代冰川的面积约为56500km²，占亚洲中部山岳冰川面积的一半，其中以昆仑山冰川覆盖面积为最大，其次是喜马拉雅山，最小为阿尔泰山。分布于内陆河区域的冰川面积为33600km²，约占全国冰川面积的60%；分布于外流河区域的冰川面积为22855km²，约占全国冰川面积的40%。全国冰川的总储水量约为50000×10⁸m³。

我国冰川分为大陆性和季风海洋性两大类型。

① 大陆性冰川 它是在干冷的大陆性气候条件下发育的，具有降水少、气温低、雪线高、消融弱、冰川运动速度慢等特点，主要分布在喜马拉雅山中段的北坡和西段、昆仑山、帕米尔、喀喇昆仑山、天山、阿尔泰山、祁连山和唐古拉山等。

② 季风海洋性冰川 它是在季风海洋性气候条件下形成的，具有气候温和、降水充沛、气温高、消融强烈、冰川运动速度快等特点，主要分布在喜马拉雅山东段和中段、念青唐古拉山东段以及横断山脉部分地区。

我国各山系的冰川面积见表1-4。冰川是“高山固体水库”，星罗棋布地分布在全国的西北、西南河流的源头。每当湿润年，山区大量的固态积水储存在天然水库中，而遇到干旱年，由于山区晴朗的天空，气温升高，消融增强，冰川释放大量融水以调节因干旱而缺水的河流。所以，对以冰川融水补给为主的河流具有干旱年不缺水，湿润年水量接近或略小于正常年的特点，这是冰川融水补给占有相当比例的西北山区河流独具的特色。

表 1-4 中国各山系的冰川面积

山脉	主峰高度/m	雪线高度/m	冰川面积/km ²		
			内陆河	外流河	合计
祁连山	5826	4300~5240	1931.5	41	1972.5
阿尔泰山	4374	3000~3200		293.2	293.2
天山	7435	3600~4400	9549.7		9549.7
帕米尔	7579	5500~5700	2258		2258
喀喇昆仑山	8611	5100~5400	3265		3265
昆仑山	7160	4700~5800	11447.1	192	11639.1
喜马拉雅山	8848	4300~6200	989.4	10065.6	11055
羌塘高原	6547	5600~6100	3188		3188
冈底斯山	7095	5800~6000	845.9	1342.1	2188
念青唐古拉山	7111	4500~5700	122.8	7413.2	7536
横断山	7556	4600~5500		1456	1456
唐古拉山	6621	5200~5800		2082	2082
总计			33597.4	22885.1	56482.5
所占比例/%			59.48	40.52	100

1.1.2 水资源量

根据地形地貌特征，可将全国的水资源分布按流域水系划分为10大片和69个分区，各分区的名称及分区范围如表1-5所列。

表 1-5 中国的水资源分区

分区	计算面积/km ²	范 围
全国	9459370	
松花江区	875342	额尔古纳河、嫩江、松花江、黑龙江、乌苏里江、绥芬河
辽河区	245207	辽河、浑太河、鸭绿江、图们江及辽宁沿海诸河
海河区	319029	滦河、海河北系四河、海河南系三河、徒骇河、马颊河及冀东沿海诸河
黄河区	752443	黄河及黄河闭流区(鄂尔多斯高原)
淮河区	327443	淮河、沂河、沐河、泗河及山东沿海诸河
长江区	1808500	金沙江、岷沱江、嘉陵江、乌江、长江、汉江及洞庭湖水系、鄱阳湖水系、太湖水系
珠江区	578141	南北盘江、红柳黔江、郁江、西江、北江、东江、珠江三角洲、韩江和粤东沿海诸河、桂南粤西沿海诸河、海南岛和南海诸岛
东南诸河区	241155	钱塘江、闽江和浙东诸河、浙南诸河、闽东沿海诸河、闽南诸河、台湾诸河
西南诸河区	577274	雅鲁藏布江、怒江、澜沧江、元江和藏西诸河、藏南诸河、滇西诸河
西北诸河区	3444642	内蒙古内陆诸河(包括河北省内陆河)、河西内陆河、准噶尔内陆河、中亚细亚内陆诸河、塔里木内陆诸河、羌塘内陆诸河、额尔齐斯河

我国河川径流量(地表水资源量)居世界第六位,列在巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚之后,平均径流深 284mm,低于全世界的平均年径流深(314mm),人均占有河川径流量仅为世界人均占有量的 1/4,耕地亩均占有河川径流量仅为世界亩均占有量的 3/4。

根据水利部门水资源评价工作的结果,全国多年平均水资源总量为 $28412 \times 10^8 \text{ m}^3$,总的分布趋势是南多北少,数量相差悬殊。南方的长江、珠江、东南诸河、西南诸河流域片,平均年径流深均超过 500mm,其中,东南诸河超过 1000mm,淮河流域年平均径流深 225mm,黄河、海河、松辽河等流域的平均年径流深 100mm,内陆诸河平均年径流深仅有 32mm。从水资源地表径流模数来看,南方 4 个流域片平均为 $65.4 \times 10^4 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$,北方 6 个流域片平均为 $8.8 \times 10^4 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$,南北方相差 7.4 倍。全国年平均地表径流模数最大的是东南诸河流域片,为 $108.1 \times 10^4 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$,而最小的是内陆诸河流域片,为 $3.6 \times 10^4 \text{ m}^3 / (\text{km}^2 \cdot \text{a})$,两者相差 30 倍。

我国水资源的地区分布与人口、土地资源、矿藏资源的配置很不适应。南方 4 个流域片,耕地占全国的 36%,人口占全国的 54.4%,拥有的水资源占到了全国的 81%,特别是其中的东南诸河流域片,耕地只占全国的 1.8%,人口为全国的 20.8%,人均占有水资源量为全国平均占有量的 15 倍。松辽河、海河、黄河、淮河 4 个流域片,耕地为全国的 45.2%,人口为全国的 38.4%,而水资源仅为全国的 9.6%。

我国大部分地区受季风影响较大,水资源的年际、年内变化大。我国南方地区最大的年降水量与最小的年降水量的比值达 2~4 倍,北方地区达 3~6 倍,最大年径流量与最小年径流量的比值,南方为 2~4 倍,北方为 3~8 倍。南方汛期的降水量可占全年降水量的 60%~80%,北方汛期的降水量可占全年降水量的 80%以上。大部分水资源量集中在 6~9 月(汛期),以洪水的形式出现,利用困难,而且易造成洪涝灾害。南方是伏秋干旱,北方是冬春干旱,降水量少,河道径流枯竭,甚至河流断流,造成旱灾。

1.1.3 水资源的开发利用现状

水资源的开发利用受到水资源的条件、自然环境以及社会经济发展水平等因素的影响。

我国是传统的农业国，水资源开发利用的历史悠久，历代王朝安邦定国、发展生产都离不开兴修水利，特别是在中华人民共和国成立以来，水利事业进入了新的发展时期，平均每年的水利投资占同期国家财政总支出的4%左右，兴建了一批水利工程，提高了防洪抗灾的能力，取得了防洪、灌溉、供水、发电、航运等综合效益，对社会和经济的发展发挥了重要的支撑作用。

水资源的利用主要体现为农业、工业与生活用水三大类。农业用水包括农田灌溉用水和农牧渔业用水，生活用水包括城镇居民生活用水、公共设施用水和农村居民生活用水、牲畜用水等，工业用水包括各类生产企业的生产过程的工艺用水、冷却用水和清洗用水等。其中，农业用水占总用水量的62.7%，工业用水占总用水量的23.7%，生活用水（城镇用水占47.4%，其他用水占52.6%）占总用水量的10.7%，其他用水占总用水量的2.9%。

1.2 水资源的危机

1.2.1 水资源的短缺

20世纪的世界人口增长了近3倍，淡水消耗量也增加了约6倍，其中工业用水增加了26倍，而世界淡水资源的总量基本不变，到20世纪末的人均占有水量仅是世纪初的1/18。目前全球约有24亿人生活在严重缺水的地区。照这种趋势发展下去，到21世纪中叶，世界将有近20亿人缺少饮用水。与此同时，水资源的危机也带来了生态系统恶化和生物多样性破坏，这将严重威胁人类的生存。在全世界水资源的利用上，农业占到了70%，工业占到了近25%，其中发达国家和发展中国家存在着显著的差异。

日益严重的水污染吞食了大量可供人类使用的水资源。随着工业的迅速发展和城市化进程的加快，目前全世界每年排放的工业废水约为 $4260 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，这使可供人类使用总量的1/3的淡水资源受到污染，导致本来就很紧张的淡水资源雪上加霜。据联合国教科文组织统计，每天至少有6000人死于与水污染相关的疾病，其中大部分是5岁以下的儿童。

我国是一个干旱严重缺水的国家，多年的平均降水总量 $6.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，除通过土壤水直接利用于天然生态系统与人工生态系统外，可通过水循环更新的地表水和地下水的多年平均水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占全球水资源的6%，仅次于巴西、俄罗斯和加拿大，居世界第四位，但人均只有 2300 m^3 ，仅为世界平均水平的1/4，是全球13个人均水资源最为贫乏的国家之一。扣除难以利用的洪水径流和散布在偏远地区的地下水资源后，我国现实可利用的淡水资源量更少，仅为 $1.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 左右，人均可利用的水资源量约为 900 m^3 。

目前，我国正常年份的蓄水量约为 $6000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，全国正常年份的缺水量约为 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。据有关经济学家预测，到2030年中国工业用水量将增加到 $2690 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。缺水性质从以工程型缺水为主向资源型缺水和水质型缺水为主转变。水不仅影响工业的发展，成为制约经济发展的主要因素，而且严重影响人民的生活质量和社会安定。

我国水资源的空间分布极不均衡，北方水资源贫乏，南方水资源相对丰富，南北相差悬殊。长江及其以南地区的流域面积占全国总面积的36.5%，却拥有占全国80.9%的水资源总量，长江以北地区的流域面积占全国总面积的63.5%，而拥有的水资源量仅占全国的19.1%。即使在北方地区，水资源的空间分布和土地资源也极不相配。黄河、海河、淮河三大流域的土地面积占全国的13.4%，耕地占39%，人口占35%，GDP占32%，而水资源量仅占7.7%，人均水资源量约为 500 m^3 ，耕地水资源少于 $6000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ，是我国水资源最为紧张的地区。西北内陆河流域的土地面积占全国的35%，耕地占5.6%，人口占2.1%，

GDP占1.8%，水资源量占4.8%，该地区属于干旱地区，但因人口稀少，人均水资源量约为 5200m^3 ，耕地水资源量约为 $24000\text{m}^3/\text{km}^2$ 。目前，我国部分地区已进入严重的水危机状态，水的问题不得不引起人们的高度重视。

1.2.2 水资源的浪费

一方面是水资源的严重紧缺，另一方面则是水资源的无谓浪费。在输水、耗水和水的重复利用效率等方面，我国与国外水平相比差距较大。

尽管城市节水已经取得明显成效，但是浪费水和用水效率不高的现象仍十分普遍。生活用水器具与城市管网的跑、冒、滴、漏现象十分严重。全国城市供水管网的实际漏失率为20%以上。市政公共用水的浪费更加惊人，其人均生活用水量高达 $200\sim 900\text{L}/\text{d}$ 。

工业用水的浪费问题也很突出，以石油加工业为例，我国加工吨油的耗水量是国外的近5倍，其他工业产品的耗水量也均比国外高出数倍。据美国世界观察研究所报告，中国生产1t乙烯所需的水量相当于日本或美国的3~6倍。

尽管我国的水资源如此紧张，但用水效率极其低下，用水浪费现象普遍存在。我国目前的用水量和美国相等，但GDP仅为美国的1/8，全国农田灌溉水的利用系数为0.4左右，而先进国家为0.7~0.8；全国工业万元产值的用水量是发达国家的5~10倍，工业用水的重复利用率不到50%，而发达国家为85%以上。

1.2.3 水污染的加剧

水是工业污染物杂质排放的重要载体。

工业生产过程产生的废水与工业过程密切相关。目前主要的有机废水来源于食品、造纸和化学工业，化工过程产生的废水约占10%。

目前我国每年的污水排放总量已达500多亿吨，并呈逐年上升的趋势，相当于人均排放40t，其中相当部分未经处理直接排入江河湖库。在全国七大流域中，太湖、淮河、黄河的水质最差，约有70%以上的河段受到污染；海河、松辽流域的污染也相当严重，污染河段占60%以上。河流污染情况严峻，其发展趋势也令人担忧。从全国情况看，污染正从支流向干流延伸，从城市向农村蔓延，从地表向地下渗透，从区域向流域扩展。

据检测，目前全国多数城市的地下水都受到了不同程度的点状和面状污染，且有逐年加重的趋势。在全国118个城市中，64%的城市地下水受到严重污染，33%的城市地下水受到轻度污染。从地区分布来看，北方地区比南方地区更为严重。日益严重的水污染不仅降低了水体的使用功能，而且进一步加剧了水资源短缺的矛盾，对我国正在实施的可持续发展战略带来了严重影响，而且还严重威胁到城市居民的饮水安全和人民群众的健康。在我国669个建制市中，目前有400多个城市不同程度缺水，其中严重缺水的城市有110个，城市年缺水总量达 $60\times 10^8\text{m}^3$ 。在32个百万人口以上的特大城市中，有30个城市长期受缺水的困扰。由于供水不足，城市工业每年的经济损失高达2000亿元以上，影响城市人口4000万人，因此，未来我国水资源面临的形势是非常严峻的。

1.3 节水减排的意义

由上可以看出，中国的水资源问题已严重影响中国人口、资源、环境与经济社会的协调发展，是中国经济社会发展的重要制约因素。因此，在我国，水危机比能源危机更为严峻，节水减排工作已成为我国社会生存和可持续发展的重要前提之一。

节水是指采取必要的现实可行的工程措施和非工程措施,减少用水过程中不必要的损失和浪费,提高水的利用率,更加科学合理和高效利用水资源。一般而言,节水技术大致可分为四个方面:①水资源的合理开发、收集和优化利用技术;②在用水过程中,通过各种工程技术手段、管理手段,达到节水目的的技术;③使用后的废水回收再循环利用技术;④对劣质水进行改造,改变其功能,使之成为可用水的技术。减排是指针对工业生产中产生的污染物种类及来源,采取相应的措施,在保证生产正常进行的同时尽可能减少废弃物的排放。

我国国情、水情和经济社会发展的需要决定节水减排是我国的一项重大国策,尤其是日益恶化的水环境已严重影响经济社会的可持续发展,治理、改善和保护我国水环境对节水减排提出了迫切的要求。

1.3.1 节水减排是缓解城市缺水的措施

水资源不足是我国的基本国情,节约减排是缓解当前城乡缺水矛盾的长期硬性措施。

(1) 水资源短缺

我国人均水资源量为 2091m^3 , 约为世界人均水资源占有量的 $1/4$, 而且分布不均衡, 与土地、矿产资源的分布组合不相适应; 水资源的年内年际变化大。

(2) 缺水严重

目前全国农田灌溉供水不足, 仅灌区每年平均缺水超过 $300 \times 10^8 \text{m}^3$, 缺水严重, 已成为农业发展特别是粮食长期稳定增长的严重制约因素。与此同时, 在全国 669 个城市中, 有 400 多个城市缺水, 其中比较严重的缺水城市有 110 多个, 全国城市日缺水量为 $1600 \times 10^4 \text{m}^3$ 。全国每年因城市缺水影响产值 2000 亿元以上, 影响城市人口约 4000 万。

实践表明, 缓解我国城乡严重的缺水矛盾, 必须把节水减排作为一项长期的硬性措施。节约用水可以减少对水资源的无谓占用, 从长远观点分析, 由于不合理使用而过早过多地占用现有的水资源, 会使缺水地区将来为获取新的水资源而付出更大的代价。

1.3.2 节水减排是保护水环境的需要

我国日益恶化的水环境已严重影响到经济社会的可持续发展。治理、改善和保护我国水环境迫切需要加强节水工作。

(1) 河流断流

北方河流断流的情况加剧, 尤以黄河下游为甚。黄河下游 1972~1999 年的 28 年中, 利津站断流 22 年, 共计 1092 天, 其中 20 世纪 90 年代就有 9 年连续断流, 共计 901 天, 占 28 年断流天数的 83%。断流最严重的 1997 年, 利津站断流 13 次, 共 226 天。黄河断流的频繁发生, 加剧了主河槽的淤积, 导致河道排洪能力下降, 使工农业生产遭受严重损失, 城乡居民饮水困难, 严重破坏了生态平衡, 恶化了河口地区的生态与环境。

(2) 地下水超采

局部地区地下水大量超采。据全国地下水资源开发利用规划调查分析, 全国地下水多年平均超采量为 $71 \times 10^8 \text{m}^3$, 超采区共有 164 片, 超采区面积达 $18.2 \times 10^4 \text{km}^2$, 其中严重超采区面积占总面积的 42.6%。辽宁、山东、河北等沿海一些城市和地区, 地下水含水层受海水入侵面积在 1500km^2 以上; 北京、天津、上海、常州和西安等 20 多个城市出现地面沉降、地面塌陷、地裂缝, 其中北京地区最大地面下沉 0.6m, 天津城区最大地面下沉 3.0m。西北内陆一些地区因地下水不断下降, 荒漠化及沙化面积逐年扩大, 已影响到这些地区的城乡供水、城市建设和人民生存。

(3) 污废水量增加

全国的污废水排放量在快速增长,其中大部分未经处理而直接排入水域。据调查,全国主要江河有近46.5%的河段、90%以上的城市水域遭受污染,其中10%的河段污染严重,已基本丧失使用价值,对水资源造成严重破坏,加剧了水资源的紧缺程度。

(4) 土地荒漠化

我国还存在严重水土流失、土地荒漠化以及沙尘暴等问题。这些环境问题都是由于水资源过度开发和不合理利用而产生的,因此要通过节水加以遏止。

1.3.3 节约用水能产生巨大的经济效益

节水的效益除了减少用水量的直接效益外,还包括减少资源消耗、减轻环境污染、促进生态改善、保障社会可持续发展、缓解社会用水矛盾、有利于社会稳定等间接的、综合的社会效益,因此节水效益是多方面的、长远的,有的可以计量,有的不能计量,有的是短期内就能看到的效益,有的却是“功在当代,利在千秋”。

节水的直接效益,直观反映为用水量的减少,在经济上表现为相应的供水设施投资、运行管理费用、水利供水工程水费、水资源费、排污费等节省,以及因减少这笔资金的占用而产生的效益。随着水资源紧缺程度的增加和水价水平的提高,供水和节水工程所产生的相对经济效益都在大幅提高,由节水产生的直接经济效益也将越来越显著。节水其他可计量的外部效益,主要表现为分摊因节水而增加的社会纯收入,以及由于减少排水量而节省的相应排水系统和其他市政设施的投资与运行管理费用。

1.3.4 节约用水是实现可持续发展战略的保证

节水是保障我国经济社会可持续发展必须坚持的一项重大国策。

到21世纪中叶是我国实现第三步发展战略目标的关键时期。这一时期,我国人口在2030年后将达到16亿,人均水资源量只有 1750m^3 ,将列为严重缺水的国家。我国实际可利用的水资源量为 $8140\times 10^8\text{m}^3$ 。根据国务院批准的《全国水资源综合规划》,2015年全国用水总量控制在 $6350\times 10^8\text{m}^3$,2020年全国用水总量控制在 $6700\times 10^8\text{m}^3$,2030年全国用水总量控制在 $7000\times 10^8\text{m}^3$,到21世纪中叶,我国的用水可能接近可利用量的极限值。

从社会经济发展保障情况看,即使我国在21世纪中叶实现了 $8000\times 10^8\sim 8500\times 10^8\text{m}^3$ 的供水目标,人均年用水量也只有 500m^3 (比目前仅增加 50m^3),这实际上是目前中等发达国家人均年用水量的下限值。为此,我国必须坚持开源节流并举,把节流放在首位的方针,实现以提高用水效率为核心的水资源优化配置,关键是把节水放在突出位置,以水资源的可持续利用保障经济社会的可持续发展。

1.3.5 节约用水是社会安定团结的要求

从全国情况看,因缺水引发的矛盾冲突已成为社会稳定的隐患。据统计,1991~2000年的10年间,全国共查处水事违法案件20多万件,调处水事纠纷8万余件,严重影响了当地社会的安定团结,因此节约用水、缓解用水供需矛盾是促进社会安定团结的要求。

1.4 重点行业节水减排的现状及其存在的问题

1.4.1 重点行业的确定

统计资料表明,火力发电、钢铁、石油、石化、化工、造纸、纺织印染、有色金属、食

品与发酵等八个行业的取水量约占全国工业总用水量的 60% (含火力发电直流冷却用水), 因此, 由国家发改委、科技部、水利部、建设部和农业部于 2005 年联合制定的《中国节水技术政策大纲》将这几个行业作为我国中长期节水工作的重点。与此同时, 这八个行业中的绝大多数, 如石油、石化、化工、造纸、纺织印染、有色金属、食品与发酵也是污染排放大户。因此, 针对这些重点行业开展节水减排评价工作具有重要的现实意义。

(1) 火力发电

我国火力机组发电量占总发电量的 80% 以上, 火力发电是我国取水量最大的行业之一, 采用循环冷却的机组容量约占全国机组总容量的 60%, 但耗水约占 83%, 耗水量比美国同类电厂高 2 倍以上。因此, 对火电行业进行节水减排评价, 指导企业合理进行节水减排改造具有重要意义。

(2) 纺织印染

我国是纺织服装生产大国, 印染加工在整个纺织服装产业链中具有承上启下的作用, 具有丰富的原料和巨大的消费市场。但印染是高耗水、高污染行业, 其用水量约占全部纺织工业用水的 80%。印染产业的发展必须重视保护环境, 提高水资源利用效率, 大力推广清洁生产, 以生态环保理念开发并推广各类减少污染、节约能源、利于健康的新技术和新产品。

(3) 造纸

现代造纸工业是技术密集型、资金密集型、资源和能源消费型的产业。造纸企业既是用水大户, 也是排污大户, 对造纸行业进行节水减排评价, 既而大力开展节水减排改造具有重大意义。

(4) 钢铁

钢铁产业是国民经济的重要支柱产业, 产业规模大、关联度高、涉及面广, 在国民经济和社会发展中具有重要作用。但钢铁行业的耗水量与排污量均较大, 开展节水减排评价, 大力促进企业开展节水减排改造, 减少新水耗用量和废水排放量, 对实现钢铁企业的可持续发展具有重要意义。

(5) 石油和化工

石油和化学工业是中国国民经济的重要基础产业和支柱产业, 在经济建设、国防事业和日常生活中发挥着重要的作用。但石油和化学工业具有资源、能源密集的特点, 属高污染、高危险产业。能源和水资源短缺严重制约着石油和化学工业的发展, 因此, 必须进一步增强节水减排意识, 大力发展循环经济, 提高资源综合利用效率, 降低对环境的污染。

1.4.2 重点行业节水减排现状分析

“十一五”期间, 通过调整工业结构, 发展循环经济, 推行清洁生产和开展节能减排, 以及火电、化工、钢铁、纺织、造纸、石化、食品等高耗水行业的节水减排技术改造, 万元工业增加值用水量由 2005 年的 169m^3 降至 2010 年的 105m^3 , 年均递减 9.1%, 累计下降 37.9%, 实现了“十一五”下降 30% 的节水目标要求。

水作为国家战略资源, 节水已成为一种国家意志, 我国把节水目标作为约束性指标列入国民经济总体规划, 并把行业节水目标列入产业政策, 制定了工业行业取水定额国家标准, 同时, 推动节水型城市试点。节水理念自上而下已逐步深入到工业企业各个方面, 工业领域节水意识有效增强。我国先后分批出台了节水技术目录, 并投入巨资支持和引导节水技术的推广应用。火电干式除灰和输灰技术、钢铁三干技术、其他行业节水生产工艺技术以及高效冷却技术、高效洗涤技术和废水再利用技术等工业节水减排技术得到积极推广应用。

然而, 我国工业的粗放发展方式仍未根本扭转, 工业用水问题仍很突出, 用水管理水平