



酸性气田水务工程 技术与运行

王和琴 陈惟国 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

酸性气田水务工程 技术与运行

王和琴 陈惟国 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书结合普光酸性气田水务工作的特点,对酸性气田水务工程系统运行过程中所涉及的气田集输系统、新鲜水系统、公用工程系统、污水处理系统、循环水系统、化学水系统以及凝结水系统进行了详细阐述;同时对水务系统的运行现状以及新技术应用进行了阐述。

本书内容较为翔实,现场应用性较强,尤其适用于酸性气田上下游一体化的水务管理体系,可供酸性气田采气、集输、天然气净化、生活、消防等水务管理部门相关人员学习借鉴,也可供相关科研人员、在校学生、新入厂员工学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

酸性气田水务工程技术与运行 / 王和琴, 陈惟国主编.
—北京: 中国石化出版社, 2014. 6
ISBN 978 - 7 - 5114 - 2835 - 6

I. ①酸… II. ①王… ②陈… III. ①气田开发 - 水处理 IV. ①TE37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 117618 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 14 印张 312 千字
2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
定价:100.00 元

《酸性气田水务工程技术与运行》

编委会

主 编：王和琴 陈惟国

副 主 编：焦玉清 吴维德 苏国丰 王庆银

编写人员：陈 虎 向育全 周玉超 廖今朝 孙国旗

赵志超 余治国 邵理战 张 建 刘海滨

王拥军 张文斌 胡文明 邵志勇 李升龙

张立海 赵 毅 黄自力 高 峰 徐政雄

巫 林 李 林 谷 建 张东亮 典叶雷

古兴磊 何冰清 覃江谕 向卫红 李延利

前言

普光酸性气田投产以来，已连续稳产5年，实现了年产100亿立方米酸性天然气、外销净化气75亿立方米的计划目标。普光酸性气田采用的是湿气集输工艺，酸性天然气湿气输送至天然气净化厂，采用MDEA胺法脱硫，经TEG脱水工艺处理后，净化气外销。高浓度酸性气经克劳斯反应，转变成硫黄，外销。为了实现气田集输以及净化系统的安、稳、长、满、优运行，气田在设计之初，就应用了大量的水系统新技术、新工艺、新设备，并对员工采取了相应的培训。但随着气田运行的不断深入，气田的产水量超出设计量，原水的浊度出现了较大的波动，循环水运行出现微生物难以控制等问题。

鉴于此，为了给气田的水务管理人员提供一个系统学习水务管理知识的平台，我们在总结5年来工作经验的基础上，结合现场实际，编写了本书。本书可供气田的水务专业人员学习参考，同时也可作为新入厂员工的案头书。

本书对酸性气田水务工程系统运行过程中所涉及的气田集输系统、新鲜水系统、公用工程系统、污水处理系统、循环水系统、化学水系统以及凝结水系统进行了详细阐述。本书由王和琴、陈惟国主编；陈虎、向育全参加了部分章节的校审工作；普光气田的多位水务工作人员对本书的编写也给予了很大的帮助。

本书在编写工作中，得到了中原油田、中原油田普光分公司、中国石化工程建设有限公司、中国石化出版社等单位的大力协助。在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 我国水资源情况	(1)
第二节 四川省水资源情况	(3)
第三节 四川油气田概况	(4)
第四节 普光气田水务系统	(5)
第二章 集输系统	(10)
第一节 集气计量站水务工程	(10)
第二节 集气总站水务工程	(12)
第三节 单站集输水务系统	(15)
第四节 污水拉运	(17)
第三章 新鲜水系统	(19)
第一节 装置概况	(19)
第二节 工艺过程	(26)
第三节 主要指标	(28)
第四节 原料辅料	(30)
第五节 产品质量	(32)
第六节 主要设备	(35)
第七节 仪表控制及操作	(36)
第四章 公用工程系统	(41)
第一节 取水工程	(41)
第二节 消防水系统工程	(54)
第三节 生活水供水工程	(60)
第五章 污水处理系统	(63)
第一节 赵家坝水处理系统	(63)
第二节 大湾 403 水处理系统	(77)

第三节	采气集输污水处理站操作要点	(80)
第四节	净化处理污水处理系统	(101)
第六章	循环水系统	(125)
第一节	装置概况	(125)
第二节	工艺过程	(129)
第三节	工艺指标	(131)
第四节	原料辅料	(134)
第五节	工艺控制	(136)
第六节	主要设备	(136)
第七节	危害识别与处置	(138)
第七章	化学水系统	(140)
第一节	装置概况	(140)
第二节	工艺过程	(142)
第三节	工艺指标	(144)
第四节	原料辅料	(147)
第五节	工艺控制	(151)
第六节	主要设备	(153)
第八章	凝结水系统	(159)
第一节	装置概况	(159)
第二节	工艺过程	(160)
第三节	工艺和技术经济指标	(161)
第四节	原料辅料	(163)
第五节	工艺控制	(164)
第六节	主要设备	(167)
第七节	危害识别与处置	(171)
第九章	水务系统运行	(175)
第一节	取水泵站	(175)
第二节	生活水供水	(175)
第三节	集输系统运行	(176)
第四节	净化系统运行	(178)
第五节	污水处理系统运行	(182)
第六节	消防水系统运行	(185)
第七节	高浊度水事件处理实例	(186)
第十章	水务系统新技术应用	(190)
第一节	供水系统新技术应用	(190)
第二节	集输系统新技术应用	(192)
第三节	净化系统新技术应用	(194)
第四节	污水处理系统新技术应用	(195)

第十一章 系统注水 (196)

 第一节 普光 11 井 (196)

 第二节 普光 3 井 (202)

 第三节 毛开 1 井 (202)

附录 1 相关术语 (205)

附录 2 水务系统水质指标执行的相关标准 (209)

参考文献 (214)

第一章 概 述

第一节 我国水资源情况

水是人类赖以生存的基本条件，是组织工业生产最重要的物质基础。我国平均年水资源总量 $28124 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中河川平均年径流量 $27115 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，地下水量 $8288 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，见表 1-1，居世界第 6 位，低于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印度尼西亚，见表 1-2。我国是一个水资源短缺的国家，按人均水资源量计量，人均占有量为 2500 m^3 ，为世界人均水量的 $1/4$ ，世界排名第 110 位，被联合国列为 13 个贫水国家之一。

表 1-1 我国分区年降水、年河川径流、年地下水、年水资源总量统计

分 区	计算面积/ km^2	年 降 水 量		年 河 川 径 流		年地下水量/ 10^8 m^3	年水资源 总量/ 10^8 m^3
		总量/ 10^8 m^3	深/ mm	总量/ 10^8 m^3	深/ mm		
黑龙江流域片(中国境内)	903418	4476	496	1166	129	431	1352
辽河流域片	345027	1901	551	487	141	194	577
海滦河流域片	318161	1781	560	288	91	265	421
黄河流域片	794712	3691	164	661	83	406	744
淮河流域片	329211	2803	860	741	225	393	961
长江流域片	1808500	19360	1071	9513	526	2464	9613
珠江流域片	58041	8967	1554	4685	807	1115	4708
浙闽台诸河片	2398038	4216	1758	2557	1066	613	2592
西南诸河片	851406	9346	1098	5853	688	1544	5853
内陆诸河片	3321713	5113	154	1064	32	820	1200
额尔齐斯河片	52730	208	395	100	190	43	103
全 国	9545322	61889	648	27115	284	8288	28124

(1)资料来源：①陈家琦，1991，中国的水资源。②钱正英主编，中国水利，北京：水利电力出版社。

(2)本表数据按 1956 ~ 1979 年资料统计。

表 1-2 世界各主要国家年径流量、人均和单位面积耕地占有量

国家	年径流量/ 10 ⁸ m ³	单位国土 面积产水量/ 10 ⁴ m ³ /km ²	人数/ 10 ⁸ 口	人均占有水量/ (m ³ /人)	耕地/ 10 ⁸ m ²	单位耕地 面积水量/ (m ³ /100m ²)
巴西	69500	81.5	1.49	46808	32.3	215170
前苏联	54660	24.5	2.80	19521	226.7	24111
加拿大	29010	29.3	0.28	103607	43.6	66536
中国	27115	28.4	11.54	2350	97.3	27867
印尼	25300	132.8	1.83	13825	14.2	178169
美国	24780	26.4	2.50	9912	189.3	13090
印度	20850	60.2	8.50	2464	164.7	12662
日本	5470	147.0	1.24	4411	4.33	126328
全世界	468000	31.4	52.94	8840	1326.0	35294

资料来源：陈家琦，王浩，1996，水资源学概论，北京：中国水利水电出版社。

表 1-1 表明，我国各流域由于面积不同，自然地理条件也存在差异，故水资源禀赋差别很大，全国年降水总量为 $61889 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，多年平均地表水资源（即河川径流量）为 $27115 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，平均地下水资源量为 $8288 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，扣除重复利用量以后，全国平均年水资源总量为 $28124 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。世界各主要国家人均占有水量情况见图 1-1。

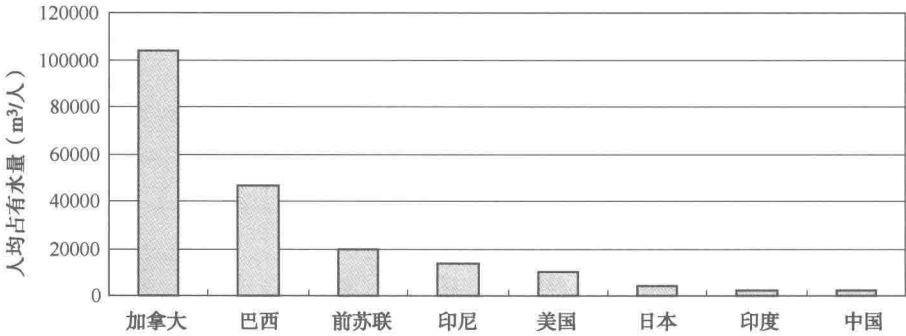


图 1-1 世界各主要国家人均占有水量图表

从表 1-1 可以看出，我国水资源总量是可观的，但是由于人口众多，导致人均水资源量低于世界的平均水平。如果从单位耕地面积水量来看，也远远小于世界的平均水平，我们用全世界 7.2% 的耕地，养育了超过全球 1/5 的人口，从中可以窥测我国的水土资源是多么稀缺。

第二节 四川省水资源情况

四川省水资源按流域分布及用水情况统计数据见表 1-3。

表 1-3 四川省水资源按流域分布及用水情况统计数据表

流域 分区	面积/ 10^4 km^2	占全省 面积比例/ %	多年平均 水量/ 10^8 m^3	占全省 水量比例/ %	2002 用水量/ 10^8 m^3	占全省 水量比例/ %	2002 人均水量/ ($\text{m}^3/\text{人}$)
全省	48.5		2547.58		208.22		
金沙江	19.1	39.4	847.00	33.2	19.10	9.2	13871
岷沱江	15.2	31.3	995.25	39.1	116.72	56.1	2274
嘉陵江	10.2	21.0	500.84	19.7	58.75	28.2	1024
长江干流	2.3	4.7	153.72	6.0	13.20	6.3	1654
汉江	0.05						
黄河河源	1.7	3.5	47.6	1.9	0.26	0.1	20773

资料来源：四川省水文水资源勘测局。

表 1-3 数据说明：四川境内的岷沱江流域和嘉陵江流域是全省生产、生活主要用水区，用水占全省用水量的 84.3%，而多年平均水资源量仅占全省的 58.8%。水资源的空间分布与需水地区分布不一致，反映了四川区域性缺水现象。

世界水资源研究所提出的水资源水平四级评估标准见表 1-4。

表 1-4 水资源水平四级评估标准

人均水资源/($\text{m}^3/\text{人}$)	水平	表示
10000 以上	高水平	水资源很丰富
5000 ~ 10000	中等水平	不缺水
1000 ~ 5000	低水平	缺水
1000 以下	最低水平	严重缺水

用此标准评估，四川省岷沱江、嘉陵江、长江干流属于缺水的低水平，其中嘉陵江流域缺水最为严重，在低水平最底线。按人口分布，全省约 93% 的人口生活在缺水区。按照人均年水资源占有量 1700 m^3 为缺水警告值标准，嘉陵江流域、长江干流在此标准以下。

由此可见，如何取好水、用好水、如何合理地使用水，是水务管理者的重要责任。

第三节 四川油气田概况

四川油气田是位于中国西南以四川盆地为中心的油气产区，是一个以天然气为主、石油为辅的资源开发区，面积约 20 万平方千米。现有气田 127 个，油田 12 个，年产石油约 15 万吨、天然气约 260 亿立方米。

一、历史

四川盆地是一个含油气盆地，远在宋代便在自贡境内利用天然气进行盐卤生产，是世界上最早利用天然气的地方。1835 年，自贡燊海井成为世界上第一口超千米深井，是中国古代钻井工艺成熟的标志。从 20 世纪 30 年代起，四川地区便开始了现代油气勘探与开发，至 50 年代发现了小规模油田和气田，但四川油气区已经为之后的胜利、河南、江汉等油田的开发储备了人才和技术经验。50 年代末，四川与青海、玉门、新疆成为中国四大石油天然气基地。1958 年在南充建立了四川石油学院（今西南石油大学）。60 年代，川中威远气田成为当时中国最大气田。1976 年 4 月，位于四川东部地台区的武胜县完成了中国第一口超深井“女基井”，井深 6011m。1977 年四川相国寺气田发现高产气井，奠定了四川大气田的地位。2002 年之后，相继在达州、广安、重庆、元坝等地发现了普光、广安、大天池、合川、元坝等千亿立方米以上特大气田，探明储量还望随着勘探继续增加。

二、主要产区

川东北：普光、南充

川西北：江油、梓潼、新场、元坝

川中：威远、自贡、广安

川北：广元、巴中

川南：泸州、宜宾

重庆：长寿、开江、忠县

三、资源开发地位

依托四川油气田资源的川滇渝地区是全国最大的天然气工业基地，拥有云天化、泸天化等大型化工企业。2004 年四川油气田成为中国首个天然气产量超百亿立方米的产气区。

2004 年起，四川油气田开始向湖北、湖南两省供气，“川气出川”实现。

2006 年，四川油气田油气当量超过 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 。

2010 年，普光气田正式投产，开始向从普光至上海的主输气干线沿线供气，“川气

东送”全线贯通，中原油田油气当量超过 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 。

四、气田水情况

气田投产后，均出现工业产出水，在不含硫化氢的区块，气田水处理多采用常规的处理方法，处理达标后回注到安评后的储层。

在含硫区域，除了处理好地层产出水外，还要在处理化学水、循环水、污水上下功夫；由于各家技术不一，层次不一，处理的方式也不尽相同，但最终还是经过地方环保部门的环评和指标认可。

普光气田是一个集气井开采、酸性气湿法输送、酸性天然气净化为一体的大型综合性气田。气田水包括气井产出水、气田用生活水、化学水、循环水、消防水以及气田生产过程中的工业废水等。

气田年产水能力在 $30 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右，工业用水 $700 \times 10^4 \text{m}^3$ 左右。因此气田水的达标回注和工业用水的合理有效至关重要。

普光气田工业用水主要依托宣汉县后河支流。后河属于渠江的二级支流，为州河的三大支流之一，是州河的主要水源。后河发源于大巴山南麓，距离万源市约 170km。整个流域呈北高南低之势，由北东向南西方向流动，经皮窝、梨树、官渡、万源城、坪溪、青花、长坝、花楼、罗文、毛坝等乡镇，在宣汉县普光场上游与中河汇合，再流至宣汉城与前河汇合而为州河。州河流经达州至渠县三汇镇与巴河汇合始称渠江，渠江和涪江两江均于合川与嘉陵江汇合。后河流域支流密布，主要有：白沙河在长坝乡丝坝处汇入，赵塘河在花楼镇汇入后河。河流短促，坡陡流急，属于典型的山溪性河流。整个流域呈树枝状分布。后河达州市境内控制流域面积 1394km^2 ，主河道长 104.3km，天然落差 843.8m，平均比降 8.09‰，多年平均径流深 854mm，多年平均流量 $35.9 \text{m}^3/\text{s}$ 。

普光气田工业用水做为气田辅助生产工程，自气田开发建设初期就随同主体工程同时设计、同时施工，先后到水资源管辖地区水务局办理了后水取水泵站地表取水工程开工审批表、地表水资源取水许可证等。

第四节 普光气田水务系统

普光气田水务系统由源水取水、采气集输、净化处理、循环利用、污水处理、消防用水和日常生活用水七大系统组成。

一、水务管理系统

水务管理系统实行三级组织，垂直管理，分级负责制度。水务生产运行网络及组织机构见图 1-2。

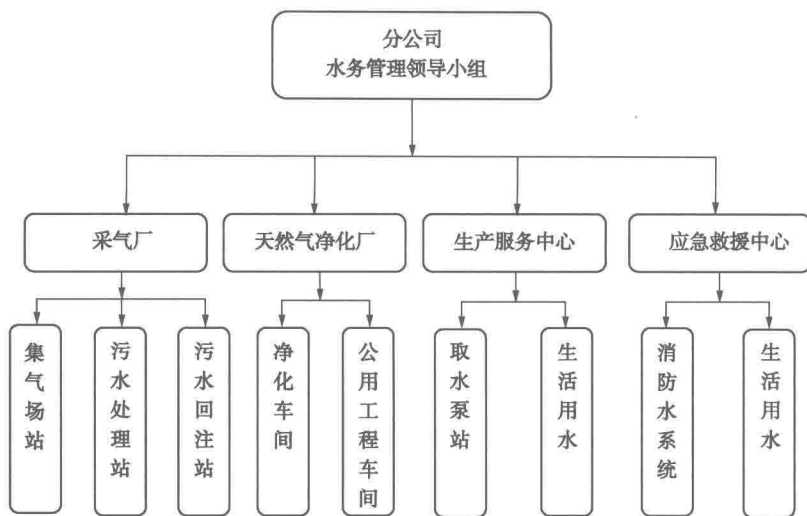


图 1-2 水务生产运行网络及组织机构

二、水务管理原则

实行“谁主管，谁负责”的原则。

三、水务组织机构与职责

1. 组织机构

分公司成立了水务专业管理领导小组，负责气田水务专业管理工作，办公室设在生产管理部。

水务专业管理领导小组组长由分公司副经理担任，副组长由生产管理部主任担任。

水务管理领导小组成员由生产管理部、HSE 监督管理部、天然气技术管理部、计划经营部、财务资产部、人力资源部、开发管理部、设备管理部、工程管理部等部门相关人员组成，统筹普光分公司水务管理工作。

2. 主要职责

分公司水务专业管理领导小组：

- (1) 制定审批水务管理规章制度，并监督检查落实。
- (2) 编制审批水务管理工作规划、计划，确定普光酸性气田生产和生活用水、节水目标，并严格检查考核。
- (3) 督促、检查水务管理工作，研究解决水务管理工作中的重大问题。
- (4) 对分公司所属单位水务管理情况进行考核奖惩。

生产管理部：

- (1) 负责收集整理分公司水务管理的相关数据和报表，经统计分析、汇总后按照规定上报油田生产管理处。

- (2) 负责组织制定并落实普光分公司有关水务管理规定，对水务管理工作进行检

查、考核。

(3) 负责普光气田区域内水资源和供用水的管理。

(4) 负责普光分公司用水的勘察、规划、开发管理工作,保障普光气田安全生产、生活正常用水。

(5) 负责组织普光气田用水定额的编制工作,编制工业用水量计划和节水规划,经领导审批后组织实施;参与制定、审查工业水处理及节水技术改造方案。

(6) 负责新增和临时用水计划的审批工作;审查批准日用水量在 1000m^3 以上的气田新增用户申请报告,做好计划用水的管理工作。

(7) 协调组织大型供用水管网建设、新增管网碰头、连线的审批和协调,组织施工、保证安全生产和生活用水。

(8) 参与普光分公司水务管理的检查、考核、竞赛和经验交流,以及供用水新技术、新工艺、新设备和新材料的推广应用,监督实施节水科研项目。

HSE 监督管理部:

(1) 负责组织水务方面重大事故的调查处理,并按规定程序报告上级主管部门。

(2) 参与制定、审查分公司水务用水处理及节水技术改造项目方案。

(3) 参与水务管理新技术、新工艺、新设备和新材料的推广应用。

(4) 参与编制、审查分公司年度有关水务用水处理化工药剂的采购计划。

(5) 参与建设项目可行性研究报告中节水篇和初步设计节水措施的审查,参与配套节约用水设施的竣工验收工作。

(6) 负责普光气田区域对地方环境保护主管部门的业务协调,按照国家有关规定,做好排污许可证的申请和污水排污费的缴纳工作。

(7) 负责协调有外排污水的污水处理厂(站)建立分公司污水水质监测管理网络,做好监督、检查工作,确保污水达标排放。

(8) 收集外排污水的数据资料,掌握油田污水动态,为普光气田污水排放的管理与决策提供依据。

天然气技术管理部:

(1) 制定分公司有关注水的政策、技术标准和管理规定。

(2) 组织参与注水处理及节水技术改造方案的制定、审查。

(3) 负责普光分公司注水新工艺、新技术的引进、试验和推广应用,发展、完善、配套工艺技术,提高工艺技术水平。

(4) 负责分公司注水系统技术指标的制定和考核。

(5) 负责月度和季度注水水质监测报告的编写与分析工作。

(6) 编制、审查气田注水、循环水、化学水等处理药剂采购计划。

(7) 确定有关注水水处理监测项目、控制指标和分析方法。

分公司各用水单位:

(1) 贯彻上级有关水务管理的各项规章制度,制定本单位有关水务管理的实施细则和考核办法。

(2) 负责编制本单位节水规划和年度用水量计划,制定用水定额标准;根据本单位

水资源状况和油田用水考核指标，组织制定节水项目方案，审批后组织实施。

(3) 组织本单位水务管理的检查、考核、竞赛和经验交流；推广用水新技术、新工艺、新设备和新材料，组织实施节水科研项目。

(4) 负责编制本单位工业水处理药剂采购计划。

(5) 负责制定用水事故预防措施，配合重大事故调查分析，并按照规定上报。

(6) 负责向生产管理部、HSE 监督管理部、天然气技术管理部报送有关取水、用水、水质和处理效果的统计报表和年度总结报告；建立健全水质、水量和水处理设施台账。

(7) 组织做好本单位用水计量仪表和水处理现场监测装置的日常运行和维护管理工作。

(8) 参与建设项目可行性研究报告中节水篇和初步设计节水措施的审查，参与配套节约用水设施的竣工验收工作。

(9) 负责查找用水设备泄漏和超温、超压等异常情况的原因，并与相关单位和上级部门联系，及时进行抢修或处理。

(10) 负责本单位所属水源井、供水管网等供水设施的建设、维护管理工作，保证供水设施的完好与正常运行。

四、主要技术指标控制

酸性气田水系统指标控制参照国标设计，如回注水执行 SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》中 A3 指标标准等，实际生产运行中，各项控制指标均高于国标要求。见表 1-5 ~ 表 1-10。

表 1-5 净化水场水质参考标准及控制指标

生产用水指标对比	GB/T 19923—2005《城市污水再生利用 工业用水水质》	净化水场执行标准
浊度/NTU	≤5	≤3
色度/度	≤30	≤15
COD/(mg/L)	≤60	≤3
pH	6.5~8.5	6.5~8.5

表 1-6 生活水水质参考标准及控制指标

生活水指标对比	GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》	净化水场执行标准
余氯/(mg/L)	≥0.05	≥0.02
细菌总数/(个/mL)	100	≤100
总大肠菌群/(个/mL)	不得检出	不得检出
耐热大肠菌群/(个/mL)	不得检出	不得检出

表 1-7 工业循环水水质参考标准及控制指标

循环水水质指标对比	GB 50050—2007《工业循环冷却水处理设计规范》	循环水场执行标准
浊度/NTU	≤20	≤20
pH	6.8~9.5	6.5~9.5
总铁/(mg/L)	≤1	≤1

表 1-8 除盐水水质参考标准及控制指标

除盐水质指标对比	GB/T 50109—2006《工业用水软化除盐设计规范》	水处理与凝结水站执行标准
电导率/($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<0.2	<0.2
SiO_2 /(mg/L)	<0.02	<0.02

表 1-9 污水处理水质参考标准及控制指标

项目	CODCr	BOD ₅	NH ₃ -N	硫化物	SS	pH	水温
平均值/(mg/L)	100	20	15	1	70	6~9	<40℃

表 1-10 回注水水质参考标准及控制指标

监测及 控制指标	pH	溶解氧	硫化氢	含油	悬浮固体	粒径中值
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μm
控制指标(A3)	6~9	≤0.1	≤2.0	≤5.0	≤1.0	≤1.0
运行指标	6.5	≤0.5	≤1.0	≤2.0	≤1.0	≤1.5