

小型氮肥厂 水处理

张震智 等编

本书是根据作者多年从事小型氮肥厂水处理工作的经验编写而成的。全书共分八章，主要内容包括：第一章 绪论；第二章 水质分析；第三章 水处理工艺；第四章 污水处理；第五章 污泥处理；第六章 水质监测；第七章 水质标准；第八章 水质管理。本书可作为小型氮肥厂水处理工程技术人员、管理人员、操作人员及大专院校相关专业师生的参考书。

化学工业出版社

小型氮肥厂水处理

张 震 智 等 编

化 学 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书介绍了水处理的基础知识,阐述了我国碳化法小型氮肥厂的原水、软水、冷却水、废水的处理、检验方法,介绍了水处理流程的选择,操作条件及简要的计算方法。

本书可作为培训小型氮肥厂技术人员的教材,供中等以上文化程度的操作人员、生产管理人员阅读,对水处理专业技术人员也有参考价值。

小型氮肥厂水处理

张震智 等编

责任编辑:骆文敏

封面设计:任 辉

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $12^{3/4}$ 字数291千字印数1—3,440

1986年4月北京第1版1986年4月北京第1次印刷

统一书号15063·3769定价2.60元

序

读《小型氮肥厂水处理》后，想借此机会向小型氮肥厂广大职工谈谈感想。

小型氮肥厂具有充分利用当地资源、设备简易、投资少、上马快以及产品储运周期短等优点，因而发展很快。目前已有一千二百多个厂，遍布全国各地。厂规模由年产八百吨至二千吨合成氨发展到目前一般为一万至三万吨合成氨。在通过企业整顿、调整、改造后，预计到二〇〇〇年，小型氮肥厂在我国化肥工业中仍将有其应有的地位。小型氮肥厂的水处理流程、工艺、操作、管理，在二十年的生产实践中不断得到改进和提高，对小氮肥厂的全面节能和安全生产创造了良好条件。但总的来看，在小型氮肥厂中，有关人员的水处理知识还很贫乏，管理水平也较低，多数厂的用水量仍然很大。进口氮肥装置每吨氨用水量为 $20\sim 30\text{米}^3$ ，国内中型氮肥厂每吨氨用水量为 $150\sim 160\text{米}^3$ ，而小型氮肥厂却高达 $500\sim 600\text{米}^3$ 。由于水质处理不好，影响了工艺条件，缩短了设备使用寿命，使全面节能和安全生产受到影响。绝大多数小型氮肥厂的有毒废水目前仍然未经处理而直接排放，严重污染着水环境。

《小型氮肥厂水处理》一书从水的基础知识开始，将小型氮肥厂的四水（原水、软水、冷却水、废水）处理、检验、操作和简要计算介绍给读者。本书内容紧密结合小型氮肥厂的生产实际，是供从事小型氮肥厂水处理工作的操作管理人员及技术人员阅读的一本好书，也是培训小型氮肥厂水处理工作人员

的一本好教材。

小型氮肥厂原设计的冷却水大多为直流和重复利用系统。根据淡水来源有限和地表水严重污染情况，小型氮肥厂的冷却水一定要考虑循环使用，这是关系到小型氮肥厂能否长期生产的大问题。由于冷却水的循环使用及国家环境保护的要求，小型氮肥厂的废水一定要处理好。今后要在实践中对小型氮肥厂的循环冷却水和废水处理工作总结出一套好的经验和方法来，为本书进一步修订提高作出贡献。

刘刚

一九八四年元月

前 言

目前，我国小型氮肥厂的产量占全国氮肥总产量的一半以上，生产形势越来越好，一九八二年实现了全行业扭亏为盈。

水处理情况与全厂各生产环节有密切关系，直接影响化肥的产量和质量，还影响全面节能和安全生产。在北方缺水地区和南方地表水遭受污染的情况下，给水及有毒废水的处理已成为决定小型氮肥厂能否长期生产的重要因素之一。

目前小型氮肥厂在水处理方面，缺乏专业技术管理人员。为了适应小型氮肥厂发展的需要，有关人员必须学习和掌握水处理基础知识。我部及各省、市、区办了几期水处理培训班，在教学工作中深感缺乏合适的专业教材。为此，化工部化肥司组织编写了本书，由云南省化工设计院罗永鑫（第一章），辽宁省石油化工设计院孙大成（第二章），浙江省石油化工设计院何鹤鸣，安徽省石油化工厅马淑荣（第三章），化工部第三设计院罗忠信（第四章），西安冶金建筑学院王宝全、王志盈、张希衡（第五章），化工部化肥司张震智（第六章）等执笔，并由张震智负责组织、统编、整理。张希衡对部分章节作了修改，清华大学黄铭荣副教授负责审阅并修改。

天津大学张鎰教授、清华大学许保玖教授曾对本书的编写给予指导帮助；化肥司司长刘刚同志为本书写了序；此外，还有不少同志参加了本书的讨论修改工作。在此一并致谢。

由于我们水平所限，必然会有不少缺点或不足，恳请批评指正。

目 录

序

前言

概论	1
----------	---

第一章 水和溶液的基础知识	7
---------------------	---

第一节 水	7
-------------	---

一、自然界的水	7
---------------	---

二、水的特性	8
--------------	---

三、水的物理性质	11
----------------	----

四、水的化学性质	15
----------------	----

五、水的生物学	22
---------------	----

第二节 溶液	24
--------------	----

一、基本概念	24
--------------	----

二、溶液的浓度	25
---------------	----

第三节 固体在液体中的溶解平衡	28
-----------------------	----

一、固体在液体中的溶解平衡和沉淀	28
------------------------	----

二、固体在溶液中的溶解度	30
--------------------	----

第四节 气体在液体中的溶解平衡	34
-----------------------	----

一、理想气体状态方程式	34
-------------------	----

二、气体在水中的溶解度及溶解平衡式	35
-------------------------	----

三、气-液平衡定律	38
-----------------	----

第二章 水质净化	41
----------------	----

第一节 沉淀	41
--------------	----

一、沉淀原理	41
--------------	----

二、混凝沉淀	44
三、沉淀池	58
四、澄清池	68
第二节 过滤	81
一、普通快滤池	81
二、虹吸滤池	92
三、重力式无阀滤池	97
第三节 消毒	108
一、液氯消毒	108
二、漂白粉消毒	113
三、氯氨消毒	115
第四节 除铁	116
一、概述	116
二、曝气法	118
第三章 锅炉给水处理	122
第一节 锅炉用水及水质	122
一、锅炉用水种类和炉水的特点	122
二、水质管理	123
第二节 锅炉的结垢与腐蚀	126
一、锅炉的结垢及防止	126
二、锅炉的腐蚀及防止	135
第三节 水的药剂沉淀脱碱软化	138
一、药剂沉淀脱碱软化方法	138
二、药剂沉淀脱碱软化系统	149
第四节 离子交换剂与离子交换水处理装置	156
一、离子交换原理	156
二、离子交换剂	157
三、离子交换水处理装置	161
第五节 水的钠离子交换	167

一、钠离子交换的原理和特点	167
二、钠离子交换设备的选型	176
第六节 水的氢—钠、铵—钠脱碱软化	177
一、氢离子交换的原理和特点	177
二、氢离子交换设备的选型	189
三、铵—钠离子交换	190
第七节 离子交换剂的再生	192
一、再生的作用	192
二、再生方式	192
三、影响再生效率的因素	197
四、再生系统	200
第八节 水的除盐	205
一、除盐与软化及脱碱、软化的区别	205
二、阴、阳离子交换除盐	206
三、电渗析	207
第九节 水的除气	215
一、除二氧化碳	215
二、除氧	216
第十节 水的联合处理及处理系统的选择	219
一、水的联合处理	219
二、水处理方案的选择	220
第十一节 离子交换水处理的运行	226
一、影响离子交换效果的因素	226
二、交换器常见的故障及消除方法	228
三、运行参考数据	230
第四章 循环冷却水处理	237
第一节 冷却水系统的选择	237
一、直流冷却水系统	237
二、循环冷却水系统	237

第二节 循环水的冷却	240
一、循环水的冷却原理	240
二、循环水的冷却构筑物	241
三、冷却构筑物的选择	259
第三节 循环冷却水水质处理	262
一、概述	262
二、阻垢与缓蚀	267
三、微生物的危害与处理	293
四、循环冷却水系统处理工艺	297
第四节 循环冷却水系统的补充水处理	301
一、循环冷却水对补充水水质的要求	301
二、补充水水质处理	304
第五节 循环冷却水的旁流处理	304
一、单独用旁滤池进行处理	305
二、需要去除水中溶解离子的旁流处理	306
第六节 循环冷却水系统的运行控制与监测	307
一、循环冷却水系统的运行参数	307
二、循环冷却水系统的运行控制	307
三、循环冷却水系统的分析与监测	308
四、循环冷却水系统的管理	313
第五章 废水处理	315
第一节 废水的特征及水质指标	315
一、废水的特征	315
二、废水的水质指标	315
三、小氮肥厂造气废水的特征	317
第二节 水体污染与水体自净	318
一、水体污染及其危害	318
二、水体自净	319
三、水体污染的防治	323

第三节 废水处理原则与方法	325
一、废水处理原则	325
二、废水处理方法	326
第四节 吹脱法处理造气废水	328
一、吹脱原理	328
二、吹脱设备	329
三、影响吹脱效率的因素	330
四、吹脱法在小氮肥厂造气废水处理中的应用	331
第五节 生化法处理造气废水	333
一、微生物的基本知识	333
二、生物膜法	339
三、活性污泥法	345
四、氧化塘	346
五、生物处理对环境条件的要求	347
六、生化法在小氮肥厂废水处理中的应用及其评价	348
第六节 碱性氯化法处理造气废水	351
第六章 水的测定	353
第一节 水样的采集	353
一、水样瓶	353
二、水样的采集方法	353
三、水样的保存	354
第二节 水的测定	355
一、测定步骤	355
二、净化水常规控制分析项目及方法	356
三、锅炉给水及炉水常规控制分析项目及方法	359
四、循环冷却水及补充水常规控制分析项目及方法	364
五、废水常规控制分析项目及方法	379

概 论

水在小型氮肥厂中既是生产的主要原料，又是换热介质。概括起来，水可用于以下四个方面：

1. 生产原料用水

水是小型氮肥厂生产的直接或间接原料，如：回收塔的软水，是碳酸氢铵产品中化学水的来源；变换炉用水蒸汽是一氧化碳变换为氢和二氧化碳的原料；用于造气的水蒸汽，其中的一部分氢成为合成氨的原料。

2. 间接冷却用水

用于机械设备及生产过程中的气体、液体或固体的冷却。如：压缩机、离心机、循环机、冰机等转动设备的冷却水；原料气、循环气、氨水、碳化液等物料的冷却、冷凝用水。

3. 洗涤、直接冷却用水

用于生产过程中物料的冷却和洗涤。如：造气洗气箱、碳化清洗塔用水等。

4. 清洁洗净水

清洗设备或地面用水等。

全厂用水量（米³/时）大致如下表所示：

合成氨 生产规模	水源	南方地区		北方地区	
		地 表 水	地 下 水	地 表 水	地 下 水
3000吨/年		600~700	400~450	450~500	200~250
5000吨/年		1000	600	700	350

注：1. “水量”为水源供水量。

2. 地表水采用直流供水，地下水采用重复利用供水。

全国1200多个小型氮肥厂遍布28个省、市、自治区，由于水源水质的复杂性及小型氮肥厂工艺过程的不同，水处理方法各异。

小型氮肥厂的水源，北方地区以地下水为主，南方地区以地表水为主。地下水与地表水均属自然界的天然水。北方地下水较清澈洁净，水温较低，因含矿物质较多而硬度较高，个别地区含铁较多，各项指标与含量受环境与季节变化影响较小。南方地表水因含泥沙、有机杂质及微生物以致使水浑浊；此外水温较高、硬度较低，而且上述各项含量与指标受环境与季节变化的影响较大。

因此，用于生产过程的原水或循环补充水一定要根据使用要求，分别选用净化、软化、除碱、除盐、除气、除铁、除有机物等各种方法或不同组合方式的水处理工艺流程。

目前大多数小型氮肥厂的冷却水大多采用直流和重复利用方式，极少数厂采用敞开循环冷却和重复利用方式。

以地下水为水源的冷却水大多未经处理即用于生产过程，而以地表水为水源的冷却水大多经过水的澄清、过滤或沉淀软化等方法处理后，用于生产过程。

现在小型氮肥厂一般使用4~10吨/时、8~25公斤/厘米²的低压锅炉、给水处理绝大部分采用炉外化学处理，其中以固定床顺流再生钠离子交换系统为主，少数厂采用 $H^+—Na^+$ 系统、炉内加药或炉内热力（自然碱法）软化。有少数厂进行除盐、脱碱；还有个别厂采用永磁软水器，高频水改器，石墨、栲胶、柞木等法。

由于小型氮肥厂的各工段都要用水，因此水处理好坏影响到全厂各生产环节。目前，大多数小型氮肥厂对水处理的重要性未能充分认识，所以在水处理技术、管理上存在着很多

问题:

1. 工艺流程选择不合理

有些厂没有因水、因炉制宜地选用水处理方法,甚至乱搬乱套其他厂的水处理流程。如地处沿海或内地盐碱地带,水中含盐、含碱量高,而锅炉给水仍采用钠离子交换法,认为水处理就是搞水的软化,对炉水的含盐高、含碱高不加控制,不进行正常排污。

2. 设备不配套

有些厂生产规模扩大了,而水处理系统未作相应的改进;也有些厂未按水处理工艺要求增补脱气设备等。

3. 管理不善

有些厂的水源水质随季节和气候变化,致使水中溶解物、悬浮物含量有所变化,但没有相应采取有效措施。有些厂不严格控制水质指标;有些厂当本厂或临近厂矿的污染引起了水源水质恶化时,也没有采取改善水质的相应措施。

由于存在以上问题,因而给生产带来了严重危害:

1. 碳化水箱的冷却管、压缩机、循环机、冰机等夹套被污垢及杂物堵塞;冷却排管上的配水管孔眼被堵塞;管外壁上挂满了青苔,影响均匀布水,降低了冷却效果。

2. 热交换器壁和锅炉结垢严重,有的厂锅炉局部结垢厚达80毫米,造成锅炉水冷壁管鼓泡,被迫停产更换。

3. 由于锅炉用水超出规定指标范围,致使炉水碱度高达80毫克当量/升以上;炉水含盐量高达10000毫克/升以上,使蒸汽严重带水,影响煤气发生炉产气量,使蒸汽分解率降低,增加吨氨用汽量,造成触媒结皮,系统阻力增大,影响生产;水冷壁管,管口胀接处及锅筒内液汽交界处腐蚀严重,而且多次因烧坏而被迫停产检修。

4. 因锅炉给水不进行除氧,致使省煤器和汽包内进水管、汽水分离器等腐蚀严重,有的厂 $H^+—Na^+$ 处理系统中采用鼓风脱气反而增加了含氧量,因软水先去变换、造气等工段加热,使第二水加热器、热水管道及热水箱等运行不到一年就严重腐蚀,被迫检修更换。

因此,加强小型氮肥厂的水处理工作,不但能使生产保持安全低耗,还能达到优质、高产、多积累的目的。

由于各小型氮肥厂发展不平衡,各厂技术水平和管理水平存在着差异,在水的流程、设备的选择和使用上,一些厂总结出了以下经验:

1. 某厂使用经过改进的脉冲澄清池,提高了设备使用效率,使洪水季节的浑浊度降低90%以上,工作人员减少了四名,每年节电十万度左右。

2. 某些厂根据小型氮肥厂生产氨的特点,采用铵离子交换代替沉淀软化,使给水处理流程大大简化,而且提高了处理效果。

3. 某些厂采用炉内热力法软化,不但经济上合理,而且取得了节能效果。

4. 某些厂选用浮动床、移动床阳离子交换法连续进行水的软化和树脂再生,使锅炉煤耗显著降低,并为小型氮肥厂水处理操作自动化创造了条件。

小型氮肥厂的排水分为以下两部分:

1. 有毒废水

如:造气洗气塔、气柜水槽溢流水、气柜出口焦油过滤器、脱硫除尘器、锅炉、碳化清洗塔、变换系统冷却排管后汽水分离器等排水。

2. 无毒废水

如：碳化、压缩、合成、精炼、冰机下水口的排水。

小型氮肥厂造气原料大部分采用白煤或白煤粉制成的碳化煤球，废水中一般含氰化物10~20毫克/升，硫化物10~20毫克/升，酚2~3毫克/升。根据资料，当氰浓度大于0.32毫克/升、酚浓度大于5.6毫克/升、硫化氢浓度大于0.5毫克/升时，就会对鱼类产生危害。根据江苏省的调查，有些厂污水排入河、海后，500米以内，氰化物含量仍然高达0.1毫克/升。还发现距排放口200米以内有鱼类被毒死的现象。

我国颁布了《环境保护法》及“工业废水排放标准”。为了消除污染、保护环境，研究小型氮肥厂废水的处理技术，寻找既有效又经济适于小型氮肥厂含氰、硫和酚等废水的治理方法，已经成为各厂必须重视的一个问题。

目前，小型氮肥厂主要采用两种治理方法：吹脱法和生物化学法。采用这些方法后，已在不同程度上减轻了对环境的污染。

我国是个贫水国家，淡水资源虽居世界第五位，但人均占有淡水量仅相当于世界人均占有量的四分之一。随着工业建设的发展，已开始感到水源不足的潜在危机。所以，从现在开始就该统筹兼顾地预测水资源的供需平衡，合理使用有限的淡水资源，最大限度地节约用水，减少排污，保护水体，以适应四个现代化的需要。因此，小型氮肥厂搞废水处理及采用循环水代替直流水已成为大势所趋。某小型氮肥厂结合废水治理改直流水为循环水，方案实施后，除云软水剂和药剂的费用外，一年可节约50多万元。这样，只需一年多时间就可以回收全部投资。因此，小型氮肥厂结合废水治理改直流水为循环水是适合小氮肥厂的经济可行的办法。

水的监测基础是选用正确的水的测定方法和严格检验操

作。一些小型氮肥厂由于选择了不适宜的测定方法或未能严格检验操作，而使水处理的监测工作失去应有的作用，给生产带来严重损失。小型氮肥厂的“四水”常规测定项目共二十多项，一定要严格控制水质指标，使小型氮肥厂水处理的检验、监测成为水处理工作的指南。