

MEIKUANGQU SANFEI ZHILI JISHU
JI XUNHUAN JINGJI

煤矿区三废治理技术 及循环经济

++++++
++++++
++++++

王春荣 何绪文 编著

化学工业出版社



QU SANFEI-ZHILIJISHU
GUAN JINGJI

煤矿区三废治理技术 及循环经济

+++++

王春荣 何绪文 编著



化学工业出版社
· 北京 ·

本书从技术层面系统地介绍了煤矿区三废治理技术及循环经济发展模式。全书共分成两篇：上篇是末端治理技术，包括煤矿区废水（矿井水、生活污水、洗煤废水）来源及处理技术，煤矿区固体废物（煤矸石、粉煤灰、生活垃圾、煤泥）来源及处理、处置技术，煤矿区废气（瓦斯气、粉尘、烟气）来源及治理技术，及煤矿区生态治理与修复技术等内容；下篇为清洁生产及循环经济，包括煤炭开采、加工及利用过程中的清洁生产技术和煤矿区循环经济发展模式、实例等。

本书可供环境科学与工程、能源工程等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考，也可供高等学校相关专业师生参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿区三废治理技术及循环经济/王春荣,何绪文编著. —北京:
化学工业出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-122-19123-6

I. ①煤… II. ①王…②何… III. ①煤矿-矿区-废物处理
②煤矿-矿区-废物综合利用 IV. ①X752

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 282721 号

责任编辑: 刘兴春
责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 刘丽华

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
710mm×1000mm 1/16 印张 13 字数 249 千字 2014 年 3 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: 68.00 元

版权所有 违者必究

前言

改革开放 30 多年来，煤炭工业环境保护发展先后经历了四个时期：一是煤炭环保机制建立准备时段；二是煤炭环保工作机制建设时段；三是煤炭环保工作调整时段，主要是战略方针的调整和转变；四是煤炭环保工作发展时段。现如今，煤炭工业的快速增产提效既为我国经济提供了保障，也给生态环境带来了巨大的破坏。目前国内已出版的有关“煤矿区三废治理及循环经济”方面的综合性书籍甚少，已有的相关书籍多数是针对矿山环境保护的，其涉及面宽、涵盖内容广泛，缺乏针对性和技术应用性。

在此背景下，结合多年的科学研究成果及教学经验，借鉴国内外该领域的最新发展，组织编著了《煤矿区三废治理技术及循环经济》。该书以煤矿区的环境污染治理及生态恢复为出发点，在第 1 章介绍了煤矿区废水的来源及处理技术，这是本书具有特色的主要章节，重点介绍了煤矿矿井水、矿区生活污水及煤泥水处理技术，并结合工程实例着重阐述矿井水井下处理的技术及设备；第 2 章介绍了煤矿区固体废物的来源及处理处置技术，其中以矿区煤矸石、粉煤灰、煤泥和生活垃圾为代表，重点阐述了它们的主要危害及所采取的处理和综合利用措施；第 3 章介绍了煤矿区废气的来源及治理技术，其中重点阐述了煤矿区瓦斯气、粉尘、二氧化硫及氮氧化物的治理技术；第 4 章介绍了煤矿区生态治理与修复技术；第 5 章介绍了煤炭工业清洁生产技术，其中重点阐述了煤炭在开采、加工、燃烧及转化过程中主要存在的环境问题及所采取的清洁生产途径；第 6 章介绍了煤矿区发展循环经济的模式及工程实例，其中以实例为依托，阐述了煤矿区发展循环经济的途径及模式。

本书内容立足于煤炭企业的环境保护及循环经济，内容详尽、系统全面，具有很强的针对性和实用性，是从事煤矿区环境保护的工程设计人员、科研人员、运行管理人员的综合参考书，同时也可作为高等学校相关专业研究生、本科生的使用教材，通过系统的学习深入掌握相关治理技术措施，了解煤矿区三废治理及循环经济发展的概貌。

本书主要由中国矿业大学（北京）水污染控制工程中心王春荣、何绪文编著。

具体分工如下：第1章由何绪文、王春荣编著，第2章～第6章由王春荣、何绪文、王建兵编著，其中中国矿业大学（北京）的张梦茹同志负责了文字的整理、排版及制图工作。全书最后由王春荣统稿，张梦茹、任欣、侯志斐、叶民、王杰等同志负责了全书的文字校核。

本书在编著过程中还得到了邵立南博士、李福勤教授的大力支持和帮助，以及众多同事的真诚鼓励和资料共享，在此谨表示衷心的感谢！

由于作者水平所限，书中难免会出现一些疏漏和不妥之处，敬请广大同行和读者批评指正。

编著者
2013年10月

目 录

第 1 章 煤矿区废水的来源及处理技术	1
1.1 矿井水的简介及处理技术	1
1.1.1 矿井水概况	1
1.1.2 含悬浮物矿井水处理技术	5
1.1.3 高矿化度矿井水处理技术	8
1.1.4 煤矿酸性矿井水处理技术	12
1.1.5 含重金属矿井水处理技术	19
1.1.6 含放射性污染物矿井水处理技术	23
1.1.7 碱性矿井水处理技术	24
1.1.8 含氟矿井水处理技术	25
1.2 煤矿矿井水井下处理就地复用技术	27
1.2.1 煤矿区矿井水井下采空区预处理技术	27
1.2.2 沉淀系统的改进及主要工艺、设备	30
1.2.3 过滤系统的改进及主要设备	38
1.2.4 煤矿区矿井水井下处理就地复用工程实例	45
1.3 煤矿生活污水处理利用技术	56
1.3.1 煤矿生活污水概况	56
1.3.2 生活污水的处理技术	57
1.4 煤泥水的来源及处理技术	60
1.4.1 煤泥水概况	60
1.4.2 煤泥水处理技术现状	61
第 2 章 煤矿区固体废物的来源及处理处置技术	64
2.1 煤矿区固体废物概述	64
2.1.1 煤矿区固体废物产生与特点	64

2.1.2	煤矿区固体废物引发的环境与生态问题	65
2.1.3	煤矿区固体废物综合利用的意义	65
2.2	煤矸石的危害及处理、处置技术	66
2.2.1	煤矸石的来源及危害	66
2.2.2	煤矸石作燃料	68
2.2.3	煤矸石作生产建筑及其他材料	69
2.2.4	煤矸石生产化工产品	72
2.2.5	煤矸石生产肥料	74
2.2.6	煤矸石回收生产有用矿物	74
2.3	粉煤灰的危害及处理、处置技术	76
2.3.1	粉煤灰的来源及其污染	76
2.3.2	粉煤灰在建筑材料上的应用	77
2.3.3	粉煤灰在道路工程中的应用	79
2.3.4	粉煤灰做注浆材料和填充材料	81
2.3.5	粉煤灰在农业上的应用	82
2.3.6	粉煤灰的其他应用	84
2.4	煤泥的来源及处理、处置技术	84
2.4.1	煤泥的来源	84
2.4.2	煤泥的处理处置技术	85
2.5	煤矿区垃圾的处理处置技术	86
2.5.1	煤矿区垃圾分类	86
2.5.2	煤矿区垃圾的处理处置技术	86

第 3 章 煤矿区废气来源及治理技术 **93**

3.1	瓦斯气的来源及治理技术	93
3.1.1	瓦斯气的来源、危害与现状	93
3.1.2	瓦斯气的治理技术	94
3.1.3	瓦斯气的利用	95
3.2	粉尘的来源及治理技术	97
3.2.1	粉尘的来源	97
3.2.2	粉尘的治理技术	97
3.3	烟气脱硫技术	100
3.3.1	烟气脱硫方法概述	100
3.3.2	典型工艺介绍	101

3.3.3 烟气脱硫技术的综合比较	104
3.4 烟气脱硝技术	108
3.4.1 烟气脱硝技术概述	108
3.4.2 典型烟气脱硝工艺	109
 第 4 章 煤矿区生态治理与修复技术	 113
4.1 生态治理技术	113
4.1.1 矿区的生态环境问题	113
4.1.2 矿区生态治理	114
4.2 生态修复技术	122
4.2.1 矿区生态土地复垦技术	123
4.2.2 矿区退化土壤的物理和化学修复	127
 第 5 章 煤炭工业清洁生产技术	 133
5.1 清洁生产	133
5.1.1 清洁生产的概念和主要内容	133
5.1.2 清洁生产的主要方法和途径	136
5.2 煤炭开采过程存在的问题及绿色开采技术	141
5.2.1 煤炭开采过程存在的问题	141
5.2.2 绿色开采技术	146
5.3 煤炭加工、燃烧、转化过程存在的问题及洁净煤技术	154
5.3.1 煤炭加工、燃烧、转化过程存在的问题	154
5.3.2 洁净煤技术	157
 第 6 章 煤矿区发展循环经济模式及工程实例	 162
6.1 煤矿区发展循环经济模式	162
6.1.1 循环经济的内涵	162
6.1.2 循环经济的特点及原则	167
6.1.3 煤矿区发展循环经济的重要性及优势	170
6.1.4 煤矿区发展循环经济的技术支持	171
6.2 煤矿区发展循环经济工程实例	177
6.2.1 新汶矿业集团的循环经济发展	177

6.2.2 山西省长治市潞安集团的循环经济的发展 182

6.2.3 同煤集团塔山循环经济的实践 185

6.2.4 兖矿集团循环经济的实践 188

6.2.5 平煤集团循环经济的实践 191

参考文献 196

第1章

煤矿区废水的来源及处理技术

1.1 矿井水的简介及处理技术

1.1.1 矿井水概况

1.1.1.1 矿井水的来源

煤矿矿井水是指采煤过程中所有渗入井下采掘空间的水。矿井水是煤矿区域的一种水资源，是指由于采矿活动造成区域水文地质系统与水文地质单元隔水构造的破坏，从而改变了地下水及地表水径流方向和途径，最终在采矿场所汇集的水体。简单地说，凡是在矿井开拓、采掘过程中，渗入、滴入、淋入、流入、涌入和溃入井巷或工作面的任何水体，统称为矿井水。

据不完全统计，全国煤矿矿井排水量约 $22 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，平均吨煤涌水量约 4 m^3 ，但不同地区、不同煤矿的井下排水量有较大差异。我国北方矿区矿井水主要来自于奥陶纪灰岩水、煤系薄煤层灰岩水、煤系砂岩裂隙水、老空水、溶洞水、第四纪冲积层水等。平均吨煤涌水量约 3.8 m^3 。而我国南方矿区因受当地气候条件、地理环境等影响，矿井涌水量大，平均吨煤涌水量 10 m^3 左右。东北大部分矿井涌水主要来自第四纪冲积层水和二叠纪砂岩裂隙水，一般矿井吨煤涌水量在 $2 \sim 3 \text{ m}^3$ 之间。西北的新疆、甘肃、陕西中部、宁夏、内蒙古西部地区矿井涌水量普遍较少，吨煤涌水量大部分在 1.6 m^3 以下。

煤矿矿井水的形成主要是由于巷道揭露和采空区塌陷波及水源所致，其主要来源主要是大气降水、地表水、断层水、含水层水、采空区水。

(1) 大气降水

大气降水是矿井水的总来源，可以给其他水源进行补给，它除了一部分被蒸发和随河流流走之外，另一部分则沿岩石的孔隙和裂隙进入地下，或直接进入矿井。在不同地区、不同季节、不同开采深度大气降水对矿井水的影响也不同。在降雨量少的西北地区，矿井涌水量就小；在降雨量多的南方地区，矿井涌水量就大；即使在同一地区，由于大气降雨量随季节的变化，矿井涌水量也随着发生周期性变化。同时，由于矿井开采深度不同，矿井涌水量也随着发生相应变化。一般而言，矿井涌水量随开采深度增加而增大。

(2) 地表水

位于矿井附近或直接分布在矿井以上的地表水体，如河流、湖泊、水池、水库等是矿井充水的重要来源，可直接或间接地通过岩石的孔隙、裂隙、岩溶等流入矿井，威胁矿井生产安全。

(3) 断层水

大量流入矿井的水往往与区域地质有关，断层破碎带是地下水的通道和聚集区，沿断层破碎带可沟通各个含水层，并与地表水发生水力关系，形成断层水。断层水对矿井生产的影响，主要是由于巷道揭露或采掘活动破坏了围岩的隔水性能，造成断层带的水涌入井下。其特点是静储量小，动储量大，与地表水高压强含水层沟通，对矿井生产造成巨大威胁，特别是在断层交叉处最容易发生透水事故。

(4) 含水层水

含水层水是矿井主要的充水来源。多数情况下，大气降水与地表水先是补给含水层，然后再流入矿井。流入矿井的含水层水量包括静储量和动储量。静储量就是巷道未揭露含水层前，实际储存在含水层中的地下水，它的大小决定于含水层的厚度、岩石裂隙大小及多少。一般在矿井开采初期排出的矿井水主要是静储量，能在矿井排水中逐渐减少以致疏干。如果大气降水、地表水（包括其他水源）不断流入含水层，使含水层的水得到新的补充，虽然井下长期排水，但含水层中的水仍源源不断，这些补给含水层的水量称为动储量。因此，属静储量的含水层水对矿井生产初期有一定的影响，而后逐渐减弱；属动储量的含水层水对矿井生产的影响将长期存在。

(5) 采空区水（老窑积水）

以前和近期的采空区及废弃巷道，由于长期停止排水而存在的地下水，通常称为采空区水。我国煤矿开采有着悠久的历史，一些直接露出地表或易发现的煤层，浅部多数为采空区。再加上前几年某些乡镇煤矿的乱挖滥采，不仅老窑数量、采空区范围增大，而且开采深度也越来越大，一旦巷道揭露或巷道与老窑之间的煤岩柱强度小于它的静压时，就会像水库垮了水坝一样，突然淹没其“下游”，从而造成

严重事故，后果不堪设想。

1.1.1.2 矿井水水质特征

(1) 矿井水水质特征

煤矿矿井水本身的水质主要受当地地质年代、地质构造、各种煤系伴生矿物成分、所在地区的环境条件等因素的影响。当矿井水流经采煤工作面时，将带入大量的煤粉、岩粒等悬浮物；并受到井下生产活动等影响，矿井水往往含有较多的细菌；开采高硫煤时受煤及其围岩中硫铁矿的氧化作用，使矿井水呈现酸性和高铁性等，所以不同煤矿的矿井水的水质有很大的差异。

煤矿矿井水具有显著的煤炭行业特征，具体表现如下。

① 煤矿矿井水的悬浮物含量明显高于地表，且不稳定，感官性状差。

② 悬浮物粒度小、密度小、沉降效果差。

③ 混凝的过程中矾花形成困难，沉降效果差。

④ 铁、锰含量高，其含量大于 30mg/L 的矿井水较为普通，与高悬浮物相互影响，去除困难。

⑤ 含有有机污染物和特殊污染物。

根据矿井水的物理、化学性质可知，矿井水具有以下几方面的水质特征。

① 矿化度高，即含盐量高。我国矿井水的含盐量一般都在 1000mg/L，其盐类成分主要是硫酸盐、重碳酸盐，氯化物。

② 硬度大，属极硬水范畴。一般情况下，矿井水总硬度与矿化度成正比，高矿化度占 50%。部分矿井水呈酸性，其 pH 值在 4~7 之间。

③ 水质浑浊，色度明显。悬浮物含量一般在 500mg/L 以下，主要为煤尘、岩尘以及胶态氢氧化铁（使水呈灰黑色）。酸性矿井水多为黑色和黄褐色。

④ 化学需氧量（COD）高。矿井水的 COD 一般为 10~12mg/L，部分矿井水甚至更高。矿井水的 COD 过高主要是由粉尘所致。

(2) 矿井水中污染物的分类

矿井水中的污染物概括起来分为 4 类：无机无毒物、无机有毒物、有机无毒物和有机有毒物。

无机无毒物主要是酸碱及一般的无机盐和氮磷等植物营养物质。无机有毒物主要是指各类重金属（汞、铬、铅、镉）和氰、氟化物等。有机无毒物主要是指水体中比较容易分解的有机化合物，如烃类、脂肪、蛋白质等。有机有毒物主要指酚苯，多环芳烃和各种人工合成的具有积累性的稳定的化合物，如多氯联苯农药等。除上述四类污染物外，还有固态悬浮物、放射性污染、热污染等污染物质和污染因素。

1.1.1.3 矿井水分类

受地质构造、煤系伴生矿物成分、环境条件等因素的影响，根据矿井水含污染

物的特性,一般可将其划分为5种类型:洁净矿井水、含悬浮物矿井水、高矿化度矿井水、酸性矿井水、碱性矿井水及含特殊污染物矿井水。

(1) 洁净矿井水

洁净矿井水的水质中性,低浊度,低矿化度,有毒有害元素含量很低,基本符合生活饮用水标准,主要来源于奥陶纪石灰岩水、矿岩裂隙水等。洁净矿井水一般是指奥灰水、砂岩裂隙水、第四纪冲积层水及老空积水等。主要分布在我国东北、华北等地。此类矿井水水质好,pH为中性,低矿化度,不含有毒、有害离子(或者其含量低于生活饮用水标准值),低浊度,有的还含有多种有益微量元素。通过井下单独布置管道将其排出、经过消毒处理后,即可作为生活饮用水。这类矿井水本身水质好,处理工艺简单。

(2) 含悬浮物矿井水

含悬浮物矿井水是指除悬浮物、细菌及感观性状指标外,其他理化指标不超过我国生活饮用水卫生标准的矿井水。地下水受开采的影响带入煤和岩粉,水中含有较多的悬浮物,其主要成分为煤粉。煤粉的密度一般只有 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$,远远小于地表水系中泥砂颗粒物的密度(平均密度一般为 $2.4\sim 2.6\text{g}/\text{cm}^3$)。由于含悬浮物矿井水中煤粉的作用,尽管有时矿井水含悬浮物不算很高,可黑色却十分明显,感观性状差。含悬浮物矿井水中悬浮物的含量为每升几十至几百毫克,少数超过 $1000\text{mg}/\text{L}$,但其余理化和毒理指标基本符合生活饮用水标准。

(3) 高矿化度矿井水(矿井苦咸水)

高矿化度矿井水指的是溶解性总固体高于 $1000\text{mg}/\text{L}$ 的矿井水,其往往还含有较高的悬浮物,细菌,感观性状指标一般也不能达到生活饮用水的标准。据不完全统计,我国煤矿高矿化度矿井水的含盐量一般在 $1000\sim 3000\text{mg}/\text{L}$ 之间,少量矿井水达到 $4000\text{mg}/\text{L}$,它主要含有 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 HCO_3^- 等离子,硬度相应较高,水质多数呈中性或偏碱性,带苦涩味,少数为酸性。高矿化度矿井水不利于作物生长,会影响混凝土质量,人长期饮用将引起腹泻和消化不良。中国北方缺水煤矿的矿井水往往属于高矿化度矿井水。

矿井水中矿化度高的原因是由多种因素造成的,主要原因如下。

① 被采煤层中含有大量碳酸盐矿物及硫酸盐类矿物,使矿井水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 等盐类离子增加。

② 地区干旱,降水量小,蒸发量大,地下水补给不足,促使矿井水盐分浓缩。

③ 当开采高硫煤层时,因硫化物氧化产生游离酸,再同碳酸盐矿物、碱性物质发生反应,使矿井水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子增加。

④ 矿区处于沿海地带,地下咸水侵入煤田。

(4) 酸性矿井水

酸性矿井水是指pH值小于5.5的矿井水,一般pH值为 $3\sim 5.5$,个别小于3,

总酸度高。当开采含硫煤层时,硫受到氧化与生化作用产生硫酸,酸性水易溶解煤及岩石中的金属元素,故铁、锰等金属元素以及无机盐类增加,使矿化度、硬度升高,呈现出明显的黄色。根据 pH 值,可将酸性矿井水分为强酸型 ($\text{pH}<3$) 和弱酸型 ($3\leq\text{pH}\leq6.5$)。

酸性矿井水除呈酸性外,还含有较高的铁、悬浮物、细菌等。pH 值大于 9.0 的矿井水称碱性矿井水,碱性矿井水往往含有较高的溶解性总固体及悬浮物。

(5) 含有毒有害元素矿井水

含有毒有害元素矿井水是指主要含有氟、铁、锰、铜、锌、铅及铀、镭等元素的水。含氟矿井水来源于含氟较高的地下水区域或煤与岩石中含氟矿物萤石 CaF_2 、氟磷灰酸;含铁、锰矿井水一般是在地下水还原条件下形成的,多呈 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 低价状态,有铁腥味,易变浑浊,可使地表水的溶解氧降低;含重金属矿井水主要含有铜、锌、铅等;含放射性元素矿井水主要含有铀、镭等天然放射性核素及其衰变产物,其含量超过饮用水标准。实际上矿井水的水质往往是复合型的,其中有的矿井水含了 10 多项超过饮用水标准和工业用水标准的成分,给矿井水的资源化带来了一定困难。

根据“优质水优用,差质水差用”的原则,不同种类的矿井水具有不同的利用途径:洁净矿井水,即未被污染并且水质较好的地下水,经过简单处理后,可直接用于生活用水以及工农业生产;其他 4 种类型的矿井水,尽管都受到了不同程度的污染,经过相关工艺的处理后,均可用于工农业生产。

1.1.2 含悬浮物矿井水处理技术

1.1.2.1 水质特征

含悬浮物矿井水的主要污染物来自矿井水流经采掘工作面时带入的煤粒、煤粉、岩粒、岩粉等悬浮物 (SS)。因此,这种矿井水多呈灰黑色,并有一定的异味,混浊度也比较高,pH 值呈中性,含盐量小于 1000mg/L ,金属离子含量为微量或者未检出,不含有毒离子。表 1-1 为我国 128 个煤矿矿井水中 SS 含量的实测统计资料。在正常情况下,矿井水一般要在井下水仓停留 $4\sim8\text{h}$,较大颗粒的煤粒、岩粒等产生沉淀后得到去除。取地面蓄水池矿井水分析表明,其 SS 的含量一般在 $100\sim400\text{mg/L}$ 范围,粒径 $50\mu\text{m}$ 以下的约占 85%,颗粒物的平均密度为 $1.2\sim1.3\text{g/cm}^3$ 。

含悬浮物矿井水的另一水质特征是细菌含量较多,主要来自井下工人的生活、生产活动,所以消毒杀菌在矿井水处理中是非常必要的。我国北方一些矿区(如平顶山、焦作、开滦、峰峰、郑州、邯郸)及华东、东北的大部分矿井的外排矿井水属这类矿井水,其水量约占我国北方部分重点国有煤矿矿井涌水量的 60%。目前,

■ 表 1-1 我国 128 个煤矿矿井水中 SS 浓度统计表

浓度范围/(mg/L)	≤100	101~200	201~300	301~400	401~500	≥501
矿井数/个	44	39	19	7	4	15
所占比例/%	34.38	30.47	14.84	5.46	3.13	11.72

上述这些矿区生活生产用水均比较紧张，许多煤矿将这类矿井水当做饮用水水源加以处理。因这种矿井水主要污染物是粒径极为细小的煤、岩粉，利用自然沉淀的方法去除这些悬浮物很困难，必须采用混凝沉淀的处理方法以实现悬浮物的去除。实践证明，含悬浮物的矿井水经混凝、沉淀、过滤消毒等工序处理后，出水水质能达到我国生活饮用水水质标准要求。

1.1.2.2 处理工艺和处理现状

如上所述，含悬浮物矿井水的污染物主要是粒径极为细小的煤粉、岩粉悬浮物和细菌。这类矿井水又经常被用作生活饮用水水源加以处理利用，所以去除矿井水中悬浮物和杀菌消毒是处理的关键。因此，靠自然沉淀去除是困难的，必须借助混凝剂，采用混凝沉淀的处理方法以实现悬浮物的去除。

含悬浮物矿井水净化处理通常采用铝盐或铁盐混凝剂，絮凝剂则主要采用聚丙烯酰胺。采用聚合氯化铝铁对矿井水进行处理的实验结果表明，这种无机高分子混凝剂对矿井水的水温及 pH 值的变化适应性很强，其去浊率比硫酸铝有明显优势。而对聚丙烯酰胺这类有机高分子絮凝剂，由于其价格昂贵且具有毒性，在矿井水作生活饮用水源处理中较少采用，但在工业回用水中广泛采用。矿井水处理中混凝剂混合方式通常采用水泵混合、管道混合器混合和机械混合，其中水泵混合较为常用。

矿井水净化处理采用沉淀池或澄清池作为主要处理单元。沉淀池采用平流式沉淀、斜管（板）沉淀，其优点是处理能耗小，但存在处理设施占地面积大、沉淀污泥易堵塞造成排泥不畅等缺点。机械加速澄清池、水力循环澄清池都是集混凝反应和沉淀过程于一体的水处理设施。水力循环澄清池具有处理过程中动力消耗低、耐负荷冲击能力强、设施维护简单和操作方便等优点。机械加速澄清池占地面积较小，但处理能耗大、设备维护工作量大，实际应用中处理效果不如水力循环澄清池好。

矿井水处理常用的过滤设施有快滤池和重力式无阀滤池。快滤池管路、阀门系统复杂，反冲洗操作繁琐；重力式无阀滤池能自动反冲洗，操作简便，管理和维护方便，但处理效果不太稳定。滤池通常采用无烟煤和石英砂双层滤料。

矿井水净化处理后若作为生活用水必须经过消毒处理，一般采用二氧化氯消毒，次氯酸钠和液氯较少采用。

图 1-1 是含悬浮物矿井水处理经常采用的工艺流程。矿井水与混凝剂混合后直

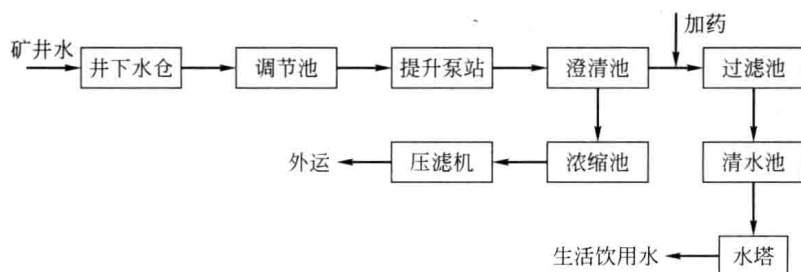


图 1-1 含悬浮物矿井水处理工艺流程

接进入澄清池进行澄清处理，上清液进入滤池过滤，该工艺优点是流程相对简单，节省基建投资。

1.1.2.3 处理实例

平顶山矿区矿井水处理利用实例如下。

(1) 概况

平顶山矿区是新中国成立后由我国自行勘探、设计的重点煤炭基地，目前共有生产矿井 13 对，设计生产能力 $1606 \times 10^4 \text{ t/a}$ ，实际产量已达 $1830 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。该矿区地处我国北方，因生产、生活用水紧张，于 1977 年投资建成一座实际产水量为 $2.6 \times 10^4 \text{ t/d}$ 的矿井水处理站。到 1993 年，平顶山矿务局已建成 6 座矿井水处理站，日产水量 $7.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。目前，正在继续开展矿井水资源化的研究工作和工程建设。

(2) 工艺流程

平顶山矿区的矿井水属含悬浮物矿井水，水质比较简单，除悬浮物、细菌、色度、浊度等感观指标外，其他理化指标均能满足生活饮用水卫生标准，其处理工艺原则上采用常规的混凝、沉淀、消毒工艺。据报道，平顶山矿务局各矿矿井水处理工艺基本相同，其流程如图 1-2 所示。

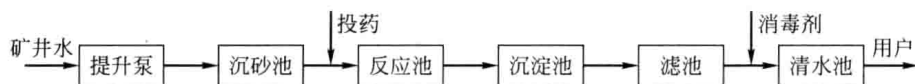


图 1-2 平顶山矿务局各矿矿井水处理工艺流程

平顶山矿务局各煤矿处理设备有所不同，但都以黑矾作混凝剂，投加液氯消毒，并作预氯化处理；十一矿水厂由于水量小，采用旋流式反应池，其他各水厂均采用回转式与平流隔板式相结合的反应池，二矿水厂采用平流式沉淀池，其他各水厂均采用斜管沉淀池；十一矿水厂采用重力式无阀滤池，其他 3 座水厂均采用虹吸滤池。

(3) 各矿井水处理站水质情况

平顶山矿务局矿井水处理站出水主要回用于该矿区生产、生活用水。截至

1983年,矿井水处理后用作生活、生产用水量已占全矿务局用水41.95%,其处理利用率占全矿务局矿井水总排放量的33.4%,既解决了矿区的供水紧张局面,缓解了城市供水负担,又减少了废水排放,改善了环境。据取样分析表明处理后出水水质指标符合我国生活饮用水标准。

1.1.3 高矿化度矿井水处理技术

1.1.3.1 概况

高矿化度矿井水是指含盐量大于1000mg/L的矿井水。据不完全统计,我国煤矿高矿化度矿井水的含盐虽一般在1000~3000mg/L之间,少量达4000mg/L以上。如甘肃靖远矿务局大部分矿井的矿井水含盐量4000mg/L以上。

这类矿井水的含盐量主要来源于 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 Cl^{-} 等离子,其硬度往往较高,有些矿井水硬度含CaO可达1000mg/L。受采煤等作业的影响,这类矿井水还含有较高的煤、岩粉等悬浮物,浊度大。据调查,这类矿井水水量约占我国北方国有重点煤矿矿井涌水量的30%,主要分布于甘肃、宁夏、内蒙古西部、新疆的大部分矿井及陕西的中部和东部、河南的西部等矿区。产生高矿化度矿井水的主要原因如下。

(1) 由于西北地区降雨量少,蒸发量大,气候干旱,蒸发浓缩强烈,地层中盐分增高,地下水补给、径流、排泄条件差,使地下水本身矿化度较高,故矿井水的矿化度也高。

(2) 当煤系地层中含有大量碳酸盐类岩层及硫酸盐薄层时,矿井水随煤层开采与地下水广泛接触,加剧可溶性矿物溶解,使矿井水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 CO_3^{2-} 增加。

(3) 当开采高硫煤层时,因硫化物氧化产生游离酸,游离酸再同碳酸盐矿物、碱性物质发生中和反应,使矿井水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子增加。

(4) 有的地区地下咸水浸入煤田,使矿井水呈高矿化度,如山东龙口一些矿井,因海水入侵,使矿井水呈高矿化度。

如前所述,我国北方地区煤炭储量丰富而水资源紧张,所以,处理利用这部分矿井水是解决北方矿区生活生产用水紧张状况的良好途径。因高矿化度矿井水盐含量高,处理工艺除包括混凝、沉淀等工序外,其关键工序是脱盐。

1.1.3.2 脱盐方案的选择

煤矿高矿化度矿井水的含盐一般在1000~3000mg/L之间,属于我国大部分地区的苦咸水含盐量范围,所以有些煤矿也称高矿化度矿井水为苦咸水。高矿化度矿井水主要是因含盐量高而不宜饮用,其处理工艺除混凝、沉淀、过滤等以外,关键工序是脱盐。目前,苦咸水脱盐方法在我国主要有两种:电渗析和反渗透脱盐