

Research on Recycling Technology of Coalmine Water

矿井水资源化 技术研究

桂和荣 姚恩亲 宋晓梅 苑志华 章 刚 等著

China
University
of
Mining
and
Technology
Press

**Research
on
Recycling
Technology
of
Coalmine
Water**

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

X703
68



00851747
南阳理工学院

本书由下列基金资助:

安徽省学术与技术带头人基金

安徽省自然科学基金(070414168)

安徽省高校重点自然科学基金(2005KJ002ZD)

安徽省高校重点自然科学基金 KJ2007A070)

宿州学院教授(博士)科研基金(2006jbo1)

安徽省高校自旋电子与纳米材料重点实验室开放基金

安徽省煤矿勘探工程技术研究中心开放基金

矿井水资源化技术研究

桂和荣 姚恩亲 宋晓梅 苑志华 著
章 刚 翟 进 何文丽 吴 斌



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

作者全面分析了煤矿矿井水水质特征及处理技术现状,阐述了火电厂粉煤灰的特性及其改性技术,利用改性粉煤灰混凝处理矿井水,并对吸附矿井水中大量悬浮物的粉煤灰污泥进行资源化利用研究;发挥高铁酸钾混凝助凝、氧化去污和除臭灭菌等功效,通过试验取得了高铁酸钾降解矿井水中浊度、悬浮物、重金属及菌落菌群等大量数据,并从实际出发考察了高铁酸钾对低浊度矿井水的混凝效果;立足生活饮用水目标,制备出性能优良的改性纳米 TiO_2 光催化剂,运用光催化技术降解矿井水,并重点探讨了光照时间、pH 值、温度、光催化剂剂量等因素以及矿井水中 8 种无机离子对光催化性能的影响,同时进行了活性炭负载改性纳米 TiO_2 处理矿井水的中试试验,针对矿井水中超标严重的指标开展了 5 d 的试验和观测,证明中试光催化装置性能稳定,处理后的水质优于国家生活饮用水卫生标准(GB 5749—2006)。

本书可供从事矿业工程和环境工程教学、科研及工程技术人员阅读,也可供环境保护、水资源管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井水资源化技术研究/桂和荣等著. —徐州:中国矿业大学出版社,2011.4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0881 - 1

I. ①矿… II. ①桂… III. ①矿井水—水处理—研究
IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第054839号

书 名 矿井水资源化技术研究
著 者 桂和荣 姚恩亲 宋晓梅 苑志华 章刚 翟进 何文丽 吴斌
责任编辑 潘俊成 仓小金
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 20.5 字数 512 千字
版次印次 2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷
定 价 68.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前言

我国是世界上煤炭产量和矿井数量最多的国家。煤矿开采在对国家和地方 GDP 做出巨大贡献的同时,也给矿区乃至矿业城市的环境造成了现实的或潜在的威胁。为了保证采煤免受水害影响,煤矿采掘过程中通常要排出大量的矿井水。据不完全统计,全国每年矿井排水量已达 40 亿~50 亿 t(高亮,2007),居于世界之首。从矿井水的利用来看,全国平均利用率尚不到 30%。大量矿井水的外排,对土壤、地表水和地下水水源地等造成了不同程度的污染。

中国是一个缺水国家,人均水资源占有量仅为世界平均水平的 1/4。同时,矿区水资源短缺问题也日趋严重。统计资料表明,全国有 70% 的矿区缺水,其中 40% 的矿区严重缺水(傅成诚等,2009),正制约着煤矿的可持续发展。显然,一方面煤矿有大量的矿井水被白白排放,且威胁着矿区周边环境;另一方面区域缺水影响又十分严重,甚至影响到居民的生活饮用水安全。然而,值得庆幸的是,随着矿区循环经济和洁净生产的呼声越来越高,人们对矿井水的开发利用越来越重视,矿井水资源化意识不断增强。许多新建煤矿都投入大量资金,使矿井水处理厂与煤矿主体工程同时设计、同时施工、同时交付使用。许多老的矿区和煤矿也加强技术改造,坚决依靠技术革新提高矿井水处理效率、拓展矿井水的利用范围,使煤炭开发和水资源的保护及利用进入良性轨道。

伴随煤矿开采,从周围含水层和老的采空区汇集于矿井的水,称之为“矿井水”。矿井水是一种特殊类型的工业排污水,其物理化学性质,特别是污染物的类型和浓度均处于动态变化之中。其水质除受源水(包括含水层水、老窑水、断层带水等)水质制约外,还受煤矿采掘活动的影响,其中岩粉和煤粉、乳化液及人体排泄物等引起的高悬浮物污染比较常见。对于矿井水的处理,针对水质情况和不同用途应采取不同的方法,而实际用得比较多的处理方法是“混凝→澄清→过滤”工艺。

近年来,许多工程技术人员和学者、专家在矿井水处理领域开展了大量探索,归纳起来主要有三个方面:① 工艺改造,力求降低水处理设施投资,提高工艺的水处理效率,节省水处理运行成本,如一体化净水器处理含悬浮物矿井水的效果较好,推广前景看好;② 寻求高效低成本且又不造成二次污染的混凝剂,如 PAM 与 PAC 或 PFS 配合投加、微生物混凝剂实验研究等;③ 在处理含特殊污染物矿井水(如含重金属矿井水、高铁高锰矿井水等)方面开展了大量试验研究。此外,针对矿井水资

源化的更高要求,在深度处理技术研究和开发方面也取得了重要进展。诸如这些方面的研究成果,均为本书作者所从事的研究奠定了坚实基础。

在矿井水处理的混凝剂开发方面,作者立足粉煤灰和高铁酸钾这两种材料,进行混凝矿井水的试验研究。同时,为了开发矿井水作为生活饮用水利用,重点开展了光催化技术在矿井水深度处理中的应用研究。主要工作成果集中体现在以下三个方面。

① 利用改性粉煤灰处理矿井水。粉煤灰是燃煤电厂的主要固体废弃物,而矿井水是煤矿生产中的主要废弃液。二者排放量都比较大,且均具有资源化利用的巨大潜力。特别是国家煤电一体化政策实施后,煤矿既可采煤也可发电。利用粉煤灰处理矿井水,这种“以废治废”思路为矿业企业实现经济效益、社会效益和环境效益的统一提供了有效途径。本书第二编着重就粉煤灰的改性技术和用以处理矿井水方面进行了大量试验研究,取得了较为理想的处理效果。同时,在该编第6章重点介绍了处理矿井水以后的粉煤灰污泥资源化技术。通过干化处理,作为水泥混合材料制备成粉煤灰基生态水泥,其各项指标均符合国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)要求,强度等级为52.5 R级。

② 将高效绿色水处理剂——高铁酸钾(K_2FeO_4)引入矿井水处理。 K_2FeO_4 是一种很有前途的新型多功效水处理剂,它具有良好的氧化去污功效、优异的混凝和助凝作用、优良的杀菌消毒效果和高效脱味除臭功能,在水处理过程中不会产生二次污染和其他副作用。本书第三编的试验成果表明,用 K_2FeO_4 做混凝剂处理矿井水,当用量与悬浮物含量之比为0.73时,对浊度和悬浮物的去除率都能达94%以上。在 $pH=8$ 、氧化时间30 min时,25 mg/L的 K_2FeO_4 对微污染矿井水水中细菌和大肠菌群的杀灭率分别为99.75%和100%;同时,对矿井水中不同种类和不同浓度有机物和重金属的去除效果也比较明显。由于 K_2FeO_4 价格相对较贵,对于排放量较大的矿井水而言混凝处理成本较高。为此,本书提出先利用改性粉煤灰对矿井水进行预处理,使矿井水成为低浊度水,其中的有毒有害组分大为降低,然后根据水的利用途径及其对水质的要求,利用 K_2FeO_4 进行再处理。因而,在第三编第8章重点介绍了 K_2FeO_4 对低浊度矿井水的混凝试验及其效果。

③ 针对生活饮用水目标,利用改性纳米 TiO_2 光催化技术对矿井水进行深度处理。在第四编,作者采用溶胶-凝胶技术合成 WO_3 和聚乙二醇(PEG),掺杂改性纳米 TiO_2 等光催化剂,研究了合成的溶液温度、 pH 、抑制剂、水的添加量等对凝胶的影响,并运用XRD、SEM、RDS、XPS、IR、TG-DTA等测试手段,分析了改性纳米 TiO_2 的物理化学性质。同时,重点考察了改性纳米 TiO_2 对甲基橙的光催化降解性能,优选出最佳掺杂量的改性纳米 TiO_2 。在利用性能最优的改性纳米 TiO_2 光催化降解矿井水过程中,通过大量试验,研究了光照时间、溶液 pH 值、溶液温度、光催化剂剂量等因素对光催化性能的影响,并重点分析了矿井水中8种无机离子(HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、

Cl^- 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+})对改性纳米 TiO_2 光催化降解矿井水中 COD 的影响程度。最后,在第四编第 13 章详细介绍了活性炭负载改性纳米 TiO_2 处理矿井水的中试试验,针对超标严重的指标(氟化物、浑浊度、色度、 Hg^{2+} 、 Cr^{6+} 、总大肠菌群、菌落总数等)进行了 5 d 的试验和观测,结果良好,处理后的水质优于国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

本书内容共设四编 13 章。第 1 章由桂和荣、苑志华、宋晓梅执笔;第 2 章由桂和荣、姚恩亲、宋晓梅执笔;第 3 章由宋晓梅、桂和荣、章刚执笔;第 4 章由章刚、宋晓梅、吴斌执笔;第 5 章由章刚、桂和荣、翟进、苑志华执笔;第 6 章由章刚、桂和荣、吴斌执笔;第 7 章由苑志华、何文丽、翟进、桂和荣执笔;第 8 章由苑志华、桂和荣、翟进执笔;第 9 章由苑志华、桂和荣、何文丽执笔;第 10 章由姚恩亲、桂和荣、宋晓梅执笔;第 11 章由姚恩亲、桂和荣执笔;第 12 章由姚恩亲、桂和荣执笔;第 13 章由姚恩亲、翟进、桂和荣、苑志华执笔。前言由桂和荣执笔,全书由桂和荣统稿。书中有关英文翻译由 NewKasl 大学研究生桂莅鑫负责完成。

限于作者水平和条件,在煤矿矿井水处理方面的成果尚少,书中一定会存在错误和不足,所提出的观点有待商榷,引述前人的研究成果、资料 and 观点抑或有疏漏,在此恳请读者批评指正。

著 者

2010 年 10 月

PREFACE

China tops the world in coal output and coalmine numbers. Coal mining has been an important contributor to local GDP as well as a real or potential environmental threat to coal mines and mining cities. Large quantities of coalmine water are drained to protect coal exploitation from flooding. According to incomplete statistics, water discharge in coalmines across the country stands between four and five billion tons per year (Gao Liang, 2007), ranking the first globally. However, less than 30% of the coalmine water is recycled or reused; the remaining is polluting the soil, the surface water, and the underground water to various severities.

In China, water resource per capita is only one-quarter of the world average. Water shortage is getting more serious in coalmines. Statistical data suggest that 70% of the mining areas in China are affected by water scarcity, among which 40% suffer severely (Fu Chengcheng, 2009). On the one hand, the wasted large amount of coalmine water threatens the neighboring environment. On the other, the ramifications of regional water scarcity will even damage drinking water safety. Thankfully, calls for recycling economy and clean production have attracted popular attention to the exploitation and utilization of coalmine water, recycling awareness strengthened and development funds allocated. Water treatment plants and the main mining projects are synchronized in design, construction, and operation. Technical revamps in old coalmines will improve treatment efficiency of coalmine water and diversify water usages, steering coal exploitation and water conservation onto the track of sound progress.

Coalmine water is the accumulated water from surrounding aquifers and mined-out areas during coal exploitation. Its physical and chemical properties, in particular the pollutants types and concentrations, are in constant change. The quality of the water is both influenced by its source water quality in the aquifers, mines and fault, and the exploitation activities. High suspended solids from stone and coal dusts, emulsified liquid, and human wastes are the most commonly-seen pollutants. The treatment of coalmine water is based on the water quality and particular usages. The most widely-used treatment technique is by flocculation, clarification, and filtration. Research work in this regard can be summarized into three categories. The first category is focused on technical improvements to reduce investment in water treatment facilities and enhance treatment efficiency, thus economizing operational costs. The integrated water purifiers are effective and promising in treating coalmine water which contains

suspended substance. Secondly, cost-effective and environmentally friendly flocculating agents are major subject of study, such as PAM mixed with PAC or PFS, and experiments on microbial flocculants. Treatment of coalmine water polluted by heavy metal elements or ferrate and permanganate is another field of research interest. In addition, tremendous progresses are seen in the research of advanced treatment techniques to satisfy the higher demand for recycling coalmine water. The authors benefits a lot from previous research achievements.

In the research of flocculating agents for coalmine water treatment, coal ash and potassium ferrate (K_2FeO_4) are the two major experimental materials. The study also serves the purpose to purify coalmine water into safe drinking water by exploring the applications of photo-catalysis technology as an advanced treatment of coalmine water. The following is a brief introduction to the research findings.

Firstly, treating coalmine water with processed coal ash. Coalmine water is the major liquid waste in coal production while coal ash is the major solid waste in coal-fired power plants, both of which are large in quantities and possess great potentials as resources. The national policy of coal-electricity integration paves the way for coalmines to introduce a comprehensive production line. The application of coal ash in treating coalmine water answers the call for economic, social, and environmental benefits. Part 2 of this book is dedicated to the processing technology of coal ash and its application in coalmine water treatment, the experiments of which have generated desirable results. Chapter 6 of this Part introduces the recycling technology that transforms the sludge-the residue after treating coalmine water with coal ash-into the raw materials for coal ash cement, which meets all the requirements set forward in the General Portland Cement (GB 175-2007) and has a strength grade of 52.5R.

Secondly, potassium ferrate (K_2FeO_4), a highly effective and green water treatment agent, is applied in coalmine water treatment. It excels in decontamination by oxidation, flocculation and coagulation, sterilization, and deodorization. It won't cause secondary pollution or generate side-effects. According to experimental results of the third part of this book, when the ratio of K_2FeO_4 to suspended substance is 0.73, K_2FeO_4 can reduce turbidity and suspended substance by more than 94%. In an environment of $pH=8$ and allowing for 30 minutes of oxidation, K_2FeO_4 (25 mg/L) is effective in killing 99.75% waterborne bacteria and 100% coliform group in the lightly-polluted coalmine water. Besides, the efficacy of K_2FeO_4 in removing organic matter and heavy metal of various kinds and concentrations is also very evident. However, the high price of K_2FeO_4 is a burden to coalmines which discharge large volumes of coalmine water. Therefore, it is suggested in this book to pre-treat the coalmine water with processed coal ash, which lowers turbidity and removes toxic substances. K_2FeO_4 is then applied as required by usages and water quality. Chapter 8 of Part III provides the introduction to the coagulation experiment and results of K_2FeO_4 in treat-

ting low-turbidity coalmine water.

Thirdly, photocatalysis by modified nanometer TiO_2 is applied as an advanced treatment of coalmine water, qualifying the water for drinking. In Part IV, sol-gel process is used to synthesize WO_3 and polyethylene glycol (PEG), which are mixed with photocatalysis, such as modified nanometer TiO_2 . Variables, including solution temperature, pH value, inhibitors, and water addition, are tested for their influences on the gel system. Testing methods, ranging from XRD, SEM, RDS, to IR and TG-DTA, are utilized to analyze the physical and chemical properties of modified nanometer TiO_2 . The photocatalytic degradation character of modified nanometer TiO_2 on methyl orange is another key to the study, whereby obtaining the optimal modified nanometer TiO_2 which is the agent in degrading coalmine water. Quantitative analysis is conducted to analyze the influences of lighting duration, pH value, solution temperature, and agent content on photocatalysis effectiveness and that of eight inorganic ions (HCO_3^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+}) on COD in the coalmine water. In Chapter 13 of Part IV, a detailed introduction is presented to the experiments of modified nanometer TiO_2 by active carbon in coalmine water treatment. After 5d experiment on substances that far exceed safety standards, such as fluorides, turbidity, color, Hg^{2+} , Cr^{6+} , coliform group, and bacteria, the water quality is superior to what is required in the National Standards for Drinking Water (GB 5749-2006).

This book is divided into four parts and thirteen chapters. Chapter 1 is composed by Gui Herong, Yuan Zhihua, and Song Xiaomei. Chapter 2 is composed by Gui Herong, Yao Enqin, and Song Xiaomei. Chapter 3 is composed by Gui Herong and Song Xiaomei, Gui Herong, and Zhang Gang. Chapter 4 is composed by Zhang Gang, Song Xiaomei, and Wu Bin. Chapter 5 is composed by Zhang Gang, Gui Herong, Zhai Jin, and Yuan Zhihua. Chapter 6 is composed by Zhang Gang, Gui Herong, and Wu Bin. Chapter 7 is composed by Yuan Zhihua, He Wenli, Zhai Jin, and Gui Herong. Chapter 8 is composed by Yuan Zhihua, Gui Herong, and Zhai Jin. Chapter 9 is composed by Yuan Zhihua, Gui Herong, and He Wenli. Chapter 10 is composed by Yao Enqin, Song Xiaomei, and Gui Herong. Chapter 11 is composed by Yao Enqin and Gui Herong. Chapter 12 is composed by Yao Enqin and Gui Herong. Chapter 13 is composed by Yao Enqin, Zhai Jin, Gui Herong, and Yuan Zhihua. The preface is written by Gui Herong, who is also the head of the team. English translation of this book is performed by Gui Lixin, who is an MA in Translation and Interpreting in Newcastle University in the UK.

Due to limitations in the authors' academic levels and research conditions, errors are an inevitable existence in this book. Standpoints are open to question. Quotations of previous research findings, materials, and viewpoints may not be fully expressed. Criticism and correction are welcome from the readers.

前 言	1
-----------	---

第一编 绪 论

第 1 章 研究背景	3
1.1 问题的提出	3
1.2 关于矿井水资源化	6
1.2.1 世界水资源的分布	6
1.2.2 中国水资源状况	8
1.2.3 矿井水资源化利用	8
1.2.4 矿井水资源化存在的问题和对策	11
第 2 章 矿井水水质特征	13
2.1 矿井水的来源	13
2.2 矿井水的污染	13
2.2.1 污染源	14
2.2.2 污染机理	14
2.2.3 矿井水的水质状况	15
2.3 矿井水的分类及其特征	18
2.3.1 洁净矿井水	18
2.3.2 含悬浮物矿井水	19
2.3.3 高矿化度矿井水	20
2.3.4 酸性矿井水	21
2.3.5 含特殊污染物矿井水	22
2.4 矿井水污染评价的微核实验	23
2.4.1 实验步骤	24
2.4.2 微核率和污染水平	24
2.4.3 矿井水中单一离子对蚕豆遗传性的影响	25
2.4.4 矿井水中双离子对蚕豆遗传性的影响	28
2.4.5 综合评价	29

第3章 矿井水处理技术现状	30
3.1 矿井水处理技术分类	30
3.2 矿井水井下处理	30
3.2.1 井下处理的优越性	30
3.2.2 工程实例分析	31
3.3 矿井水地面处理	32
3.3.1 洁净矿井水的处理	32
3.3.2 含悬浮物矿井水的处理	32
3.3.3 高矿化度矿井水的处理	36
3.3.4 酸性矿井水的处理	40
3.3.5 含特殊污染物矿井水的处理	44
3.4 矿井水处理技术的发展	45
3.4.1 微滤和纳滤膜分离技术	45
3.4.2 光氧化和光催化技术	47
3.4.3 高效混凝剂的研究	48
3.4.4 “以废治废”技术	49
3.4.5 本书关于矿井水处理的关键技术研究	50

第二编 改性粉煤灰处理矿井水

第4章 粉煤灰概述	53
4.1 粉煤灰对环境的影响	53
4.2 粉煤灰资源化利用现状	54
4.2.1 中国粉煤灰的排放和利用	54
4.2.2 欧美部分国家对粉煤灰的利用	56
4.2.3 日本对粉煤灰的利用	58
4.2.4 国内外粉煤灰利用项目对照	60
4.2.5 粉煤灰资源化的途径	62
4.2.6 粉煤灰在环境工程中的应用	64
4.2.7 粉煤灰处理污废水的技术和工艺	68
第5章 粉煤灰的理化性质及其改性	70
5.1 混凝作用	70
5.1.1 混凝的作用机理	70
5.1.2 常用的混凝剂	70
5.1.3 改性粉煤灰混凝剂	72
5.2 粉煤灰的形成	72
5.3 粉煤灰的分类	74
5.4 粉煤灰的组成和结构	75

5.4.1	粉煤灰的化学组成	75
5.4.2	粉煤灰的矿物组成	76
5.4.3	粉煤灰的结构	77
5.4.4	粉煤灰的粒径分布	77
5.5	粉煤灰的性状和活性	78
5.5.1	粉煤灰的物理性质	78
5.5.2	粉煤灰的化学性质	79
5.5.3	粉煤灰的颗粒形态	79
5.5.4	粉煤灰的活性特征	79
5.6	粉煤灰的改性	81
5.6.1	改性方法	81
5.6.2	改性粉煤灰的制备	83
第6章	改性粉煤灰处理矿井水和污泥资源化研究	86
6.1	粉煤灰处理污废水的机理和流程	86
6.1.1	粉煤灰对污废水的吸附过程	86
6.1.2	粉煤灰的表面吸附混凝作用	86
6.1.3	粉煤灰的矿物净化作用	87
6.1.4	粉煤灰处理矿井水试验	88
6.2	湿法改性粉煤灰处理矿井水	88
6.2.1	单因素试验设计	88
6.2.2	单因素试验结果	89
6.2.3	多因素正交试验	93
6.3	火法改性粉煤灰处理矿井水	95
6.3.1	粉煤灰火法改性	95
6.3.2	正交试验的设计和计算	96
6.3.3	试验成果分析	97
6.4	改性粉煤灰处理矿井水的效果评价	98
6.4.1	试验用粉煤灰和矿井水的特征	98
6.4.2	粉煤灰剂量对混凝效果的影响	99
6.4.3	粉煤灰改性效果的检验	100
6.5	改性粉煤灰与活性炭吸附效果之比较	101
6.6	粉煤灰污泥资源化	104
6.6.1	污泥资源化的意义	104
6.6.2	污泥资源化技术	104
6.6.3	固体废弃物在水泥生产中的利用	106
6.6.4	粉煤灰污泥在生态水泥制备中的应用	107
6.6.5	利用粉煤灰污泥生产水泥熟料	108
6.6.6	利用粉煤灰污泥做水泥混合材	109

6.6.7	粉煤灰基生态水泥的性能测试	109
6.6.8	粉煤灰基生态水泥的性能评价	111
6.6.9	粉煤灰基生态水泥的效益分析	113

第三编 高铁酸钾在矿井水处理中的应用

第7章	高铁酸钾的性能和制备	117
7.1	高铁酸钾的性质	117
7.2	高铁酸钾的制备方法	119
7.2.1	次氯酸盐氧化法	119
7.2.2	电解法	120
7.2.3	熔融法	121
7.3	高铁酸钾的测定方法	122
7.4	高铁酸钾的稳定性分析	123
7.4.1	高铁酸钾分解的阶段性的	123
7.4.2	高铁酸钾的稳定性和动力学特征	123
7.4.3	影响高铁酸钾稳定性的因素	124
7.4.4	增强溶液中高铁酸钾稳定性的措施	126
7.5	高铁酸钾的水处理机理	126
7.5.1	高铁酸钾的混凝作用	126
7.5.2	高铁酸钾的氧化作用	127
7.5.3	高铁酸钾的杀菌除藻作用	128
7.5.4	高铁酸钾的其他功能	129
7.6	本书用于矿井水处理的高铁酸钾的制备	130
7.6.1	制备用的试剂和仪器	130
7.6.2	制备步骤和纯度测定	130
第8章	高铁酸钾处理矿井水的混凝试验和杀菌效果研究	132
8.1	影响混凝的主要因素	132
8.2	处理矿井水的混凝试验	133
8.3	高铁酸钾对矿井水原水的混凝效果试验	134
8.3.1	加药量的影响	134
8.3.2	pH 值的影响	136
8.3.3	温度的影响	138
8.3.4	氧化时间和混凝时间的影响	138
8.3.5	高铁酸钾和聚合氯化铝的混凝效果对比	140
8.4	高铁酸钾和改性粉煤灰掺杂的混凝试验	141
8.4.1	确定高铁酸钾与改性粉煤灰的质量比	141
8.4.2	以达标排放为目标的矿井水处理	143

8.5 高铁酸钾对低浊度矿井水的混凝试验	144
8.5.1 试验效益分析	144
8.5.2 混凝效果评价	145
8.6 高铁酸钾杀菌消毒试验	146
8.6.1 试验材料和方法	147
8.6.2 杀菌试验结果分析	148
8.6.3 影响杀菌效果的主次因素	150
8.6.4 对总大肠菌群的杀灭	151
第9章 高铁酸钾去除矿井水中有有机物和重金属的研究	153
9.1 引言	153
9.2 高铁酸钾去除有机物试验	153
9.2.1 试验仪器和方法	153
9.2.2 投加量对降解有机物的影响	154
9.2.3 pH 值对高铁酸钾降解有机物的影响	155
9.2.4 温度对高铁酸钾降解有机物的影响	156
9.2.5 Na^+ 对高铁酸钾降解有机物的影响	157
9.2.6 总硬度对高铁酸钾降解有机物的影响	158
9.2.7 SO_4^{2-} 对高铁酸钾降解有机物的影响	158
9.3 高铁酸钾去除重金属试验	159
9.3.1 试验材料和方法	160
9.3.2 高铁酸钾对矿井水中铅的去除效果	161
9.3.3 高铁酸钾对矿井水中镉的去除效果	164
9.3.4 高铁酸钾对矿井水中铁的去除效果	166
9.3.5 高铁酸钾对矿井水中锰的去除效果	168
9.3.6 高铁酸钾对矿井水中铜和锌的去除效果	171

第四编 光催化技术深度处理矿井水

第10章 改性纳米 TiO_2 的特性和制备	177
10.1 光催化水处理概述	177
10.2 TiO_2 光催化的基本原理	180
10.2.1 TiO_2 的能带结构	180
10.2.2 TiO_2 光催化的反应历程	181
10.3 纳米 TiO_2 光催化剂的制备	183
10.4 影响纳米 TiO_2 光催化性能的因素	184
10.4.1 催化剂本身影响因素	184
10.4.2 光源和光强的影响	186
10.4.3 反应物浓度的影响	186

10.4.4	pH 值的影响	187
10.4.5	无机离子的影响	187
10.5	提高纳米 TiO_2 光催化性能的研究进展	187
10.6	改性纳米 TiO_2 的制备	189
10.6.1	制备所需仪器和试剂	189
10.6.2	改性光催化剂的合成方法	189
10.6.3	改性光催化剂的合成工艺	192
第 11 章	改性纳米 TiO_2 表征及其光催化性能研究	194
11.1	WO_3 改性纳米 TiO_2 的表征	194
11.1.1	XRD 分析	194
11.1.2	SEM 分析	195
11.1.3	红外测试分析	197
11.1.4	XPS 测试	198
11.2	PEG 改性纳米 TiO_2 的表征	199
11.2.1	SEM 测试分析	199
11.2.2	热重-差热分析	199
11.3	光催化降解甲基橙研究	201
11.3.1	关于甲基橙	201
11.3.2	光催化降解甲基橙试验	202
11.3.3	不同光照时间紫外光催化降解甲基橙溶液试验	203
11.3.4	不同甲基橙浓度下紫外光催化降解试验	204
11.3.5	不同 pH 值下紫外光催化降解甲基橙溶液试验	207
11.3.6	不同溶液温度下紫外光催化降解甲基橙溶液试验	208
11.3.7	不同光催化剂剂量下紫外光催化降解甲基橙溶液试验	209
11.3.8	改性纳米 TiO_2 降解甲基橙动力学试验	210
11.3.9	改性光催化剂性能综合分析	216
11.4	WO_3 和 PEG 掺杂对改性光催化性能的影响	216
11.4.1	掺杂改性纳米 TiO_2 光催化性能的试验	217
11.4.2	WO_3 掺杂量对改性光催化性能影响的试验	218
11.4.3	PEG 掺杂量对改性光催化性能的影响	220
11.4.4	不同 WO_3 和 PEG 掺杂量的光催化性能之比较	222
11.4.5	掺杂改性光催化剂性能的总体评价	222
第 12 章	改性纳米 TiO_2 光催化降解矿井水的影响因素研究	224
12.1	光催化降解矿井水试验	224
12.1.1	试验条件	224
12.1.2	试验方法和样品预处理	225
12.2	试验结果及其分析	226

Chapter 12.2.1	不同光照时间紫外光催化降解矿井水试验	226
12.2.2	不同 pH 值紫外光催化降解矿井水试验	228
12.2.3	不同溶液温度紫外光催化降解矿井水试验	229
12.2.4	不同光催化剂剂量紫外光催化降解矿井水试验	231
12.3	矿井水中部分离子对光催化性能的影响	232
12.3.1	单一阴离子对光催化性能的影响	232
12.3.2	单一阳离子对光催化性能的影响	237
12.3.3	部分离子两两存在时对光催化性能的影响	244
12.3.4	矿井水处理的光催化性能综述	252
第 13 章	活性炭负载改性纳米 TiO_2 处理矿井水技术研究	254
13.1	引述	254
13.2	活性炭的物理化学性质	255
13.3	活性炭负载改性纳米 TiO_2 的制备和性能	256
13.4	改性纳米 TiO_2 负载量的确定	257
13.5	矿井水处理的中试工艺	259
13.5.1	中试工艺流程	259
13.5.2	中试澄清过滤组合池的设计	259
13.5.3	中试光催化装置的设计	262
13.6	中试工艺的运转和效果	264
13.6.1	矿井水中 COD_{Mn} 的降解	265
13.6.2	矿井水中 TOC 的降解	266
13.6.3	矿井水色度和浊度的降解	267
13.6.4	矿井水中微量石油类的降解	269
13.6.5	矿井水中 Hg^{2+} 的降解	270
13.6.6	矿井水中 Cr^{6+} 的降解	271
13.6.7	矿井水中氟化物的降解	273
13.6.8	矿井水中菌落总数和总大肠菌群的降解	274
13.7	光催化装置稳定性的考察	276
13.8	活性炭负载光催化剂中试效果评述	276
参考文献		279
后 记		302

CONTENTS

Preface	1
Part One Overview	
Chapter 1 Research Background	3
1.1 Background Introduction	3
1.2 Recycling Coalmine Water	6
1.2.1 Global Water Distribution	6
1.2.2 Water Distribution in China	8
1.2.3 Recycling Coalmine Water	8
1.2.4 Solutions to the Problems in Recycling Coalmine Water	11
Chapter 2 Coalmine Water Quality	13
2.1 Sources of Coalmine Water	13
2.2 Pollution of Coalmine Water	13
2.2.1 Sources of Pollution	14
2.2.2 Pollution Mechanism	14
2.2.3 Coalmine Water Quality	15
2.3 Categories and Characteristics of Coalmine Water	18
2.3.1 Clean Coalmine Water	18
2.3.2 Coalmine Water with Suspended Substance	19
2.3.3 Coalmine Water with Hyper—salinity	20
2.3.4 Acidic Coalmine Water	21
2.3.5 Coalmine Water with Special Pollutants	22
2.4 Micronucleus Test of Polluted Coalmine Water	23
2.4.1 Testing Procedure	24
2.4.2 Micronucleus Rate and Pollution level	24
2.4.3 Genetic Influence of Single Ion on Broad Bean	25
2.4.4 Genetic Influence of Double Ion on Broad Bean	28
2.4.5 Efficiency Evaluation	29