



钻井水溶开采与设计

钻井水溶开采与设计

王清明 编著



化学工业出版社

钻井水溶开采与设计

王清明 编著



化学工业出版社

·北京·

本书遵循理论与实践相结合、普及与提高相结合的原则,简要阐述了盐类矿床钻井水溶开采的基本概念、钻井水溶开采的特点和优点、钻井水溶开采技术发展简史;较全面系统地阐述了已实施水溶开采的盐类矿床的工业类型与工业特性、矿产资源及开发利用简况,盐类矿床水溶开采的理论基础,盐类矿床钻井水溶开采的基本问题,钻井水溶开采方法分类和各种钻井水溶开采方法(特别是当前广泛应用的定向水平井连通法),选择溶解开采钻井水溶法的矿床开拓——钻井工程、采集卤与输卤工程及钻井水溶开采溶腔的利用;根据国家建设项目相关设计规程、规范,扼要地阐述了盐类矿床钻井水溶开采咨询设计的基础资料,矿山项目的建设阶段及设计程序,矿床开发可行性研究的特点、应遵循的原则和研究的意义,矿床开发可行性研究及矿床开采设计的主要内容,矿床钻井水溶开采设计的基本要求,矿床技术经济评价方法与投资风险分析,以及有关盐类矿床钻井水溶开采方案的几个问题等。

本书可供从事地质勘查、开采、设计、科研的人员及高等院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

钻井水溶开采与设计/王清明编著. —北京: 化学工业出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-122-27583-7

I. ①钻… II. ①王… III. ①水溶采矿 IV. ①TD8

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第157017号

责任编辑: 张 艳 靳星瑞

文字编辑: 荣世芳

责任校对: 王 静

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 北京胜利装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张28 彩插2 字数549千字 2016年11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: 128.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字2016——14号

優化水採工藝
技術服務鉅
二業發展

譚洽

二〇一六年春



中盐勘察设计院院长、教授级高级工程师 **李波** 题词

理论结合盐矿开采实践
促进钻井液采技术发展

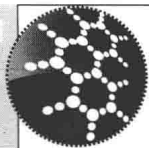
李波

二〇一五年十二月·长沙



作者王清明近照

王清明, 男, 生于1939年, 1961年毕业于中南矿冶学院, 中国共产党党员, 教授级高级工程师, 中盐勘察设计院原院长, 主要从事盐矿地质勘察和水溶采矿设计工作。1970年在湘澧盐矿进行“水力压裂法开采矿盐”工业试验获得成功, 并推广应用; 该项目集体荣获1978年全国科学大会奖和湖南省科学大会奖。1980~1981年在全国性调查收集资料的基础上, 主笔编写了《中国盐源资料集》。1992年荣获国务院颁发的政府特殊津贴。与川、鄂、湘、豫等省同行们积极推广应用先进的井组连通法, “双井水力采岩盐推广(推广类)”项目荣获1998年国家科技进步二等奖。先后编著了《盐类矿床水溶开采》(化学工业出版社, 2003)和《石盐矿床与勘查》(化学工业出版社, 2007); 参加了《制盐工业手册》(中国轻工业出版社, 1994)和《中国矿床》下册(地质出版社, 1994)有关“盐矿地质”章节的编写, 以及《纯碱工业》第二版(化学工业出版社, 2004)和《中国大百科全书》(大百科出版社, 2009)中有关“盐矿地质”或“盐矿水溶开采”条目的编写。发表学术论文60余篇。



序言

PREFACE

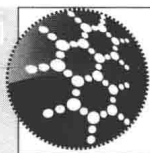
我国的盐类矿产资源极为丰富，其开发应用历史悠久。盐类矿床开采始于湖盐，早在五六千年前已利用解池（今山西运城盐湖）卤水（含石盐自然溶解形成的卤水）晒制食盐。钻井水溶开采源于凿井取卤，始于战国末期秦孝文王时（公元前250年），距今已两千多年。北宋庆历年间（公元1041~1048年）发明了“卓筒井”（即创用“圈刃式钻头”、用“冲击式顿钻法”钻凿下有竹筒套管的小口径深井），首先用于开采四川的地下卤水，迄今已有960多年历史。古代盐类矿床于1892年首次在自贡应用钻井水溶法开采，距今也120多年了。但是，钻井水溶开采技术引起人们的重视，则是在20世纪60年代以后。半个世纪以来，随着国民经济的发展和钻井技术、测井技术的巨大进步，钻井水溶开采技术也有了飞跃发展，有的已达到世界先进水平。钻井水溶法在盐类矿床开采中得到了广泛应用。

《钻井水溶开采与设计》一书，在总结国内外盐类矿床钻井水溶开采理论与实践经验的基础上，遵循理论与实践相结合、普及与提高相结合的原则，较全面、系统地阐述了钻井水溶开采技术发展简史，已实施钻井水溶开采的盐类矿床工业类型、工业特性、盐类矿产资源及开发利用简况，盐类矿床水溶开采的理论基础，钻井水溶开采的基本问题，钻井水溶开采方法的分类及各种钻井水溶开采方法，选择性溶解开采，钻井水溶法的矿床开拓——钻井工程，采集卤和输卤工程，石盐矿床钻井水溶开采溶腔（盐穴）的利用，以及钻井水溶开采咨询设计。该书是一部不可多得的钻井水溶采矿专著。

《钻井水溶开采与设计》一书的出版，对推动钻井水溶开采技术的不断进步和盐类矿产资源的合理开发利用，促进我国盐业和盐类化工发展，必将起着重要的作用。

中国工程院院士、中南大学教授

2016年6月



前言

FOREWORD

我国是世界上拥有极为丰富盐类矿产资源的少数国家之一，盐类矿床开采肇始湖盐，以我国山西运城盐湖最早，远在五六千年前就已开发利用盐湖卤水（包括石盐水溶后形成的卤水）晒制食盐。凿井开采地下卤水始于战国末期秦孝文王时（公元前250年），迄今已有2260多年历史。北宋庆历年间（公元1041~1048年），我国四川自贡首创“卓筒井”，即用“圈刃式钻头”、用“冲击式顿钻法”钻凿下有竹筒套管的小口径深井，首先用于开采地下卤水，至今已有960多年。钻井技术应用于古代盐类矿床进行水溶开采始于清光绪十八年（公元1892年），距今已有120多年，这与欧美发达国家基本上同时起步。毋庸讳言，由于长期的封建制度和鸦片战争以来近百年的半封建半殖民地统治，我国的钻井水溶开采技术发展缓慢而变得落伍了。

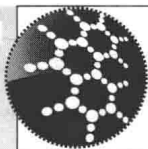
我国于20世纪60年代以来，钻井水溶开采技术逐渐引起人们的重视，在总结长期水溶开采经验的基础上，吸收石油和地矿行业的先进技术和装备，积极试验应用国外各种先进的钻井水溶开采方法，使钻井水溶开采技术有了长足发展，有的已达到世界先进水平。广大钻井水溶采矿技术工作者为此付出了艰辛的劳动，积累了丰富的经验，在有关刊物上发表了大量论文。笔者在系统总结国内外盐类矿床水溶开采理论与实践经验的基础上，遵循理论与实践相结合、普及与提高相结合的原则，于2003年撰写、出版了《盐类矿床水溶开采》一书。该书现在难以在书店买到。钻井水溶法是我国盐类矿床最主要的开采方法。近十年来，定向水平井钻井技术与测井技术有了飞跃发展，其“中靶”精度和概率大大提高，使定向水平井连通法成为我国盐类矿床当前应用最广泛、最先进的钻井水溶开采方法，输卤技术和石盐矿床钻井水溶开采溶腔的利用亦有了新的发展。因此，同仁们根据当前盐类矿山建设、生产和咨询、设计的需要，建议笔者以《盐类矿床水溶开采》一书为基础，专门写一本“钻井水溶开采”的书。笔者亦深有同感，遂撰写了本书。本书在《盐类矿床水溶开采》一书的基础上，对定向水平井钻井技术、输卤技术、钻井溶腔的利用等内容作了较大的修改、补充。此外，在“盐类矿床水溶开采的理论基础”一章中增加了水盐体系相图知识及其在盐类矿床钻井水溶开采中的应用，并增加了“选择性溶解开采”及“钻井水溶开采咨询与设计”等章。

在本书撰写过程中，得到了中国盐业总公司、中国盐业协会和中盐勘察设计院领导的亲切关怀和大力支持，得到了同仁们的热情帮助。值得特别提出的是，中国盐业协会提供了最新的盐业和盐化工信息，中盐勘察设计院档案室提供了宝贵资料，使本书的内容更加丰富。在提纲和书稿编写过程中，中盐勘察设计院副院

长、高级工程师陈贵庭，副院长、总工程师、高级工程师续培信，副总工程师、高级工程师葛信达，设计室主任、高级工程师肖文科、樊传忠和湖南省轻工纺织设计院咨询设计所长、高级工程师马新力等同志提供了最新资料，并参加了部分工作；张乐、涂立冬、宋娅芬、杨晶同志协助绘制了插图；范晓霞、何杰、赖正华等同志给予了很大帮助。完稿后承蒙原化工部长沙设计研究院总工程师、教授级高级工程师王方强，中南大学采矿专业教授、博士黄仁东、张钦礼，中盐勘察设计院院长、教授级高级工程师李波，中盐宏博集团原副总经理、教授级高级工程师张水明，久大（应城）制盐有限责任公司总工程师、高级工程师李光明等同志对书稿进行了全面审阅；湖南省轻工纺织设计院副总工程师、高级工程师梁有鸿和朱淑华同志对“钻井水溶开采咨询与设计”一章进行了审阅，大家提出了许多宝贵意见和建议，使本书内容得以充实、提高。化学工业出版社认真审查该书的编写提纲，认真审稿、改稿、编辑，为本书增色。中国工程院院士、中南大学教授古德生同志欣然为本书作序，为本书添彩。在此一并致以衷心的感谢。

笔者希望该书的出版对促进我国盐类矿床钻井水溶开采技术的不断进步和盐类矿山建设的发展有所裨益。但限于笔者的水平和撰写能力，难免存在疏漏之处，敬请读者斧正。

王清明
2016年8月



目 录

CONTENTS

1 绪论	1
1.1 钻井水溶开采的基本概念	2
1.2 钻井水溶开采的特点和优点	2
1.3 钻井水溶开采技术发展简史	4
1.3.1 1949 年以前历史时期	4
1.3.2 1949 年以后发展时期	5
参考文献	10
2 盐类矿床工业类型与工业特性、矿产资源及开发利用简况	11
2.1 盐类矿床工业类型	11
2.1.1 石盐矿床工业类型	12
2.1.2 钾盐矿床工业类型	19
2.1.3 硫酸钠矿床工业类型	21
2.1.4 碳酸钠矿床工业类型	26
2.2 盐类矿石与围岩的工业性质	29
2.3 盐类矿床的工业特性	36
2.4 盐类矿产资源及其开发利用简况	39
2.4.1 盐矿资源及其开发利用简况	39
2.4.2 钾盐资源及其开发利用简况	41
2.4.3 硫酸钠资源及其开发利用简况	42
2.4.4 碳酸钠资源及其开发利用简况	43
参考文献	44
3 盐类矿床水溶开采的理论基础	45
3.1 盐类矿物的溶解机理	45
3.2 盐类矿物的溶解度	47
3.3 盐类矿物的溶解速度与溶解速率	55
3.3.1 影响盐类矿物(矿石)溶解的内在因素	55
3.3.2 影响盐类矿物(矿石)溶解的外部因素	56

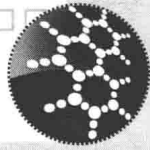
3.4	盐类矿床水溶开采的动力学原理	59
3.5	钻井水溶开采的溶解作用、溶腔形状及侧溶底角	63
3.5.1	侧溶底角	63
3.5.2	钻井水采溶腔的溶解作用与溶腔形状	64
3.6	水盐体系相图知识及其在钻井水溶开采中的应用	71
3.6.1	水盐体系相图的基本概念	72
3.6.2	水盐体系相图的基本原理与常用规则	78
3.6.3	水盐体系相图的分类	83
3.6.4	水盐体系相图在钻井水溶开采中的应用	84
	参考文献	97
4	盐类矿床钻井水溶开采的基本问题	98
4.1	开采单位	98
4.2	开采步骤与两级矿量	99
4.3	开采顺序	101
4.4	矿山建设规模与服务年限	102
4.5	矿石采收率与开采损失率	105
4.6	矿山安全生产与环境保护	109
	参考文献	125
5	钻井水溶法的矿床开拓——钻井工程	126
5.1	钻井工程布置	126
5.2	钻井工程施工	127
5.2.1	钻前准备阶段	127
5.2.2	钻井阶段	131
5.2.3	完井阶段	135
	参考文献	166
6	钻井水溶开采法概述	167
6.1	钻井水溶开采方法的名称	167
6.2	钻井水溶开采方法分类	168
6.3	钻井水溶开采方法选择	171
	参考文献	176

7	注水溶盐-提捞和抽汲采卤法	177
7.1	提捞采卤法	177
7.2	抽汲采卤法(深井潜卤泵采卤法)	180
	参考文献	190
8	单井对流水溶开采法	191
8.1	简易单井对流水溶开采法(简易对流法)	191
8.2	单井对流-油垫工艺(油垫对流法)	206
8.3	单井对流-气垫工艺(气垫对流法)	225
	参考文献	234
9	井组连通水溶开采法	236
9.1	对流井溶蚀连通水溶开采法	236
9.1.1	简易对流溶蚀连通法	237
9.1.2	油垫建槽连通法	241
9.1.3	气垫建槽连通法	245
9.2	水力压裂连通水溶开采法(压裂连通法)	246
9.2.1	压裂造缝机理	247
9.2.2	压裂井组布置	257
9.2.3	压裂井井身结构	259
9.2.4	压裂工艺与主要压裂设备	260
9.2.5	常用压裂作业方法分类	262
9.2.6	压裂建井阶段	262
9.2.7	分层压裂连通-同时溶采多层矿工艺	270
9.2.8	压裂连通法的优缺点及应用条件	275
9.3	定向井连通水溶开采法	284
9.3.1	定向斜井连通水溶开采法	286
9.3.2	定向水平井连通水溶开采法	288
9.3.3	径向水平井连通水溶开采法	308
	参考文献	312
10	选择性溶解开采	314
	参考文献	320

11 采集卤与输卤工程	321
11.1 采集卤工程	321
11.2 输卤工程	326
11.3 采集卤和输卤管道防盐类结晶	344
11.4 采卤和输卤自动控制	347
参考文献	348
12 钻井水溶开采溶腔(盐穴)的利用	350
参考文献	356
13 钻井水溶开采咨询与设计	357
13.1 矿床开采咨询与设计的基础资料	357
13.2 盐类矿山项目建设阶段及矿床开采咨询设计程序	358
13.3 矿床技术经济评价与可行性研究	359
13.3.1 矿床开发可行性研究的特点	360
13.3.2 矿床开发可行性研究应遵循的原则	361
13.3.3 在矿床勘查阶段进行矿床开发可行性研究的意义	361
13.3.4 盐类矿产资源/储量的经济意义和矿床的经济价值	362
13.4 矿床开发可行性研究的主要内容	363
13.4.1 概略研究的主要内容	363
13.4.2 预可行性研究的主要内容	365
13.4.3 可行性研究的主要内容	369
13.5 矿床开发项目建议书、备案制与核准制项目申请报告、 环境影响报告书、矿产资源开发利用方案、矿山建 设项目安全预评价报告及矿床开采设计任务书的主要内容	375
13.5.1 矿床开发项目建议书的主要内容	375
13.5.2 备案制与核准制项目申请报告的主要内容	376
13.5.3 项目环境影响评价报告书的主要内容	378
13.5.4 矿产资源开发利用方案的主要内容(附审查大纲)	378
13.5.5 矿山建设项目安全预评价报告的主要内容	385
13.5.6 矿床开采设计任务书的主要内容	387
13.6 矿床开采设计的主要内容	389
13.6.1 矿床开采初步设计的主要内容(附〈安全专篇〉 编写提纲)	389

13.6.2 矿床开采施工图设计的主要内容	403
13.7 矿床钻井水溶开采设计的基本要求	408
13.8 矿床技术经济评价方法与投资风险分析	414
13.8.1 矿床技术经济评价方法	414
13.8.2 矿床投资风险及不确定情况下的经济分析	418
13.9 有关盐类矿床钻井水溶开采方案的几个问题	431
参考文献	435

1



绪论

钻井水溶开采的主要对象是埋藏于地下的易溶于水的盐类矿床。

盐类矿床是指成盐盆地水盐体系中的金属阳离子 (K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等) 与酸根阴离子 [CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 BO_3^- 、 BO_3^{3-} 或 BO_4^{5-} 等] 在地质作用过程中, 在适宜的地质条件和干旱的气候条件下, 水盐体系蒸发浓缩, 金属阳离子与酸根阴离子结合成盐类矿物结晶析出、沉积而形成的化学沉积矿床。由于各成盐盆地水盐体系中所含盐类物质成分的差异, 物理化学条件不同, 所处结晶阶段不同, 其形成的盐类矿床亦不相同。根据盐类矿物成分的不同, 可将盐类矿床分为碳酸盐、硫酸盐、氯化物、硼酸盐和硝酸盐矿床。根据成盐时代的不同, 可分为第四纪以前形成的古代盐类矿床和地下卤水矿床; 第四纪形成的现代盐湖矿床 (含盐湖固相矿床和卤水矿床)。在现代盐湖矿床中, 上述五种盐类矿床均有产出; 古代盐类矿床仅有碳酸盐、硫酸盐和氯化物矿床分布。

各种盐类矿物有一个共性, 就是能溶于水。只是不同的盐类矿物溶于水的难易程度不同、溶解速度不同和溶解度不同罢了。由于易溶于水的盐类矿床, 其溶解速度较快、溶解度较大, 盐类矿物溶于水后生成的卤水具有重要经济价值。对易溶于水的盐类矿床实施水溶开采 (特别是钻井水溶开采) 是一种先进、成熟、经济、适用、安全、环保的开采方法。

水溶开采法就是根据一些盐类矿物易溶于水的特性, 把水作为溶剂 (有时加少量辅助溶剂) 注入矿床, 在矿床赋存地进行物理化学作用, 就地溶解开采矿层的盐类矿物, 转化成富含开采矿物成分的溶液——卤水, 然后进行采集、输送的采矿方法。我国的采矿学著作中通常将其列入“特殊采矿方法”。因这种采矿方法注入的是溶液, 采出的仍是不同质的溶液, 故有的学者称之为“液相开采”。有的学者把溶解和浸出有用成分的特殊采矿方法统称为“溶浸采矿”。由于这种采矿方法运用“化学工艺学方法”, 直接从矿石中提取的有益组分是化学溶液, 原苏联有的学者称之为“化学采矿法”。由于这种采矿工艺是在地质学、水文地

质学、物理化学和采矿学等学科的基础上形成的，是在地下进行的，亦有原苏联学者称之为“地球工艺采矿法”。美国工程师协会将这种采矿方法称为“溶解采矿法”。

尽管各国学者对这一采矿方法的命名尚不统一，但经漫长的生产实践和研究试验，水溶开采逐步发展成为一门独立的应用科学。

水溶开采方法较多，盐湖固相矿床水溶开采方法主要有五种：井式水溶开采法（含钻井水溶开采法）、沟渠式水溶开采法、井-渠式水溶开采法、矿层表面溶解开采法和矿石喷淋-堆浸法。对于埋藏较深的盐湖固相矿床采用钻井水溶开采法。古代盐类矿床水溶开采方法有两类：硐室水溶开采法和钻井水溶开采法。其中钻井水溶开采法是应用最广泛的开采方法，本书将较为全面、系统地阐述。钻井水溶开采设计与常规的地下开采设计有较大差异，亦专设一章阐述。

1.1 钻井水溶开采的基本概念

钻井水溶开采法就是在开采盐类矿床时，通过钻井把溶剂——水（有时加少量辅助溶剂）注入到开采矿层的溶解硐室，就地进行溶解作用，生成富含开采矿物成分的卤水，再从钻井中采出卤水的开采方法。

这种开采方法首先需要进行钻井开拓，即用钻机自地表钻达地下开采的盐类矿层，然后下套管至矿层顶部，并用油井水泥固井，封固矿层以上地层，即成开采钻井（俗称“盐井”）。盐井下部矿层中垂直（或水平）的裸眼井段，即为水溶开采的初始溶解硐室。井筒则是注入淡水和返出卤水的通道。井筒内是否下生产套管和下入套管层数的多少（即井身结构的确定），取决于具体选用的钻井水溶开采方法和开采工艺。

为了实施钻井水溶开采，尚需建地面配套设施，即在地面建采卤泵房，配置采卤设备、淡水池、注水管系、集卤管系和储卤池等。当矿山与加工厂的距离较远时，还需建输卤泵房（有时采卤和输卤泵房合建），安装输卤设备和管道。

1.2 钻井水溶开采的特点和优点

（1）钻井水溶开采的特点 盐类矿床钻井水溶开采有以下 3 个突出的特点。

① 钻井水溶开采法突破了常规的地下开采方法“先采矿石后加工”的程序，将采、选、冶融为一体，在盐类矿床赋存地进行物理化学的加工过程，溶解矿石中的有益组分，将泥沙等杂质留在原地。

② 直接作用于矿体的“开采工具”是最廉价的溶剂——水（或淡卤，有的矿床还加助溶剂如 NaOH 等），经过物理化学作用，将固相盐类矿物转变成流动状态的溶液——卤水，然后进行采取。

③ 盐类矿床的水溶开采过程，是盐类矿物形态由固态转化为液态的加工过程，它不改变开采的盐类矿物的化学成分。

(2) 钻井水溶开采的优点 钻井水溶开采法已广泛应用于盐类矿床开采。它与常规的地下开采相比，具有许多优点。

① 简化生产工序，加快矿山建设，降低基建费用和生产成本。地下开采至少需要 10~11 道工序才能采出矿石，而钻井水溶开采只需 2~3 道工序就能采出卤水。

钻井水溶开采时，用钻井替代了地下开采的井巷，缩短了开拓和采准时间。以开采埋深 800~1000m 的盐矿为例，20 世纪 60 年代进行地下开采时，仅开凿竖井就需 3~5 年，目前亦需 1~2 年；若用钻井开拓，可以当年建设，当年投产，大大加快了矿山建设速度。

由于钻井水溶开采不开凿井巷，省去了地下开采所需凿岩爆破、破碎、装载、运输、提升、通风、排水、井下供电等大型设备和井口构筑物，其所需设备仅为少量变配电设备、水泵和管道，矿山基建费用大幅减少，卤水生产成本大大降低。例如湖北应城盐矿钻井水溶开采与原来的地下开采相比，其矿山基建投资不到地下开采基建投资的 1/4，卤水生产成本降低 80%~90%。

② 增大了开采深度，扩大了可采储量。我国盐类矿床埋藏深度从数十米到 5000 余米，例如湖北潜江盐矿“王深 2 井”井深达 5100m，尚未揭穿含盐岩系；新疆满加尔盐矿埋深 5100m 左右。

由于安全因素和技术经济因素的制约，盐类矿床进行地下开采的深度受到限制。例如，德国和加拿大钾盐矿床的最大开采深度不超过 1100m，原苏联钾盐矿床的开采深度以 800m 为限，我国石盐矿床的开采深度不超过 500m。而钻井水溶开采的深度，我国目前已达 4250m 左右，大大增加了可采储量。

③ 改善劳动条件，提高劳动生产率。地下开采劳动强度大，生产安全条件较差，特别是粉尘危害身体健康。随着开采深度增加，地温、地压随之增加，劳动条件更加恶劣。而钻井水溶开采作业全部在地面进行，劳动强度轻，生产安全条件大为改善。

钻井水溶开采的生产工序简化，采矿原料——淡水和产品——卤水均为液体，输送全部实现“管道化”，有利于生产的自动控制，劳动生产率显著提高。例如，湖北应城盐矿改用钻井水溶开采后，其劳动生产率比原地下开采提高 5 倍。

④ 减轻环境污染。地下开采的弃土、弃渣和尾矿堆积需要占用大量的土地资源，含泥沙较高的盐类矿石运达地面后，还需要溶解成卤水，易发生卤水流失。特别是废弃残渣中的盐类物质被雨水淋滤形成卤水，四处流失，污染地表水和地下水，造成土壤盐渍化，破坏生态环境，影响农业生产。

钻井水溶开采是将盐类矿石就地溶解，生成卤水后采出，矿渣留在地下，对