

“十三五”国家重点图书出版规划项目
交通运输科技丛书 · 公路基础设施建设与养护

Research and Application for
Road Construction Technology of Coal Gangue

煤矸石 筑路技术研究及应用



时成林 沙爱民 闫秋波 编著
谭永波 韩继国



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

“十三五”国家重点图书出版规划项目

交通运输科技丛书·公路基础设施建设与养护

煤矸石筑路技术研究及应用

时成林 沙爱民 闫秋波 编著
谭永波 韩继国



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书依据西部交通建设科技项目“寒冷地区综合利用煤矸石筑路技术的研究”成果编写,主要对煤矸石及其应用情况进行了论述,通过试验分析了东北地区代表性煤矸石的单质材料物理化学性质,明确了煤矸石材料路用分级标准的指标,结合煤矸石路基和路面基层试验分析及实际应用路段的跟踪监测,总结了煤矸石路基填料和基层材料的路用性能、评价方法和评价指标。

本书可供采用煤矸石新建或改建的各等级公路路基及路面基层的设计和施工参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矸石筑路技术研究及应用 / 时成林等编著. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016.4

(交通运输科技丛书)

ISBN 978-7-114-12910-0

I. ①煤… II. ①时… III. ①煤矸石—筑路—研究
IV. ①U415

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 064996 号

“十三五”国家重点图书出版规划项目

交通运输科技丛书·公路基础设施建设与养护

书 名:煤矸石筑路技术研究及应用

著 作 者:时成林 沙爱民 闫秋波 谭永波 韩继国

责任编辑:曲 乐 牛家鸣

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:9

字 数:209 千

版 次:2016 年 6 月 第 1 版

印 次:2016 年 6 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12910-0

定 价:35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

交通运输科技丛书编审委员会

(委员排名不分先后)

顾问：周 伟 赵冲久 成 平

主任：庞 松

副主任：洪晓枫 袁 鹏

委员：石宝林 张劲泉 赵之忠 关昌余 张华庆

郑健龙 沙爱民 唐伯明 孙玉清 费维军

王 炜 孙立军 蒋树屏 韩 敏 张喜刚

吴 澎 刘怀汉 唐树名 汪双杰 廖朝华

金 凌 李爱民 曹 迪 田俊峰 苏权科

严云福

总 序

科技是国家强盛之基,创新是民族进步之魂。中华民族正处在全面建成小康社会的决胜阶段,比以往任何时候都更加需要强大的科技创新力量。党的十八大以来,以习近平同志为总书记的党中央作出了实施创新驱动发展战略的重大部署。党的十八届五中全会提出必须牢固树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,进一步发挥科技创新在全面创新中的引领作用。在最近召开的全国科技创新大会上,习近平总书记指出要在我国发展新的历史起点上,把科技创新摆在更加重要的位置,吹响了建设世界科技强国的号角。大会强调,实现“两个一百年”奋斗目标,实现中华民族伟大复兴的中国梦,必须坚持走中国特色自主创新道路,面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求。这是党中央综合分析国内外大势、立足我国发展全局提出的重大战略目标和战略部署,为加快推进我国科技创新指明了战略方向。

科技创新为我国交通运输事业发展提供了不竭的动力。交通运输部党组坚决贯彻落实中央战略部署,将科技创新摆在交通运输现代化建设全局的突出位置,坚持面向需求、面向世界、面向未来,把智慧交通建设作为主战场,深入实施创新驱动发展战略,以科技创新引领交通运输的全面创新。通过全行业广大科研工作者长期不懈的努力,交通运输科技创新取得了重大进展与突出成效,在黄金水道能力提升、跨海集群工程建设、沥青路面新材料、智能化水面溢油处置、饱和潜水成套技术等方面取得了一系列具有国际领先水平的重大成果,培养了一批高素质的科技创新人才,支撑了行业持续快速发展。同时,通过科技示范工程、科技成果推广计划、专项行动计划、科技成果推广目录等,推广应用了千余项科研成果,有力促进了科研向现实生产力转化。组织出版《交通运输建设科技丛书》,是推进科技成果公开、加强科技成果推广应用的一项重要举措。“十二五”期间,该丛书共出版72册,全部列入“十二五”国家重点图书出版规划项目,其中12册获得国家出版基金支持,6册获中华优秀出版物奖图书提名奖,行业影响力和社会知名度不断扩大,逐渐成为交通运输高端学术交流和科技成果公开的重要平台。

“十三五”时期,交通运输改革发展任务更加艰巨繁重,政策制定、基础设施建

设、运输管理等领域更加迫切需要科技创新提供有力支撑。为适应形势变化的需要,在以往工作的基础上,我们将组织出版《交通运输科技丛书》,其覆盖内容由建设技术扩展到交通运输科学技术各领域,汇集交通运输行业高水平的学术专著,及时集中展示交通运输重大科技成果,将对提升交通运输决策管理水平、促进高层次学术交流、技术传播和专业人才培养发挥积极作用。

当前,全党全国各族人民正在为全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦而团结奋斗。交通运输肩负着经济社会发展先行官的政治使命和重大任务,并力争在第二个百年目标实现之前建成世界交通强国,我们迫切需要以科技创新推动转型升级。创新的事业呼唤创新的人才。希望广大科技工作者牢牢抓住科技创新的重要历史机遇,紧密结合交通运输发展的中心任务,锐意进取、锐意创新,以科技创新的丰硕成果为建设综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通贡献新的更大的力量!

交通运输部部长: 杨伟光

2016年6月24日

前言

公路建设是一项长距离的线形工程,对路基和路面建筑材料的需求量巨大。煤矸石既是一种固体废弃物,又是一种重要的再生资源。如果能用公路建设范围内满足路用要求的煤矸石材料代替路基填料或路面基层用碎石材料,对煤矸石材料废物再利用,不但可以减少煤矸石山对土地的占用和对周围环境的污染,而且可以降低公路工程造价。

本书以交通运输部西部项目“寒冷地区综合利用煤矸石筑路技术的研究”为依托,借助国家对西部地区大力开发的契机,以吉林省寒冷地区煤矸石为研究对象,立足吉林省,兼顾黑龙江、辽宁省和内蒙古自治区等地,在系统总结分析国内外煤矸石路用相关经验和研究成果的基础上,深入研究寒冷地区不同煤矸石材料的物理化学性质差异,综合分析煤矸石材料的压碎值、岩性、风化程度、膨胀性、稳定性等差异,结合寒冷地区气候特点,提出煤矸石材料路用的分级分类指标及煤矸石填筑路基、修筑路面基层的技术要求,为指导煤矸石材料在道路工程中的应用提供保证。

本书根据煤矸石材料的工程特性,分析了其作为路基填料和路面基层材料的路用性能,提出了寒冷地区煤矸石在公路工程中的设计与施工技术指标,指导煤矸石在公路工程中的推广应用。煤矸石材料在道路工程中的应用与推广,不仅使煤矸石资源的综合利用达到一个新的高度,实现经济的可持续发展及产业的再生利用,适合资源节约和环境友好型社会的要求,而且改善了东北老工业基地的投资和自然环境,具有巨大的战略意义和现实意义。此外,还可以解决煤矸石占地污染的问题,为公路工程修建提供了新的筑路材料,降低了公路工程造价,具有显著的经济效益和社会环境效益,应用前景广阔。

参加本书撰写工作的人员包括承担单位吉林省交通科学研究所暨季节性冻土区公路建设与养护技术交通行业重点实验室(长春)的时成林、闫秋波、赵士辉、叶静辉、刘佳力、史光绪,合作单位长安大学的沙爱民、胡力群,廊坊师范学院的谭永波,交通运输部科学研究院的韩继国。本书由时成林、沙爱民、闫秋波、谭永波、韩继国统稿,撰写过程中得到了吉林省交通运输厅科技处陈东丰处长的支持和指导。



在编写过程中还参考了国内外学者的理论、研究成果和资料,在此一并表示诚挚的感谢!

本书适用于公路路基和基层的推广应用,也适合公路建设管理人员在检查和指导具体工作中使用,还可以作为相关专业的研究生、本科生教学参考书。

由于本书取样的煤矸石只局限于东北三省和内蒙古自治区部分地区,对实际应用路段的观测只局限于吉林省,针对煤矸石在全国范围内公路工程中的应用还有很多问题需要时间的检验和进一步研究,加之时间和水平有限,疏漏之处在所难免,欢迎广大读者不吝赐教。

作 者

2016 年 3 月

目 录

第1章 绪论	001
1.1 煤炭资源	001
1.2 煤矸石概述	003
1.3 国内外研究现状	008
第2章 煤矸石的分布与应用	012
2.1 东北煤矸石的分布	012
2.2 煤矸石的应用	018
第3章 煤矸石材料道路工程特性	029
3.1 煤矸石材料的组成	029
3.2 煤矸石材料物理性质	035
3.3 煤矸石材料力学性能	041
3.4 煤矸石材料活性	045
3.5 煤矸石材料性质评价	049
第4章 路用煤矸石材料分级标准	050
4.1 路用煤矸石分级原则	050
4.2 路用煤矸石分级指标及标准	053
4.3 东北寒冷地区煤矸石路用分级	054
第5章 煤矸石路基填料性能研究	057
5.1 煤矸石路基填料压实性能	057
5.2 煤矸石路基填料的承载能力	063
5.3 煤矸石路基填料的水稳定性	066
5.4 煤矸石路基填料的抗冻性能	067
5.5 煤矸石路基填料的隔温性能	069
5.6 煤矸石路基填料性能评价	072
第6章 煤矸石半刚性基层材料性能	073
6.1 材料选择及规格料加工	073
6.2 煤矸石半刚性基层混合料配合比	074
6.3 煤矸石半刚性基层材料路用性能	082



6.4 煤矸石半刚性基层材料微观结构分析及强度形成机理	096
第7章 煤矸石在道路工程中的应用	100
7.1 煤矸石应用路段概况	100
7.2 煤矸石路基应用路段	101
7.3 煤矸石半刚性基层应用路段	114
参考文献	131

第1章 绪 论

1.1 煤 炭 资 源

煤炭资源是地球上蕴藏量最丰富、分布地域最广泛的化石燃料,也是世界上重要的三大能源之一。根据世界能源委员会的评估,世界煤炭可采资源量达4.84万亿t标准煤,占世界化石燃料可采资源量的66.8%。世界各地的煤炭资源分布不平衡,煤炭资源的70%分布在北半球北纬30°~70°之间,其中以亚洲和北美洲最为丰富,分别占全球地质储量的58%和30%。世界上拥有煤炭资源的国家约有70个,其中储量较多的国家有俄罗斯、中国、美国、德国、英国、澳大利亚、加拿大、印度等。

我国是一个以煤炭为主要能源的煤炭生产、消耗大国,煤炭在一次能源消耗中达到70%以上,所占比重是世界平均水平的两倍以上。我国煤炭资源丰富,煤炭资源总量达48 994亿t,约占全球煤炭资源总量的四分之一,居世界第二位。如图1.1所示,我国煤炭资源的地理分布极不平衡,总体来说北多南少,西多东少。煤炭资源主要集中在山西省、陕西省、内蒙古自治区西部、新疆维吾尔自治区北部和川黔滇交界地区,占全国煤炭资源总量的85.3%,沿海13个发达省份的煤炭资源仅占总量的3.4%,其余省、市、自治区约占11.3%。华东地区的煤炭资源储量87%集中在安徽省、山东省,中南地区煤炭资源72%集中在河南省,西南煤炭资源67%集中在贵州省,东北有52%的煤炭资源集中在黑龙江省。全国煤炭种类资源统计见表1.1。

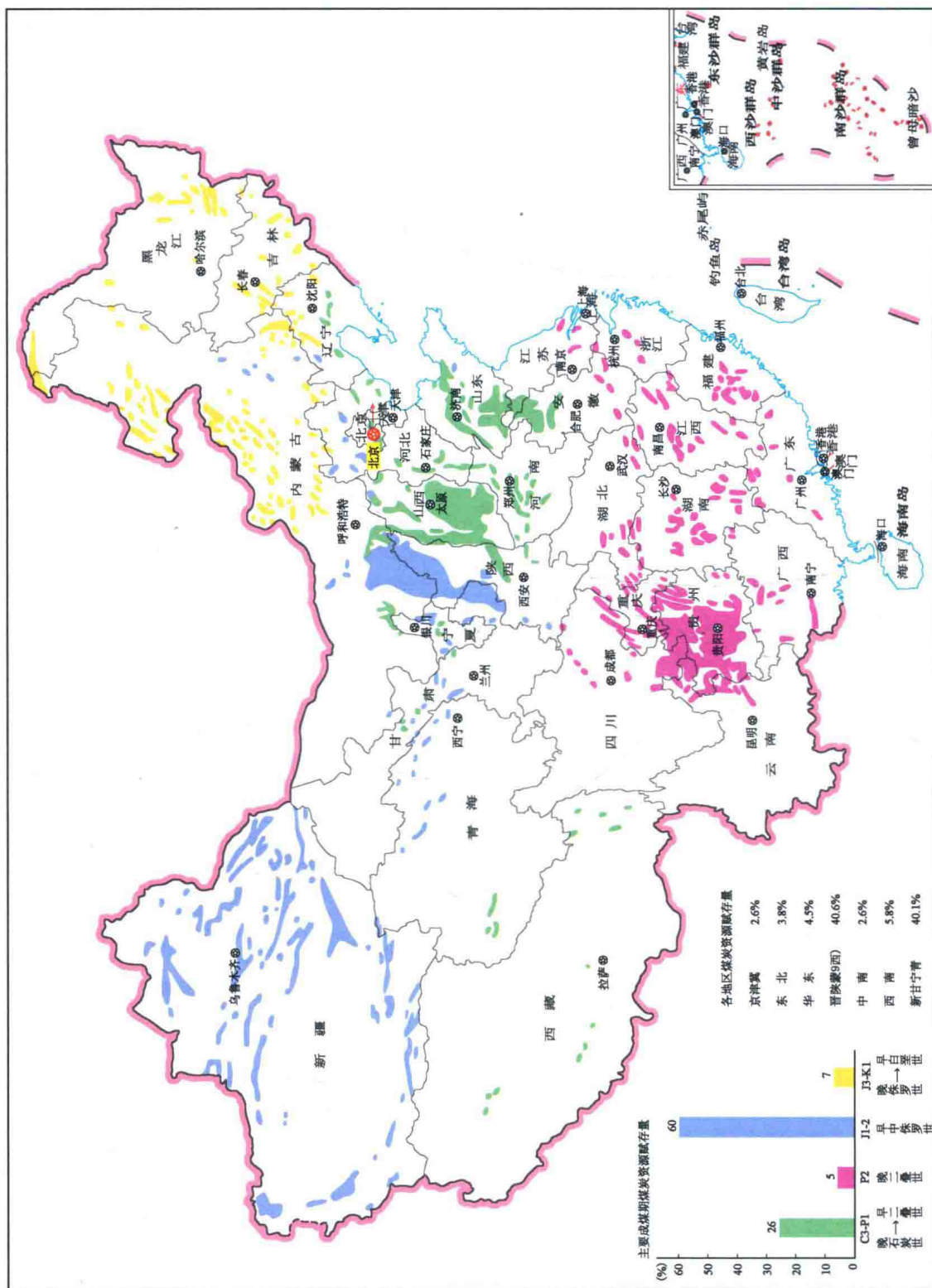
全国煤炭种类资源统计表

表 1.1

	资源总量	保有储量(单位:亿 t)					预测 资源量
		合计	炼焦用煤	非炼焦用煤	褐煤	分类不明	
全国	48 994.39	8 737.18	2 574.31	4 966.67	1 136.19	60.03	40 257.21
华北	17 197.22	4 697.4	1 607.43	2 105.01	936.85	48.12	12 499.83
东北	561.92	220.71	118.46	67.05	35.18	0.022	341.21
华东	1 786.83	538.11	399.59	55.06	10.599	2.86	1 318.72
中南	1 039.84	262.23	69.56	181.84	9.94	0.891	777.61
西南	2 744.46	761.26	166.5	449.58	139.94	5.26	1 983.2
西北	25 664.05	2 327.45	212.77	2 108.13	3.69	2.88	23 336.61

注:摘自《中国煤矿煤质及应用评价》,2006年。

我国煤种多样,各地区煤炭品种和质量变化较大,主要有褐煤、长焰煤、不黏煤、弱黏煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤、无烟煤等。煤种分布也不均衡,褐煤资源约2 100亿t,约占全国煤炭资源总量的1/30,主要分布在内蒙古自治区东部和云南省东部,东北和华南也有少量的赋存。炼焦煤约14 000亿t,优质炼焦煤主要分布在山西省和河南省,但优质焦煤很少,仅占炼焦



用煤资源量的4%左右,大多分布在山西省、山东省、河北省、河南省、安徽省、陕西省、宁夏回族自治区、贵州省和新疆维吾尔自治区等地。无烟煤约占煤炭资源总量的10%,但低硫、低灰的不多,大多在山西省与宁夏回族自治区,贵州省也有少量。我国的煤炭资源中高硫和高灰的煤较多,高硫煤约占煤炭资源总量的1/3,长江以南高硫煤比例高。全国原煤灰分一般在20%左右,但洗选后可降低至10%以下。

1.2 煤矸石概述

1.2.1 煤矸石

煤矸石(Coal Gangue)是指煤矿在建设、开拓掘进、采煤及洗选工程中所排放的含碳岩石及岩石,是煤矿建设和煤炭生产过程中所排放出的固体废弃物的总称,是碳质、泥质和砂质页岩的混合物,煤炭生产中的副产品。煤矸石有两种:一种是呈黑色或灰色的未燃煤矸石,另一种是存放时间较长,可燃成分自燃后呈红色、深红色、黄色或白色的已燃煤矸石。两种煤矸石如图1.2所示。



图1.2 未燃煤矸石和已燃煤矸石

据统计,我国煤矸石产量为原煤总产量的15%~20%。煤炭开采时,每生产1亿t煤炭排放煤矸石1400万t左右;煤炭洗选加工时,每洗选1亿t炼焦煤排放煤矸石2000万t,每洗选1亿t动力煤排放煤矸石1500万t。目前我国现有煤矸石山1500余座(图1.3),煤矸石累计堆存约70亿t,占地70km²,每年新排放3.0~3.5亿t,是我国排放量最大的工业固体废弃物。另一方面,我国目前的煤矸石综合利用率尚不足排矸量的15%,导致余下煤矸石大多长期弃置,堆放于山沟、平川一带,占用了大量的农田土地。

1.2.2 煤矸石的组成

煤矸石是含碳岩石和其他岩石的混合物,随着煤层地质年代、地区、成矿条件、开采条件的不同,煤矸石的化学成分、矿物成分各不相同。

从化学组成上看,煤矸石是由无机质和少量有机质组成的混合物。无机质主要为矿物质



和水,构成矿物质成分的元素多达数十种之多,一般以硅铝为主要成分,另外含有数量不等的 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 SO_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_3 等无机物,以及微量的稀有金属(如钽、钒、钴等)。煤矸石中的有机质随含煤量的增加而增高,它主要包括碳、氢、氧、氮和硫等。煤矸石的化学成分不稳定,不同地区的煤矸石化学成分也不一致,变化较大,表 1.2 为煤矸石化学成分的大致范围。



图 1.3 煤矸石山

煤矸石的化学组成

表 1.2

化学成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_3
含量(%)	30~65	15~40	2~10	1~4	1~3	1~2	1~2	0.5~4.0	0.05~0.3

注:摘自《煤矸石资源化综合利用新技术》,2008 年。

从矿物组成上看,煤矸石是多种沉积岩组成的集合体,不同的沉积岩又由不同成岩矿物组成。煤矸石中主要矿物成分有石英、长石(钾长石、斜长石)、高岭石、多水高岭石、伊利石(水白云母)、蒙脱石、方解石、白云石、菱铁矿、菱镁矿、黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿、铝土矿、绿泥石、地开石、海泡石、白云母、黑云母、蛋白石及微量元素等。煤矸石中主要矿物及性质见表 1.3。

煤矸石中的主要矿物及性质

表 1.3

矿物名称	化学式	主要性质
石英 Quartz	SiO_2	晶体呈六方柱和六方双锥,在岩石中常呈粒状或块状、晶簇状集合体;一般石英无色,含杂质有各种颜色,如紫色、玫瑰色、黄色、烟灰色、黑色等;莫氏硬度 7,相对密度 2.65。化学性质稳定,很难分解
正长石 Orthoclase	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	晶体形态呈柱状或厚板状;颜色通常为肉红色、玫瑰色、褐色,玻璃光泽;莫氏硬度 6,相对密度 2.56~2.58
普通辉石 Augite	$\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})[(\text{SiAl})_2\text{O}_6]$	单斜晶系的单链状结构硅酸盐矿物;短柱状,横断面近八边形,集合体常为粒状、放射状或块状;绿黑至黑色,条痕无色至浅灰绿色,玻璃光泽;莫氏硬度 5~6,相对密度 3.23~3.52
高岭石 Kaolinite	$\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$	晶体属三斜晶系的层状结构硅酸盐矿物,呈土状;结晶呈极微小的假六方片状;其内部结构是由一层硅氧四面体和一层铝氧八面体构成的 1:1 型两层结构;莫氏硬度 2~2.5,相对密度 2.6~2.63

续上表

矿物名称	化学式	主要性质
伊利石 Illite	(K, Al) $(AlSi_3O_{10})$ $(OH)_2 \cdot 2H_2O$	伊利石常呈极细小的鳞片状晶体,有时也呈不完整的六边形和板条状,呈土状;晶体结构与白云母的基本相同,属于2:1型结构单元层的二八面体型;纯的伊利石黏土呈白色,但常因杂质而染成黄色、绿色、褐色等;莫氏硬度1~2,相对密度2.6~2.9
蒙脱石 Montmorillonite	$(Al, Mg)(Si_4O_{10})$ $(OH)_2 \cdot nH_2O$	单斜晶系,常呈土状隐晶质块状;白色,有时为浅灰色、粉红色、浅绿色;鳞片状者解理完全;莫氏硬度2~2.5,相对密度2~2.7
方解石 Calcite	$CaCO_3$	六方晶体;碳酸盐矿物,玻璃光泽,透明至半透明,普通为白色或无色,含有其他颜色亦不少;莫氏硬度3.0,相对密度2.71,可溶于稀盐酸而起泡
白云石 Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	三方晶系,菱面体,常呈块状集合体;常见颜色为无色、白色,带黄色或褐色色调;莫氏硬度3~4,相对密度2.86
菱铁矿 Siderite	$FeCO_3$	晶体呈菱面体,常呈粒状或隐晶质致密块状集合体,有时呈结核状;浅灰色,低价铁易氧化,玻璃光泽;莫氏硬度3.5~4.5,相对密度3.9
黄铁矿 Pyrite	FeS_2	等轴晶系,常为立方体、五角十二面体;铜黄色,金属光泽,性脆;莫氏硬度6~6.5,相对密度4.9~5.2;火烧后有强烈二氧化硫臭味
白铁矿 Marcasite	FeS_2	斜方双锥晶类;浅黄铜色,微带浅灰色或浅绿色调,莫氏硬度6~6.5,相对密度4.85~4.9;白铁矿和黄铁矿不同之处,一是具有鸡冠状的晶形,二是颜色比较淡白,三是在显微镜下观察时光性的非均质性与黄铁矿相区别
一水硬铝石 (水铝石) Diaspore	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	斜方晶类,结晶完好者呈柱状、板状、鳞片状、针状、棱状等;其水化可变成三水铝石,脱水可变成 α 刚玉
一水软铝石 (软水铝石) Bodhmite	$AlO(OH)$	斜方晶类,结晶完好者呈菱形体、棱面状、棱状、针状、纤维状和六角板状;脱水可转变成一水硬铝石和 α 刚玉,水化可变成三水铝石
三水铝石 (水铝氧石) Gibbsite	$Al(OH)_3$	单斜晶系,结晶完好者呈六角板状、棱镜状,常有呈细晶状集合体或双晶,矿石中三水铝石多呈不规则状集合体;三水铝石脱水可变成一水软铝石、一水硬铝石和 α 刚玉
金红石 Rutile	TiO_2	四方晶系;常具完好的四方柱状或针状晶形,常见单形为四方柱和四方双锥;红棕色、红色、黄色或黑色;莫氏硬度6,相对密度4.2~4.3

注:摘自《煤矸石资源化综合利用新技术》,2008年。

1.2.3 煤矸石对环境的影响

作为排放量最大的工业固体废弃物,煤矸石的长期堆积占用了大量的土地。煤矸石细料被雨水冲刷至地表,造成土地沙化,降低土壤肥力,粮食减产;燃烧的煤矸石山会释放出多种有毒气体,使大气和水体受到污染,严重影响和危害人们的生活和健康。

(1) 煤矸石对大气环境的影响

煤矸石中含有黄铁矿、有机硫、残煤和碳质泥岩等可燃物,长期堆积,日积月累,煤矸石山内部的热量逐渐积蓄,当温度达到可燃物的燃点时便可自燃(图 1.4)。煤矸石自燃时,其内部温度为 $800 \sim 1\,000^{\circ}\text{C}$,在自燃过程中产生大量的 SO_2 、 NO_x 、 CO 、 H_2S 等有害气体,其中以 SO_2 为主。煤矸石自燃还会产生许多严重危害环境的多环芳烃类有机污染物,如苯并芘、二苯并蒽、苯并荧蒽、二苯并荧蒽等。它们以气相形式或吸附于微细粉尘烟尘排入大气,加剧大气污染,特别是苯并芘具有强的致癌性。这些有害气体的排放不仅降低煤矸石山周围的环境空气质量,影响周围居民的身体健康,还影响周围的生态环境,使树木生长缓慢、病虫害增多,农作物减产,甚至死亡。



图 1.4 正在燃烧的煤矸石山

(2) 煤矸石对水体及土壤环境的影响

煤矸石除含有 SiO_2 和 Al_2O_3 以及铁、锰等常量元素外,还含有铅、镉、汞、砷、铬等有害的微量重金属元素。煤矸石在露天堆放情况下,经受风吹、日晒和雨淋等风化剥蚀作用,其中的有毒重金属元素和 Cl^- 、 HCO_3^- 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 等组成部分可溶盐可能通过雨水淋溶进入地表水域或渗入土壤,通过土壤渗入浅层地下水,使地下水和地表水的可溶盐类总量增大,重金属元素浓度远超过国家污染物最高允许排放标准,从而破坏了土壤中的有机养分,增加了土壤中的重金属含量,情况严重的会使水质酸化。煤矸石淋溶液不仅污染煤矸石堆积区,还会通过各种水力联系(导水砂层、地层裂隙、农灌、河流等)发生污染转移,从而大范围地影响工农业生产,特别是水产养殖业受到的危害更重。毒性最大的铅、镉、汞、砷、铬,能在食物链中逐渐富集,最后进入人体,对人体健康产生长远的不良影响,会引起急、慢性中毒。

另外,雨水将煤矸石堆上的细粒冲刷下来,形成黑色淤泥细流进入河道湖泊,导致河道湖泊的淤积,使河床抬高、通航能力下降、行洪能力减弱、调蓄能力降低、水体严重污染、直接影响生产生活。为了疏浚河道湖泊、改善水环境,国家每年都要投入大量的人力、财力和物力。

(3) 煤矸石对地面环境的影响

多数煤矿煤矸石的堆积未经设计,其堆放极不正规,一般采取绞车提升、翻矸机倾倒,自然成堆,露天堆放。煤矸石堆呈锥形,煤矸石块径为数厘米至数十厘米,堆存体的煤矸石块径自然分选,运矸轨道坡度多为 $18^{\circ} \sim 20^{\circ}$,单体高度 $20 \sim 50\text{m}$,矸石堆自然休止角 $38^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。矸石山堆积过高,坡度过大,就容易造成滑坡,部分煤矿或小煤窑往往将煤矸石简单倾倒在矿井附

近的山坡、冲沟、溪沟等地势相对低洼地段。在人为开挖、降雨淋滤、山洪冲刷作用下,容易失稳引发泥石流、坍塌以及滑坡等重力灾害(图 1.5、图 1.6)。特别是经过较长时间的风化、氧化或雨水渗透浸泡后,煤矸石所含的残煤和黏土膨胀松软、颗粒细化,荷载能力显著降低,更容易形成重力灾害,全国已报道多起较严重的煤矸石堆重力灾害。



图 1.5 滚落的大粒径煤矸石



图 1.6 煤矸石山泥石流

针对煤矸石的环境问题,国内外学者早在 20 世纪 50 年代就开展了煤矸石综合利用的相关研究,并取得了一定的经验和效果。近年来,煤矸石建筑材料发展迅速,开拓了多种应用途径,其治理也逐步发展为具有较成熟、较先进的技术,主要治理途径为:采用一定的措施控制煤矸石的物化作用;对煤矸石进行综合利用,通过减少煤矸石的地面堆积量达到治理目的,其具体途径如图 1.7 所示。

根据国内外治理经验发现,无论是生物方法还是工程方法都需要投入大量的人力、财力来进行治理,并难以将煤矸石的负面效应完全消除。因此,近年来大量的研究集中于如何将煤矸石从被动的治理转变为主动的利用,在各个领域内发挥其应有的价值。

1.2.4 研究意义

煤矸石既是一种固体废弃物,又是一种重要的资源,采取合理措施将其综合利用,可以减少煤矸石堆放对周围环境的影响,变废为宝,化害为利。多年来国家非常支持和重视对煤矸石