

煤和煤矸石自燃治理与工程实例*

杜嘉鸿¹, 张振山², 王 杰³, 陈兰云⁴, 张学文⁵, 陈耕野¹, 高兴贵²

(1. 东北大学 辽宁 沈阳 110004; 2. 抚顺石油二厂 辽宁 抚顺 113004; 3. 沈阳建筑工程学院 辽宁 沈阳 110015; 4. 金华职业技术学院 浙江 金华 321017; 5. 沈阳药科大学 辽宁 沈阳 110015)

摘 要 论述了煤和煤矸石自燃的地质灾害, 并针对抚顺某仓库煤矸石地基自燃情况, 对防治材料及工艺进行了室内外试验, 将综合技术研究成果应用于该煤矸石地基的灭火工程中, 达到了预期的效果。

关键词 煤; 煤矸石; 自燃; 注浆; 灌水

中图分类号: TD75⁺3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3746(2003)S1-0075-04

Engineering Example and the Control of Spontaneous Combustion of Coalfield and Gangue/DU Jia-hong¹, ZHANG Zhen-shan², WANG Jie³, CHEN Lan-yun⁴, ZHANG Xue-wen⁵, CHEN Geng-ye¹, GAO Xing-gui²(1. Northeastern University, Shenyang Liaoning 110004, China; 2. Fushun the Second Petrochemical Works, Fushun Liaoning 113004, China; 3. Shenyang Architectural and Civil Engineering Institute, Shenyang Liaoning 110015, China; 4. Jinhua College of Profession and Technology, Jinhua Zhejiang 321017, China; 5. Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang Liaoning 110015, China)

Abstract: This paper introduce spontaneous combustion calamity of coalfield and gangue. Indoor test and outdoor test were made on the preventive material and the technology in view of spontaneous combustion of gangue foundation of the warehouse in Fushun. Achievement of indoor test and outdoor test has been adopted in fire extinguishing engineering of the spontaneous combustion of gangue foundation. It is proven successful.

Key words: coal; gangue; spontaneous combustion; grouting; water flooding

1 煤和煤矸石自燃灾害概况

科学家警告^[1], 很多产煤国爆发的重大地下火灾是鲜为人知的“全球性灾难”, 是空气污染的一个重要源头, 尤其是在亚洲, 它们对全球变暖也有重大影响。世界煤火专家说, 来自热敏卫星和地面地质测量的新数据表明, 这一问题比环境科学家此前意识到的要更为严重。全球数以千计的煤田正在遭受大火侵袭, 扑灭它们并非易事。

我国是世界上产煤最多的国家之一, 地下火每年燃烧的煤达 2 亿 t。大火释放的二氧化碳相当于美国所有公路交通工具每年排放的总量, 也即等于全球矿物燃烧排放的二氧化碳总量的 2%~3%。

地表附近的煤层和堆积的可燃煤矸石有时会自燃发火, 一定比例的日照和氧会导致自燃, 闪电引起的森林大火也可能使地表煤层受热而燃烧。但多数煤层燃烧都源于人类活动, 特别是小型煤矿。一旦起火可能会持续几十年, 甚至几个世纪。

美国最有名的煤田起火发生在 1962 年宾夕法

尼亚州附近的一个矿井, 到 20 世纪 70 年代, 人们再也无法忍受那里的污染, 不得不放弃这个城镇, 直到今天, 煤田还在燃烧。

在印度尼西亚, 放火烧林以扩大耕地面积, 导致地表附近的煤层燃烧, 进而引发更多森林火灾。结果, 印尼的一些国家公园, 特别是用以引进猩猩的自然保护区都受到了威胁。

在印尼工作的美国专家艾尔弗雷德·怀特豪斯说^[1], 印尼的大多数煤层燃烧相对来说比较容易扑灭, 因为它们接近地表。通过钻挖燃烧煤层周围的地层, 灌注水的办法, 已扑灭了 100 多处煤层燃烧, 但他估计, 现在还有 3000 处煤层仍在燃烧。

美国采矿工程师加里·科拉伊奇发明了一种扑灭煤层起火的高科技方法。他使用一种能灌注在燃烧煤层周围的抗热薄胶泥(由沙、水泥、灰、水和泡沫组成的混合物), 切断氧气供应。用这种方法已成功地扑灭了美国西部的 25 处煤矿大火。

根据调查资料得知^[2]: 我国北方干旱地区, 煤

* 煤矸石指抚顺露天煤矿剥离石油蒸馏后的油母页岩矸石, 含有自燃成分, 俗称煤矸石或废页岩。

收稿日期 2003-04-30

作者简介: 杜嘉鸿(1923-) 浙江东阳人, 东北大学教授, 矿山建筑专业, 研究生, 从事注浆治水、岩土注浆加固理论与实践的科研与教学工作。辽宁省沈阳市望湖路 19-3-211 (024)23912514; 张振山(1938-) 天津人, 抚顺石油二厂副总工程师、高级工程师, 土木工程专业, 从事科技开发管理工作。辽宁省抚顺市河东新区 6 方块 8 号楼 2-101 号 (0413)8209903。

田自燃现象比较普遍,分布在新疆等7省(区)的就有56处,自燃面积达720 km²,损失煤炭资源在42亿t以上。

我国抚顺市由于城市建设及厂矿建设的需要,许多建筑物修建在煤矸石地基之上。由于地基中煤矸石的自燃,使地面的草木枯死,建筑物因不均匀沉降而开裂,危及建筑物及人身安全,煤矸石燃烧所释放出的有害气体还危害人的健康,污染周围环境。因而必须采取有效措施进行处理。

本文针对抚顺某仓库煤矸石地基自燃情况,对防治自燃的材料及工艺进行了试验,对灭火工程中的有关技术问题进行了探讨,应用该防治措施处理了地基的自燃,取得了良好的处理效果。

2 工程实例

2.1 工程概况

抚顺某大型仓库修建于用煤矸石人工回填地基之上,分布面积约34万m²,最大厚度17.4m,东西长2000m,南北宽170m。20世纪50年代末,地表火将地下煤矸石引燃,地下火由西向东蔓延,以每年10~20m的速度向前推进,80年代初由于相邻地段开挖基坑,煤矸石地基出现临空面,使地下氧气增加,加速了地下火的燃烧。因而先后拆除近1000m²的房屋,数座建筑物墙体开裂,严重影响整个仓库的安全,因此必须进行地下灭火处理。经研究决定采用地下注浆灌水帷幕阻火灭火处理。地下火势及注浆、灌水平面布置如图1所示。

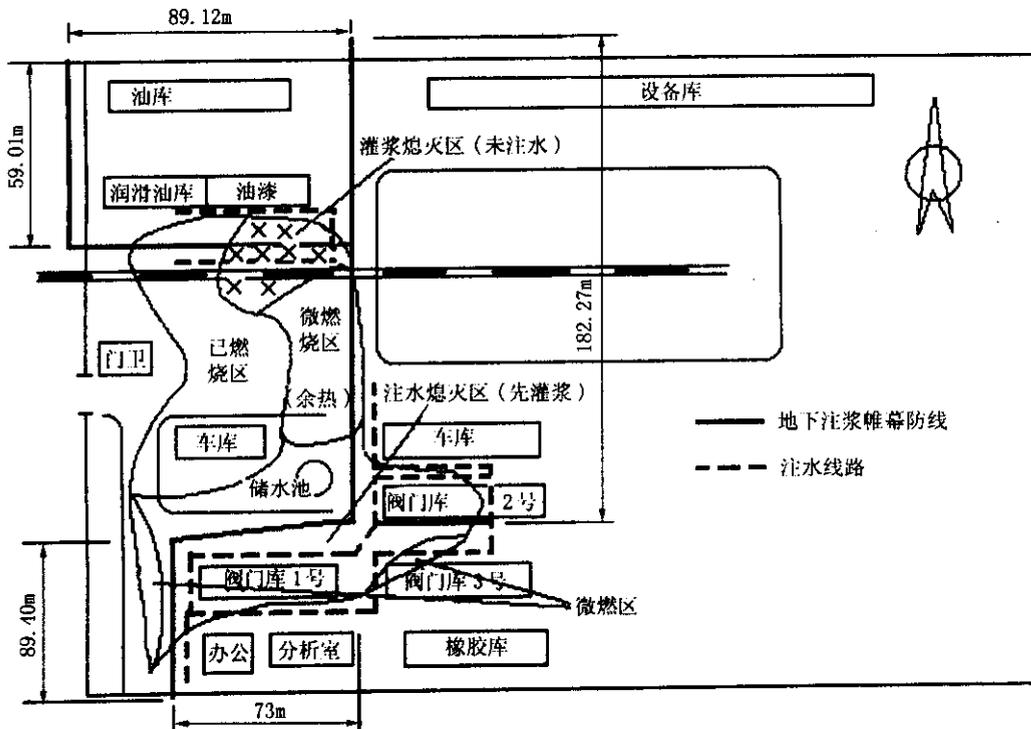


图1 地下火势及防火帷幕、灌水平面图

(据高兴贵的《注浆治理东山仓库嫡系废页岩燃烧的报告》,1996-07-08)

2.2 注浆灭火

2.2.1 注浆试验

为保证库区的安全,考虑地下火燃烧的具体条件及世界各国的先进经验,经过经济技术指标对比,决定首先采用综合注浆处理的方法。为了得到最恰当的注浆参数,首先在室内进行了浆液配比试验和现场注浆试验。室内试验选用了镁渣、白灰、水玻璃、硫酸铝及碳酸氢钠等十多种材料,选出了阻化率最高、无污染、价格低廉、材料易得的注浆材料,其配比如表1所示。

为了取得恰当的注浆参数,在库区南部进行了

现场注浆试验,共钻试验孔2个,计划采用不同的注浆方式(高压喷射与静压注浆)以不同压力、不同流量进行试验。经挖坑取样检查发现静压注浆的效果较好。

静压注浆参数如下:注浆压力0.1~0.5 MPa,若供浆量不足时,压力增大至4~6 MPa;浆液流量40~80 L/min;分段注浆的分段长2~4 m,可根据煤矸石层的孔隙率来确定,孔隙率大的部位分段较长,否则分段较小。试验表明:当单位长度钻孔的吸浆量为1.0~1.2 m³/m时效果较好,开挖检查证实,浆液扩散距离达1.0~1.3 m。

表 1 防火注浆材料配比

防火区	缓冲区	灭火区	
水/mL	1200	800	100
土/g	400	400	-
配 镁渣/g	300	-	-
水泥/g	8	-	-
水玻璃/g	4	-	-
比 白灰/g	-	80	-
硫酸铝/g	-	-	1.8 ~ 2.0
碳酸氢钠/g	-	-	1.4 ~ 1.6
胶结率(10 min)/%	≥90	≥90	
规 粘度/s	≥20		发泡倍数≥8;
pH 值	≥8	≥18	泡沫析出的液
格 密度/(kg · L ⁻¹)	1.27	≥10	体 pH 值呈中性
温度/℃	隔天常温*	1.28	

* 当时为 72 ℃。

2.2.2 浆液配比

根据煤矸石层的松散程度,按照注浆试验结果配制成不同浓度的浆液,见表 2^[6]。

表 2 浆液配比

浆液名称	水 /m ³	土 /kg	水泥 /kg	镁渣 /kg	石灰 /kg	盐酸 /kg	碳酸氢钠 /kg	硫酸铝 /kg	水玻璃 /kg
镁浆	1.0	500	100	20					
石灰浆	1.0	500	100		50				
氯化浆	1.0				50	中和至 pH8 ~ 9			
黄泥浆	1.0	250							
YP1 浆	1.0						14 ~ 16		
YP2 浆	1.0							18 ~ 20	
水泥土浆	1.0	250	100						
水泥浆	1.0		1000						20 ~ 50

施工顺序是:钻孔→孔口封闭→注浆(镁浆、石灰浆)→灌水泥浆或水泥土浆→封孔。深孔的施

工顺序是:钻孔(2 m 深)→灌水至饱和→灌氯化液→再钻至 6 m→灌 YP 型泡沫灭火剂→灌黄泥浆→封孔。

2.2.3 注浆效果分析

自 1990 年 10 月开工至 1991 年 7 月完工,构筑地下阻火帷幕长 490 m,宽 3.5 m,深度进入原土层 0.5 m。通过向地下燃烧区注浆阻火、灭火,降低了燃烧速度,重点注浆区(油漆库、润滑油库、油库)150 m 阻火帷幕,约 4000 m²,注浆阻火获得理想效果。

2.3 注水灭火

截止至 1993 年底,由于种种原因,加之废渣供应不足,灭火资金短缺,注浆工程停工几个月后,由于地下火产生高温积聚不散,使复注量不足部分的防火帷幕的温度过高,最终地下火突破部分阻火帷幕而重新自燃。至此,库区地下火的总燃烧面积已达 1.8 万 m²,其中自行熄灭约 6000 m²。通过钻探测定燃烧区地下温度达 800 ℃ 以上,地表温度也在 60 ~ 80 ℃,整个燃烧区气味熏人,室内已无法工作。经厂方研究决定采用注循环水灭火的方案。其示意图见图 2。

注水前在英城河边建成取水沉淀池一座,蓄水量 40 m³,简易水泵房一间,铺设取水管线(Ø108 mm)350 m,库区内建成储水池一座,储水量 400 m³,在重燃区的 2 号阀门库内每隔 3 m 挖渗水沟(宽 0.5 m,深 0.7 m)纵横交错,在 1 号阀门库外挖环状渗水沟,利用高位储水罐注水,在燃烧区上游挖渗水沟,阻止地下火向前蔓延,渗水沟全长 450 m。

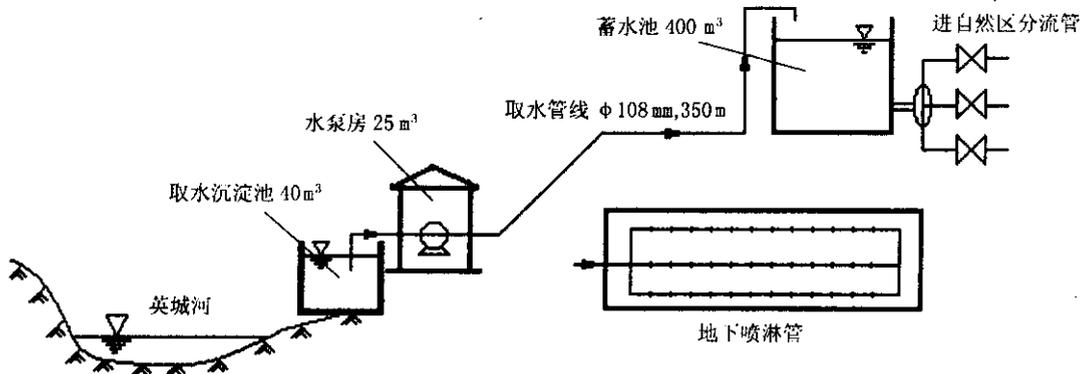


图 2 某仓库注水灭火示意图

(据高兴贵的《注水治理东山仓库嫡系废页岩燃烧的报告》,1996-07-08)

1994 年开始向重新燃区注水,1 年多以后,地下火势明显减弱,1 号、2 号阀门库区地下火已经熄灭。万方数据

之后,于 1995 年 8 月在库区内地下燃烧区的前方修建了固定渗水沟,总长 260 m,用一次抽水泵直接将

河水注入渗水沟,渗水沟渗入地下的水有效地控制了地下火的蔓延。截至1996年,在蕴藏量为13万t的煤矸石层中,2年多一点的时间内注水约35万m³,灭火面积约1万m²。钻探结果表明,燃烧区大部地温恢复正常,个别地点温度为50~60℃,面积约2000m²,钻探证实仅是余热。为巩固灭火成果,又复注1年,其注水方式为在固定渗水沟内每隔2m钻一渗水孔,孔深1.5~2m,以加快渗水速度。截止到现在,3个阀门库(6000m²)已6年未见复燃,经测定,地温正常。

3 结语

在煤矸石地基上修建建筑物应注意避免将地表火引入地下,避免地下氧气的聚集,防止煤矸石燃烧。

应用泥浆灌注法(包括阻化剂)灭火是防治遗煤(包括煤矸石)自燃的有效方法,美国应用这种方法切断氧气供应,成功扑灭了美国西部的多处大火。而我国早在20世纪50年代就已纳入《煤矿安全规程》中,多年的研究应用,取得了较大的成果。

注水灭火法是一种新的、经济有效的、操作简便的防治煤和煤矸石自燃的技术措施^[6]。抚顺煤科院科研人员试验表明,煤的外在水分对其自燃的作用具有两重性。当煤的湿度增加到某一程度,其表面将形成含水液膜,可起到阻止煤和氧接触,即起到隔氧阻化的作用。同时,水受热蒸发时能吸热降温,可消耗煤在氧化时产生的热量,因而热量难以聚积,避免产生升温现象。但当煤的外在水分蒸发减少到

一定程度时,煤的外在水分可由原来的阻化作用转变为催化作用,从而促使煤氧化和自燃。因此,在防治煤与煤矸石自燃技术措施的研究和实施过程中,必须考虑水源及水量的可靠性^[3]。

注浆灭火和注水灭火各自有各自的优缺点,若将二者的优点结合起来,可获得良好的灭火效果。如将阻化剂与泥浆结合、注浆阻火与注水灭火结合就会大大加快灭火速度、降低工程费用^[4]。所以在具有自燃的煤和煤矸石地基的灭火中应因地制宜地推广注浆灭火法和注水灭火法。

预防或消除地下火的方法有多种,实际应用时应充分考虑具有自燃趋势的煤矸石和散煤地下火的成因、分布范围、火势大小、燃烧的发展趋势等。根据不同情况,采用多种技术,合理组合,综合治理,可有效地、经济地防治地下火。无论采用哪种灭火方法都应先灭周围,逐渐缩小燃烧区域^[5]。

参考文献:

- [1] 克莱夫·库克森. 科学家警告“全球灾难”[N]. 英国金融时报, 2003-02-15.
- [2] 谭永杰. 走向21世纪的中国煤田地质勘探业[A]. 可持续发展与煤炭工业报告文集[C]. 北京: 煤炭工业出版社, 1998. 27-34.
- [3] 李增华, 周世宁. 水系灭火剂的研究与发展[J]. 中国安全科学学报, 1997, 7(2): 47-50.
- [4] 徐精彩. 内因火灾防治技术新取向[A]. 可持续发展与煤炭工业报告文集[C]. 北京: 煤炭工业出版社, 1998. 91-94.
- [5] 王玉森. 采用帷幕注浆进行地下自燃煤层灭火[J]. 探矿工程, 2001(5): 7-8.
- [6] 杜嘉鸿, 等. 地下建筑注浆工程简明手册[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 89-91.