

# 新疆煤田火灾的成因、危害及综合治理\*

罗淑政<sup>1,2</sup>, 玉米提·哈力克<sup>1,2</sup>, Joerg Schulz<sup>3</sup>, 王金山<sup>1,2</sup>

- (1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046;
2. 新疆维吾尔自治区绿洲生态重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046;
3. 德国 DMT 矿业技术有限责任公司, 德国 埃森 D-45307)

**摘要:** 新疆是世界上煤田火灾最严重的地区, 原因主要是新疆地处欧亚大陆腹地, 具典型的大陆性干旱气候; 新疆地区煤系为中下侏罗纪, 地质活动较为剧烈; 小煤窑的乱采滥挖等。新疆煤田火灾带来巨大危害: 损失煤炭资源、污染环境、引发地质灾害、破坏生态平衡及危害生物健康等。对煤田火灾进行综合治理已经成为当务之急。为了有效灭火, 应先对火区进行探测。探测方法有磁异常探测法、自然电场法和红外地面测温法等。然后因地制宜地选择适当的灭火技术进行灭火。灭火之后还应利用地理信息系统等方法对火区进行动态监测。

**关键词:** 煤田火灾; 成因; 危害; 综合治理; 新疆

**中图分类号:** TD75\*2.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)03-0062-04

煤炭作为一种重要的战略能源资源, 是人类社会得以发展的重要物质基础。我国煤炭资源丰富, 是最主要的一次性能源。新疆煤炭资源总量位居全国第一, 是我国 21 世纪重要的能源接替区<sup>[1]</sup>。然而, 我国也是世界上煤田火灾最严重的国家, 新疆地区是世界上煤田火灾最严重的地区, 北至阿勒泰草原, 南到帕米尔高原都有煤田火灾发生。煤田火灾严重影响着当地的经济发展和生态环境。对煤田火灾进行综合治理已经成为当务之急。中国政府对煤田火灾极为重视, 并将治理煤田火灾列入“中国 21 世纪议程”。

## 1 新疆煤田火灾的成因

### 1.1 气候因素

新疆地处欧亚大陆腹地, 具典型的大陆性干旱气候。第一, 夏季局部气温高, 大黄山及其它火区夏季高温, 7 月份最高气温达 36℃ 以上。同期煤层露头红外辐射温度达 65℃ 以上, 已接近煤层氧化自燃的临界温度(60~80℃), 为煤层露头自燃创造了有利条件; 第二, 昼夜温差大, 最高温差大于 40℃, 使煤层露头及围岩风化破裂加剧,

裂隙极为发育, 提供了良好的通风供氧条件, 利于煤层自燃及其发展; 第三, 降雨量少, 例如, 大黄山火区年降雨量为 239.2 mm, 而同期蒸发量却高达 1 487.3 mm。干燥少雨的气候使地下水、地表水资源十分匮乏, 潜水位低, 利于煤层自燃, 同时, 降雨量与蒸发量之间的巨大差异使煤层露头长期处于干燥状态或短暂湿润后又重新干燥的循环之中, 这种情形促进煤层氧化自燃。

### 1.2 地质因素

导致新疆煤田火灾的主要原因在于地质环境。新疆地区是地质活动较为剧烈的地区, 埋在地层中的水平煤层经过多次地质运动, 大多变为倾斜煤层, 流水冲刷和风蚀使煤层露头, 暴露出的煤层与空气接触, 产生氧化作用, 积热增温, 引发煤层自燃, 最终形成煤田火灾。

### 1.3 煤质因素

煤的燃点统计结果(表 1)表明, 在其它条件相似的情况下, 低变质煤比高变质煤易于自燃。煤的变质程度与煤火危害之间存在密切关系(表 2 与图 1)。压汞法及红外吸附光谱实验证明, 低变质煤中, 孔隙以大孔为主, 微孔较少, 便于氧气流通, 且含有较多富氧集团, 从而易于氧化; 高变质煤里富氧

\* 收稿日期: 2007-11-20

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点实验室开放课题(XJDX0201-2007-05); 新疆高校科研计划重点项目(XJEDU2004108)

作者简介: 罗淑政(1980-), 女, 山西五台人, 硕士研究生, 从事干旱区生态学研究. E-mail: luoshuzhengzhi@163.com

通讯作者: 玉米提·哈力克(1966-), 男, 维吾尔族, 新疆阿瓦提人, 博士(后), 教授, 从事干旱区恢复生态与景观规划研究.

E-mail: halik@xju.edu.cn

集团少,芳香结构化程度高,难以在低温下氧化自燃。新疆地区煤系为中下侏罗纪,煤层主要以低变质程度的长烟煤,不沾煤为主,在微观结构上易于氧气流通,是新疆煤田火灾的重要内因。

表1 不同变质程度煤的燃点<sup>[2]</sup>

种类	褐煤	长烟煤	气煤	肥煤	焦煤	贫瘦煤	无烟煤
燃点/°C	260~290	290~300	330~340	340~350	360~370	370~380	400

表2 煤的变质程度与煤火危害的关系统计表<sup>[2]</sup>

变质程度	煤田数目	煤火数目	年损失煤炭量/(kt/a)	煤火面积/km <sup>2</sup>	总损失煤炭量/万t
未变质煤	3	5	180		
低变质煤	37	75	7 775.63	660.62	385 161
中变质煤	13	22	4 659.97	56.67	32 306
高变质煤	2	2	1 000	2.21	4 512

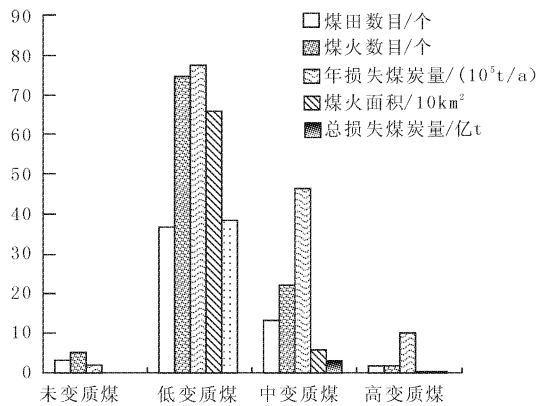


图1 变质程度与煤火危害的关系<sup>[2]</sup>

#### 1.4 人为因素

人为因素主要是小煤窑乱采滥挖,开采工艺落后,又无防火措施,为深部煤层提供供氧通风条件,使浅部煤层遭到严重破坏,因回采率低,丢失大量碎煤,在井下氧化发热,极易引发自燃。部分小煤窑着火就走,走了又开新井,又着火又走,以至酿成大面积煤田火灾。

## 2 新疆煤田火灾的危害

### 2.1 损失大量煤炭,造成大气污染

新疆每年因煤田火灾烧损的煤炭总量为1 003万t。煤田火灾中煤的燃烧释放出大量有毒有害气体和粉尘,根据煤的不完全燃烧理论计算,每年烧掉1 003万t煤炭,直接生成物和伴生物中,CO<sub>2</sub>为2 840万t、CO有64.19万t、SO<sub>2</sub>有10.03万t、大量的CH<sub>4</sub>和H<sub>2</sub>S等有毒有害气体及8.26万t的粉尘,同时还向大气中排放80万亿kJ的热量<sup>[3]</sup>。这些气体严重污染了大气环境。在低

空造成空气中有害物质严重超标;在中空对流层形成酸雨;在高空形成地球的温室效应。

### 2.2 破坏生态平衡

火灾所在区域因煤田火区燃烧,火区上部寸草不生,土质疏松,土壤有机质下降,雨雪冲刷后造成水土流失,加剧土壤的荒漠化<sup>[4]</sup>。火区烧毁了草场,有时甚至引发森林火灾,生物链被破坏,最终破坏该区域的生态平衡。

### 2.3 破坏水环境

在煤田火灾所在的区域,由于煤炭中的金属和非金属元素经高温燃烧形成酸碱化合物,对火区附近的地表水和浅层地下水造成污染,改变了水质,使重碳酸型的甜水变成了氯化物型的咸水或硫化物型的苦水,从而恶化了该地区的水环境。

### 2.4 破坏岩土环境的稳定性,引发地质灾害

因煤田火区燃烧,地表形成大片焦土和烧变岩,同时形成大范围的地面裂缝和塌陷坑,容易引发泥石流和山体滑坡。

### 2.5 影响矿井安全生产

煤田火灾常常引发煤矿火灾、井下瓦斯爆炸、粉尘爆炸、顶板陷落,造成人员伤亡,生产设备破坏,甚至被迫封闭井口,报废矿井。如哈密矿务局露天矿4号煤,1952年发生煤层自燃3处,每年投入灭火灌浆费用100余万元,煤层自燃烧坏了通过火区的铁路,干扰了矿井正常生产。伊犁吉伦台煤矿由于采空区管理环节薄弱,造成采空区末煤自燃引起煤田火灾,结果使通过火区的公路因地面塌陷而改道,且发生人员伤亡事故。

烧变岩对矿井生产造成严重威胁。煤层自燃形成的烧变岩具有极其发育的裂隙,是很好的透水层和含水层。因而烧变岩裂隙水是煤矿最危险的充水水源之一,经常造成煤矿突水。以白杨河矿区为例,区内烧变岩是主要煤层燃烧后形成的,位于侏罗纪含煤地层上部,矿区从东到西均有分布,影响深度由几十米到500m,宽度50m到千余米不等。经4个月连续观测结果表明,白杨河河水在流经烧变岩层时流量损失可达0.578m<sup>3</sup>/s,占总流量的18%。对西沟河8月份流量观测发现,月平均流量为0.093m<sup>3</sup>/s,流经烧变岩层后流量损失为0.027m<sup>3</sup>/s,占总流量的29%以上<sup>[2]</sup>。这些数字不仅说明了烧变岩是很好的透水岩层,而且表明它与地表水已经连通。若采煤过程中不慎开采至烧变层,或者遇到与烧变岩相通的断层,突水事故不可避免。

## 2.6 危害生物健康

煤层燃烧放出的大量有毒有害气体,除破坏植被外,还直接危害人类和其他动物的健康。燃煤释放出的有毒气体和粉尘、重金属铜、锌等致使火区居民易患各种呼吸道疾病、肠胃病及其它疾病。据调查,鼻炎、呼吸道疾病、肠胃病和传染病在和田、阿克苏、喀什、库尔勒和阿勒泰等地区普遍<sup>[5]</sup>。同时,农牧区的牲畜和野生动物也易受到煤火有害气体的污染。

## 3 煤田火灾的综合治理

### 3.1 探测煤田火区的方法

#### 3.1.1 磁异常探测法

煤层经过燃烧,顶底板及其夹矸受到强烈的高温作用后形成烧变岩体,顶底板中的铁质多数是赤铁矿( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、黄铁矿( $\text{FeS}_2$ )、菱铁矿( $\text{FeCO}_3$ )、褐铁矿( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )。随着烧变岩的形成它们大部分转变成磁性矿物,这种作用是在 $300 \sim 800^\circ\text{C}$ 的高温条件下产生的。磁场中从高温(居里点)冷却时将获得很强的磁性,这种磁性称为温差顽磁性或称热剩磁,用JTH表示。这种磁性体磁性稳定,没有外力作用是不会改变原有磁性的。

烧变岩强磁性体的形成,就是在场冷却的过程中实现的。它的磁化方向与地磁场方向相同,在火区观测到的异常就是由温差顽磁性形成的。所示还原带的烧变岩正处于降温阶段,还没有降到正常温度,所以它只能得到一部分剩磁。在熄灭带上观测到的磁异常最强;从熄灭带到燃烧带观测到的磁异常逐渐减弱;在挥发物涌出带和吸附水蒸发带上面观测不到磁异常,因为此时正处于磁畴排列混乱状态<sup>[6]</sup>。所以用磁法探测火区实际上它反映的是从发火带到熄灭带的范围。影响烧变岩石磁性的因素除上述温度和铁磁性矿物成分外,还与氧化物结构比例成分、颗粒大小、排列形态、分布的均匀程度等有关。

#### 3.1.2 自然电场法

煤层高温燃烧区有明显的自然电位负异常,煤自燃是一个氧化过程,在火区上能观测到有氧化还原电场存在。烟煤的电阻比较高,当它处于高温或燃烧时,使有机质发生化学分解作用,热分解的结果中出现炭青质,炭青质是一种电的良好导体<sup>[7]</sup>。因此,在火区上出现的自燃电场异常值比在煤层正常区的自然电位异常背景上出现的要高。自然电场法在煤层火区有实际应用价值,

其不足之处是观测深度有限,作定量推断时不够准确,可作鉴定煤层火区燃烧与熄灭之用。

#### 3.1.3 红外地面测温法

利用红外辐射测量物体的温度不必接触被测物体,也不会影响被测目标物的温度分布<sup>[8]</sup>。红外测温的特点是反应速度快,测温范围大,可以测量从摄氏负几十度到千度以上的温度范围。

### 3.2 灭火方法

#### 3.2.1 注水灭火

用水灭火有两个作用,一是水遇到高温的燃烧物体后很快汽化,形成大量的水蒸气,将燃烧体包裹起来,与空气隔绝断氧,使燃烧物体窒息达到灭火目的。二是水可吸收燃烧物体的大量热量,使燃烧物体快速降温,达到灭火目的。但在扑灭燃烧猛烈的大面积煤田火灾时,必须用大量的水向火区内浇灌,如果水量太小,水分子遇高温会分解成氢气和氧气,反而起了助燃作用。

煤田火灾处于地表或在地表以下埋藏不深,裂隙又非常发育,同时有充足的水源,即可采用注水灭火<sup>[9]</sup>。在治理艾维尔沟火区时就采用了注水灭火的方法。该火区只有一层6 m厚的煤层着火,燃烧煤层距地表8~20 m,距火区300 m多就是艾维尔沟河,有充足的水源,完全适合注水灭火。开始阶段注水灭火效果并不理想,原因是煤层的上复岩层裂隙不够发育,水不能完全浇灌到燃烧煤层上。后来采用爆破方法将上复岩层炸开,人为的增加裂隙,将燃烧层直接暴露出来,再注入大量的水,火灾很快就扑灭了。

#### 3.2.2 注浆灭火

注浆灭火就是将泥浆注入火区,利用泥浆把燃烧煤层包裹起来,与空气隔绝断氧,同时泥浆可使燃烧煤层迅速降温,达到灭火目的<sup>[9]</sup>。煤田火灾处于地表几十米以下,同时火区附近有充足的土源和水源,均可采用注浆灭火方法。

向火区内注浆需要有注浆通道,这个通道就是钻孔。注浆钻孔应布置成梅花形,沿煤层走向孔间距以10~15 m为宜。如用压力注浆,走向孔间距可加大到25~30 m。沿煤层倾向孔间距以25~30 m为宜。钻孔直径一般为108~146 mm。

泥浆浓度一般为1:4~1:8,为防止注浆时堵塞钻孔,应事先将泥浆中的草根、石子等杂物过滤掉,注浆灭火可分为自流注浆法、压力注浆法和压力分层注浆法3种。

自流注浆法是利用地形的坡度,通过管道、流槽或渠沟把搅拌好的泥浆送入灭火钻孔流入火

区进行灭火。

压力注浆法是利用泥浆泵把泥浆通过管道强行压入灭火钻孔。其优点是较自流注浆能更紧密地包裹燃烧体, 提高灭火效果。同时它可以扩大灭火面积, 减少灭火钻孔, 节约资金, 少花钱多灭火。

压力分层注浆法适用在多煤层地区, 由于小煤窑滥采乱挖, 往往造成几层煤同时发生火灾, 或者是下部煤层着火, 中间煤层有空洞无火。为了有效地向预定的着火煤层内注浆, 就可以采用压力分层注浆的方法。其方法是在灭火钻孔中再下一套管, 在套管上装一个分隔器, 当需要向哪一层注浆时就把分隔器下到哪一层, 而把其它煤层隔开, 之后用压力注浆法向孔内注浆即可。其优点是有效地利用泥浆, 不至于造成浪费, 同时可缩短工期, 加快灭火速度。

虽然这种方法灭火效果好, 但也存在许多问题: 土和水的用量大, 环境破坏严重; 浆液从高处向低处流, 难以防治高处火源<sup>[10]</sup>; 正在生产的工作面浆液泄流, 影响生产, 影响煤质。

### 3.2.3 砂土覆盖灭火

砂土覆盖灭火就是把砂土覆盖在火区上, 使火区与空气隔绝断氧, 造成火区窒息, 达到灭火目的。煤田火灾处于地表或在埋深较浅, 且地质构造简单, 煤层倾角平缓, 同时无水源而有充足的土源, 即可采用砂土覆盖灭火方法。

砂土覆盖厚度要视火灾的严重程度及其地形地质条件而定。一般经压实的砂土覆盖厚度可在 1~3 m 即可收到较好的灭火效果。哈密大南湖煤田火区, 地质构造简单, 煤层倾角不超过 10°, 煤层出露地表, 火灾就在地面上, 且火区周围近 50 km 无水源, 火区附近只有戈壁砂土可作为灭火材料。治理该火区时, 采用了砂土覆盖灭火法, 在 120 km<sup>2</sup> 的火区上覆盖砂土 247 km<sup>3</sup>, 平均覆盖厚度 2 m 左右, 灭火效果较好。

砂土覆盖灭火, 方法简单易行, 比较经济。缺点是火区内的高温散发较慢, 观测时间长, 如封闭不严, 有复燃的可能。

### 3.2.4 挖除火源灭火

该方法是把已燃烧煤层与未燃烧煤层分割开来, 将燃烧体搬走, 使未燃烧煤层无火源, 不能燃烧, 从而达到灭火目的。煤田火灾处于地表或埋藏很浅, 如处于上顶或山坡上更好, 且火区附近土源和水源都不充足的条件下, 可采用挖除火源的方法灭火。

### 3.2.5 综合灭火法

综合灭火法就是将几种灭火方法联合起来使

用, 灭火效果更为理想。如注水灭火、注浆灭火、挖除火源灭火之后, 再覆盖上砂土, 将煤层永久封闭起来, 确保不会死灰复燃。

### 3.3 火区的后期监测

为了巩固和保护灭火成果, 应对已灭火区继续进行动态监测, 随时了解和掌握火区现状。目前新疆已经建立了火区动态监测系统, 即煤田火区监测的 GIS 系统, 它是一种重要的监测手段<sup>[11]</sup>。

## 4 结语

扑灭新疆煤田火区后, 将保护煤炭资源不受火灾威胁, 每年可避免 1 003 万 t 的煤炭资源白白烧掉。这样在资源上可保证新疆煤炭工业的顺利发展, 为我国 21 世纪工业西部大开发, 特别是能源开发向西部转移, 确保可持续发展打下坚实基础。同时, 火灾扑灭后将改善火区的地形地貌环境, 有效地保护生态环境。

## 参考文献:

- [1] 李东英, 胡见义, 邱定蕃. 西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 43-64.
- [2] 管海晏, 冯·亨特伦, 谭永杰, 等. 中国北方煤田自然环境调查与研究[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1998: 12-48.
- [3] 齐德香. 新疆煤田火灾的危害及其防治[J]. 中国煤炭, 2005, 31(6): 34-52.
- [4] Umut Halik, Friedrich - K. Bandelow, Joerg Schulz. Socio - economic aspects of the local mining sector and alternative sources of income of the Helan Shan region in Ningxia and Inner Mongolia, China [C]//in Proceedings of the International Conference on Coal Fire Research, Beijing, 29 Nov. - 01 Dec. 2005. UNESCO Beijing, 200 - 202.
- [5] 刘连翠. 煤田火灾的危害及治理建议[J]. 中国煤田地质, 2002, 14(2): 83-84, 86.
- [6] 魏密, 戴王征. 应用高密度磁法测定灵武某煤田自然区范围[J]. 灾害学, 2005, 20(2): 92-95.
- [7] 杨永明. 综合物探手段在煤田灭火中的作用[J]. 中国煤田地质, 2004, 16(4): 55-56.
- [8] 张秀山. 新疆煤田火烧区特征及灭火问题探讨[J]. 中国煤田地质, 2004, 16(1): 18-21.
- [9] 刘宝龙, 周俊峰. 煤田地面灭火方法的探讨[J]. 露天采矿技术, 2005, (2): 35-36, 38.
- [10] 徐精彩. 内因火灾防治技术新取向[M]//谢和平. 可持续发展与煤炭工业. 北京: 煤炭工业出版社, 1998: 91-94.
- [11] RAG Aktiengesellschaft(eds.) Erarbeitung von Strategien zur Loeschung von Kohlebraenden in der VR China [R]. 2003, Essen/Germany, 1-37.

(下转第 70 页)