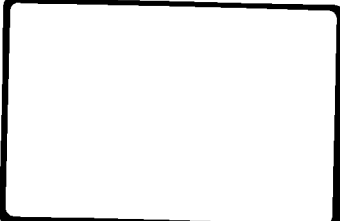


煤层自然发火 预测预报及防治技术

郭立稳 王福生 武建国 康志强 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



煤层自然发火 预测预报及防治技术

郭立稳 王福生 武建国 康志强 著



北 京
冶 金 工 业 出 版 社

2012

内 容 简 介

本书在分析煤层自然发火基本概念和理论的基础上,研究了煤层自燃倾向性的鉴定方法、煤层自然发火危险程度的综合评价、煤层自然发火预测预报指标气体分析方法;建立了煤层自然发火预测预报系统、开发了煤层自然发火预测预报模糊系统;最后介绍了煤层自然发火的防治技术。

本书主要供矿山企业的工程技术人员及管理干部使用,也可作为科研院所科研人员、矿业类专业大学本科生及研究生参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

煤层自然发火预测预报及防治技术/郭立稳等著.

—北京:冶金工业出版社,2012.6

ISBN 978-7-5024-5971-0

I. ①煤… II. ①郭… III. ①煤层—内因火灾—预测 ②煤层—内因火灾—预报 ③煤层—内因火灾—矿山防火 IV. ①TD75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 134435 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 李 雪 李培禄 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5971-0

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销

2012 年 6 月第 1 版,2012 年 6 月第 1 次印刷

148mm×210mm;6.25 印张;215 千字;191 页

29.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

据统计，在我国开采的煤矿中，存在自然发火危险的矿井占总矿井的50%左右，自然发火煤层占累计可采煤层数的60%，且自燃火灾发生的次数占矿井火灾总数的94%以上。尤其是近年来，重大火灾事故时有发生，给煤炭企业带来难以估量的负面影响，特别是有损于煤炭行业的社会形象，也严重制约着煤炭企业的健康发展。因此，火灾防治工作仍然是企业领导的一项常抓不懈、重要而艰巨的任务。

煤矿井下的煤层自燃产生的火焰和高温不仅直接对人身和设备造成危害，还可能引起瓦斯、煤尘爆炸，使灾害进一步加剧和扩大，导致生产设备、生产环境和煤炭资源的严重破坏，直接威胁井下工人的生命安全；煤层自然发火还会造成大量煤炭资源无法开采，降低煤炭开采率。而且随着开采深度的不断增加，煤的自然发火期逐渐缩短，开采时间不断增加，使煤柱、采空区遗煤的氧化程度不断加深，更缩短了煤的自然发火期。因此，研究煤层自然发火的预测预报及防治技术，可及时准确地发出火灾早期预报，采取防灭火措施，防止火灾事故的发生。

近年来，作者针对矿井火灾的预防技术展开了深入研究，完成了“开滦矿区自然发火规律研究”项目，并获得了国家安全生产监督管理局科技进步二等奖。本书是在此研究

II 前 言

成果的基础上增加了部分内容而形成的。

本书得以出版，是与河北联合大学矿业工程学院、开滦集团有限责任公司的大力支持分不开的，在此表示衷心的感谢。

本书在完成过程中，由于时间原因及作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请同行专家和广大读者提出宝贵意见。

作 者
2012 年 3 月

目 录

1 绪论	1
1.1 煤炭自然发火基本概念和理论概述	2
1.1.1 煤炭自然发火机理	2
1.1.2 煤的氧化自燃过程	4
1.1.3 煤的自然发火期	5
1.1.4 影响煤炭自然发火的因素	5
1.2 国内外研究现状	7
1.2.1 煤自燃倾向性研究现状	7
1.2.2 煤炭自然发火预测预报研究现状	11
2 煤层自燃倾向性鉴定及分类	18
2.1 煤样的采取与制备	18
2.2 实验系统和实验方法	19
2.3 开滦矿区各矿煤层自燃倾向性鉴定及分类	23
2.3.1 荆各庄矿煤层自燃倾向性分析	23
2.3.2 赵各庄矿煤层自燃倾向性分析	30
2.3.3 吕家坨矿煤层自燃倾向性分析	31
2.3.4 范各庄矿煤层自燃倾向性分析	33
2.3.5 钱家营矿煤层自燃倾向性分析	34
2.3.6 唐山矿煤层自燃倾向性分析	36
2.3.7 马家沟矿煤层自燃倾向性分析	37
2.3.8 东欢坨矿煤层自燃倾向性分析	39
2.3.9 林南仓矿煤层自燃倾向性分析	41
3 煤层自然发火危险程度的综合评价	43
3.1 煤层自然发火危险性评估指标的基础	43
3.2 煤层自然发火危险性的综合评估分类	44

3.2.1	潜伏期法	45
3.2.2	Feng、Chakravorty 和 Cochrane 方法	45
3.2.3	Olpinski 方法	46
3.2.4	Bystron 和 Urbanski 方法	47
3.2.5	修正过的 Bystron 和 Urbanski 方法	47
3.2.6	模糊聚类分类法	49
3.2.7	神经网络法	49
3.2.8	目前煤层自然发火危险性评估的现状	49
3.3	煤层自然发火危险程度指标体系的建立	50
3.3.1	煤的自然倾向性指标体系的建立	50
3.3.2	煤层地质赋存条件评价指标体系的建立	51
3.3.3	开采技术因素评价指标体系的建立	51
3.3.4	通风因素评价指标体系的建立	53
3.3.5	预防措施评价指标体系的建立	54
3.4	模糊聚类分析	54
3.4.1	数据的处理	59
3.4.2	逐步聚类分析法的基本思想	60
3.4.3	标定(建立模糊相似关系)	62
3.4.4	聚类	62
3.4.5	样本的聚类检验分析	63
4	煤层自然发火预测预报指标气体	66
4.1	煤氧化升温实验	66
4.1.1	实验系统	66
4.1.2	实验条件	68
4.1.3	气相色谱仪的工作原理	68
4.1.4	实验方法	69
4.2	开滦矿区各矿煤层自然发火预测预报指标气体	69
4.2.1	实验数据分析	70
4.2.2	指标气体的优选与应用	102

5	煤自然发火预测预报系统的建立	104
5.1	各指标气体可信度的灰色关联分析法	104
5.1.1	灰色关联分析	104
5.1.2	指标气体与煤温的灰色关联分析	107
5.2	预测预报系统的建立	113
5.2.1	预测指标数学模型的建立	114
5.2.2	预测系统的开发	120
6	煤自然发火预测预报模糊系统的研发	123
6.1	煤层自然发火模糊预测预报系统总体方案	123
6.1.1	煤层自然发火模糊预测预报系统硬件方案	124
6.1.2	煤层自然发火模糊预测预报系统软件方案	125
6.2	煤层自然发火预测预报模糊系统的检测环节	126
6.2.1	煤层自然发火预测预报系统检测环节的结构	126
6.2.2	煤层自然发火预测预报系统的气体检测	127
6.2.3	煤层自然发火预测预报系统的温度检测	135
6.3	煤层自然发火预测预报模糊系统的数据通讯环节	136
6.3.1	煤层自然发火预测预报模糊系统数据通讯环节的 局域网络构成	138
6.3.2	煤层自然发火预测预报模糊系统数据通讯环节的 网络设置	139
6.3.3	煤层自然发火预测预报模糊系统数据通讯环节的 FTP 通讯设置	139
6.3.4	煤层自然发火预测预报模糊系统数据通讯环节的 实时数据传输设置	139
6.3.5	模糊控制计算机实时数据采集	139
6.4	煤层自然发火预测预报模糊系统的控制环节	140
6.4.1	煤层自然发火预测预报模糊系统控制环节的硬件	140
6.4.2	煤层自然发火预测预报模糊系统控制环节的原理 和软件	140

7 煤层自然发火防治技术	158
7.1 开采技术措施	158
7.2 通风措施防治自然发火	159
7.3 介质法防灭自然发火	163
7.3.1 灌浆防灭火	163
7.3.2 凝胶防灭火	167
7.3.3 注氮防灭火	168
7.3.4 泡沫防灭火	174
参考文献.....	184

1 绪 论

能源是经济发展、社会进步的主要支撑条件。在世界一次能源消费中，化石能源（煤炭、石油、天然气）占 90% 以上。而在世界化石能源探明可采储量中，煤炭约占 $2/3$ ，石油、天然气分别占 $1/6$ 。众所周知，我国是世界上少数几个以煤炭为主要能源的国家之一。煤炭是我国的第一能源，也是重要的工业原料。目前，全国约有 75% 的工业原料，76% 的电能，80% 的民用商品以及 60% 的化工原料依靠煤炭。有关专家认为，到 2050 年化石能源仍是我国的主要能源，其中煤炭至少要占到 50%。因此，煤炭工业是支持我国经济发展和保障人民生活的基础产业。

伴随着煤炭产量的不断增加，可采范围的不断缩小，许多安全问题也随之产生。粉尘、瓦斯、火灾、噪声、高温正在困扰着企业的正常发展。

矿井火灾是煤矿的重大自然灾害之一。矿井火灾不仅能使矿井遭受巨大的物质损失，同时它也是导致井下职工伤亡的主要原因之一。矿井火灾根据引火的热源不同分为外因火灾和内因火灾（也称自燃火灾）。外因火灾一般发生突然、来势迅猛，如果不能及时发现和控制，往往会酿成重大事故。与外因火灾相比，内因火灾的发生，往往伴有一个孕育的过程，根据预兆能够早期予以发现。但是内因火灾火源比较隐蔽，经常发生在难以进入的采空区或煤柱内，要想准确找到火源并非易事，因此难以扑灭，以至火灾可以持续数月、数年甚至几十年至上百年之久，长期威胁着矿井的安全生产。有时燃烧的范围逐渐蔓延扩大，烧毁大量煤炭，冻结大量资源，使自然资源白白地浪费掉。如山西大同煤田露头煤的燃烧已持续 300 多年，至今尚未完全熄灭。

开滦（集团）有限责任公司始建于 1878 年，已有 100 多年的开采历史。开滦矿区包括开平煤田和蓟玉煤田的一部分（林南仓），煤

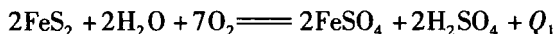
系地层为石炭二叠系，距今大约已有 2 亿 ~ 3 亿年，井田总面积约 870 平方公里。煤系地层主要由砂岩、粉砂岩、黏土岩等组成，含可采煤层 10 个，平均总厚度约 15m，含煤系数 5.43% ~ 10.22%，煤层倾角大部分为缓倾斜，部分为倾斜，局部地区急倾斜或倒转。开滦矿区矿井均采用竖井或斜井、集中大巷、阶段石门的开拓方式，采区布置以石门或集中上山为主，采煤方法多种多样，以走向长壁采煤法（其中有综采、综放、轻放、高挡、炮采）为主，另有伪斜柔性掩护支架、水力采煤等，局部急倾斜区还有较落后的高落式采煤方法（马家沟矿）。矿区平均开采深度为 700m，最深开采深度 1056m（赵各庄矿）。矿区地质条件复杂，井深巷远，开采条件困难，采煤方法多样，所辖各矿均有自然发火情况，而且自然发火越来越严重，发火期最短有的矿仅有十五天，严重地影响着矿工生命安全和矿井的安全生产，因此对煤的自燃倾向性进行系统鉴定、寻找不同煤层预测自然发火比较敏感的指标气体、探求煤炭自然发火规律、制定适合本地的防灭火措施是非常必要的。该项工作的开展不仅具有现实意义，而且具有重大的社会意义。

1.1 煤炭自然发火基本概念和理论概述

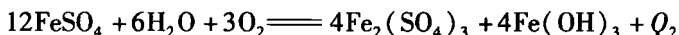
1.1.1 煤炭自然发火机理

煤炭能够自然发火是煤所具有的共性之一，只是不同的煤种具有不同的呈现，不同的条件具有不同的反应。煤炭的自然发火是一个极为复杂的物理化学变化过程。不少学者对此问题都进行了不懈的努力和探索，提出了各种假说，如黄铁矿作用学说、细菌作用学说、酚基作用学说、煤氧复合学说等。但是，通过实践与实验有的被否定，有的还不能圆满地解释煤炭自燃中所有现象。

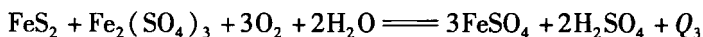
早在 20 世纪前半时期 Dr. Plot 提出了黄铁矿作用学说。他认为煤的自燃是由于煤层中的黄铁矿（ FeS_2 ）与空气中的水分和氧相互作用，发生热反应引起的。其反应式为：



而硫酸亚铁在潮湿的环境中可能被氧化成硫酸铁：



硫酸铁在潮湿的环境中作为氧化剂又和黄铁矿反应:



以上的反应都是放热反应,再者,黄铁矿在潮湿的环境中被氧化成 SO_2 、 CO_2 、 CO 、 H_2S 气体时,也都是放热反应。但其反对者也列举了不含硫的煤也发生自燃的实例。20 世纪 50 年代波兰学者 W. Olpinski 对波兰烟煤的考察表明:只有当煤中硫铁矿含量较高时(大于 1.5%),才具有自燃倾向性。Muck 认为,属于斜方晶系的硫化铁变态——白铁矿在煤的自燃过程中起着主导作用。但后来发现许多完全不含黄铁矿的煤层也发生了自燃,所以实践否定了这一学说的可信性。

1927 年英国人 M. C. Potter 提出了煤自燃的细菌作用学说。他认为在细菌的作用下,煤在发酵过程中放出一定热量对煤的自燃起了决定性的作用。为了考察细菌作用学说的可信性,有的学者曾将具有强自燃性的煤炭置于温度为 100°C 的真空环境里长达 20h,任何细菌都已死亡,然而煤的自燃倾向性并未减弱。因此可见,在煤的自燃过程中,细菌并没有起着决定性的作用。

前苏联的 В. В. Троицк 于 1940 年提出酚基作用学说。他认为煤的自燃是由于煤体内不饱和的酚基化合物强烈吸附空气中的氧,同时放出一定量的热量造成的。该学说的建立是基于对各种煤体中的有机物进行实验后,发现酚基类是最易氧化的。不仅在纯氧中可以氧化,而且与其他氧化剂接触时也可以发生作用。

以上各种学说的建立都是基于某一特定条件下而得出的结论,都有其局限性,目前绝大多数学者都赞同的一种学说为煤氧复合作用学说。煤氧复合作用学说认为煤的自燃是氧化过程自身加速的最后阶段,并非任何一种煤的氧化都能导致自燃,只有在稳定的条件下,在低温、绝热条件下,氧化过程的自身加速才能导致自燃。低温氧化过程的持续发展使反应过程的自身加速作用增大,最后如果生成的热量不能及时放散,就会引起自热阶段的开始。因此,煤发生自燃的必要条件是:

- (1) 易于低温氧化的粉煤或碎煤的堆积;

- (2) 存在着适宜的通风供氧条件;
- (3) 存在着蓄热的环境条件。

1.1.2 煤的氧化自燃过程

煤炭自然发火的原因, 目前比较普遍的看法是煤氧复合作用学说, 即煤在常温下吸收了空气中的氧气, 产生低温氧化, 释放微量的热量和初级氧化产物; 由于散热不良, 热量聚积, 温度上升, 促进了低温氧化作用的进程, 最终导致自然发火。其过程如图1-1所示。煤炭自燃一般要经过3个时期: 潜伏期、自热期和燃烧期。各阶段的特征如下:

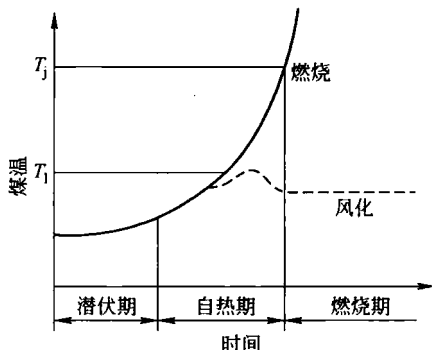


图 1-1 煤自燃发展过程示意图

具有自燃倾向性的煤与空气接触时, 吸附空气中的氧 (O_2) 而生成不稳定的氧化物羟基 (OH) 与羧基 ($COOH$)。此时氧化放热量很少, 观测不到煤体温度的变化, 也看不到其周围环境温度上升。煤的氧化进程平稳而缓慢, 但是煤的重量略有增加, 着火点温度降低, 化学活泼性增强, 这个阶段通常称之为煤的自燃准备期, 又称潜伏期。潜伏期长短取决于煤的变质程度和外部条件。经过潜伏期之后, 煤的氧化速度增加, 不稳定的氧化物分解成为水 (H_2O)、二氧化碳 (CO_2)、一氧化碳 (CO)。氧化产生的热量使煤温继续升高, 超过自燃的临界温度 ($60 \sim 80^\circ C$), 煤温上升急剧加速, 氧化进程加快开始出现煤的干馏, 生成芳香族的碳氢化合物 (C_xH_y)、氢气 (H_2)、一

氧化碳(CO)等可燃性气体,这就是煤的自热期。进入自热期后,如果煤温继续上升达到着火温度,就会导致煤的自燃,进入燃烧期。如果在煤温上升到临界温度以前,改变了供氧和散热条件,煤温会很快地降下来,这样便进入了风化状态,如图1-1中虚线所示。

从煤的自燃发展过程可见:煤的自燃实质上就是自身氧化加速的过程,其氧化速度之快,以致产生的热量来不及向外界放散,从而导致了自燃。所以,在煤的氧化急剧加速之前,做出准确的预测预报,及时采取措施,就能避免煤的自燃。

1.1.3 煤的自然发火期

煤炭自然发火是一渐变过程,要经过潜伏期、自热期和燃烧期三个阶段,因此,具有自燃倾向性的煤层被揭露后,要经过一定的时间才会自然发火。这一时间间隔叫做煤层的自然发火期,是煤层自燃危险在时间上的量度。自然发火期愈短的煤层,其自然危险性愈大。

从理论上讲,煤层的自然发火期定义为:从发火地点的煤层被揭露(或与空气接触)之日起,至出现《矿井防灭火规范》中定义的有关现象之一,或温度上升到自燃点为止,所经历的时间叫煤层的自然发火期,以月或天为单位。煤层最短自然发火期是指在最有利于煤自热发展的条件下,煤炭自燃需要经过的时间。

1.1.4 影响煤炭自然发火的因素

煤炭自然发火是一个复杂的物理化学过程,影响煤炭自然发火的因素较多,概括起来主要有如下几个方面:

(1) 煤的自燃倾向性。煤的自燃倾向性是煤自燃的固有特性,是煤炭自燃的内在因素,属于煤的自燃属性。《煤矿安全规程》规定煤的自燃倾向性分为三类:Ⅰ类为容易自燃,Ⅱ类为自燃,Ⅲ类为不易自燃。新建矿井的所有煤层的自燃倾向性由地质勘探部门提供煤样和资料,送国家授权的相关单位做出鉴定。生产矿井延深新水平时,也必须对所有煤层的自燃倾向性进行鉴定。其目的是使防止煤层自燃的技术措施在煤层最短自然发火期内完成,防止煤炭自燃。

煤的自燃倾向性主要取决于煤的变质程度、煤的孔隙率和脆性、煤岩成分、煤的水分、煤中硫和其他矿物质、煤中的瓦斯含量。

(2) 煤层的赋存地质条件。其中包括:

1) 煤层厚度与倾角。一般说来,煤层越厚,倾角越大,回采时会遗留大量浮煤和残煤;同时,煤层越厚,回采推进速度越慢,采区回采时间往往超过煤层的自然发火期,而且不易封闭隔绝采空区,容易发生自燃火灾。据统计,80%的自燃火灾是发生在厚煤层的开采中。

2) 地质构造。断层、褶曲、破碎带及岩浆侵入区等地质构造地带,煤层松软易碎、裂隙多,吸氧性强,也容易发生自燃火灾。

3) 煤层埋藏深度。煤层埋藏深度越大,煤体的原始温度越高,煤中所含水分则较少,自燃危险性较大;但开采深度过小时又容易形成与地表裂隙的沟通,也会在采空区中形成浮煤自燃。

4) 围岩的性质。煤层围岩的性质对煤炭自然发火也有很大影响。如围岩坚硬、矿压显现大,容易压碎煤体,形成裂隙,而且坚硬的顶板冒落难以压实充填采空区;同时,冒落后有时会连通其他采区,甚至形成连通地面的裂隙;这些裂隙及难以压实充填的采空区使漏风无法杜绝,为煤炭自然发火提供了充分的条件。

(3) 开拓系统。开采有自然发火危险的煤层时,开拓系统布置十分重要。有的矿井由于设计不周,管理不善,造成矿井巷道系统十分复杂,通风阻力很大,而且主要巷道又都开掘在煤层中,切割煤体严重,裂隙多、漏风大,因而造成煤层自然发火频繁。而有的矿井,设计合理,管理科学,使矿井的通风系统简单适用,在多煤层(或分层)开采时,采用联合布置巷道,将集中巷道(运输、回风、上山、下山等)开掘在岩石中,同时减少联络巷数目,取消采区集中上山煤柱等,对防止煤炭自然发火起到了积极作用。

(4) 采煤方法。采煤方法对自然发火的影响主要有回采时间的长短、采出率的高低、采空区的漏风状况以及近距离煤层同时开采时错距和相错时间等。合理的采煤方法应该是巷道布置简单、保证煤层

切割与留设煤柱少、煤炭回收率高、工作面推进速度快、采空区漏风少。这样可使煤炭自燃的条件难以得到满足，降低自然发火的可能性。

(5) 漏风条件。只有向采空区不断地供氧，才能促使煤炭氧化自燃，即采空区漏风是煤炭自燃的必要条件。但是，当漏风风流过大时，氧化生成的热量可被风流带走，不会发展成为自燃火灾，所以，必须既有风流通过且风速又不太大时，煤炭才会自然发火。采空区中、压碎的煤柱以及煤巷冒顶和垮帮等地点，往往具备这样的条件，因此这些地点容易发生自燃火灾。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 煤自燃倾向性研究现状

煤由常温发展到自燃是有它的内因和外因的。首先，煤具有自燃倾向性。据研究，煤的自燃倾向性主要取决于煤在常温下的氧化能力和物理特性。所以在外部条件相同时，有的煤能自燃，有的则不能。但是有同样自燃倾向性的煤层，在不同的生产技术条件下，有的发生自燃，有的则没有发生，这是由于外部条件所致。影响煤自燃倾向性的因素包括煤的碳化程度、煤的水分、煤岩成分、煤的含硫量等。基于以上各种因素，各国学者进行了各种试验研究，创建了不同的判断煤自燃倾向性的方法。但是多数还是以煤的氧化性为基础的方法，原则上可以分为两类：一是以确定煤炭低温时的氧化性为基础的方法，二是以确定煤炭高温时的氧化性为基础的方法。南非的基姆将现代的鉴定方法分为四种：着火温度法、绝热测热法、恒温测热法和吸氧量法。

着火温度法的实质是利用煤炭经过氧化后（空气或其他氧化剂），其着火温度（着火点）相对降低的原理进行分类的。绝热测热法利用在量热器中，煤和氧气接触，量热器的温度会随煤的氧化和温度升高而增加的原理制成的。恒温测热法因为没有考虑温度增加引起的自身放大效应，存在难以维持真正恒温条件的突出缺点，而没有被广泛应用于实验研究。吸氧量法是基于自燃是一个放热过程，氧化量

热量保持不变,因此对吸氧气的测定可以作为煤炭反应性和自燃倾向性指标的原理进行划分的。然而不管何种方法,都有其各自的优势与劣势。为了更好地预测煤的自燃倾向性,寻找自然发火规律,各国专家和学者利用上述方法进行了多种科学试验研究,提出了一系列预测自燃倾向性的指标,并进行了一些规律性的研究。

吴俊认为煤岩分析对研究煤的自燃倾向性至关重要。他通过对煤岩的显微组分及煤自燃始温与煤阶和煤岩粒度的关系进行分析得出:煤的微裂隙、微断裂是煤加速氧化自燃时氧的重要通道,而煤岩成分、煤岩类型及它们的微观特征对煤的自燃起着决定性的作用;煤中黄铁矿的含量和赋存状态对煤的自燃起到加速氧化的作用,而另一些矿物则对煤自燃起到惰化作用;镜质体上的氧化环可以作为预测煤自燃倾向性的煤岩指标之一。

Vedat Didari 认为,煤的自燃倾向性指标除应考虑固有因素外,还应考虑外在因素。他把土耳其 Zonguldak 煤田的 5 个区 22 个煤样进行相似分析,通过着火温度法与绝热测热法相结合的试验,利用 Feng 等研究的危险性指标对 Zonguldak 煤田进行鉴定,发现该处煤的自燃倾向性与外来因素(地质因素、采矿因素)及含水量关系相当大。

匹兹堡研究中心对 14 个煤层的 19 个烟煤样进行了试验,利用绝热测热法在绝热炉内进行了试验,评估了煤炭的自燃倾向性,得出着火点温度(SHT)越低,煤炭自燃倾向性越高的结论。

Charles P. Lazzara 等人进行了一项关于烟煤自燃倾向性的实验研究。试验用的 6 个 500cm³ 烧瓶被改装成能容纳一个微型压力传感器(0~103.5kPa)和一个气体取样口的容器。与烧瓶压力相关的每一个传感器的毫伏输出由一个换向开关和数字仪表来测量。6 种来自不同煤田的烟煤在干、湿两种情况下进行测试,并于 7 天后对气样进行色谱分析,发现最小着火点与 7 天后压力之间存在一种良好的关系: $SHT(\text{着火点}, ^\circ\text{C}) = 128.9 - 0.52\Delta p_7$ (Δp_7 单位为 mmHg, 1mmHg = 133.322Pa), 相关系数为 0.972。

D. Chandra 和 Y. V. S. Prasad 认为煤化作用对煤的自燃倾向性影响很大。他们根据煤层镜质体反射率、显微组分组成、挥发分产率及