

Nanfang Meikuang Wasi Choucai Yu Liyong Shiyong Jishu

南方煤矿 瓦斯抽采与利用 实用技术

● 刘益文 刘生龙 孙明新 编著

Nanfang Meikuang Wasi Choucai Yu Liyong Shiyong Jishu

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

南方煤矿瓦斯抽采与利用实用技术

编 著 刘益文 刘生龙 孙明新

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书以四川煤矿瓦斯抽采与利用技术为例,系统讲述了我国南方煤矿瓦斯赋存与抽采的知识,涉及瓦斯性质及赋存,瓦斯抽采、利用条件及设计要求,矿井瓦斯抽采方法,矿井瓦斯储量、瓦斯涌出量及可抽量预测,钻眼机具及抽采设备选择,抽采泵及生产系统建立,抽采系统安装、参数检测,矿井瓦斯利用与管理等内容。

本书可作为专科类院校煤矿开采与安全专业的教材,也可供从事煤矿生产、管理的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

南方煤矿瓦斯抽采与利用实用技术/刘益文,刘生龙,
孙明新编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.10
ISBN 978 - 7 - 5646 - 0395 - 3

I. 南… II. ①刘…②刘…③孙… III. 煤矿—瓦斯抽放
IV. TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 120278 号

书 名 南方煤矿瓦斯抽采与利用实用技术
编 著 刘益文 刘生龙 孙明新
责任编辑 刘红岗 陈 慧
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 334千字
版次印次 2009 年10月第 1 版 2009 年10月第 1 次印刷
定 价 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

四川煤矿生产主要为地下开采,由于煤炭资源赋存条件差,地质条件复杂多变,开采薄煤层、极薄煤层和大倾角煤层的矿井占矿井总数的70%,给煤矿机械化大规模开采带来了较大的影响。受煤炭资源赋存条件的制约,四川矿井生产规模小,97%的矿井是年设计生产能力小于30万吨的民营小煤矿。四川是全国煤矿瓦斯灾害的重灾区,目前高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井占矿井总数的35%以上。从储量分布上看,约占全省70%以上的保有储量是高瓦斯或突出煤层。随着矿井开采深度的增加及开采规模和开采强度的增大,瓦斯灾害成为严重威胁煤矿安全、制约安全生产、影响煤矿企业经济效益的重大问题。瓦斯事故是造成小煤矿较大事故、重大事故的主要危险因素,发生一次死亡3人及以上的事故中瓦斯事故最为突出。瓦斯事故的发生,不仅影响煤炭生产的正常进行,而且往往造成重大的生命财产损失和恶劣的社会影响。因此,防治瓦斯灾害,保障煤矿安全生产,是四川小煤矿开采首要和迫切的任务,而矿井瓦斯抽采是治理瓦斯灾害、防治煤与瓦斯突出的根本性措施。

长期以来,在四川省委和政府的领导下,在四川省安全生产监督管理局和四川煤矿安全监察局的支持下,经过省内外煤炭工业广大干部、工程技术人员和工人的共同努力,四川小煤矿的抽采瓦斯工作,从无到有,从小到大,从单纯的瓦斯抽放到瓦斯抽采利用,得到了迅速的发展,抽放瓦斯总量逐年增加,进行抽放瓦斯的矿井日益增多。

四川省小煤矿瓦斯抽采工作虽然取得了很大的进步,但总体而言技术力量还十分薄弱,为了满足四川小煤矿的瓦斯抽采和利用,促进矿井的安全生产,减少矿井瓦斯灾害和防治煤与瓦斯突出,必须培养大批矿井瓦斯抽采的技术人才。为此,四川矿山安全技术培训中心组织了部分从事煤矿瓦斯抽采科研技术服务的教师组成教材编写组,在总结省内外瓦斯抽采经验和科研成果,特别是近两年瓦斯抽采科研技术服务成功经验的基础上,结合四川小煤矿现状,编写了《南方煤矿瓦斯抽采与利用实用技术》培训教材,本教材也可供现场工程技术人员、管理人员参考。

《南方煤矿瓦斯抽采与利用实用技术》由刘益文任主编,刘生龙任副主编。各章的编者分别为:刘益文第二、四、七、十一章及附录;刘生龙前言,第一、三、十章;孙明新第五章;廖洪政第六章;蒋锐第八章;邬运美、肖亮第九章。教材在编写过程中得到了李维光教授、马心校教授、吕俊高高级工程师、王建湘教授级工程师等专家、教授及四川省安全生产监督管理局和四川煤矿安全监察局有关领导的大力支持和帮助,在此深表感谢。教材的编写参考了大量资料、文献,谨此一并表示感谢。

由于编写小组人员的能力有限,书中难免存在不足及错漏,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年8月

目 录

第一章 瓦斯性质及赋存	1
第一节 矿井瓦斯生成及其性质	1
第二节 煤层瓦斯的赋存	3
第三节 煤层的透气性	6
第二章 瓦斯抽采、利用条件及设计要求	7
第一节 瓦斯抽采与利用条件	7
第二节 矿井瓦斯抽采、利用的设计要求	7
第三节 瓦斯抽采、利用应达到的指标	10
第三章 矿井瓦斯抽采方法	13
第一节 穿层钻孔抽采	14
第二节 顺层钻孔抽采	18
第三节 巷道抽采	20
第四节 采空区抽采	22
第五节 钻孔封孔	26
第六节 软煤层抽采瓦斯	28
第四章 矿井瓦斯储量、瓦斯涌出量及可抽量预测	29
第一节 矿井瓦斯储量预测	29
第二节 矿井瓦斯可抽量预测	30
第三节 矿井瓦斯涌出量预测	30
第四节 矿井最大抽采量确定	35
第五章 钻眼机具及抽采设备选择	37
第一节 钻机选择	37
第二节 钻杆及钻头选择	40
第三节 钻头及钻进工艺	42
第四节 瓦斯抽采泵及抽采管道直径选择	56
第六章 抽采泵及生产系统建立	64
第一节 抽采泵	64
第二节 供电系统	65
第三节 供水系统	67
第七章 抽采系统安装	68
第一节 瓦斯抽采泵站	68
第二节 瓦斯泵房布置及附属设备	69
第三节 管道安装	77

第四节 瓦斯抽采附属设施安装	79
第八章 瓦斯抽采参数检测	92
第一节 抽采参数检测的必要性	92
第二节 瓦斯流量测定的仪器仪表	92
第三节 瓦斯流量测定方法	93
第九章 矿井瓦斯抽采管理	102
第一节 矿井瓦斯抽采组织机构管理	102
第二节 抽采系统管理	104
第三节 矿井瓦斯抽采安全管理	106
第四节 瓦斯抽采系统安全防范措施	106
第十章 矿井瓦斯利用与管理	113
第一节 矿井瓦斯供应对象及用气量计算	116
第二节 矿井瓦斯生产与使用平衡	120
第三节 矿井瓦斯的输配	130
第四节 矿井瓦斯储配站	139
第五节 矿井瓦斯应用	142
第六节 瓦斯利用安全管理	146
第十一章 矿井瓦斯利用案例	148
第一节 滴水岩煤矿概况	148
第二节 瓦斯抽采系统建设情况	148
第三节 瓦斯抽采利用效果	149
附录	150
附录一 矿井瓦斯基础参数	150
附录二 煤矿瓦斯抽采常用管道选择表	154
附录三 煤矿瓦斯抽采常用真空泵	162
附录四 煤矿瓦斯抽采常用钻机	165
附录五 瓦斯抽采及其方案服务矿井需提供资料	166
附录六 操作规程及安全措施	167
附录七 防治煤与瓦斯突出规定	177
附录八 保护层保护范围的确定	204
参考文献	207

第一章 瓦斯性质及其赋存

第一节 矿井瓦斯生成及其性质

瓦斯事故是煤矿各类重大、特大事故中占的比重最大、死亡率最高、损失最严重的自然灾害,也是煤矿安全生产的主要威胁。瓦斯事故主要包括瓦斯窒息、燃烧、爆炸、突出等。从历年瓦斯事故分析来看,事故次数和死亡人数最多的是瓦斯爆炸事故,其次是煤与瓦斯突出事故。

矿井瓦斯是指在煤矿建设和生产过程中,从煤、岩体中涌出的以甲烷为主的各种有害气体的总称。在描述瓦斯性质和防止瓦斯爆炸时,所说的瓦斯往往指的是甲烷,俗称沼气。矿井瓦斯的成分比较复杂,除甲烷(可达80%~90%以上)外,还含乙烷、丙烷等烃类以及 CO_2 和其他稀有气体,个别煤层含有 H_2 、 CO 或 H_2S 、 Rn 等气体。

一、瓦斯的生成

瓦斯的成因有多种假说,多数人认为,煤层瓦斯是腐殖型有机物在成煤过程中生成的。煤的形成大致可划分为两个阶段。

第一阶段,泥炭化阶段,是生物化学成气时期。在植物沉积成煤初期的泥炭化过程中,有机物在隔绝外部氧气进入的条件下,在其本身含有的氧气和微生物的作用下,进行着缓慢的氧化分解过程,生成的气体物质主要为 CH_4 、 CO_2 和 H_2O 。这一过程发生于地表附近,生成的气体大部分散失于大气中。随地层沉积厚度的增加,生物化学作用终止。

第二阶段,煤化作用阶段,是煤质变化成气时期。有机物在高温、高压作用下,挥发分减少,固定碳增加。这时生成的气体主要为 CH_4 、 CO_2 。这个阶段中生成的瓦斯,由于煤的物理化学性质变化和埋藏于地表以下而得以保存在煤层内。在以后漫长的地质年代中,随地层的隆起、侵蚀和断裂以及瓦斯本身在地层内的流动,一部分或大部分瓦斯扩散到大气中,或转移到围岩内(在适合的条件能形成煤气田)。所以不同煤田,甚至同一煤田的不同地点的瓦斯含量可能差别很大。

二、矿井内的有害气体及性质

矿井内空气中常见的有害气体有甲烷、二氧化碳、一氧化碳、二氧化硫、硫化氢等。

1. 甲烷(CH_4)

甲烷是无色、无味的可燃气体。甲烷比空气轻(即密度比空气小),具有强扩散性,其扩散速度是空气的1.34倍;在微风或无风的巷道中,由于瓦斯轻,易浮在巷道顶部,所以要规定风流的最低风速,防止瓦斯积聚。甲烷微溶于水,在1个标准大气压、温度 20°C 时,溶解度为3.5%。甲烷虽无毒,但当空气中 CH_4 的浓度大于50%时,能使人因缺氧而窒息死亡。

甲烷具有燃烧性和爆炸性。《煤矿安全规程》规定:矿井总回风巷或一翼回风巷风流中的甲烷浓度不得超过 0.75%;采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中的甲烷浓度不得超过 1%。 CH_4 具有温室效应,温室效应约为 CO_2 的 21 倍,因此瓦斯抽出来后要利用而不宜直接排放。

2. 二氧化碳(CO_2)

二氧化碳是无色、略有酸臭味的气体,易溶于水,属惰性气体,不助燃,对空气的相对密度为 1.52。二氧化碳对口腔、鼻、眼的黏膜有刺激作用,能刺激中枢神经,使呼吸加快。当空气中二氧化碳的浓度达到 3%时,人的呼吸急促,易感疲劳;5%时,耳鸣、呼吸困难;10%时,出现昏迷。

《煤矿安全规程》规定:采掘工作面进风流中,二氧化碳的浓度不得超过 0.5%;矿井总回风巷或一翼回风巷风流中,不得超过 0.75%;采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中,二氧化碳的浓度不超过 1.5%。

3. 一氧化碳(CO)

一氧化碳是无色、无味、无臭的剧毒气体,微溶于水,常温、常压下化学性质不活泼,有爆炸性。

一氧化碳有剧毒,对人体内的红血球所含血色素的亲合力较氧气大 250~300 倍。一氧化碳被吸入人体后与血素结合,阻碍氧与血色素的正常结合,造成人体组织和细胞缺氧,使人中毒以至死亡。

当空气中的一氧化碳浓度达到 0.016%时,数小时后人无或有轻微征兆;0.048%时,轻微中毒,耳鸣、头痛、头晕和心跳;0.128%时,经 0.5~1 h 能严重中毒,除有上述征兆外,出现肌肉疼痛、四肢无力、呕吐、意识迟钝,丧失行动能力;0.4%时,可致命中毒,丧失知觉、痉挛、停止呼吸、假死,经 20~30 min 后死亡。

经常在一氧化碳浓度略高于允许浓度的环境下劳动,虽短时间内不会出现急性症状,但由于血液和组织的长期缺氧和对中枢神经的侵害,也会引起头痛、眩晕、胃口欠佳、乏力、失眠等慢性中毒症状。

4. 硫化氢(H_2S)

硫化氢是一种无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体。易溶于水,1 个体积的水能溶 2.5 个体积的硫化氢。有剧毒,能使血液中毒,对眼及呼吸系统有刺激作用。

空气中硫化氢达到 0.000 1%时,能嗅到臭鸡蛋味;0.01%~0.015%时,人流唾液和清水鼻涕,瞳孔放大,呼吸困难;0.02%时,强烈刺激眼及喉咙黏膜,感到头痛、呕吐、乏力;0.05%时,经 0.5~1 h 失去知觉、抽筋、瞳孔放大,甚至死亡;0.1%时,很快死亡。

5. 二氧化硫(SO_2)

二氧化硫是无色、有强烈硫黄味及酸味的气体,易溶于水,对空气的相对密度为 2.22,对眼和呼吸器官有强烈的刺激作用。

空气中二氧化硫的浓度达到 0.000 5%时,人能嗅到刺激味;0.002%时,对眼睛和呼吸器官有强烈的刺激作用,眼睛红肿、流泪、咳嗽、头痛、喉痛等;0.05%时,引起急性支气管炎、肺水肿,在短时间内死亡。

6. 二氧化氮(NO_2)

二氧化氮是褐色、剧毒性气体。相对密度为 1.59,易溶于水并生成硝酸。二氧化氮对

眼、鼻、呼吸道及肺有强烈的刺激作用和腐蚀作用,可引起肺水肿。二氧化氮中毒有潜伏期,可能当时无明显感觉,经 6~24 h 后发作,咳嗽、头痛、呕吐、甚至死亡。

空气中的二氧化氮浓度达到 0.004% 时,2~4 h 内中毒症状不明显;0.006% 时,短时间内呼吸器官感到刺激、咳嗽、胸痛;0.01% 时,强烈刺激呼吸器官,严重咳嗽,声带痉挛,呕吐,神经系统麻木;0.025% 时,短时间内死亡。

7. 其他有害气体

氨(NH₃)是无色、有臭味的气体,相对密度为 0.6,易溶于水。氨极毒,刺激皮肤及上呼吸道,引起咳嗽、流泪、头晕,严重时能失去知觉以致死亡。空气中氨的浓度达 15.7%~27.4% 时能爆炸。《煤矿安全规程》规定的最高容许浓度为 0.004%。

氢(H₂)是无色、无味、无臭的气体,难溶于水,不能供呼吸,有爆炸性,最高容许浓度为 0.5%。

为了防止有害气体对人体和安全生产造成危害,《煤矿安全规程》第一百条对其安全浓度(允许浓度)标准做了明确规定,其中主要有毒气体的浓度标准如表 1-1 所列。

表 1-1 矿井空气中有害气体最高允许浓度

有害气体名称	化学符号	最高允许浓度/%
一氧化碳	CO	0.002 4
氧化氮(换算成二氧化氮)	NO ₂	0.000 25
二氧化硫	SO ₂	0.000 5
硫化氢	H ₂ S	0.000 66
氨	NH ₃	0.004

第二节 煤层瓦斯的赋存

一、瓦斯在煤体中的存在状态

在煤矿中,瓦斯有时专指甲烷。煤体之所以能保存一定数量的瓦斯,与煤的结构有密切的关系。煤是一种复杂的孔隙性介质,有着十分发达的、各种不同直径的微孔隙和裂隙,形成了庞大的自由空间和孔隙表面。因此,成煤过程中生成的瓦斯就能以游离状态和吸附状态存在于这些孔隙和裂隙内。

游离状态也称自由状态,这种状态的瓦斯符合自由气体定律,存在于煤体或围岩的裂缝和粗大孔隙内,即游离瓦斯量的大小与储存空间的容积和瓦斯压力成正比,与瓦斯温度成反比。

吸附状态的瓦斯按其结合形式的不同,分为吸着和吸收两种。吸着状态是指在孔隙表面固体分子引力作用下,气体分子被紧密地吸附于孔隙表面,形成很薄的吸附层;吸收状态是指气体分子紧密地充满于数埃(1 埃=10⁻¹⁰ m)到十几埃的微细孔隙内,和气体溶解于液体中的现象相似。吸附瓦斯量的大小,决定于煤的性质、孔隙结构特点、瓦斯压力和温度。

游离状态和吸附状态的瓦斯其含量在一定温度和压力条件下处于动平衡状态。条件变

化时,平衡随之变化。如当压力升高或温度降低时,一部分瓦斯由游离状态转化为吸附状态,这种现象称为吸附。反之如果压力降低或温度升高时,一部分瓦斯就由吸附状态转化为游离状态,这种现象称为解吸。

在煤层内,无论浅部还是深部,吸附的瓦斯量约占煤层瓦斯含量的 80%~90%,游离状态的瓦斯只占 10%~20%。但是在断层、大的裂隙、孔洞和砂岩内,主要为游离瓦斯。如果瓦斯的压力较高,采掘工作接近这些地点时,瓦斯在高压作用下,就能突然大量涌出,造成事故。

二、煤层瓦斯压力

煤层瓦斯压力是指煤层裂隙和孔隙中所含游离瓦斯的气体压力,即气体作用于孔隙壁的压力。它是煤层裂隙和孔隙内游离瓦斯热运动的结果。

煤层瓦斯压力是决定煤层瓦斯含量多少、瓦斯流动动力高低以及瓦斯动力现象的潜能大小的基本参数。在研究与评价瓦斯储量、瓦斯涌出、瓦斯流动、瓦斯抽采与瓦斯突出问题中,掌握准确可靠的瓦斯压力数据最为重要。

根据国内外大量的测量结果可知,在瓦斯带内,煤层的瓦斯压力随深度的增加而增加,多数煤层呈线性增加。瓦斯压力梯度随地质条件而异,在地质条件相近的块段内相同深度的同一煤层具有大体相同的瓦斯压力,可以按下式预测深部煤层的瓦斯压力:

$$p = mH \quad (1-1)$$

式中 p ——在深度为 H 处的瓦斯压力,MPa;

m ——瓦斯压力梯度,MPa/m,四川地区一般取 0.03~0.006。

一般情况下,煤层的瓦斯压力随深度的增加而有规律地增加,可能大于、等于或小于同水平静水压力。个别地区,如地质构造附近瓦斯压力可能异常。如杨村铺煤矿垂深 500 m 的石门内测得瓦斯压力为 4.17 MPa。可见,煤层瓦斯的压力应该以实际测量为准。

三、煤层瓦斯含量及其影响因素

瓦斯含量是指单位体积或单位质量的煤或围岩中自然含有的瓦斯量,是游离瓦斯和吸附瓦斯的总和,通常以 m^3/t 或 m^3/m^3 来表示,煤层瓦斯含量计算式如下:

$$X = \frac{abp}{1+bp} \times \frac{100 - A_{\text{ad}} - M_{\text{ad}}}{100} \times \frac{1}{1 + 0.31M_{\text{ad}}} + \frac{10Kp}{\gamma} \quad (1-2)$$

式中 X ——煤层瓦斯含量, m^3/t ;

a ——吸附常数,试验温度下的极限吸附量, m^3/t ;

b ——吸附常数, MPa^{-1} ;

p ——煤层绝对瓦斯压力,MPa;

A_{ad} ——煤的灰分,%;

M_{ad} ——煤的水分,%;

K ——煤的孔隙体积, m^3/m^3 ;

γ ——煤的视密度, t/m^3 。

煤层瓦斯含量的大小取决于成煤过程中生成的瓦斯量和煤层保存瓦斯的条件。煤的变质程度越高,生成的瓦斯量越多。根据实验室测定,煤层含有瓦斯的能力一般不超过 60

m^3/t 。也就是说,成煤过程中生成的瓦斯,大部分都已转移到围岩或大气中去了。所以决定煤层实际瓦斯含量的因素,主要是煤炭生成后保存瓦斯的条件,如煤的结构和物理化学特性、成煤后的地质运动和地质构造、煤层的赋存条件、围岩性质等。

四川上三叠统须家河组煤层瓦斯含量一般 $6\sim 7\text{ m}^3/\text{t}$,个别埋深 500 m、压力大的煤层瓦斯含量可达 $10\text{ m}^3/\text{t}$ 。

1. 煤的变质程度

煤的变质程度(通常以挥发分含量表示)不仅影响瓦斯的生成量,而且对煤的结构、孔隙率和吸附性等(即煤层储存瓦斯的能力)也有明显的影响。一般说来,不同煤田间的实际瓦斯含量与变质程度的关系没有一定的规律。同一煤田的瓦斯含量,可以随变质程度的增加而有规律地增长。所以,计算瓦斯含量的经验公式,只适用于本煤田或类似的煤田。

2. 煤层露头

煤层在形成后的地质年代中,如果有露头长时间与大气相通,瓦斯能沿煤层流动,逸散到大气中去,煤层的瓦斯含量就不大。例如,安徽闸河煤田成煤于石炭二叠纪,其后经过长期的风化侵蚀,虽然煤系地层在以后被第四纪冲积层所覆盖,没有近代露头,整个煤田的瓦斯含量还是很小。反之如果煤层没有通达地表的露头,瓦斯难以逸散,它的含量就较大。

3. 煤层的赋存深度

浅部煤层,特别是有露头存在时,煤层中瓦斯含量较少。一般来说,煤层的瓦斯含量随着深度的增加而逐渐增加。

4. 围岩性质

煤系岩性组合和煤层围岩性质对煤层瓦斯含量影响很大。如果围岩为致密完整的低透气性岩层,特别是顶板围岩致密完整,如泥岩、完整的石灰岩,煤层中的瓦斯就容易保存下来;反之,瓦斯容易逸散。典型的例子是大同煤田与抚顺煤田,尽管前者沉积年代早,碳化程度高,但是瓦斯含量比后者小得多。因为大同煤层的顶板为孔隙发达的砂质页岩、砂岩和砾岩,瓦斯容易逸散;而抚顺煤田的顶板为百余米厚的致密油母页岩和绿色页岩,大量瓦斯被保存下来,成为世界闻名的高瓦斯煤田。

5. 地质构造

地质构造是影响煤层瓦斯含量的重要因素之一。同一矿区不同地点瓦斯含量的差异,往往是地质构造因素造成的。地质构造附近的煤层遭到破坏,裂隙、孔隙发育,游离瓦斯含量增加。如果地质构造为圈闭型,围岩又致密,就能形成良好的瓦斯储存条件;反之,瓦斯能转移到其他地点或大气中去时,煤层瓦斯含量就减少。

闭合的和倾伏的背斜或穹隆,通常是储存瓦斯的构造;向斜轴部的瓦斯容易通过构造裂隙和透气性较好的煤层转移而减少。断层对煤层瓦斯含量的影响比较复杂:一方面要看断层(带)的封闭性,另一方面要看与煤层接触的对盘岩层的透气性。此外,火成岩侵入体附近,煤的碳化程度增高,煤层瓦斯含量可能增大。

6. 煤层倾角

瓦斯沿煤层层面流动比垂直层面流动容易,所以在相同条件下,煤层倾角越小,瓦斯含量越大。

7. 水文地质条件

甲烷在水中的溶解度很小。但是,如果煤层中有较大的含水裂隙或流通的地下水通过

时,经过漫长的地质年代,就能从煤层中带走大量瓦斯,降低煤层的瓦斯含量。

总之,影响煤层瓦斯含量的因素多种多样,必须根据具体情况做具体的调查分析,找出影响矿井瓦斯含量的主要因素,作为预测瓦斯含量和瓦斯涌出量的参考。

第三节 煤层的透气性

煤层瓦斯的可抽性取决于煤层的透气性,目前一般用煤层透气性系数 λ 和钻孔瓦斯流量衰减系数 α 来衡量。

一、煤层透气性系数 λ

煤层透气性系数是衡量煤层瓦斯流动与抽采瓦斯难易程度的标志之一。它是指在 1 m^3 煤体的两侧,瓦斯压力平方差为 1 MPa^2 时,通过 1 m 长度的煤体,在此 1 m^2 煤面上,每日流过的瓦斯量。测定方法是在岩石巷道中向煤层打钻孔,钻孔应尽量垂直贯穿整个煤层,然后堵孔测出煤层的真实瓦斯压力,再打开钻孔排放瓦斯,记录流量和时间。故煤层透气性系数的单位为 $\text{m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$ 。

二、钻孔瓦斯流量衰减系数 α

钻孔瓦斯流量衰减系数 α 是表示钻孔瓦斯流量随时间延续而呈衰减变化关系的系数。其测算方法是:选择具有代表性的地区打钻孔,先测量其初始瓦斯流量 q_0 ,经过时间 t 后,再测量其瓦斯流量 q_t ,然后按下式计算 α 。

$$\alpha = \frac{\ln q_0 - \ln q_t}{t} \quad (1-3)$$

式中 α ——钻孔瓦斯流量衰减系数, d^{-1} ;

q_0 ——钻孔初始瓦斯流量, m^3/min ;

q_t ——经过 t 时间后,钻孔瓦斯流量, m^3/min ;

t ——时间, d 。

对未卸压的原始煤层,瓦斯抽采的难易程度可划分为三类,如表 1-2 所列。

表 1-2 瓦斯抽采难易程度分类

类别	煤层百米钻孔瓦斯流量衰减系数/ d^{-1}	煤层透气性系数/ $\text{m}^2 \cdot (\text{MPa}^2 \cdot \text{d})^{-1}$
容易抽采	0.015~0.03	>10
可以抽采	0.03~0.05	10~0.1
较难抽采	>0.05	<0.1

第二章 瓦斯抽采、利用条件及设计要求

第一节 瓦斯抽采与利用条件

根据《煤矿安全规程》(2009)、《煤矿瓦斯抽采规范》(AQ 1029—2006)的有关规定,有下列情况之一的矿井,必须建立地面永久抽采瓦斯系统或井下临时抽采瓦斯系统,开展瓦斯抽采工作。

(1) 1个采煤工作面的瓦斯涌出量大于 $5\text{ m}^3/\text{min}$ 或 1个掘进工作面瓦斯涌出量大于 $3\text{ m}^3/\text{min}$,用通风方法解决瓦斯问题不合理时。

(2) 矿井绝对瓦斯涌出量达到以下条件的:

- ① 大于或等于 $40\text{ m}^3/\text{min}$;
- ② 年产量 $1.0\sim 1.5\text{ Mt}$ 的矿井,大于 $30\text{ m}^3/\text{min}$;
- ③ 年产量 $0.6\sim 1.0\text{ Mt}$ 的矿井,大于 $25\text{ m}^3/\text{min}$;
- ④ 年产量 $0.4\sim 0.6\text{ Mt}$ 的矿井,大于 $20\text{ m}^3/\text{min}$;
- ⑤ 年产量等于或小于 0.4 Mt ,大于 $15\text{ m}^3/\text{min}$ 。

(3) 开采有煤与瓦斯突出危险煤层的。

矿井瓦斯资源可靠、储量丰富,符合上述 3 个条件之一,并预计瓦斯抽采时间在 5 年以上,矿井瓦斯抽采系统抽采纯量稳定在 $2\text{ m}^3/\text{min}$ 以上的矿井,应建立地面固定瓦斯抽采系统。

《防治煤与瓦斯突出规定》规定:开采煤与瓦斯突出危险煤层的矿井,必须采取综合防突措施并达到要求指标。

不具备建立地面固定瓦斯抽采系统条件或矿井瓦斯抽采系统不能有效覆盖的局部区域需进行瓦斯抽采的,可采用局部瓦斯抽采,并在井下设置移动瓦斯抽采系统。

第二节 矿井瓦斯抽采、利用的设计要求

矿井瓦斯抽采利用工程是专项安全工程,必须体现安全第一、技术经济合理的原则,因地制宜地采用新技术、新工艺、新设备、新材料。其工程设计应由具有瓦斯抽采经验的单位和人员编制,其建立的地面固定瓦斯抽采设施、系统和井下设置的移动瓦斯抽采设施、系统,应符合现行《煤矿安全规程》的有关规定和国家现行的有关标准和规范的要求,经严格审查批准后方可实施。

新建矿井瓦斯抽采工程设计应依据经批准的井田勘探地质报告进行,并参照邻近或条件类似生产矿井的瓦斯资料,同时对瓦斯抽采的必要性和可行性进行论证;生产矿井应以本矿地质勘探资料、实测瓦斯基本参数为依据;分期建设、分期投产的矿井,瓦斯抽采工程可一

次设计,分期建设、分期投入使用。

瓦斯抽采工程应与矿井建设和生产准备工程同时设计、施工和建成投产,并保证有足够的预抽时间。瓦斯抽采工程设计应对瓦斯资源的利用进行评价,在年抽采量大于 1 Mm^3 时应提出加以利用的方案。

根据《煤矿瓦斯抽采工程设计规范》(GB50471—2008)规定,矿井瓦斯抽采与利用设计主要包括抽采瓦斯工程设计说明书、机电设备与器材清册、资金概算书和施工图纸四部分内容。

1. 抽采瓦斯工程设计说明书

(1) 矿井概况

主要包括:矿井地质与煤层赋存条件,煤炭储量,矿井生产能力与服务年限,矿井生产系统与巷道布置,采煤方法与顶板管理,通风能力与设备,煤的工业分析,矿井瓦斯涌出情况(包括瓦斯喷出和煤与瓦斯突出),煤尘爆炸指数,煤层自然发火期,矿井瓦斯等级鉴定,矿井瓦斯对安全生产的威胁等。

(2) 瓦斯基础参数测算

① 瓦斯来源分析

② 抽采本煤层瓦斯

煤层瓦斯压力,煤层瓦斯含量,矿井瓦斯涌出量,煤层透气性系数,矿井瓦斯储量,可开发瓦斯量及可抽瓦斯量,钻孔瓦斯流量及衰减系数,百米钻孔最大抽采量,钻孔抽采影响半径等。

③ 抽采邻近层瓦斯

开采层厚度,邻近层赋存条件,开采层与邻近层的间距,层间岩性,岩石移动角及卸压角,邻近层瓦斯含量,瓦斯储量,预计涌出量和可开发量等。

④ 抽采采空区瓦斯

采空区的范围,采空区形成时间,瓦斯涌出量、抽采量及其衰减变化等。

(3) 抽采瓦斯方案

① 选择抽采方式与方法

抽采类型:开采层抽采,邻近层抽采,采空区抽采和综合抽采。

抽采方法:钻孔法,巷道法和混合法。

抽采方式:煤层瓦斯抽采,卸压层瓦斯抽采。煤层瓦斯采掘卸压抽采(边采边抽、边掘边抽)和煤层瓦斯强化抽采(水力压裂、松动爆破、大直径钻孔等)。

② 抽采工程与工艺

采用钻孔抽采瓦斯时,应确定和说明钻孔(场)施工地点及方法,钻孔布置方式,钻孔长度、角度、直径、间距等参数,以及封孔材料及方法等;采用巷道法抽采瓦斯时,应确定和说明巷道布置、规格和支护形式,以及巷道密闭方式与材料等。

③ 预计抽采效果

包括:抽采区域与规模,抽采量与抽采率,抽采瓦斯浓度,抽采年限以及矿井安全状况改善效果等。

(4) 抽采系统与设备

主要包括:瓦斯管路(主管及支管)材质及管径的选择,管路阻力与流量计算,管路连接、布置与敷设,瓦斯泵流量、压力计算与选型,计量检测装置等。

(5) 瓦斯泵站

主要包括:泵房位置选择,泵房建筑,瓦斯泵及附属设备安装,监测与安全装置,给排水系统,泵房采暖、通风、照明、通讯、避雷、防火等。

(6) 抽采瓦斯监测

抽采钻孔(巷道密闭)、管路、瓦斯泵的抽采瓦斯浓度、流量、压力等参数的检测和控制方法与仪表,以及瓦斯泵房的瓦斯检查仪表等。

(7) 供电系统及设备

主要包括:井下与地面抽采系统的供电设备的选型,供电方式及供电系统。

(8) 劳动组织及施工管理

主要包括:抽采瓦斯机构及人员编制,瓦斯工程施工安全措施,工作制度等。

(9) 经济技术指标

主要包括:年抽采瓦斯量及利用量,矿井或采区抽采率,抽采瓦斯浓度,矿井原煤产量及劳动生产效率,技术经济效益分析等。

2. 机电设备与器材清册

详细列出整个瓦斯抽采工程所需要的全部设备和主要器材的名称、型号、规格、数量等。

3. 资金概算书

分类、分项地详细列出抽采瓦斯所需设备与材料的购置、安装、施工费用,土建工程费用,贷款利息,国家和上级规定的其他费用,并适当考虑备用费用、地区差价和管理费等,汇总投资总额。

4. 相关图纸

- (1) 矿井综合地质柱状图;
- (2) 抽放瓦斯系统图;
- (3) 泵站平面与管网(包括阀门、安全装备、检测仪表等)布置图;
- (4) 抽放钻场及钻孔布置图;
- (5) 泵站供电系统图;
- (6) 抽采泵站场地平面布置图;
- (7) 抽采瓦斯检测监控系统布置及施工图;
- (8) 安全设施安装施工图等。

5. 安全措施

- (1) 钻孔(或巷道)施工和抽采瓦斯过程中,防治瓦斯危害的安全措施;
- (2) 防止抽采瓦斯管路漏气、砸坏、带电、积水的安全措施;
- (3) 瓦斯泵前后的防回火、防回气、防爆炸的安全措施;
- (4) 地面瓦斯泵房防雷电、防火灾的安全措施等。

6. 瓦斯利用方案

主要包括:利用方式(民用或工业利用)、利用量、利用规模、主要设备(包括输送瓦斯管网、民用燃气具、储配站、调压站等设备,以及工业利用瓦斯时的相关设备),均衡、安全供气的主要措施和资金估算等。

7. 地面抽采瓦斯站的安全技术措施

- (1) 地面泵房防火

瓦斯是一种具有燃爆性质的气体,为防止泵房发生火灾或泵房外发生火灾波及泵房,规定泵房必须用不燃性材料建筑,泵房周围 20 m 范围内禁止堆积易燃物和存在明火。

(2) 泵站“三防装置”

井下抽采瓦斯的条件比较复杂。有的抽采地点(如旧区等)抽出的瓦斯浓度较低(有时低于 10%),加上抽采钻孔及抽采管路都有发生漏气的可能等因素的影响。抽采管路内的瓦斯浓度下降到瓦斯爆炸下限浓度的可能性也是存在的,而干式抽采瓦斯泵的叶轮无水环封闭,产生机械摩擦火花引爆瓦斯的可能也是存在的。为防止干式抽采瓦斯泵引爆瓦斯后沿管路向井下传播而破坏抽采系统和威胁矿井安全,所以在干式抽采泵吸气侧的管路中必须装设防回火、防回气和防爆炸作用的安全装置。

另外,在干式抽采泵出气侧的管路中,也必须装设防回火、防回气和防爆炸作用的安全装置,以防万一排空管侧瓦斯引爆后危及抽采泵及管路的安全。

防回火、防爆炸装置有多种类型,常用的主要有水封式、铜网式两种类型。

(3) 水封式防回火、防爆炸装置

正常抽采时,瓦斯气体通过水封装置被抽出,当管内发生瓦斯燃爆时,液体水可阻隔火焰传播;同时,爆炸冲击波将防爆盖(或胶皮板)冲破,释放能量,从而保护井下、泵房及地面用户的安全。

瓦斯抽采的矿井在其采掘工作面、采区、矿井投产验收时必须对瓦斯抽采工程同时验收,不合格者不得投产。

瓦斯利用设计内容包括:根据瓦斯抽采系统设计确定瓦斯利用量和利用方式,储气装置及容积、输配气方法、输气管路系统、安全及检测装置、利用工艺,绘制瓦斯利用工程系统布置图,编制设备材料清册、土建工程计划、资金概算、劳动组织及管理制度、安全技术措施等。

第三节 瓦斯抽采利用应达到的指标

根据“先抽后采、监测监控、以风定产”的瓦斯治理基本方针,凡是符合瓦斯抽采条件的高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井,必须实行“先抽后掘、先抽后采”,实现“抽、掘、采”平衡,其矿井和采煤工作面的瓦斯抽采达标。抽采达标的基本要求是:多措并举、应抽尽抽、抽采平衡、效果达标。

(1) 多措并举。地面抽采与地下抽采相结合。因地制宜、因矿制宜,把矿井(采区、工作面)投产前的预抽采、采动层抽采、边开采边抽采、老空区抽采等措施结合起来,实行“综合立体抽采”,全面加强瓦斯抽采抽放。如四川省仁寿县汪洋煤矿将“高位顶、底板孔裂隙瓦斯抽采与埋管抽采隅角瓦斯”等多种抽采方法相结合,很好地解决了采煤工作面隅角和尾巷的瓦斯超限等问题。

(2) 应抽尽抽。凡是应当抽采的煤层,都必须进行抽采,把煤层中的瓦斯最大限度地抽采出来,降低煤层的瓦斯含量。如四川省犍为县滴水岩煤矿、胜利煤矿、白鹤煤矿、陶家河煤矿等开采须家河组 0.3~0.5 m 的极薄煤层时,既对开采层的瓦斯进行了抽采,又对邻近的极薄且不可采煤层进行了抽采,较好地做到了“应抽尽抽”。

(3) 抽采平衡。就是要求矿井瓦斯抽采能力与采掘布局相协调、相平衡,使采掘生产活动始终在抽采达标的区域内进行。如芙蓉集团白皎煤矿将采掘规划、计划与瓦斯抽采的规

划、计划一并编制,始终保持采掘接替与抽采的连续进行。

(4) 效果达标。就是通过抽采,使吨煤瓦斯含量、煤层的瓦斯压力、矿井和工作面瓦斯抽采率、采煤工作面回采前的瓦斯含量,达到《煤矿瓦斯抽采基本指标》规定的标准。

矿井瓦斯抽采后,抽采指标应达到《煤矿瓦斯抽采基本指标》的规定(如表 2-1、表 2-2 所列)。

表 2-1 采煤工作面瓦斯抽采率应达到的指标

工作面绝对瓦斯涌出量 $Q/\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	工作面抽采率/%	备 注
$5 < Q \leq 10$	≥ 20	适用于相对瓦斯涌出量大于 $10 \text{ m}^3/(\text{t} \cdot \text{d})$ 的工作面,风排瓦斯量 $4 \sim 8 \text{ m}^3/\text{min}$
$10 < Q \leq 20$	≥ 30	风排瓦斯量 $\leq 7 \sim 14 \text{ m}^3/\text{min}$
$20 < Q \leq 40$	≥ 40	风排瓦斯量 $\leq 12 \sim 24 \text{ m}^3/\text{min}$
$40 < Q \leq 70$	≥ 50	风排瓦斯量 $\leq 20 \sim 35 \text{ m}^3/\text{min}$
$70 < Q \leq 100$	≥ 60	风排瓦斯量 $\leq 28 \sim 40 \text{ m}^3/\text{min}$
$Q > 100$	≥ 70	风排瓦斯量 $\geq 30 \text{ m}^3/\text{min}$

表 2-2 矿井瓦斯抽采率应达到的指标

矿井绝对瓦斯涌出量 $Q/\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	矿井抽采率/%	风排瓦斯量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
$5 < Q \leq 10$	≥ 20	$\leq 4 \sim 8$
$10 < Q \leq 20$	≥ 30	$\leq 7 \sim 14$
$20 < Q \leq 40$	≥ 35	$\leq 13 \sim 26$
$40 < Q \leq 80$	≥ 40	$\leq 24 \sim 48$
$80 < Q \leq 160$	≥ 45	$\leq 44 \sim 88$
$160 < Q \leq 300$	≥ 50	$\leq 80 \sim 150$
$300 < Q \leq 500$	≥ 55	$\geq 135 \sim 225$
$Q > 500$	≥ 60	≥ 200

采掘工作面在风速不超过《煤矿安全规程》规定的前提下,回风流中日常瓦斯浓度不得超过 0.8%。

突出煤层工作面采掘作业前必须将控制范围内煤层的瓦斯含量降到煤层始突深度的瓦斯含量以下,或将瓦斯压力降到煤层始突深度的煤层瓦斯压力以下。若没能考察出煤层始突深度的煤层瓦斯含量或压力,则必须将煤层瓦斯含量降到 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 以下,或将煤层瓦斯压力降到 0.74 MPa(表压)以下(采用放顶煤开采的易自燃煤层其瓦斯含量应降至 $6 \text{ m}^3/\text{t}$ 以下)。

抽采浓度规定:不利用瓦斯的浓度不得低于 25%,利用瓦斯的浓度不得低于 30%。

采用煤层瓦斯预抽的方式进行抽采的矿井,为了提高预抽效率,应采用“密钻孔、严封闭、综合抽”的抽采方式。

(1) 采用顺层钻孔抽采瓦斯时,预抽煤层瓦斯的吨煤钻孔量应达到表 2-3 所列的要求。