基于瓦斯抽采钻孔的瓦斯地质异常勘探

崔洪庆，朱加锋
（河南理工大学 安全科学与工程学院，河南 焦作 454000）

摘 要： 基于探明地质异常对煤层瓦斯均衡抽采和消除煤与瓦斯突出危险的重要性，通过具体实例，指出了利用瓦斯抽采钻孔开展生产地质勘探的必要性和可行性，提出了应用瓦斯抽采钻孔提供的单杆钻屑量、岩屑性质和瓦斯参数变化规律等瓦斯地质信息，及时发现异常，开展瓦斯地质预测的方法，阐述了由疏到密、均匀布设、优先施工煤层顶底板控制孔和完善施工记录等瓦斯抽采钻孔设计和施工的原则。分析表明综合利用瓦斯抽采钻孔开展瓦斯地质异常精细勘探是我国现实可行的瓦斯灾害防治技术。

关键词： 煤与瓦斯突出；瓦斯抽采；隐伏断层；生产地质勘探；瓦斯地质
中图分类号： TD713 **文献标志码：** A **文章编号：** 0253－2336（2011）02－0039－04

Exploration of Gas Geological Abnormal Based on Gas Drainage Borehole

CUI Hong-qing, ZHU Jia-feng
(*School of Safety Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo* 454000, *China*)

Abstract: Based on the importance of the explored geological abnormal to the seam gas balance drainage and extraction and to the coal and gas outburst danger elimination, with certain cases, the paper pointed out the necessity and feasibility of the gas drainage borehole applied to the production geological exploration. The paper provided that the application of the single rod drilling cutting quantity, rock cutting properties, gas parameter variation law and other gas geological information from the gas drainage borehole could on timely find the abnormal and conduct the gas geological prediction method. The paper stated the seam roof and floor controlled boreholes with a layout from sparse to dense, even arrangement and priority construction, the well construction records, the gas drainage borehole design and construction principle. The analysis showed that the comprehensive application of the gas drainage borehole to conduct the detail exploration of the gas geological abnormal could be a feasible gas disaster prevention and control technology in China.

Key words: coal and gas outburst; gas drainage; hidden fault; production geology exploration; gas geology

为了防治瓦斯灾害和回收利用煤层瓦斯，我国煤矿特别是高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井，通常需要施工大量的瓦斯抽采钻孔和瓦斯参数检测钻孔[1-2]。这些专用工程钻孔，客观上为生产地质勘探提供了工程条件。然而，在我国目前的煤矿生产实践中，在瓦斯抽采钻孔的设计和施工阶段，综合利用这些钻孔进行地质勘探的工作却很少开展，甚至有些矿井完全忽视了瓦斯抽采钻孔可能提供的地质信息，以及这些地质信息对发现隐伏断层，改善瓦斯抽采效果，避免瓦斯灾害的重要性[3-5]。因而，笔者分析了利用瓦斯抽采和检测钻孔开展地质勘探的必要性和可行性，提出瓦斯抽采钻孔综合利用原则，使瓦斯抽采和检测钻孔更好地发挥勘探效能，在煤矿地质灾害防治工作中发挥更大的作用。

基金项目：河南省基础与前沿研究资助项目（092300410211）

1 利用瓦斯抽采和检测钻孔开展地质勘探的必要性和可行性

在我国现有煤矿生产条件下，以煤层瓦斯抽采为代表的区域和工作面防突措施得到了普遍应用。然而，生产实践表明，如果不能有效探明地质异常，就无法保证煤层瓦斯抽采均衡，煤与瓦斯突出危险性也不能有效消除。以鹤壁煤业集团公司第六矿的瓦斯灾害为例进行说明。

鹤壁六矿 2143_1 工作面走向长 856 m，倾斜长 150 m。投产前，按照《防治煤与瓦斯突出规定》的要求，采取了区域和局部防突措施，分别采用了顺层钻孔、底板岩石抽放巷穿层钻孔预抽煤层瓦斯，共施工抽采瓦斯钻孔 2 271 个，总长度 87 148

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

m。然而，由于没有及时发现和处理一条隐伏断层，导致了瓦斯抽采不均衡和局部瓦斯富集，仍然发生了突出煤量 400 t、瓦斯 53 583 m^3，造成 9 人死亡的瓦斯灾害事故。

根据对瓦斯突出点的观察，2143_1 工作面煤与瓦斯突出发生在一条不渗透断层附近。该断层最大落差 4 m，为一上盘相对下降的正断式压扭性断层。断层产状沿走向和倾向均有较大变化，与 2143_1 运输巷揭露的一条断层呈雁行排列，断裂带附近煤层发生了强烈的揉皱和剪切破坏，产生了大量构造煤。由于断层附近瓦斯预抽钻孔施工过程中出现顶钻、夹钻等问题，以致断层上盘预抽瓦斯和检测钻孔没有施工到位，造成断层两盘煤层瓦斯抽采不均，在断层两盘煤层间形成了高瓦斯压差和高瓦斯含量差。当工作面自低瓦斯含量和低瓦斯压力的断层下盘煤层采至上盘时，积聚在断层上盘的高压瓦斯与构造煤一起，在采煤机割煤震动触发下，突然释放出来也就成了必然结果（图 1）。

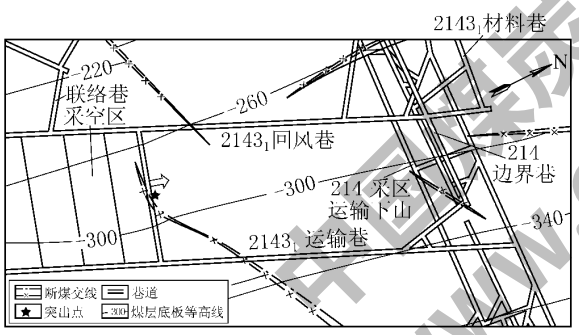


图 1　鹤壁六矿 2143_1 工作面及瓦斯突出点示意

因此，利用瓦斯抽采和检测钻孔开展瓦斯地质勘探是必要和可行的。

探测煤层中的地质异常特别是探测隐伏断裂构造是非常困难的。目前，我国现有的常规钻探和物探方法均不能满足煤矿生产的需要[6-7]。这不仅因为我国地质条件的复杂性和探查技术的局限性，更重要的是由于勘查成本和影响采掘作业等方面的问题，导致了我国煤矿专门用于地质勘查的钻探工程量严重不足。

然而，现行大量的瓦斯抽采和检测钻孔不仅为探查地质异常提供了前所未有的工程量，也为煤层地质构造的精细勘探提供了必要的工程条件。如果能够充分利用瓦斯抽采和检测钻孔的地质勘查作用，注意发现和认真记录瓦斯抽采和检测钻孔施工过程中出现的各种瓦斯地质异常现象，就可以通过地质分析手段，比较准确地预测隐伏断层等构造异常，为加强不渗透断层两盘的均衡抽采提供地质依据。结合鹤壁六矿的瓦斯灾害，若能够在 856 m × 150 m 的采煤工作面范围内，充分利用 2 271 个穿层和顺层瓦斯抽采钻孔的勘查作用，注意钻孔施工过程中出现的煤岩屑变化等瓦斯地质异常，完全可能提前发现回采工作面内的隐伏断层，并精确探明它的产状和规模，确保断层上下盘钻孔的均匀布设和瓦斯均衡抽采，也就有可能避免重大瓦斯灾害的发生。

2　瓦斯抽采钻孔综合利用原则

为了更好地发挥抽采钻孔的地质勘查作用，在瓦斯抽采钻孔的设计和施工中，应强调和遵循下列原则。

2.1　均匀布设钻孔

事实上，鹤壁六矿 2143_1 工作面发育有隐伏断层的情况，在我国并不十分罕见。煤矿生产实践和科学研究都证明，煤层中经常会发育一些穿层或顺层的构造断裂带[8-10]。由于地史时期沿着这样的构造断裂带大多发生过一次以上的强烈剪切和揉皱作用[11]，以致断裂带附近经常发育大量构造煤。构造煤不仅本身具有低强度、高瓦斯吸附量和卸压后快速解吸的特点[12-15]，而且通常构成阻隔煤层中游离瓦斯运移的不渗透条带[16]。所以，在瓦斯抽采过程中，如果钻孔布设不均或钻进不到位，可能造成不渗透带两侧的煤层瓦斯压力和瓦斯含量存在很大差异。当采掘巷道从不渗透带的低瓦斯压力（或低瓦斯含量）盘向高压（高含量）盘跨越时，就可能发生瓦斯异常涌出，甚至煤与瓦斯突出事故。因而，必须根据瓦斯抽采影响半径，尽可能均匀地布设煤层瓦斯抽采钻孔。特别要注意发现和探测煤层中发育的不渗透断层，要确保不渗透断层两盘瓦斯抽采钻孔布设均匀、控制到位，避免或消除不渗透断层两侧高瓦斯压差和瓦斯含量差。

2.2　保证有足够数量的钻孔控制顶底板

为了利用瓦斯抽采钻孔探明煤层中可能发育的隐伏断层，要设计足够数量的瓦斯抽采钻孔打至煤层顶板或底板，及时发现煤厚和煤层层位的变化，以求更好地探测和控制地质异常。

为了及时发现地质异常，瓦斯抽采钻孔的施工

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

应由疏到密，优先施工兼具探查煤层厚度和地质构造的顶底板控制钻孔。要根据瓦斯抽采钻孔提供的地质信息，认真做好地质分析工作。一旦发现地质异常，要做出准确的预测，利用更多的瓦斯抽采钻孔做出更精确的探测，并根据探明的地质条件，及时调整设计，优化瓦斯抽采钻孔孔位和钻孔间距，确保煤层瓦斯抽采均衡。

2.3　完善施工记录

瓦斯抽采钻孔施工队应配备或培训地质钻探专业技术人员。在瓦斯抽采钻孔的施工过程中，要由具备一定地质钻探专业知识的技术人员做好施工记录和地质分析工作。记录中不仅要包括钻孔位置、钻孔长度、钻进方位和钻孔仰（倾）角等数据，还应详细描述施工过程中出现的喷孔或煤炮等瓦斯动力现象，尽可能准确标明它们发生的位置。要注意观察和记录单杆钻屑量、煤岩屑性质的变化等，以便通过地质分析，准确判定瓦斯和地质异常发生的位置。

3　瓦斯抽采和检测钻孔地质信息的获取

现阶段我国煤矿用于瓦斯抽采和瓦斯参数检测的专用工程钻孔，一般是通过风钻、水钻或煤岩电钻等设备施工的。施工的钻孔长短不一，短则几米，长则一百多米。尽管现行设备施工的瓦斯抽采钻孔不能获取完整的煤岩芯，却完全可能提供煤层顶底板层位、煤层结构、瓦斯压力和含量等重要的定性或定量瓦斯地质信息。除了可以利用这些信息编制各种地质剖面图和平面图进行地质分析以外，还可以通过施工过程中出现顶钻、喷孔或响煤炮等瓦斯动力现象，判断瓦斯异常区的存在；通过统计单杆钻屑量，判断钻孔经过的不同位置的瓦斯压力相对大小；通过钻进期间返出的煤岩屑性质的变化，判断煤层结构和发现断层构造等。当有 3 个钻孔实际揭露了煤层中的隐伏断层、煤层顶板或底板等面状构造时，就可以根据几何作图或数学计算，比较准确地确定它们的产状。还可以应用数值模拟和 3D 成图等现代分析技术，对工作面煤层瓦斯抽采状况和钻孔分布以及钻孔控制程度进行深入而直观的分析和展示。

此外，还可以利用瓦斯抽采和检测钻孔观测瓦斯参数的变化情况，预测采掘巷道前方隐伏断层或分析已知断层的渗透性和断层附近瓦斯的赋存状态，进而指导断层两盘煤层瓦斯的抽采和跨越断层的采掘作业。

Karacan[17] 按照回采工作面范围内是否包含不渗透断层，分别建立了长壁回采工作面瓦斯抽采基础模型和不渗透断层瓦斯抽采模型，利用数值模拟的方法，揭示了在单一钻孔抽采瓦斯条件下，瓦斯抽采后长壁工作面回采过程中瓦斯涌出量的变化情况（图 2）。从图 2 中可以看出：如果没有不渗透断层存在，经钻孔预抽后，在抽采钻孔影响范围内，随着采掘工作面逐渐接近抽采钻孔，回采工作面瓦斯涌出量表现出有规律地逐步降低；如果存在不渗透断层，回采工作面瓦斯涌出量在不渗透断层两盘之间将形成明显的差异：工作面在抽采钻孔所在盘回采时，随着采煤工作面逐渐接近抽采钻孔，瓦斯涌出量急剧下降；而在另一盘，瓦斯涌出量则居高不下。因而，可以根据对不同位置钻孔瓦斯抽采量变化的情况，或通过检测抽采后不同位置煤层瓦斯含量或采掘工作面瓦斯涌出量的变化，判断回采工作面范围内是否存在不渗透断层。

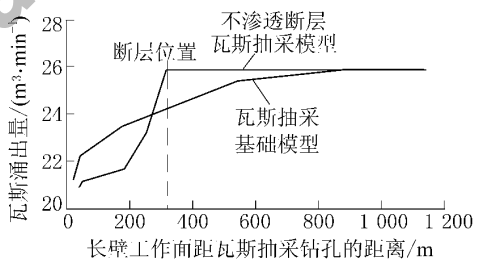


图 2　瓦斯抽采后长壁工作面煤层瓦斯涌出量的变化

图 3 是我国焦作演马庄矿在一条落差为 20 m 的张性正断层（渗透性断层）F147 附近，利用煤层瓦斯检测钻孔观测到的 F147 下盘综合指标 R 值变化情况，R 值是通过测定钻孔最大瓦斯涌出初速度和最大钻屑量，预测煤与瓦斯突出危险性的综合指标[18]。从图 3 中可以看到，距离 F147 张性正断层 50 m 范围内，为 R 低值区，表现为煤层瓦斯压

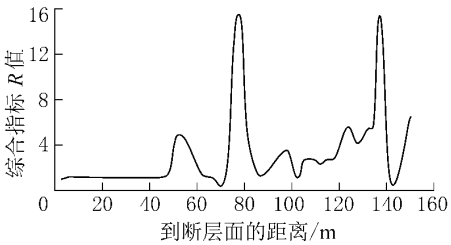


图 3　渗透性断层 F147 下盘煤层 R 值的变化情况

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

力和瓦斯含量下降，为构造应力释放带；50—85 m，R 值连续出现高峰值，为瓦斯含量和压力增高区；85 m 以外，预测指标出现上下波动，说明超出了断层影响范围。

由此可见，瓦斯抽采和检测钻孔能够提供十分丰富的瓦斯地质信息，注意提取和利用这些瓦斯地质信息，可以为煤层瓦斯抽采优化设计提供更加详实的瓦斯地质依据。

4 结　　语

综合利用瓦斯抽采和检测钻孔，更好地发挥它们的地质勘查作用，不仅十分必要，而且也是现实可行的技术方法。为了及时发现瓦斯地质异常，在瓦斯抽采钻孔的设计和施工中，应强调和遵循瓦斯抽采钻孔综合利用原则，要做到均匀布设钻孔，优先施工兼具探查任务的瓦斯抽采钻孔。在抽采钻孔施工过程中，要注意观察和记录瓦斯和地质异常现象，加强瓦斯地质分析工作。通过地质分析方法，及时发现隐伏断层，合理调整瓦斯抽采钻孔孔位设计，确保煤层瓦斯抽采均衡。

参考文献:

[1] 国家煤矿安全监察局．《防治煤与瓦斯突出规定》读本[M]．北京：煤炭工业出版社，2009：56－72.

[2] 石智军，姚宁平，叶根飞．煤矿井下瓦斯抽采钻孔施工技术与装备[J]．煤炭科学技术，2009，37（7）：1－4.

[3] 张志刚，郑志伟，文光才，等．顺煤层平行钻孔抽采瓦斯合理布孔参数的确定方法[J]．矿业安全与环保，2008，35（4）：5－7.

[4] 丁厚成，蒋仲安，韩云龙．顺煤层钻孔抽放瓦斯数值模拟与应用[J]．北京科技大学学报，2008，30（11）：1205－1210.

[5] 姚宁平．煤矿井下瓦斯抽采钻孔施工技术[J]．煤矿安全，2008，39（10）：30－33.

[6] 韩德品，赵　镨，李　丹．矿井物探技术应用现状与发展展望[J]．地球物理学进展，2009，24（5）：1839－1849.

[7] 胡千庭．预防煤矿瓦斯灾害新技术的研究[J]．矿业安全与环保，2006，33（5）：1－7.

[8] 李矿明，别玉平．煤层中顺层剪切带与瓦斯突出的关系[C]//第七次全国瓦斯地质学术年会论文集．北京：煤炭工业出版社，2007：45－47.

[9] 刘志刚，崔洪庆，蒋福兴．大明一矿巷道前方隐伏断层定量预测[C]//中国煤炭学会第五届瓦斯地质学术研讨会论文集．北京：煤炭工业出版社，1991：21－24.

[10] 宋志刚，张玉贵，张子敏．大平煤矿煤与瓦斯突出特征及影响因素分析[J]．煤矿安全，2009，40（4）：61－64.

[11] 刘志刚，崔洪庆，孙殿卿．断裂多期活动及其研究意义[J]．地质力学学报，1995，1（1）：76－81.

[12] 韩习运．平顶山矿区构造煤的分布规律及其对煤与瓦斯突出的影响[J]．中州煤炭，2009（7）：36－37，40.

[13] 琚宜文，李小诗．构造煤超微结构研究新进展[J]．自然科学进展，2009（2）：131－140.

[14] 张玉贵，张子敏，曹运兴．构造煤结构与瓦斯突出[J]．煤炭学报，2007，32（3）：281－284.

[15] 郭德勇，韩德馨，王新义．煤与瓦斯突出的构造物理环境及其应用[J]．北京科技大学学报，2002，24（6）：581－584.

[16] Beamish B B，Crosdale P J. Instantaneous Outbursts in Underground Coal Mines：An Overview and Association With Coal Type[J]. International Journal of Coal Geology，1998（35）：27－55.

[17] Karacan C Ö，Ulery J P，Goodman G V R. A Numerical Evaluation on the Effects of Impermeable Faults on Degasification Efficiency and Methane Emissions During Underground Coal Mining[J]. International Journal of Coal Geology，2008（75）：195－203.

作者简介：崔洪庆（1958—），男，辽宁营口人，教授，博士，主要从事构造地质、矿井地质、瓦斯地质等领域的教学和科研工作。Tel：0391－3986297，E－mail：hqcui@hpu.edu.cn

收稿日期：2010－09－10；责任编辑：王晓珍

（上接第 21 页）

[2] 窦林名，何学秋．冲击矿压防治理论与技术[M]．徐州：中国矿业大学出版社，2001.

[3] 潘立友，张立均，刘先贵．冲击地压预测与防治实用技术[M]．徐州：中国矿业大学出版社，2006.

[4] 齐庆新，史元伟，刘天泉．冲击地压粘滑失稳机理的实验研究[J]．煤炭学报，1997，22（2）：144－148.

[5] 窦林名，何学秋．煤岩冲击破坏模型及声电前兆判据研究[J]．中国矿业大学学报，2004，33（5）：504－508.

[6] 潘一山，章梦涛．冲击地压失稳理论的解析分析[J]．岩石力学与工程学报，1996，15（S）：504－510.

[7] 章梦涛．冲击地压失稳理论及数值模拟[J]．岩石力学与工程学报，1987，6（3）：197－204.

[8] 窦林名，曹其伟，何学秋．冲击矿压危险的电磁辐射监测技术[J]．矿山压力与顶板管理，2002，19（4）：89－92.

作者简介：于贵良（1966—），男，甘肃灵台人，高级工程师，主要从事现场冲击地压治理工作。Tel：0933－7727560

收稿日期：2010－11－15；责任编辑：曾康生

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net