



煤矿灾害防控新技术丛书

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

孙海涛 文光才 孙东玲 著

煤矿采动区 瓦斯地面井抽采技术



煤炭工业出版社

煤矿灾害防控新技术丛书

煤矿采动区瓦斯地面井抽采技术

孙海涛 文光才 孙东玲 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿采动区瓦斯地面井抽采技术 / 孙海涛, 文光才, 孙东玲
著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2017
(煤矿灾害防控新技术丛书)
ISBN 978 - 7 - 5020 - 5670 - 4

I. ①煤… II. ①孙… ②文… ③孙… III. ①煤矿—瓦斯
抽放—研究 IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 323475 号

煤矿采动区瓦斯地面井抽采技术 (煤矿灾害防控新技术丛书)

著 者 孙海涛 文光才 孙东玲
责任编辑 闫 非 张 成 郭玉娟
责任校对 姜惠萍
封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010 - 84657898 (总编室)
010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 北京玥实印刷有限公司
经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 19¹/₄ 字数 468 千字
版 次 2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷
社内编号 8533 定价 138.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换, 电话: 010 - 84657880

内 容 提 要

本书系统论述了煤矿采动区瓦斯地面井抽采的技术原理、采动活跃区地面井套管破坏力学机理、井型结构设计技术、布井位置优选技术、采动稳定区(封闭老采空区)瓦斯资源评估方法、地面井抽采条件下的瓦斯储运规律以及地面井的钻完井工艺和安全抽采保障技术,并对国内典型采动区地面井抽采案例进行了系统分析。全书共分6章,内容包括绪论、地面井抽采煤矿采动活跃区瓦斯技术、地面井抽采煤矿采动稳定区瓦斯技术、煤矿采动区地面井钻完井工艺、煤矿采动区瓦斯地面抽采系统及安全保障、工程实践案例分析。

本书可供高等院校采矿工程、瓦斯灾害防治工程、煤层气开发工程、安全技术及工程等专业的师生及从事煤矿安全和煤层气开发相关领域的科研、设计和工程技术人员参考使用。

前言

在未来较长一段时期内，煤炭仍将是我国的主体能源，在能源消费结构中的占比达 60% 以上。随着国内煤矿开采深度的增加和开采强度的增大，煤矿采掘接替紧张问题凸显，矿井瓦斯涌出量增大，瓦斯超限、突出事故风险增大，“安全矿山、绿色开采”的发展理念对当下煤矿瓦斯治理能力提出了更高的要求。

瓦斯抽采是煤矿治理瓦斯灾害的根本措施，是实现矿井安全生产的重要保证。我国的井下瓦斯抽采技术经过半个多世纪的研究实践，已经形成了相对完整的技术体系，在国内的煤矿安全生产建设中发挥了重要作用。井下瓦斯抽采技术工序多、采掘配套时间长，随着现代矿井机械化程度的提高，井下采掘生产能力不断增强，传统的井下抽采技术在煤矿瓦斯治理方面已捉襟见肘，限制了产能的充分释放。探索瓦斯抽采新技术、构建瓦斯治理新模式是高效治理煤矿瓦斯灾害、建立安全矿井的必由之路。其中，进行煤矿瓦斯地面井抽采技术研究，建立井上下空间立体式联合抽采瓦斯技术体系是一个可行的发展方向。

我国煤层普遍松软、低渗透性的特点决定了采用常规地面井技术进行煤矿瓦斯抽采面临压裂影响范围小、排采困难等诸多难题。煤矿井下开采会产生剧烈的岩层扰动，造成煤岩层的应力调整等采动影响，这将大大增加其邻近煤层的透气性，提高瓦斯的解吸效应。采动区瓦斯地面井抽采能够充分利用采动卸压的影响效应，高效率抽采工作面及邻近层涌出的卸压瓦斯，同时可以进行后续老采空区瓦斯抽采。但是，采动影响下采场上覆岩层的剧烈运动，造成施工于地层中的地面井受到严重地剪切、挤压和拉伸等影响，往往导致工作面推过地面井位置后井身迅速破断、堵塞，无法实现长期抽采；进行老采空区瓦斯抽采需要对其内部的瓦斯可采资源量进行评估，对地面井进行合理化的部署才能达到高效抽采的目的；采动区地面井特有的结构设计和防护工艺对地面井钻完井技术提出了新的要求，常规的地面钻井、完井技术无法直接移植套用；而且，采动区瓦斯抽采的特点决定了需要在避免地面抽采诱发井下发火等安全抽采方面进行重点考虑。因此，对煤矿采动区地面井的结构、布井、瓦斯资源评

估、抽采控制、高效钻完井等理论和技术进行研究，突破采动区瓦斯地面井抽采的关键技术难题，成为一项亟待解决的行业难题。

本书的主要内容是以作者为带头人的团队长期研究取得的成果，参与编写的人员还有李日富、林府进、付军辉、武文宾、陈金华、王然、曹偈等一批以基础研究、技术攻关、产品研发为主的学术和技术骨干。项目的研究工作得到了鲜学福、郑颖人、卢鉴章、胡千庭等院士和教授的指导，并得到了中华人民共和国科学技术部、国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局、国家自然科学基金委、重庆大学、中国人民解放军陆军勤务学院、山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司、淮南矿业（集团）有限责任公司、重庆松藻煤电有限责任公司等单位的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢！本书在撰写和出版过程中得到了中煤科工集团重庆研究院有限公司和煤炭工业出版社相关人员的热情帮助和大力支持。借本书出版之际，作者谨向给予本书出版支持和帮助的单位领导、老师、专家学者、参考文献作者和广大同仁表示衷心的感谢！本书出版得到了“大型油气田及煤层气开发国家科技重大专项（2008ZX05041-006、2011ZX05040-004、2016ZX05045-001）”、“国家重点基础研究发展计划（973）（2011CB201203）”、“国家自然科学基金（50904034、51374236）”等项目资助。

由于作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请广大读者给予批评指正。书中的一些观点还不成熟，缺乏进一步的规模化推广应用检验，克服这些不足也必将成为我们未来努力的方向。

著 者

2017年5月

目次

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 煤矿瓦斯抽采技术体系	3
1.3 煤矿采动区瓦斯地面井抽采技术原理	4
2 地面井抽采煤矿采动活跃区瓦斯技术	10
2.1 采动活跃区地面井“层面拉剪”变形破坏力学 作用规律	10
2.2 采动活跃区地面井井型结构优化	70
2.3 采动活跃区地面井高危破坏位置判识及安全防护	89
2.4 采动活跃区地面井布井位置优化选择	104
3 地面井抽采煤矿采动稳定区瓦斯技术	120
3.1 采动稳定区瓦斯储层及其空间范围计算方法	120
3.2 采动稳定区瓦斯资源评估方法	162
3.3 地面井抽采采动稳定区瓦斯储运规律	204
3.4 采动稳定区地面井优化设计	214
4 煤矿采动区地面井钻完井工艺	218
4.1 采动区地面井特殊钻井工艺	218
4.2 采动区地面井特殊完井工艺	223
5 煤矿采动区瓦斯地面抽采系统及安全保障	226
5.1 地面安全抽采系统	226
5.2 地面井运行安全保障措施	230
6 工程实践案例分析	234
6.1 引言	234
6.2 晋煤集团工程应用案例	234
6.3 淮南矿业集团典型矿井应用案例	264
6.4 松藻煤电集团石壕煤矿应用案例	271

附录 A 直接加法评估模型上下采区卸压围岩重叠体积 计算分析	280
附录 B 主要符号索引表	288
参考文献	297

1 绪 论

1.1 概述

我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国，2016 年我国生产原煤约 34.1×10^8 t，约占世界煤炭产量的 45.7%；消费标准煤约 27×10^8 t，占世界煤炭消费量的 50%；煤炭在我国能源消费结构的比重达到 62%，远高于 30% 的世界平均水平。煤炭行业是关系我国经济命脉的重要基础产业，近年来随着核电、水电、风电等新能源的兴起，煤炭在能源消费量中的比重有所下降，但今后相当长一段时间内仍将保持在 60% 以上水平，预计 2020 年全国煤炭消费量为 $(48 \sim 53) \times 10^8$ t。煤炭行业又是我国安全生产形势最为严峻的行业之一，我国也是世界上煤矿灾害最为严重、事故量最多的国家。在我国煤矿灾害事故中，尤以瓦斯事故为重（图 1-1）。我国井工煤矿数量约占 97%，在 887 对国有重点煤矿中，属于高瓦斯和突出的矿井占 39.2%，这些矿井的煤层自然赋存条件都是易于发生瓦斯灾害事故的。随着我国煤炭工业的迅速发展，煤矿开采深度的增加和开采规模的扩大，煤层瓦斯压力、瓦斯含量显著增加，矿井瓦斯涌出量增大，瓦斯的危害也日趋严重。2016 年，我国煤矿发生的较大以上事故中，瓦斯事故死亡人数所占比例达 57%（图 1-2），煤矿瓦斯灾害重大事故的形势非常严峻。

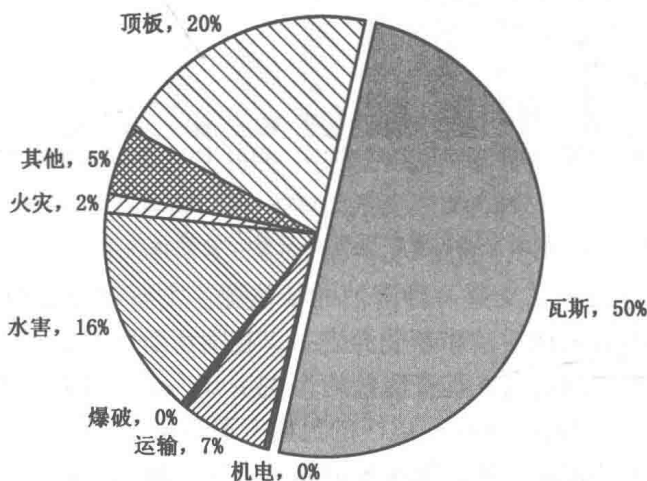


图 1-1 2006 年以来煤矿较大以上事故起数比例分布

煤矿瓦斯灾害事故以煤与瓦斯突出和瓦斯爆炸为最主要的表现形式，煤层瓦斯含量越高、突出危险性越大，矿井瓦斯涌出量越高、回采空间瓦斯浓度越高，瓦斯超限风险越高、发生瓦斯爆炸的概率越大。瓦斯抽采是煤矿治理瓦斯的根本措施，煤层及采空区瓦斯抽采可以大幅降低煤层瓦斯含量、显著减少矿井瓦斯涌出量，进而消除煤与瓦斯突出危险、杜绝瓦斯爆炸危险，是实现高瓦斯、突出矿井安全生产的重要保证。2006 年全国重点煤矿抽采瓦斯矿井数量达 267 对，全国瓦斯抽采总量达 26×10^8 m³，成为世界上抽采瓦斯矿井数和抽采瓦斯量最多的国家；2016 年全国进行瓦斯抽采的矿井达 2000 多对，抽采瓦

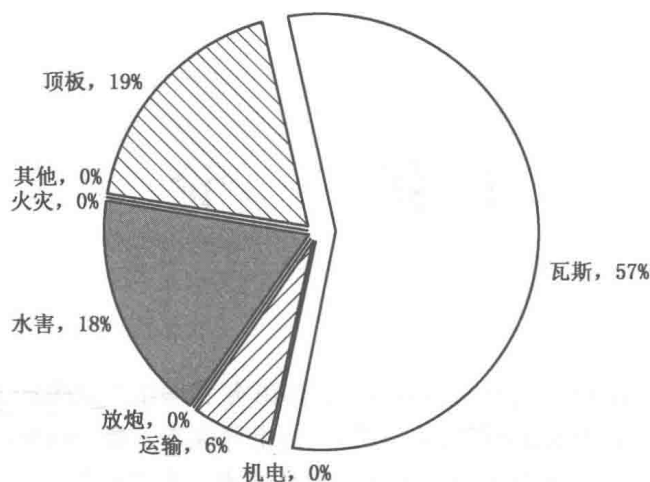


图 1-2 2016 年煤矿较大以上事故死亡人数比例分布

斯量 $155.55 \times 10^8 \text{ m}^3$ （其中井下抽采 $125.75 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，地面抽采 $29.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ ）。随着我国煤矿瓦斯抽采量的增加，煤矿瓦斯事故起数和死亡人数迅速下降，如图 1-3 所示。

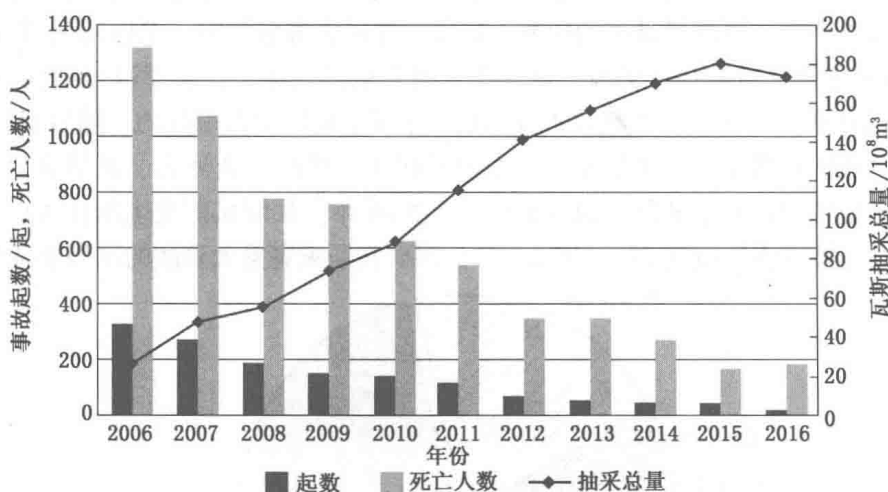


图 1-3 2006 年以来我国煤矿瓦斯抽采量与瓦斯事故数量的变化规律

煤矿瓦斯（又称煤层气）又是一种清洁的新能源，主要成分是甲烷（一般占 95% ~ 98%），是近 20 年来发现的优质洁净新能源之一。我国瓦斯资源极为丰富，根据煤炭资源勘探成果和煤层含气量实测资料，其资源量约为 $43 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，与天然气的资源量相当。其中，含气量 $4 \text{ m}^3/\text{t}$ 以上、埋深 2000 m 以浅的瓦斯资源总量为 $14.34 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，开发利用潜力巨大。随着我国经济的快速发展，能源短缺问题进一步加剧，瓦斯作为一种优质的非常规天然气资源日益受到重视。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》已经将“复杂地质油气资源勘探开发利用”列为优先支持主题。2008 年，“大型油气田及煤层气开发”国家科技重大专项正式立项，对油气、煤层气开发利用等重大技术及装备实施“十一五”至“十三五”连续三个五年规划的连续推动和科技攻关。2015 年 3 月，国家能源局发布《关于印发煤层气勘探开发行动计划的通知》，落实《能源发展战略行动计划（2014—2020 年）》，加快培育和发展煤层气产业。这些政策和举措推动了国内煤矿瓦斯开发利用技术的迅速发展，煤矿采动区瓦斯地面井抽采理论与技术的研究同样获得了长足发展，取得了一系列技术成果，并在部分矿区推广应用，治理瓦斯灾害和开发煤层气资源效果显著。

1.2 煤矿瓦斯抽采技术体系

经过几十年的发展,煤矿瓦斯抽采已经形成了包括井下抽采和地面抽采等多种方式的技术模式,其中地面抽采又可以分为采前地面井预抽采原始煤层瓦斯和采动区地面井抽采卸压涌出瓦斯。

井下抽采主要是通过通过在井下煤岩层中施工钻孔对煤层、顶板裂隙带及采空区内的瓦斯进行抽采。长期以来,这是我国进行煤矿瓦斯治理的主要方式,主要包括穿层钻孔抽采、顺层钻孔抽采、顶板钻孔抽采和采空区埋管抽采等多种方式,已经形成了相对完整的技术体系。但是井下抽采需要与煤矿井下的煤炭生产相协调,抽、掘、采等井下安全生产工序需要统一调配,大规模的井下抽采时间长、工序多,对生产进度会产生一定的影响。

采前地面井预抽采原始煤层瓦斯主要是利用排水降压解吸采气的原理对原始煤层的瓦斯进行抽采。20世纪90年代以来,该方式在我国发展迅速,是煤层回采前降低煤层瓦斯含量的主要方式,可以有效降低煤层回采期间的瓦斯涌出量和煤层的突出危险性,主要包括地面直井压裂抽采、地面井煤层内水平分段压裂井抽采、煤层顶(或底)板“梳”状水平井抽采、本煤层水平对接井抽采、定向丛式井抽采和定向羽状分支水平井抽采等。受成煤历史、地质构造影响,我国煤层赋存条件一般都比较复杂、煤层松软,“三低一高”(低饱和度、低渗透性、低储层压力、高变质程度)特点非常显著,这使得在我国进行采前地面井预抽采原始煤层瓦斯普遍存在地面井压裂半径较小、支撑剂的支撑效果较差、排采的高峰期较短、单井产量低等难题,完全依靠采前地面井预抽采原始煤层瓦斯来解决煤矿瓦斯涌出和突出危险问题经济成本高。

采动区地面井抽采卸压涌出瓦斯主要是充分利用煤层回采过程中的采动卸压效应,大量抽采涌出瓦斯,降低回采空间及后续采空区瓦斯超限风险,是近十年来逐渐发展起来的一种新型瓦斯治理方式。采动区瓦斯地面井抽采包括采动活跃区地面井抽采和采动稳定区地面井抽采。采动活跃区指煤炭开采过程中,岩层剧烈运动和应力扰动的区域,该区域对应地表沉降速度大于或等于 1.7 mm/d ;采动稳定区指煤炭采后岩层运动基本停止的区域,对应地表沉降速度小于 1.7 mm/d ,包括老采空区和废弃矿井。采动活跃区地面井在煤层回采前完成施工,进入采动影响区域后开始抽采涌出瓦斯,不影响井下生产,而且充分利用了采动卸压增透作用,后续对老采空区的抽采也可以进一步降低矿井瓦斯涌出量,主要包括采动活跃区地面直井(图1-4)抽采、采动活跃区地面“L”型顶板水平井(图1-

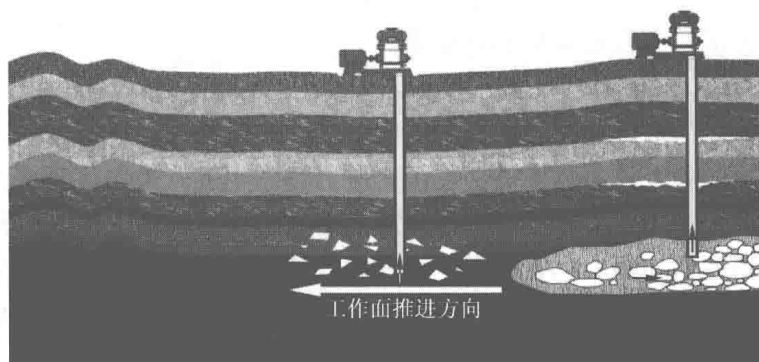


图1-4 采动活跃区地面直井

5) 抽采等方式。采动稳定区地面井在矿井封闭废弃后或者老采空区长期封闭后进行施工, 根据矿井采区分布和瓦斯富集情况进行布井抽采, 可以在有效降低矿井瓦斯涌出量的同时获得宝贵的清洁煤层气资源, 主要井型为地面直井 (图 1-6) 结构。

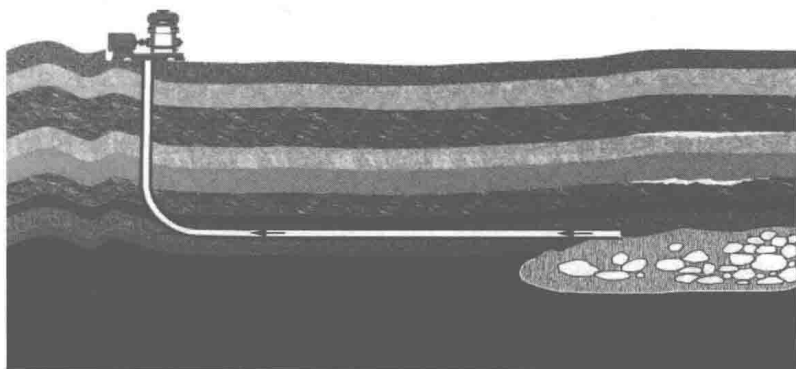


图 1-5 采动活跃区地面“L”型顶板水平井

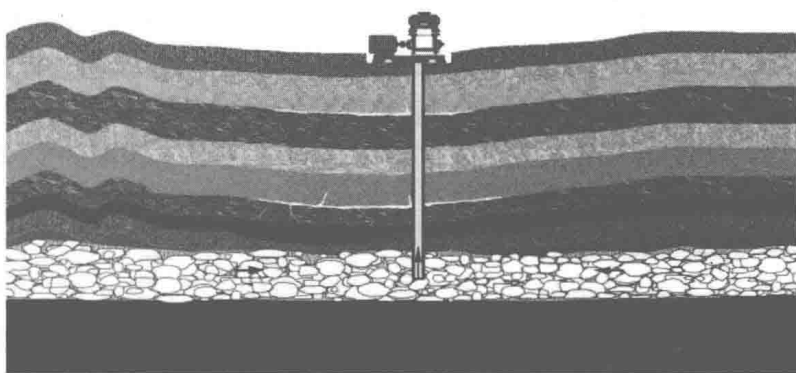


图 1-6 采动稳定区地面直井

1.3 煤矿采动区瓦斯地面井抽采技术原理

1.3.1 采动裂隙场分布及瓦斯赋存演化特征

采场覆岩裂隙场是采动区地面井的气源聚集区和产气导流通道, 煤层回采的不同阶段裂隙场的发育程度不同, 瓦斯涌出的来源及涌出规律也有很大区别。充分利用这一变化规律对采动区地面井抽采工程的成功非常重要。

1. 围岩采动裂隙场的形成

围岩采动裂隙场的形成是一个随开采空间的增大逐渐发展的动态变化过程。该过程可以简单描述如下: 随着工作面的推进, 在围岩应力场作用下, 采空区顶板发生分层运动的区域逐渐向周围扩大, 在扩大到顶板关键岩层之前在空间上形成一个高帽形态的采动裂隙场, 裂隙场的空间外形如图 1-7a 所示; 当分层运动区域发展到第一亚关键层时, 裂隙场向上的发展速度受到限制, 主要表现为向四周的扩展, 并逐渐在空间上形成一个马鞍形态的采动裂隙场 (图 1-7b); 当第一亚关键层垮落后, 顶板覆岩的分层运动影响区域又表现为向周围扩展, 并逐渐形成一个空间高帽形态的采动裂隙场, 直至遇到第二亚关键层,

覆岩裂隙场再次转变为向四周扩展的特点（图 1-7c）；如此反复，直到最终分层运动影响区域发展到主关键层，采动裂隙带将持续表现为随工作面的推进向四周扩展的特点，直至整个采区停采收作，并最终在采空区覆岩内形成一个马鞍形态的采动裂隙场。裂隙场最终空间形态如图 1-7d 所示。

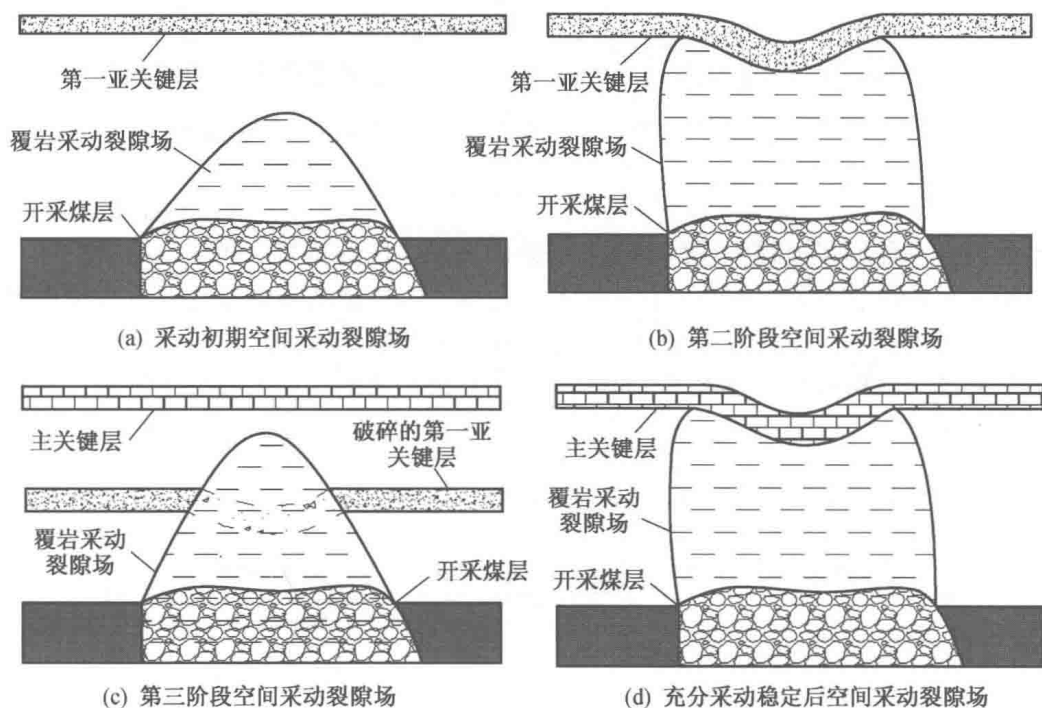


图 1-7 采动覆岩裂隙场不同阶段空间形态示意图

在充分采动条件下，采动裂隙场的范围呈明显的马鞍形，造成这种现象的原因是：开切眼和终采线处为采场永久开采边界，其顶板垮落充分发生的时间大大落后于采空区中央，而且垮落充分的程度也低于采空区中央，故开切眼和终采线处煤岩本身容易产生垮落过高现象。采场底板岩层内部应力场在采动影响下的变化规律和顶板相似，只不过在表现形式上，底板岩层一般为挤压鼓起而非垮落，而且由于顶板垮落岩块的堆压，采空区中部底板岩层的卸压程度和范围相对煤层顶板要小很多，因此其内部的裂隙场空间范围也要比顶板内部的小很多。

另外，采场离层裂隙主要存在于一些厚硬岩层的底部，而离层量的大小、最大离层位置在工作面推进过程中是不断变化的。离层裂隙场的范围及高度均随工作面推进不断增加，其与工作面之间近似呈线性关系，若岩性较软，离层裂隙发育高度大；若岩性较硬，离层裂隙发育高度较小。

2. 采动区瓦斯赋存分布的演化特征

煤层回采的不同阶段，采动区内的瓦斯来源、赋存状态、运移规律是不同的，总体上可以分为五个阶段，如图 1-8 所示。

第 I 阶段，瓦斯以采动影响煤层内的吸附状态为主，在采动卸压影响下正逐渐经历解吸过程，向游离态转化。

第 II 阶段，瓦斯以新鲜落煤、煤壁的涌出为主，主要是游离态，聚集在回采工作面的

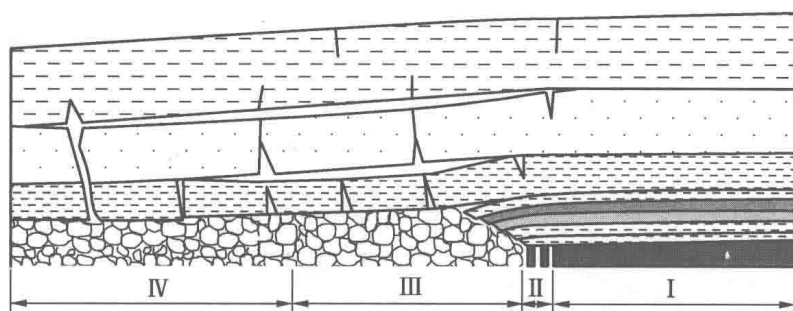


图 1-8 煤层回采的不同阶段

狭小空间内，并随回风流进入回风巷及第Ⅲ阶段新采空区的裂隙空间。

第Ⅲ、Ⅳ阶段，瓦斯以回采工作面的涌入瓦斯、采空区落煤解吸瓦斯及煤壁解吸瓦斯为主，以游离态存在并迅速向采场上方的裂隙场空间汇集、运移。

第Ⅴ阶段，垮落带处于基本压实状态，遗煤、煤柱等的瓦斯解吸趋于平衡，采场垮落带内的瓦斯大部分运移至采场裂隙带内的 O 型圈空间聚集区，如图 1-9 所示。

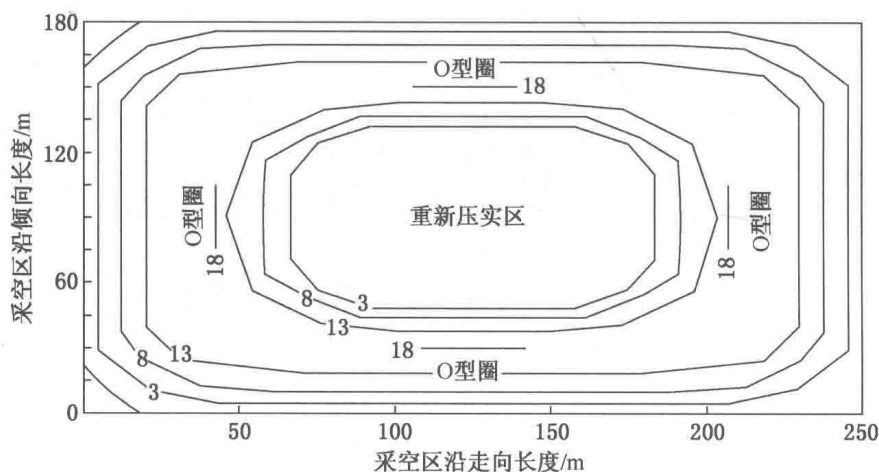


图 1-9 采动裂隙分布的 O 型圈

煤层回采的第Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ阶段总体上属于采动活跃区，该阶段内涌出的瓦斯是采动活跃区地面井抽采的重点；煤层回采的第Ⅴ阶段总体上属于采动稳定区，该阶段内赋存的瓦斯是采动稳定区地面井抽采的重点。

3. 采动区瓦斯地面井抽采基本原理

采动区瓦斯地面井抽采主要是利用煤层开采的卸压增透效应提高瓦斯的解吸效率，利用采动裂隙场的导流作用进行涌出瓦斯的高效抽采，利用地面井地面施工、可连续抽采的特点进行采动活跃区和后续采动稳定区涌出瓦斯的持续抽采。

由压力拱理论可知，煤层开采过程是一个逐步引起周围岩层垮落、移动、旋转、变形，形成拱形的卸压区域的过程。煤层开采后，在回采空间周围一定范围内地应力进行重新分布，形成较大范围的卸压区域。在该区域内岩层发生离层，开采煤层及下部岩层承压状态由原来承受整个上覆岩层压力变为仅承受开采卸压区域内地层的压力，应力水平大大降

低,煤岩层在一定范围内产生不同程度的膨胀变形,煤层孔隙和裂隙增加,煤层瓦斯在环境应力降低和煤层渗透性增加的条件下快速解吸,向回采工作面等自由空间涌出,这就是煤层开采“卸压增透效应”。而在卸压区的外围形成一个支撑压力区,即集中应力区,集中应力区之外则是原始应力区及应力恢复区。采场围岩应力状态分布如图1-10所示。

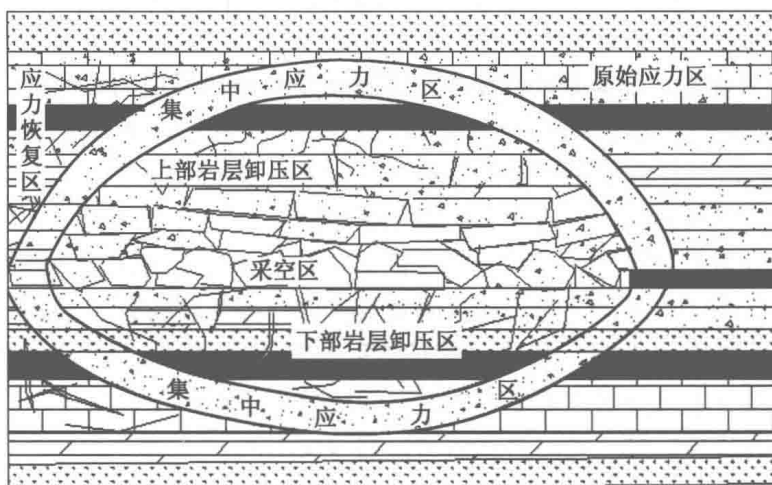


图1-10 采场围岩不同应力状态分布示意图

伴随煤层开采后顶板岩层的垮落,采场覆岩的离层裂隙和断裂裂隙逐渐向上发展并形成采动裂隙场,是瓦斯流动的优良通道。煤层回采前在地表施工地面井至将形成采动裂隙场的中部区域(采动活跃区地面井)或者在采动裂隙场形成并趋于稳定后,施工地面井至采动裂隙场中部区域(采动稳定区地面井)进行负压抽采,井下回采空间或采空区内的卸压涌出瓦斯在地面井井底负压作用下经采动裂隙通道进入地面井,被迅速抽采到地面,如图1-11所示。

地面井在地面施工,集输管道在地面部署,具有不受井下空间限制、施工方便、不影响井下生产等优势。这使得地面井随回采工作面的推进进入采空区区域后仍然可以继续抽采采空区涌出瓦斯,有效降低采空区瓦斯涌出量。

1.3.2 采动活跃区瓦斯地面井抽采技术

采动活跃区地面井主要用来抽采煤层回采期间工作面及后续采空区内的涌出瓦斯。该类地面井采前在地面施工,回采工作面推进到地面井位置附近时开始进行抽采,回采工作面推过后继续抽采采空区的涌出瓦斯,从而最大限度地降低工作面区域瓦斯超限风险。由于采动活跃区地面井从地表至开采煤层贯穿了整个覆岩区域,采动影响下采场覆岩的剧烈岩层运

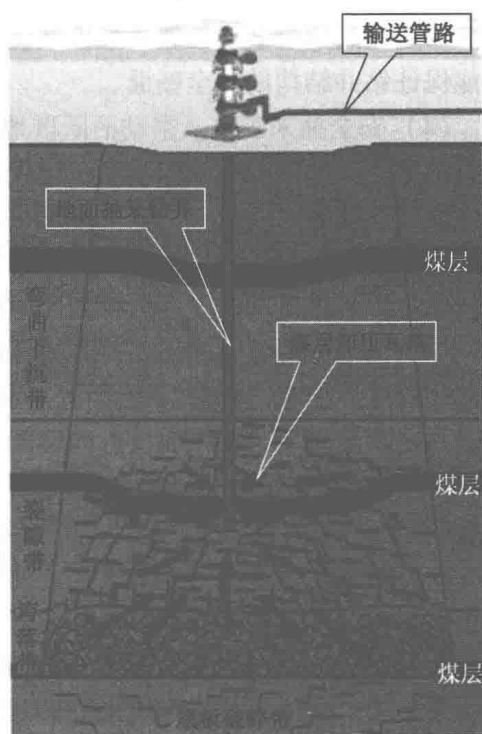


图1-11 地面井抽采采动区瓦斯原理

动对地面井的井身结构会产生严重影响,地面井切断、堵塞的事故频繁发生,严重影响了地面井的有效抽采时间和井下瓦斯的治理效果。完善地面井井身结构,提高地面井的井身抗破坏能力;优化地面井的布井位置,在回避采动影响严重区域的同时兼顾抽采效果较佳区域,解决地面井受采动影响损坏的难题是采动活跃区地面井有效抽采面临的主要问题。

进行采动活跃区瓦斯地面井抽采必须对地面井各级井身套管的管径、壁厚的水泥环参数等进行逐级优化设计,对布井位置进行优选,主要涉及以下四个方面的技术问题:

(1) 布井位置优选:煤矿采动活跃区地面井由于要经历煤层回采的过程,受采动影响下的采场上覆岩层剧烈运动影响严重,因此地面井的布井位置应选择采场上覆岩层移动对地面井影响最小的区域;而且由于通常要连续进行采动稳定区抽采,需要特别考虑井下工作面推进及工作面通风的影响,以提高抽采效果。

(2) 钻井及井身结构优化:煤矿采动活跃区地面井井身结构优化的根本目的是保证地面井在采动影响下保持贯通,进而提高抽采效果。该井各井段的分级深度对地面井的抽采效果及结构稳定性有重要影响。套管的管径、壁厚和钢级等决定了套管的抗拉剪破坏能力。水泥环的厚度及配比参数决定了水泥环对岩层挤压应力的缓解效果。固井工艺的不同会使得地面井不同井身位置受到的岩层运动影响程度不同。

(3) 地面井高危险破坏位置安全防护:在采场进行地面井的最优布井区域选择可以回避多数地面井的高危险破坏位置,但岩层移动分布受岩层特性影响具有一定的区域分布性,布置在采场最优布井区域的地面井仍然存在少部分井身位置处于岩层移动的高危险影响区。这些高危险破坏位置采取区域优化布井措施不能完全规避,需要施加特殊防护措施才能保证钻井结构的安全畅通。

(4) 安全抽采工艺:采动活跃区地面井抽采的瓦斯浓度一般变化较大,涉及防火、防爆、防冻、排水等安全抽采难题,为保证抽采安全可靠,需要依据国家及行业相关规定建设地面井安全抽采系统,并实现标准化运行管理。

为了充分发挥每一口地面井的抽采效能,“一井三用”技术正越来越引起人们的重视。该技术主要是在煤层处于远景规划区时即按一定的部署施工地面预抽井,进行采前地面井预抽煤层瓦斯;待煤层进入矿井开拓区后,对采前预抽地面井进行技术改造,扩大射孔段的射孔密度,形成适用的筛孔结构,同时对套管内的排采设施进行移除和井身清洗;待煤层进入回采阶段后,利用改造后的地面井进行采动活跃区卸压涌出瓦斯抽采;待煤层回采完毕,采空区封闭后,继续利用该地面井进行后续采动稳定区瓦斯抽采,减少矿井瓦斯涌出量。由于采前预抽瓦斯地面井和采动区地面井的采气原理不同,其对地面井的布井区域、井身结构、完井工艺和采气工艺的要求区别很大,必须在地面井设计之初对多种因素进行综合考虑,才能实现煤层瓦斯的“一井三用”地面井连续抽采。

1.3.3 采动稳定区瓦斯地面井抽采技术

采动稳定区地面井主要用来抽采封闭采空区及废弃矿井涌出的瓦斯。该类地面井一般是沿用原区域进行采动活跃区瓦斯抽采的地面井或者在封闭采空区所在的采动稳定区域直接施工地面井,穿透采动破裂岩层区域进入采动裂隙场,抽采积聚的涌出瓦斯,从而降低矿井瓦斯涌出量,同时获取优质的煤层气资源。由于回采工艺、抽采条件的差异,可抽采瓦斯量的赋存具有很大的差异性,在不同区域布置的采动稳定区地面井抽采效果也不尽相同,而且采动稳定区破碎的煤岩体在地面井负压抽采过程中极易形成漏气自循环的抽采状

态,影响抽采效果。建立适用的可抽采瓦斯量评价方法、选择最佳的地面井布井区域和设计适用的地面井井身结构,解决地面井抽采过程中面临的可抽采瓦斯量不清、抽采效果不稳定的难题是进行采动稳定区地面井抽采面临的主要问题。

进行采动稳定区瓦斯地面井抽采必须对区域可抽采瓦斯量进行准确评估,对瓦斯富集区进行优选,对地面井的井身结构进行合理化设计,主要涉及以下四个方面的技术问题:

(1) 可抽采瓦斯量评估:对目标区域瓦斯量进行评估是采动稳定区瓦斯抽采首先要完成的工作。评估过程中,首先对采场卸压范围进行分析,划定评估范围;然后确定采场瓦斯来源种类,选择合理的资源量评估模型;最后确定遗留煤炭资源量、遗煤残余瓦斯含量、孔隙体积等模型参数的合理取值,进行采动稳定区瓦斯量的合理评估。

(2) 布井位置优选:地面井布井位置选择主要考虑采动稳定区瓦斯储集空间分布及地面井抽采控制范围等方面。

(3) 井身结构优化:地面井井身结构设计需要考虑钻井施工的经济合理性、固井质量的密闭可靠性和钻井终孔位置的合理性等方面。

(4) 钻完井工艺优化:为保证地面井抽采效果,采动稳定区地面井钻进施工应以减少对采动裂隙场导气通道的破坏和污染为第一原则。