

煤炭科学研究总院西安研究院资助出版

煤矿

MEIKUANG
JINGXIAWASI CHOUCAI(FANG) ZUANKONG
SHIGONG XINJISHU

井下瓦斯抽采(放)钻孔 施工新技术

石智军 胡少韵 姚宁平 等 编著



煤炭工业出版社

TD712
W-981

本院西安研究院资助出版

煤矿井下瓦斯 抽采(放)钻孔施工新技术

石智军 胡少韵 姚宁平 等 编著

煤炭工业出版社

·北京·

内 容 提 要

本书内容共分六章。第一章绪论，介绍了煤矿井下瓦斯抽采（放）的意义、钻孔的分类、钻孔施工的条件；第二章煤矿井下钻孔设备、钻具新进展，较详细地介绍了煤炭科学研究总院西安研究院近年来研制的多种全液压坑道钻机的结构性能以及坑道钻机性能检测试验台、矿用外平摩擦焊钻杆、插接式螺旋钻杆、胎体式 PDC 钻头的研制及应用情况；第三章高位瓦斯抽采（放）钻孔施工技术以部分煤矿企业为代表，分析高位瓦斯抽采（放）钻孔的定向工艺原理、常用装备机具的选择和施工状况；第四章本煤层瓦斯抽放钻孔施工技术介绍不同煤层赋存条件下的瓦斯抽采（放）方式和钻孔施工技术，其中既包括适用于硬煤的沿煤层长钻孔定向钻进技术，也包括适用于软煤的螺旋钻杆钻进、三棱形钻杆钻进和空气钻进等方法的使用情况；第五章介绍的穿层钻孔施工技术是用于治理松软突出煤层瓦斯和抽采（放）邻近层瓦斯的有效方法之一；第六章煤矿井下其他钻孔施工技术介绍在煤矿井下的勘探孔、替代巷道的大直径钻孔、探放水孔、注浆钻孔、管棚钻孔等方面的施工技术及应用实例。

本书可作为煤矿瓦斯抽采（放）钻孔施工的技术人员、操作人员及其他从事近水平钻进人员的参考用书，也可作为钻探技术人员培训班的辅助教材。

序

煤炭是我国重要的基础能源和工业原料，我国约 76% 的发电能源、76% 的工业燃料和动力、60% 的民用商品能源和 70% 的化工原料都是煤炭提供的。因此，煤炭产业是我国重要的基础产业，煤炭产业的可持续发展关系到国民经济健康发展和国家能源安全。

我国大陆由众多小型地块多幕次汇聚形成，汇集过程中多次发生陆块之间的碰撞和俯冲，使煤盆地经受挤压变形和强烈改造，使得我国主要煤田的地质构造复杂。复杂的煤田地质条件给煤矿安全生产带来了严重的瓦斯、高地应力、高地温等自然灾害。在国有重点煤矿中高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井占到 49.8%，瓦斯灾害成为煤矿的“第一杀手”，一次死亡 10 人以上的特大事故中，瓦斯事故占 80%。要确保煤炭产业健康发展，保障能源安全，加强瓦斯治理，提高煤矿安全保障程度极其重要。

我国煤矿几十年瓦斯治理的经验证明，瓦斯抽采是降低煤层瓦斯含量，减少瓦斯灾害最有效的技术手段。今年 7 月在沈阳召开的全国煤矿瓦斯治理现场会上，国务院张德江副总理在讲话中强调指出：“煤矿安全是安全生产重中之重，瓦斯治理是煤矿安全生产的关键环节”。因此，做到应抽尽抽，是瓦斯治理的重要任务。实现瓦斯抽采的关键是抽采钻孔的施工。由于我国煤层地质条件的复杂性和煤层瓦斯的赋存特点，往往造成钻孔施工十分困难。尤其是瓦斯含量高的松软突出煤层，普通钻机和钻具不能成功钻进，满足不了瓦斯抽采和防突措施的需要。千米定向水平长钻孔是抽采瓦斯的有效手段，但以往由于缺乏施工千米钻孔的钻机和定向纠偏装备，也无法推广这一技术措施。除了瓦斯治理需要外，煤矿井下地质勘探、防灭火工程、防治水工程、粉尘防治工程等都需要施工钻孔，适应煤矿井下各种地质条件和用途的钻机及相应的钻孔施工工艺技术成为煤矿生产和安全工作的重大需求。五十多年来，尤其近十几年，在国家的支持下，通过产学研结合的形式，在坑道钻机和井下钻孔施工工艺技术方面开展了科技攻关，取得了丰硕的成果，研制出适用于各种用途的多种钻机，使井下钻探技术取得了长足进步，为煤矿生产和安全工作提供了有力的保障，保证了煤炭生产的持续发展和煤矿安全生产形势的稳定好转。

煤炭科学研究总院西安研究院是我国煤田地质领域的专业研究机构，在

煤矿钻探工程技术、钻探设备研究开发方面具有雄厚的实力和完善的科研实验能力。三十多年来，研发了系列坑道钻机和配套的钻孔施工工艺，钻机的钻进能力已由300m以内发展到1000m，由单一分体式布局发展到步履式和履带式多种机型兼备的钻机。研究成功近水平定向钻进、分支孔施工、拐弯钻孔施工和用螺旋钻杆施工软煤层钻孔等新工艺、新技术。为了总结我国在煤矿坑道钻机及钻孔施工工艺技术方面所取得的技术成果和经验，促进新技术、新装备的推广应用，编著者组织编写了《煤矿井下瓦斯抽采（放）钻孔施工新技术》一书。

本书编著者长期从事煤矿钻探技术研究，具有丰富的理论积累和实践经验，全书以大量翔实的第一手资料为基础，总结并介绍了煤炭科学研究总院西安研究院和兄弟单位在钻探设备、钻头、钻杆等方面的新进展，介绍了我国煤矿在瓦斯抽采中高位钻孔、适用于硬煤的本煤层长钻孔定向钻进、适用于软煤的螺旋钻杆、三棱形钻杆钻进和空气钻进、注浆孔钻进和管棚钻孔等钻进方面的施工工艺技术。同时，通过典型的施工实例具体介绍钻机操作方法和钻孔施工工艺，使本书更具可读性和实用性，是一本较系统介绍煤矿井下钻探技术的专著。

本书内容丰富，论述科学，是从事煤矿地质勘探、煤矿瓦斯灾害防治等专业技术人员和管理人员必备的参考用书。该书的出版可为同行在瓦斯治理和其他工程钻孔施工方面提供借鉴和启示，也可为企业、科研机构、高等院校提供参考。愿该书的出版能为广大专业技术人员提供有益的帮助，在提高煤矿井下钻探技术水平方面发挥促进作用。

卢金章

二〇〇八年十月

前 言

从1978年煤炭科学研究总院西安研究院研制我国煤炭系统第一台全液压动力头式坑道钻机算起，至今已整整30年过去了。在此期间，为配合综采技术的推广，在地质异常体探测和瓦斯抽采（放）两大主要生产需求的推动下，通过广大科技工作者的不懈努力，煤矿井下钻探新技术与新装备的研究取得重大进展。特别是近10年来，在自主创新与引进消化吸收相结合的方针指导下，我国煤矿坑道钻探技术的重大科研成果已达到国际先进水平，在煤炭工业的飞速发展中发挥了重要作用。

目前在钻探设备方面，钻机的钻进能力已由最初的300m以内发展到1000m以内，并且由单一的分体式发展到步履式和履带式多种机型兼备；坑道用钻杆和钻头不仅规格增加而且品种也已多样化，生产工艺不断改进，产品性能稳步提高。与深孔钻机的使用密切相关的近水平定向钻进技术也进入实用阶段，根据我国自身条件采取两条腿走路的方针，稳定组合钻具和孔底马达都得到了发展，使用户选择余地更大。此外，根据我国煤矿生产的需要，还开发了一些具有中国特色的新技术，例如大直径长钻孔瓦斯抽采（放）技术、拐弯钻孔施工技术、用三棱形钻杆钻软煤的技术等等。所不足的是，介绍这些新科研成果和成功应用实例的文献比较分散，有些还只是科研报告，没有公开发表，在一定程度上影响到这些新技术的推广。为弥补这种缺憾，编者集中煤炭科学研究总院西安研究院以及相关单位的专家分别编写有关章节集成此书，希望通过对这些新设备、新钻具、新工艺及施工实例做较为全面系统的介绍，为国内同行在同类地质条件的矿井施工瓦斯抽采（放）钻孔或其他工程孔时提供借鉴和启示，推动行业的技术进步，为煤矿安全生产服务。

本书正文六章，按统一的思路和提纲，由有关人员分工负责编著。各章节编著人员是：第一章，石智军；第二章，胡少韵、姚宁平、田东庄、田宏亮、殷新胜、李锁智、龚城、姚克、冯达晖、燕南飞；第三章，赵永哲、吴璋、孙荣军、张宏钧、阚占和、梅红仁、魏胜田、刘金俊；第四章，石智军、郝世俊、孙荣军、李泉新、刘子龙、廖南、金新、崔刚明、张幼振、田宏亮、陈洪林；第五章，郝世俊、张宏钧、莫海涛、何伯温；第六章，周新莉、吴璋、王毅、叶根飞、朱明诚、赵永哲、曹祖宝、孙新胜、王平；编后语，石

智军。各成员所编著的内容，分别由胡少韵、田宏亮、赵永哲、孙荣军、李泉新、王毅串写、汇总，最后由石智军、胡少韵、姚宁平统一定稿。

本书在编写过程中，得到煤炭科学研究总院西安研究院等单位 and 同行的关怀和支持，在此表示衷心感谢。由于编者的技术水平和掌握的资料有限，难免有错误和不足之处，望读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 次

第一章 绪论	1
第一节 煤矿井下瓦斯抽采（放）的意义	1
第二节 煤矿井下瓦斯抽采（放）钻孔及其他钻孔的分类	3
第三节 煤矿井下钻孔施工的条件	9
第二章 煤矿井下钻孔设备、钻具新进展	16
第一节 中深孔全液压坑道钻机的研制	16
第二节 近水平深孔全液压坑道钻机的研制	21
第三节 全液压坑道履带钻机的研制	30
第四节 全液压坑道钻机性能检测试验台的研制	40
第五节 矿用外平摩擦焊钻杆的研制	50
第六节 矿用插接式螺旋钻杆的研制	57
第七节 胎体式 PDC 钻头的研制	62
第三章 高位瓦斯抽采（放）钻孔施工技术	72
第一节 陕西地区高位长深瓦斯抽采（放）钻孔的施工	72
第二节 东北地区高位长深瓦斯抽采（放）钻孔的施工	83
第三节 山西地区高位长深瓦斯抽采（放）钻孔的施工	92
第四节 河南地区高位长深瓦斯抽采（放）钻孔的施工	98
第五节 两淮地区高位中深瓦斯抽采（放）钻孔的施工	103
第四章 本煤层瓦斯抽放钻孔施工技术	107
第一节 晋城、铜川矿区中厚煤层沿煤层长钻孔施工	107
第二节 山西亚美大宁煤矿瓦斯抽采技术	111
第三节 东北地区中深瓦斯抽采（放）钻孔施工	118
第四节 西南地区中深瓦斯抽采（放）钻孔施工	121
第五节 平煤集团高瓦斯突出煤层三棱形钻杆钻进	127
第六节 松软煤层螺旋钻杆钻进	131
第七节 强突煤层空气钻进	146
第五章 穿层钻孔施工技术	154
第一节 鹤壁定向穿层瓦斯抽采（放）钻孔的施工	154

第二节	阳泉穿层瓦斯抽采（放）钻孔的施工	161
第三节	淮北瓦斯抽采（放）穿层钻孔施工	182
第四节	穿层孔在淮南矿业（集团）公司的应用	187
第五节	穿层孔其他应用形式	192
第六章	煤矿井下其他钻孔施工技术	193
第一节	煤矿井下地质勘探钻孔施工	193
第二节	取代巷道大直径钻孔的施工	208
第三节	煤矿井下的管棚支护技术	215
第四节	探放水钻孔施工	234
第五节	注浆钻孔施工技术	242
第六节	顶煤弱化快速成孔及输送炸药技术的试验研究	253
第七节	煤层注水钻孔施工	265
编后语		273
参考文献		274

第一章 绪 论

第一节 煤矿井下瓦斯抽采（放）的意义

我国是一个以煤为主的能源消费大国，煤炭在我国一次能源消费构成中约占 67%，以煤为主的格局在今后 50 年内不会发生根本改变。而我国 95% 的煤矿是地下开采，煤层赋存条件复杂多变，重大瓦斯灾害（瓦斯煤尘爆炸、煤与瓦斯突出等）事故时有发生。近年来，随着采煤范围的扩大和深度的增加，一些原来的低瓦斯矿井也变成了高瓦斯矿井，所以煤矿安全生产形势依然严峻，重特大事故时有发生。煤矿灾害事故一直居全国工矿企业和矿山企业事故起数和死亡人数的首位，百万吨死亡率居高不下，煤矿的灾害事故每年造成直接经济损失约 20 亿元，间接经济损失 100 亿元以上。特别是 2004 年末至 2005 年初，不到半年的时间发生了“10.20”河南郑煤集团大平矿难（死亡 148 人）、“11.28”陕西铜川矿务局陈家山矿难（死亡 166 人）和阜新矿业集团孙家湾矿难（死亡 214 人），造成了重大的人员伤亡和严重的财产损失，产生了恶劣的社会影响，也损害了我国的国际形象。

在我国的各类灾害事故中，将一次死亡 3~9 人的事故称为重大事故，一次死亡 10 人以上的事故称为特大事故，而一次死亡 30 人以上的事故称为特别重大事故。根据国家安全监管总局总调度室统计数据（表 1-1），我国煤矿事故中，40% 以上为瓦斯爆炸事故；一次死亡 3~9 人事故中，瓦斯事故比例高达 62.5%；一次死亡 10 人以上特大事故中，瓦斯事故占 78% 以上。可见，瓦斯事故（瓦斯爆炸和煤与瓦斯突出）是我国煤矿生产中最严重的灾害之一，不仅严重危及矿工的生命安全，而且也给死难矿工家属造成极大的痛苦和难以挽回的损失，造成了不良的社会影响，对作业的安全性和经济效益也带来巨大的负面影响。因此，防止瓦斯灾害，保障煤矿安全生产和矿工的生命安全是煤矿安全工作中迫切需要解决的问题。

表 1-1 1981—2007 年全国煤矿瓦斯事故统计表

年份	产量/ $\times 10^6$ t	死亡人数/人	一次死亡 3~9 人事故				一次死亡 10 人以上事故			
			合 计		瓦斯事故		合 计		瓦斯事故	
			人数	次数	人数	次数	人数	次数	人数	次数
1981	621.63	5079	1085	149	576	59	577	25	347	12
1982	666.32	4805	864	171	442	67	258	20	184	14
1983	714.53	5431	1297	178	747	75	615	30	464	23
1984	789.23	5698	1285	234	699	117	358	24	268	17

表 1-1 (续)

年份	产量/ $\times 10^6$ t	死亡人数/人	一次死亡 3~9 人事故				一次死亡 10 人以上事故			
			合 计		瓦斯事故		合 计		瓦斯事故	
			人数	次数	人数	次数	人数	次数	人数	次数
1985	882.28	6659	1721	282	1155	161	701	32	568	26
1986	880.56	6736	1209	206	762	105	532	27	437	23
1987	912.28	6726	1119	192	743	108	349	23	302	20
1988	954.12	6469	1564	221	1104	121	670	35	576	27
1989	1030.31	6877	1841	336	1311	211	654	41	563	34
1990	1057.65	6515	2105	328	1285	201	937	51	548	34
1991	1044	5446	1862	289	1364	188	733	35	653	30
1992	1061.1	4942	1990	302	1358	189	813	42	626	33
1993	1076.89	5283	2262	337	1675	224	982	49	841	43
1994	1255.23	7016	2932	418	2157	287	1081	65	785	47
1995	1232.9	6387	3020	481	2162	316	1014	57	816	45
1996	1374.08	6404	3351	497	2585	349	1378	73	1158	58
1997	1325.25	6753	3692	459	3080	343	1917	94	1759	83
1998	1232.51	6134	3160	419	2470	310	1463	73	1175	57
1999	1043.63	5538	3121	472	2489	360	1246	76	1060	67
2000	988.7	5798	3188	466	2600	337	1405	75	1319	69
2001	1089	5670	2602	385	1131	231	1015	49	772	38
2002	1393	6995	1423	321	883	191	1167	56	864	39
2003	1736	6434	1257	286	785	173	1061	51	766	33
2004	1938	6009	1067	245	596	134	979	41	867	32
2005	2110	5986	886	210	514	118	2700	69	1319	40
2006	2325	4746	1072	237	600	128	744	39	472	25
2007	2523	3786	815	179	417	85	573	28	460	22
合计	33257.2	160322	51790	8300	35690	5188	25922	1280	19969	991

为了确保煤矿安全生产,国家煤矿安全监察局2000年系统完整地提出了“先抽后采,监测监控,以风定产”的十二字方针;在2006年6月,国务院办公厅《关于加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的若干意见》中,再次明确提出“必须坚持先抽后采、治理与利用并举的方针”。所谓先抽后采,就是利用钻孔预抽瓦斯,降低煤层中的瓦斯含量,确保回采时瓦斯不超限,达到安全生产的目的。要达到这个目的,除少数有条件的煤矿可以在地面施工部分预抽放垂直钻孔外,针对瓦斯抽放的大量钻孔必须在煤矿井下进行施工。一般而言,对于高瓦斯矿井,每万吨煤瓦斯抽采(放)钻孔工作量可达1300m左右。有的年

产百万吨的矿井，年钻孔工作量达到 $1.5 \times 10^5 \text{ m}$ 以上。我国年产 20 多亿吨煤，按一半产量来自高瓦斯矿井计算，每年我国煤矿业用于瓦斯治理的钻孔工作量应达到 $1.5 \times 10^8 \text{ m}$ 进尺以上。从表 1-1 也可以看出，近几年来，尽管煤炭产量在不断增加，但事故总数和死亡人数有下降的趋势，这里除了与各企业及相关领导重视安全、加大了安全投入，职工增加了安全意识有关，也与各企业根据国家总局的“十二字方针”，加大了煤矿瓦斯的预抽采有直接关系。

矿井瓦斯是地下成煤过程中的一种伴生产物，其主要成分是甲烷（ $> 80\%$ ）。国内外专家对煤层瓦斯组分的大量测定结果表明，煤层瓦斯组分近 20 种，包括甲烷以及同系烃类气体（乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、己烷等）、二氧化碳、氧、硫化氢、一氧化碳和稀有气体（氦、氖、氩、氪）等。其中甲烷及其同系物和二氧化碳是成煤过程的主要产物。甲烷是一种无色、无味的气体，比空气轻，相对密度为 0.554。从国家能源发展战略的角度看，瓦斯既是威胁煤矿安全的隐患，又是国家重点发展的洁净能源（煤层气），在国民经济中占有越来越重要的地位。最新评价结果表明，我国煤层气资源量为 $31 \times 10^{12} \text{ m}^3$ （不包括褐煤），与我国陆上常规天然气的资源量基本相当，居世界第三位。2007 年，我国煤炭产量达到了 $25.23 \times 10^8 \text{ t}$ ，在煤炭生产过程中释放的瓦斯（煤层气）估计为 $1.8 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ；煤矿瓦斯的抽采量估计为 $(43 \sim 44) \times 10^8 \text{ m}^3$ ，约占瓦斯释放总量的 24%，而被利用的瓦斯仅在 $(13 \sim 14.5) \times 10^8 \text{ m}^3$ 之间。被释放掉的瓦斯将对大气环境产生严重污染，影响我国的国际形象。所以开发利用好煤层气，从缓解常规油气供应紧张状况、改善煤矿安全生产条件、保护大气环境、提高我国的国际地位等方面均具有十分重要的意义。

第二节 煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔及其他钻孔的分类

瓦斯抽采(放)既是煤矿瓦斯治理的主要方式之一，也是综合利用瓦斯（煤层气）的基础。我国的煤矿井下瓦斯抽采（放）始于 20 世纪 50 年代。1952 年在抚顺矿区进行了井下瓦斯抽放试验并获得了成功，随后逐步推广到全国高瓦斯矿区，瓦斯抽放矿井、瓦斯抽放量和利用率逐年增加。据不完全统计，目前全国已有 49 个矿务局（矿业集团）160 对以上的矿井建立了井下抽采（放）系统，抽采（放）量达到 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的矿务局超过 9 个，晋城矿区 2005 年的纯瓦斯抽采（放）量达到 $1.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。另一方面也应看到，我国的井下煤层气（瓦斯）抽采（放）虽然有了较大的发展，但与美国、澳大利亚等国家相比仍有较大差距，主要表现在抽采（放）量少、抽采（放）率低。造成这种现象的主要原因除了我国煤储层复杂的地质条件（低压、低渗、低饱和等）导致的抽采（放）困难外，另一个主要原因就是抽采（放）方式单一，抽采（放）设备比较落后，特别是井下定向长钻孔成孔装备和技术落后。长期以来钻孔抽采（放）只能采用短（浅）钻孔进行本煤层抽采（放）和邻近层抽采（放）方式，直到最近几年在定向长钻孔抽采（放）技术研究方面才取得了一定的成果，并在一些矿区成功推广。

在煤矿井下，瓦斯抽采（放）常见方法有：本煤层钻孔抽采（放）；开掘专用瓦斯巷道，再用穿层钻孔抽采（放）邻近层瓦斯；采用定向长钻孔抽放技术，直接在采煤工作面或煤层顶板布置走向长钻孔抽采（放）本煤层和邻近层瓦斯。定向长钻孔抽采（放）技术具有抽采（放）量大、衰减期长、抽采（放）效率高且施工效率高的优点，在美国、

澳大利亚的井下煤层气开发中都获得了极大的成功。

要提高我国煤矿井下瓦斯的抽采率，在瓦斯抽采（放）矿井大范围推广近水平长钻孔定向钻进技术是一条重要途径。实施“煤矿井下近水平长钻孔钻机研制及配套工艺开发”项目，通过新设备、仪器、钻具、施工工艺的研究，最终实现 800 ~ 1000m 近水平钻孔随钻测斜、定向的目标，使我国水平长钻孔施工工艺达到国际先进水平。这对于改善煤矿安全生产状况、提高我国煤层气资源的开发利用水平，均有重要意义。目前，从钻孔层位、抽采（放）目的等方面考虑，可将煤矿井下瓦斯抽采（放）钻孔分为顶板高位钻孔、沿煤层钻孔和穿层钻孔三类。根据钻孔深度，可将瓦斯抽放钻孔分为浅孔、中深孔和深孔（或称“长孔”）三类。一般深度小于 300m 的钻孔称为浅孔，300 ~ 500m 的钻孔称为中深孔，超过 500m 的钻孔称为深孔。从钻孔直径来分类，我们常将孔径 $< 100\text{mm}$ 的钻孔称为常规瓦斯抽采钻孔，直径 $\geq 150\text{mm}$ 的瓦斯抽采钻孔称为大直径钻孔，而介于其间直径的钻孔常常是大直径瓦斯抽采钻孔施工过程中的工艺孔（先导孔）。在实际施工过程中，究竟采用多大的钻孔直径和采用那类深度的钻孔，不仅要考虑到地质条件、瓦斯含量、抽采方式、井下工作条件、设备能力等客观因素，还要考虑到工人的操作水平、瓦斯抽采时间等人为因素，经综合考虑确定合理的瓦斯抽采钻孔形式。

一、顶板高位钻孔

近年来随着工作面推进速度的加快，以及钻探工艺水平和设备能力的提高，很多矿区开始因地制宜地探索采用顶板高位水平长钻孔进行临近层瓦斯的抽采（放）工作。顶板高位钻孔抽采（放）瓦斯的理论基础是卸压抽采（放），主要抽采上临近层赋存的或受采动影响开采煤层涌出的瓦斯，并包括部分采空区瓦斯。

1. 钻孔层位的选择

采场覆岩移动规律的理论分析表明，覆岩的移动破坏，在竖直方向上通常划分为“三带”，即冒落带、裂隙带和弯曲下沉带。裂隙带又可划分为严重断裂带、一般断裂带和微小断裂带。煤层开采后，覆岩的裂隙及离层的分布状态，将对瓦斯的流动产生非常大的影响。离层裂隙是瓦斯积聚的空间，也是瓦斯流动的通道。层间贯通的竖向裂隙是瓦斯进入工作面或采空区的通道，也称“导气”裂隙，其最大发育高度和密度与采高和岩性有关。当采空区面积达到一定的范围后，“导气”裂隙的分布在平面上呈“O”形圈特征（图 1-1），它是正常回采期间临近层卸压瓦斯流向采空区的主要通道。

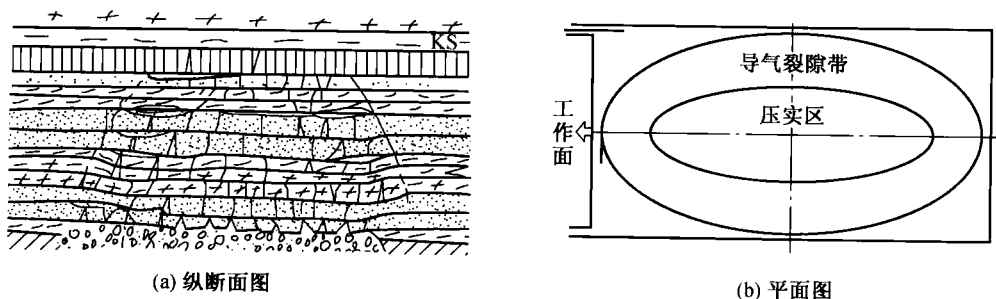


图 1-1 导气裂隙带的“O”形圈特征分布示意图

顶板水平长钻孔主要抽采裂隙带、部分采空区以及受采空影响的上覆临近层的瓦斯。根据上述覆岩移动规律和瓦斯流动规律，裂隙带中下部裂隙发育充分，是临近层瓦斯和冒落区瓦斯的主要聚集区，具有瓦斯含量高、浓度大的特点，是抽采瓦斯的最佳层位，也是布置高位钻孔的最佳区域。一般而言，这个位置应在3~5倍采高的范围以内。另外，要保证钻孔的抽放效果，首先应保证成孔时和后期钻孔的完整性，因此在钻孔布置层位选择时，应通过对有效区域内岩层性质和成孔性的分析，尽量使钻孔布置在相对稳定的岩层中。

2. 钻孔参数的确定

从抽放效果和生产效率来讲，一般会提倡大直径长钻孔。但是关于钻孔的深度和直径的确定，要综合考虑地层条件、抽放要求和设备能力。

地层条件是确定钻孔参数的主要依据，抽放要求和设备能力可根据地层条件进行调整和选择。在地层具备打深孔的条件下，可相应提高抽放要求和选择适当的钻进技术施工深孔，如1000m的工作面，为使钻孔覆盖整个工作面，可设计一组800~1000m的钻孔。如果地层条件复杂，钻进成孔性差，根本不具备长钻孔施工条件，就要根据实际情况调整设计参数，确定更合适的钻孔深度。

关于钻孔直径的确定，虽然说直径越大，瓦斯渗透面积越大，抽放效果越好，但是在实际生产中，应综合考虑瓦斯含量、抽放周期和施工成本问题。目前水平长钻孔的设计孔径主要有根据钻头规格系列确定的 $\phi 113\text{mm}$ 、 $\phi 133\text{mm}$ 、 $\phi 153\text{mm}$ 、 $\phi 193\text{mm}$ 几种。其中先导孔一般采用 $\phi 113\text{mm}$ 的钻头成孔，如需要扩大孔径就要用相应规格的扩孔钻头扩孔，增加工序和施工成本。因此在实际生产中，可首先通过采用不同孔径钻孔进行抽放效果对比和分析，再因地制宜地选择最经济有效的钻孔直径。

3. 钻孔的布置形式

钻孔的参数确定后，根据工作面布置条件和抽放要求进行合理的钻孔布置是保证钻孔取得良好抽放效果的前提条件之一。以走向长1000m、宽200m的工作面为例，如果顶板岩石完整、成孔性好，钻孔设计深度为800~1000m，可在回采终止线前10m左右的位置，从回风巷道向顶板设置上顺抽放巷。另外受矿井通风压差的影响，靠近回风侧钻孔抽放效果明显好于进风侧钻孔，因此钻孔布置时应尽量在靠近回风侧将钻孔加密或增大钻孔直径。如图1-2所示，钻孔的平面布置呈小扇形分布，并应覆盖靠近回风侧1/2的工作面或更多，保证钻孔具有瓦斯抽放量大和抽放周期长的特点。钻孔开孔的间距一般 $\geq 1\text{m}$ ，在同一平面内有一定夹角，以利于孔口密封和防止串孔。如果顶板岩石稳定性差，如含有

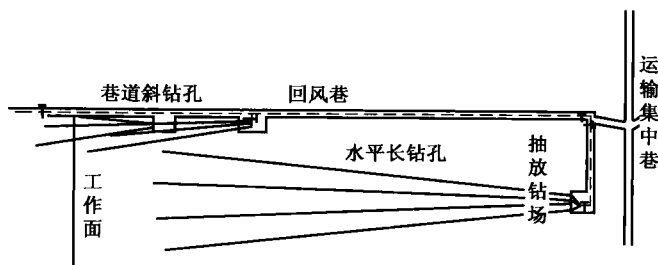


图1-2 顶板水平长钻孔的布置形式

遇水膨胀或松软的泥岩成分, 钻孔布置时应尽量避开该层, 且不宜设计太深, 并可根据实际情况设计巷道斜钻孔进行补充。

二、沿煤层钻孔

在煤矿生产过程中, 尤其是高瓦斯矿井, 从瓦斯治理和利用的角度出发, 经常需要在煤层中布置一系列的钻孔用于抽采或释放瓦斯, 以确保生产安全。沿煤层钻孔, 由于没有无效进尺, 钻孔进尺少, 成孔速度快, 抽采效果好, 所以如果施工条件允许时被作为首选预抽瓦斯钻孔的施工方法。在沿煤层钻孔中, 根据其目的不同可分为两类: 一类是为巷道掘进服务的预抽瓦斯沿煤层长钻孔和释放瓦斯的防突钻孔; 另一类是为煤层回采服务的用于预抽瓦斯的沿煤层走向长钻孔和沿煤层倾向钻孔。

为巷道掘进服务预抽瓦斯的沿煤层长钻孔, 一般沿巷道两侧各布置两个长钻孔, 两个钻孔之间间距约 5m, 而钻孔距巷道的掘进边缘一般为 10m。钻孔在施工过程中, 为了不偏离巷道的掘进方向, 确保在钻孔的瓦斯预抽范围内巷道的掘进安全, 应采取保直措施, 使钻孔轨迹既不偏离巷道的掘进方向, 也不侵入巷道的掘进范围。在具有突出危险的煤层中, 常常会在掘进工作面上施工深度较浅的防突钻孔, 以释放地层和瓦斯压力, 降低掘进工作面上的瓦斯含量, 确保施工安全。这类钻孔深度一般在 10 ~ 30m 之间, 钻孔直径一般小于 100mm。钻孔间距和排距各 1m 左右。同时为了释放煤壁的瓦斯, 掘进头四周的钻孔常常按外插角形式布置。在有些瓦斯含量特别高的煤层, 有时也在煤巷两侧施工瓦斯排放孔, 确保煤巷的正常掘进。这类防突钻孔, 由于施工设备简单, 钻孔深度较浅, 所以不是我们讨论的重点。而在有些情况下, 为了提高掘进工作面上的防突、防喷效果, 常常施工大直径的、深度超过 50m 的瓦斯抽排孔。河南焦煤集团使用 $\phi 113 \sim 250\text{mm}$ 的塔式钻头, 在演马庄矿进行了大直径钻孔防突措施的试验研究, 取得了良好的效果。在扩大钻孔直径和深度的情况下, 施工了 15855m 预抽钻孔, 瓦斯抽放效果较原来提高了一倍以上, 瓦斯突出区掘进速度由原来的 $30 \sim 40\text{m} \cdot \text{月}^{-1}$ 提高到 $90\text{m} \cdot \text{月}^{-1}$, 并避免了瓦斯突出事故的发生。实践证明, 只要地层条件合适, 设备配套, 方法正确, 该类钻孔可起到良好的防突防喷效果, 利于加快巷道的掘进速度。

在煤矿的实际生产当中, 一般各矿根据本矿区瓦斯赋存量和相对涌出量、回采工作面长度等决定本煤层预抽钻孔的布置方式。目前所采用的钻孔布置方式主要有两种, 一种是沿工作面走向布置走向长钻孔, 另一种是沿工作面倾向布置沿煤层钻孔。沿工作面走向布置走向长钻孔的平面布置如图 1-3a 所示, 钻场一般设置在回采终止线或尾巷附近, 钻孔深度根据工作面长度和具体的施工条件而定。现有的设备能力已经具备完成 1000m 钻孔的施工能力, 因此一般 1000m 以上的工作面, 如果煤层成孔条件较好, 水平长钻孔的设计深度可达到 800 ~ 1000m, 每个工作面布置 4 ~ 5 个长钻孔, 覆盖整个工作面进行瓦斯预抽, 如陕西铜川的陈家山煤矿, 工作面长度超过 1000m, 设计沿煤层钻孔深度 800 ~ 1000m, 钻孔直径 153mm, 采用煤炭科学研究总院西安研究院 (以下简称西安研究院) 生产的 ZDY10000 型钻机, 完成钻孔深度达 865m。当由于地层原因或设备能力问题, 施工深孔的条件受到限制时, 可考虑将工作面划分为几个区段, 然后在分割的区段内沿工作面走向布置钻场和设计走向长钻孔, 钻孔深度一般在 300 ~ 500m。

沿工作面倾向布置沿煤层钻孔时, 钻孔布置形式有斜钻孔、平行钻孔和交叉钻孔等。

钻孔深度一般 80 ~ 150m，终孔直径 94 ~ 130mm，钻孔间距 10 ~ 30m。实践证明，钻孔角度向工作面方向呈 45° 角的斜钻孔抽放效果最佳，钻孔平面布置如图 1 - 3b 所示。

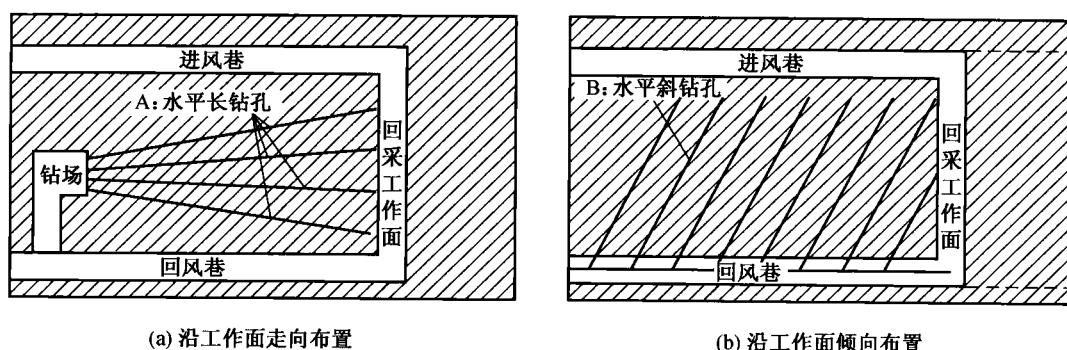


图 1 - 3 本煤层预抽瓦斯长钻孔布置图

三、穿层钻孔

穿层钻孔是解决煤矿瓦斯的另外一种途径。这类钻孔根据其用途和施工方法的不同又可分为两类：一类是在煤层底板中施工专门的瓦斯工艺巷，通过从该巷道中施工上仰钻孔，穿过具有突出危险的松散煤层，抽采煤层中的瓦斯，降低其压力，为煤巷掘进和煤层回采服务；另一类是在煤层回风巷道中施工上仰钻孔，穿过煤层顶板及其上临近不可采煤层，利用煤层回采过程中的采动影响，抽采临近层及部分采空区的瓦斯，降低回采工作面上的瓦斯浓度，确保煤矿的安全生产。

在煤层底板施工工艺巷进行穿层钻孔抽采瓦斯的方法，一般适用于具有强突出危险的松软煤层。这类煤层由于煤层松软，所以在本煤层很难施工沿煤层钻孔。而由于瓦斯含量高、压力大，如果不采取预抽采（放）的措施，则无法进行煤巷掘进；同时，如果在本煤层施工瓦斯预抽采（放）钻孔，还有可能诱发瓦斯和煤的突出，所以不得已而采用这种高成本的瓦斯抽采方法。为了施工方便，这种瓦斯抽采工艺巷一般布置在欲掘进煤巷的下方，离开煤巷的最小距离不少于 15m。在工艺巷内，每隔 30 ~ 50m 设置一个专用钻场，每个钻场内施工数量不等的钻孔，呈放射状布置，不仅抽采欲掘进巷道部分煤层及其影响范围内的瓦斯，也抽采欲回采煤层中的瓦斯，确保煤巷掘进和煤层回采时工作面瓦斯不超限、不突出。每个钻场内的钻孔数量，根据钻场的间距，煤层的瓦斯含量，瓦斯压力的大小，煤层的透气性，巷道的面积和工作面的宽度等因素确定。一般情况下，每个钻场的钻孔数量不少于 10 个。这类钻孔的深度较浅，通常不超过 100m；而对于缓倾斜煤层，钻孔深度最大可达 150m。钻孔直径一般不超过 100mm。图 1 - 4 是淮北芦岭煤矿专门用于抽采回采工作面瓦斯的立面布置图。在有些情况下，例如遇到断层带等瓦斯富集区，会在煤层底板施工一些较短的专用瓦斯巷，在其中施工数十个甚至近 200 个不同方向、不同角度的钻孔，覆盖该区域，抽采其煤层瓦斯。这类钻孔，一般穿过煤层，进入顶板即终孔。必须注意的是，这类钻孔在煤层孔段，各钻孔之间孔距应尽量相近，以确保在瓦斯抽采时，整个欲抽采区域的瓦斯能得到有效释放，保证煤层的回采安全。

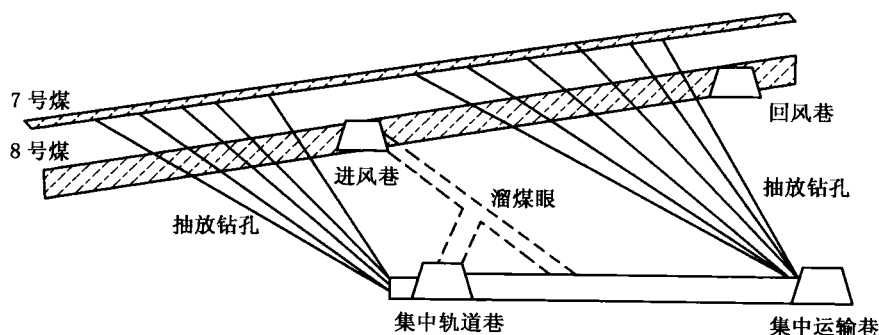


图 1-4 边抽边采穿层钻孔立面布置图 (淮北芦岭煤矿)

向煤层顶板施工穿层钻孔抽采瓦斯的方法，一般选择在回风巷或专用巷道（抽采巷道或注浆巷道）中进行，它适用于回采煤层顶板岩石较好，上临近层不可采但瓦斯含量高、压力大的情况。这种情况下，上临近不可采煤层有可能是一层，也可能是多层。它们的共同特点是由于距离主采煤层较近，煤层回采后处于顶板裂隙带范围以内。在采煤过程中，受采动影响，临近不可采煤层中的瓦斯沿裂隙带和冒落带，大量涌入回采工作面，使瓦斯超限影响煤矿的安全生产，甚至会造成严重的瓦斯事故。如果我们向煤层顶板施工上仰钻孔，穿过上临近层，使钻孔进入顶板裂隙带并施以负压，受采动影响进入裂隙带中的高浓度瓦斯就会通过钻孔抽采，使其不致涌入工作面对回采煤层造成影响。为了提高瓦斯的抽采效率，抽出高浓度的瓦斯，这类钻孔的轨迹不能进入冒落带，否则会造成抽放瓦斯浓度降低，起不到应有的作用。如果钻孔的轨迹设计合理，当工作面回采超过钻孔位置后，依靠钻孔和裂隙带的联系，在一定时间内仍然可抽采裂隙带中的高浓度瓦斯，防止其涌入采空区而威胁回采工作面的安全。这个距离，一般在 50m 左右。

施工时，在回风巷或专用巷道中，每隔 30 ~ 50m 布置一个专用钻场，每个钻场呈扇形放射状布置 5 ~ 10 个钻孔。钻孔深度一般 100m 左右，钻孔直径最大可到 200mm，钻孔倾角 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间。角度的选取既要保证钻孔轨迹不进入冒落带，又要保证在裂隙带中有足够的长度。钻孔布置形式如图 1-5 所示。在有些情况下，当钻孔进入裂隙带后，可

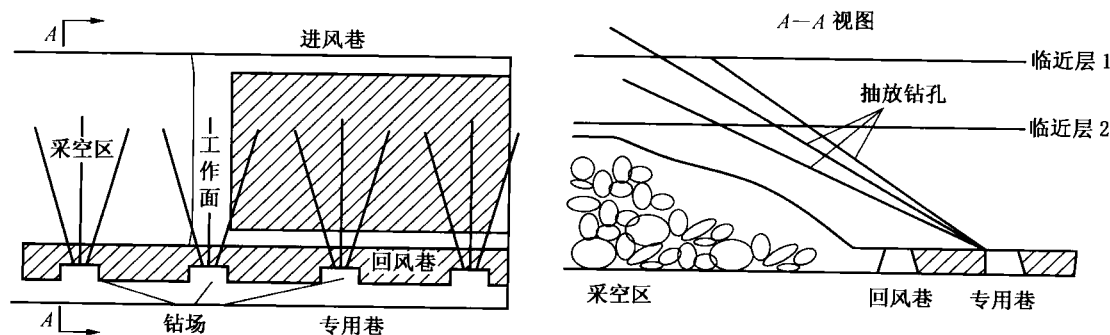


图 1-5 顶板穿层钻孔的布置形式