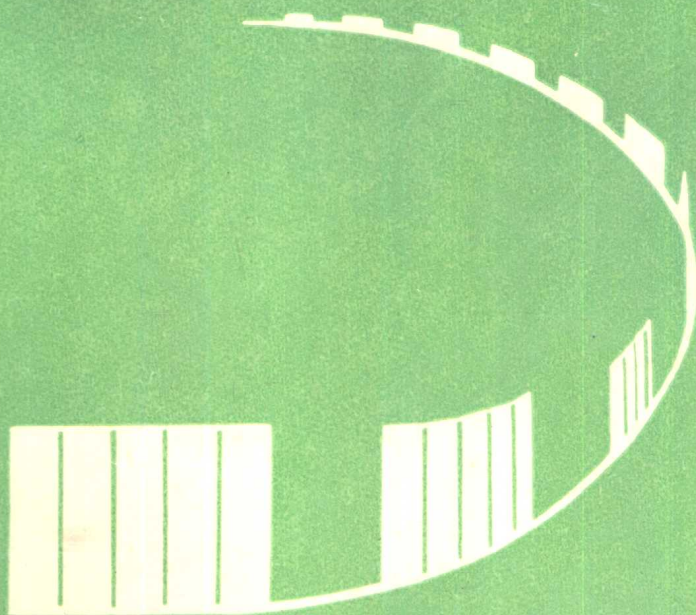


[澳] V·S·渥图库瑞

R·D·兰马

戚宜欣等译

采矿环境工程学



中国矿业大学出版社

TD7
W-782

采矿环境工程学

[澳] V.S. 渥图库瑞 R.D. 兰马 著

戚宜欣 马跃龙 译

胡广扬 黄国纲 校

中国矿业大学出版社

714760

(苏)新登字第010号

内 容 提 要

全书包括十三章,系统地论述了矿井通风、瓦斯、有害气体、气候调节以及水、火、爆炸、噪音、辐射及照明以及环境的计算机监测等内容。书后附录介绍了计算机在通风技术上的具体应用并附有源程序。

本书可供矿业高等院校通风安全、采煤及其他有关专业学生学习和教师教学参考,也可供从事煤炭工业科研、设计及现场工程技术人员参考。

责任编辑 周立吾

技术设计 关湘雯

采 矿 环 境 工 程 学

[澳]V.S.渥图库瑞 R.D.兰马 著

戚宜欣 马跃龙 译

胡广扬 黄国纲 校

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 22.5 字数 544 千字

1991 年 12 月第一版 1991 年 12 月第一次印刷

印数 1—1100 册

ISBN 7-81021-516-7

TD·104

定价: 5.80 元



译 者 的 话

本书原著系澳大利亚新南威尔士大学 V.S. 渥图库瑞(V.S. Vutukuri)教授和堪培拉煤炭和焦炭有限公司 R.D. 兰马(R.D. Lama)教授合著的“Environmental engineering in mines”。译本则是根据英国剑桥大学出版社 1986 年版本(第 1 版)译成的。

本书涉及井工矿和露天矿采矿环境工程学科中安全与卫生方面的内容,既对矿井通风、瓦斯、矿尘、火、噪声、振动、辐射、水、防爆、照明等作了传统的论述,又引入了现代计算机技术和利用计算机监测环境的内容,并从实用和经济角度对有关问题做了恰当的论述和介绍。特别是附录中的 BASIC 语言程序及其应用举例,不仅可供有关人员完善此类问题时参考,而且也为实际应用提供了方便。本书原著出版后,不仅受到澳大利亚采矿界的重视,而且在英语系统的采矿国家也得到了普遍的好评。有鉴于此,我们将其译出奉献给我国的广大采矿工作者。

在本书翻译和组织出版过程中,中国矿业大学王省身教授自始至终倾注了大量的心血;煤炭科学研究院抚顺分院胡广扬高级工程师为本书进行了文字审校;平顶山矿务局总工程师黄国纲高级工程师为本书进行了技术审查,并和黄伯儒工程师热心地支持了本书的出版。身受老一辈采矿工作者的教育和关怀使我们年轻一代铭记在心,谨此向他们表示最诚挚的谢意,同时也向所有关心本书出版的老师、同志们表示感谢。

本书翻译工作主要由戚宜欣在攻读硕士和博士学位期间完成的,其中第十一、十二两章由马跃龙译出。由于时间紧迫及外语、学术水平有限,译文有不妥或错误之处,恳请广大读者批评指正!

译 者

戚宜欣 马跃龙

1990 年 3 月

前 言

本书的主要目的在于以足够的深度向学生和生产部门的工程师们简要、清晰和逻辑地介绍与矿物开采相关的环境工程学科的全面和近代情况全貌；涉及现代矿井环境工程 and 实践中常见的 基本原理，便于读者参考；内容上则限于解决现代井工矿和露天矿的生产以及新建矿井在设计方面日常所碰到的一些基本问题。

采矿环境工程学科内容广泛，在深度上不可能面面俱到。同时，限于篇幅，对虽然也是采矿活动的某些部分（例如地面选矿厂、排矸（土）场、尾矿池等）的环境工程，也未予考虑；而且在现有手册中可查到的有关民用、化学、电气及机械工程方面的设备，均省略或从简。

竭诚希望本书对于从事生产的工程师和设计者在解决矿井环境工程方面问题时会有所裨益，并深信通过对本书中简述的一些基本原理的了解，将有利于激发读者对本学科的关注。

本书引用了许多科研工作者的成果和技术文献，在此，一并致以真诚的谢意。

对于新南威尔士大学的顾问 L.Griffiths、Moss Vale 先生以及研究员 W.B.Bell 先生对原稿中某些章节的审阅和提出的宝贵意见，表示深忱的谢意。

对于新南威尔士大学 F.F.Roxborough 和 L.J.Thomas 两位教授和堪培拉煤炭和焦炭有限公司经理 R.J.Fraser 先生在手稿整理中给予的支持和鼓励，表示感谢，

对同仁们在本书整理与编写过程中给予的支持和理解，在此一并致谢。

著 者

V.S.V 及 R.D.L

目 录

译者的话 前言

1	绪论	(1)
2	矿井通风工程	(3)
2.1	矿井通风	(3)
2.1.1	矿内大气的基本流态	(3)
2.1.2	矿井通风的基本原理	(3)
2.2	矿井风流流动的动力	(9)
2.2.1	自然通风	(9)
2.2.2	机械通风	(10)
2.2.3	流动的基本规律——层流和紊流	(10)
2.2.4	Atkinson 方程	(13)
2.3	巷道通风阻力及矿井风流分布	(18)
2.3.1	串联风路	(18)
2.3.2	并联风路	(18)
2.3.3	混联风路	(21)
2.3.4	通风网络分析	(21)
2.3.5	模拟计算机	(24)
2.4	矿用扇风机及其运转	(25)
2.4.1	风机压、功率和效率——风机特性曲线	(25)
2.4.2	风机定律	(26)
2.4.3	特性系数	(26)
2.4.4	离心式风机或径流风机	(27)
2.4.5	轴流式风机	(28)
2.4.6	风机的比较	(29)
2.4.7	风机和通风系统	(30)
2.4.8	风机的串联	(31)
2.4.9	风机的并联	(31)
2.4.10	风机的部分并联	(33)
2.4.11	风机的部分串联	(33)

2.4.12	自然通风与风机串联	(34)
2.4.13	辅助扇风机	(35)
2.4.14	反风	(36)
2.4.15	风量调节	(36)
2.5	辅助通风的计算	(37)
2.5.1	漏风风筒中的风流分析	(37)
2.5.2	长距离掘进辅助通风系统的设计原则	(43)
2.5.3	影响辅助通风的参数	(43)
2.6	风巷的经济尺寸	(44)
2.7	通风测量	(45)
2.7.1	仪器	(46)
2.7.2	风压测量	(48)
2.7.3	风量测量	(51)
2.8	参考文献	(54)
3	矿井有害气体及其防治	(56)
3.1	矿内大气	(56)
3.2	危害	(56)
3.2.1	毒气危害	(56)
3.2.2	爆炸危害	(59)
3.3	矿井有害气体的产生与防治	(59)
3.4	矿井有害气体的检测与监测	(60)
3.4.1	供实验室分析用的矿内大气的取样	(60)
3.4.2	检测和监测仪器	(61)
3.5	爆破产生的有害气体及其防治	(63)
3.5.1	爆破产生的有害气体	(63)
3.5.2	爆破有害气体的防治	(64)
3.6	柴油机产生的有害气体及其防治	(65)
3.6.1	柴油机废气的排放	(65)
3.6.2	排气的控制	(66)
3.6.3	柴油设备的维护	(69)
3.6.4	井下柴油设备使用的规定	(69)
3.7	参考文献	(71)
4	井工煤矿的瓦斯及其防治	(72)
4.1	煤层中瓦斯的赋存	(72)
4.2	煤中瓦斯涌出	(74)
4.3	煤层的瓦斯含量	(75)

4.3.1	直接法	(75)
4.3.2	间接法	(76)
4.4	瓦斯压力的测量	(79)
4.5	矿井巷道内的瓦斯涌出	(80)
4.5.1	掘进巷道瓦斯涌出量的估算	(81)
4.5.2	长壁工作面和房柱盘区瓦斯涌出量的估算	(89)
4.6	矿井瓦斯的涌出的防治	(95)
4.6.1	煤层预抽瓦斯	(96)
4.6.2	采后抽放	(99)
4.6.3	瓦斯抽放钻孔的打法	(100)
4.6.4	地面瓦斯抽放站的规划	(101)
4.6.5	高瓦斯矿的矿井设计	(102)
4.6.6	巷道中瓦斯层的处理	(103)
4.7	参考文献	(104)
5	矿尘及其防治	(107)
5.1	矿尘对生理的影响	(107)
5.1.1	影响健康程度的因素	(108)
5.1.2	临界值	(109)
5.2	气载矿尘的采样、测定和分析	(109)
5.2.1	MRE—113A 型重力矿尘采样器	(110)
5.2.2	TBF—50 型重力矿尘采样器	(111)
5.2.3	CPM—3 型重力矿尘采样器	(111)
5.2.4	光散射矿尘测定仪	(112)
5.2.5	β 射线矿尘测定装置	(112)
5.2.6	小型矿尘采样器	(113)
5.2.7	监控性矿尘测量	(114)
5.3	矿尘源	(114)
5.4	矿尘的防治	(114)
5.4.1	单一作业的防尘措施	(118)
5.4.2	医学观察	(125)
5.5	参考文献	(126)
6	矿井辐射及其防治	(128)
6.1	辐射的危害	(128)
6.2	辐射剂量	(129)
6.2.1	工作级的测量	(129)
6.3	氡气的涌出及来源	(130)
6.3.1	通风区域内氡的浓度及其工作级	(132)

6.4	辐射的防治	(132)
6.4.1	劳动力管理	(134)
6.5	参考文献	(134)
7	矿井气候及其调节	(135)
7.1	矿内大气对生理的影响	(135)
7.1.1	散热机理	(135)
7.2	大气冷却能力的测量	(136)
7.3	影响矿内气候的因素	(139)
7.3.1	矿内热源	(139)
7.3.2	水分的来源	(141)
7.3.3	矿井巷道中的热传导	(142)
7.4	矿内气候的调节	(142)
7.5	带有再循环的局部重叠式通风系统	(149)
7.6	参考文献	(151)
8	矿内爆炸及其防治	(153)
8.1	瓦斯和煤尘	(153)
8.2	瓦斯爆炸	(154)
8.2.1	瓦斯引燃的原因	(154)
8.2.2	瓦斯爆炸的预防	(155)
8.3	煤尘爆炸	(155)
8.3.1	影响煤尘爆炸的因素	(156)
8.3.2	防止煤尘爆炸的方法	(157)
8.4	硫铁矿尘的爆炸	(167)
8.5	参考文献	(167)
9	矿井火灾及其防治	(168)
9.1	明火灾	(168)
9.1.1	可燃物	(168)
9.1.2	火灾的潜在热源	(169)
9.1.3	火灾检测	(170)
9.1.4	灭火剂	(171)
9.1.5	灭火设备	(172)
9.1.6	灭火	(176)
9.2	煤的自燃	(181)
9.2.1	煤炭自燃倾向性的测定	(181)
9.2.2	影响煤炭自燃的因素	(181)
9.2.3	煤自燃的预防	(182)

9.2.4	自燃的监测	(183)
9.2.5	自燃的防治	(185)
9.3	井工矿硫铁矿石的氧化与自燃	(186)
9.4	井下火区的封闭	(187)
9.4.1	火区所需的最小风量	(189)
9.4.2	隔爆墙的设计与构筑	(190)
9.4.3	防火墙内外的压力平衡	(191)
9.4.4	远距离封闭系统	(192)
9.5	灭火的组织机构	(192)
9.5.1	培训	(193)
9.5.2	发现火灾后的处理方法	(193)
9.5.3	灭火设施	(193)
9.5.4	通讯	(193)
9.5.5	矿图	(193)
9.5.6	灭火作业的实施	(194)
9.6	矿井已封闭区的启封	(194)
9.6.1	火区的启封方法	(195)
9.7	参考文献	(196)
10	通风设计与环境的计算机监测	(197)
10.1	通风设计	(197)
10.1.1	矿井通风的需风量	(198)
10.1.2	风机的压力	(199)
10.1.3	矿井配风	(199)
10.2	环境的计算机监测	(199)
10.2.1	远程监测系统的技术要求	(200)
10.2.2	远程监测系统的元件	(200)
10.2.3	矿井环境监测系统的传感元件	(201)
10.2.4	数据传输系统	(203)
10.2.5	信息显示与记录	(204)
10.3	参考文献	(206)
11	矿井水及其防治	(207)
11.1	水的循环	(207)
11.1.1	地下水	(209)
11.1.2	土壤和岩石中水的赋存	(209)
11.1.3	水质	(210)
11.1.4	地下水源	(210)
11.2	地下水的运动	(211)

11.2.1	渗透率测定	(211)
11.2.2	矿井涌水量的预测	(217)
11.2.3	地下水测控仪	(218)
11.2.4	地下水流动分析	(220)
11.2.5	示踪剂的应用	(221)
11.3	矿井水的影响	(221)
11.4	矿井水的防治	(221)
11.4.1	露天矿水的防治	(222)
11.4.2	井工矿水的防治	(227)
11.4.3	泵与排水	(235)
11.5	参考文献	(243)
12	矿井噪音及其防治	(245)
12.1	振动的特性	(245)
12.1.1	声压	(247)
12.1.2	声的密度与功率	(248)
12.1.3	噪音的直向传播特性	(249)
12.1.4	声压级的叠加	(250)
12.1.5	音源距离的影响	(251)
12.1.6	音频谱	(252)
12.1.7	声音的吸收	(253)
12.1.8	临界距离	(255)
12.2	声音的测量	(256)
12.2.1	开域声音的测量	(257)
12.2.2	封闭环境中消散噪音的测量	(258)
12.2.3	大空间内的测量	(258)
12.3	噪音的影响	(259)
12.3.1	人耳	(259)
12.3.2	允许声级	(260)
12.4	噪音的防治	(261)
12.5	噪音源及其控制	(263)
12.6	参考文献	(264)
13	矿井照明	(265)
13.1	光的特性	(265)
13.1.1	明亮度和眩光	(267)
13.2	井下光源	(268)
13.2.1	普通照明灯	(268)
13.2.2	个体灯具	(271)

13.3	井工矿的照明方法	(272)
13.3.1	固定式照明系统	(272)
13.3.2	移动式照明系统	(272)
13.4	露天矿照明	(273)
13.5	矿井照明标准	(274)
13.6	矿井测光法	(275)
13.6.1	照度测量	(275)
13.6.2	亮度测量	(276)
13.6.3	反射率测量	(276)
13.7	矿井照明系统的设计	(277)
13.7.1	照度的计算	(277)
13.7.2	亮度的计算	(278)
13.8	参考文献	(279)
附录 I 解算矿井通风网络的 BASIC 语言程序		(281)
注释		(281)
术语		(281)
输入		(282)
输出		(282)
例		(282)
例 1	数据输入	(283)
	数据输出	(286)
例 2	数据输入	(288)
	数据输出	(291)
例 3	数据输入	(293)
	数据输出	(295)
源程序		(296)
附录 II 辅助通风计算的 BASIC 语言程序		(310)
程序 1		(310)
例		(310)
例 1	数据输入	(311)
	数据输出	(311)
例 2	数据输入	(311)
	数据输出	(312)
例 3	数据输入	(313)
	数据输出	(314)
源程序		(314)
程序 2		(321)

例	(321)
例 1 数据输入	(322)
数据输出	(322)
例 2 数据输入	(323)
数据输出	(324)
源程序	(324)
 附录Ⅲ 空气—水蒸汽混合体的湿度特性	(330)
定义	(330)
湿度方程	(331)
湿度图	(332)
计算	(333)
参考文献	(335)
 附录Ⅳ 矿内大气与火灾气体的爆炸性	(336)
Ellicott 扩展	(339)
参考文献	(343)

1 绪 论

进行某种矿物开采活动的总环境是由围绕并影响该矿物开采的自然的、区域的及突发的许多条件共同作用而形成的。起源于采掘工程，也就是落矿、装载、运输及支护，并由之构成的一般环境有四个组成部分：自然环境、过程环境、管理环境和社会环境。自然环境是指矿床所在地域内物质空间中地质、水文、地理及生态环境等的作用结果；过程环境是指在自然环境中由各项作业引起的产物、感觉及危害，其中包括瓦斯、矿尘、辐射、热、爆炸、火、水、噪音、照明等，以及与所开采的矿物特性相关的卫生和安全等要素及其赋存状态和现行技术而言的；管理环境是指工程系统、标准及减少环境对采矿人员影响所制订的规程，包括实施标准、执行程序及遵循的法令等；社会环境则是指影响采矿工作或受采矿工作影响的个人生命活动和要素的生理、心理及身体因素，它是前三种环境对个人影响的复杂作用的结果。

自然环境决定着采煤过程中遇到的各种环境要素（瓦斯、热、水等）。

过程要素（即瓦斯、矿尘、辐射等）可能危及矿井人员的生理及心理，妨碍生产的进行。现将某些环境要素及其来源、防治的方法及其防治特性举例列表如下：

要 素	来 源	常用措施	防治特性
瓦 斯	原始的，各种作业	通风、注水、洗尘、抽放	临界浓度、涌出率
矿 尘	原始的，各种作业	通风、洒水、集尘	浓度、尘源
辐 射	原始的	通风	浓度、放射率
热	原始的，各种作业	通风、制冷	温度、流量
水	原始的，各种作业	集水、排水、水泥注浆、冻结、中和	水质、流量
爆 炸	原始的，各种作业	通风、岩粉、岩粉棚	
火	原始的，各种作业	通风、耐火材料	
噪 音	各种作业	调节、隔绝、防护	声级
照 明	原始的，各种作业	采光	光级、光度

本书采用的基本阐述方法是从下述几个方面着眼处理各种要素的：

- （1）危害及生理影响；
- （2）生成及来源；
- （3）检测、监测、取样及测定；
- （4）防治措施。

对于瓦斯、矿尘、辐射及热的防治方法通常都是用人为注气（通风）方法来稀释或排

除。这种方法在第2章中专门讨论，其它防治措施则详见有关章节。鉴于矿井瓦斯在煤炭工业中的重要性，故对它及其防治予以单独论述。利用计算机监测矿井环境的全部常用要素及其涉及的通风设计问题则在第10章中阐述。对于大型矿井来说，计算机监测其环境几乎已成为有效应用生产技术的主要先决条件。

负责制订矿井环境安全与卫生的防治技术措施的工程师，必须全面了解和应用国家或地方的有关规程和标准。

2 矿井通风工程

通风是供给巷道、工作面 and 井下维修点适量新鲜空气的过程，其主要目的是给矿工提供氧气，同时还应做到：

(1) 将有爆炸危险和有毒的气体、烟雾及氨的浓度稀释至环境安全极限以下并排出矿井；

(2) 将浮尘的浓度稀释至生理允许程度并排出矿井；

(3) 创造一种可忍受的热环境，使人在其中工作时没有不适感，或者说无碍于人体排热；必要时将热量排出矿井。

2.1 矿井通风

2.1.1 矿内大气的基本流态

为确保矿井有适度的通风，对于空气进入矿井而流入工作面所经过的相应巷道（术语通称为风巷），以及将已不再使用的乏风流排出矿井所流经的巷道（风巷）必须作出相应的规定。

新鲜空气从地面到工作面流经的风巷，术语上称为入风巷或进风巷，通常指主井及矿井的运输巷道等。新鲜风流经矿井的工作面使用后流经的风巷，术语上称为回风巷或非风巷，它既包括专为通风而开凿的巷道、井筒或平硐，也包括采空区及已报废的井筒或平硐。

尽管不用扇风机地面的空气也会自然地流入矿井，但其风量通常都不能满足需求，而且还可能发生变化。为确保供给矿井恒定而足够的新鲜空气，也就必须使用扇风机。

2.1.2 矿井通风的基本原理

大部分矿井采用工作面“上行通风”方式，即新鲜空气借助进风系统直接流向工作面的底部，然后沿工作面上行。通常这种方式比“下行通风”效果好。“下行通风”方式是使新鲜空气沿工作面下行流动，然后借助回风系统从工作面的底部直接排向地面。

矿井的基本通风系统如图 2.1 所示。

风流总是沿最小阻力路线流动的，但对于需要风流的工作场所来说，其阻力可能不是最小的。为防止风流直接流回地面，例如沿连接进风井和回风井的上部一些巷道流回地面，在这些巷道内就要设置风门或联锁风门。联锁风门即设有两道风门，其中一道打开时另一道则关闭而防止风流流过。若巷道不经常

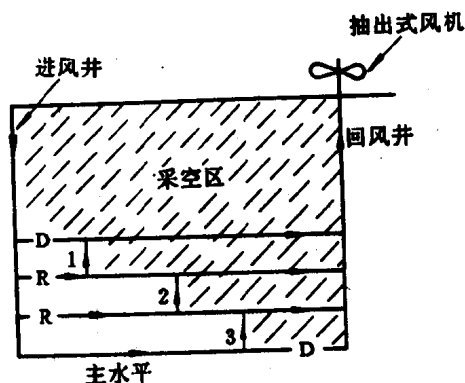


图 2.1 矿井的基本通风系统

D—风门，R—调节风窗，1、2、3—工作面

使用,而又允许有一些漏风,也可以使用单风门。风门应尽量严实密闭且能自行启闭为好。

若在给定的水平上需要有少量持续风流,则在风门或门框上开一个尺寸符合要求的窗口,即所谓的风窗。如果联锁风门需要开这样的风窗,其制作形式最好按要求的直径用单一风筒穿越两道风门的门框。

尽管一般风流可以直接流经主要工作面,但是,有些地方往往仍然需要辅助通风,如掘进头、绞车硐室、井底卸载站等。为这些地方提供通风,就需要有一台辅助扇风机和一条相应的通风通道,后者一般即指风筒。

主要工作面的通风

1. 回采工作面

一个正规工作面连接两个平巷,其中低部平巷常用作进风,高部平巷用作回风。

应尽量保证回采工作面的配风,其方法是:封闭工作面的上下两端,而将工作面近处和其它有人员作业的地方打开,这样就会使大部分风流流向工作面。图 2.2 表示的是分段回采时工作面的通风系统实例。

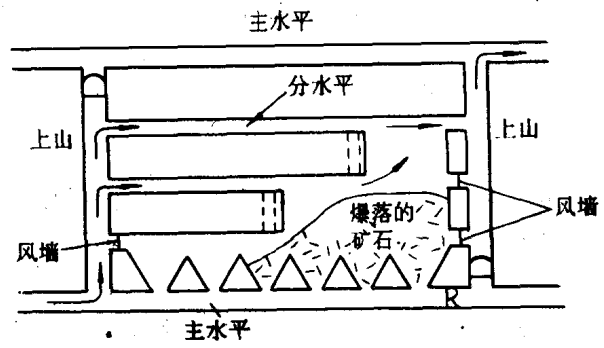


图 2.2 分段回采时的通风系统

2. 长壁工作面

典型的长壁前进式和后退式工作面的通风系统图分别示于图2.3和图2.4。

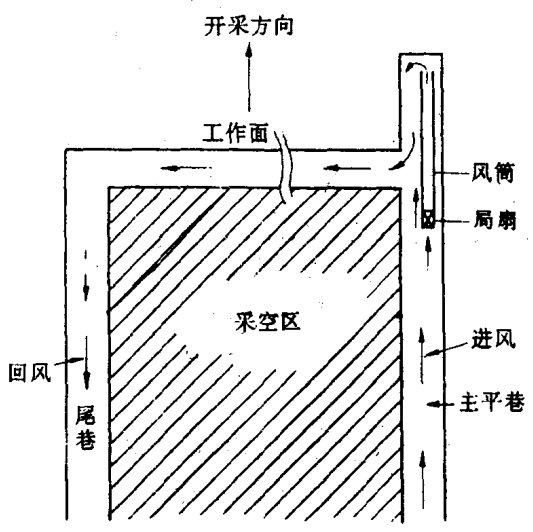


图 2.3 长壁前进式工作面的通风示意图

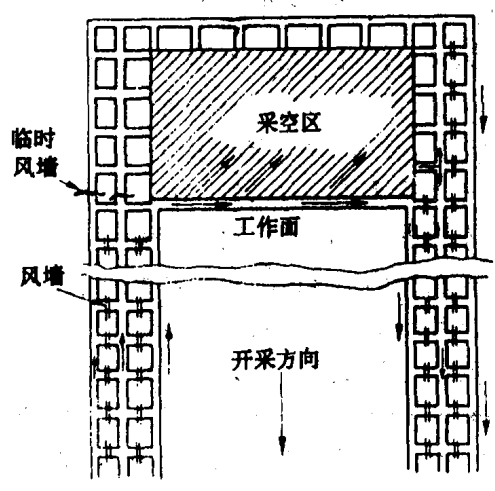


图 2.4 长壁后退式工作面的通风示意图