

全国煤矿安全培训统编教材

矿尘防治

国家煤矿安全监察局人事培训司 组织编写

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

guojia meikuang anquan jianchaju renshi peixunsi zuzhi bianxie

B 类

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

guojia meikuang anquan jianchaju renshi peixunsi zuzhi bianxie

quanguo meikuang anquan peixun tongbian jiaocai

中国矿业大学出版社

全国煤矿安全培训统编教材

矿 尘 防 治

(B 类)

国家煤矿安全监察局人事培训司 组织编写

编写 徐景德

审定 方裕璋

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了煤矿防尘基础知识、防尘技术措施、矿尘检测与管理及煤尘爆炸事故的防治等内容。

本书是采煤班(组)长、掘进班(组)长、通风班(组)长、安全检查员、瓦斯检查员、采煤工、掘进工、通风工等有关人员进行安全培训的教材,也可供从事煤矿安全生产的相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿尘防治/徐景德编. —徐州:中国矿业大学出版社,
2002.11

全国煤矿安全培训统编教材

ISBN 7-81070-500-8

I. 矿... II. 徐... III. 煤尘—除尘—技术培训
—教材 IV. TD714

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 029786 号

书 名 矿尘防治

编 写 徐景德

责任编辑 瓮立平

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)

印 刷 北京京科印刷有限公司

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 印张 4.25 字数 106 千字

版次/印次 2002 年 11 月第 1 版 2003 年 3 月第 2 次印刷

印 数 5001~10000 册

两册定价 20.00 元(本册定价 8.00 元)

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

全国煤矿安全培训统编教材编审委员会

总顾问	路德信			
主 任	黄玉治			
副主任	周心权	闫永顺		
委 员	王树鹤	付建华	梁嘉琨	石少华
	李文俊	安里千	段 刚	陈国新
	蔡 卫	徐景德	王金石	王素锋
	瓮立平			

出版说明

搞好煤矿安全生产是保护国家财产和人民群众生命安全的一件大事，它关系到国民经济的发展和社会的稳定。随着我国社会主义市场经济体制的发展，煤炭工业面临着良好的发展机遇，煤炭企业正在向高产、低耗、安全和集约化生产方向发展。但是，煤炭企业安全生产形势仍较为严峻：一方面，煤矿开采水平正在不断加深，生产条件更加复杂化；另一方面，一些煤炭企业仍然存在着盲目追求最大经济效益、不重视安全生产的行为。因此，依法加强对煤矿企业安全生产的监察，通过培训全面提高煤矿企业从业人员的安全素质，是非常必要的。

为了适应我国煤炭工业管理体制改革的需要，国务院于1999年成立了国家煤矿安全监察局，建立了新的煤矿安全监察管理体制。国务院批准的《煤矿安全监察管理体制改革的实施方案》中，赋予国家煤矿安全监察局“组织、指导煤炭企业安全生产技术培训工作，负责煤炭企业主要经营管理者安全资格认证工作”的职能。2000年经国务院批准，又成立了国家安全生产监督管理局，国家煤矿安全监察局与其合署办公。国务院批准的《国家安全生产监督管理局（国家煤矿安全监察局）职能配置、内设机构和人员编制规定》中，赋予国家安全生产监督管理局（国家煤矿安全监察局）“组织、指导本系统安全生产监察人员、煤矿安全监察人员的培训、考核和全国企业安全生产技术培训工作；依法组织、指导并监督特种作业人员的考核工作和企业经营管理者安全资格考核工作”的职能。

为了履行好国务院赋予我们的有关安全培训方面的职能，规范煤矿安全生产技术培训工作，保证培训质量，在总结安全培训工作

经验，借鉴国外发达国家矿山安全培训课程体系的基础上，国家煤矿安全监察局人事培训司组织有关高校、安全技术培训中心和煤炭企业等单位的教授、专家和安全工程技术人员编写了这套模块式“全国煤矿安全培训统编教材”。这套教材不仅反映了传统的煤矿安全生产技术知识，也引进了成熟的煤矿安全生产新知识、新技术，并且针对培训对象的工作类别、专业和文化程度的不同，就其撰写文体、内容深度和广度的差异分为A、B两类。A类教材内容较深，强调内容的科学性、新颖性和实用性，主要适用于国家煤矿安全监察人员、从事煤矿安全培训的教师、煤炭企业主要经营管理者及安全专职管理人员、区（队）长等；B类教材内容较浅，强调内容的实用性，主要适用于班（组）长、各种作业人员（含特种作业人员）、企业安全检查员等。模块式教材避免了不同工种系列的同一课程教材内容的重复，便于选择较合适的作者重点撰写，内容覆盖面广，融科学性、实用性、系统性于一体，是对各类煤矿安全人员进行安全资格培训（复训）和考核的统编教材，也是各类煤矿安全人员上岗后不断巩固、提高安全生产知识的工具书，同时，也可供有关管理人员、工程技术人员及大专院校的师生参考。

本套教材在编审过程中，得到了中国矿业大学（北京校区）、华北科技学院、焦作工学院、黑龙江科技学院，有关省级煤矿安全监察局、煤矿安全技术培训中心、煤炭企业等单位的大力支持。在此，谨向上述单位表示谢意。

本书由徐景德编写，方裕璋审定。

国家煤矿安全监察局人事培训司

2002年2月

目 录

第一章 煤矿防尘基础知识	(1)
第一节 粉尘的基本概念	(1)
第二节 粉尘的计量	(4)
第三节 粉尘的性质	(5)
第四节 粉尘的产生及危害	(9)
思考题	(12)
第二章 煤矿防尘技术措施	(13)
第一节 防尘技术分类	(13)
第二节 通风除尘技术	(14)
第三节 降尘技术	(17)
第四节 湿式除尘技术	(21)
第五节 除尘器除尘技术	(26)
第六节 个体防护措施	(36)
第七节 其他防尘措施	(38)
思考题	(39)
第三章 煤矿防尘技术的实施	(40)
第一节 采煤工作面煤层注水防尘	(40)
第二节 采空区灌水预先湿润煤体防尘	(62)
第三节 综合机械化采煤工作面的防尘	(65)
第四节 掘进及锚喷支护的防尘	(74)
思考题	(90)
第四章 矿尘检测与管理	(91)
第一节 粉尘检测与粉尘管理	(91)

第二节 粉尘浓度的检测	(92)
第三节 粉尘分散度的测定	(96)
第四节 粉尘化学成分的分析	(100)
思考题	(101)
第五章 煤尘爆炸事故的防治	(103)
第一节 煤尘爆炸事故的概述	(103)
第二节 煤尘爆炸事故的防治	(109)
第三节 典型煤尘爆炸事故案例的剖析	(117)
思考题	(125)
参考文献	(126)

第一章 煤矿防尘基础知识

第一节 粉尘的基本概念

一、粉尘的基本概念和名词术语

(一) 基本概念

粉尘是能够较长时间呈浮游状态存在于空气中的一切固体微小颗粒。从胶体化学观点来看,含粉尘空气是一种气固分散体系,分散相是固体微小颗粒,分散媒是空气。这种分散体系叫做气溶胶。

生产过程中散放出的大量粉尘称为生产性粉尘。矿山粉尘就属于这类粉尘,它是矿井在建设过程中所产生的各种岩矿微粒的总称。煤矿粉尘(简称粉尘)系煤尘、岩尘和其他有毒有害粉尘的总称。煤尘是从爆炸角度定义的,一般指粒径(尘粒平均的横断面直径)在 $0.75\text{ mm}\sim 1\text{ mm}$ 以下的煤炭微粒;岩尘是从工业卫生角度定义的,一般指粒径在 $10\text{ }\mu\text{m}\sim 45\text{ }\mu\text{m}$ 以下的岩粉尘粒。

(二) 名词术语

在煤矿粉尘防治工作中,除了掌握有关粉尘、煤尘等基本概念外,还应当掌握下列名词术语及其含义:

(1) 全尘(总粉尘): 飞扬在井下空间的包含各种粒径的粉尘。

(2) 呼吸性粉尘: 能吸入人体肺部并能滞留于肺泡内的微细粉尘。一般地,粒径大于 $100\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒在大气中会很快沉降; $10\text{ }\mu\text{m}\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒可以滞留在呼吸道中; $5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 的尘

粒大部分会在呼吸道沉积，被分泌的黏液吸附，可以随吐痰排出；小于 $5\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒能深入肺部，引起各种尘肺病。

(3) 爆炸性煤尘：悬浮在空气中的煤尘云。当煤尘达到一定浓度且存在足以引爆的热源条件下，能发生爆炸。

(4) 岩粉：能飞散浮游的岩石粉末，其中可燃物的含有率不超过 5%，游离二氧化硅 (SiO_2) 含有率不超过 10%，五氧化二磷 (P_2O_5) 不超过 0.01%，并且不含砷等有害或有毒物质；岩粉的粒度必须全部小于 0.3 mm ，其中 70% 以上小于 0.075 mm 。它是防止和隔绝瓦斯煤尘爆炸的消焰剂。

(5) 游离二氧化硅：即结晶型的二氧化硅。

(6) 尘肺病：长期吸入作业环境空气中悬浮的微细粉尘所引起肺部纤维性病变的总称。

(7) 矽肺病：长期吸入游离二氧化硅含量较高的岩石粉尘所引起的尘肺病。其病理上为肺部呈现典型的矽结节病变。

(8) 煤肺病：长期吸入大量煤尘引起的尘肺病。在病理上有典型的煤尘纤维灶和灶周肺气肿。

(9) 煤矽肺病：既大量吸入煤尘，又大量吸入岩尘引起的尘肺病。在病理上兼有矽肺及煤肺的病理改变特征。

(10) 气溶胶：固体或液体微小颗粒分散于空气中的分散体系。根据气溶胶形成的方式不同，它可分为固态分散性气溶胶、固态聚集性气溶胶、液态分散性气溶胶和液态聚集性气溶胶四种类型。分散性气溶胶是固体或液体物质在采掘、爆炸、振荡等作用下，形成的固体小颗粒或液体小滴悬浮于空气中而成的；凝集性气溶胶是由过饱和蒸气凝集而成，如过饱和水蒸气遇冷形成的雾滴、冶炼金属锌时产生的氧化锌悬浮颗粒等。

二、粉尘的分类

粉尘除按其成分分为煤尘和岩尘外，还可以有多种不同的分类方法。

(一) 按粉尘粒径划分

(1) 粗尘：粒径大于 $40\text{ }\mu\text{m}$ ，相当于一般筛分的最小粒径，

在空气中极易沉降。

(2) 细尘：粒径为 $10\ \mu\text{m} \sim 40\ \mu\text{m}$ ，在明亮的光线下，肉眼可以看到，在静止空气中作加速沉降运动。

(3) 微尘：粒径为 $0.25\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ ，用光学显微镜可以观察到，在静止空气中作等速沉降运动。

(4) 超微尘：粒径小于 $0.25\ \mu\text{m}$ ，要用电子显微镜才能观察到，在空气中作扩散运动。

(二) 按粉尘成因划分

(1) 原生粉尘：在开采之前因地质作用和地质变化等原因而生成的粉尘。原生粉尘存在于煤体和岩体的节理、层理和裂隙之中。

(2) 次生粉尘：在采掘、装载、转运等生产过程中，因破碎煤岩而产生的粉尘。次生粉尘是煤矿井下粉尘的主要来源。

(三) 按粉尘的存在状态划分

(1) 浮游粉尘：悬浮于矿井空气中的粉尘。简称浮尘。

(2) 沉积粉尘：从矿井空气中沉降下来的粉尘。简称落尘。

浮尘和落尘在不同风流环境下可以相互转化，矿井防尘的主要对象是浮尘，通常意义的粉尘指的也是浮尘。

(四) 按粉尘的粒径组成范围划分

(1) 全尘：粉尘采样时获得的包括各种粒径在内的粉尘的总和。对于煤尘，常指粒径在 $1\ \text{mm}$ 以下的所有尘粒。

(2) 呼吸性粉尘：主要指空气动力学直径为 $1\ \mu\text{m} \sim 2\ \mu\text{m}$ 的微细尘粒。它能通过人体上呼吸道而进入肺泡区，是导致尘肺病的病因，对人体健康威胁甚大。

(3) 总尘：生产过程中产生的粉尘的总称。

全尘、总尘和呼吸性粉尘是粉尘检测中常用的术语，从其概念的解释中可以看出三者之间的区别和联系。

全尘和呼吸性粉尘，在一定条件下，两者有一定比例关系，其比值大小与矿物性质及生产条件有关，可以通过粉尘粒径分布测定结果分析获得。

(五) 按粉尘中游离 SiO_2 含量划分

(1) 硅尘: 含游离 SiO_2 在 10% 以上的粉尘。它是引起矿工矽肺病的主要因素。煤矿中的岩尘一般多为硅尘。

(2) 非硅尘: 含游离 SiO_2 在 10% 以下的粉尘。煤矿中的煤尘一般多为非硅尘。

(六) 按粉尘有无爆炸性划分

(1) 爆炸性煤尘: 经过煤尘爆炸性鉴定, 确定悬浮在空气中的煤尘在一定浓度和有引爆热源的条件下, 本身能发生爆炸或传播爆炸的煤尘。

(2) 非爆炸性煤尘: 经过爆炸性鉴定, 不能发生爆炸或传播爆炸的煤尘。

(3) 惰性粉尘: 能够减弱和阻止有爆炸性粉尘爆炸的粉尘, 如岩粉等。

第二节 粉尘的计量

一般来说, 表征煤矿粉尘性质、危害的计量指标很多。在煤矿安全管理工作中, 粉尘的计量指标有粉尘浓度、产尘强度、粉尘沉积量、粉尘分散度、粉尘二氧化硅含量五个指标。其中, 前三个指标最为常用。

一、粉尘浓度

粉尘浓度是指单位体积矿井空气中所含浮游粉尘量。其表示方法有质量法和计数法两种。质量法是指每立方米空气中所含粉尘的毫克数, 单位为 mg/m^3 ; 计数法是指每立方厘米空气中所含粉尘颗粒数, 单位为粒/ cm^3 。

我国规定的粉尘浓度标准为质量法。很多国家过去曾采用计数法, 因其测定复杂和不能很好地反映粉尘的危害性, 其中大多数国家现已改用质量法。

粉尘浓度的大小直接影响着粉尘危害的严重程度, 是衡量作业环境劳动卫生状况好坏和评价防尘技术效果的重要指标。《煤

矿安全规程》(以下简称《规程》)对井下有人工作的地点和人行道的空气中粉尘(总粉尘、呼吸性粉尘)浓度标准作了明确的规定(见表1—1)。需要指出的是,矿井粉尘浓度标准的确定,均是以粉尘中 SiO_2 的含量多少为依据的。

表 1—1 《煤矿安全规程》关于粉尘浓度的规定

粉尘中游离 SiO_2 含量 /%	最高允许浓度 / $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$		备 注
	总粉尘	呼吸性粉尘	
<10	10	3.5	呼吸性粉尘, 游离 $\text{SiO}_2 \leq 10\%$ 是指煤尘, 游离 $\text{SiO}_2 > 10\%$ 是指其他粉尘。
10~<50	2	1.0	
50~<80	2	0.5	
≥ 80	2	0.3	

二、产尘强度

产尘强度是指生产过程中,采落煤中所含的粉尘量,又称为绝对产尘强度。常用的单位为 g/t 。与其相对应的是相对产尘强度,它是指每采掘 1 t 或 1 m^3 煤(岩)所产生的粉尘量,常用的单位为 mg/t 或 mg/m^3 。凿岩或井巷掘进工作的相对产尘强度可按每钻进 1 m 钻孔或掘进 1 m 巷道计算。

相对产尘强度使产尘量与生产强度联系起来,便于比较不同生产情况下的产尘量。

三、粉尘沉积量

粉尘沉积量是指单位时间在巷道表面单位面积上所沉积的粉尘量,单位为 $\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。这一指标用来表示巷道中沉积粉尘的强度,是确定岩粉撒布周期的重要依据。

第三节 粉尘的性质

要做好煤矿防尘工作,必须掌握煤矿粉尘的性质,这是防尘工作的基础。深入研究粉尘的某些性质,可以在不增加防尘成本

的前提下, 充分利用其有利性质, 改变其不利性质, 并采取有效措施, 大大提高除尘效果。

一、粉尘中游离 SiO_2 的含量

煤(岩)尘粒本身具有复杂的矿物成分和化学成分, 其中的游离 SiO_2 是危害人体的决定因素, 其含量越高, 危害越大。

游离 SiO_2 是许多矿岩的组成成分。在煤矿常见的岩石中, 游离 SiO_2 的含量通常为 20%~50%, 煤尘中游离 SiO_2 的含量一般不超过 5%。

二、粉尘的密度

单位体积粉尘的质量称粉尘密度, 单位为 kg/m^3 或 g/cm^3 。排除粉尘间空隙以纯粉尘体积计量的密度称为真密度, 用包括粉尘间空隙在内的体积计量的密度称为表观密度或堆积密度。

粉尘的真密度是一定的, 而堆积密度则与堆积状态有关, 其值小于真密度。

粉尘的相对密度系指粉尘的质量与同体积标准物质的质量之比, 因而是无因次量。常采用 1 个标准大气压 ($1.031 \times 10^5 \text{ Pa}$) 和温度为 4°C 时的纯水作为标准物质。由于在这种状态下 1 cm^3 的水的质量为 1 g , 因而粉尘的相对密度在数量上就等于其密度。但相对密度和密度是两个不同的概念。

三、粉尘的比表面积

单位质量粉尘的总表面积称为比表面积, 单位为 m^2/kg 或 cm^2/g 。设所有尘粒均为球形粒子, 则比表面积 S_m 为:

$$S_m = 6\pi d_p^2 (\pi \rho_p d_p^3)^{-1} = 6/(\rho_p d_p)$$

式中 ρ_p ——粉尘的密度, kg/m^3 ;

d_p ——粉尘的直径, m 。

由上式看出, 粉尘的比表面积与直径成反比, 粒径越小, 比表面积越大。比表面积是衡量粉尘颗粒大小的指标之一。

四、粉尘的分散度

在气溶胶力学中, 常采用“分散度”这一概念, 以统计形式表征多分散性气溶胶集合体的粒径分布状况。在煤矿通风除尘技

术中,又常称分散度为粒径分布或粒度分布。

粉尘分散度表征煤(岩)被粉碎的程度,是指粉尘整体组成中不同粒径范围(粒级)内的尘粒所占的百分比。通常说分散度高,即表示粉尘总量中微细尘粒多,所占比例大;分散度低,即表示粉尘中粗大的尘粒多,所占比例大。

煤矿粉尘分散度的表示方法有以下两种:

1. 计数分散度(又称个数标准的粒度分布)

用粒子群各粒级尘粒的颗粒数占总颗粒数的百分数表示,按下式计算:

$$P_{ni} = n_i / \sum n_i \times 100\%$$

式中 P_{ni} ——某粒级尘粒的数量百分比, %;

n_i ——某粒级尘粒的颗粒数。

2. 质量分散度(又称质量标准的粒度分布)

用各粒级尘粒的质量占总质量的百分数表示,按下式计算:

$$P_{wi} = m_i / \sum m_i \times 100\%$$

式中 P_{wi} ——某粒级尘粒的质量百分比, %;

m_i ——某粒级尘粒的质量。

由于表示的基准不同,同一种粉尘的计数分散度和质量分散度的数值不尽相同。如果粉尘是均质的,个数标准与质量标准可用下式换算:

$$P_{wi} = n_i d_i^3 / \sum n_i d_i^3 \times 100\%$$

式中 d_i ——某粒级粒径的代表粒径。

粒级的划分是根据粒径的组成和测试的目的确定的。从工业卫生角度,我国工矿企业将粉尘粒级分为四级,即: $< 2 \mu\text{m}$, $2 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 和 $> 10 \mu\text{m}$ 。

根据一些实测资料,矿井中粉尘的数量分散度为: $< 2 \mu\text{m}$ 的占 46.5%~60%; $2 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ 的占 25.5%~35%; $5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 的占 4%~11.5%; $> 10 \mu\text{m}$ 的占 2.5%~7%。一般情况下, $< 5 \mu\text{m}$ 的粉尘(即呼吸性粉尘)占 90%以上。

五、粉尘的湿润性

粉尘湿润是液体将尘粒表面气体挤出后，在其表面铺展的过程。在这一过程中，固—气界面消失，形成固—液界面和液—气界面。所以，湿润过程也就是固—液—气三相界面上表面能变化的过程。

容易被水湿润的粉尘称亲水性粉尘，不容易被水湿润的粉尘称疏水性粉尘。对于亲水性粉尘，当尘粒被湿润后，尘粒间相互凝聚，尘粒逐渐增大、增重，其沉降速度加速，粉尘能从气流中分离出来，可达到除尘目的。矿井常用的喷雾洒水和湿式除尘器就是利用粉尘的湿润性使其沉降的。对于疏水性粉尘，一般不宜采用湿式除尘器，而多采用水中添加湿润剂、增加水滴的功能等方法进行湿式除尘。

煤的湿润性决定于煤的变质程度、岩石成分和矿物成分以及煤的表面气化程度。煤是疏水性物质，单纯用水除尘，效果往往不佳。

六、粉尘的荷电性

悬浮于空气中的尘粒，因空气的电离作用和尘粒之间或尘粒与其他物体碰撞、摩擦、吸附而带有电荷。尘粒的荷电性与电荷符号对防尘工作有重要的意义。

煤尘的电荷符号主要取决于煤的变质程度、灰分、组分和破碎方式，可能带正电荷，也可能带负电荷。尘粒带有相同电荷时，互相排斥，不易凝聚下沉；带有异电荷时，则可相互吸引、凝聚而加速沉降。

前苏联等国家有利用粉尘的荷电特性而设计的电除尘器。目前在袋式除尘器和湿式除尘器中也越来越多地利用粉尘的荷电性来提高粉尘的捕集性能。

但另一方面，由于粉尘具有带电性，带电的尘粒也较容易沉积在人体的支气管和肺泡内，从而增加了对人体的危害性。

七、粉尘的光学特性

粉尘的光学特性包括粉尘对光的反射、吸收和透光强度等性

能。在测尘技术中，常利用粉尘的光学特性来测定它的浓度和分散度。

(1) 尘粒对光的反射能力。光通过含尘气流的强弱程度与岩粒的透明度、形状、大小及气流含尘浓度有关，但主要取决于气流含尘浓度和尘粒大小。当尘粒直径大于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 时，光线由于被直接反射而损失，即光线损失与反射面面积成正比。当气流含尘浓度相同时，光的反射值随粒径减小而增加。

(2) 尘粒的透光程度。含尘气流（对光线）的透明程度，取决于气流含尘浓度的高低。当浓度为 0.115 g/m^3 时，含尘气流是透明的，可通过 90% 的光；随着浓度的增加，其透明度将大为减弱。

(3) 光强衰减程度。当光线通过含尘气流时，由于尘粒对光的吸收和散射等作用，会使光强减弱。

八、粉尘的燃烧性和爆炸性

有些粉尘（主要是硫化粉尘和煤尘）在空气中达到一定浓度时，在高温热源的作用下，能发生燃烧和爆炸。粉尘爆炸时能产生高温、高压，生成大量的有毒有害气体，对矿井安全生产威胁极大。

一般认为，含硫大于 10% 的硫化矿粉尘即有爆炸性，发生爆炸的粉尘浓度范围为 $250\text{ g/m}^3 \sim 1\ 500\text{ g/m}^3$ ，引燃温度为 $435\text{ }^\circ\text{C} \sim 450\text{ }^\circ\text{C}$ 。

第四节 粉尘的产生及危害

一、粉尘的产生

(一) 主要产尘工序

煤矿作业的各个生产过程中都可以产生粉尘。能产尘的作业工序主要有以下几种：

(1) 钻眼作业，如气动凿岩机或煤电钻打眼、打锚杆眼、注水眼等；