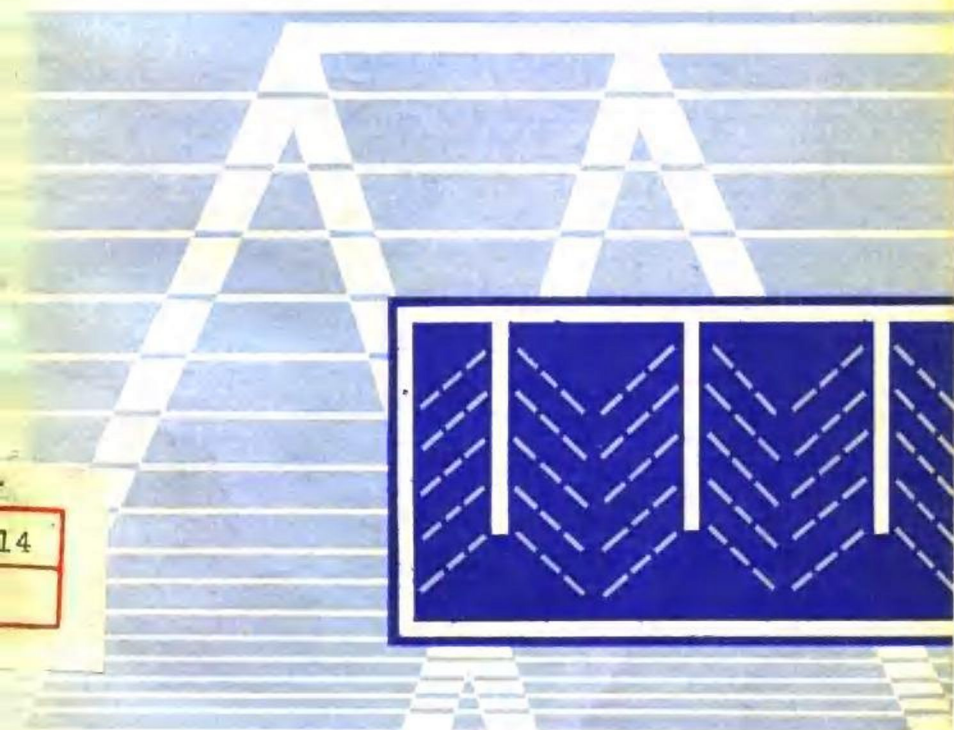


煤层注水 与采空区 灌水防尘

李崇训 编著



煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书比较系统地介绍了煤层注水和采空区灌水预湿煤体防尘的各种施工方法、注水工艺、技术措施及其效果；概略地介绍了煤层注水方法的分类、注水过程的一般规律及选择注水参数的依据；简要地分析了煤层注水的防尘原理和影响注水难易程度的若干因素，并对今后推广注水防尘提出了一些管理措施。本书可供煤矿现场的技术人员、工人和有关院校师生参考。

煤层注水与采空区灌水防尘

李 崇 训 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₃₂

印张4¹/₂

字数 105 千字

印数1—2,000

1981年3月第1版

1981年3月第1次印刷

书号15035·2373

定价0.55元

前 言

煤层注水与采空区灌水是煤矿防治煤尘的一项行之有效的措施。建国以来，我们就积极开展了这方面的研究与试验工作，目前已初步摸索了一些关于煤层注水及采空区灌水防尘方法的规律，积累了不少经验，并在一些矿井中得到了推广和应用。为了总结这些规律和经验，推动我国煤矿防尘工作的开展，改善煤矿的劳动条件，保障矿工的身体健康和生产的安全，特组织编写了《煤层注水与采空区灌水防尘》一书。本书主要是根据石炭井矿务局各矿的煤层注水的实践经验，同时参照了全国其它有关矿区和科研单位的资料编写而成的。书中对煤层注水及采空区灌水防尘的基本原理和影响因素、施工方法和工艺、注水过程中的一般规律和参数选择等作了比较详细的阐述，希望能对从事这方面实际工作的同志有所帮助。书中的缺点错误在所难免，敬请批评指正。

本书在编写过程中，煤炭科学研究院重庆研究所陈方莹、刘新强和卢鉴章等同志给予很大帮助，提出不少宝贵意见，特致谢意。

目 录

前 言

第一章 矿井煤尘及防尘措施	1
第一节 煤尘的产生及存在状态	1
第二节 煤尘的性质和危害	4
第三节 防尘技术措施分类	8
第二章 煤层注水防尘原理	10
第一节 煤层注水防尘原理	11
第二节 煤层注水的难易程度	22
第三节 煤层注水方法分类	40
第四节 煤层注水的技术效果	44
第三章 采空区灌水预湿煤体	52
第一节 施工方法分类及适用条件	52
第二节 采空区灌水的施工方法	54
第三节 技术效果及存在问题	64
第四章 短钻孔煤层注水	67
第一节 短钻孔注水的施工方法	68
第二节 短钻孔注水参数的确定	70
第三节 短钻孔注水的一般规律及其效果分析	74
第五章 长钻孔煤层注水	81
第一节 长钻孔注水方法	82
第二节 长钻孔注水设备及施工工艺	90
第三节 长钻孔注水的一般规律	114
第四节 注水方式及注水参数的选择	128
第六章 煤层注水和采空区灌水的施工管理	145
第一节 推行煤层注水和采空区灌水的必要条件	145
第二节 煤层注水和采空区灌水的施工管理	146
第三节 应执行的几项制度	148

第一章 矿井煤尘及防尘措施

第一节 煤尘的产生及存在状态

一、煤尘的来源及其产生的影响因素

煤矿在生产过程中随煤体破碎而产生的直径在 1 毫米以下的煤炭颗粒称为矿井煤尘。悬浮于空气中的煤尘称为浮游煤尘，从空气中沉降下来的煤尘称为沉积煤尘。沉积煤尘在动力作用下又可重新飞扬和悬浮于空气之中。

矿井煤尘有两种来源，第一种是煤层受地质构造运动或受采场支承压力的作用而产生的煤尘，它存在于煤层的裂隙内，随着煤体的采落和破碎而进入矿内空气，这种煤尘称为原生煤尘；第二种是在煤炭生产各环节，由于煤炭的破碎而生成的煤尘，它产生于落煤、装载、运输、提升整个生产过程中，这种煤尘称为次生煤尘。在现代化矿井里，次生煤尘是主要的煤尘来源，随着采掘机械化程度的迅速提高，煤尘产生量也不断增大，一般每昼夜所产生的煤尘量达到采煤量的 3 % 左右。

矿井煤尘的多少，随煤层自然条件和矿井生产条件的不同而有很大的差异。其影响因素主要有以下几个方面：

1. 煤层构造情况 煤层构造复杂、断层褶皱发育、煤层受地质构造运动破坏强烈的区域，开采时煤尘产生量较大，反之则较小。

2. 煤层的物理性质及赋存条件 一般情况下，水分较

低、脆性较大、节理发育、结构疏松的煤层煤尘的产生量大。煤层注水就是要增加煤的水分、降低脆性，以减少煤尘的产生。在那些倾角较大的煤层里，煤尘产生量也相应增加。

3. 开采方法和机械化程度 倒台阶采煤法比同类煤层的其他采煤法产尘量大；冒落法比充填法产尘量大；矿井机械化程度越高，煤尘产生量越大。综合机械化采煤工作面的浮游煤尘浓度可以高达数千毫克/米³，例如大同四老沟煤矿综采工作面煤尘浓度在注水前达3580毫克/米³，而阳泉的综采工作面最高达8888毫克/米³之多。

4. 通风状况 风速与浮游煤尘量密切相关。合理的风速可以有效地排除工作空间的细小煤尘，但又不会将较大颗粒的煤尘吹扬起来。国外研究表明，回采工作面的风速在1.2~1.6米/秒时，工作面浮游煤尘量最小。

二、矿井煤尘的粒度及其分类

煤尘的粒度以其横断面的平均直径长度表示，一般以毫米（mm）或微米（ μ ）作为度量单位，它们的关系如下：

$$1\text{毫米（mm）} = 10^{-3}\text{米（m）}$$

$$1\text{微米（}\mu\text{）} = 10^{-3}\text{毫米（mm）}$$

煤尘粒度还可以用煤尘样品能以通过筛孔的筛号表示。筛号即筛网在每厘米长度内（公制筛号）或在每英寸长度内（英制筛号）所具有的筛眼数。如公制80号筛即每厘米长度内有80个筛眼，它和英制200号筛相同。能够通过这一筛网的煤尘直径为75微米。

煤尘按其在静止空气中的运动状态可分为三类，如表1-1所示。

煤尘的悬浮能力与粒度、形状、比重、空气流动速度有关。在矿内空气中，小于10微米的煤尘易于悬浮，而大于10

微米的煤尘大多在风流中先后沉降。根据理论计算，比重为1.31左右的球形煤尘颗粒在静止空气中的降落速度V如表1-2所示。

表 1-1 煤尘在静止空气中的状态

粒 度	在静止空气中的状态	可 见 性
$>10\mu$	加速降落	强光下肉眼可见
$10\sim0.1\mu$	等速降落	在显微镜下可见
$<0.1\mu$	不会降落，作布朗运动	在超显微镜下可见

表 1-2 不同直径煤尘的沉降速度

煤尘直径(μ)	100	10	1	0.1
V(毫米/秒)	398	3.98	0.0398	0.000398

在一般工作面风速下 (<4 米/秒)， 100μ 的煤尘尘粒可随风带至数十米以外降落， 10μ 的煤尘尘粒可带至数百米以外沉降，而更细小的煤尘可带出井外。

三、浮游煤尘浓度及分散度

浮游煤尘浓度有重量法和计数法两种计量方法。重量法是以单位空气体积中含有煤尘的重量表示，通常用每立方米空气中含有煤尘的毫克数（或克数）为计量单位，即毫克/米³或克/米³；计数法是以单位空气体积中含有煤尘的颗粒数表示，通常用每立方厘米空气内含有煤尘的颗粒数为计量单位，即粒/厘米³。我国煤矿采用重量法表示煤尘浓度。计数法只作为参考指标。

煤尘的分散度是表示煤炭被粉碎的程度，用以表示构成

分散相的煤尘粒子大小的组成情况。通常以各种不同直径煤尘尘粒占尘粒总数的百分比来表示。如下列形式：

煤尘总和 (%)	煤 尘 的 分 散 度 (%)				
	< 1 (微米)	1~2 (微米)	2~5 (微米)	5~10 (微米)	>10 (微米)
100					

第二节 煤尘的性质和危害

一、煤尘的性质

煤炭被粉碎为细小尘粒后，同体积煤炭的总表面积及比表面积可成千上万倍的增加。体积为 1 厘米³ 的 均质立方体煤炭被粉碎为各种尘粒的立方体细粒时，其表面积的增加量如表1-3所示。

表 1-3 煤尘的表面积

立 方 体 边 长	粉碎为立方体个数	总 表 面 积
10 毫 米	1	6 厘米 ²
1 毫 米	10 ³	6 × 10 厘米 ²
0.1 毫 米	10 ⁶	6 × 10 ² 厘米 ²
0.01 毫 米	10 ⁹	6 × 10 ³ 厘米 ²
0.001 毫米	10 ¹²	6 × 10 ⁴ 厘米 ²

从表中可知， 1 厘米³的煤炭如全部粉碎为10μ 的可见尘粒，其总表面积将增加1000 倍；如粉碎为 1 μ 的显微尘粒，其总表面积将增加10000倍，达到 6 米²。

由于煤尘尘粒总表面积的猛增，其表面吸附能力也大为提高。尘粒表面吸附了空气薄膜，阻碍了尘粒与水的连结，尘粒难以被水所湿润，增加了防尘工作的困难；同时，煤尘

颗粒比表面积增大，使吸附的氧分子数量增加，使煤尘颗粒受热面积也增大，因而加速了煤尘的氧化分解过程。

二、煤尘的危害

矿井煤尘的主要危害是煤尘爆炸和煤矽肺病。

(一) 煤尘的爆炸性

煤尘受热后迅速干馏气化，每公斤挥发分为20~26%的焦煤可以放出290~350升可燃气体，它与空气的混合物在热源作用下形成燃烧，而燃烧的热量又可使其它煤尘不断气化分解，导致燃烧和气化循环持续进行，且反应速度也逐渐加快，通过激烈的燃烧，最后形成爆炸。

影响煤尘爆炸性的因素很多，如煤尘的可燃挥发分、水分、灰分、粒度、浓度以及空气中沼气和氧气的含量等。在这些因素中，煤尘的浓度、水分和粒度直接与煤层注水等防尘措施的效果密切相关。因此，这里只着重分析这三个因素的影响程度。

(1) 可燃挥发分 $V^r \geq 10\%$ 的煤尘是具有爆炸危险的。当其悬浮于空气中的浓度达到一定值时，遇有火源能够发生煤尘爆炸。以发生爆炸的最低或最高煤尘浓度称为煤尘爆炸的下限和上限。我国对 $V^r = 20\%$ 的煤尘爆炸下限进行了测定，其结果如表1-4所示。我国还对 $V^r = 54.7\%$ 的煤尘进行了爆炸试验，在实验室条件下用白金丝加热，在无沼气的空气里，其爆炸下限浓度为45克/米³。煤尘爆炸的上限浓度据

表 1-4 煤尘在不同瓦斯浓度时的爆炸下限浓度

空气中沼气浓度 (%)	0.5	1.4	2.5	3.5	4.5
煤尘爆炸下限浓度 (克/米 ³)	34.5	26.4	15.5	6.1	6.4

国外的实验为 $2000\sim 3000$ 克/米³。试验表明，爆炸力最强的煤尘浓度为 $300\sim 400$ 克/米³。

应当指出，在井下各工序中，出现煤尘爆炸下限浓度的情况是不常有的。但是，一些事故的实例表明，在进行爆破的极短时间里，爆破作业地点的浮游煤尘浓度往往可达到爆炸下限浓度，并在爆破火源引燃下，造成了煤尘爆炸事故。这就说明预先湿润煤体，由于能减少爆破瞬间的浮游煤尘浓度，又可增加煤尘的水分，所以是降低爆炸危险性的良好措施。其次，沉降在井巷两帮和顶底板的大量沉积煤尘，当受到空气震动吹扬时，能迅速重新悬浮于空气之中，并使煤尘浓度迅速达到爆炸下限，为大范围的煤尘爆炸事故创造了条件。事实证明，几乎所有重大恶性事故，都是由于井巷中的沉积煤尘被吹扬起来造成煤尘爆炸而导致局部事故扩展为区域性或全矿井事故。理论计算表明，在断面为 4 米²的巷道中，如把平均厚度为 0.1 毫米的沉积煤尘全部吹扬起来，就可以达到爆炸力最强的煤尘理论浓度值（ 112 克/米³）。预先湿润的煤体不仅大量减少工作面浮游煤尘浓度值，而且也大幅度减少了沉积煤尘值，对于预防煤尘爆炸是有积极意义的。

（2）煤尘的水分是一种附加的不燃性物质，它具有减弱或阻碍爆炸的性质，并对煤尘起连结作用，减少煤尘飞扬。因此，用注水的方法使煤体均匀湿润增加水分，当出现热源时，水分能抑制煤尘的分解燃烧，减少起爆危险。但国外实验表明，如果当爆炸已经发生，水份对抑制煤尘参加爆炸的能力就很微弱了。

（3）在可燃挥发分 $V^r\geq 10\%$ 的煤层中，直径在 1 毫米以下的煤尘颗粒均能参加爆炸，但煤尘爆炸的主体是 0.075 毫

米以下的尘粒。总的说来，粒度愈小，则煤尘爆炸性愈强，但当粒度达到0.03毫米以下时，煤尘的爆炸性增强趋势变得平缓了。因此，从粒度对爆炸的强弱影响来看，应当提出预先湿润煤体的均匀性要求，不仅要减少较大颗粒的煤尘，还要力求以均匀湿润的办法降低0.075毫米以下的细粒煤尘，这些煤尘愈少，其爆炸性愈弱。

（二）煤尘引起煤肺和煤矽肺病

矿工长期吸入煤尘可以导致煤肺病，煤肺病的发生发展主要由于煤尘本身的影响造成的。它的症状和病因都和矽肺病有本质的区别。一些实例表明，在不含石英的高浓度煤尘中长期作业，同样可以引起肺部病变。煤肺病与矽肺病相比是一种比较缓慢的、病情比较温和的病变过程，但也能使矿工失去劳动能力。矿工在含单纯的煤尘空气中长期劳动，经10~15年可发生煤肺病。无烟煤煤尘引起煤肺病的危险性最大，烟煤次之。

在多数矿井中，矿工长期吸入的煤尘实际是煤与矽尘的混合物，因此它们导致矿工肺部病变是属于煤矽肺病。它的发病率和发病年限比单纯煤肺病严重得多，病变也较单纯煤肺病复杂，对人体的危害也更为严重。为此，国务院颁发的《关于防止厂矿企业中矽尘危害的决定》中规定：井下空气中含游离二氧化矽成分达10%以上的粉尘，其浓度不得超过2毫克/米³；煤炭部颁发的《煤矿安全规程》中规定：井下空气中煤尘浓度不得超过10毫克/米³，以防止矿尘的危害。

煤尘中小于5微米的尘粒是引起肺部病变的主要因素。矿工在劳动中，大于25微米的尘粒被鼻毛阻滞于鼻孔内，25~7微米的尘粒大多留在鼻腔的通道和湿润的粘膜上（约占吸入尘粒的50%），剩下的则留在呼吸道的表皮上。上述

尘粒均可能以咳嗽或其它形式排出体外。最后进入肺内的尘粒，其中一部分还可在呼吸时被排出体外，一部分则留在肺细胞里，它们大多属于 5 微米以下的尘粒。由于这些尘粒属于显微尘粒，因此在实际工作中易于忽视它的存在及危险。

当前各矿区普遍采用重量法测定煤尘浓度，用它进行防尘效果的对比时，由于大粒煤尘的降低会引起重量法浓度值的显著减少，5 微米以下的小粒煤尘即使有所增加也不致引起重量法浓度值的显著增加，因此，人们往往容易在重量法浓度值大幅度下降时，放松了某个防尘措施对 5 微米以下的呼吸性煤尘的降尘效果。从预防煤矽肺病的角度看，给煤层注水和采空区灌水预湿煤体防尘措施提出了更高的要求，要使水均匀分布到极细微的煤体孔隙中去，力求降低 5 微米以下的煤尘，既预防煤尘的爆炸，同时更好地为预防职业病服务。由此可见，在检验预湿煤体的效果时，不仅使用重量法浓度值的对比，而且应当使用粒数法并对比分散度，全面衡量煤体湿润质量。

第三节 防尘技术措施分类

为了预防矿井煤尘危害，人们在生产中可以采用技术的、组织的和行政的各种措施。防尘技术的措施，就是以各类技术手段减少煤尘的产生及其危害的措施，习惯称为防尘措施。根据我国建国以来积累的丰富经验，按照我国研究部门的分类方法，大体可将煤矿的防尘技术措施分为以下几类。

一、防尘措施

这类措施的作用是减少井下煤尘的产生和飞扬，可有以下三种：

1. 减少煤尘产生的措施 在采煤之前,预先采取一些措施,以便使生产过程中尽量减少煤尘的产生。例如,在开采前用煤层注水或采空区灌水的方法使煤体湿润;爆破时使用水封爆破或水炮泥;改进采掘机械的切削机构;使用水电钻;在各个生产环节的发尘点进行局部封闭等,这类措施是最为积极的措施。

2. 降尘措施 当煤尘产生以后使之沉降下来。例如,工作面或装运过程中的喷雾、洒水、改善风速和风向等。

3. 捕尘措施 当煤尘发生后捕集起来。如采用旋流除尘器捕尘、过滤法捕尘、巷道粘结法捕尘等。

二、防爆措施

这是针对已经产生的煤尘,使其降低爆炸危险性的措施。例如:洒水、水风喷雾等,是防止浮游煤尘爆炸的措施;而巷道清扫、喷浆刷白、冲洗和撒布岩粉等是防止沉积煤尘参与爆炸的措施。

三、隔爆措施

当煤尘爆炸已经发生时,所采取的隔断爆炸的措施称为隔爆措施。例如,岩粉棚、岩粉带,以及国外试验的水槽棚子、吊水袋等都可以使爆炸隔断,防止事故的蔓延。

第二章 煤层注水防尘原理

煤层注水是近代发展起来的防尘技术之一。早在上一世纪末就有人在德国萨尔煤田做试验，但当时并没有用于实际防尘工作。直到第二次世界大战后，才开始在矿井试验和应用。到五十至六十年代，世界各主要产煤国家如西德、英国、苏联、美国、比利时和波兰等，都进行了大量的试验并推广应用。近年来，采煤技术进入了综合机械化的发展阶段，各国已将煤层注水作为一项必行的主要防尘措施在煤矿实施，使矿井防尘技术推向了新的发展阶段，使煤尘管理面貌发生了深刻变化。例如西德的萨尔煤田有90%以上的煤产量来自于煤层注水工作面，比利时全国有60%的采煤工作面都实行了注水防尘，而波兰几乎在所有的采煤工作面都实现了煤层注水。苏联、英国、美国等也都在各主要矿区广泛采用多种形式的注水工艺设备，使煤层注水发展成为一项完备的现代防尘手段。

我国建国以来，矿井防尘工作从无到有，取得了巨大的成绩。在五十年代就开始了煤层注水的试验工作。原抚顺煤炭科学研究院从一九五六年起，先后在我国本溪、阳泉等矿区作了长钻孔煤层注水试验，开滦、萍乡等矿区也陆续进行了短钻孔注水，均取得了很好的效果。进入六十年代，一些煤矿开始将煤层注水运用于防尘实践，并出现了采空区灌水预湿煤体的防尘方法。但是作为一项矿井防尘措施在煤矿推广应用，还是从七十年代才开始的。最近几年，煤层注水及采

空区灌水防尘技术发展很快，注水防尘的矿井遍及我国南北各省；我国科研部门于一九七六年研制成功我国第一台煤层注水专用水泵(5D-2/150型注水泵)及煤层注水自动封孔器(2YY-501型封孔器)，现正就注水专用机具及测试仪表进行工艺配套的研究工作。生产矿井和科研部门的大量实践和研究成果，为我国进一步普及注水防尘技术提供了必要的经验。当前全国有不少煤矿在推行技术措施的同时，还在生产技术管理和劳动组织上采取了相应的措施，以保证煤层注水及采空区灌水防尘技术的长期普遍实行。宁夏石炭井矿务局自一九七〇年开始试验以来，注水防尘发展很快，全局煤层注水和采空区灌水工作面迅速增加并大体稳定在60%左右；在试验和配套注水技术的同时，还建立了注水专业班组，制订了注水的有关制度，确定了注水及灌水的质量标准，取得了良好的效果。

随着我国煤炭工业的迅速发展，矿井采掘机械化程度的不断提高，可以预料，煤层注水和采空区灌水预湿煤体的防尘技术必将更加广泛地推广和应用。

第一节 煤层注水防尘原理

一、煤层注水及采空区灌水防尘的实质

煤层注水及采空区灌水防尘的实质是用水预先湿润尚未采落的煤体，使其在开采过程中大量减少或基本消除浮游煤尘的发生。煤层注水是通过煤体中的注水钻孔将水压入煤体，使水均匀分布于煤层中无数细微的裂隙和孔隙之中；采空区灌水是在厚煤层下行陷落分层开采的采空区内灌水，使水缓慢渗入下一分层煤层中细微裂隙、孔隙之中，达到预先湿润煤体的目的。预先湿润的煤层能使浮游煤尘大量消除在

产生之前，和其它捕集或稀释等防尘方法相比，它是一种最为积极而有效的防尘技术，是一种治本的防尘方法，因此，在现代综合防尘技术中占有重要的地位。

二、煤体内裂隙、孔隙及其分布状况

当水在煤层中的裂隙、孔隙内均匀存在时，才能使煤层充分湿润。因此首先对煤层的裂隙、孔隙应有一个基本了解。煤体内有无数的裂隙、孔隙，按其成因、存在状态和分布情况大体可有如下五种：

(一) 层理

煤层的层理面是在成煤过程中所形成的各种煤岩成分的分界面。层理虽然没有直接使煤体（或使煤体和围岩间）断裂开来，但却使煤体沿层理方向产生了一个弱面，注水时，水容易从这个弱面压入通过，因此在研究煤层注水时，我们把它纳入裂隙加以讨论。通常所见的是连续性的水平层理，也有断续性的层理或斜状层理。当煤层属均一致密的块状构造时（如某些暗淡型煤或腐泥煤），层理则不明显。当煤层注水时，层理面常可成为一个连续通道，使水到达整个煤层的待湿润范围。

(二) 内生裂隙

煤体的内生裂隙是因煤层在成煤和变质过程中，受上覆岩层压力和温度的作用，使煤炭中凝胶化物质的分子结构压紧并重新排列，体积收缩产生内张力，而形成了裂隙。它的形成与地质构造运动和采动影响等外界动力无关，因此称为内生裂隙。在各种煤岩成分中，以镜煤和亮煤中的内生裂隙最为发育。它通常垂直于层理面，裂隙面平坦而光滑，往往呈两组互相垂直的裂隙组，其中裂隙密度较大的一组称为主裂隙组，另一组称为次裂隙组（图2-1）。内生裂隙的发育程

度，是用煤体某一断面上沿层理方向每5厘米长度内肉眼观察的裂隙数目来表示的。它和煤的变质程度紧密相关（详见本章第二节），常常用以判别煤的变质程度，同时也是影响煤层注水难易的一个因素。

（三）外生裂隙

煤层形成后，受地质构造运动的剪切作用，按受力方向和强烈程度不同，产生了与层理面斜交的外生裂隙。它能产生于各种煤岩成分或各种煤岩类型的煤体中（图2-1）。外

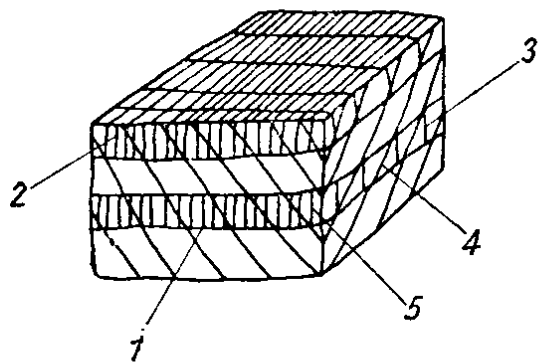


图 2-1 内生与外生裂隙

1—层理面；2—主内生裂隙组；3—一次内生裂隙组；4—外生裂隙；5—镜煤或亮煤

生裂隙常与层理面斜交成不同的交角，可分为几组，常见的有 45° 的斜交外生裂隙。裂隙面上由于在挤压过程中产生剪切滑动，常呈擦痕而凸凹不平。主要的外生裂隙组方向常与附近的断层方向一致。外生裂隙内常有次生矿物或破碎的煤粉（原生煤尘）充填。外生、内生裂隙和层理面相互交错，使煤体沿这些裂隙破裂时，构成一定的几何形状，这就是常称的“节理”。常见的节理有板状、立方体、平行六面体等。节理发育则有利于注水的进行。

（四）次生裂隙

煤体在采落之前，受本层或上邻近层开采的超前支承压力的作用，或受邻近分层爆破作业的影响所形成的裂隙称为次生裂隙。它是由于人的开采活动造成的煤体裂隙，因此，和次生裂隙相对应，内生及外生裂隙是在煤体未受开采影响之前形成的，可统称为原生裂隙。次生裂隙内也伴生着原生