

注4
检2 注1 .73-4

矿井岩溶水防治

李金凯 等著

5层煤
K₂

6层煤

P₁

东大巷突水点

C₃

煤炭工业出版社

H = 80m

O₂

3
2

P₂²

P₂¹

P₁

煤



P 60

矿井岩溶水防治

李金凯等著

煤炭工业出版社

15
721

内 容 提 要

本书根据大量防治水的实际资料,对矿床岩溶水的形成赋存、运移和矿坑突水规律进行了分析、研究,总结出了一套具有中国特色的矿井水防治方法。

全书共分十一章。书中突出地写了一些以往著作中尚未系统阐述过的问题,如厚层石灰岩含水层的疏水降压、利用隔水层防水开采水患煤层、帷幕截流改造矿井水文地质条件、注堵突水点快速恢复遇灾矿井等。一些章节的内容是新的,如减少矿井无效排水、井下防水御患技术、岩溶水的探查方法、矿区水文地质环保及排供结合的讨论等。

该书在理论研讨的同时结合了实例论述,并提及了国外有关先进经验,对矿床水文地质、矿井地质及采矿技术人员具有实际意义,也可供相关专业的大院校师生和科研人员参阅。

责任编辑:罗醒民

矿 井 岩 溶 水 防 治

李 金 凯 等 著

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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787×1092mm^{1/16} 印张23^{1/4}

字数 557千字 印数 1—1,540

1990年3月第1版 1990年3月第1次印刷

ISBN 7-5020-0314-2/TD·296

书号 3129 平装定价 8.45元
精装定价 11.45元

前 言

我国煤矿床水文地质条件复杂，特别是岩溶水经常突入矿坑危害生产安全，30余年来，水文地质、矿井地质及采矿工作者在与地下水斗争中，创造了不少好的防治水方法，在防治水理论方面也进行了相应地探讨和研究，为煤炭生产和煤炭工业的发展起到了应起的作用。

我们在总结全国大量的防治水实际资料的基础上，对煤矿床岩溶水的赋存、运移和矿坑突水进行了分析、概括和阐述；划分了突水类型，这对预测、防止和治理突水是必要的；提出了厚层灰岩岩溶水应按各井田各煤田的复杂程度由简单区入手，采用相应防治水方法开采“水患”煤层的理论，并结合实例阐明了这一学术观点；在防治水方法的选取方面，提出应因地制宜，按照水文地质规律、采矿条件和相应的技术经济状况进行抉择，根据客观条件实施综合治理是我国煤矿防治水的特色。实践证明，某些矿区或井田采用疏水降压、带（水）压开采、截流、堵水特别是动水注堵等方法成功的，并取得了实效。在防洪、封堵井下大型突水点方面，在探查岩溶水、示踪试验、井下放水试验等方面也创造出了一些新方法；在矿坑水量评价方面，近年来采用多种方法力图使计算结果近于客观，书中结合实际算例进行了系统地讨论；对矿山环保水文地质及排供结合变水害为水利等问题进行了专门讨论。

本书共分十一章，第三章由李庆广、李金凯、杨善安、王学礼合写；第四章由宋景义执笔；第八章一、二、三节由陈兆炎、李金凯执笔；第九章一、二节由梁仲华执笔；第十章由姜本执笔；绪论、第一章、第二章、第五章、第六章、第七章、第十一章以及第八章的第四、五节，第九章的第三、四节由李金凯执笔。全书由李金凯统编。

由于水平和时间所限，可能有一些好的防治水经验和方法未能写入，内容上的错误和缺点，望读者批评指正。对给本书编写中提出指导性意见的王大纯教授以及协助整理稿件和绘图的同志致以谢意。

作者

目 录

绪论	1
第一章 石灰岩岩溶含水层的特征及矿坑突水	5
第一节 厚层石灰岩含水层的特征	5
第二节 太原组薄层石灰岩含水层的特征	23
第三节 岩溶类煤矿床矿坑突水	33
第二章 疏干降压	46
第一节 疏干降压概述	46
第二节 薄层石灰岩含水层疏干	49
第三节 厚层石灰岩含水层的疏水降压	55
第四节 疏干降压中的技术问题	61
第五节 几个特殊的疏水降压实例	74
第三章 利用隔水层防水开采水患煤层	77
第一节 煤矿床隔水层的赋存特点	77
第二节 承压水突破隔水层的特征	79
第三节 利用隔水层带(水)压开采的有关技术问题	89
第四节 利用隔水层带(水)压开采的实践	95
第四章 灌浆帷幕截流治理矿井水	104
第一节 概述	104
第二节 灌浆帷幕的基本要素与构成及其对水文地质条件的要求	106
第三节 灌浆帷幕截流的应用实例	109
第四节 灌浆帷幕截流工程不同阶段的水文地质工作	135
第五节 灌浆帷幕截流的一般设计原则与内容	140
第五章 受淹矿井的快速恢复	147
第一节 被淹矿井恢复方法的确定	148
第二节 先排后堵法恢复被淹矿井——以井陘三矿为例	151
第三节 先堵后排法恢复被淹矿井及其有关问题	157
第四节 动水注堵恢复被淹采区和矿井	169
第五节 潜水泵在矿井恢复和排水中的应用及其特性	175
第六节 淹井事故的预防	179
第六章 减少矿井无效排水	182
第一节 处理封闭不良废旧钻孔减少矿井无效排水	182
第二节 封堵井下突水点减少矿井无效排水	192
第三节 治理河渠渗漏避免地面水井下排	196
第四节 井筒淋(涌)水的处理	198
第七章 矿井防水御患技术及设施	204
第一节 强化排水系统	204

第二节	防水密闭设施	213
第八章	改变大气降水的补给条件减少矿井涌水量	226
第一节	查清大气降水对矿井水的补给关系	226
第二节	切断大气降水补给源的方法	228
第三节	制定防雨技术措施应考虑的原则	239
第四节	暴雨对矿井的危害及防范	241
第五节	实例	249
第九章	煤矿岩溶水的探查	253
第一节	煤矿防治水工作中的水化学研究	253
第二节	煤矿防治水工作中的地下水示踪	267
第三节	利用钻孔测温资料研究矿床水文地质条件	275
第四节	利用钻孔电磁波透视及其它方法探查溶洞和过水通道	278
第十章	煤矿防治水中的水量评价方法	284
第一节	水量评价在煤矿防治水工作中的意义	284
第二节	淹没矿井涌水量计算方法	284
第三节	矿井涌水量的近似计算方法	290
第四节	矿区最大排水量的计算方法	293
第五节	疏水降压计算中的解析方法	304
第六节	矿区综合防治水中水文地质模型的模拟计算与评价方法	320
第十一章	煤矿防治水与环境保护	343
第一节	矿井疏排水引起的岩溶塌陷及其治理	343
第二节	矿井疏排水引起的供水矛盾及解决途径	349
第三节	矿坑水的污染节制和矿井水的利用	351
第四节	固体物突入矿坑及防治	354
第五节	地震对矿坑充水和矿区环境的影响	360
后 记	363
参考文献	365

绪 论

多年来,我国煤炭产地除部分露天矿外,多系地下作业。建井和开采证实,煤矿床水文地质条件是复杂的、多样的。有的矿区在地表水系下(海、河、湖、库)开采,受着地表水的威胁。如黄河、淮河一些河段下赋存的煤炭资源,东北松辽平原的黑龙江、松花江、嫩江、牡丹江下或岸边赋存的丰富的煤矿产,珲春河及图们江流经的珲春煤田,吉林蛟河及其支流流经的蛟河煤田。以及七台河、平庄、石炭井、阿干镇、乌鲁木齐等煤矿区均受着河水的威胁;有的煤田位于湖下,受到湖水的威胁,如山东滕县煤田即有三个井田位于微山湖下。我国近海海下也有煤矿床分布,如山东龙口煤田,在渤海海平面300m以下的储量即达10亿t。

受地下水威胁的煤田就更多了。地下水按含水介质分,有松散岩层中的孔隙水,基岩层中的裂隙水,石灰岩溶蚀含水层中的岩溶水等。如东北地区齐齐哈尔一带的煤田,第四系砂砾石层为煤田的主要含水层,大气降水通过补给这些松散含水层后进入矿坑,舒兰、辽源、扎赉诺尔以及元宝山都受松散含水层的威胁;河北的开滦、河南焦作的东部矿区、淮北、淮南以及山东肥城等矿区,不仅受岩溶水的威胁,松散含水层对采矿也有着一定的影响,有时还会酿成水患事故。如肥城、开滦均发生过向矿坑突入流砂和黄泥的灾祸,造成经济损失以及人员伤亡;淮北朱仙庄矿虽已投产,但由于冲积层水的影响,产量仅达到井型的63%。

煤系及顶底板的裂隙性含水层,如鹤岗、北票、海拉尔砂岩中的裂隙水、阜新矿区砂岩及玄武岩中的裂隙水、蛟河煤田侏罗系砂岩(厚达50~60m)中的裂隙水,均构成永久性的充水水源,山东坊子煤矿吨煤排水量达 $24\text{m}^3/\text{min}$,其中55%来自片麻岩裂隙水,一次突水量大者可达 $8\text{m}^3/\text{min}$,经常影响生产。

对地表水系一般采用留设防水煤柱、铺底防渗、河流改道等方法处治;对松散含水层可采用留设防水煤柱或疏干的方法处治,而裂隙水的充水性总是有限的,一般情况下均可以解决;石灰岩岩溶水对煤矿的开发影响最为严重,近年来华北水患更为突出。故本书以华北的岩溶煤田作为主要研究和讨论对象。

石灰岩在我国广泛分布,出露面积达200万 km^2 ,约占我国领土的13%。在南方的贵州、广西、四川、滇东大面积分布,华北太行山区、鲁中、晋东南、豫西分布也较集中。一些地区如太行山东南麓丘陵区、开平盆地、黄淮平原的石灰岩被覆盖于地下,成为隐伏含水层。无论是出露的还是隐伏的石灰岩,均可能富含岩溶水或岩溶裂隙水,构成对采矿有威胁的强含水层。

从北方(长江以北)讲,河北的井陘、邢台、邯郸、峰峰、开滦,河南的安阳、鹤壁、焦作、平顶山、新密、豫西,山东的淄博、肥城、莱芜、新汶、枣庄,江苏的徐州、大屯以及安徽淮南、淮北,山西霍县、轩岗,陕西渭北,辽宁本溪、南票,吉林通化等三十多个煤田均处于石灰岩区。在南方,湖南的涟邵、煤炭坝、韶山、资兴,四川南桐、中梁山、松藻,永荣,广西合山,江西的丰城、八景,浙江的长兴等数十个煤田也分布在石灰岩

区。位于石灰岩区,石灰岩岩溶水又是矿井主要充水水源的煤田,称之为岩溶类煤矿床,我国岩溶类型煤田约占60%以上。

北方石炭二叠纪煤田(也称华北型岩溶类煤田)多属岩溶类型,据初步统计,其总产量达2亿t以上,占我国统配煤矿产量之半,储量也甚丰富。此类煤田在采矿中有两个石灰岩含水层组威胁生产,一是太原组煤系底部的奥陶系厚层石灰岩,二是太原组煤系地层中成为可采煤层顶底板的薄层石灰岩,对采矿威胁性最大的是前者。当薄层灰岩与厚层灰岩发生密切水力联系、水源补给充沛(如焦作)时,薄层灰岩也会对矿井安全造成严重威胁。

华北岩溶类煤矿水害的严重性主要表现在以下方面:

1. 经常以数倍、数十倍,甚至百倍于排水能力的水量突入矿坑造成水患。从1919~1985年12月的66年间所发生的一些典型的奥陶系灰岩(以下简称奥灰)突水46个案例(表1-13)可以看出,50年代以前的30年间,最早一次奥灰突水发生在河北临城北井,其间13次突水中最深的一次发生在-150m,一般在 ± 0 m以上。最大突出水量(淄博北大井)达 $443\text{m}^3/\text{min}$;60年代由于采深加大,7次突水淹井案例中发生在 ± 0 m以下的有5次,特大突水*1次;70年代12次突水淹井中突水点在-200m以下的3次,大型突水5次;80年代的5年中即发生奥灰突水淹井12次,突水点发生在-100~-400m之间,其中特大突水5次,1984~1985两年华北发生奥灰突水淹井8井次,其中范各庄奥灰突水水量达到 $2053\text{m}^3/\text{min}$,为世界采矿史上仅有的,水患波及邻井吕家坨矿及林西矿,影响产煤865t。

随着开采强度的增加,深度的加大,突水机率和频率也增大,大型及特大型突水频繁出现。据统计,进入80年代以来,我国煤矿矿坑突水次数较50年代增长257%,淹井次数增长96%。1950~1960年间一般突水量只有 $5\sim 29\text{m}^3/\text{min}$,个别达到 $60\text{m}^3/\text{min}$;60年代以后一般突水量为 $20\sim 40\text{m}^3/\text{min}$,个别达到 $100\text{m}^3/\text{min}$;70年代即出现了 $240\text{m}^3/\text{min}$ 的突水纪录。

全国统配煤矿1984~1985年8月连续发生重大的淹井和因水害停产事故19起,影响产煤量1266万t,其中华北型岩溶煤矿受淹受损所占比重最大,占此期间影响产煤量的89.8%。

2. 由于石灰岩含水层复杂,并具非均质性的特点,使一些矿区的水文地质条件不易查清,加之勘探方法不当,影响新井建设和布局。如陕西渭北煤田储量甚丰,但岩溶含水层的含水情况不明,防治水方法不利,建井过程中多次发生水害。再如桑树坪、马沟渠、象山、董家河等矿井井筒曾先后被淹,有的推迟投产,有的被迫更改设计。据统计,报废已建成的斜井达310m、石门378m、井底车场800m,损失超过1000万元。河南豫西新区,由于水文地质条件不清,建井后相继有8对中小型矿井被淹。由于奥灰岩渗水、导水性强,有的矿区井下闹水灾,井上缺水吃,因此,岩溶水已影响到煤炭工业的发展和布局。

3. 在一些老矿区,如淄博、焦作、峰峰、邯郸等矿务局的一些老井上部煤层(离奥灰距离远的煤层)开采殆尽,下部煤层由于岩溶水威胁多列于平衡表外,或作为远景储量,据不完全统计,这类水患煤层的储量约占19个矿务局总储量的18.6%,其中一些局约占储量的35~50%。因此,必须查清奥陶系灰岩和薄层灰岩的水文地质条件,采取相应防治水措施,以挖掘生产潜力,延长矿井服务年限。

* 岩溶类大水矿坑突水划分为特大突水,突水量大于 $120\text{m}^3/\text{min}$;大型突水,突水量 $119\sim 60\text{m}^3/\text{min}$;中型突水,突水量为 $59\sim 30\text{m}^3/\text{min}$;小型突水,水量 $29\sim 5\text{m}^3/\text{min}$;微型突水,水量 $5\sim 1\text{m}^3/\text{min}$ 。

4. 在华北石炭二叠系煤田, 当煤系中的薄层石灰岩与奥灰岩水力联系密切时, 薄层灰岩对采矿有着一定的威胁。如淄博埠村矿一井, 1975年11月12日薄层灰岩以 $6.45\text{m}^3/\text{min}$ 水量突入1008采区, 使采区淹没损失达256万元; 1965年峰峰薛村矿、牛儿庄矿的薄层灰岩突水, 突水量分别为 $80\text{m}^3/\text{min}$ 和 $40\text{m}^3/\text{min}$, 造成采区淹没, 影响了掘进和生产; 肥城、新汶、邯郸等矿历年来也发生过多薄层灰岩水突入矿坑, 危害生产和安全的事例。薄层灰岩危害最甚者应属焦作矿区, 从1914~1985年的71年中, 先后发生突水量大于 $5\text{m}^3/\text{min}$ 的就有108次, 其中大于 $50\text{m}^3/\text{min}$ 以上的突水15次 ($100\text{m}^3/\text{min}$ 以上的6次), $49\sim 10\text{m}^3/\text{min}$ 的突水40次, $9\sim 5\text{m}^3/\text{min}$ 的突水50次, 造成淹井13次, 淹采区13次, 影响产煤量696万t。60年代由 L_3 灰岩突水淹井的有7次, 70年代以后由 L_2 灰岩突水淹井的6次, 13次淹采区中 L_3 灰岩突水9次, L_2 灰岩突水4次。研究北方岩溶水的防治对南方岩溶矿床水的防治也是有利的, 从防治水害而言, 南、北方可以相互借鉴。

我国南方岩溶类煤矿床以晚二叠世煤田为主, 主要分布在湖南、江西、广西、四川、贵州和云南等省。矿井水主要来自煤系顶板长兴灰岩和底板茅口灰岩的岩溶水, 多以突然涌入矿坑的形式危害生产, 水患严重。据不完全统计, 湖南、广东、江西和广西等省(区)受水威胁的煤炭储量约16亿t。涟邵、合山、丰城、煤炭坝等矿区不完全统计, 至80年代初, 共突水淹井95次以上。由于南方晚二叠世煤系可采煤层与其底板的厚层茅口灰岩之间的隔水层厚仅数米, 开采中不可避免地发生底板涌水, 故一般排水量大, 同时由于排水引起地面塌陷也成为其独特问题。如涟邵矿务局1967~1979年间仅桥头河、斗立山和恩口3个矿区8个矿井最大排水量为 $288\text{m}^3/\text{min}$, 平均吨煤排水费达13.52元, 造成地面塌陷7279个, 由于塌陷使28条河溪断流, 毁房迁房26500平方米, 是采矿中值得重视的一大问题。

总之, 我国岩溶类煤矿床分布很广, 与世界其他国家的岩溶类矿床相比, 无论是分布的广度, 问题的多样性, 还是排水量的大小, 突水危害情况等, 均属于最复杂的。

我国煤矿床的水文地质工作者, 面对极其复杂的水文地质条件和严重的水患, 在探测及排水设施急待改良的情况下, 30多年来, 在一些大水矿区进行了大量的水文地质工作。从60年代开始, 采用疏干降压方法, 对薄层灰岩及部分厚层灰岩进行疏水降压, 随之进行了地下截流改造水文地质条件、减少矿井涌水量的试验, 对受淹矿井实施快速堵水复矿, 对一些矿区进行了运用隔水层带(水)压开采综合治理的科学试验, 取得了相应的成绩。特别是近年来在邯郸、峰峰、焦作、鹤壁、肥城、淄博、徐州、淮南等矿区, 每年采出受水威胁的煤炭资源500万t以上, 使数亿吨水患煤炭资源得到解救。

在岩溶水的治理中, 也积累了一定的经验, 创造了一些方法, 如在岩溶水的形成、运移、矿坑突水机理等有关方面, 客观地认识了我国岩溶类矿床的特征和条件, 向着逐步形成和完善我国煤矿床水文地质理论方向进展。

在疏干降压方面, 根据我国岩溶矿床的水文地质条件, 提出了薄层灰岩逐层分水平疏干的方法; 对厚层灰岩岩溶含水层, 在查清疏干水文地质条件后, 在条件简单井田区实施疏水降压解放水患资源的方法。在疏降技术方面, 采用了井下疏降孔高压水防喷技术和装置高压疏水孔孔口的保安装置, 以及扩大疏水孔出水量等方法。还结合国内外情况, 对疏干降压技术的发展趋势, 进行了对比和论述。

利用隔水层的防、阻水性, 抵抗矿层底板承压水溃入井巷安全开采水患煤层(简称为带(水)压开采), 是近年来科研和生产单位的新成果。为防范万一, 还提出了确保带压

开采安全的系列防水御患技术措施。

利用灌浆方法建造地下挡水坝改造矿井水文地质条件是近20年来发展起来的用于治水的一种方法。近年来建成了多个浅帷幕，同时也建成了200 m深度以下的深帷幕，能在薄层灰岩中建幕，也能在厚层的奥陶系灰岩中建幕。建幕中的灌浆孔布孔、选择注料、灌注方式以及灌注参数的选择都形成了一套方法。从幕深和幕的规模来看，我国均处于世界上的领先地位。

保障矿井正常生产，尽可能地使矿井不发生危害安全的水患，这是矿井水文地质工作者的职责和最大的愿望。但由于自然条件复杂，突水淹井事故又是不可能完全避免的。多年来针对众多淹井的不同条件，实施了先排后堵或先堵后排的方法。从静水注堵逐步进展到动水注堵，注堵材料从应用纯水泥发展到双液浆，并注入多种固料和代用料，注堵孔也由多变少，逐渐形成了一套快速准确抢险救灾的技术方法。这是在处理淹井和扭转被动局面情况下的一种技术进步。

治理和防范岩溶水的依据是对岩溶水条件的了解。随着防治岩溶水工作的进展，探查条件的手段在水化学等方面已经比较先进，如采用不同示踪剂了解煤矿地下水的形成特征，利用温度场查水文地质条件，以判别不同含水层的水力联系等。近年来研制的钻孔透视仪等有效地用于查找溶洞、指导布置钻孔和作为判断水流通道的定性依据。

在水量评价方面，多年来针对煤矿防治水的特点，对疏水降压、淹没矿井水量计算、截流水量的模拟以及矿坑涌水量预计诸方面进行了理论性和方法性的探讨。

对人类生活来说，水同样是极为宝贵的资源，我国不少地区干旱缺水，因此矿坑水的充分利用，变水害为水利是势在必行的。在煤矿防治水过程中应重视环境保护，探索解决排供之间的矛盾，节制防治水中出现的对环境的污染和破坏，防止防治水中发生的不良地质变异，以保护矿区生产和生活环境。

第一章 石灰岩岩溶含水层的特征及矿坑突水

第一节 厚层石灰岩含水层的特征

一、寒武、奥陶系碳酸盐岩系的赋存状况及化学特征

华北石炭二叠纪煤田下部赋存着巨厚的寒武、奥陶系碳酸盐岩系，各地岩性甚为相近。下寒武系为紫红色页岩间夹薄层灰岩及部分砂岩，豫西一带煤系底部以深灰色层状灰岩为重要标志，厚达30m。寒武系中统为厚层状鲕状灰岩，间夹有褐色灰绿色页岩，徐州煤田的鲕状灰岩中夹杂色灰岩。寒武系上统以竹叶状灰岩为其标志，与薄层灰岩交互成层，此层在山东陶枣煤田含有鲕状灰岩，在峰峰下部还见有黄、绿、棕、灰色页岩层。奥陶系下统以白云质灰岩为主。奥陶系中统的马家沟灰岩，在河北、河南的太行山东麓显示出三个沉积旋回，各旋回之底部多为角砾岩或角砾状岩层，其它多为质纯的厚层灰岩。在豫西此层多呈块状，在徐州贾汪此层顶部为豹皮状灰岩，厚达200m。鲁中、南一带的中奥陶系称为济南灰岩，以深灰色、灰色厚层状白云质石灰岩为主，一些矿区如陶枣、莱芜一带此层含有燧石条带及结核。

寒武系灰岩厚500~600m（表1-1），在贾汪以南厚800~1000m，淮南厚达1035m。奥陶系一般厚600~800m，此层在京西厚410m，在平顶山厚300m，最薄的地方是淮南，淮南八公山一带仅为120m。总厚1000~1600m的寒武、奥陶系碳酸盐岩构成华北主要煤田的基盘，碳酸盐岩系化学成分不一，其Ca、Mg、Si等主要元素的含量列于表1-2、表1-3中。

表 1-1 华北部分矿区寒武、奥陶系碳酸盐岩层厚度表 单位：m

矿区	开滦	京西	井陘	峰峰	鹤壁	焦作	平顶山	淄博	莱芜	陶枣	贾汪	淮南
奥陶系	中统	400	410	700	600	300		800	880	800	760	120~500 (八公山)
	下统	400					300					
寒武系	上统	130		300			不 详			120	200	100
	中统	100	650	130					500	200	400	300
	下统	150~200		60			380			250	250	635
总厚	1230	1060	1070	1200			1000±		1400	1370	1610	

根据中科院地质所对华北地区碳酸盐岩的研究资料，寒武系具以间互状层组为主的特征，分别属白云岩及灰岩类（据张寿越）。寒武系多属纯灰岩范围，下奥陶统多为白云岩及泥质白云岩，中奥陶统主要是灰岩及白云质灰岩。奥陶系碳酸盐岩多属均匀状纯碳酸盐岩层组类型，且以均匀状灰岩类型为主。碳酸盐岩的物质，组成决定了在溶蚀作用中作为溶质的特性，是岩溶发育的基础条件之一。

表 1-2 华北地区奥陶、寒武系Ca、Mg元素平均含量

元素	地层 地区	奥 陶 系				寒 武 系			
		山东	山西	河淮	平均	山东	山西	河淮	平均
Ca(%)		32.92	32.06	0.23	21.74	30.94	26.73	26.42	28.03
Mg(%)		4.49	3.60	1.15	3.08	2.94	4.88	3.49	3.77

(据中科院地质所)

表 1-3 华北地区奥陶、寒武系碳酸盐岩中Si、Mg、Ca元素平均含量

元素	碳酸盐岩 时代	白 云 岩		灰 岩	
		O	€	O	€
Si(%)		—	9.38	2.36	4.22
Mg(%)		10.60	12.53	2.67	4.54
Ca(%)		22.00	20.10	34.05	32.10
Ca/Mg(%)		2.1	1.63	12.30	7.00

(据中科院地质所)

二、岩溶现象

华北石炭二叠纪煤田的厚层灰岩，在漫长的地质历史中，被流动的具有浸蚀性的水溶液进行着长期的侵蚀，产生了种种岩溶景观及岩溶现象。在永不停息的侵蚀和演化过程中，早古生代为一古岩溶发育期，以华北中朝准地台奥陶系的古岩溶发育最为典型。新生代以来的岩溶继承了早古生代古岩溶继续发育，古岩溶只要充水，并且水在其中能够运移，就可促使古岩溶的再发育。当然，现代正在发育着的岩溶现象就更具现实意义了。华北石炭二叠纪煤田分布区所见到的岩溶现象有以下几种：

1. 溶沟、溶槽

多分布在奥陶系灰岩露头区。如鲁中南煤田的莱芜、临沂等矿区，四周的灰岩露头，沟槽一般宽0.2~0.5m，大者可达1m，河北峰峰煤田的神麋山、淮南八公山、井陘矿区绵河两岸均可见到一般宽0.1~0.8m的沟槽。峰峰神麋山已呈现为溶沟原，这些沟槽多沿裂隙发育，长度可从数米至数十米。平顶山煤田白龟山的寒武系灰岩露头区也有溶沟、溶槽分布。淮南奥陶系中统和寒武系灰岩中的裂隙受区域构造控制，分为NW60°~80°、NE5°~10°和NE40°~45°三组，溶沟溶槽即沿着这三个方向发育。山东淄博和明水煤田露头区溶沟、溶槽亦甚发育，中泉至务兹一带尤为典型，这些溶沟和溶槽是大气降水补给岩溶水的良好通道。

2. 溶蚀裂隙

具有侵蚀性的水沿着石灰岩岩层的节理或裂隙经久流动，改造了裂隙或节理面的本来面貌，但保持着原裂隙的方向，形成溶蚀裂隙。此种溶蚀裂隙是华北诸煤田岩溶水运动和储存的主要场所，各煤田的灰岩露头区均可见到。在岩溶泉的出口地段，如井陘娘子关泉群、鹤壁小南海泉群、峰峰黑龙洞泉群出口处的溶蚀裂隙尤为典型。在峰峰黑龙洞泉群出口处裂隙分为两组，溶蚀裂隙宽度达0.3~0.5m，泉水多由北东向裂隙涌出，与之类似的

有山东陶枣煤田出露于奥陶系中统的陈郝泉群也是从长达几米的裂隙中涌出。地下的溶蚀裂隙则见于太行山中段鼓山两侧的奥陶系石灰岩层中的斜井井壁，如义井3号供水斜井，在350m长的井筒内可见宽于10cm的溶蚀裂隙10余条，岩溶水均从这些裂隙中涌出。又如峰峰矿务局水源斜井，井底标高在+135m上下，井底所揭示的溶蚀裂隙宽达0.5~1m，向NW60°方向延伸，从溶隙中涌出的岩溶水昼夜出水量达1万立方米以上。

溶蚀裂隙的发育条件首先是裂隙的存在，裂隙越发育，水动力条件越好，溶蚀裂隙也就越发育。一些矿区表现为越近断裂带的地段溶隙越发育，上述义井3号斜井及峰峰矿务局水源斜井均在鼓山断层带的附近。另外，随着深度的加大裂隙逐渐减少，水动力条件也较上部差，因此，溶蚀裂隙发育程度也逐渐减弱，这是各煤田分布区的共同特点。

3. 溶洞

寒武系灰岩的溶洞多发育于寒武系中统的鲕状灰岩中，出露标高在各矿区不尽相同，体积大小不一，大者长达20~170m。溶洞除了顺层面发育外，沿垂直裂隙也甚发育。如太行中段武安煤田西侧东蛟村发育在鲕状灰岩中的溶洞，出露在标高1000m的山坡上，溶洞沿NE方向的裂隙发育，呈树枝状，洞口宽1.3m，高1.4m，长达105米，洞内分成4个支叉（见图1-1），最宽4m，最高25m，洞内干燥，局部地方有石钟乳，洞底堆积有较厚的钙质黄色土，洞顶为竹叶状灰岩及薄层页岩。发育在鲕状灰岩中的这类大型古溶洞，在太行山东麓、南麓屡见不鲜，现仅举邢台、邯郸及峰峰3个矿区较典型的溶洞列于表1-4中。

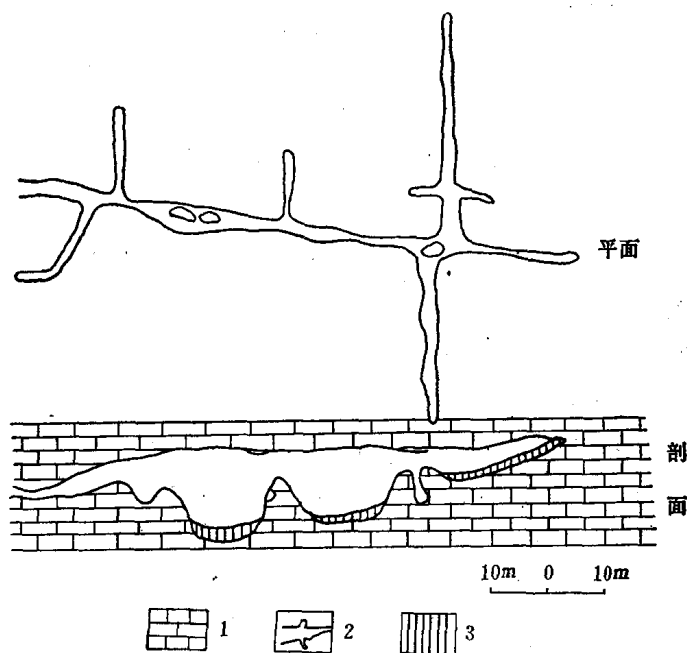


图 1-1 东蛟寒武系灰岩溶洞平面及纵剖面图

1—鲕状灰岩；2—溶洞；3—钙质黄土

华北各矿区奥陶系石灰岩中的溶洞，均是在质纯的厚层状灰岩中顺层发育，仅少数例外。如河北西部靠近山西的井陘矿区绵河两岸的溶洞，分布标高为+370~+450m，长度在20m以内；娘子关的溶洞高于河床5m，洞口呈南北向，宽4m、高8m，内分三个小洞，洞长

表 1-4 邢台、邯郸、峰峰矿区寒武系中统鲕状灰岩中的典型古溶洞特征简表

矿区名称	溶洞名称	位置	洞口情况					洞长 (m)	洞内沉积物	所在 地层	溶洞发 育方向	地质概况	水 情	地 形	备注
			标高 (m)	相对 标高 (m)	洞口 方向	宽度 (m)	高度 (m)								
邢 台	陈 阳 洞	渡口乡 西南沟西 南800m	1180	80	NE 50°	15	17	170	洞底有大块 崩石及碎石 堆积	€ ₁	沿岩层 走向 230°	发育于鲕状 灰岩中, 岩 层受构造变 动影响局部 整体塌落	无 水	在 山 顶 上	邢台县 王琉璃洞 等
	白 云 洞	石门沟 西南800m 处	1100	200	N	15	20	30	洞底堆积有 碎 石	€ ₁	向 S	发育于鲕状 灰岩中, 顺 层面发育, 由于裂隙发 育而分成内 外二厅堂	有 滴 水	悬 崖 陡 壁 上	
邯 郸	东 峻 洞	武安阳县东 峻村南 200m	1000	50	S	15	14	110	洞底堆积有 较厚的钙质 黄土局部有 钟乳石	€ ₁	沿裂隙 NE向	发育在鲕状 灰岩内呈树 枝状, 洞顶 有大的垂直 溶蚀裂隙	有 滴 水	山 坡 上	
峰 峰	小 冶 陶 洞	涉县小冶 陶管理村 东 250m	1140	50	NW 320°	16	12	13 (可容 数百人)	有较厚黄土 夹碎石块的 堆积	€ ₁	沿130° 发育	发育在鲕状 灰岩中, 洞 的中部向上 有垂直洞	有 三 处 滴 水	山 坡 上	
	杏 花 村 洞	贺进乡 杏花村西 南280m	1300	240	N	1.3	1.5	20		€ ₁	SE	发育在鲕状 灰岩中		山 顶 上	

各为10、10、20m, 均顺奥陶系中统的灰岩层面发育。邢台、邯郸矿区的溶洞发育标高为1020~1240m, 长数米至100m, 邢台孔庄东北的金牛洞, 发育在沙河北岸的奥陶系下统白云质灰岩中, 其绝对标高为1180m (相对高度20m), 高15m、宽10m, 长达70m, 顺NE 20°之裂隙发育, 洞底沉积有黄土。峰峰矿区鼓山东侧的黑龙洞出露标高为125m, 发育在奥陶系中统中段的质纯灰岩中, 底部是带泥质斑点的页岩, 洞身方向由SW 230°转为NW 310°, 长50m, 高1.2~2m, 宽2~4m, 内呈椭圆或扁圆形 (见图1-2), 洞底沿层面发育, 在主洞延深方向的两侧沿着节理方向发育小型支洞, 呈矩形或半圆形, 主、支洞末端有小型落水洞, 该洞现高悬于黑龙洞泉群出口之上2米多。峰峰矿区鼓山北段薛村西部半山腰奥灰中统中段也可见到顺层面发育的串珠状溶洞, 洞长小于10m, 高不到2m。

太行山南麓焦作矿区北部山区的溶洞发育在标高+850~+950m的有女洞、三官洞、青龙洞等, 有的洞如青龙洞均有小型泉水泄出, 这些古溶洞由于高悬于山腰、河岸或陡壁上, 基本上已经失去了继续发育的条件。

位于地下特别是各矿区岩溶水径流带的溶洞仍在继续发育着。根据钻探资料, 地下溶洞发育是很不均匀的。如太行山东麓临城煤田钻孔在标高+36.9m和+1.86m处发现各为0.35m的溶洞; 在邢台煤田沙河至白马河间的铁矿勘探中, J₁、J_{1s}、右₂、化₃、CK水₂等20余个钻孔均见到溶洞, 洞高从0.1~10m不等, 赋存在地下102~440m的范围内, 其中

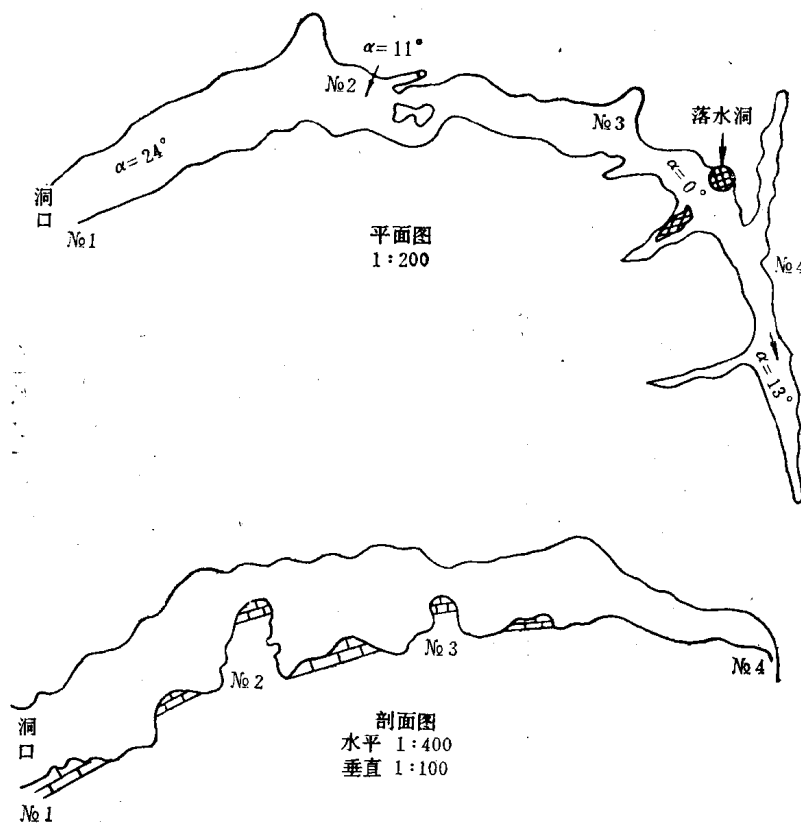


图 1-2 黑龙洞平面及剖面图

CK水₂孔见4.07m的溶洞，J₂₃孔在地面以下88~121.88m处见到33.88m高的大溶洞，在邢台矿区所属章村煤矿西侧的勘探中，-317m以上的27个钻孔均碰上0.2~5m的溶洞（见表1-5），仅ZK122孔在孔深179~615m（标高119~-317m）之间就碰上溶洞4个，这里的奥灰岩溶水汇向邢台百泉。峰峰矿区的150、829、308、319、1588、1202、1544等孔在+120~-200m之间均发现小于1m的溶洞，150孔在-350m处发现蜂窝状溶洞，近年来在峰峰四矿井田先后有8个孔打到0.3~3.84m的溶洞多个，这些溶洞多发育在奥陶系中统中上部的纯质灰岩层内。鹤壁矿区仅CK296等孔见到少量溶洞。太行山南麓的焦作煤田先后在814、17-8、CK56、CK47、CK12、CK121、CK22-1等孔的-100m标高上下见到0.5~5m的溶洞。

在鲁中南煤田的奥陶系中统灰岩中发育的溶洞形状与太行山东南麓相似，总的发育程度差于邢台、峰峰和焦作煤田，其中仅淄博矿区溶洞较发育，该矿区西侧王舍人庄钻孔在-160m深度发育有4.66m的溶洞，明水水源2号孔见充填有红土的3m直径的溶洞。其次莱芜煤田溶洞也较发育，在10~100m深度范围内，部分钻孔在50m深处发现有13.5米高度的溶洞，CK₁号孔在标高100m处也发现有高7m的溶洞。在枣庄仅个别钻孔发现0.1~0.2m的溶洞。

鲁中南一些地区奥陶系下统的白云质灰岩中溶洞也较发育，地表地下均可见到，大者10余米、小者几厘米，济南的泉水即来自此层。太行山东麓的邢台百泉附近也曾有钻孔在奥陶

表 1-5

邢台煤田章村矿西侧勘探中所见溶洞一览表

孔号	溶 洞 位 置		溶洞高度 (m)	孔号	溶 洞 位 置		溶洞高度 (m)
	孔 深 (m)	标 高 (m)			孔 深 (m)	标 高 (m)	
ZK _{1,2}	179.00~179.50	119.06~118.56	0.50	ZK _{7,8}	116.63~117.13	119.56~179.06	0.5
	384.68~385.79	-86.62~-87.72	1.10	ZK _{8,1}	69	221.86	
	493.32~498.82	-200.26~-200.76	0.50	ZK _{9,2}	191.59~194.19	110.03~107.43	连续见小溶洞
	614.66~615.46	-316.60~-317.40	0.80	ZK _{2,8}	312.02~317.02	-51.70~-56.70	5.00
ZK _{7,8}	172.53	134.4	0.30	ZK _{2,9,3}	193.90~194.80	90.26~89.36	0.90
ZK _{2,2}	305.46~305.86	-4.93~-5.33	0.40	ZK _{3,8}	178.34~179.58	137.56~136.32	1.24
	300.00~300.40	0.53~0.13	0.40		207.21~207.71	60.25~59.75	0.50
ZK _{1,1,4}	248.71~250.01	58.65~57.35	1.30	ZK _{3,3}	225.00~230.00	42.46~37.46	5.00
ZK _{1,1,3}	248.71~250.01	51.93~50.63	1.30	ZK _{4,2}	319	-22.80	进尺快
ZK _{2,6}	164.20~164.50	142.60~142.30	0.30	ZK _{4,4}	19.26	251.95	0.50
ZK _{2,4}	73.69~74.29	239.95~239.35	0.60	ZK _{8,8}	339.38~339.58	-72.82~-73.02	0.20
ZK _{4,7}	224.39~224.79	39.21~38.81	0.40			429.20	-162.54
ZK _{4,8}	68.68~68.88	194.28~194.08	0.20	ZK _{8,9}	211.25~226.00	31.73~26.93	4.75
	76.46~76.96	186.50~186.00	0.50	ZK _{8,9}	170.00	77	
ZK _{8,9}	390.00~391.97	-123.85~-125.82	1.97	ZK _{8,9}	494.86~495.36	-249.37~-249.87	0.50
ZK _{8,9}	87.70	184.76	见溶洞一个	ZK _{10,4}	179.50~180.40	67.12~66.22	0.90
ZK _{10,1}	41.32	229.72			305.00~312.00	-58.38~-65.38	7.00

系下统中揭露到溶洞,并且含水丰富。淮南九龙岗大通矿53-大-01孔在奥陶系中统中钻进,于137.56m处曾遇10个溶洞,大者1.36m,小者0.05m。总的讲,淮南以及山东新汶、肥城,河南豫西及平顶山等矿区溶洞发育程度次于淄博、焦作、峰峰等矿区。

综上,各矿区岩溶发育程度是不均一的,在同一矿区不同地段不同层位岩溶发育也是不均匀的,岩溶发育的深度各矿区也不相同,且一般不受当地侵蚀基准面的控制。

4. 潜流河(或称干谷)

地表水潜入地下后,河道呈现干枯状态,称为干谷。华北许多煤田所处地区的河流,在流经厚层灰岩地段时,常常发生水流潜入地下的现象。例如山东淄博矿区的淄河、孝妇河;河北井陘矿区的绵河在上游几经隐没;临城煤田的泲河流经寒武、奥陶系灰岩后隐没消失;邢台矿区的白马河、七里河、沙河在流经奥陶系灰岩分布区时隐没;邯鄲(武安)煤田的北洛河在继城以下变成干谷;焦作煤田的子房沟、山门河、东丹河上游发源于寒武、奥陶系灰岩区,但流至离山口10~15km处又全部潜入奥陶系灰岩中等等,淄河源于前震旦系变质岩山区,流至寒武、奥陶系灰岩岩溶发育地段后水流潜入石灰岩层,河谷干涸,至下游河谷内又有水流动,过一段又覆没于地下,直至山麓边缘的辛店村附近才变成表流,俗有“淄河十八漏”之称,据统计淄河干谷长达85km。以上各干谷河流与淄河均有相似之处,而且有的在潜流过程中还有渗失补给石灰岩层或间接泄入矿井的情况。如1960年峰峰一矿奥灰水突水淹井时,源于奥灰泉水的滏阳河减少了1/3流量就是例证。

5. 陷落柱

陷落柱在华北一些岩溶类煤矿床时有发现,随着勘探和采掘面积的扩大发现的数量也

逐渐增多。如太行山东南麓的井陘、邯郸、安阳、峰峰、焦作，冀东的开滦，山东的枣庄，以及山西省境内的阳泉、潞安、西山、霍县、汾西等矿，均有许多陷落柱分布。

从分布密度、多样性以及水文地质意义讲，以太行山东、南麓的陷落柱较为典型，居于地堑区的井陘三矿的陷落柱多达数十个，大大超过相邻的一、二矿。但二矿所见的陷落柱规模较大，一个长轴为700m，短轴500m，另一个长轴500m短轴300m，多呈椭圆形，长轴呈东西向。

峰峰矿区大部分矿如一、二、三、四、五矿、通二、薛村、牛儿庄以及一些地方煤矿的井下均发现有陷落柱。在地面上如五矿西部、新村二队、苍龙庙一带灰岩露头区也有分布，羊渠河矿西南部还发现三叠系地层呈柱状陷落的现象。在峰峰矿区，以四矿、通二矿、二矿、一矿这一NW向条带状地段的陷落柱密度最大，在宽1~2 km的条带内已发现近100个陷落柱，其横断面形状不一，但多为椭圆形，大者直径达580m。柱体充填物均来自上部地层，岩块杂乱无章，有的向中心倾斜，各个陷落柱多呈上小下大的柱形锥体，一般越向下，充填越密实。

陷落柱柱体是存在于奥灰岩上部岩层中的表象。总厚千余米的石炭、二叠、三叠系地层覆于岩溶化的奥灰岩岩层上面，随着古溶洞溃塌，上覆岩层逐渐下陷填充，造成今日所见的陷落柱。第三纪末期的喜马拉雅运动在华北表现剧烈，进一步促使古溶洞的塌落和上方岩层的溃塌和压实。

井下发现的陷落柱绝大多数干燥无水。由于塌陷的岩、土尚未胶结，故湿水后易于松散，虽不含水却易导水。至今已发现安阳铜冶煤矿、焦作李封矿、开滦范各庄矿等处陷落柱具有导水作用，并形成突水通道引起淹井灾患。因此具导水作用的陷落柱，特别是位于富水带上的陷落柱，以及与导水断层带相连的陷落柱是最危险的，在开采下部煤层过程中，应视陷落柱可能成为导水突水的薄弱环节和导水通道而给以重视。

6. 岩溶泉

岩溶泉在华北岩溶类煤田分布广泛，是寒武、奥陶系厚层灰岩含水层的主要排泄方式（俗称为排泄带或排泄点），泉水的出露层位绝大多数在奥陶系中统灰岩，个别的在奥陶系下统中，如枣庄矿区的十里泉群。各泉水的出露条件大体上有下面两种类型：一是山区边缘灰岩水受断层上盘不透水岩层所阻而涌出，涌出地点多在切入岩溶水水面的河谷，如太行山东南麓的黑龙洞泉群（图1-3a）、小南海泉群。另一类是岩溶水补给了第四系砂砾含水层（图1-3b），泉水从第四系含水

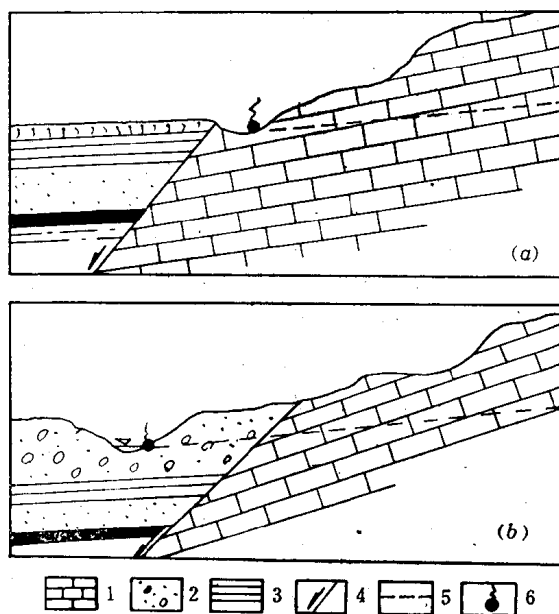


图 1-3 奥陶系灰岩岩溶泉出露形式图

1—奥灰含水层；2—第四系含水层；3—煤系阻水岩层；
4—断层；5—水位；6—岩溶泉