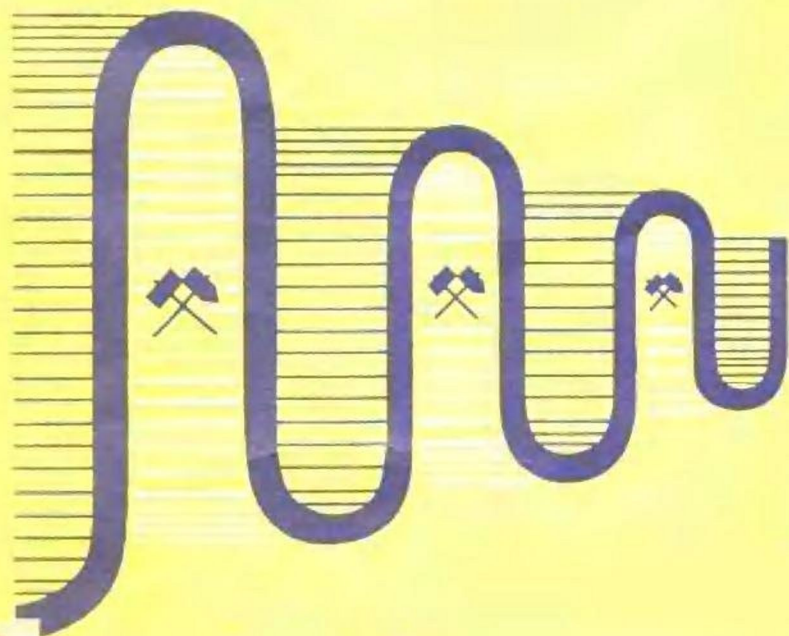


国际采矿和地下工程 治水会议论文集



煤炭工业部基本建设司组织编译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本译文集选自国际采矿和地下工程治水会议论文，共28篇文章，重点介绍了世界各国在矿井和地下工程中防治水方面的新经验、新方法。其主要内容包括：水文地质因素的分析；矿井涌水量的预测；露天矿疏干与边坡防护；矿井排水及其防止水害的安全措施；深井高压注浆的工艺和材料，以及防止地下水污染等。本书内容丰富，可供从事地质、采矿、水电、铁道、建工等有关专业的科技人员学习参考。

责任编辑：金 连 生

国际采矿和地下工程治水会议

论 文 集

煤炭工业部基本建设司组织编译

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850×1168¹/₃₂

印张10³/₄

字数 281 千字

印数1—2,620

1983年7月第1版

1983年7月第1次印刷

书号15035·2532 定价1.40元

译 者 的 话

国际采矿和地下工程治水会议于一九七八年九月在西班牙的格拉那达市召开。参加会议的代表有来自四十多个国家的地质、水文地质、数学和采矿方面的专家和工程师共 400 多人。在会议收到的 84 篇论文中，主要包括六个方面的内容：采矿和地下工程的水文地质调查、地下水开采和专门技术、采矿工程中水的作用、疏干工程中使用的数学模型、矿坑水污染等。论文充分反映了当前世界各国治水工作的现状和动向，介绍了防治水的新技术、新经验，颇受读者欢迎。

为了提高我国防治水工作的技术水平，煤炭工业部基本建设司从会议论文中选出 28 篇翻译出版，以满足我国从事地质、采矿、水电、铁道、建筑等工业部门的工程技术人员学习的需要。

本译文集由沈尔炎工程师负责选定，冶金、煤炭、水电、地质等部门的同志参加了翻译和审校工作，最后由煤炭工业部王子和、曾荣秀同志进行了全面校正。译稿在审校过程中，也曾得陈兆炎同志的帮助，在此表示感谢。

目 录

(一) 美国东部宾夕法尼亚无烟煤矿区影响矿山排水的水文地质因素	1
(二) 地下水流入杰克顿隧道的水文地质条件	19
(三) 露天矿排水研究的发展近况	33
(四) 伊格里塞特矿区的地下水问题	45
(五) 矿井涌水量的预测	58
(六) 用数学模拟方法预测矿井涌水量	76
(七) 水文地质计算的单元均衡法	87
(八) 用水平钻孔疏干露天矿边坡	93
(九) 南部褐煤矿床露天开采地下水防治	101
(十) 褐煤露天矿开采过程中捷普利策温泉水位的深降	114
(十一) 煤矿床岩溶地下水的开发治理	124
(十二) 为井下采煤而编制的地下水灾害预测图	134
(十三) 受岩溶水威胁的矿井处理大量沉渣的设计与实验	150
(十四) 在强岩溶水威胁下矿山防治水的对策	160
(十五) 煤矿生产中防止工作面积水的保安煤柱设计	173
(十六) 穆富利拉矿区的顶板疏干	189
(十七) 斯佛瑞煤矿防止突然涌水及溃入流泥的预防措施	201
(十八) 印度煤田矿山排水问题及捷哈利亚煤田的例证	216
(十九) 地下开采煤矿废弃巷道的积水量	227
(二十) 海水通过岩溶化灰岩侵入地下巷道引起的问题	235

(二十一) 砾石开采对地下水状况的影响	244
(二十二) 结晶岩中地下建筑对水文地质条件的影响 及其人工补给方法	259
(二十三) 防止格鲁宾卡岩溶泉系统污染的措施	268
(二十四) 远西兰德地区班克岩块的疏干和地表沉降 ...	274
(二十五) 在含水层水位下修建里昂地铁	288
(二十六) 金矿深矿井的高压注浆	305
(二十七) 用于矿山工程的地层处理专门技术	322
(二十八) 用于地层加固及止水的新化学注浆材料	329

(一) 美国东部宾夕法尼亚无烟煤矿区 影响矿山排水的水文地质因素

美国 D. J. 格罗维特茨

一、前 言

宾夕法尼亚无烟煤矿区已有一百五十多年的开采历史。无烟煤的开采已引起了严重的环境问题，这些问题包括：地表下沉、地下室的淹没，以及由于矿山排水而引起的河水水质的恶化。矿山排水指的是受重力溢出或经过矿山巷道循环后由泵抽到地面的水。矿山排出水的数量及质量，影响了矿区范围内和下游若干英里内河水的利用。它被认为是苏斯库汉拉河流域最主要的污染问题，也是使无烟煤工业复兴的一个障碍。

1. 目的和范围

本文总结了无烟煤矿区在矿山正常排水时为期两周的区域调查成果。根据这些矿山排出水数量和质量的投资成果，讨论了矿山排水和区域水文地质因素之间的某些基本相互关系。

2. 调查研究的方法

1975年4月14~25日期间，在整个无烟煤矿区内选择了河流观测站和矿山排水点二百四十九处，并取了水样，其中包括了所有流量大于0.0028立方米/秒和一些较小流量的点。下面这些参数是在现场测量的，如流量、温度、氢离子浓度，导电率、溶解的铁以及酸度等；硫酸根的测定是在实验室做的。

二、无 烟 煤 矿 区

宾夕法尼亚无烟煤矿区包括四个无烟煤煤田和外围区域，如图1-1所示。地面水是从矿区排到苏斯库汉拉河和戴拉瓦尔河的支流。无烟煤煤田通常都是舟状地形盆地，其总面积约1040平方

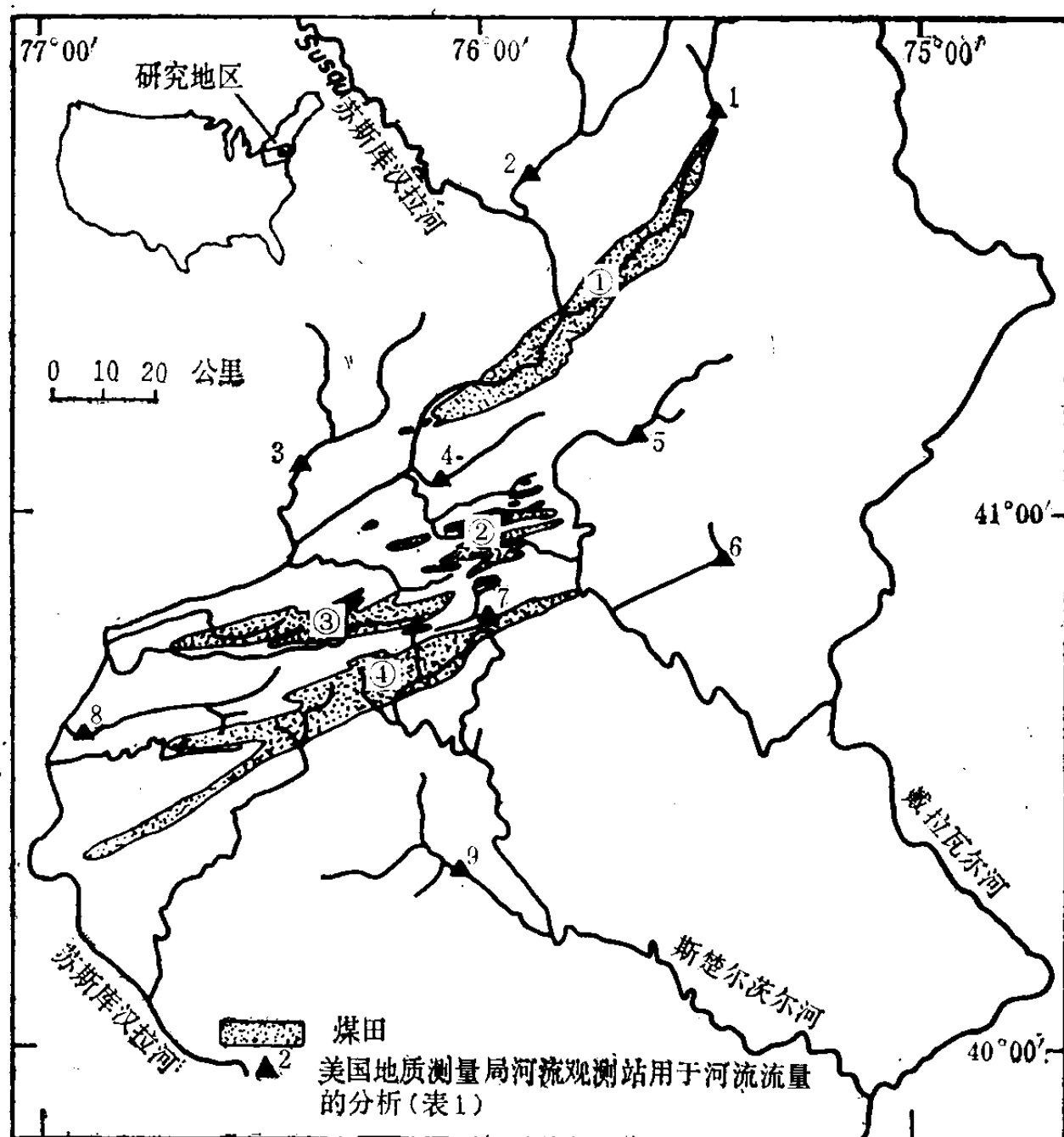


图 1-1 宾夕法尼亚无烟煤煤田

- ①—北部无烟煤区；②—中间东部无烟煤区；③—中间西部无烟煤区；
④—南部无烟煤区

公里。在煤田内，由于煤的开采许多地表已经变形，其余是一些未开垦的荒地。由于地下开采及露天开采的矸石，以及选矿厂选出来的废石等，在地表上堆积成许多小山。在深部矿井开采的塌陷区和露天矿已经采煤的地区，地表都有一些洼地。这些洼地和露天矿坑形成了封闭的盆地，使地表水不能外流。

1. 地质和构造

宾夕法尼亚无烟煤煤田是由分水岭和河谷两部分组成。主要

煤系地层是宾夕法尼亚时代的里维来恩层，其岩性除煤以外，还包括有砂岩、砾岩、黑色页岩及一些粘土岩。在里维来恩层之下的较老沉积岩出露在山坡地区。煤层厚度的变化由几厘米到十五米以上，煤层数目与含煤地层的厚度有关。例如：在中间东部无烟煤煤田里维来恩含煤地层厚约二百米，平均含煤十层。在中间西部无烟煤煤田里维来恩含煤地层平均厚四百米，平均含煤十九层。

无烟煤矿区是位于一个大构造凹陷的变形中心。在本区内含煤地层大部分保存在三个主要向斜槽内。由于造山运动三个时期产生的褶皱和断层，使本区地质构造十分复杂。一般表现为，从北到南应力加大变形加剧。因此，北部的褶皱多为张开，靠近南部的褶皱多为封闭。可采煤层的最大聚集区一般出现在靠近煤田的中部。

2. 开 采

自1808年以来，无烟煤工业运往洗选的煤超过了 4.5×10^9 吨。1917年当开采到 9.0×10^7 吨煤时，煤炭生产达到了最高峰。在1940年的两次高峰前，煤炭生产是下降的，当时每年大约生产 5.4×10^7 吨煤。从那时候起煤炭生产一直下降，在1977年大约开采 4.5×10^6 吨煤。1970年估计煤的贮存量约 1.4×10^{10} 吨。

十八世纪时，实际上所有的煤都是用掘巷道穿越岩层（斜井、平巷、平峒和竖井）的方法开采的。在早些年代，当深井开采盛行时，无烟煤煤田被划分成许多独立的井田，这些独立的井田称为矿井。每一个矿井的井巷工程都是用井田边界煤柱与毗邻的矿井分隔开。有时这种保护煤柱也是各公司煤矿的井田边界线。在十九世纪初期，由露天开采方法生产的无烟煤数量的增长是很缓慢的。1948年用露天方法开采的煤估计只占宾夕法尼亚生产的全部无烟煤的四分之一。从1961年以来，露天方法开采的煤比任何其它方法生产的要多得多。

3. 矿 井 水

水对采煤工业始终是一个现实的问题。从各个矿井将水排出

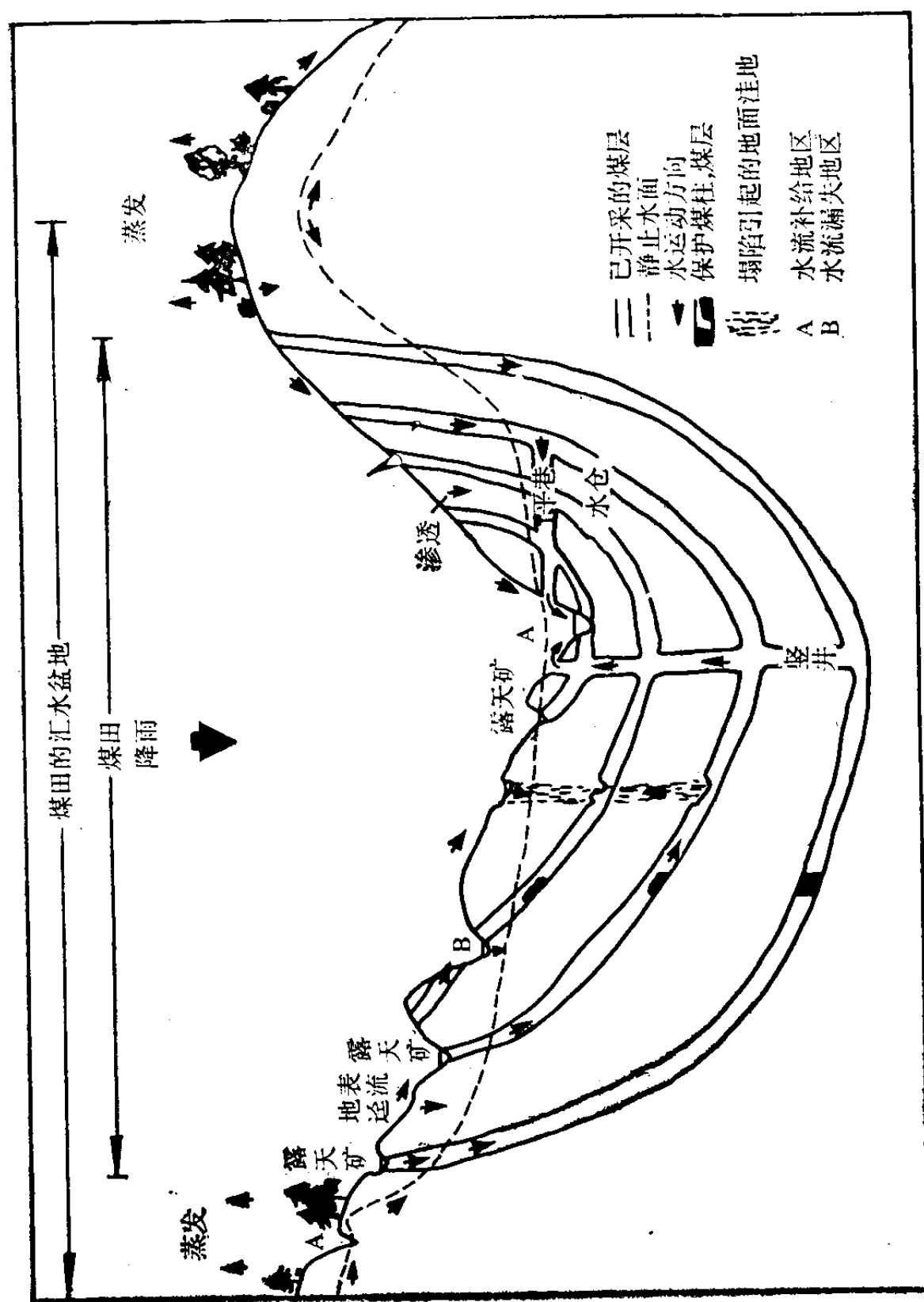


图 1-2 一个理想化煤层盆地的地下水循环和水力联系系统示意图

来，不是用泵排到地表，就是开拓平峒利用重力自流排水。在整个煤田已经建成了一个精心设计的排水系统，以便将矿井水排出。同时为了减少矿井水的重复循环，而将排出水直接引入河中流走。

当无烟煤生产下降时，许多地下开采的矿井停止了排水，使许多排水巷道损坏。为此常常从生产矿井向废弃矿井内打钻孔，穿过边界保护煤柱将废弃矿井的积水排出，以解除由于废弃矿井的静水压头所造成的不安全条件。当所有的地下开采工程被废弃后，水就淹没了整个矿井，在水位最后上升到地面高度时，水就因重力作用而溢出。

三、煤田水文地质概况

在这篇论文中，是将无烟煤煤田及其汇水面积当做一个自然水文地质盆地的特例来研究。图 1-2 所表示的是一个理想化的无烟煤煤田的水力循环示意图。降落在汇水面积中煤田分布范围内的降雨量，消耗于蒸发、泄漏，或者从河流流走（包括矿山排水）或者渗入地下贮存起来。如果地表分水岭（地表水）与煤田地下水的分水岭为一致时（图1-2）流经煤田的河段受汇水面积的影响，而不是仅受煤层分布范围的影响。

矿井水贮存于一个复杂的系统中。这是由于煤的开采而在岩层内开拓了许多排水巷道，在一个矿井内，这些排水巷道一般又与竖井、钻孔以及局部塌陷区等互相联系起来。而矿井间的水力联系是通过边界保护煤柱或者是受自然应力破坏的边界保护煤柱等人造的通道。

降雨可以渗入到矿井水贮存的地方或集中到地面洼地、塌陷区、露头下陷处和露天矿坑内，而后补给矿井水，因为这些地方与地下巷道有直接连系。地表水也可以从河流流过破碎带和剥离地区渗漏到地下巷道内（参看图1-2）。

从贮水地方排出来的水发生如渗漏到河里的情况一样，或者从竖井、钻孔、排水平巷、排水水泵以及和地表洼地有联系的沉

陷区、露天矿坑像泉点一样排走,本区矿井排水大多数地点都是类似于泉水那样的重力溢流。

四、矿山排水特征摘要

表 1 列举的矿山排水特征,表示了宾夕法尼亚无烟煤地区矿山排水问题的重要性和复杂性。资料是从煤田总结出来的,它表明了各地段的排水量及其质量平均值。

表 1 表明了矿井排水在流量和质量两方面的变化幅度都是很大的。水的质量方面的变化可能是由于地质的不均匀性、水文条件不同、岩石矿物成份以及开采方法等因素形成的。

表 1 1975年4月无烟煤矿区矿井排水特性摘要

无烟煤煤田	地点的 数 目	排 水 量 (米³/秒)			氢 离 子 浓 度 pH		
		低	高	总 计	低	高	平均值①
北 部	25	0.0003	2.74	9.46	3.1	7.0	5.3
中间西部	47	0.003	1.27	6.03	2.8	6.8	4.1
南 部	148	0.0003	0.736	5.72	2.9	7.3	3.9
中间东部	29	0.003	1.84	4.84	3.0	5.1	3.6
整个煤田	249			26.1			4.0

无烟煤煤田	导 电 率 (微欧姆/厘米) 在摄氏 25度			硫 酸 根 (毫克/升)			溶 解 铁 (Fe) (毫克/升)			氢离子 浓度为 7时的酸 含量如 硫酸(公 斤/日)
	低	高	平均值	低	高	平均值	低	高	平均值	
北 部	70	4800	1530	34	2800	820	<1	190	57	142000
中间西部	160	2400	1400	61	1300	750	<1	150	36	63000
南 部	40	2500	750	8	1600	370	<1	70	14	37000
中间东部	40	875	540	12	1000	270	<1	100	4.6	42000
整个煤田			1140			600			38	284000

①利用非勒基和其他人资料编辑的(1948年)。

五、一九七五年四月采样期间的水流条件

对采样期间水流条件的评价是依据单位流量,亦即单位排水

面积上的每日的平均流量，（立方米/平方公里）来表示的。用这个指标可以在不同大小的盆地之间作比较。

采样期间，由河流水文站和矿山排水点观测的流量是近似于平均值。根据无烟煤矿区附近的水文观测站（图1-1）观测的河流流量和矿山排水点的流量资料（即表2内的资料），表明无烟煤矿区矿山排水受矿井开采影响较小。表2表示了采样期间河流的单位流量比历史记载的平均流量稍低一点。因为河流的单位流量受着地形、地质、土壤条件以及降雨量等自然变化的影响，故显示出一个相当宽的变化范围。假定在煤田范围内估算的河流单位流量平均值是合理的话，就可以用河流的单位流量来计算那些与观测站毗邻的个别煤田的平均单位流量。

表 2 无烟煤矿区附近有关的河流1975年4月采样期间
与历史记载期间单位流量的比较

无烟煤煤田	图数(参看图) 中位置号	美国地质测量标志 号数及名称	记载的(年) 周期	汇水盆地面积 (公 里 ²)	各个煤田 采样大多 数 日 期	采样周 期间的 单位 流量①	周围的 每个煤田(采 样期)平均 单位 流量	历史周 期记载的 单位 流 量	周围的 每个煤田单 位流 量 (历史 周期)
北 部	1	01534300 兰卡维纳河或佛瑞 斯特城	17	100	1975年 4月14 ~16日	0.020		0.020	
	2	01534000 台克兰诺克克瑞卡 或台克兰诺克	31	992		0.012		0.015	
	3	01539000 佛行哥鲁斯伯哥	67	710		0.015		0.019	
	4	01538000 瓦浦瓦鲁盘	56	113		0.013		0.015	
	5	01447500 在斯托达尔特斯维 立的立孩佛河	32	238		0.021		0.022	
							0.016		0.018
中 间 东 部	3				1975.4. 14~16	0.015		0.019	
	5					0.021		0.022	
	7	01409500 小斯吃鲁卡鲁河或 台马卡	56	111		0.021		0.023	
							0.019		0.021

续表

无烟煤田	图数(参看图) 中位置号	美国地质测量标志 号数及名称	记载的 周期(年)	汇水盆地面积 (公里 ²)	各个煤田 采样大多 数日期	采样周 期期间的 单位流量①	周围的煤 田(采样 周期)平均 单位流量	历史周 期记载的 单位流量	周围的煤 田单位流 量(历史 周期)
中间西部	3	01555500 东马韩台或达鲁马夏	46	420	1975.4 16~18	0.014		0.019	
	7					0.019		0.023	
	8					0.011		0.014	
							0.015		0.019
南部	6	01449360 在克瑞斯及维鲁的 波河浦扣克瑞卡	9	129	1975.4. 21~25	0.022		0.023	
	7					0.017		0.023	
	8					0.012		0.014	
	9	014709600 在瑞流马石达斯特的 台鲁波河琴	10	453		0.021		0.017	
							0.018		0.019

①从美国地质测量局收集资料计算的(1976年)。

图 1-3 说明了河流流量和矿山排水量之间的关系。假设降雨量对矿井排水的反应与河流流量的反应相似，则河流流量水文图和矿山排水量水文图的外表轮廓是完全相似的。而且在时间上没有较大的延迟。图 1-3 还说明了采样期间河流流量和矿山排水量是相对稳定的。

下面是1975年度内，第四十三号矿山排水点的矿井排水量与同期第七号水文站河流流量的对比。

河流流量	矿山排水流量
第七水文站 (图1-1)	第43号地点 (图1-4)
平均每日流量米 ³ /秒	平均每日流量米 ³ /秒
1919~1975 (长期平均值)	2.61 ^b
1975	3.40 ^b
1975年 4 月14~16日	2.35 ^b
	2.04 ^a
	2.63 ^b
	1.84 ^c

- a. 估计值;
- b. 从水文观测站记录获得的值;
- c. 观测值。

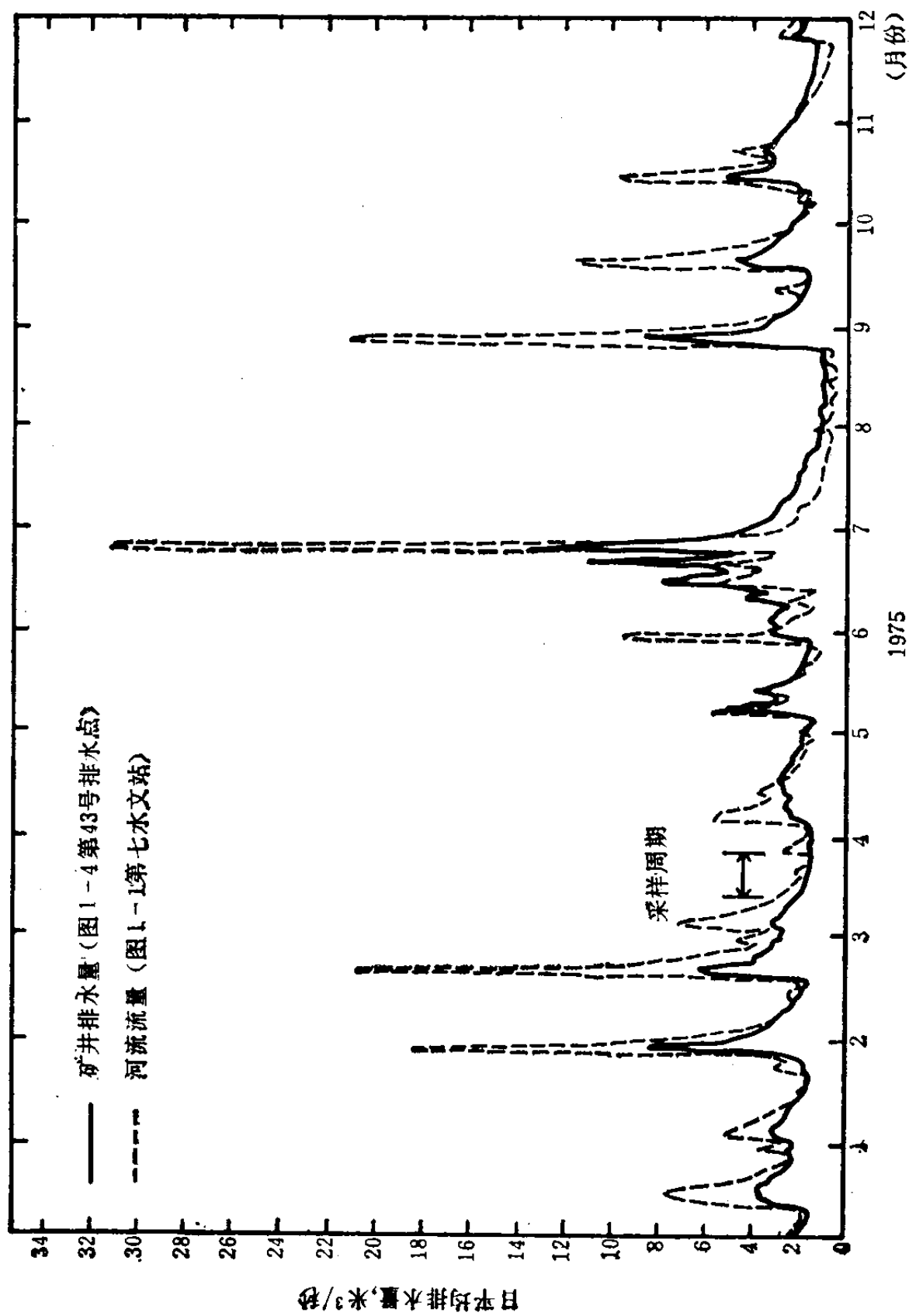


图 1-3 矿山排水量和河流流量水文图

长期矿山排水流量有时是利用某一年河流水文站长期观测的流量资料的比值来估算。这种估算分析是假定采样期间矿山排水流量接近于长期平均流量值。

六、影响矿山排水的流量和质量的水文地质因素

水文的、地质的和采矿的诸因素控制着矿山排水的流量和质量。这些因素包括有：煤层及其毗邻岩层内矿物的差异；排水特征类型（竖井溢流、排水巷道等。）；季节作用。除上述因素外，还有下面要详细论述的一些问题，这些问题曾在一些地区进行过检验。

1. 受破坏的地表范围

由于露天采矿，矿山废矸石及碎石残渣在地表堆积，以及采空区的地表下沉等造成了地表破坏。在地表破坏的严重地区，大量的河水和降雨可通过地表破坏区大量渗透到矿井。这种渗透就成为以后矿井排水的水源。

图 1-4 中表示了中间东部和西部无烟煤煤田中一些河流流量的漏失地段。通常情况下，在煤田的河流的上游是河流流量漏失地区。而河流流量的补给是沿着河流的下游地段，在这些地段有许多矿井水被排泄到河流内。河流流量漏失区和河流流量补给区与河流的高水位区和低水位区是吻合的。这些分别在中间东部和西部无烟煤煤田的水文图上都反映出来了。

表 3 中列出了中间东部和西部无烟煤煤田的河流水文站，在采样期间河流流量的明显漏失。在正常流量情况下，在中间东部无烟煤煤田的三个水文观测站的流量漏失为 1.18 立方米/秒，是理论流量（按平均单位流量和矿山排水面积的乘积计算的）的百分之九十五。而中间西部无烟煤煤田的三个水文观测站的流量漏失为 0.490 立方米/秒，是理论流量的百分之七十七。通过这个单位流量概念的应用，进行河流流量的综合测量，可能是研究河流流量漏失到地下巷道的调查指向标。

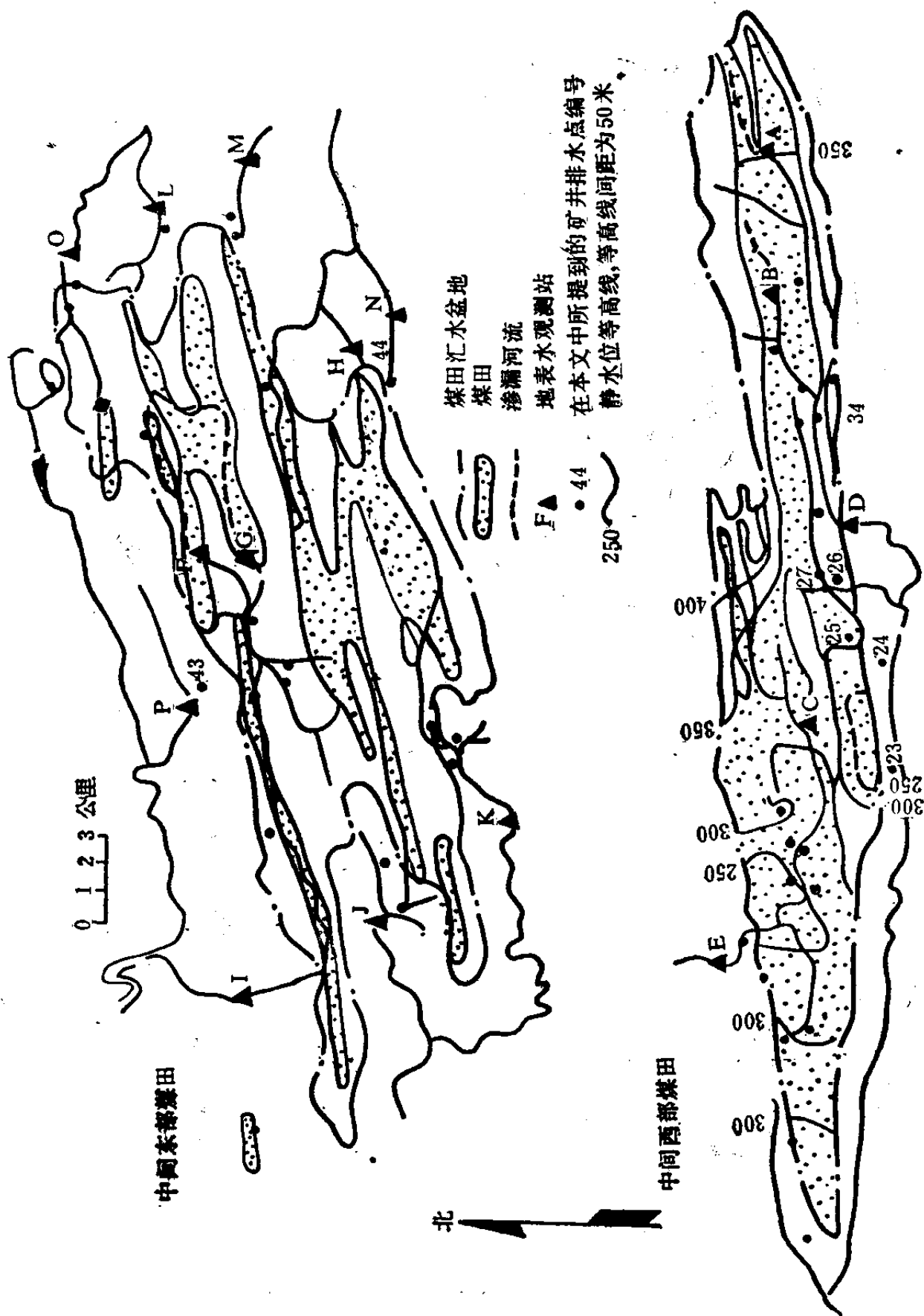


图 1-4 中间东部和西部无烟煤煤田的水文图

在采样期间，进行中间西部和东部无烟煤煤田的河流下游测量时，认为地表土壤的破坏也可能是由于单位流量过大的缘故造成的(表4) 这些地区地表破坏典型的描述是未开垦的地方覆盖的土壤脊薄，植被稀少。这些条件促使蒸发小，降雨时渗透量大，其单位流量比未开采的煤田要大得多。

表 3 无烟煤矿区中间东部和西部所选择的
地面水文站对河流流量渗漏的估计

河 流 水文站 (图1-4)	全部汇 水面积 (公里 ²)	理论流量 (米 ³ /秒)	采煤期间 实测流量 (米 ³ /秒)	估计渗漏到 矿井中渗漏量 (米 ³ /秒)	损失流量的排水点
中 间 东 部 无 烟 煤 煤 田					
F	12.1	0.229①	0.014	0.215	齐都平硐(在图1-4中第43号排水点)
G	32.1	0.610①	0.006	0.604	碚伟尔米都平硐(图1-4第44号排水点)
H	21.0	0.399①	0.042	0.357	
中 间 西 部 无 烟 煤 煤 田					
A	15.3	0.230②	0.071	0.159	派克尔缺口(图1-4第34号排水点)
B	9.84	0.148②	0.071	0.077	罗卡期盖甫和斗台维主平硐(图1-4第23号和24号排水点)
C	17.1	0.257②	0.003	0.254	

① 计算是全部汇水面积乘 0.019 (河流邻近中间东部无烟煤煤田平均单位流量)。
② 计算是全部汇水面积乘 0.015 (河流邻近中间西部无烟煤煤田平均单位流量，表1)。

2. 矿山水的滞留时间

表 4 内的资料表明，当矿井水的滞留时间指数增大时，水的质量就变坏（导电率、酸度、含铁量增大）。滞留时间是指矿井水在井下流动距离的部分函数。它包括垂直和水平这两个分量。垂流动距离等于水的循环深度，可能近似于地热增温率和地下水温度的概念。表 4 中增高温度的可能是由于水的循环深度的增加而引起的。水平流动距离与矿井水从补给点到排泄点的水平距离有关。在无烟煤煤田内，有很多缺口（矿与矿之间水平联结）