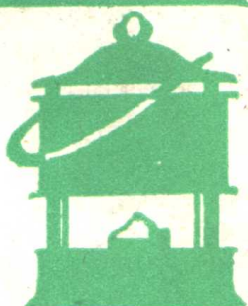
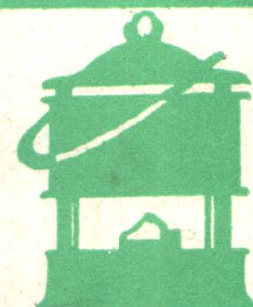
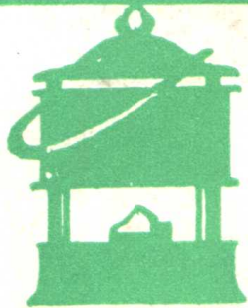


煤矿安全手册

第五篇 矿井防治水



煤炭工业出版社

煤矿安全手册

主 编 赵全福

副主编 戴国权 黄元平

第五篇 矿井防治水

主编单位 煤炭科学研究总院西安分院

参加单位 峰峰矿务局 焦作矿务局 淄博矿务局
开滦矿务局

主 编 张景海

副 主 编 王梦玉

编 写 人 张景海 (第一章) 叶楠林 倪平哲 项远法
胡 逸 王延福 (第二章) 杨以勤 (第三章)
顾文灿 李周尧 (第四章) 王梦玉 (第五章)
顾文灿 (第六章) 张景海 姚 军 刘旭久
(第七章) 钟文采 张荣瑄 (第八章) 张景海
朱亚日 (第九章) 李周尧 (第十章)

煤炭工业出版社

前 言

建国以来,我国煤炭工业和其他工业一样,取得了突飞猛进的发展,煤炭产量由1949年的3240万t增长到1990年的10.9亿t。煤炭作为我国的主要能源,在社会主义四个现代化建设和人民生活方面做出了应有的贡献。

与此同时,我国煤矿安全技术的发展也取得了令人瞩目的成就,安全生产面貌发生了巨大变化,并且随着新技术、新工艺、新材料和新设备的不断使用,煤矿生产建设和矿井安全程度有了很大提高。为了总结煤炭工业战线广大职工积累起来的安全生产的丰富经验和科研成果,促进煤矿安全技术的发展,进一步加强煤矿安全技术管理工作,提高矿井安全程度,从根本上解决生产建设中的不安全隐患,以适应煤炭工业发展的需要,煤炭工业部于1985年组织煤炭工业生产建设、科研、设计和院校等单位的有关专家、教授和学者,编写了《煤矿安全手册》一书。

《煤矿安全手册》是一部囊括煤矿安全生产技术知识的大型工具书。它是根据党和国家的有关安全生产方针、政策和规程、规范,以及行之有效的安全生产经验和科研成果,本着科学性、先进性和实用性的原则进行编写的。在内容上,以总结我国的安全技术经验和最新成果为主,实事求是地反映我国煤矿的科学技术成就和发展趋向,并适当地吸收国外的先进技术,注意理论与实践相结合;在表达形式上,力求系统性和层次清楚,文字简练和条理化,尽力做到文、图、表并茂,便于读者查阅使用。《手册》主要供煤矿生产建设现场的工程技术人员(部分可供医务人员)和管理干部使用,也可供科研、设计人员及院校师生参考。

《手册》包括:矿井通风与空调,矿井瓦斯防治,矿井粉尘防治,矿井防灭火,矿井防治水,矿山压力与岩层控制,爆破安全,凿井安全,采掘机械安全技术,运输提升安全,电气安全技术,矿山救护,工业卫生及劳动保护,煤矿安全仪表及装备等内容,共十四篇,将分册陆续出版。

《手册》的编写工作得到了原煤炭工业部有关司局,特别是安全监察局,以及各主编单位和参加编写单位的很大支持,在搜集资料和审稿过程中也得到有关单位及人员的大力帮助。因此,《手册》的编写成功是各级领导、全体编写人员和审稿人员,以及提供资料单位共同努力的结果,也凝聚着煤炭系统广大职工共同的智慧与结晶,在此向他们表示衷心感谢。

由于编写时间仓促和缺乏经验,加之水平所限,书中缺点、错误在所难免,望读者批评指正。

《煤矿安全手册》编审委员会

16.56

目 录

第一章 我国煤矿防治水害的概貌	1
第一节 我国煤矿水害的分布	1
第二节 矿井水害的名词与类型	3
第三节 煤矿防治水害的现状与方法	4
第二章 突水及其预测	7
第一节 突水征兆	7
第二节 突水后水量的估算	8
第三节 突水水源的分析与判断	12
第四节 突水后的现场工作	22
第五节 突水的因素与预测	24
第六节 矿井突水量预测	32
第三章 防水煤（岩）柱的留设	40
第一节 防水煤（岩）柱的种类及留设原则	40
第二节 留设的方法及宽度的计算	41
第四章 井下探放水	51
第一节 概述	51
第二节 探放老空水	51
第三节 探放断层水	69
第四节 探放陷落柱水	81
第五节 导水钻孔的探查与处理	82
第六节 探放含水层水	86
第七节 井下探放水设备、仪器与仪表	90
第五章 疏干降压	93
第一节 疏干程序	93
第二节 疏干方式	94
第三节 疏干工程	96
第四节 疏干计算	98
第六章 地表水体下采煤的安全技术	109
第一节 煤层开采使覆岩破坏的规律	109
第二节 地表水体下采煤的安全技术	119
第七章 注浆堵水	125
第一节 注浆堵水前的水文地质工作	125
第二节 注浆堵水的施工工艺	128
第三节 注浆堵水材料	150
第四节 注浆设备	184
第五节 旋喷注浆法简介	196
第八章 井下防排水设备与设施	199

第一章 我国煤矿防治水害的概貌

我国煤田水文地质条件复杂，主要煤产地的华北石炭二叠纪煤田和南方晚二叠世煤田，属于喀斯特水文地质类型煤田，黄淮平原的煤田则受到第四系冲积层水的危害。目前，在统配煤矿中，约有18%待开采的煤炭储量受到较为严重的水害威胁。1950年以后，我国煤矿曾发生过数百次突水事故，其中开滦范各庄矿于1984年6月2日发生突水量为 $2053\text{m}^3/\text{min}$ 的特大突水淹井事故，造成经济损失5亿元以上。由此可见，煤矿水害已成为影响煤矿安全生产的重大关键问题之一，对其进行防治工作具有十分重要的现实意义和长远的战略意义。

第一节 我国煤矿水害的分布

一、水害区的划分

根据我国聚煤区的不同地质、水文地质特征，并考虑到矿井水对生产的危害程度，可将我国煤矿划分为6个矿井水害区，如图5-1-1所示。



图 5-1-1 中国煤矿水害分区示意图

1—华北石炭二叠纪煤田的岩溶-裂隙水水害区；2—华南晚二叠世煤田的岩溶水水害区；3—东北侏罗纪煤田的裂隙水水害区；4—西北侏罗纪煤田的裂隙水水害区；5—西藏-滇西中生代煤田的裂隙水水害区；6—台湾第三纪煤田的裂隙-孔隙水水害区

二、各水害区的概况

从表 5-1-1 中可看出,我国矿井水害主要分布在华北和华南两个区。其矿井水文地质条件极为复杂,水害十分严重。例如华北石炭二叠纪煤田的煤系基底中奥陶统岩溶-裂隙水水害;黄淮平原新生界松散层水的水害;华南晚二叠世煤田的煤系顶底板灰岩岩溶水水害。而东北侏罗纪煤田虽然存在着裂隙水及第四系松散层水的危害,但不严重;西北侏罗纪煤田处于干旱、半干旱气候区,区内严重缺水,存在着供水问题;西藏—滇西及台湾的中、新生代煤田的水文地质条件比较简单,水害问题也不严重。

表 5-1-1 我国煤矿水害区的概况

水 害 分 区		气候大区 年降水量及其覆盖 面积的百分数	矿井水对生产危害程度	附 注
编号	名 称			
1	华北石炭二叠系岩 溶-裂隙水水害区	亚湿润-亚干旱气候区 600~1000mm约占 70% 200~600mm约占 20%	出水、突水较频繁,涌水量大或特大(1000~123180m ³ /h)。常常影响生产或淹井,或负担巨大排水费用,采煤和矿井安全都受到严重威胁。由于底部强含水层的威胁,区内中深部下组煤有几百亿吨不能开采	煤田为分布范围大、可采煤层多、储量大、煤种齐全的焦煤和主焦煤重要产地,对国民经济影响重大
2	华南晚二叠统岩溶 水水害区	湿润气候区 1200~2000mm约占 95%以上	出水、突水很频繁,经常影响生产或淹井,突水量大(2700~27000m ³ /h),矿井正常涌水量亦大(3000~8000m ³ /h)。负担巨额排水电费(400~1500万元/a);地面塌陷严重,井下黄泥突出堵塞井巷。矿井安全受到严重威胁,雨季更危险	由于地面塌陷,每年矿区付出上百万元赔偿费。由于主巷布设在强含水层里,故突水、出水频繁,主要为底板茅口灰岩水,江西是顶板长兴灰岩水
3	东北侏罗系裂隙水 水害区	湿润-亚湿润气候区 400~600mm占60% 600~800mm占25%	一般不影响生产,部分矿区受地表水和第四系松散层水的危害较重,有时造成淹井事故	局部为亚干旱区(15%)
4	西北侏罗系裂隙水 水害区	干旱气候区 25~75mm }占80% 75~100mm } 100~400mm占20%	本区严重缺水,存在供水问题,仅部分地区有地表水和老空水,造成的煤矿水害	局部为亚干旱区
5	西藏—滇西中生界 裂隙水水害区	湿润-亚湿润气候区 300~600mm占55% 800~1000mm占35% 1000~2000mm占10%	西藏—滇西和台湾中、新生代煤田煤炭储量仅占全国储量0.1%,水文地质条件比较简单,水害也不严重	一小部分为亚干旱区
6	台湾第三系裂隙-孔 隙水水害区	湿润气候区 1800~4000mm约占 95%以上		

另外第四系水(孔隙水)、地表水体所造成的水害,不同程度地存在于各大类型区内。其中仅黄淮平原煤田(属华北水害类型区)第四系水造成的水害较为严重,在煤田开发过程中,流砂溃入并淹没矿井的事故很多。例如1963年7月徐州新河煤矿502工作面突然溃入冲积层水、流砂和黄泥,淤塞巷道1200m,停产58d。

老空水（古井、小窑…）水害，常常造成局部停产或淹井事故，并常有人身伤亡。这种水害几乎所有矿区都存在，危害程度与其所在水害类型区相关。

第二节 矿井水害的名词与类型

一、矿井水害的名词

1. 矿井水

凡是在矿井开拓、采掘过程中，渗入、滴入、淋入、流入、涌入和溃入井巷或工作面的任何水源水，统称为矿井水。

2. 矿井突水（简称突水）

表 5-1-2 矿 井 水 害 类 型*

类 别		水 源	水源进入矿井的途径或方式	发生过突水、淹井的典型矿区
地表水水害		大气降水、地表水体（江、河湖泊、水库、沟渠、坑塘、池沼、泉水和泥石流）	井口、采后冒裂带、岩溶地面塌坑或洞、断层带及煤层顶底板或封孔不良的旧钻孔充水或导水	水城汪家寨矿、内蒙古平庄古山矿、辽源梅河一井等
老空水水害		古井、小窑、废巷及采空区积水	采掘工作面接近或沟通时，老空水进入巷道或工作面	山西陵川县关岭山煤矿、徐州旗山矿、峰峰四矿等矿区都发生过老空水的水害
孔隙水水害		第三系，第四系松散含水层孔隙水、流沙水或泥沙等，有时为地表水补给	采空冒裂带、地面塌陷坑、断层带或煤层顶、底板含水层裂隙及封孔不良的旧钻孔导水	吉林舒兰煤矿、淮南孔集矿、徐州新河煤矿
裂隙水水害		砂岩、砾岩等裂隙含水层的水，常常受地表水或其他含水层水的补给	采后冒裂带、断层带、采掘巷道揭露顶板或底板砂岩水，或者封孔不良的老钻孔导水	徐州大黄山煤矿、韩桥煤矿，开滦范各庄矿等煤矿区都有裂隙水水害
岩溶水水害	薄层灰岩水水害	主要为华北石炭二叠纪煤田的太原群薄层灰岩岩溶水（山东省一带为徐家庄灰岩水），并往往得到中奥陶系灰岩水补给	采后冒裂带、断层带及陷落柱、封孔不良的老钻孔，或采掘工作面直接揭露薄层灰岩岩溶裂隙带突水	徐州青山泉二号井，淮南谢一矿，肥城大封煤矿、杨庄矿（徐灰），新蜜芦沟矿
	厚层灰岩水水害	煤层间接顶板厚层灰岩含水层，并往往受地表水补给	采后冒裂带、采掘工作面直接揭露或地面岩溶塌陷坑	江西丰城云庄井
		煤系或煤层的底板厚层灰岩水（在我国煤矿区主要是华北的中奥陶系厚层（500~600m）灰岩水和南方晚二叠统阳新灰岩水），对煤矿开采威胁最大，也最严重	采后底鼓裂隙、断层带、构造破碎带、陷落柱或封孔不佳的老钻孔和地面岩溶塌陷坑吸收地表水	峰峰一矿，焦作演马庄矿、冯营矿、中马村矿，淄博北大井均为断层导水淹井，开滦范各庄矿，安阳铜冶矿为中奥灰水通过陷落柱、探孔进入矿井

* 1.表中矿井水害类型系指按某一种水源或某一种水源为主命名的。然而，多数矿井水害往往是由2~3种水源造成的。单一水源的矿井水害很少。

2.顶板水或底板水，只反映含水层水与开采煤层所处的相对位置，与水源丰富与否、水害大小无关。同一含水层水，既可以是上覆煤层的底板水，又同时是下伏煤层的顶板水。例如，峰峰矿区的大青灰岩水，既是小青煤层的底板水，又是大青煤层的顶板水。因此，不按此分类。

3.断层、旧钻孔、陷落柱等都可能成为地表水或地下水进入矿井的通道（水路），它们可以含水或导水，但是以它们命名的水害，既不能反映水源丰富程度，又不能表明对矿井安全危害和威胁的严重性。因为它们导水造成的矿井水害有大有小，有的造成不了水害。其危害或威胁的程度，决定于通过它们的水的来源丰富与否。

凡因井巷、工作面与含水层、被淹巷道、地表水体或含水的裂隙带、溶洞、洞穴、陷落柱、顶板冒落带、构造破碎带等接近或沟通而突然产生的出水事故，称为矿井突水。

3. 矿井水害

凡影响生产、威胁采掘工作面或矿井安全的、增加吨煤成本和使矿井局部或全部被淹没的矿井水，都称为矿井水害。

二、矿井水害的类型

造成矿井水害的水源有大气降水、地表水、地下水和老空水。其中地下水按其储水空隙特征又分为孔隙水、裂隙水和岩溶水等。现根据水源分类，把我国矿井水害分成若干类型（表5-1-2），作为防治矿井水害时的参考。

第三节 煤矿防治水害的现状与方法

一、煤矿防治水害的现状

（一）国内现状

在突水机理的研究上，曾先后提出了“突水系数”、“等效隔水层”和底板隔水层中存在“原始导高”等概念。经过多年试验、观测与研究，认为底板突水机理是“含水层富水性、隔水层厚度及其存在的天然裂隙、构造断裂与水压、矿压等因素的综合作用结果。”对突水分析采用了统计学方法，力学平衡、能量平衡方法。同时，开始应用井下物探技术，如坑道透视法、井下电法、氦气测定法等来预报突水。并在研究、验证预测突水量的数学模型（见第二章第六节）。

疏干降压是我国矿井防治水害的主要技术措施。国内除普遍地采用经常性疏干排水外，先后还进行了峰峰矿区和淄博矿区的薄层灰岩水的疏干和降压及邯郸矿区的疏干工作程序和疏干勘探方法。80年代初，在淮南矿区还总体研究了太原群灰岩水的疏干问题。

堵水截流是我国防治水害的重要方法。在静水与动水条件下注浆封堵突水点、矿区外围注浆帷幕截流等都有比较成熟的方法和经验。焦作、峰峰、煤炭坝等矿区都进行过这类工作，近年来又成功地封堵了开滦范各庄矿特大的突水。从60年代起在徐州、枣庄、新汶等煤矿和张马屯铁矿、水口山铅锌矿等不同水文地质条件下的灰岩地层中成功地建造了大型堵水截流帷幕，取得了良好的堵水效果。近年来，峰峰四矿对煤层底板注浆截断岩溶水垂向补给通道，取得了明显的效果，提供了一种截流方法。

在井下排水技术方面，已普遍采用了国产高效率离心式水泵，一些矿区已开始使用高扬程、大流量的潜水泵。除上述水害防治技术外，水害较大矿区都因地制宜地采用了井下探放水、留设各种防水煤（岩）柱、修筑防水闸门等安全技术措施。

（二）国外现状

目前，国外主要采用主动防护法，即采用地面垂直钻孔，用潜水泵或专门矿井疏干含水层。为了适应预先疏干方法，国外生产了高扬程（达1000m）、大排水量（达5000m³/h）、大功率（2000kW）的潜水泵。其疏干工程已逐渐采用电子计算机自动控制。

国外堵水截流方法也有很大发展，建造地下帷幕方法愈来愈受到重视，苏联认为帷幕是今后疏干研究工作的方向之一。目前有些国家利用挖沟机在松散层中修建帷幕，开挖、护壁、清渣流水作业，是当前国外先进的堵水截流技术。但是，现在国外还没有在岩溶地层中建造大型帷幕的实例。

为充分利用隔水层厚度,减少排水量,国外正在对隔水层的隔水机理、突水量与构造裂隙的关系、高水压作用下的突水机理以及隔水层稳定性与临界水力阻力的综合作用等进行研究。目前预测方法有统计学方法、灾变论方法及现场试验,如水力压裂法等。物探方法也有一定的发展。如德、英、美等国研究槽波地震法探测落差大于煤厚的断层,以及采用井下数字地震仪探测岩层中的应力分布;苏联从超前孔中用无线电波法研究岩溶发育带预防突水等。

二、煤矿防治水害的方法

如前所述,我国在矿井水害防治方面,已有了比较成熟的技术和措施。如疏干降压、注浆堵水、突水预测和探放水等,详见表 5-1-3。其中各种防治方法及应用条件、安全措施等,将在本篇各章里做详细介绍。

表 5-1-3 煤矿防治水害的方法简介

防 治 方 法		应 用 矿 区
分 类	主 要 内 容	
地表水防治	1.在河流(含冲沟、小溪、渠道)的漏水、渗水段铺底,修人工河床、渡槽或河流部分地段改道等 2.在矿区外围修筑防洪泄水渠道,在采空区外围挖沟排(截)洪 3.填堵通道(指对岩溶地面塌陷及采空区塌陷的处理) 4.建闸设站,排除塌陷区积水或防止河水倒灌	湖南恩口矿、南桐红岩矿、徐州贾汪矿区
井下防水设施	1.留设防水煤(岩)柱 2.设置防水闸门及防水闸墙 3.设排水泵房、水仓、排水管路及排水沟等排水系统	峰峰各矿、邯郸各矿及其他水大矿区
井下探放水	1.探放老空水 2.探放断层水 3.探放陷落柱水 4.探放旧钻孔水 5.探放含水层水	峰峰、井陘、邯郸、淄博和肥城等矿区
疏 干	1.地表疏干 从地面施工垂直钻孔,安装潜水泵,抽排含水层水 2.地下疏干 1) 专门疏干矿井、巷道和放水孔 2) 疏水巷道 (1) 运输巷道疏干含水层 (2) 疏水石门 (3) 疏水平硐 3) 疏水钻孔 (1) 井下放水区疏干 (2) 井下吸水区疏干 3.联合疏干 1) 地表疏干与地下疏干同时采用 2) 多井同时疏干同一含水层	广东石碌铜矿 匈牙利 湖南煤炭坝矿、恩口矿等 徐州夏桥井 南桐红岩矿 新汶张庄矿 潞安五阳矿 苏联北乌拉尔铝土矿 湖南煤炭坝矿
突水预测	1.易于突水的构造部位或地段的预测 2.采掘前突水预测 3.采掘过程中突水预测 4.突水量预测	焦作矿区、淄博矿区 井陘矿区、邯郸王凤矿 陕西韩城矿区、井陘矿区

第二章 突水及其预测

第一节 突水征兆

我国煤矿较大的突水多属于底板水。突水的过程决定于水文地质及采掘现场条件。一般突水可归纳为两种情况，一种是突水量小于矿井的最大排水能力，地下水形成稳定的降水漏斗，迫使矿井长期大量排水。另一种是突水量超过矿井的最大排水能力，造成矿井淹没。图5-2-1、图5-2-2为两种情况的突水动态曲线。

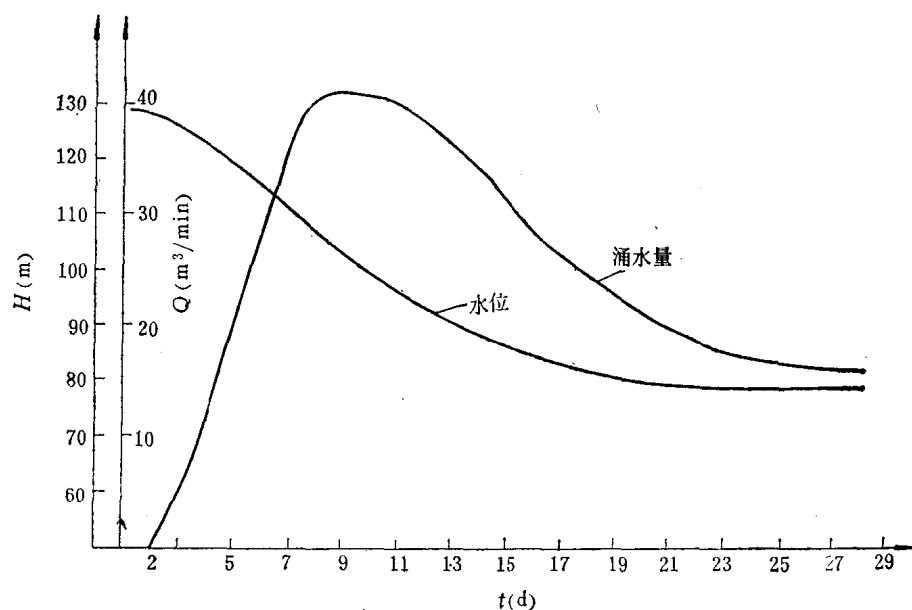


图 5-2-1 1969年峰峰二矿2701工作面突水曲线图

各种类型的突水，事前都可能出现各种征兆，下面分别给以介绍。

1. 一般征兆

(1) 煤层变潮湿、松软；煤帮出现滴水、淋水现象，且淋水可由小变大；有时煤帮出现铁锈色水迹。

(2) 工作面气温降低，或出现雾气及硫化氢气味。

(3) 有时可闻到水的“嘶嘶”声。

(4) 矿压增大，发生片帮冒顶及底臃。

2. 工作面底板灰岩含水层突水征兆

(1) 工作面压力增大，底板臃起，底臃量有时可达500mm以上。

(2) 工作面底板产生裂隙，并逐渐增大。

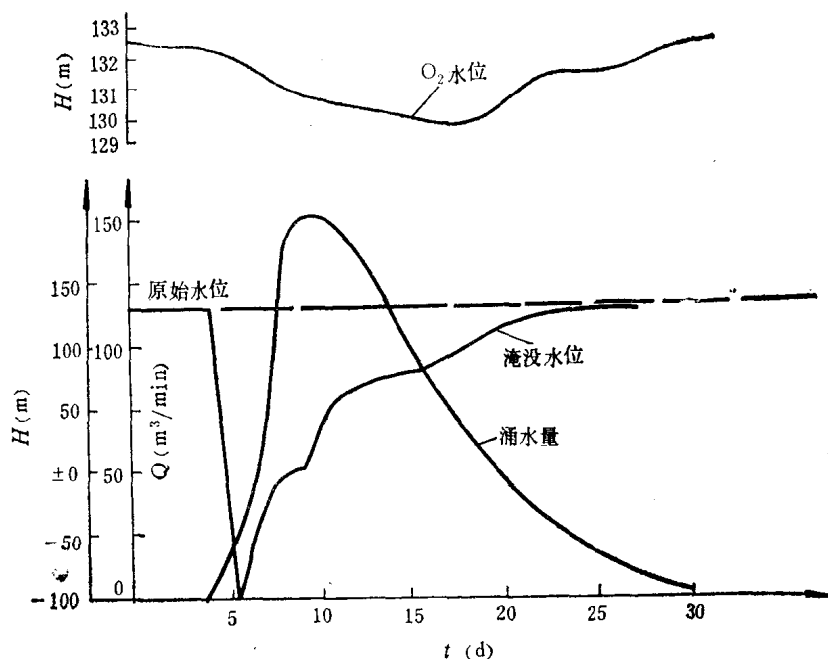


图 5-2-2 1960年峰峰一矿1532工作面突水淹井过程曲线图

(3) 沿裂隙或煤帮向外渗水。

随着裂隙的增大，水量增加，当底板渗水量增大到一定程度时，煤帮渗水可能停止，此时水色时清时浊，底板活动时水变混浊、底板稳定时水色变清。

(4) 底板破裂，沿裂缝有高压水喷出，并伴有“嘶嘶”声或刺耳水声。

(5) 底板发生“底爆”，伴有巨响，水大量涌出，水色乳白或呈黄色。

3. 冲积层水的突水征兆

(1) 突水部位发潮，滴水。滴水逐渐增大，仔细观察可发现水中有少量细砂。

(2) 发生局部冒顶，水量突增并出现流砂。流砂常呈间歇性，水色时清时混，总的趋势是水量、砂量增加，直至流砂大量涌出。

(3) 发生大量溃水、溃砂，这种现象可能影响到地表，致使地表出现塌陷坑。

以上征兆是典型情况，在一些突水过程中，并不一定全部表现出来，所以，应该细心观察，认真分析、判断。

第二节 突水后水量的估算

发生突水后，水量的估算是一项必不可少的工作，应根据现场的具体条件，迅速而准确地加以估算，以作为事故处理和抢救的重要依据。

一、现场测量突水量的方法

1. 浮标法

矿井发生突水后，初期水量一般较小，可在巷道的水沟内测定其水量。选用规整的水沟长5m左右，清除沟内的杂物，选择上、中、下三个断面，测其宽度及3~5个水深值，并用木屑、纸屑作浮标，测量水的流速，反复测量3~5次，用式(5-2-1)计算突水量。

$$Q = 60KL \frac{\frac{1}{3} \left(W_1 \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} + W_2 \frac{h_4 + h_5 + h_6}{3} + W_3 \frac{h_7 + h_8 + h_9}{3} \right)}{\frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}}, \text{ m}^3/\text{min} \quad (5-2-1)$$

式中 L ——水沟测量段长度 (m) ;

W_1 ——水沟断面宽度 (m) ;

h_1 ——水沟内水深 (m) ;

t_1 ——浮标在 L 段内运动的时间 (min) ;

K ——断面系数。

当突水量增大到不能采用水沟测量时, 可选用大巷中较为平直的一段测量大巷内的水量, 其方法与在水沟内测量相同。

采用浮标法测定水量时, 系数 K 可按表 5-2-1 选择:

表 5-2-1 K 值 选 择 表

水沟特性	水深 (m)	0.3~1.0		>1.0	
	粗糙度	粗	滑	粗	滑
K 值		0.45~0.65	0.55~0.77	0.75~0.85	0.8~0.9

2. 水泵标定法

突水后, 一般应增开水泵或增加水泵运转时间, 则水仓内增加的水量可用式(5-2-2)计算:

$$Q = KNW + \frac{SH}{t}, \text{ m}^3/\text{min} \quad (5-2-2)$$

式中 W ——水泵的铭牌排水量 (m^3/min) ;

N ——增开的水泵台数;

K ——水泵的排水系数, 可参照表 5-2-2 选取;

H —— t 时间内水位上升高度 (m) ;

s ——水仓的水平断面积 (m^2) ;

t ——水位上涨 H 所用的时间 (min) 。

表 5-2-2 水泵的排水系数表

排水条件	新泵排清水	旧泵排清水	新泵排混水	旧泵排混水	双台老泵单管排水
K	1	0.8	0.9	0.7	0.6

3. 容积法

矿井突水时, 如水由下而上充满井下巷道及其它空间, 可利用下水平巷道硐室的淹没时间来估算突水量。即

$$Q = \frac{V}{t} \text{ 或 } Q = \frac{SH}{t}, \text{ m}^3/\text{min} \tag{5-2-3}$$

式中 V ——下水平巷道的淹没体积 (m³) ;
 t ——淹没时间 (min) ;
 S ——下水平硐室巷道的水平断面 (m²) ;
 H ——在 t 时间内水位上升高度 (m) 。

突水后, 如将下水平巷道淹没, 水位上升至回采过的老空区, 则涌水量可用式 (5-2-4) 计算:

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot H \cdot M}{t \cdot \cos \alpha}, \text{ m}^3/\text{min} \tag{5-2-4}$$

式中 K ——采空区的淹没系数, 可参考表5-2-3或图5-2-3选用;
 S ——求积仪在平面图上量得的淹没面积 (m²) ;
 H ——水位上涨的高度 (m) ;
 M ——采空区煤层的实际采高 (m) ;
 α ——岩层的倾角;
 t ——水位上升所用的时间 (min) 。

表 5-2-3 采空区的淹没系数经验值

K (%)	地点	硬 岩 层			软 岩 层	
		徐 州 矿 区		徐 州 矿 区	峰 峰 矿 区	
年						
1		35		19	22	
2		25		16	—	
5		15		5	—	
7		—		—	2	
10		10		4	—	

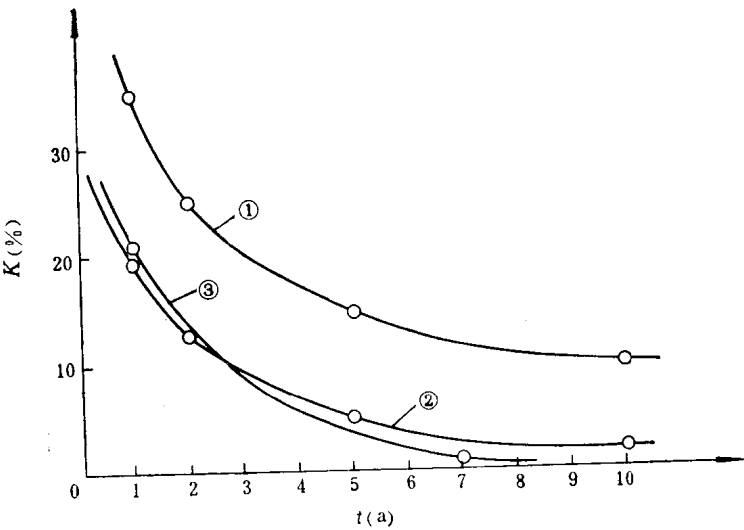


图 5-2-3 采空区充水系数曲线图

1—徐州矿区坚硬顶板; 2—徐州矿区中软顶板; 3—峰峰二矿小青煤顶板; $K(\%)$ —采空区充水系数;
 $t(a)$ —回采结束时间

选用淹没系数时应注意：①如果采空区回采时间相差较大，则淹没系数应根据曲线的数值分别计算；②如果采空区内为多煤层开采，则应将各煤层的采空区淹没水量相加，其和为淹没水量；③如果采空区内巷道硐室较多，则应将巷道硐室的容积另加计算，然后求出总淹没水量。

如采空区内有已疏干的含水层，应另加入含水层内重新充水所积累的水量。可用下式计算其总涌水量：

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{K_1 M_1 H S}{t \cdot \cos \alpha} + \frac{K_2 M_2 H S}{t \cdot \cos \alpha} + \frac{V}{t}, \text{ m}^3/\text{min} \quad (5-2-5)$$

式中 Q_1 ——充入采空区的涌水量 (m^3/min)；

Q_2 ——充入已疏干含水层的涌水量 (m^3/min)；

Q_3 ——充入巷道硐室的涌水量 (m^3/min)；

K_1 ——采空区的淹没系数 (%)；

K_2 ——含水层的裂隙 (充水) 率 (%)；

M_1 ——煤层的开采厚度 (m)；

M_2 ——含水层的总厚度 (m)；

S ——平面图上的淹没面积 (m^2)；

α ——岩层倾角；

V ——巷道硐室的容积 (m^3)。

二、突水总量的估算

突水抢险过程中，需及时掌握从突水开始到某一时刻的突水总量，其计算方法如下：

1. 算术迭加法

$$V = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + Q_3 t_3 + \dots + Q_n t_n, \text{ m}^3 \quad (5-2-6)$$

式中 V ——从突水开始到某一时刻止突水总体积 (m^3)；

$Q_1 \sim Q_n$ ——从突水开始分段计算突水的涌水量 (m^3/min)；

$t_1 \sim t_n$ ——从突水开始到某一时刻止，与上述涌水量相对应的连续时间段 ($t_1 + t_2 + \dots$

$t_n = t, \text{ min}$)。

2. 曲线求积仪法

在直角坐标纸上，绘出涌水量变化曲线，其横坐标为时间 t ，纵坐标为涌水量 Q ，绘出从突水开始到某一时刻涌水量变化曲线，在曲线图上用求积仪量出坐标轴与曲线所包围的全面积，然后用该面积乘以单位面积所代表的水量，得出水淹没的总体积。

例如：图5-2-4中ODBC所代表的水量为 $10 \times 1440^* = 14400 (\text{m}^3)$ ，OEFT所包围的面积8，则在 t 时间内突水的总体积为

$$Q_{\text{OEFT}} = 14400 \times 8 = 115200 (\text{m}^3)$$

根据上述方法，求出的各采空区的水淹没总体积，可绘出全矿井分水平、分区域的水淹没分布图。

三、淹没时间的预计

矿井突水后，应定时测定涌水量及水位上涨速度，并及时预计某一段时间的水位上涨速度，这对抢险排水有重要意义。

* $24\text{h} = 1440\text{min}$ ——编注。

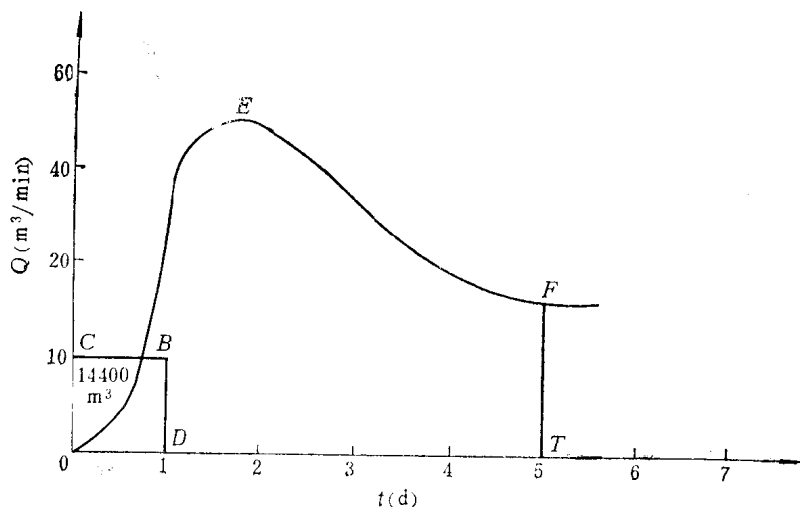


图 5-2-4 水淹没总体积计算图

突水过程中，涌水量常呈不稳定状态，可用较简单的直线回归法进行推算。

即 $Q = a + bt, \text{ m}^3/\text{min}$ (5-2-7)

式中 Q ——涌水量 (m^3/min) ;

t ——时间 (min) ;

a 、 b ——待定系数。

$$b = \frac{\sum Qt - n\bar{Q}\bar{t}}{\sum t^2 - n\bar{t}^2}, \quad a = \bar{Q} - b\bar{t}$$

在水量变化的情况下，矿井淹没水位上升时间可用下式计算：

$$t = \frac{V_1 + V_2}{Q_{\text{平}}}, \text{ min} \quad (5-2-8)$$

式中 V_1 ——采空区的总空隙体积 (m^3) ;

V_2 ——已疏干的含水层的裂隙体积 (m^3) ;

$Q_{\text{平}}$ ——预计到某时刻涌水量与最后一次实测涌水量的平均值 (m^3/min)。

第三节 突水水源的分析与判断

分析和判断突水水源可以对突水的发展及突水的后果作出预测，是组织抢救和正确决策的前提。

分析水源一般可利用以下方法：

一、直观分析法

矿井突水后，应仔细观察突水点及周围情况，包括出水点的位置、周围的地质情况、巷道压力，以及水的气味、颜色、声音、水压、水温及水中携带的物质。不同水源的突水现象及突水特征可参阅表5-2-4。

二、水文地质条件分析法

发生突水后，应对突水的水文地质条件进行综合分析。

表 5-2-4 雨水源突水现象及特征

水 源	突水地点	突 水 现 象	突 水 特 征
洪 水	井筒或浅部老空	井筒灌水, 水势迅猛	水混浊, 含砂土量高
地 表 水	浅部采掘区, 水从顶板出	顶板压力增大, 先出现淋水, 黄泥或砂, 与地面冒通后水量猛增, 其势迅猛	水混浊, 含砂量较大。如水源少, 会很快疏干; 如水源丰富, 则水量很难下降直至淹井
冲积层水	回采工作面, 水从顶板出	顶板压力增大, 先出现淋水, 放顶后水量突然增大	水混浊, 一般水量不大, 出水点多而分散, 往往涌砂或流砂水灌入井巷, 水势迅猛
顶 板 水	回采工作面, 水从顶板出	顶板压力增大, 先出现淋水, 放顶后水量突然增大, 经常伴有冒顶、垮面现象	冒顶前后为清水, 冒顶时出现混水。水源不丰富, 水量很快下降; 如水源丰富, 则水量很快稳定, 延续时间长
老 空 水	掘进工作面	一般都在打眼放炮时发生突水, 往往为突发性, 非常迅猛, 破坏性大	H_2S 含量高, 水涩, 水中含有机物高, 化验有负硬度, 耗氧量高。水量视老空大小而异, 疏干时间短
钻 孔 水	采掘工作面遇封孔不良的钻孔	接近钻孔时煤壁发潮, 揭露后水集中涌出, 水量视穿透的含水层的富水性及水压大小而定	先出混水, 以后水变清, 最大水量一般在 $10m^3/min$ 以下
断层及陷落柱水	采掘工作面, 断层陷落柱附近	一般为底部灰岩岩溶水突破断层带或陷落柱。先出小水后出大水	1. 断层水突出时, 水量有大有小, 若无其他水源, 水很小, 多清水, 若有丰富的含水层水补给, 则瞬时涌水量大, 往往为混水, 水势迅猛, 水压大, 涌水量很稳定, 并常夹带大量泥砂或岩块等 2. 陷落柱突水同样也有大小之分, 大者迅猛异常, 突水量很大至特大($2053m^3/min$), 水压大并夹带大量泥砂, 无法疏干
底板灰岩岩溶水	采掘工作面, 水从底板涌出	底板压力增大, 出现底臃, 突破底板后, 涌水如江河决堤, 其势迅猛, 破坏性大, 亦有迟到透水情况	突水初期, 若水小时, 则为清水, 水量逐渐增大; 若初期水量很大时, 则为混水, 往往携带大量岩石碎块、泥砂或突出大量黄泥后, 渐变清水。也有一开始为清水的, 水量大、水势迅猛、水压大、涌水量十分稳定

矿井突水的因素, 可从以下几个方面进行分析:

- (1) 煤层底板接近强含水层, 致使水突破隔水层。
- (2) 底板有断层、裂隙、隐伏的陷落柱, 发生地下水垂向补给。
- (3) 采掘工作面接近或揭露含水陷落柱。
- (4) 断层使强含水层与煤层中的薄层灰岩含水层接触, 地下水发生侧向补给。
- (5) 工作面接近或揭露与强含水层串通的钻孔。
- (6) 浅部露头补给。
- (7) 地表水和冲积层水补给。