

底板突水规律与突水优势面

高延法 施龙清 娄华君 牛学良 著

中国矿业大学出版社

底板突水规律与突水优势面

高延法 施龙清 姜华君 牛学良 著

(国家自然科学基金资助项目)
(项目批准号: 59774001)

BB213/2

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统地分析了底板突水因素,进行了底板突水案例统计和突水类型划分。通过深井采场底板岩层变形破坏观测和位移反分析,深入探讨了采场底板变形破坏规律,得出了底板岩层渗透性和应力场的关系,给出了采场底板破坏深度的预计公式,提出了底板突水优势面理论,介绍了承压水上煤层开采安全性评价方法和底板突水防治技术等。

本书适合于从事煤矿生产、设计和科研的工程技术人员及大专院校相关专业的师生阅读。

责任编辑 陈玉和

责任校对 宋党育

图书在版编目(CIP)数据

底板突水规律与突水优势面/高延法等著. —徐州:中国矿业大学出版社, 1999. 6
ISBN 7-81070-028-6

I. 底… II. 高… III. 底板压力-矿山突水-规律
IV. TD742

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 14008 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏·徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.25 字数 276 千字

1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

印数 1~1000 册 定价 30.00 元

前 言

矿井底板突水,轻者影响生产,重者形成灾害,是危及矿井安全生产的一大隐患。我国华北煤田是重要的煤炭生产基地,煤系地层普遍赋存着奥陶纪厚层灰岩及石炭纪薄层灰岩,灰岩岩溶发育、富含承压水。随着开采深度的不断加大和下组煤的开采,水害威胁越来越大,煤矿底板突水灾害防治已成为迫切需要解决的重大技术理论课题。

矿井突水灾害防治的根本在于:水源和构造的探测技术,井上下防治水工程技术和矿井抗灾排水能力等。而突水防治理论研究则是:总结突水规律,建立防治水理论,提出开采安全性评价和突水预测预报理论模型及方法,指导防治水技术的发展和防治水实践。矿井底板突水防治理论与底板突水防治技术是矿井突水防治实践的两块基石。

本书是作者防治水理论研究成果的总结。在研究工作中曾得到山东矿业学院沈光寒教授、李白英教授和孙振鹏教授等老师的指导。近年来,宋振骐院士对作者的矿井水防治研究工作给予了热情关怀和具体指导。宋扬教授对本书的撰写和出版给予了大力的支持。武汉水利电力大学陶振宇教授对作者的防治水研究给予了悉心的指导,并对本书的出版给予了热情的鼓励。在防治水研究工作中,课题组的肖洪天副教授、张文泉副教授、李稼祥副教授、温兴林和刘伟韬等同志都为研究成果的取得做出了贡献。开滦矿务局地测处、赵各庄煤矿对作者的现场研究工作给予了大力支持和积极合作。肥城矿务局张希平总工程师、卜昌森副总工作师和于树春副总工程师等对作者的研究工作给予了热情关怀和大力支持,在此作者表示深切的感谢。

作 者

1999年3月于山东泰安

目 录

第一章 概述	1
第二章 底板突水的相关因素	4
§ 2.1 底板灰岩岩溶发育规律及其与突水的关系	4
§ 2.2 水压在底板突水中的力学作用	12
§ 2.3 底板隔水层的阻隔水能力分析	15
§ 2.4 地质构造与底板突水的关系	22
§ 2.5 采矿活动矿山压力与底板突水的关系	25
第三章 底板突水案例统计与突水类型划分	28
§ 3.1 底板突水案例统计	28
§ 3.2 底板突水类型划分	28
§ 3.3 底板突水量分布规律与突水量分级	44
§ 3.4 矿井底板突水量预计方法	45
第四章 采场底板变形破坏规律研究	49
§ 4.1 采场底板变形破坏探测原理与方法	49
§ 4.2 采场底板岩层变形破坏规律的现场观测研究	53
§ 4.3 采场底板位移反分析	60
§ 4.4 采场底板应力场与渗透性的关系	71
§ 4.5 采场底板变形破坏机理	73
§ 4.6 采场底板破坏深度研究	76
第五章 突水优势面理论	83
§ 5.1 工程地质优势面	83
§ 5.2 突水优势面的概念与观点	86
§ 5.3 底板灰岩强径流带——突水优势面 I	89
§ 5.4 导水断层——突水优势面 II	119
§ 5.5 采动断层——突水优势面 III	125
§ 5.6 底板裂隙发育带——突水优势面 IV	129
第六章 开采安全性评价与底板突水防治	134
§ 6.1 承压水体上煤层开采安全性评价专家系统	134
§ 6.2 底板突水相似材料模拟实验方法	141
§ 6.3 突水预报的概率指数法与地理信息系统软件的应用	144
§ 6.4 底板突水防治	146
参考文献	155

第一章 概 述

矿井底板突水防治是我国煤炭生产中的重大技术理论课题之一。我国煤矿水文地质条件比较复杂,受水害威胁矿井多,煤炭储量大。底板突水的防治关系到矿井的生产安全和经济效益,关系到煤炭资源回收和矿区水资源保护,关系到煤炭工业的可持续发展,矿井底板突水规律研究具有重大的经济价值和社会意义。

一、我国华北煤田受底板灰岩承压水威胁概况

我国华北煤田煤纪地层多为石炭二叠纪地层,普遍缺失上奥陶统、志留系、泥盆系及下石炭统,石炭二叠纪地层直接沉积于中奥陶统之上,中奥陶统为巨厚的石灰岩,简称奥灰。煤系地层中也沉积有厚度不等的薄层灰岩。这些灰岩往往岩溶发育,含有丰富的承压水,即喀斯特承压水。灰岩含水层至煤层的间距一般从几米至几十米不等,其间是由砂岩等岩层组成的隔水层。在底板灰岩承压水水压过高,而隔水层较薄其隔水能力不足,或隔水层局部遭受破坏形成突水通道时,采掘工作面一旦揭露这些区域,则很容易发生底板突水事故。底板突水量小的可以是每分钟几个立方米,大的则可达上千立方米(1984年6月2日开滦范各庄煤矿2171工作面陷落柱奥灰突水达 $2\ 053\text{ m}^3/\text{min}$)。

我国约有60%的煤矿与这些喀斯特承压水有关,不同程度地受到水害威胁。据统计,全国统配煤矿受承压水威胁的煤炭储量多达109亿吨,占总保有储量的21.1%。我国华北煤田受水害威胁的矿区有河北的井陉、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、新汶、莱芜、枣庄、兖州,江苏的徐州、大屯,安徽的淮南、淮北,山西的霍州、轩岗,陕西渭北,辽宁的本溪、南票,吉林的通化等煤田。

随着煤炭生产的发展,矿井底板突水危害也越来越严重,这主要表现在:①随着矿井开采水平的不断延深,开采深度越来越大,灰岩承压水水压不断增加,突水的潜在危险性也随之加大,有些老矿井正是由于底板水害等因素的制约,使得继续向深部开采越来越困难(如开滦赵各庄煤矿)。②有些矿区上组煤开采结束后,要开采下组煤,而下组煤与底板灰岩的间隔较小,隔水层较薄,底板突水危险性加大(如肥城矿区等)。③有些矿井首先开采了水文地质条件简单的采区,而后被迫开采水文地质条件复杂区,这些区域灰岩喀斯特发育,地质构造密集,突水危险性较大。④随着市场经济的发展,煤矿企业受经济条件制约,很难进行疏水降压、帷幕注浆等大型防治水工程,带压开采成为受底板灰岩承压水威胁煤层开采的主要方法。这就为底板突水研究提出了更高更迫切的要求。

二、华北煤田底板突水防治途径

对于矿井生产来说,在受底板灰岩承压水威胁区域实行带压开采,最为关心的有四个问题:①水在哪里?②会不会突水?③突水量会有多大?④如何治理?

水在哪里,是底板突水的基本问题。一般来说底板水的贮存区主要有:灰岩岩溶、断层破碎带和岩溶陷落柱。灰岩岩溶的发育状况是富水性强弱的关键。若能查清承压水的分布,则底板突水防治就有了针对性,受地质勘探手段、技术和经济等制约,一般来说很难彻底查清水文地质条件,这也是底板水防治的难点之所在。

承压水上带压开采在什么条件下突水,则是一个重要的学术问题,如何建立底板突水的判

据,是近几十年来矿井水防治研究的核心问题,也取得了许多成果,形成了许多理论和观点。突水条件的研究应该重视如下几个方面的问题:

(1) 底板突水类型具有多种,科学地划分突水类型,依据不同的突水机理分别建立其突水判据是必要的。

(2) 底板灰岩承压水在灰岩内的贮存状况有两个特点,即非均匀性和非连续性。非均匀性决定了在强径流带和富水区域最易突水,非连续性决定了水压对底板隔水层的力学作用方式。

(3) 底板隔水层隔水能力的非均匀性和分布规律的研究。事实上,底板突水绝大多数都是从最薄弱处突破而发生的。

一旦发生底板突水,突水量能有多大?这个问题在理论上很明确,突水量的大小由三个因素所决定:水源大小即底板灰岩富水性、水压值和突水通道的断面及长度。在生产实践中底板突水量却是很难预计的,难点主要在于底板灰岩富水性不清楚,其次是突水通道断面的大小在突水过程中是逐渐扩大的。所以突水量的预计,在理论上可以导出计算公式,在应用中关键是对底板灰岩富水性进行探测和预计。

近年来底板突水防治取得了许多进展。在防治水探测技术手段方面不断发展和更新,国际先进探测仪器先后引进并在底板水探测等方面推广应用,如:匈牙利的磁偶源频率探测仪,井下防爆地震仪,德国的井下槽波地震仪,捷克的井下横波地震仪,美法等国的高分辨(率)地震仪等。国内新研制试用的探测仪器有煤科总院西安分院研制的防爆数字直流电法仪,高灵敏度井下防爆测温仪和钻孔水位遥测仪,重庆分院研制的井下地质雷达和坑道透视仪等。

在井下防治水技术方面,受灰岩承压水威胁的矿区都加强了矿井水文地质、构造地质的探测,增加了矿井排水能力。肥城矿区成功地进行了对底板徐家庄灰岩的注浆改造。突水点的注浆堵水技术日臻成熟。帷幕注浆和疏水降压工程也在不少矿区实施并取得了成效。

三、本书的主要研究内容及特色

在底板突水因素分析中,主要探讨了底板灰岩岩溶发育规律,水压在底板突水中的力学作用,底板隔水能力,地质构造与突水的关系,采掘活动、矿山压力对底板的扰动破坏作用等。着重分析了水与水压在底板突水中的软化作用、有效应力作用、水楔作用、冲刷扩径作用和水压与突水量的关系。

底板突水案例的统计与类型划分,既是重点研究内容之一,也是一种重要的研究方法。根据底板突水特征将其划分为:Ⅰ 构造揭露型;Ⅱ 断层采动型;Ⅲ 底板破坏型共三类。对于大型突水($Q > 600 \text{ m}^3/\text{h}$)来说,它们大约各占突水案例的55%、20%和25%。

关于采场底板变形破坏规律的研究,我们进行了深井采场底板的移动变形、渗透性和采场支承压力等多项观测。应用位移反分析方法反求出了现场岩层弹性模量等参数,得出现场岩层的弹模是其对应岩心室内测试值的45.5%、超前支承压力峰值是其原始铅直地应力的1.7倍等重要的定量结果。进而求出采场底板应力场,得出了岩层渗透系数与其平均地应力的函数关系。最后统计了采场底板开采扰动破坏深度实测资料,回归分析求出了底板开采扰动破坏深度的计算公式。

突水优势面理论是一种新的学术观点。其实践与理论依据主要有:① 在一个开采区域内,并不是处处都有可能突水,恰恰相反,底板突水是在某些最薄弱的局部发生的,这是由底板突水问题的特点决定的。② 底板灰岩岩溶发育状况有多种类型,其中底板灰岩强径流带或岩溶管道(更大者为溶洞)在开采平面上为一个窄条带,另外,断层破碎带、裂隙发育带也是底板

灰岩中的富水区,在开采平面上都为窄带状分布。③就底板隔水层而言,底板突水总是发生在底板隔水层隔水能力最弱的区域,如导水断层、采动断层、褶曲轴部的裂隙发育带和底板灰岩强径流带的岩溶陷落柱等处。这些最易突水区域在开采平面上都呈窄条带状分布。在开采平面上这些最易突水的窄条带区域就是作者所说的突水优势面。突水优势面主要有四种,即底板灰岩强径流带、导水断层、采动断层和底板裂隙发育带。

受承压水威胁煤层的开采安全性评价是防治水工作的重要一环。书中介绍了专家系统方法在开采安全性评价中的应用。编制了承压水上煤层开采安全性评价的专用计算机软件,该软件应用西文 Turbo Prolog 语言,采用多层次模块化结构,存储有较丰富的底板突水相关知识,采用四条推理途径进行突水预计和开采安全性评价。书中还介绍了应用地理信息系统 (GIS) 技术进行底板突水预计研究的初步成果。

底板突水防治在当前和今后都将是我国煤炭工业发展中的重大理论与技术课题,需要从学术理论、工程技术和仪器设备各方面不断探索,用更完善的理论和技术保障承压水上煤层的安全开采,促进煤炭工业的发展。

第二章 底板突水的相关因素

底板灰岩承压水威胁煤层开采的安全性评价和突水预计,其理论基础在于底板突水机理。底板突水相关因素及其在突水中的作用是突水机理研究的一项重要内容。通过几十年的防治水工程实践和广大生产、科研人员的不断探索,人们对突水相关因素已经有了较全面的认识。这些认识主要来自各大突水矿区多年来在与水害作斗争的过程中对突水规律的认识、防治突水经验的总结。这些经验和认识十分宝贵,为将其上升为理论,有必要应用岩石力学、地下水动力学、构造地质学和岩溶学的理论、方法与成果,进行底板突水机理的研究,将底板突水的相关因素用参数表达,其物理力学效应用数学公式加以描述,为底板突水研究和突水预计奠定理论基础。典型突水案例剖析和统计分析是其主要研究方法。

底板突水的主要相关因素可以归纳为五项:① 水源,② 水压,③ 隔水层,④ 地质构造,⑤ 采掘活动。在以上五种因素中,除水压是一个明确的单一因素(或参数)外,其余四项都是由许多因素构成的复合项。水源即岩溶含水层的赋水条件是底板突水的基本物质前提;水压既是突水的动力,又是决定突水与否和突水量大小的主要因素;隔水层是底板岩溶承压水突水的阻抗因素,是岩溶承压水上煤层开采的安全屏障;地质构造应该包括断层、褶曲和岩溶陷落柱等,地质构造是底板突水的通道,绝大多数突水,特别是大型突水一般都与地质构造有关,采掘活动和矿山压力是底板突水的诱导因素。下面分别就上述五个因素在突水中的力学作用等作具体讨论。

§ 2.1 底板灰岩岩溶发育规律及其与突水的关系

煤层底板岩层中的灰岩具有岩溶裂隙和溶洞,其中贮存着承压水,这是矿井底板突水最基本的物质前提。它决定了底板突水量的大小和突水过程曲线的特征。下面主要总结矿井水文地质的有关成果和突水矿区的经验,其中引用了岩溶学的研究成果。

一、中国碳酸盐岩分布

碳酸盐岩在中国不仅分布广,而且在许多时代都有沉积。自太古代以来中国南北方都有较广泛的碳酸盐岩物质沉积,在元古代碳酸盐岩进一步扩展,到了震旦纪和寒武纪,碳酸盐岩在中国已普遍展开,而奥陶纪可以说是中国碳酸盐岩形成的鼎盛时期,沉积了一套巨厚的奥陶系各种类型的碳酸盐岩,其中以石灰岩为主,其次为白云质灰岩及白云岩。在中国北方由于中奥陶世后期地壳上升,奥陶纪地层遭受不同程度的侵蚀,各地所余层位不一,上奥陶统在大部分地域都已风化剥蚀,中下奥陶统保留较全。中国北方石炭二叠纪煤纪地层绝大部分是直接沉积于奥陶纪灰岩之上,其分布如图 2.1 所示^[1]。由于中奥陶纪灰岩岩溶发育,水量丰富,水压高,特别是当煤层底板隔水层厚度不大,矿区又位于岩溶水系强径流带及其附近时,中奥陶统灰岩岩溶水将是造成矿区水害的主要因素。中国北方石炭二叠系碳酸盐岩发育的总体特点是,层数多、厚度小、以石灰岩为主,因厚度小,其岩溶不甚发育,灰岩的赋水性受到奥陶纪灰岩岩溶水的控制。

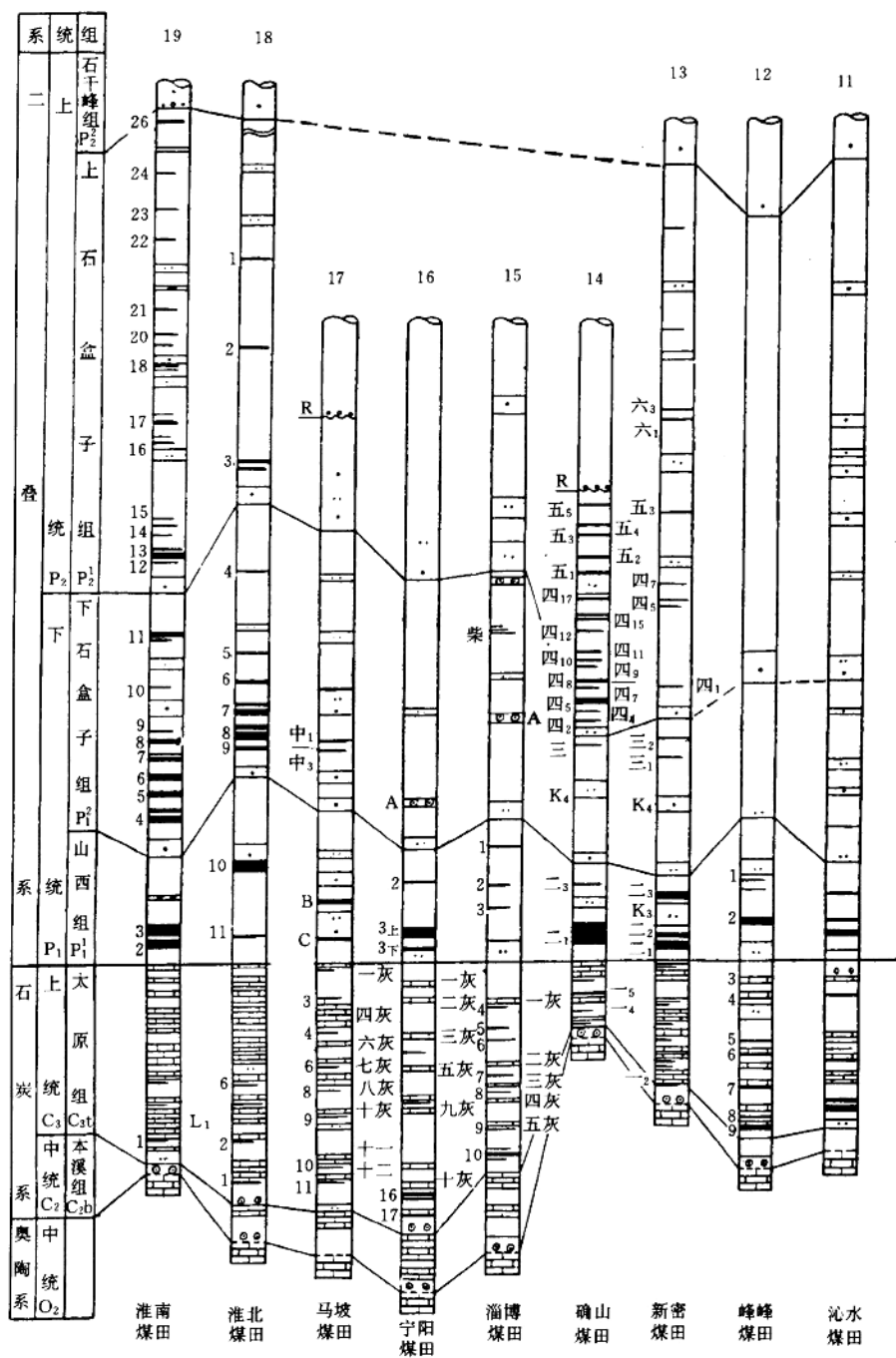
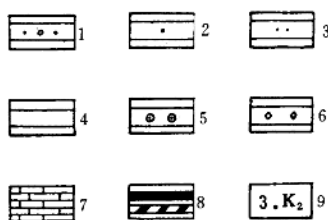
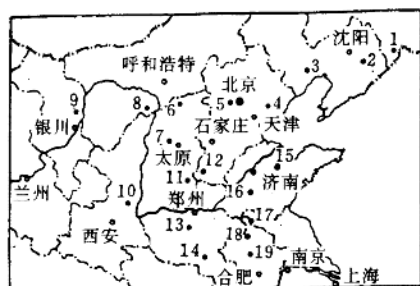


图 2.1 华北晚古生代含煤建造柱状对比图(a)



比例尺：本溪组、太原组、山西组 0 20 40
上、下石盒子组 0 30 60 m

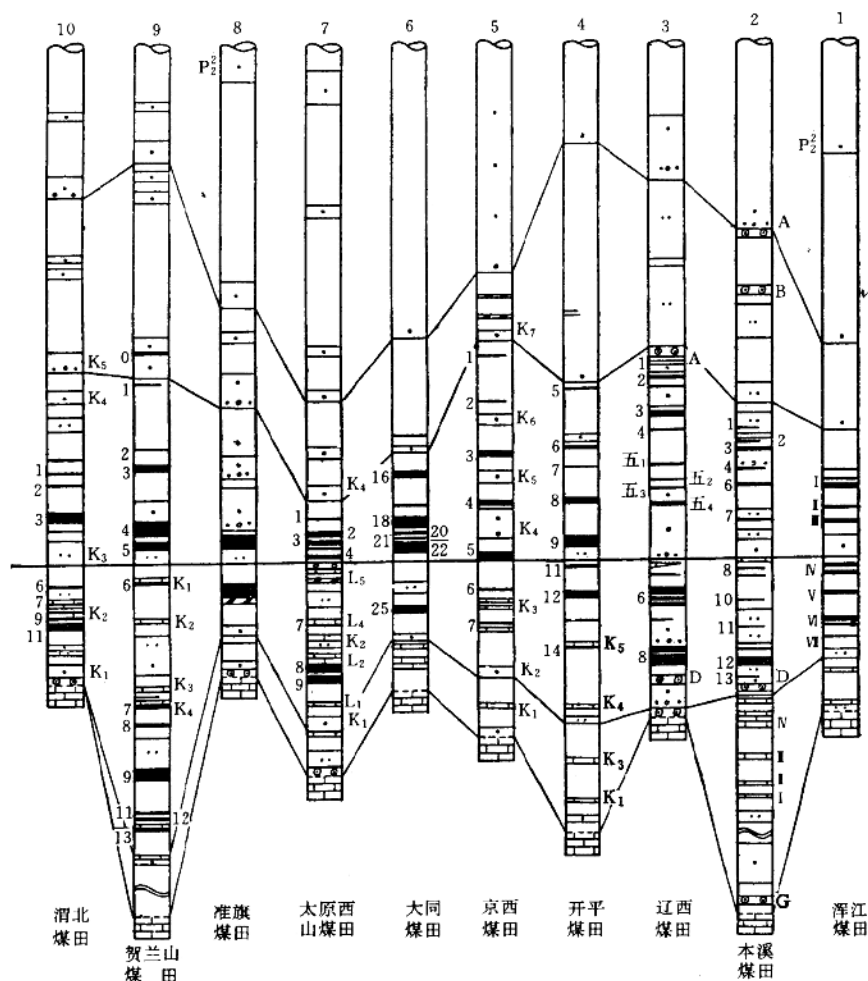


图 2.1 华北晚古生代含煤建造柱状对比图(b)

1 — 砂砾岩；2 — 粗砂岩；3 — 中粒砂岩；4 — 细砂岩、粉砂岩、泥岩；5 — 铝土质泥岩；6 — 菱铁质泥岩；
7 — 灰岩；8 — 煤层碳质泥岩；9 — 煤层标志层编号

1. 煤系夹层灰岩的分布规律

中国北方石炭二叠纪煤纪地层中广泛地分布着灰岩夹层,总的趋势是,由西北向东南,灰岩层数和总厚度增加,灰岩层数由2~3层增加到14层以上;总厚度由5 m以下增加到60 m以上,到了皖北可达70 m。夹层灰岩的赋水性除与厚度、岩溶等因素有关外,主要决定于在构造作用下与中奥陶统灰岩的水力联系,其分布情况如图2.2所示^[2]。

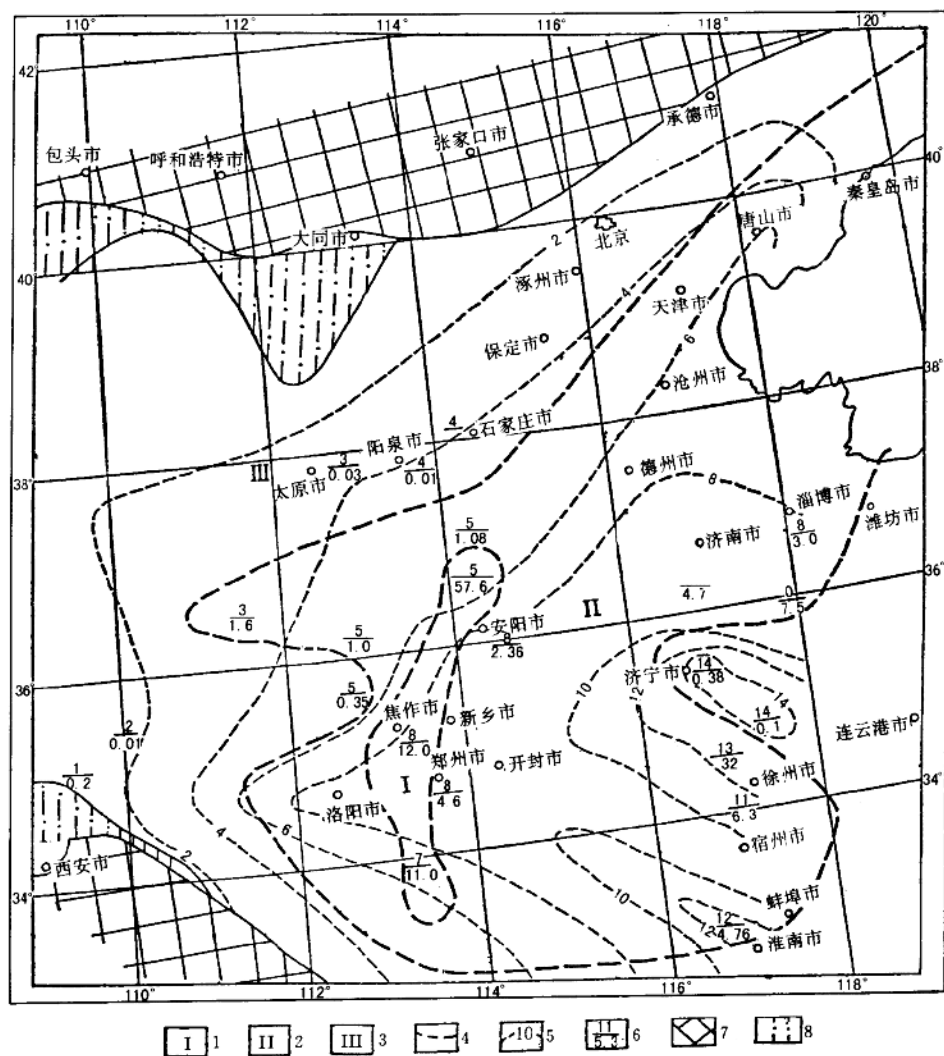


图 2.2 煤系地层灰岩层数等值线及富水性分区

1 - $q > 10 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ (强); 2 - $q = 1 \sim 10 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ (中等); 3 - $q = 0 \sim 1 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ (弱);

4—富水性分区界线;5—夹层灰岩层数等值线;

$$6 - \frac{\text{夹层灰岩层数}}{q}; 7 - \text{隆起区}; 8 - \text{薄层灰岩缺失区}$$

2. 中奥陶统灰岩的厚度变化规律

中国北方中奥陶统灰岩的厚度由东而西逐渐变薄,由鲁中的 700~800 m,到太行山东麓、苏北、鲁南的 600 m,到晋中、京西、豫中的 400 m,到淮南、豫西的 200~300 m,具体情况如图 2.3 所示。从区域沉积规律来看,在河北曲阳以北,开滦、京西、轩岗等煤田,中奥陶统灰岩最

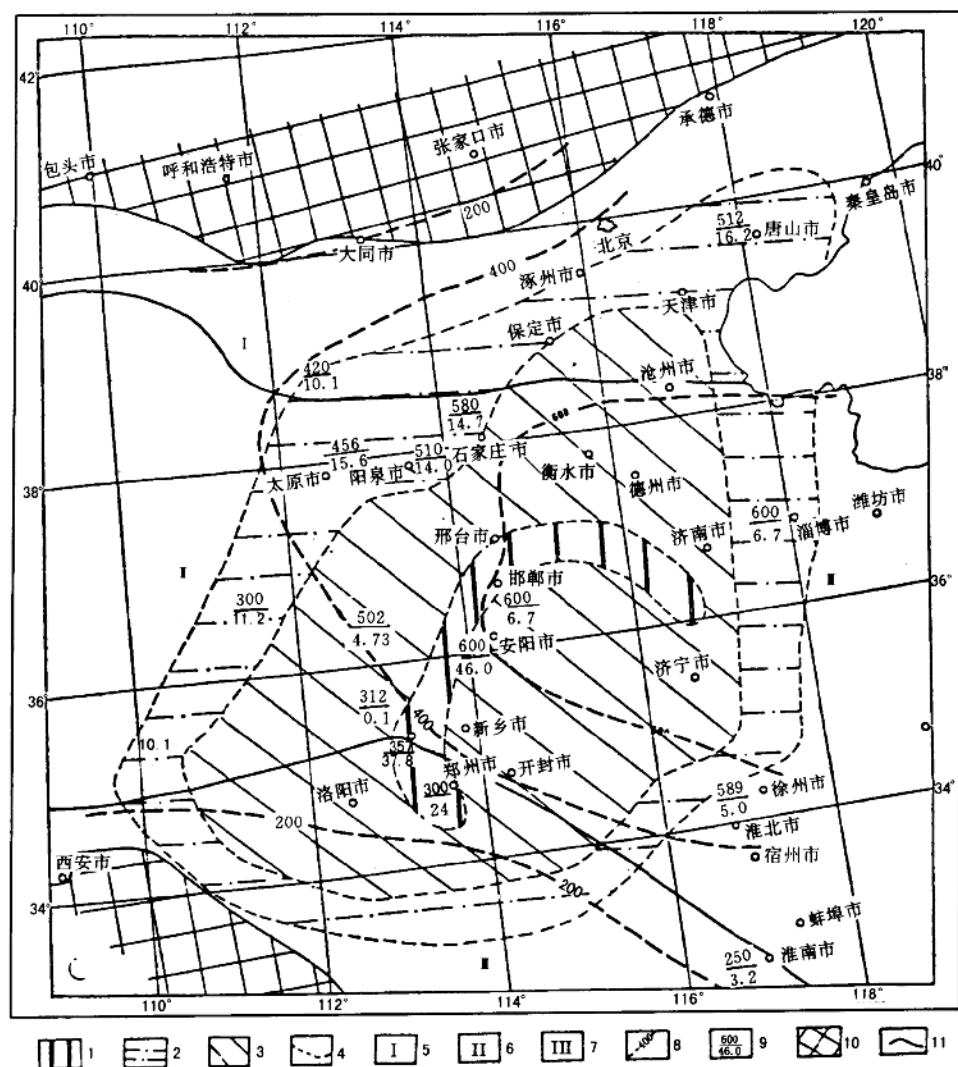


图 2.3 中奥陶统灰岩厚度等值线、矿区煤系底板灰岩及其富水性分区

- 1 — $q > 20 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$; 2 — $q = 10 \sim 20 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$; 3 — $q < 10 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$; 4 — 富水性分区界线;
5 — 马家沟组灰岩; 6 — 峰峰组灰岩; 7 — 寒武系灰岩; 8 — O_2 厚度等值线;
9 — $\frac{\text{O}_2 \text{ 厚度}}{q}$; 10 — 隆起区; 11 — 灰岩分区界线

上部的峰峰组缺失。太行山区、晋中、鲁中、苏北、皖北的峰峰组，由北而南变薄，至太行山南麓的焦作煤田缺失，至豫西的登封以南，奥陶系灰岩已无沉积，平顶山、禹县、临汝等煤田煤系地层直接沉积在寒武纪地层之上，如图 2.4 所示^[2]。

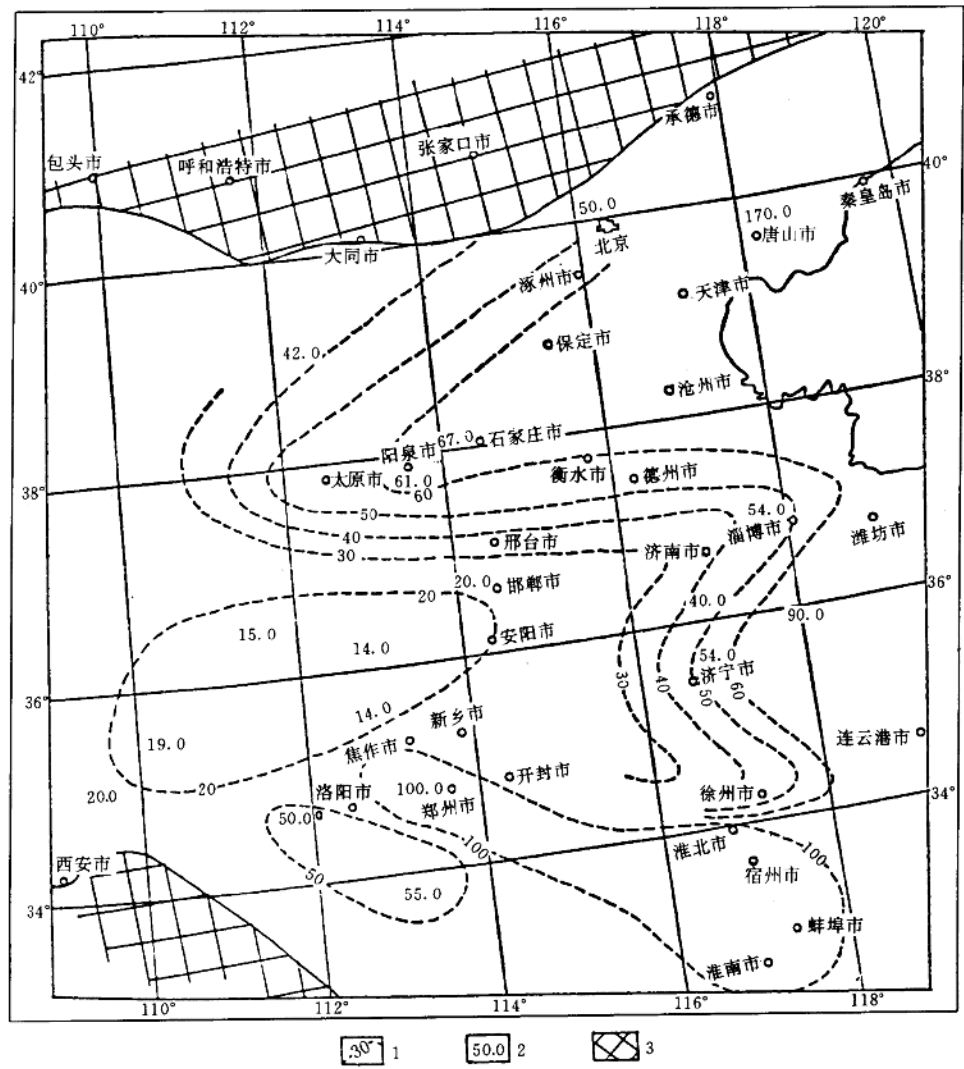


图 2.4 华北煤田底部主采煤层与中奥陶统灰岩距离等值线
 1 — 煤层与中奥陶统灰岩距离等值线; 2 — 煤层与中奥陶统灰岩距离, m; 3 — 隆起区

3. 中奥陶统灰岩水位分布规律

中奥陶统灰岩的水位标高以华北平原最低，通常小于 50 m，如徐州为 30.4 m，兖州为 34 m，往东至鲁中山区达百余米，由华北平原向西北水位高程呈有规律地升高，太行山东南麓在 100~200 m 之间，至山西高原，增至 400~700 m，大同、宁武一带水位高程超过 1 000 m。

根据中奥陶统灰岩水位分布和各矿区水位以下深度开采资料,北方各矿区所承受的中奥陶灰岩水压值(除晋东南、渭北、河南等地外)均小于 2 MPa,越往东部,水压越高,如开滦达 10 MPa,新汶可达 5.7 MPa,枣庄为 4.3 MPa,太行山东南麓及山东各大水矿区,其水压均在 2.6 MPa 以上。

二、煤层底板灰岩岩溶发育类型

1. 影响灰岩赋水性的主要因素

对于一个特定的区域(井田、水文地质单元、采区、采掘工作面),底板灰岩赋水性主要取决于以下几个方面:

- ① 灰岩的厚度;
- ② 灰岩的裂隙、岩溶发育程度及类型;
- ③ 水文地质单元大小;
- ④ 岩溶水的补给条件和排泄条件;
- ⑤ 是否处于径流带;
- ⑥ 区域地质构造。

根据华北各大水矿区的实践经验,一般厚度小于 4 m 的薄层灰岩,岩溶裂隙发育程度较差,赋水性较弱,而厚度大于 4 m 的灰岩,有可能是岩溶发育的富水岩层。石炭二叠纪煤纪地层中夹层的薄层灰岩赋水性不仅与其厚度和岩溶发育程度有关,还取决于与中奥陶统灰岩的水力联系程度。作为华北石炭二叠纪煤系地层沉积基底的中奥陶统石灰岩,往往是造成灾害的大型、特大型突水的直接或间接水源。中奥陶统灰岩可以划分为三组七段,大多是各组的第一段(即下段)均由角砾状灰岩、泥质白云岩、泥质灰岩等组成,岩溶不发育,含水性弱,为相对隔水层。各组的第二段(即上段)主要由致密质纯灰岩、花斑状灰岩、白云质灰岩组成,厚度较大,岩溶发育以溶蚀裂隙为主,也有溶洞。在各岩溶系统内,沿构造带形成强径流带,赋水性极好,水量丰富,但赋水性不均一。

2. 煤系地层灰岩的岩溶类型

华北煤田煤系地层的薄层灰岩和煤系地层基底的中奥陶统灰岩,其岩溶发育在中奥陶世之后,至第三世之前,称之为古岩溶。

灰岩中的贮水空间主要有:孔隙(直径小于 2 mm)、孔洞(直径大于 2 mm,小于 500 mm)、溶洞(直径大于 500 mm)和溶蚀裂隙。

中奥陶统灰岩中岩溶的形态主要表现为溶蚀裂隙、蜂窝状孔洞、溶洞和陷落柱。

根据峰峰、肥城和淄博等矿区的灰岩岩溶勘探资料,以突水预测和防治为目的,可以把不同区域,不同灰岩岩层的岩溶发育程度划分为四种岩溶类型:

① 孔隙裂隙型 岩溶发育程度和连通性弱,赋水性和导水性较差,如图 2.5(a)所示。

② 溶蚀裂隙网络型 溶蚀裂隙较发育,相互连通,在空间上构成导水裂隙网络,赋水性和导水性中等,见图 2.5(b)所示。

③ 孔洞-裂隙网络型 孔洞是基于溶蚀裂隙网络而发育形成的。岩溶系统既具备网络型连通特征,又具有较大的溶蚀空间,一般处于径流带,或是导水断层近侧,或是褶曲轴部,其赋水性和导水性均较强,如图 2.5(c)所示。

④ 溶洞-裂隙网络型 多见于奥灰岩中,主要分布于易溶性的 CaO 含量大于 50% 以上的层位,是溶蚀裂隙和孔洞型岩溶经过有侵蚀性的流动地下水进一步扩溶形成的。处于地下水强径流带,可形成岩溶陷落柱是其特征之一,赋水性和导水性很强,如图 2.5(d)所示。

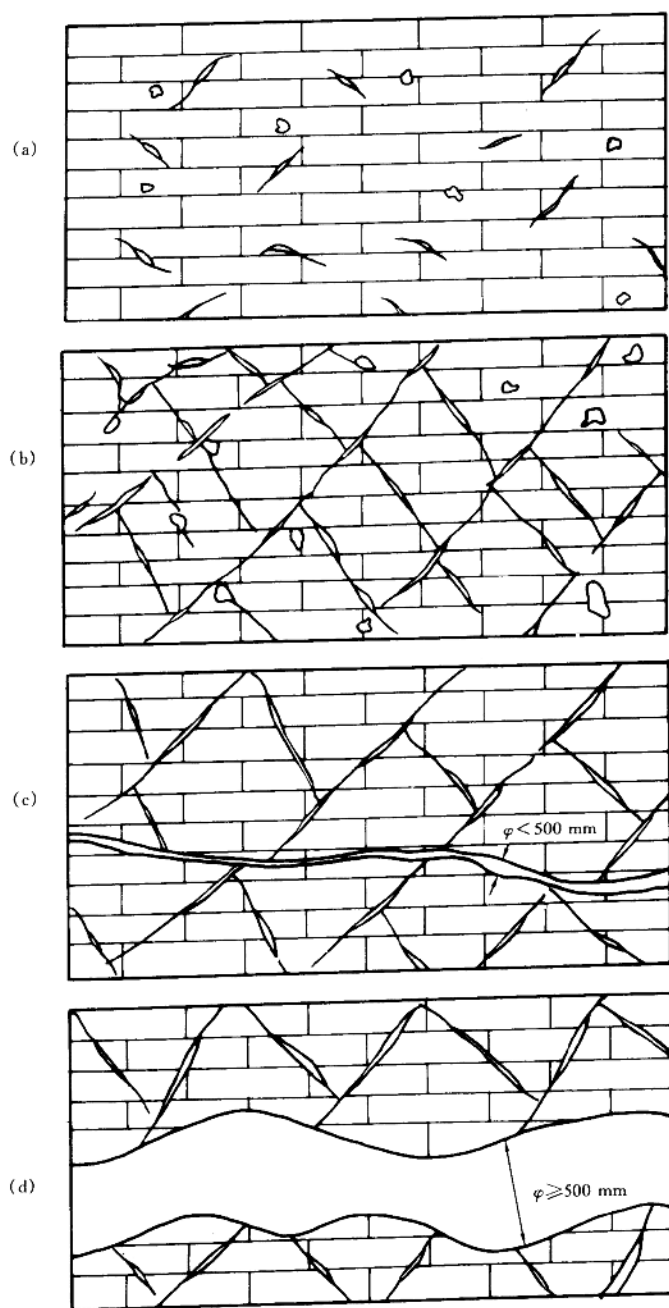


图 2.5 底板灰岩岩溶类型示意图

3. 灰岩赋水性评价指标

准确表达灰岩的赋水性是进行岩溶类型划分、突水预计和开采安全性评价的前提。描述灰岩的岩溶发育程度和赋水性可以有許多指标,现在各矿区常用的指标主要有两个,即钻孔单位涌水量(q)和井下探水钻孔涌水量(Q)。这是两个最易于获取、实用性最强的指标。

为了全面描述灰岩的赋水性,在可能的情况下,可以应用如下四个参数:

- ① 灰岩岩溶裂隙率;
- ② 孔洞或溶洞直径;
- ③ 渗透系数(K);
- ④ 地下径流模数(量纲:长度³/时间/长度²)。

§ 2.2 水压在底板突水中的力学作用

如果仅有水源,而水压很小,在有一定厚度隔水层的条件下,一般不会发生底板突水事故,即使有少量涌水,也不会造成底板突水灾害。水压是底板突水的动力。水和水压会造成底板的变形破坏。水压值是决定突水与否和突水量大小的最基本、最重要的参数。

水和水压对底板岩层的作用主要表现在五个方面:

- ① 水对岩石特别是软弱岩石的软化作用;
- ② 水压对裂隙岩体的有效应力作用;
- ③ 水压对非连续介质岩体裂隙面和断层面的水楔作用;
- ④ 水流对突水通道的冲刷扩径作用;
- ⑤ 水压在突水时的动力作用,即水压是决定突水量大小的主要因素之一^[3]。

一、水对岩石的软化作用

岩石力学研究表明,饱和水岩石、原始湿度岩石和干燥岩石的强度是不同的,饱和水岩石的强度最低,特别是沉积地层中的软弱岩石受含水量的影响更大,有的软弱岩石浸水后甚至会崩解破坏而丧失强度。

底板隔水层的下部岩石往往处于饱和水状态。因此饱和水岩石的强度才是底板岩石的真实强度。饱和水状态下的岩石强度与干燥岩石强度有如下换算关系:

$$\sigma_w = k_w \sigma_0 \quad (k_w < 1) \quad (2.1)$$

式中 k_w ——岩石软化系数,其大小主要取决于岩石的岩性。

表 2.1 中列出了部分岩石的干燥强度与水饱和强度。

表 2.1 干燥岩石强度与水饱和岩石强度实例

岩石名称	石灰岩 1	石灰岩 2	白云质灰岩	泥灰岩	页岩	砂岩	泥岩	粘土岩
σ_{0F}/MPa	150.2	88.4	126.6	43.7	154	155.1	29.2	12.4
$\sigma_{0\text{饱}}/\text{MPa}$	123.8	85.7	63.4	23.3	81.4	125.2	崩解	崩解
k_w	0.82	0.97	0.50	0.53	0.53	0.81	0	0
饱和吸水率/%	0.24	0.14	0.56	3.61	1.59	0.32	16.5	32.2