



MEIKUANG SHUI DE ZAIHAI FANGZHI YU ZIYUANHUA

煤矿水的灾害防治与资源化

卫修君 邓寅生 郑继东 黄国军 著

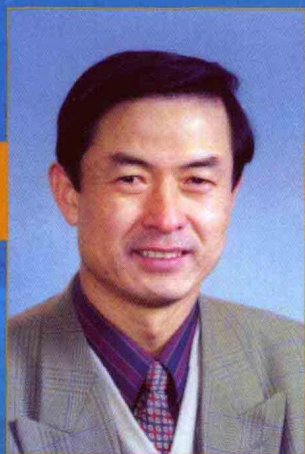
煤炭工业出版社

煤矿水的灾害防治与资源化

卫修君 邓寅生 郑继东 黄国军 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·



卫修君, 男, 1953年2月出生, 河南省唐河县人。1978年8月毕业于焦作矿业学院, 1997年6月中国矿业大学研究生毕业, 获工学硕士学位。教授级高级工程师, 享受国务院政府特殊津贴专家, 河南省优秀专家, 中国煤炭工业杰出科技工作者, 孙越崎能源大奖获得者。现任平顶山煤业集团公司总工程师, 中国煤炭学会常务理事、瓦斯地质专业委员会副主任委员。



内 容 提 要

本书分为煤矿水害防治的理论与技术、煤矿水害防治技术的信息化和煤矿水的资源化3篇,共19章。书中系统地阐述了煤矿水害发生的主要条件和影响因素、矿井水害预测、矿井水文地质条件探测、矿床疏水降压及注浆堵截水、矿井水文地质数值模拟;介绍了数字地球的理论与技术、矿山防治水基础地理信息系统设计、数字矿山元数据设计;论述了煤矿水处理技术、特殊水质矿井水的深度开发和矿井热水的开发利用等技术。

本书可供矿山生产、建设、科研和设计部门的工程技术人员和管理人员使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

前言

煤矿水具有两重性，对于煤矿建设与生产，其具有灾害性；对于人类生存和发展，其又是一种宝贵的资源。长期以来，人们关注煤矿水的焦点停留在其对煤矿建设与生产的灾害作用和对灾害的防治方面，但是今天，随着水资源短缺日趋严重，人们不得不关注煤矿水资源性的一面。多数情况下，煤矿水是环境污染物的载体，如不加处理直接排放，就会污染矿区环境，破坏矿区生态；如果煤矿水经过适当处理，就突显其资源价值，可作为工农业生产用水、景观用水，甚至生活饮用水等。因此，煤矿水蕴藏着巨大的资源潜力，可能成为煤炭企业的一个新的经济增长点。

从某种意义上说，本书是对近年来平顶山煤业集团公司和河南理工大学进行煤矿水的灾害防治和资源化利用工作的总结。全书共分3篇：第1篇为煤矿水害防治的理论与技术，讨论了煤矿水害发生的主要条件和影响因素、矿井涌水量预算、矿井水害预测、矿井水文地质条件探测、矿床疏水降压、注浆堵截水、矿井水文地质数值模拟等，以期对加强煤矿的基础水文地质工作，推广科学、经济的防治水技术，提高煤矿安全生产水平有所裨益；第2篇为煤矿水害防治技术的信息化，主要讨论了数字地球的理论和技术、数字矿山、数字矿山的企业信息化结构设计、矿山防治水基础地理信息系统设计、数字矿山元数据设计等，希望在整体提高我国煤矿矿井防治水技术水平方面起到积极的推动作用；第3篇为煤矿水的资源化，分析了我国煤矿区水资源和煤矿水资源化的概况，讨论了煤矿水处理技术、特殊水质矿井水的深度开发和矿井热水的开发利用等技术，希望通过这部分内容的介绍，提高人们对煤矿水资源性的认识。

本书由卫修君、邓寅生确定写作的指导原则和整体结构。本书的第6、7、16、18、19章由卫修君编写，第1、3、4、5、13、15、17章由邓寅生编写，第8、12、14章由郑继东编写，第2、9、10、11章由黄国军编写。本书最终由卫修君、邓寅生统稿、定稿。

在书稿写作过程中，得到了许多同行的关心与支持，李栋臣教授审阅了部分书稿，并提出了许多有益的建议和修改意见；胡诚、徐奉章高级工程师

等提供了部分资料；研究生文广超、张新、邓东丰、徐素娟等也参加了部分工作；同时，著者在写作过程中还参考了大量同行的学术与工作成果，在此一并表示衷心的感谢。

由于著者水平有限，书中错误之处在所难免，希望读者不吝指正。

著 者

2007 年 10 月

目 次

第 1 篇 煤矿水害防治的理论与技术

1	概述	1
1.1	我国煤矿的水文地质条件	2
1.2	我国煤矿水害主要类型及特点	7
1.3	矿井水水害的防治	9
2	煤矿水害发生的主要条件和影响因素	10
2.1	矿井充水水源	10
2.2	矿井充水的导水通道	15
3	矿井涌水量预算	23
3.1	矿井涌水量的基本理论	23
3.2	常用矿井涌水量预算方法	28
4	矿井水害预测	46
4.1	概述	46
4.2	定性预测技术	49
4.3	定量预测技术	51
4.4	综合预测	57
5	矿井水文地质条件探测	61
5.1	直流电法探测技术	61
5.2	电磁法探测技术	64
5.3	工程实例——平顶山煤业集团七星公司(原七矿)瞬变 电磁探测工程	67
5.4	三维地震法探测技术	70
5.5	其他物理探测技术	74
6	矿床疏水降压	76
6.1	概述	76

6.2	钻孔疏降水方式的疏降计算	77
6.3	巷道疏降水方式的疏降计算	82
6.4	矿井疏降工程实例	85
6.5	疏降工程的优化设计	87
7	矿井注浆堵截水	89
7.1	概述	89
7.2	矿井堵截水注浆工艺	89
7.3	矿井注浆堵截水技术方法	92
7.4	注浆工程实例	94
8	矿井水文地质数值模拟	109
8.1	概述	109
8.2	煤矿床水文地质基本类型及特征	110
8.3	地下水的补给、径流和排泄动态	112
8.4	矿井水文地质数值模拟	114
8.5	地下水运动的基本规律	116
8.6	地下水运动的基本微分方程	118
8.7	地下水的稳定井流运动	125
8.8	地下水的非稳定井流运动	132
8.9	有限元方法	155
8.10	有限差分法	169

第 2 篇 煤矿水害防治技术的信息化

9	煤矿信息化的 GIS 基础	178
9.1	GIS 的概述	178
9.2	GIS 的应用	187
9.3	GIS 技术与应用发展现状和趋势	195
9.4	对我国发展 GIS 的建议	204
10	数字地球的理论与技术	206
10.1	数字地球概述	206
10.2	数字地球的技术体系	209
10.3	数字地球的关键技术	213
11	从数字地球到数字矿山	225
11.1	煤炭企业的信息化	225

11.2	数字矿山的认识背景	226
11.3	数字矿山的技术路线	233
11.4	数字矿山的主要内容	236
12	数字矿山的企业信息化结构设计	239
12.1	煤炭企业的机遇与挑战	239
12.2	基于数字矿山的煤炭企业信息化结构设计	239
13	矿山防治水基础地理信息系统设计	243
13.1	矿山防治水基础地理信息系统概述	243
13.2	矿山防治水基础地理信息系统质量控制	243
13.3	矿山防治水基础地理信息系统功能设计	246
13.4	矿山防治水基础地理信息系统图形库建库设计	248
13.5	矿山防治水基础地理信息系统功能及结构	250
14	数字矿山元数据设计	254
14.1	数字矿山元数据标准框架	254
14.2	元数据工具	255
14.3	元数据库的建立	255
14.4	空间元数据标准设计	255
14.5	数字矿山的信息共享设计	256
14.6	数字矿山元数据指标体系建立	258
14.7	矿井防治水信息化系统	260

第 3 篇 煤矿水的资源化

15	我国煤矿区水资源状况	262
15.1	煤矿区水资源概况	262
15.2	煤矿废水的来源	263
15.3	矿井涌水情况	264
15.4	采煤活动对煤矿区水资源的破坏	265
15.5	煤矿区水资源破坏引起的相关灾害	266
15.6	矿井水水质特征	267
16	矿井水资源化概况	276
16.1	矿井水资源化的意义	276
16.2	矿井水处理及利用现状	277
16.3	煤炭企业矿井水处理利用典型实例	278

17 矿井水处理技术	280
17.1 含悬浮物矿井水处理技术.....	280
17.2 高矿化度矿井水(矿井苦咸水)处理技术	284
17.3 酸性矿井水处理技术.....	288
17.4 含(高)氟矿井水处理技术	293
17.5 含重金属离子的矿井水处理技术.....	297
17.6 含有机污染物矿井水处理技术.....	298
17.7 含放射性污染物矿井水处理技术.....	301
18 特殊水质矿井水的深度开发	304
18.1 工业矿水.....	304
18.2 医疗矿泉水.....	305
18.3 饮用天然矿泉水.....	306
18.4 特殊水质矿井水的深度开发.....	311
19 矿井热水的利用	313
19.1 地热水的形成.....	313
19.2 地热资源评价.....	318
19.3 国外地热水的利用.....	320
19.4 我国地热水的利用.....	322
19.5 地热水利用技术.....	323
19.6 地热水抽取引起的环境地质问题.....	329
19.7 矿井热水的资源化利用.....	331
参考文献	333

第 1 篇 煤矿水害防治的理论与技术

1 概 述

地面或地下水通过各种自然的或人为的导水通道进入矿井后,就成为矿井水。通常称来自采掘工程层位顶板以上的非正常出水为矿井透水或溃水,来自采掘工程层位本身含水层的非正常出水为矿井涌水,来自采掘工程层位底板以下承压含水层的非正常出水为矿井突水。为方便计,通常不严格区分,统称为矿井突水。当水量大,来势猛,突发性强,对矿井安全生产造成不利影响甚至灾害性后果时,就形成了矿井水害。矿井水害是我国煤矿床开采中经常遇到的主要地质灾害之一,也是制约许多矿区可持续发展的重要因素。

我国不仅是主要的产煤国,而且是受水害影响最严重的国家之一。据统计,2002—2003 年,全国煤矿共发生水灾事故 295 起,造成 1054 人死亡,其中一次死亡 10 人以上的事故就有 23 起。在突水水量方面,1984 年开滦范各庄矿的突水淹井事故中最大涌水量高达 $123180\text{m}^3/\text{h}$,为世界采矿史上有记载的突水量之最;在突水形式方面,断层引起的采掘工作面突水占 80% 以上,底板岩溶水突水占 40% 以上。据统计,突水事故主要是由构造原因引起的,突水多发生在采掘工作面,而且滞后型突水多于突发型突水,底板岩溶水突水危害最大。

煤矿水害造成的经济损失是巨大的,造成的人员伤亡是惊人的。据不完全统计,1956—1994 年间,我国北方煤矿开采山西组和太原组煤层时来自太原组石灰岩和基底奥陶系、寒武系石灰岩岩溶水的煤层底板突水 1300 余次,其中淹井 200 余次,造成经济损失数十亿元,人员伤亡数千。1984 年开滦范各庄矿特大突水事故造成的经济损失近 5 亿元,损失煤炭产量近 8.5Mt。我国大水矿区——焦作矿区的富水系数高达 $66.3\text{m}^3/\text{t}$ 煤,仅九里山煤矿每年支出的排水电费就高达 400 多万元。目前,全国受水害威胁的大、中型矿井就有 222 处,这种局面严重阻碍着煤炭生产和发展,影响矿井的生产连续性。因此,不解决水害问题将会出现煤炭产量下降的趋势。

为了改善煤矿作业环境、保证生产安全,长期以来需要大量抽排矿井水。由此,又引起了一系列矿区生态、环境问题。如对地下水资源的浪费严重,导致矿区含水层水位下降、水量减少,甚至水质变差,地下水资源被破坏,更为严重的是引起地面下沉。地下水是地球上水资源的一个重要组成部分,它具有水质洁净、温度变化小和分布广泛等优点,是居民生活、工农业生产和国防建设的一个重要水源。我国水资源总量居世界第 6 位,但人均占有量仅为世界平均水平的 $1/4$,居世界第 109 位,属于人均水资源贫乏的国家。矿区地下水资源的破坏,必然制约该地区经济和社会的发展。

当前,国内许多煤矿企业在煤炭资源的开发过程中面临着矿井涌(突)水的危害,有些矿井水害相当严重。矿井涌(突)水给煤矿生产带来了许多安全隐患,在目前的煤

矿管理中，对瓦斯的危害比较重视，而对矿井水的危害程度认识不足，常常导致一些不应当发生的事故发生。据有关资料统计，在煤矿的安全生产过程中由于矿井水导致的造成10人以上死亡事故占事故总量的20%左右，与瓦斯突出造成的事故量相当，并且近年有逐渐增加的趋势。

矿井水害的存在，往往给煤矿造成巨大的经济损失，更严重的是直接威胁着煤矿工人的生命安全。因此，预防和治理矿井水害已成为目前采矿企业的重要课题，也是煤矿安全生产管理的重要工作之一，对其进行防治具有重要的现实意义和长远意义。

1.1 我国煤矿的水文地质条件

我国地域辽阔，地质历史上具有多个特色各异的聚煤期，聚煤期后又经历了多次大地构造运动的改造，致使我国煤田的水文地质特征多变，矿井水对安全生产的危害形式和程度各异。根据成煤地质时代、煤层的赋存分布、水文地质条件和矿井水害特点，可概括地将我国煤矿矿井水文地质条件及水害程度划分为八个区域类型。下面分别简要介绍之。

1.1.1 南方早石炭统的岩溶—裂隙水

古生代时，我国长期呈现彼此不相连的北、中、南三个大地构造带。早石炭世晚期，仅在以扬子古陆、羌塘古陆为核心的南带，即南方大陆沿古陆的边缘聚积了滨海环境下，海退序列的含煤地层。其中较具工业价值、最具代表性的有：湘中测水段、桂北寺门段和昌都马查拉组。

湘中测水含煤段以湘中、粤北、桂北和赣南含煤性较好。测水段下有石蹬子灰岩，上有梓门桥灰岩，但因其中含有较多的泥质灰岩夹层，岩溶发育受到限制。在没有地质构造作用使其他强含水层与测水段所采煤层发生水力联系时，一般情况下测水段的水文地质条件比较简单。

桂北的寺门含煤段以红茂、罗城、柳州、全兴一带含煤性较好。寺门段主要由隔水性好的泥岩组成，煤层产于良好的隔水层中，距上覆、下伏岩溶含水层较远，水文地质条件一般都很简单。

昌都马查拉组，含煤段在下部，由泥灰岩、砂岩、泥岩和煤层组成，以含裂隙水为主。马查拉组上部为灰岩段，岩溶发育条件良好。但含煤区处于高寒地带，地表存在永久冻土，补给条件较差；区内新构造运动强烈上升，岩溶发育多在当地侵蚀基准面之上，地形高差大，河谷切割深，地下水排泄条件好。总体而言，水文地质条件属简单—中等类型。

因此，在我国南方开采早石炭世的煤层时，一般矿井水害的威胁不大。防治水的重点不在煤系本身，而在于其他强含水层是否与所采煤层发生水力联系。

1.1.2 华北石炭二叠系的岩溶—裂隙水

我国华北石炭二叠系含煤地层，分布在北起阴山古陆及沈阳一和龙隆起，南至秦岭—大别山古陆，西达贺兰山—六盘山构造带，东抵胶辽古陆的广大地区，为一横跨15个省、市区的巨大聚煤区。该区在早古生代时整体缓慢下沉，普遍沉积了寒武系和奥陶系浅海碳酸岩；加里东构造运动又使其整体上升为陆，长期遭受剥蚀；至中石炭世又开始整体缓慢下沉，在中奥陶统石灰岩剥蚀面上普遍接受了海陆交替相的本溪组和太原组的含煤沉积；晚石炭世晚期始该区整体缓慢上升，海水逐渐退出，区内广泛连续沉积了早二叠世山西

组、下石盒子组及晚二叠世早期上石盒子组煤系，形成了巨大的多纪、多组、多煤层的聚煤区。这种特殊的大地构造与地史演化规律，决定了华北石炭二叠系水文地质条件具有垂向变化大、水平分带明显的特点。

1.1.2.1 基底奥陶系和寒武系的岩溶水是煤炭资源开发的最大水害威胁

本区石炭二叠系含煤地层普遍平行不整合于中奥陶统石灰岩剥蚀面上（仅在南北古陆边缘局部超覆于下奥陶统或寒武系石灰岩之上）。在煤系沉积之前，奥陶系或寒武系碳酸岩长期遭受剥蚀，岩溶普遍发育，尤以奥陶系石灰岩为甚。此后，在印支、燕山、喜马拉雅构造运动中，区内隆起和构造破坏地段岩溶发育进一步加强，在隆起区石灰岩大片出露，岩溶区的补给条件也进一步增强。

该区为亚湿润—亚干旱气候区，约70%的面积年降水量为600~1000mm，约20%的面积年降水量仅为200~600mm。大气降水多集中在每年的7、8、9三个月，雨季的降水量约占全年降水量的70%，为地下水提供了充足的补给水源，岩溶水的动态变化具有明显的季节特征，雨季就成了矿井水害的多发期。

因此，在石炭二叠系煤田的基底普遍存在着水量丰富、含水构造规模巨大的岩溶承压含水层。煤层开采时，底板高压岩溶水往往通过断层、陷落柱，或巷道、采区的采动破坏带等导水通道，大量涌入矿井，形成矿井水害。例如，1984年开滦范各庄矿底板奥陶系石灰岩岩溶水沿岩溶陷落柱突入矿井，最大涌水量达 $123180\text{m}^3/\text{h}$ ，迅速淹没矿井，并危及临近数矿，创造了世界采矿史上有记载的突水量之最；2005年10月19日18时，平煤集团新峰矿务局一矿-200m标高东大巷发生底板寒武系石灰岩高压岩溶水沿断裂带突水，最大突水量约为 $38056\text{m}^3/\text{h}$ ，远远超过矿井最大排水能力 $1400\text{m}^3/\text{h}$ ，造成矿井被淹，临近区生活用水水井干枯。

1.1.2.2 石炭系太原组岩溶水是煤炭资源开发的第二大水害威胁

本区中、晚石炭世为海陆交替环境，本溪组和太原组均沉积有数层薄—中厚层石灰岩。中石炭世时，本区古地形是西高东低，南高北低；海侵由东向西，海退由西向东。因而，本溪组的沉积厚度东厚西薄，北厚南薄；灰岩层数和厚度由东向西逐渐减少、变薄，以致完全缺失。灰岩层数较多较厚的地区仅限于徐州、山东、河北中东部到天津一带；太行山以西灰岩层数少厚度薄，至吕梁山以西则缺失灰岩沉积；徐州—邯郸一线以南也缺失灰岩沉积。本溪组厚度一般为20~60m，下部为紫色泥岩夹黏土矿；中部为黄色砂岩、泥岩夹透镜状灰岩，含薄煤及煤线；上部为黄色泥岩、细砂岩夹石灰岩。本溪组一般不含可采煤层（本溪和石炭井的呼噜斯太区除外），对于太原组和山西组煤层的开采，本溪组总体上是一个相对隔水层组，正常情况下奥灰（或寒灰）岩溶水须突破本溪组才能进入矿井。当本溪组的厚度和强度足以抵抗奥灰（或寒灰）岩溶水的水压时，奥灰（或寒灰）岩溶水很难直接进入矿井，只有通过断层、陷落柱等导水通道，或由于断层两盘岩层的相对运动与上覆含水层对接补给上覆含水层，才能向矿井充水。当本溪组厚度较薄，奥灰（或寒灰）水压较高时，奥灰（或寒灰）岩溶水就可能突破底板进入矿井。只有当本溪组含厚度较大的灰岩，岩溶较发育，且与奥灰（或寒灰）有水力联系时，才易造成矿井底板突水，淄博、济南、肥城、井陘、新汶等矿区的徐家庄灰岩厚达5~60m，就是如此。

晚石炭世时，本区海侵由东南向西北，海退则由西北向东南。在多次海水进退交替过程中接受了太原组沉积，煤层由北向南逐渐变薄，石灰岩层数和厚度由东南向西北逐渐减

少、变薄。致使太原组的水文地质条件既受本组灰岩水文地质特征的控制，又与是否与下伏的奥灰（或寒灰）含水层有水力联系有关，存在明显的分带性。石家庄—太原一线以北地区为北带，太原组以陆缘沉积的碎屑岩为主，只含少数薄层灰岩，甚至不含灰岩，地下水以砂岩含水层中的裂隙水为主，水文地质条件比较简单，开采太原组煤层的水害威胁是奥灰高压岩溶水。石家庄—太原一线以南至郑州—徐州一线以北的地区为中带，太原组以海陆交替沉积为主，含有多层煤层和薄至中厚层石灰岩层，其中数层煤可采或局部可采。石灰岩位于煤层的顶、底板，岩溶发育，是开采太原组煤层的直接充水含水层。当灰岩厚度较大且与奥灰有水力联系时，往往还容易导致开采山西组煤层时底板突水。郑州—徐州一线以南为南带，太原组以海相沉积为主，石灰岩层数多、厚度大，煤层的可采性变差，因此太原组所含灰岩只对上覆的山西组和下石盒子组煤层的开采有一定威胁。

早二叠世时海水已退出本区，全区上升为陆地，整个二叠系基本为一套陆相沉积，不含灰岩。因此，二叠系的水文地质条件相对太原组要简单得多，开采煤层时矿井充水水源一般为煤系中的砂岩裂隙水，水量不大。当开采下部的山西组煤层时，如果煤层与下伏灰岩含水层间的隔水层厚度较薄，下伏灰岩含水层的水压又较高，就可能通过导水断层、陷落柱或封孔不良钻孔等通道涌入矿井。上、下石盒子组的煤层距下伏灰岩含水层很远，水文地质条件更为简单。

该区煤田分布范围大，可开采煤层多，储量大，煤种齐全，是我国最重要的煤炭能源基地，对国民经济发展具有举足轻重的地位。但下部的太原组和山西组煤层开采时，涌水、突水较频繁，涌水量大或特大，常常影响生产或造成淹井，使矿井安全生产受到严重威胁，排水费用负担也较大，为我国煤矿矿井防治水的重中之重。

1.1.3 华南晚二叠统的岩溶水

南方二叠系的含煤地层有早二叠世早期的梁山组、晚期的童子岩组和晚二叠世的龙潭组，其中龙潭组含煤最好，分布最广，是我国南方最具资源价值的含煤地层。

梁山含煤段是在快速海进条件下形成的以滨海相为主的含煤沉积，厚度薄而变化大，与下伏地层接触关系复杂，与上覆栖霞灰岩为连续沉积。梁山组夹于下伏灰岩与栖霞灰岩之间，顶底板均受到岩溶水的直接威胁，水文地质条件复杂。

童子岩组本身含水不大。下伏栖霞灰岩虽含丰富岩溶水，但被巨厚的以灰黑色泥岩、粉砂岩为主的文笔山组隔水层阻隔，岩溶水一般难以向矿井充水。上覆翠屏山组虽有砂岩、砾岩含水层，但对矿井开采影响不大。因此，童子岩组的水文地质条件比较简单。

晚二叠世早期，华南区自西南向东北开始了缓慢海侵，在川滇古陆以东—武夷古陆以西的广大区域沉积了本区最重要的、以海陆交替相为主的含煤地层——龙潭组。之后，海侵范围迅速扩大，在龙潭组之上普遍沉积了长兴灰岩。

华南晚二叠世煤田的水文地质条件，既受煤系本身含水性控制，又受下伏、上覆地层含水性的影响，差别很大。在龙潭组以浅海相为主的地区，煤系中含石灰岩较多，岩溶发育，加之下有茅口灰岩，上有长兴灰岩，以及华南区气候湿润，年降水量达 1200 ~ 2000mm，降水丰沛，地表水体广布，水文地质条件往往十分复杂，容易发生（顶板、底板或煤系的）灰岩溶洞突水淹井事故。在龙潭组以滨海相为主的地区，煤系中含少量薄层石灰岩，岩溶不发育，煤系含水性不大，水文地质条件相对简单。但当同时受到底板茅口灰岩和顶板长兴灰岩的岩溶水威胁时，水文地质条件就变得复杂。如湘中各煤田，主要

可采煤层距下伏茅口灰岩仅零点几米到几米。在龙潭组以陆相为主的地区，煤系中不含石灰岩，以砂岩裂隙水为主，煤系含水性不大，水文地质条件主要取决于与下伏、上覆灰岩的水力联系程度。

茅口灰岩在东吴构造运动期间曾遭受强烈岩溶化，在以后的历次构造运动中岩溶又进一步加剧，致使灰岩层中溶洞、暗河十分发育，含水异常丰富。长兴灰岩岩溶化也比较强烈，溶洞、暗河也比较发育，含水很丰富。二者是开采龙潭组煤层的主要威胁。煤层是否受顶底板岩溶的影响，是同时受二者的影响，还是只受其中之一的影响，水文地质条件差别很大。煤层与顶底板灰岩含水层的间距也严重影响着煤层的水文地质条件。特别是当开采煤层与茅口灰岩、长兴灰岩层间距变小的地区，突水危险性大为增强，矿井防治水形式异常严峻，如湘中各煤田。

华南晚二叠统龙潭组煤层开采时，既受底板茅口灰岩岩溶水威胁，又受顶板长兴灰岩岩溶水威胁；岩溶发育程度强烈，分布范围广泛，与地表水联系密切，岩溶以暗河、溶洞为主，规模以发育深度较浅的中、小型为主。煤层开采过程中，岩溶水突水频繁，突水量大，经常影响生产或淹井；矿井的正常涌水量也大，排水负担很重。当巷道布设于底板茅口灰岩强含水层中时，突水、出水更加频繁。由于岩溶发育程度深而深度浅，矿井排水时，岩溶含水层水位下降，往往造成大范围地面塌陷，甚至发生井下黄泥突出堵塞井巷。矿井安全受到水害的威胁严重，雨季更加危险。

1.1.4 晚三叠世的裂隙水

早、中三叠世，我国整体上处于干旱气候区，不利于成煤。到晚三叠世，秦岭—大别山以南出现热带、亚热带潮湿气候，利于成煤；秦岭与阴山构造带之间则出现温带半潮湿气候，也可以成煤。因此，在秦岭—大别山以南，华北和西北地区赋存了晚三叠世含煤沉积。其中，华南区以赣中—湘南的安源组、四川盆地的须家河组和四川凌口宝鼎、红坭断陷盆地的大养地组，华北区鄂尔多斯盆地的瓦窑堡组，西北区新疆库车塔里奇克组含煤性较好。晚三叠世含煤地层中基本上不含石灰岩，以砂质岩层中裂隙水为主，水文地质条件一般比较简单。三叠系构造分异显著，局部煤系超覆在灰岩强岩溶含水层之上，或后期构造运动作用，使得煤系与强含水层接触，水文地质条件会局部变得复杂。

1.1.5 西北侏罗系的裂隙水

晚三叠世末的印支构造运动对我国的影响巨大，控制了我国早、中侏罗世聚煤作用的分布格局。在北方地区，西部构造运动微弱，地壳平稳下降，而且气候潮湿，利于成煤，在天山南北的吐鲁番、准噶尔、伊宁、鄂尔多斯盆地形成了一些大型煤田；东部初期构造运动影响强烈，地壳运动剧烈，气候为半干旱气候，不利于成煤，至早侏罗世晚期—中早侏罗世，地壳运动才渐趋稳定，气候转化为潮湿气候，利于成煤，形成了大同、蔚县、北京、北票等煤田。在华南地区，早期构造运动较强烈，地形差异显著，后期构造运动微弱，地形渐趋夷平，但气候又转为干旱，故华南地区早、中侏罗世聚煤作用微弱，虽含煤地层广布，但含煤性较差。

西北最具代表性的早、中侏罗世煤田有准噶尔煤盆地、鄂尔多斯煤盆地和大同煤盆地。准噶尔煤盆地的主要含煤地层为早、中侏罗世的水西沟群的下部八道湾组（属早侏罗世）和上部的西山窑组（属中侏罗世），鄂尔多斯煤盆地的主要含煤地层为延安组，大同煤盆地的主要含煤地层为大同组。含煤地层全为陆相沉积，其上覆与下伏地层也均为陆

相沉积，含水层以裂隙水为主，孔隙水次之，不存在岩溶水问题。此外，该地区以干旱气候为主，局部为亚干旱气候区。区内约 80% 的面积年降水量为 25 ~ 100mm，约 20% 的面积年降水量为 100 ~ 400mm。该区严重缺水，大气降水对地下水的补给不足。因此，西北早、中侏罗世煤田水文地质条件整体简单，但部分地区存在地表水和老窑水，可能造成煤矿水害。

河北的蔚县煤田，早、中侏罗世含煤地层为下花园组，含煤地层及其上覆地层均为陆相沉积，但煤系沉积基地为下奥陶统和寒武系灰岩。由于本区在印支运动中隆起，长期遭受剥蚀，使下奥陶统和寒武系灰岩出露地表，经受了较长时期的岩溶化，岩溶裂隙发育深度在灰岩剥蚀面以下约 50m，下花园组直接覆盖在岩溶灰岩含水层之上，形成不同于其他早、中侏罗世煤田的特有水文地质条件。如区内玉峰山矿开采下花园组 1 号煤层时曾发生 6 次底板突水，造成两次淹井。

1.1.6 东北晚侏罗—早白垩统的裂隙—孔隙水

中、晚侏罗世之间，燕山构造运动使我国东部地区形成一系列呈北北东向排列的中、小型断陷盆地及山间盆地。时值东北和内蒙古东部地区气候潮湿，适于植物生长。在大兴安岭两侧的盆地中堆积了我国重要的晚侏罗—早白垩世陆相含煤地层，具代表性的有黑龙江省的城子组、辽宁省的阜新组和内蒙古区的白音花群。由于晚期燕山运动和喜马拉雅运动在本区表现出不同的特征，致使区内各煤田的水文地质条件存在显著的区域性差异。总体上，以大兴安岭为界，两侧煤田具有两个各具特色的水文地质条件类型。

地层沉积厚度小，岩石石化程度低，水文地质具有如下特征：

(1) 煤层上覆砂质岩层仍为松散或半松散状态，岩石颗粒间的原生孔隙仍基本保存或部分保存；泥质岩层仍保持塑性状态，是良好的隔水层。煤层开采时以孔隙水为主，裂隙水次之。

(2) 煤层相对坚硬，易发生脆性破裂，煤层中裂隙发育，含水丰富，为主要含水层。

(3) 顶、底板岩层岩石石化程度低，开采时顶、底板管理和巷道维护困难，容易发生砂岩涌砂、透水。

(4) 断层带及两盘岩石中裂隙不发育，含水性低，透水作用差。

大兴安岭以东地区，含煤地层沉积以后，含煤盆地继续下陷，在含煤地层之上沉积了 3000 ~ 5000m 厚的新地层，受高温高压作用含煤地层石化程度较高，原生裂隙基本消失；岩层埋藏较浅的局部区域，风化作用形成了风化裂隙带。因此，在大兴安岭以东地区含煤地层中，含水层以砂岩裂隙水或风化裂隙水为主。因岩石坚硬，在后期构造运动中易发生脆性破裂，故断层带及两盘岩石中一般裂隙发育，含水性较好，透水作用较强。燕山运动末—喜马拉雅运动，该区进一步分化成中部的满东隆起与松辽拗陷、三江拗陷。位于隆起区的煤田，水文地质条件较简单，煤层开采主要水害为断裂、风化裂隙与采动裂隙导通第四系砂砾层水或地表水。位于拗陷的煤田，煤层露头隐伏于新生界含水层之下，使得水文地质条件变得相对较复杂。

该地区晚侏罗—早白垩世含煤地层为陆相成因，对煤层有水力影响的顶、底板岩层中不含石灰岩层，岩溶水的威胁不存在。由于成煤期及以后，古地形分异明显，因此水文地质条件存在明显地区差异，整体上煤矿水害不太严重，部分矿区受地表水和新生界松散层的危害较重，有时会造成溃砂、透水，甚至淹井事故。

1.1.7 西藏—滇西中生界的裂隙水

西藏—滇西一带中生界含煤地层主要有：早白垩世的多尼组，分布在怒江以西的八宿—嘉黎一带；拉萨群，分布在拉萨附近的林周、堆龙德庆、墨竹工卡一带；川坝组，分布在改则川坝—玛米一带。为厚达 1600 ~ 5500m 的陆相沉积，主要为砂岩、粉砂岩、泥岩，含可采或局部可采煤层。晚白垩世的秋乌组，分布在日喀则地区雅鲁藏布江两岸，为陆相沉积，厚度为 480 ~ 1000m。该地区中生代煤系含水层以含裂隙水为主。此外，该区气候湿润—亚湿润，区内约 55% 的面积年降水量为 300 ~ 600mm，约 35% 的面积年降水量为 800 ~ 1000mm，约占 10% 的面积年降水量为 1000 ~ 2000mm，加之地形切割严重，地表高差大，坡度大，不利于大气降水对地下水的补给。整体上，该区白垩纪煤田的水文地质条件为简单或较简单，煤层开采时，矿井水害一般不大。

1.1.8 台湾第三系的裂隙—空隙水

我国晚第三系含煤沉积主要分布在唐古拉山—成都—杭州一线以南地区，其中以云南省的龙潭组含煤性最好，最大厚度达 222.9m；台湾省晚第三系含煤沉积也发育较好。

台湾省晚第三系含煤沉积以陆相为主，沉积厚度达 7000m 之多，煤层上覆、下伏岩层均为陆相砂，泥岩层为主，仅局部含石灰岩透镜体。成煤至今，煤系地层经历的时间短，经受的构造运动少，岩层固结程度低，砂质岩层以含空隙水为主，基本不存在岩溶水问题，水文地质条件比较简单。

1.2 我国煤矿水害主要类型及特点

我国煤矿水害可以分为 8 种主要类型。

1) 煤层顶板充水含水层水害

当煤层顶板为含水层，或距煤层顶板不远的上覆岩层为含水层时，含水层的水可以通过断层、裂隙等天然导水通道涌入矿井。由于厚煤层和多煤层的重复采动和断裂带塌陷滑移的程度不同，采动导水裂隙带发育高度和部位也随之变化，这些常使煤层顶板充水含水层未查明的一些富水带中的地下水突然泄入采掘工作面。凡此种种，都可能造成煤层顶板充水含水层水害，严重者可淹没整个工作面、采区甚至矿井。

2) 煤层底板承压充水含水层水害

这是我国煤矿发生频率最高，危害程度最大的一种灾害，突水经常淹没整个生产水平、矿井，甚至造成重大人身伤亡。主要原因是我国主要煤矿床的基底沉积了碳酸盐岩溶充水含水层，最典型的如华北石炭二叠煤系，其基底为巨厚的奥灰或寒灰岩溶含水层。这些碳酸盐岩石分布范围广，厚度大，地质历史上经受过强烈的岩溶化作用，后期大地构造运动又使其大面积裸露地表，接受大气降水和地表水补给的能力强。由于煤层的倾斜，随着开采的延伸，作用于煤层底板的水压越来越大；隔水层的厚度及其岩性在剖面上又复杂多变，断裂裂隙的发育程度各不相同；采掘工程引起的应力转移，使作用于底板的强度和对其产生的影响及破坏也因地而异。因此，煤层底板突水机理复杂，很难预先查明，突水的概率也比较高。

3) 岩溶陷落柱水害

我国广泛分布的华北石炭二叠系煤层的基底存在巨厚的奥陶系、寒武系灰岩含水层，在漫长的地质历史过程中形成了巨大的溶洞，上覆岩层垮塌后，便形成岩溶陷落柱。由于