

李延河 闫章立 刘宝敏 潘国营 编著

平禹一矿灰岩 水害综合防治研究

 煤炭工业出版社

平禹一矿灰岩水害综合防治研究

李延河 闫章立 刘宝敏 潘国营 编著

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

平禹—矿灰岩水害综合防治研究 / 李延河等编著. --北京: 煤炭工业出版社, 2017

ISBN 978-7-5020-5799-2

I. ①平… II. ①李… III. ①煤矿—石灰岩—矿山水灾—灾害防治—研究 IV. ①TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 084049 号

平禹—矿灰岩水害综合防治研究

编 著 李延河 闫章立 刘宝敏 潘国营
责任编辑 张 成 彭 竹
责任校对 姜惠萍
封面设计 安德馨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898 (总编室)
010-64018321 (发行部) 010-84657880 (读者服务部)
电子信箱 cciph612@126.com
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 9 字数 214 千字
版 次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷
社内编号 8662 定价 28.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010-84657880

内 容 提 要

本书以受底板灰岩承压水害严重威胁的河南平禹煤电有限责任公司一矿为例,介绍了岩溶水水害及形成背景,分析了岩溶水水文地质条件和矿井充水规律,重点介绍了水害综合探查、FLAC^{3D}数值模拟、基于 GIS 的突水脆弱性评价、疏水降压、突水点注浆、帷幕注浆截流、工作面底板预注浆加固及疏水降压在平禹一矿的应用。

本书可供从事煤矿地测防治水现场工作和研究工作的技术人员阅读,也可供地质类专业地下水方向的高等院校师生参考。

前 言

我国华北石炭二叠纪岩溶型煤田分布面积广，产量高，储量丰富，在我国煤炭生产中占有相当重要的地位。此类煤田煤层底板分布有石炭系数层薄层灰岩和奥陶系（或寒武系）巨厚层灰岩岩溶含水层，特别是奥陶系灰岩岩溶极其发育，水压极大，富水性好，补给条件充沛，一旦发生大型特大型突水，往往造成淹井或淹采区事故。当前，很多煤矿已进入深部采煤，作用在煤层底板的水压很高，底板突水问题更加突出，防治底板灰岩水害的任务更加艰巨。我国煤矿水文地质与开采条件复杂，水害问题突出，有效地探查和综合防治水害一直都是广大工程技术人员和科技工作者长期奋斗的目标。正因为如此，在几十年治理水害的过程中，也积累了丰富的防治水经验，我国的防治水水平及能力也居世界领先地位。“预测预报、有疑必探、先探后掘，先治后采”的十六字防治水方针和“防、堵、疏、排、截”相结合的五项综合防治水措施，是对我国煤矿防治水技术的高度概括和总结。

本书内容取材于平禹一矿历年来水文地质补充勘探、水害治理方面的成果，以及与河南理工大学合作完成的《平禹一矿灰岩水治理综合技术研究》《平禹一矿疏放寒灰岩溶水试验》《平禹一矿煤炭资源保护暨寒灰岩溶水害综合防治研究》及《平禹一矿构造复杂地质条件下煤层底板大流量承压水边界堵源截流综合防治水技术研究与实践》等科研成果，部分内容取材于地勘和注浆堵水单位的竣工报告。平禹一矿、平禹煤电公司、平煤许平公司、平煤朝川矿、河南理工大学、中国矿业大学、煤炭科学研究总院西安分院、郑州祥隆地质工程有限公司等单位的很多领导、工程技术人员及专家学者都参与了平禹一矿的水害防治工作，并为矿井成功治理水害做出过贡献。在此，向为本书及其相关科研成果付出过辛勤劳动的领导及科技人员表示最诚挚的谢意！

本书由平禹一矿李延河、平煤股份朝川矿闫章立、平禹一矿刘宝敏、河南理工大学潘国营共同编著，具体分工如下：李延河编写第一章、第二章、第五章的第五节和第六节、第七章、第八章、第九章、第十章和第十一章，闫章立编写第四章、第六章的第一节、第二节和第四节，刘宝敏编写第三章的第一节

至第四节、第五章的第一节至第四节，潘国营编写第三章的第五节和第六节、第六章的第三节。全书由潘国营制定编写提纲并最终审改定稿。

由于作者水平有限，书中可能存在不当之处，敬请读者及同行给予批评指正。

编著者

2017年2月

目次

1 概况	1
1.1 平禹一矿概况	1
1.2 平禹一矿水害概况	2
2 自然地理与地质概况	3
2.1 自然地理	3
2.2 地形与地貌	4
2.3 矿区地层	4
2.4 矿区构造	6
3 区域水文地质条件	8
3.1 地下水的储存与分布	8
3.2 禹州岩溶水系统及其含水性	11
3.3 岩溶水补给、径流和排泄	13
3.4 岩溶水水化学特征	14
3.5 岩溶水稳定同位素	23
3.6 利用氟利昂确定地下水年龄	28
4 平禹一矿灰岩水害及成因	30
4.1 井田地层与构造	30
4.2 含水层与隔水层	32
4.3 井田岩溶水补径排条件	34
4.4 平禹一矿充水条件	34
5 平禹一矿灰岩水害的综合探查	44
5.1 矿井水文地质补充调查	45
5.2 平禹一矿井田地面瞬变电磁物探	48
5.3 平禹一矿井下水文物探	51
5.4 平禹一矿三维和二维地震勘探	52
5.5 水文地质钻探和岩溶水动态观测网建设	58
5.6 大流量疏放寒灰水试验	59

6 平禹一矿水文地质条件专题研究	71
6.1 岩溶水多年补给量的均衡计算	71
6.2 过风氧化带工作面顶底板水害的探查和防治	76
6.3 煤层顶底板围岩采动变形破坏数值模拟	82
6.4 工作面底板突水危险的脆弱性评价	86
7 13091 工作面底板突水点的注浆	96
7.1 13091 工作面突水经过及分析	96
7.2 13091 工作面突水点注浆堵水方案及施工	102
8 平禹一矿堵源截流工程的设计与实施	106
8.1 I 期堵源截流工程的设计与实施	106
8.2 II 期堵源截流工程的设计与实施	111
9 工作面底板注浆加固改造技术的应用	116
9.1 工作面底板注浆加固改造技术要点	116
9.2 工作面底板注浆加固改造技术的应用	119
10 平禹一矿煤层底板灰岩承压水的疏水降压	121
10.1 疏水降压的必要性和可行性与准备工作	121
10.2 寒灰岩溶水的疏放及其效果	122
11 矿井排水的资源化利用	126
11.1 矿井排水资源化利用的必要性和可行性	126
11.2 岩溶水水质评价	126
11.3 平禹一矿矿井水的资源化利用	134
参考文献	136
编后记	137

1 概 况

1.1 平禹一矿概况

河南平禹煤电有限责任公司一矿（简称平禹一矿）隶属中国平煤神马集团，位于禹州市古城镇一带。井田东西长 8 km，南北宽 0.35~2.4 km，井田面积 11.043 km²。西起小王庄断层，东至 315 勘探线，北以二₁煤层露头及魏庄断层为界，南到黑水河断层、肖庄断层。平禹一矿南距禹州市区 9 km，平顶山 72 km；东至许昌 47 km；北距郑州 70 km；西至洛阳 160 km。郑（州）南（阳）公路经矿区中部通过，郑（州）尧（山）高速公路在矿区东部经过，许（昌）登（封）高速公路在矿区南部经过，距新郑飞机场 50 km，交通便利。

平禹一矿前身是新峰矿务局一矿（简称新峰一矿），始建于 1969 年 9 月，于 1976 年 10 月建成投产，设计生产能力为 60×10⁴ t/a，核定生产能力为 100×10⁴ t/a。开采二叠系山西组二₁煤和二₃煤，厚度为 4~7 m，煤层赋存标高自 -25 m 至 -800 m。矿井采用立斜井单水平上下山分区式开拓，采用走向长壁后退式采煤和全部垮落法控制顶板。现有采区为二采区、三采区和五采区，其中五采区刚投入生产。现开采水平为 -200 m 水平，最低开采标高为 -415 m。

平禹一矿地质构造上处在白沙向斜东北翼东段和荃荃山至风后岭背斜西南翼中段。井田范围内地层为单斜构造，走向为 90°~125°，倾向为 180°~215°，倾角浅部为 8°~25°，倾角深部为 25°~53°。井田内断层较发育，落差大于 100 m 的断层有 7 条，落差为 50~100 m 的断层有 2 条，落差为 30~50 m 的断层有 2 条，落差小于 30 m 的断层有 15 条。断层按走向分为北西、北东和东西三组，其中以北西向为主，均为正断层。井田内含煤地层有石炭系太原组、二叠系山西组、下石盒子组和上石盒子组，总厚为 731 m，含煤 72 层，煤层总厚为 12.96 m，含煤系数为 1.77%，可采煤层是山西组二₁煤和二₃煤，其他煤层基本不可采或局部可采。截至 2012 年底，井田累计探明煤炭资源储量为 9431×10⁴ t，剩余保有储量为 7490×10⁴ t，其中可采储量为 2347×10⁴ t，已动用储量为 1860×10⁴ t。

平禹一矿的排水系统由中央排水泵房、采区排水泵房和工作面临时排水泵窝组成。中央泵房安装排水泵 8 台，其中，3 台为 MD500-57×7 型，水泵额定流量为 500 m³/h，额定扬程为 399 m；5 台为 MD720-60×7 型，水泵额定流量为 720 m³/h，额定扬程为 420 m。安装排水管路 4 趟，其中，两趟直径为 325 mm，一趟直径为 273 mm，一趟直径为 377 mm。经过联合排水试验，工作泵和备用泵排水能力为 2520 m³/h。五采区中央泵房共安装水泵 7 台，其中，2 台为 MD450-60×6 型，5 台为 MD720-60×6 型，铺设 4 趟直径为 377 mm 的排水管路。经过联合排水试验，综合排水能力为 3000 m³/h。三采区泵房安装 2 台 D280 型和 2 台 MD450 型水泵，铺设一趟直径为 273 mm 和两趟直径为 200 mm 的排水管路，正常排水能力为 580 m³/h，最大排水能力为 1200 m³/h。

1.2 平禹一矿水害概况

平禹一矿处在禹州岩溶水系统最下游的自流排泄区,主采煤层底板太原组薄层灰岩(简称“太灰”)和寒武系灰岩(简称“寒灰”)岩溶发育,富水性和导水性强,补给充沛。自1972年以来,平禹一矿共发生大小突水49次,突水造成2次淹井和2次淹采区。1985年掘进+30 m回风巷过程中发生突水,最大水量为 $2375\text{ m}^3/\text{h}$,稳定水量为 $1446\text{ m}^3/\text{h}$,导致矿井被淹。2001年10月12041工作面回采过程中发生底板灰岩突水,最大水量为 $770\text{ m}^3/\text{h}$,造成采区被淹。2005年10月19日在扩砌东大巷过程中,因断层破碎带导水,发生突水,最大水量为 $38056\text{ m}^3/\text{h}$,造成第二次淹井。2008年12月14日,13091工作面回采过程中发生突水,最大水量达到 $1200\text{ m}^3/\text{h}$,导致第二次淹采区。这几次突水的水源均为煤层底板寒灰岩溶水。平禹一矿历史上多次发生底板灰岩承压水突水淹井和淹采区事故,与矿井水文地质条件复杂、水文地质勘探程度不够、原煤矿水害防治水平低、排水系统不完善和排水能力低、防治水工程欠缺等因素有关。就界定矿井水文地质类型来说,由于缺乏足够的水文地质资料,历史上曾进行过三次修改。1984年之前矿井水文地质类型被界定为简单型;1991年被界定为中等型;直到2005年东大巷特大突水淹井事故发生后,才被变更为极复杂型。正是由于水文地质条件极其复杂而水文地质勘探程度不足,原新峰一矿在建设及生产过程中,底板灰岩水害问题十分严重,大部分采面发生过底板突水或面临突水严重威胁,以至于原煤产量一直未能达到设计能力。煤层底板的石炭系太原组薄层灰岩水(简称“太灰水”)和寒武系灰岩水(简称“寒灰水”)是底板水的主要来源,矿井未疏放岩溶水前,水位在130~137 m波动,不少地面水文孔常年都能自流。-200 m水平煤层底板承压 3.4 MPa ,超过突水临界值,带压开采时必然存在突水危险。2005年新峰一矿整合重组至平煤神马集团后,改名为平禹一矿,实施了注浆堵水和矿井技术改造工程,于2006年6月矿井恢复生产。13091工作面是平禹一矿并入平煤神马集团后的首个综采工作面,最低开采标高为-267 m,采前煤层底板承压 4.1 MPa 。为了防范回采过程中发生底板突水,采前对工作面煤层底板地层进行了注浆加固和改造。但是,13091工作面在回采过程中仍然发生了寒灰突水,导致采区被淹。这次突水开启了平禹一矿大规模全方位综合探查和治理灰岩水害的序幕,此后几年,在平煤神马集团及平禹煤电公司的领导和支持下,制定了“浅部帷幕注浆、中部疏水降压、局部注浆加固、系统保障”的防治水策略,相继实施了水文地质补充勘探、构建水文动态观测网、地面和井下帷幕注浆截流、突水点注浆截流、工作面底板地层预注浆加固改造、大流量疏放灰岩水、排水系统升级改造等工程。治水效果非常显著,自2008年12月13091工作面突水后,至今未发生过突水,年开采原煤百万吨以上,原有矿井采煤过程中常遇到的面突水、到处渗水、频繁突水的局面已不复存在。

2 自然地理与地质概况

2.1 自然地理

禹州地势总体上由西北向东南倾斜,中部为横贯西北—东南的颍河河谷及其冲积平原,北部为太室山脉(具茨山脉),南部为箕山山脉(大鸿寨山脉)。山区是颍河流域地表水的源头所在,而大气降水则是禹州矿区地表水和地下水的重要补给来源。

2.1.1 气象

禹州市属大陆性暖温带季风型气候,四季分明,夏季炎热,冬季寒冷,无霜期长。多年平均气温为 14.4°C ,历年极端最低气温为 -13.9°C ,极端最高气温为 42.9°C 。多年平均降水量为 673.0 mm ,最大为 1143.7 mm (1964年),最小为 441.2 mm (1966年)。受季风气候的影响,降水年内分布不均,多集中在6~9月份,占全年总降水量的60%~65%。降水空间分布也不均匀,山区降水量大,而平原区降水量小,统计资料显示,山区年降水量要高出平原区约 100 mm 。

2.1.2 水文

颍河是流经禹州境内的最大河流,发源于登封市嵩山西南,经白沙水库流入禹州市境内,流经花石、顺店、火龙、朱阁、城关、褚河、范坡等乡镇,在范坡乡董庄村进入襄城县,在禹州境内流域面积为 869 km^2 。登封境内颍河两侧发育有多条季节性羽状溪流,有后河、石淙河、麻河、土堂河、白降河等,各支流年平均流量为 $0.05\sim 0.2\text{ m}^3/\text{s}$ 。据登封告成水文站资料,颍河基本常年有水,多年平均流量为 $3.012\text{ m}^3/\text{s}$,最大洪水流量为 $2230\text{ m}^3/\text{s}$ 。上游支流主要有:磨河、龙潭河、书堂河、扒村河、九龙河、潘家河、涌泉河和小泥河,其中,磨河和涌泉河有时连续数年不断流,其余河流经常断流。

白沙水库位于禹州市与登封市交界处花石乡白北村北,是颍河上游的一座大Ⅱ型水库。水库控制流域面积为 985 km^2 ,总库容为 $2.78\times 10^8\text{ m}^3$ 。大坝为黏土心墙卵石壳坝,最大坝高为 48.4 m ,坝顶宽为 6.5 m ,坝顶长为 1330 m ,坝顶高程为 236.3 m ,防浪墙高程为 237.5 m 。水库主要用于防洪和灌溉,设计灌溉面积为 $20198\times 10^4\text{ m}^2$,有效灌溉面积为 $13609\times 10^4\text{ m}^2$ 。

纸坊水库建在颍河支流涌泉河上,位于禹州市西 26 km 的方山镇煤窑沟村。水库大坝以上河流长为 18.84 km ,控制流域面积为 138.3 km^2 ,总库容 $4425.5\times 10^4\text{ m}^3$,是一座以防洪、灌溉为主要功能的中型水库。

根据河南省地质矿产局水文地质三队1984年完成的《白沙灌区水资源综合评价与合理开发利用研究报告》,颍河在禹州境内除下游局部地段补给浅层地下水外,大部分河段常年排泄地下水;山区内的磨河、涌泉河等支流在枯水季节以排泄山区基岩地下水为主,在汛期以河水渗漏补给地下水为主。

2.2 地形与地貌

禹州处于伏牛山余脉与豫东南平原的交接部位,整个地势由西北向东南逐渐降低。北部、西部及西南部为中低山及丘陵区,中部和东南部为颍河冲积平原。西部山区最高标高为 1150.6 m,北部最高标高为 788 m,南部最高标高为 310 m,东部平原区最低标高为 92.3 m。地貌类型主要有中低山、丘陵、岗地和冲积平原,其中,山地面积为 207.39 km²,占禹州总面积的 13.9%;丘陵面积为 219.32 km²,占总面积的 14.7%;岗地面积为 456.55 km²,占总面积的 30.6%;平原面积为 608.74 km²,占总面积的 40.8%。

2.2.1 中低山

禹州西北部属于伏牛山余脉的具茨山山系,自禹州市茱庄乡北部的荅荅山蜿蜒向东南方向延伸,绵延长度 40 km,山峰海拔标高多在 500~780 m,主要山峰有荅荅山、函岭山、观北岭、青龙山、嵯铎山、石牛山、老山坪等。山体由震旦系千枚岩、片岩、石英砂岩等老地层构成,山前通常出露寒武系和奥陶系地层。山势陡峻,山坡坡度大于 35°,局部近于直立。禹州西部和西南部属于伏牛山余脉的箕山山系,自方山镇的五旗山起首,经方山镇、鸠山乡、磨街乡、文殊乡、神垕镇、鸿畅镇,在梁北镇的柏山消失,绵延长度 40 km,海拔标高 500~700 m,标高 500 m 以上的山峰有:太平寨山、大石坡寨山、大鸿寨山、海眼寺嘴、沙古堆、磨盘山、鸠山、金山岭、银垌山、凤阳山、牛头山、大刘山等。构成山体的地层多为寒武系和奥陶系地层,局部为震旦系石英砂岩和古老变质岩。山体陡峻,坡度大于 25°,局部超过 45°,出露于地表的灰岩及白云岩中普遍发育有溶隙、溶沟、溶槽、小溶洞等岩溶地貌。

2.2.2 丘陵和岗地

呈条带状分布于近山前地带,海拔标高一般在 100~300 m,地形坡度一般为 10°~25°。西部分布在三峰山、角子山至鸿畅、文殊一带的地区,北部分布在玩花台、大木厂连线以南地区,地表出露的地层主要为二叠系砂岩和泥岩交互沉积,除山顶出露有零星基岩外,其余地表均被第四系黄土所覆盖,黄土冲沟发育,水土流失严重。

在丘陵与平原之间分布多个相对高度在 50 m 左右、坡度在 5°~10°的岗地。按堆积物成因,岗地分剥蚀残积型岗地、坡洪积型岗地、冲洪积型岗地。北部分布在无梁镇与古城镇之间和浅井、茱庄乡的南部、朱阁乡大部地区,南部分布在方岗、文殊、鸿畅、张得、小吕、范坡等地,地形坡度缓,沟谷切割微弱,没有明显的走向,地表被厚层冲洪积物碎石土或黄土状土所覆盖。

2.2.3 冲积平原

禹州中部为颍河带状冲积平原,地形平坦,地面标高由山前的 100 m 向东南逐渐降至 92 m,地面坡降为 5‰左右。颍河两岸发育有河流阶地,阶地高出河谷 4~6 m,由古颍河多次泛滥冲洪积作用而成,地面坡降为 3.8‰。松散冲积层中赋存有丰富的孔隙地下水,并有地表水和大气降水的补给,适宜农作物的种植。

2.3 矿区地层

禹州矿区在全国地层区划上属于华北地层区的豫西分区嵩箕小区。区内地层出露比较齐全,发育有太古界,元古界,古生界寒武系、奥陶系、石炭系和二叠系,新生界古近

系、新近系和第四系等地层,其中石炭二叠系为主要含煤地层,二叠系下统山西组的二₁煤和二₃煤是本矿区主要可采煤层。

1. 太古界登封群 (Ar)

主要出露于禹州鸠山、登封、汝州接壤的大鸿寨山区,是本区最古老的地层。主要为片麻岩、片岩和混合岩,总厚度大于 1145 m。

2. 元古界 (Pt)

出露于禹州西部与西北部的具茨山、箕山一带,包括下元古界嵩山群和上元古界震旦系。嵩山群自下而上分为嵩山组、五指岭组、庙坡组 and 花峪组,主要为石英岩、石英片岩和千枚岩等,厚度为 1739~3100 m。震旦系自下而上分为马鞍山组和罗圈组,主要为紫红色中厚层粗粒石英砂岩和粉砂岩等,底部有砾岩,厚度约 190 m。

3. 寒武系 (Є)

主要分布禹州北部、西部及西南部低山丘陵地带,地层总厚度为 631~1050 m,分下统、中统、上统。

(1) 下统 (Є₁)。下统包括辛集组和馒头组,总厚度为 100~233 m。

辛集组 (Є_{1x}): 底部为紫红色页岩,中上部为灰色致密灰岩。

馒头组 (Є_{1m}): 由紫色、紫红色页岩夹薄层灰岩组成。

(2) 中统 (Є₂)。中统包括毛庄组、徐庄组和张夏组。

毛庄组 (Є_{2m}): 下部为紫红色和绿色泥岩,夹薄层泥灰岩;上部为中厚层鲕状灰岩,夹薄层紫色泥岩和浅灰色薄层灰岩。厚 30 m。

徐庄组 (Є_{2x}): 下部为紫色页岩和细粒海绿石砂岩互层,中上部为黄绿色页岩与泥质条带鲕状灰岩互层,局部见有竹叶状灰岩。厚 105 m。

张夏组 (Є_{2zh}): 为一套厚层、巨厚层鲕状灰岩,底部含泥质和泥质条纹,顶部为白云岩和鲕状白云岩。厚 120 m。

(3) 上统 (Є₃)。上统包括崮山组、长山组。

崮山组 (Є_{3g}): 下部主要为浅灰色中厚层状白云质灰岩夹鲕状白云岩,上部为灰色、深灰色厚层、巨厚层状白云质灰岩。一般厚 86~189 m,平均厚 91m。

长山组 (Є_{3c}): 由浅灰、灰色薄层和中厚层白云质灰岩、泥灰岩组成,局部夹泥质条带灰岩,含燧石结核。一般厚 109~213 m,平均厚 128 m。

4. 奥陶系 (O₂)

呈条带状出露于禹州北部和西北部的近山前地带,仅见中统,上统缺失。底部岩性为薄层砂页岩与泥灰岩互层,中部岩性为厚层灰岩夹页岩,顶部岩性为厚层状灰岩。总厚度为 0~42 m。

5. 石炭系 (C)

分布在中低山和丘陵交接部位,在矿区被钻孔所揭露,总厚度 70~90 m。岩性底部为灰色、深灰色鲕状和豆状铝土泥岩,中上部为一套海陆交互相薄煤层、砂岩、泥岩和灰岩,常见 8 层灰岩 (自下至上编号依次为 L₁、L₂、L₃、L₄、L₅、L₆、L₇、L₈),含煤线 11 层。按岩性组合特征划分为以下 4 段。

底部铝土泥岩段: 上界至一₁煤底面,厚度变化较大,一般在 2~20 m,平均厚度 10 m,主要岩性为铝土矿和铝土泥岩,底部为薄层紫红色黄铁矿。

下部灰岩段：上界至 L_4 灰岩顶界面，由 4 层深灰色中厚层状石灰岩（自下至上依次为 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 ）、4 层煤（自下至上依次为一₃、一₄、一₅、一₆）组成，其中 L_1 和 L_2 灰岩常合并为一层（ L_{1-2} ），全区发育，厚度稳定，厚 6.9 m。本段厚 11~16 m，平均 13 m。

中部砂泥岩段：自 L_4 灰岩顶界面至 L_7 灰岩底界面，由深灰色泥岩、砂质泥岩、中粗粒砂岩组成，夹两层薄层灰岩（ L_5 、 L_6 ）和 7 层不可采煤线，其中 L_5 普遍发育。本段厚 20~36 m，平均 24 m。

上部灰岩段：由 L_7 灰岩底界面至山西组底界，以深灰色、灰色石灰岩（ $L_7 \sim L_{11}$ ）为主，夹薄层泥岩、细粒砂岩及不可采煤层，其中 L_8 、 L_9 灰岩普遍发育。本段厚 20~37 m，平均 27 m。

6. 二叠系 (P)

零星出露于禹州北部、西部和南部，面积不大，在矿区则埋藏于新生界地层之下，总厚度 657 m。地层主要为砂岩和泥岩交互沉积，含煤数十层，其中，二₁ 煤全区可采，平均厚度 5.69 m；二₃ 煤大部分可采，平均厚度 1.25 m。

7. 古近系和新近系 (E+N)

古近系陈宅沟组为砖红色中厚层长石石英砂岩、长石砂岩、泥岩、砂质泥岩及粉砂岩，底部分布一层固结的砂砾岩。新近系洛阳组为湖相泥灰岩和泥岩。地表没有出露，厚度不详。

8. 第四系 (Q)

本区缺失下更新统，中更新统、上更新统和全新统地层普遍发育，西部厚度小，向东厚度逐渐增大。

中更新统 (Q_2)：出露在丘陵岗地地貌单元上，成因以坡洪积、冲洪积、冲积为主。岩性主要为棕黄色、黄色黄土状亚黏土、亚砂土及中细砂、砂砾石层。自山区向平原颗粒逐渐变细，砂层变薄，底板埋深 50~80 m，厚度 7~18 m。

上更新统 (Q_3)：主要由冲洪积和冲积物所构成。全区普遍发育，岩性以灰黄色、黄色黄土状亚砂土为主，夹砂砾石层，垂直节理发育。顶板埋深 10~15 m，厚度一般在 18~25 m。

全新统 (Q_4)：主要分布在颍河河床和阶地上。岩性为砾石、粗砂、细砂、粉砂及粉土。在垂直剖面上具有典型的“二元结构”，厚度 5~20 m。

2.4 矿区构造

禹州矿区主体构造形态表现为北西走向的宽缓褶皱，背斜和向斜被不同期次和不同方向的断层构造所破坏。呈北西至南东向展布的荥荃山至凤后岭背斜，轴部为下元古界嵩山群五指岭组和震旦系马鞍山组等老地层，南西翼倾角一般 $10^\circ \sim 35^\circ$ ，因受北东至南西向、北西西至南东东向的两组断层所切割，使古生代和中生代地层成为菱形和三角形，组成镶嵌构造；白沙向斜东北翼即荥荃山至凤后岭背斜的南西翼，其南西翼在向斜北西端为二叠、石炭、奥陶和上寒武统地层，向东和南东倾斜，倾角一般 $5^\circ \sim 15^\circ$ 。矿区主干断层走向上有北西西向、北西向和北东向 3 组，以北西西向断层为主，多组成阶梯状形态，控制着煤系地层的分布。北西向和北东向断层集中分布于背、向斜轴部和主干断层的转折部

位。北西向断裂规模大，断距大，延伸长，往往构成矿区边界。北东向断层切割北西向断层，并破坏了煤系地层的连续性。北西向断层在新生代具有继承性活动，造成断陷盆地和隆起，形成条带状地堑、地垒相间分布的构造格局。现将矿区主要构造描述如下。

张堂正断层：西起白沙镇东，经康城、张堂向南东延展，倾向南西，倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，地层断距大于 1500 m。

南关正断层：西起方岗北，经华庄、禹州市南关、褚河南向南东延展，倾向北东，倾角 60° ，地层断距 300~1000 m。

虎头山正断层：西起新峰五矿西北，经三峰山、白塔山北坡向南东延展，倾向北东，倾角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，地层断距 117~427 m。

张得正断层：西起张得，经岗马、岗楼向南东延展，走向 $110^{\circ} \sim 290^{\circ}$ ，倾向北东，倾角 60° ，地层断距大于 300 m。

官山寨正断层：西起方山以南官庄窑附近，经坡村至顺店南消失，倾向北西，倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，地层断距 1300~1500 m。

下白玉至东祖师庙正断层：断层中部分岔追踪，形成菱形断块，断层总体走向为北东，倾向北西，倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，地层断距 800 m。

3 区域水文地质条件

3.1 地下水的储存与分布

根据储水介质类型及含水层的地质时代,可以将研究区地下水分为基岩裂隙水、碳酸盐岩类岩溶水、碎屑岩类孔隙裂隙水和松散岩类孔隙水4种类型。

3.1.1 基岩裂隙水

赋存于震旦系及下伏老地层岩石裂隙中,含水岩层主要为片岩类、片麻岩类、花岗岩、石英砂岩等,厚度大于1000 m。主要分布于嵩山、箕山两背斜轴部的中低山区,出露面积218 km²。岩石坚硬,构造裂隙较发育,浅部发育大量的风化裂隙,发育深度为30~50 m,接受大气降水的补给,在地形低洼处或沟谷两岸山坡等处,以泉形式排泄于地表。泉水流量0.14~5.366 L/s。泉水水质好,水化学类型多为HCO₃—Ca·Mg型,溶解性总固体含量(TDS)为0.19~0.27 g/L。

3.1.2 碳酸盐岩类岩溶水

岩溶水是本区地下水资源的重要组成部分,也是各煤矿充水的重要水源。含水层(组)由寒武系和奥陶系白云质灰岩和灰岩组成,总厚度800 m。在山区,广泛出露于茱庄至蔡寺以北山麓地带、方山至鸠山以西地区、文殊西至磨街一带,出露面积达400 km²。在近山前地区的矿区,寒武系则埋藏于新生界及石炭二叠纪地层之下,面积达840 km²,成为禹州煤田所在地。岩溶裂隙普遍发育,富含岩溶水,是矿区最富水的含水层,既是山区居民生活用水的主要开采层,也是煤矿主要充水层。禹州矿区岩溶裂隙水水文地质柱状图如图3-1所示。

1. 下寒武统灰岩岩溶裂隙含水层

含水层为寒武系底部的辛集组地层,主要岩性为泥灰岩,中下部夹厚层状石灰岩和白云质灰岩,厚50~110 m,岩溶发育一般。在白坪井田以南地表见一溶洞,洞高8~10 m,洞长30 m,标高+600 m。泉水出露很少,富水性较差,水化学类型为HCO₃—Ca型和HCO₃—Ca·Mg型,TDS为0.266~0.343 g/L。

2. 中寒武统灰岩岩溶裂隙含水层

由寒武系中统张夏组鲕状灰岩和白云质灰岩组成,厚度60~220 m。岩溶发育强烈,富含岩溶水。泉水出露较多,如禹州西部纸坊水库附近的柏树咀泉,泉出露标高+280 m,泉水流量100 L/s;登封电厂的供4孔在深度89.12~106.90 m见岩溶带,溶洞高分别为3.40、1.80、0.70 m。根据抽水试验资料,单位涌水量为0.0694~4.44 L/(s·m)。岩溶水的水质良好,水化学类型为HCO₃—Ca·Mg型,TDS为0.255~0.286 g/L。

3. 上寒武统灰岩岩溶裂隙含水层

由上寒武统崑山组白云质灰岩组成,平均厚252 m。岩溶发育,地表见大量溶沟、溶槽和溶洞,出露有岩溶大泉。登封徐庄乡东北崑山组白云质灰岩中发育有溶洞(前鱼洞和

地 层					水 文 地 质 特 征				
界	系	统	组	代号 柱状 1:6000	厚度/ m	岩类	含水岩组	含 水 层 特 征	富水程度
古 生 界	石炭系	上、中统			5~10 s	碎屑岩夹碳酸盐类	裂隙岩溶含水层组	为页岩、砂岩、灰岩，含煤，岩溶较发育	弱
								奥陶系	中统
	寒武统	上统	凤山组	Є _{3f}	57~116	碳酸盐岩类	溶 裂 隙 含 水 岩 组		
			长山组	Є _{3c}	64			厚层泥岩、钙质白云岩，层面岩溶发育，矿化度小于1.0 g/L	弱
			崆山组	Є _{3g}	177~189			厚层鲕状白云岩、泥质钙质条带白云岩互层，底部为厚层钙质白云岩，岩溶裂隙较发育	中 等
		中统	张夏组	Є _{2z}	59~208	岩	组	鲕状灰岩，中部灰岩与页岩互层，下为砂岩	强
			徐庄组	Є _{2x}	108~114			上为薄层泥质鲕状灰岩，中部为鲕状灰岩、页岩互层，下部为白云质灰岩、灰岩互层，岩溶裂隙发育，泉流量0.2~5 L/s	
			毛庄组	Є _{2m}	92~126			页岩夹薄层灰岩，为区域性相对隔水层	弱
		下统	馒头组	Є _{1m}	35~124	碳酸盐岩夹碎屑岩类	裂隙岩溶含水岩组	上部薄层泥灰岩夹页岩，中部页岩夹灰岩，下部黄绿色薄层灰岩。为区域性相对隔水层	弱
			辛集组	Є _{1x}	65~109			中上部厚层状白云质灰岩，下部为薄层铁泥质灰岩	中 等
			元古界						变质岩类

图 3-1 禹州矿区岩溶裂隙水水文地质柱状图