

## “华北型”煤田岩溶水害及防治现状

卜昌森 张希诚 尹万才 曲修术

肥城矿业集团公司, 山东肥城, 271608

**内容提要** “华北型”煤田的开采普遍受到煤层底板岩溶承压水的威胁, 近年来, 煤田岩溶水害的机理研究取得突破性进展, 认为岩溶裂隙水网络是发生突水的物质基础, 隔水层的岩石力学性质及厚度是突水的制约因素, 断裂构造是突水的关键因素, 采矿活动是突水的诱发因素; 在水害防治方面, 采用疏水降压、注浆改造、帷幕截流等技术方法, 取得了明显的技术效果。本文旨在介绍水害现状, 分析探讨治理对策, 为治理煤田水害提供参考。

**关键词** 煤田 岩溶水害 现状 防治 华北地区

“华北型”煤田是广泛分布在我国华北地区的石炭-二叠纪煤田。主要含煤岩系为晚古生代的石炭-二叠纪地层, 由碎屑岩、泥质岩及少量石灰岩和煤层组成, 总厚度为600~1000m, 其中石灰岩主要产出在含煤岩系的下部, 是煤系形成过程中各次海侵的产物, 可采煤层集中分布在太原组和山西组(李四光等, 1926; 浅田龟吉, 1928; 谢家荣, 1947; 王述平, 1951; 贾福海等, 1951; 钟仕兴, 1960; 杜丕, 1980; 张志存, 1985; 钟宁宁等, 1990; 中国地质学会岩溶地质专业委员会编, 1993; 钟宁宁等, 1994; 吕朋菊等, 1995; 王仁农等, 1995; 王明玉等, 1995; 钟蓉等, 1998)。石炭-二叠纪含煤岩系直接覆盖在中奥陶统的风化剥蚀面上, 中奥陶统为巨厚石灰岩, 含丰富的岩溶水, 煤系含有多层薄层灰岩, 灰岩含水层至煤层的间距一般几米至几十米不等, 水文地质条件十分复杂, 加之地质构造、采动破坏等因素的影响, 致使在采掘过程中很容易发生底板突水事故(龚自珍等, 1994; 张永双等, 1996; 黄文辉等, 1999; 张建立等, 2000), 造成巨大的经济损失(图1)。

在我国7个煤炭发展规划区中, 华东规划区以及京津冀规划区煤炭产量占全国的26.1%<sup>①</sup>, 且上述地区工业发达, 煤炭需求量大, 为煤炭调入区。但是, 上述地区的大部分矿区的石炭纪的煤层普遍受到底板岩溶水的威胁, 在经过了几十年的开采后, 部分矿区二叠纪煤层相继开采完毕, 逐步转入受水威胁的石炭纪煤层的开采, 据统计, 截止1997年底, 华东规

划区以及京津冀规划区的受水威胁煤炭储量达130亿吨, 由于受水威胁严重, 这些矿区的煤炭生产能力已呈明显的下降趋势。据中国煤炭工业局煤炭发展战略技术咨询委员会“中国煤炭资源综合评价及分类”预测, 预计2010年后, 华东规划区以及京津冀规划区的“华北”型煤田, 大部分将转入受水威胁煤层的开采。届时, 这些矿区首先面临的问题是: ① 由于受水威胁严重, 防治水投资巨大, 经营成本提高, 大部分资源将变为非经济可采性资源, 企业的生产经营将难以为继; ② 煤炭产量将大幅度下降, 经济发达的华东地区煤炭调入量将持续增加, 我国煤炭产量北多南少、西多东少的供求矛盾将更加突出, 煤炭资源与经济分布的逆向性分布更加明显; ③ 突水及淹井事故将频繁发生, 经济损失巨大, 且严重影响煤炭产量, 生产成本进一步提高, 生产经营更加困难。

因此, 摸清华北型煤田的水害现状, 分析研究水害防治的成绩与不足, 对解放上百亿吨受水威胁煤炭储量, 确保“十五”期间我国煤炭工业的持续稳定发展具有十分重要的意义。

### 1 水害现状

我国石灰岩的出露面积达200多万 km<sup>2</sup><sup>②</sup>, 华北型煤田大部分分布在这些岩溶地区里, 水害与生产的矛盾十分突出, 全国每年因岩溶水突出造成的经济损失都在几十亿元。灾害最为严重、影响最大的是

① 中国煤炭发展战略技术咨询委员会, 1999. 中国煤炭资源综合评价及分类。

② 中国煤矿水害现状及对策. 煤炭科学技术, 1997, 25(1): 7~10.

收稿日期: 2001-03-22; 改回日期: 2001-05-01; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 卜昌森, 男, 1963年4月生。高级工程师, 1985年毕业于山东矿业学院地质系, 现就读中国矿业大学硕士研究生, 为全国煤矿水害防治委员会委员, 现从事煤炭管理工作。通讯地址: 271608, 山东肥城市, 肥城矿业集团公司; 电话: 0538-3126556; 3127203。

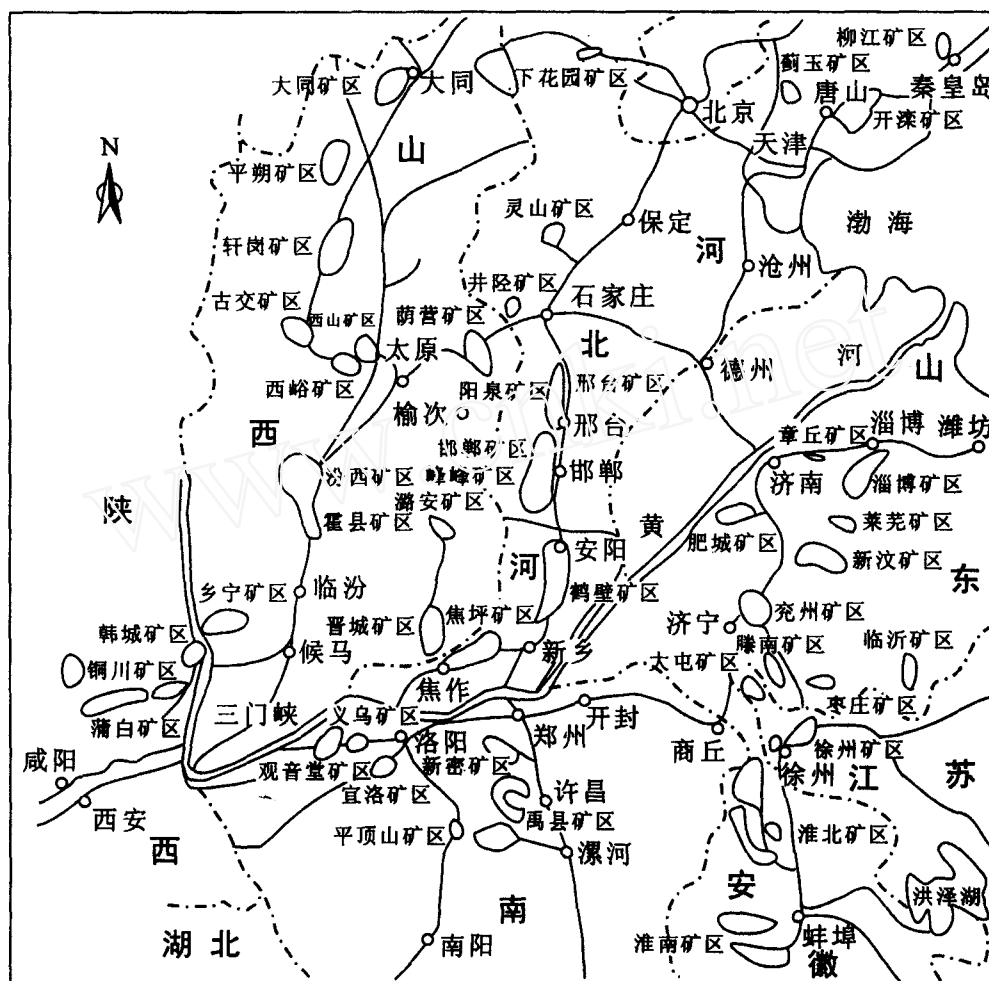


图1 中国华北型煤田分布略图

Fig. 1 distribution of North China type coalfields

表1 华北型煤田发生重大突水事件一览表

Table 1 Statistics of great disasters of the water inrush occurring in the North China Type Coalfields

矿区名称	矿井	突水时间	突水位置	涌水量 (m <sup>3</sup> /h)	危害程度	经济损失 (万元)	主要原因
山东淄博	北大井	1935.5.13	三水平北大巷	26580	淹井,死亡538人	408.7	断层引入奥灰水
山东淄博	双山矿	1958.4	-160m 东四顺槽	1848	淹井	2214.5	断层引入奥灰水
山东淄博	夏庄矿二	1985.5.14	1007工作面	4006	淹-240m 以下采区	1497.36	断层引入奥灰水
山东肥城	杨庄矿	1985.5.27	9101面回风巷	5237	淹井	2001.5	断层引入奥灰水
山东肥城	陶阳矿	1985.8.6	9507工作面	17940	淹中一井,危及中三井	2611	裂隙带引入奥灰水
山东肥城	国庄矿	1993.1.5	-210m 北大巷	32970	淹井,并殃及隆、南两矿	13500	断层或陷落柱引入奥灰水
山东新汶	华丰矿	1964.1.13	二井-90西大巷	3498	淹井	140	裂隙带引入奥灰水
河南焦作	李封矿	1967.3.29	东18大巷	5340	淹东18地区,死亡1人		陷落柱引入奥灰水
河南焦作	演马庄矿	1979.3.9	二一轨道车场	14454	淹井	1500	断层引入奥灰水
河南焦作	中马村矿	1985.11.1	23061工作面	9464.8	淹井		断层引入奥灰水
河南鹤壁	九矿	1980.12.3	123-2工作面	4090.2	淹井	850	断层引入奥灰水
河北开滦	范各庄矿	1984.6.2	2171工作面	123180	淹吕、范两矿,死亡9人	49500	陷落柱引入奥灰水
河北峰峰	一矿	1960.6.4	1532工作面	4212	淹井	1660	断层引入奥灰水
河北井陉	三矿	1942	一号立井	5160	淹井	410	断层引入奥灰水

1984年6月,开滦矿务局范各庄矿岩溶陷落柱突水,最大突水量达12.32万 m<sup>3</sup>/h,死亡9人,直接经济损失4.95亿元;肥城矿务局国家庄矿1993年突水,最大

水量3.3万 m<sup>3</sup>/h,直接经济损失1.35亿元;焦作矿务局九里山矿,投产10年内突水2次,经济损失1亿元;淄博矿区先后淹井9次,淹水平2次,淹采区6次,直接

经济损失1.13亿元等等。由于突水频繁,矿井正常涌水量大幅度增加,如焦作矿区吨煤排水量高达62吨,全局正常涌水量达30000m<sup>3</sup>/h,年排水电费4000多万元(表1)。

据统计,截止1997年末,全国国有重点煤矿受岩溶承压水威胁的煤炭储量多达130亿吨,占全国国有重点煤矿剩余可采储量的28.8%左右。华北型煤田受水威胁的矿区主要有河北的井陉、邢台、邯郸、峰峰、开滦,河南的安阳、鹤壁、焦作、平顶山、新密、豫西,山东的肥城、淄博、新汶、枣庄、兖州,江苏的徐州、大屯,安徽的淮南、淮北。另外,山西、辽宁等地区也有少量分布。这些矿区的受水威胁情况主要表现在:①随着矿井开采水平的不断延深,岩溶承压水的水压越来越高,致使突水几率加大;②部分矿区二叠纪的山西组煤层已相继开采完毕,生产重点逐步向受水威胁严重的下组煤转移;③部分矿区由水文条件简单的区域向水文地质条件复杂的区域过渡;④由于近几年煤炭行业的持续亏损,经济形势极其严峻,造成防治水工程、设备及技术投入严重不足,难以实施有效的治理措施;⑤受市场经济体制的影响,吃肥丢瘦现象明显,加之下组煤多为高硫煤,市场前景暗淡,上、下组煤不进行合理的配采,受水威胁下组煤的开采受到制约,造成受水威胁煤炭储量的比例逐年增加。

根据目前的统计资料,华北型煤田的部分矿区以全面进入受水威胁下组煤的生产,山东的淄博、肥城、新汶矿区受水威胁煤炭储量已占全部剩余可采储量的70%以上,安徽的淮南、淮北,河南的焦作、大屯、徐州等矿区受水威胁储量大于50%。据专家分析预测,至2010年,华东规划区以及京津冀规划区的大部分现生产矿井将转入受水威胁下组煤的生产,水害威胁将是制约该地区煤炭生产最主要的因素,届时,该地区的煤炭产量必将呈现明显的下降趋势。另外,地质及开采条件的优劣是煤炭资源是否经济可采的关键因素之一,由于水文地质及开采条件的变化,经济可采储量的比重必然呈锐减趋势,上述矿区的经济形势不容乐观。

## 2 水害防治现状

为了有效的治理岩溶水害,近几十年以来,特别是“八五”及“九五”期间,采取科研机构、大专院校与大水矿区密切合作、联合攻关的方式,通过调查研究、典型案例分析、现场测试等手段,对此类水害发生的条件、原因进行了科学、系统的分析研究。经过

几十年的探索与实践,在理论研究方面取得了突破性的进展;在防治技术方面,形成了以查明水文地质条件为基础,疏水降压、注浆改造、帷幕截流等一系列防治水技术方法,取得了明显的技术效果及显著的经济效益,“九五”期间与“七五”“八五”相比,突水损失明显减少。

### 2.1 在理论研究方面的进展

以中国科学院、煤科总院、以及众多高等院校为代表的科研人员,在岩溶承压水的突水机理、突水预测预报、水文地质条件的探查、防治方法等方面做了大量扎实有效的工作。肥城矿业集团公司与有关科研院所和高等院校合作,采用地质学、采矿学、现代岩石力学方法系统地研究岩溶水害的突水机理进行了比较深入的综合性研究,并取得了共识:岩溶裂隙水网络是发生底板突水的物质基础;隔水层的厚度及岩性特征是突水的制约因素;采矿活动造成底板的破坏,是底板突水的诱导因素;断裂构造及原生构造裂隙是突水的关键因素。对各类突水机理进行了力学推导,理论与现场试验相结合,对各类突水机理进行了现场试验与应用,提高了底板突水预测预报的准确性,并使水害防治方法有了新的发展。此外,在水文地质条件的探查方面,研究试验各种物探手段,对含水层的富水性、导水构造、隔水层的导水裂隙等进行有效探查;在岩溶裂隙水网络的成因及发育规律上提出了许多新的研究思路。理论研究的不断深入,为提高防治水工作质量,减少突水事故提供了理论依据。

### 2.2 水害防治的技术方法

#### 2.2.1 水文地质条件的探查

查清水文地质条件是进行矿井防治水工作的基础,近年来,煤炭科学研究总院以及许多高等院校,经过多年的研究和现场实践,形成了多种手段相互补充、相互验证的综合水文地质勘探方法。肥城矿区位于鲁西肥城断陷盆地的北部,四周为太古界泰山岩群和寒武奥陶系构成的低山丘陵所环绕,全区完全被第四系所覆盖。矿区的水文地质条件极其复杂,是我国有名的大水矿区之一,自1965年投产以来,发生底板裂隙渗水和突水近120多次,其中突水量大于1000m<sup>3</sup>/h的6次,特大型突水先后有两次,最大涌水量分别为17940m<sup>3</sup>/h和32970m<sup>3</sup>/h,造成多次淹井淹矿事故。矿区的水文地质情况,西部比东部复杂,不同井田甚至同一井田的不同地段也有所不同,在水平方向和垂直方向的块段差异性明显。区内主要含水层有太原组四灰、本溪组五灰(徐家庄灰

岩)和奥陶系灰岩,其中五灰含水层,平均厚度约10m,是矿井直接充水的含水层,下距奥灰含水层10~16m,由于受到假整合面上滑动构造影响,五灰以下的隔水层常遭受面型破坏,使五灰和奥灰两个含水层实际上成为一个统一的联合水体,奥陶系灰岩,厚度大,岩溶发育,补给源充足,含水量丰富,动静储量,是煤系含水层的补给水源。在煤田埋藏区内,存在一个保存完好的奥灰顶部古风化剥蚀岩溶带,岩溶洞隙发育,富水性强,径流条件好,对矿区水文地质有重要影响。肥城矿区1993~1997年实施了水

文地质综合勘探实验研究,在西部的国庄、查庄、白庄等三个矿,采用井下大流量、大降深的联合放水试验(图2)、局部放水试验、水化学示踪试验,辅以直流电法透视、TEM 探测、脉冲干扰试验等物探手段,基本上查清了西部矿井“九五”~“十五”期间生产采区的水文地质条件,在此基础上经过有针对性的治理,解放了受水威胁的煤炭储量2540万吨,现已安全采出520多万吨,保证了生产接续,连续7年实现了安全生产,延长了矿井服务年限。

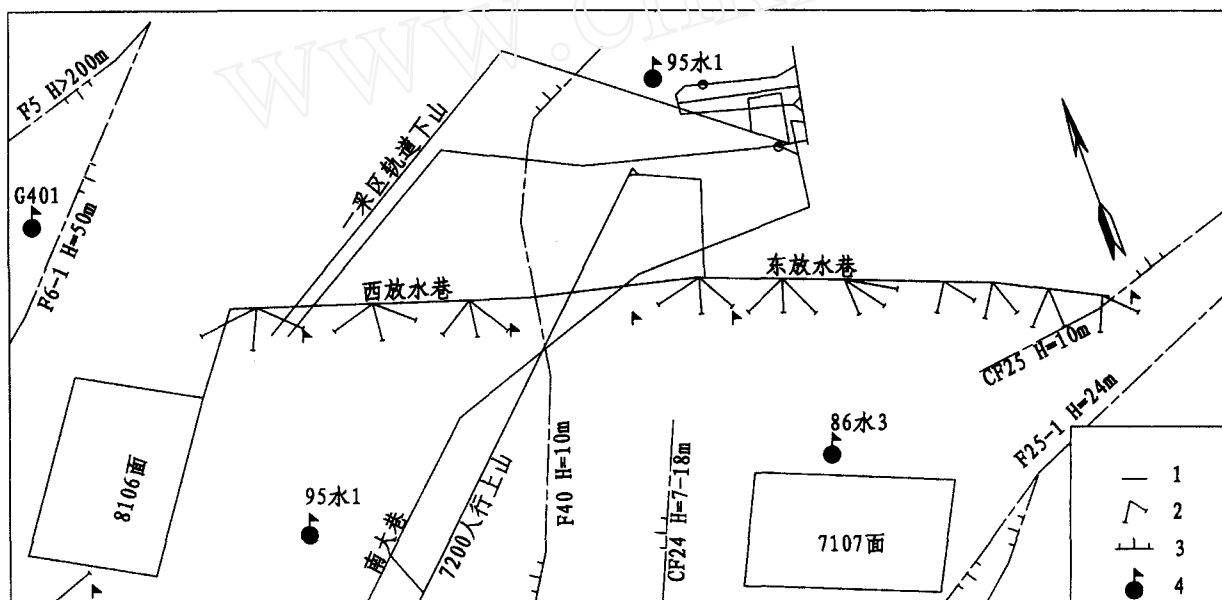


图2 肥城矿区查庄矿联合放水试验工程布置平面图

Fig. 2 layout of the boreholes for water-release test in the Chazhuang coal mine

1—井下巷道;2—放水孔;3—断层;4—观测孔

1—Tunnel in the underground; 2—waterway; 3—fault; 4—hole of observation

### 3.2.2 岩溶水害的治理

目前,我国对华北型煤田岩溶水害的治理方法主要有以下几种。①以肥城矿区为代表的“注浆改造薄层灰岩技术”,就是对直接充水含水层进行注浆充填,一是改变含水层的富水性及径流补给条件;二是堵截奥陶纪灰岩补给薄层灰岩的导水通道;三是可以封堵煤层底板隔水层的导水构造裂隙,消除导高;从而将薄层灰岩强含水层变为弱含水层或隔水层,同时加固煤层底板。通过肥城矿区近20年的实践证明,“注浆改造薄层灰岩技术”对于治理受薄层灰岩岩溶承压水威胁的矿井水害,经济可行、技术合理、安全可靠,已逐步在水文地质条件相似的华北型煤田推广应用;②帷幕截流技术,就是对补给水源,在已查明补给通道的具体位置、展布方向、大致的补

给水量等水文地质条件的前提下,在含水层内建造阻水帷幕带,堵截水源补给。该项技术对水文地质条件的探明程度要求较高,技术难度较大。与注浆改造技术结合应用,则可收到良好的技术经济效益;③“双降”采煤,即通过集中疏水降压及人工强制放顶,在降低水头压力的同时,减小采动矿压对隔水层底板的破坏作用,实现安全开采的技术手段,适合于含水层富水性相对较弱,疏水量不大但疏水降压效果明显的区域;④带压开采,对于水压相对较低,构造简单,隔水层完整的块段,可直接采用带压开采;⑤合理留设防水煤柱,对有突水危险的导水构造,合理留设一定的防水煤柱,防止构造直接出水。

### 2.3 存在问题及建议

(1)理论研究缺乏综合性:突水事故的发生是多

种因素综合作用的结果,随着空间的变化,水文地质条件千差万别,各种突水因素的主次地位也在相互变化。综观岩溶承压水突水机理的大量研究成果,大部分研究成果只是侧重于某一突水因素,缺乏综合性,如:在突水预测方面,对突水系数的研究,虽几经深入,也仅能反映隔水层厚度、矿压破坏深度、水压三者的关系,而对构造及原生裂隙考虑不足,造成突水预测结果与实际差别较大。针对华北型煤田特殊的水文地质条件,应对裂隙水网络的发育规律、采动矿压、水压、隔水层底板厚度、岩性、力学特征以及构造特征等进行综合研究。

(2)科研成果与生产实际存在出入。底板突水问题的复杂性,决定了对水文地质及防治水的理论研究必须紧密结合现场实际。近几年,科研部门与企业的合作基本上是一种买卖关系,即科研部门是卖家,企业是买家,但由于大部分科研机构及人员对现场资料研究深度不够,导致了研究成果与实际情况存在一定的出入,降低了理论研究成果的现场应用价值。有条件的企业,应当建立自己的科研机构,与专业科研机构合作,共同研究,利益共享,成果共有。

(3)水文地质勘探程度普遍较低。在精查勘探阶段,由于受勘探方法的限制,水文地质条件的探明程度普遍较低,而在生产阶段,由于近几年煤炭行业的持续亏损,生产补充勘探投入不足,对水文地质条件的探查始终处于被动地位,只有在发生了突水淹井事故,到了非治不可的情况下才被迫进行探查与治理。应当变“亡羊补牢”为“未亡补牢”。

(4)技术装备和手段落后。因资金短缺,许多企业得不到必要的技术装备,设备严重落后,对水害的防治缺乏先进的技术手段。一是目前多数矿井仍采用单一的钻探方法开展井下地质及水文地质条件的勘探,工程量大、周期长,难以满足防治水工作的要求;二是目前我国在水文地质条件探查方面,手段比较落后,缺乏十分成熟的物探方法。建议国家投入资金,继续采用科研部门与现场相结合,进行科技攻关,提高防治水工作的科技含量与工作质量,如在物探方面,应对现有相对成熟的方法进一步完善,提高实用性与准确性。

(5)对突水规律的研究深度不够。由于华北型煤田底板突水是多因素的综合效应,突水预测难度大,目前国内大部分突水预测专家系统效果不理想,实用价值不高。今后应加强突水规律的研究,提高突水预测预报的准确性。

(6)防治水人员素质较低。主要是现场人员业务

素质不高,特别是理论水平普遍较低。一是造成本身的工作质量不高,满足不了防治水工作的需要;二是对科研部门研究成果的应用水平较低,现场人员素质低也是造成科研与生产脱节的重要因素。建议行业主管部门应组织各种形式的技术培训,培养一批高素质的专业人才。

(7)资金短缺。近几年,煤炭行业持续亏损,经济形势严峻,资金严重短缺。受水威胁严重的矿井经济形势更加严峻,生产经营难以为继,防治水资金投入严重不足,造成基础设施不健全,工程投入少,一旦造成出水,企业更加困难,形成了恶性循环。

综上所述:华北型煤田受水威胁储量的开采比重呈逐年上升的趋势,且受水威胁程度将不断提高,首先是造成华东、京津冀及其他部分规划区现有生产矿井的生产能力呈锐减趋势,并且上述地区的部分煤炭储量由经济性资源变为非经济性资源;要解放上述受水威胁煤炭储量,目前的水害防治技术还存在不少问题,难以满足生产需要;应继续依靠科技进步,以更有效的方式,加强科研与现场的联合,不断提高理论研究水平和现场实用效果。国家应在政策上给予支持。

## 参 考 文 献

- 杜丕. 1980. 对华夏系构造体系控制山西省石炭二叠纪成煤规律的初步探讨. 地质论评, 26(1): 51~55.
- 贾福海, 马子骥, 车树政. 1951. 山东莱新蒙区煤田地质(节要). 地质论评, 16(1): 110~111.
- 龚自珍, 李兆林, 张之淦, 付利群, 左宝林. 1994. 山西潞安煤矿区兼及辛安村泉域岩溶水同位素研究. 地质学报, 68(1): 71~86.
- 华北区石炭-二叠纪含煤地层讨论会在山西省太原市召开. 地质论评, 1985, 31(1): 12.
- 黄文辉, 杨起, 汤达祯, 赵志根, 唐修义. 1999. 华北晚古生代煤的稀土元素地球化学特征. 地质学报, 73(4): 360~369.
- 李四光, 赵亚曾. 1926. 中国北部古生代含煤层的分类和对比. 地质学报, 5, (2): 107~134.
- 吕朋菊, 张永双, 张明利, 卜昌森, 王克有. 1995. 鲁西煤田多级滑动构造系. 地质论评, 41(6): 503~507.
- 浅田龟吉. 1928. 新泰煤之化学成分. 地质学报, 7(2): 185~190.
- 王述平. 1951. 河北井陘北部煤田地质构造. 地质论评, 16(1): 73~74.
- 王仁农, 李桂春. 1995. 中国含煤盆地的聚煤规律. 地质论评, 41(6): 487~498.
- 王明玉, 张宝柱. 1995. 华北型煤田矿井突水灾害的防治. 地质论评, 41(6): 553~558.
- 谢家荣. 1947. 淮南新煤田及大淮南盆地地质矿产. 地质论评, 12(5): 317~348.
- 钟仕兴. 1960. 鲁西的煤田地质特征. 地质学报, 40(1): 70~88.
- 中国石炭、二叠系含煤地层及地质学术会议在长沙召开. 地质论评, 1987, 33(1): 101.

- 中国地质学会岩溶地质专业委员会编. 1993. 中国北方岩溶和岩溶水研究. 南宁: 广西师范大学出版社.
- 钟宁宁, 任德胎. 1990. 河南石炭二叠纪含煤岩系煤热变质作用下的变化——地下水热液对煤变质作用影响的初步探讨. 地质论评, 36(2): 130~139.
- 钟宁宁, 曹代勇. 1994. 华北地区南部晚古生代煤的变质成因——地下水热液对煤变质作用影响的进一步探讨. 地质学报, 68(4): 348~357.
- 钟蓉, 傅泽明. 1998. 华北地台晚石炭世—早二叠世早期海水进退与厚煤带分布关系. 地质学报, 72(1): 64~75.
- 张建立, 沈照理, 李东艳. 2000. 淄博煤矿矿坑排水的水化学特征及其形成机理的初步研究. 地质论评, 46(3): 263~269.
- 张永双, 卜昌森, 刘伟韬. 1996. 煤层底板突水因素的综合评价. 煤田地质与勘探, 24(3): 32~36.
- 张志存. 1985. 山西晚石炭世富煤带及富煤中心区形成的构造控制因素. 地质学报, 59(3): 212~218.

### References

- Chung Shih-cheng. 1960. On the characteristics of the geology of the coalfields of western Shangtung. Acta Geologica Sinica, 40(1): 70~88.
- Du Pi. 1980. A preliminary study on the control of Neo-Cathaysian tectonic system over the Permo-Carboniferous period coalification regularities in Shanxi province. Geological Review, 26(1): 51~55.
- Gong Zizhen, Li zhaolin, Zhang Zhigan, Fu Liqun, Zuo Baolin. 1994. Isotope hydrogeologic study on karst water in the Lu'an coal mining district and the Xin'ancun spring basin, Shanxi. Acta Geologica Sinica, 68(1): 71~86.
- Huang Wenhui, Yang Qi, Tang Dazhen, Tang Xiuyi, Zhao zhigen. 2000. Rare earth element geochemistry of late Palaeozoic coals in North China. Acta Geologica Sinica, 74(1): 74~83.
- J S Lee, Y T Chao. 1926. Classification and correlation of Palaeozoic coal-bearing formation in N. China. Acta Geologica Sinica, 5(2): 107~134.
- K Asada. 1928. On the composition of a Permo-Carboniferous coal in North China. Acta Geologica Sinica, 7(2): 185~190.
- Lu Pengju, Zhang Yongshuang, Zhang Mingli, Bu Changsen, Wang Keyou. 1995. On the multi-order gliding structural system in coalfields of western Shandong. Geological Review, 41(6): 501~508.
- Wang Shuping. 1951. Wang Rennong, Li Guichun. 1995. A discussion on coal-accumulating regularity of coal-bearing basins in China. Geological Review, 41(6): 487~498.
- Wang Mingyu, Zhang Eaozhu. 1995. Control of the water bursting hazard in mine workings of coal fields of North China type. Geological Review, 41(6): 553~558.
- Zhong Ningning, Ren Deyi. 1990. The alteration of the Permo-Carboniferous coal-bearing series in Henan resulting from the coal thermal metamorphism. Geological Review, 36(2): 130~139.
- Wang Mingyu, Cao Daiyong. 1995. Genesis Of coal metamorphism of late Palaeozoic coals in the South of North China. Acta Geologica Sinica(English Edition), 69(2): 185~190.
- Zhao Rong, Fu Zeming. 1998. The relationship between the distribution of thick coal belts and the late Carboniferous-early early Permian marine transgression-regression in the North China Platform. Acta Geologica Sinica (English Edition), 72(1): 114~120.
- Zhang Jianli, Shen Zhaoli, Li Dongyan. 2000. Hydrochemical characteristics and formation mechanism of drainage water in coal mines of Zibo. Geological Review, 46(3): 263~269.
- Zhang Zhicun. 1985. Structural controlling factors in the formation of late carboniferous coal-rich zones and centers in Shanxi. Acta Geologica Sinica, 59(3): 213~218.

## Inundation in the North-China Type Coalfields and the Status Quo of its Protection

BU Changsen, ZHANG Xicheng, YIN Wancai, QU Xiushu

Feicheng Coal Mining Group Ltd., Shandong, 271608

### Abstract

The floor Karst water always threatens coal mining of the North-China type coalfields. In recent years great breakthroughs have been made in the study of the mechanism of the water inrush. It is believed that karst fissure networks are the basis for the water inrush, the lithomechanical characteristics and thickness of the aquicludes are the restricting factors, faults are the key element and the coal mining activity is an inducing factor. In the protection of water inrush, techniques, such as drainage to lower water pressure, injection of mud into aquifers and damming water with curtains, have been used successively. This paper introduces the status quo of protection and measures against inundation, which may provide guidance for harnessing the inundation in coal mines.

**Key words:** Karst inundation in coalfields, protection status quo, North China region