

相邻矿井人为边界防隔水煤（岩）柱留设的探讨

果雪丽 杨恒祥

国能宁夏煤业能源工程有限公司环境安全工程分公司 宁夏 银川 750000

摘要：为了合理确定相邻矿井人为边界防隔水煤柱宽度，在考虑矿井的水文和地质条件、导水裂隙带发育高度、煤层间距、岩层移动角等因素情况下，根据单一煤层开采和多煤层开采条件进行理论计算，并结合矿井实际生产情况，确定金家渠煤矿4层主采煤层相邻矿井人为边界防隔水煤（岩）柱留设宽度。

关键词：矿井；人为边界；防隔水；煤（岩）柱；留设

防隔水煤（岩）柱是指为了确保近水体安全采煤而留设的煤层开采上（下）限至水体底（顶）界面之间的煤岩层区段。在相邻矿井的边界处留设防隔水煤（岩）柱的目的，一是边界处一侧的矿井若发生透水淹井事故，通过留设煤柱使得事故不致于影响与之一到相邻的矿井，进而减少事故影响范围。二是留设防隔水煤（岩）柱可以保证矿井具有独立的通风系统。

金家渠煤矿是宁夏煤业公司所属矿井之一。井田含煤层最多30层，矿井主要开采煤层有2煤、3煤、4煤、18煤。井田褶曲、断裂构造较发育，发育大小型褶曲5条，以往勘探查明断层共计100条，其中落差较大断层13条。金家渠井田北部边界处不发育大型断层，井田以北与一生产矿井相邻；南、西、东侧均无生产矿井存在。因此，需对4层主采煤层井田北部边界处的防隔水煤（岩）柱进行设计。

1 相邻矿（井）人为边界防隔水煤（岩）柱留设的计算依据

根据《煤矿防治水细则》附录六相关规定：当矿井水文地质类型划分为简单和中等的矿井，可采用垂直法进行留设，但总体宽度不能小于40m。水文地质类型划分为复杂和极复杂的矿井，应根据煤层赋存条件、静水压力、地质构造发育情况、导水裂隙带高度以及开采煤层上部岩层移动角等进行综合确定。当多煤层进行开采时，当上、下两个煤层层间距小于下层煤层开采后的顶板导水裂隙带高度时，下层煤层的边界防隔水煤（岩）柱，应根据最上一层煤的基岩岩层移动角、两层煤间层间距向下进行推算（见图1a）；^[1]当上、下两层煤之间的层间距大于下层煤开采后的导水裂隙带高度时，上、下两层煤的防隔水煤（岩）柱，可以分别留设（见图1b）。下图为多煤层开采情况边界防隔水煤（岩）柱留设图示。

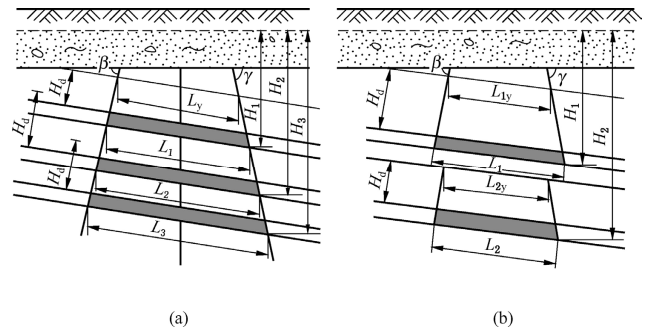


图1 多煤层开采时边界防隔水煤（岩）柱留设示意图

可以使用下列的公式计算导水裂隙带上限岩柱宽度值：

$$L_y = \frac{H - H_d}{10} \times \frac{1}{\lambda}$$

式中： L_y —导水裂隙带上限岩柱宽度；

H —煤层底板以上静水位高度；

H_d —最大导水裂隙带高度；

λ —水压与岩柱宽度比值。

2 相邻矿（井）人为边界防隔水煤（岩）柱留设

金家渠煤矿矿井水文地质类型划分为中等，其相邻矿井人为边界防隔水煤柱宽度留设参照《煤矿防治水细则》附录六规定，可按照20m留设。金家渠煤矿属多煤层开采，需对各主采煤层开采后导水裂隙带发育高度和煤层间距关系进行对比，进而验证按照20m防隔水煤柱宽度留设的合理性。

2.1 导水裂隙带发育高度计算公式选取及计算

2.1.1 理论公式计算法

煤层顶板导水裂隙带高度应该根据开采区域的地质采矿条件和实测结果分析确定；对无实测结果的矿井，可以参考与之开采条件类似的矿井的实测结果、水体下开采成功经验或者依据顶板岩层类型依据理论公式进行计算^[2]。

根据井田资料，金家渠煤矿各可采煤层顶板以粉砂

岩为主，次为细粒砂岩、少量中、粗粒砂岩，或为泥岩的中等硬度岩层，本次导水裂隙带发育高度计算选取《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》、《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南》中有关中硬岩层导水裂隙带发育高度计算公式。

当煤层单层开采厚度在1~3m，累计开采厚度不超过15m时，采用公式：

$$H_{ii} = \frac{100\sum M}{1.6\sum M + 3.6} \pm 5.6 \quad (\text{公式1})$$

$$H_{ii} = 20\sqrt{\sum M} + 10 \quad (\text{公式2})$$

当煤层单层采厚在3.0~10m时，采用公式：

$$H_{ii} = \frac{100M}{0.23M + 6.10} \pm 10.42 \quad (\text{公式1})$$

$$H_{ii} = 20M + 10 \quad (\text{公式2})$$

2.1.2 实测系数法

金家渠煤矿北侧的生产矿井，井田地层结构、煤层对比、水文地质条件与金家渠煤矿相似，对于煤层开采后导水裂隙带的计算可参考此生产矿井的探查结果。根据其两带高度观测结果，煤层开采后产生的导水裂隙带发育高度为采厚的12.97~13.72倍。

根据井田地质资料可知，金家渠井田2煤、3煤、4煤、18煤煤层厚度分别为1.67m、3.77m、3.81m、3.20m。采用理论公式计算法公式1和公式2计算的2煤开采后导水裂隙带发育高度为32.23m、35.85m，3煤开采后导水裂隙带发育高度为64.53m、85.40m，4煤开采后导水裂隙带发育高度为65.03m、86.20m，18煤开采后导水裂隙带发育高度为57.23m、74.00m。采用北部相邻煤矿实测系数法计算的2煤、3煤、4煤、18煤开采后导水裂隙带发育高度分别为22.91m、51.72m、52.27m、43.90m。

综合考虑两种计算方法，为了保证矿井安全生产最大化，本次取两种计算方法结果最大值作为各主采煤层开采后导水裂隙带发育高度计算结果，即：2煤、3煤、4煤、18煤开采后导水裂隙带发育高度分别为35.85m、85.40m、86.20m、74.00m。

2.2 导水裂隙带上限岩柱宽度计算

金家渠井田大面积被第四系及古近系粉土所掩盖，井田发育5个主要含水层，分别为第四系松散层孔隙潜水含水层（Ⅰ）、侏罗系中统直罗组砂岩裂隙孔隙承压含水层（Ⅱ）、侏罗系中统延安组2~6煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层（Ⅲ）、侏罗系中统延安组6~18煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层（Ⅳ）、延安组18煤以下至底部分

界线砂岩含水层（Ⅴ）。影响2煤开采的含水层为井田的第Ⅱ含水层，影响3煤、4煤开采的含水层为井田的第Ⅲ含水层，影响18煤开采的含水层为井田的第Ⅳ和第Ⅴ含水层^[3]。

2.2.1 各主采煤层受含水层影响煤层底板以上的静水位高度

井田北部边界涉及+920m水平以上和+920m水平以下两部分。通过收集井田以往各含水层水文地质钻孔水位、矿井水文长期观测孔资料，以及矿井实际开采情况，+920m水平以上2煤、3煤、4煤、18煤底板承受的含水层静水位高度分别为252.93m、252.99m、247.96m、255.81m；+920m水平以下2煤、3煤、4煤、18煤底板承受的含水层静水位高度分别为245.16m、251.84m、275.45m、481.17m。

2.2.2 水压与岩柱宽度的比值

本次计算，取1。

2.2.3 导水裂隙带上限岩柱宽度

结合矿井主采的2煤、3煤、4煤、18煤煤层导水裂隙带发育高度，计算+920m水平以上2煤、3煤、4煤、18煤导水裂隙带上限岩柱宽度分别为21.71m、16.76m、16.18m、18.18m；+920m水平以下2煤、3煤、4煤、18煤导水裂隙带上限岩柱宽度分别为20.93m、16.64m、18.92m、40.72m。则井田2煤、3煤、4煤、18煤北部相邻矿（井）人为边界导水裂隙带上限岩柱宽度取分水平计算的数值较大者，分别为21.71m、16.76m、18.92m、40.72m。

2.2.4 相邻矿（井）人为边界防隔水煤柱宽度留设

根据井田各煤层层间距关系可知，3煤与2煤层间距为29.97m，4煤与3煤层间距为18.52m，18煤与4煤层间距为240.56m。通过对比3煤、4煤开采后覆岩导水裂隙带发育高度85.40m、86.20m大于煤层与上覆煤层层间距29.97m、18.52m，18煤开采后覆岩导水裂隙带发育高度74.00m小于煤层与上覆煤层层间距240.56m。因此，2煤、18煤相邻矿（井）人为边界防隔水煤柱宽度可自行留设；3煤、4煤相邻矿（井）人为边界防隔水煤柱宽度需根据2煤人为边界防隔水煤柱宽度，并结合煤层间距、岩层移动角向下进行推算。

根据以往资料，井田基岩岩层移动角为70°，结合煤层层间距关系、煤层厚度、煤层开采后顶板岩层导水裂隙带高度等参数，各主采煤层井田北部相邻矿（井）人为边界防隔水煤柱宽度计算结果见表1，也可用作图法进行计算见图2图3。

表1 各主采煤层井田北部相邻矿(井)人为边界防隔水煤柱宽度计算表

对应指标 名称	计算参数及计算结果				
	单位	2煤	3煤	4煤	18煤
边界防隔水煤柱宽度	m	49.02	73.58	89.84	96.92
导水裂隙带上限岩柱宽度	m	21.71	16.76	18.92	40.72
岩层移动角	°	70	70	70	70
导水裂隙带发育高度	m	35.85	85.40	86.20	74.00

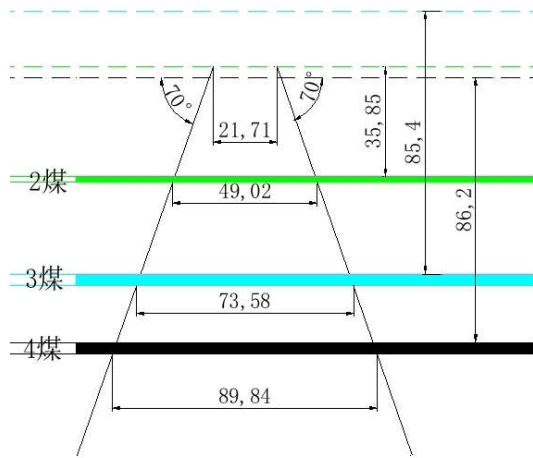


图2 井田各主采煤层北部相邻矿(井)人为边界防隔水煤柱宽度留设示意图

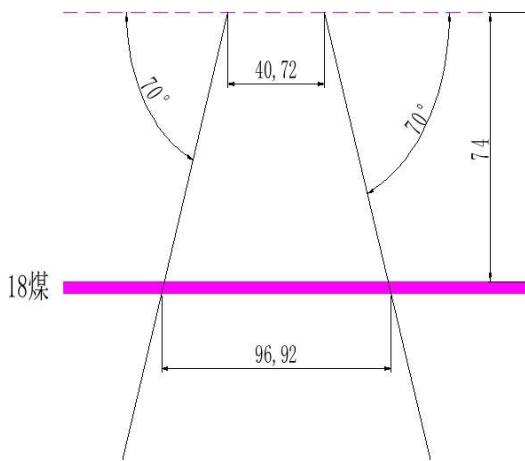


图3 井田各主采煤层北部相邻矿(井)人为边界防隔水煤柱宽度留设示意图

金家渠煤矿各主采煤层井田北部相邻矿(井)人为边界防隔水煤(岩)柱的留设为: 2煤、3煤、4煤、18煤人为边界防隔水煤柱总宽度分别为50m、80m、90m、100m。^[4]从金家渠煤矿和与之相邻的煤矿煤层赋存情况分析, 两井田煤层在边界处为南北走向发育。因此, 在核算一侧井田边界防隔水煤柱时, 不用考虑上、下山岩层移动角。金家渠煤矿北部人为边界防隔水煤柱的留设取值为防隔水煤柱总宽度的一半, 即2煤、3煤、4煤、18煤北部人

为边界防隔水煤柱宽度分别为25m、40m、45m、50m。又因金家渠煤矿北部11采区已开采3煤、4煤, 实际生产过程中按照井田边界煤柱留设宽度为20m, 已实现了安全开采。综合以上, 本次2煤、3煤、4煤、18煤北部人为边界防隔水煤柱按照25m、20m、20m、50m留设。

结语

通过对比, 理论计算结果较实际生产留设数据大, 实际留设的相邻矿(井)人为边界防隔水煤(岩)柱能保障安全生产, 可能因生产过程中矿井开展影响开采含水层的提前疏放, 降低了含水层的水位, 进而降低了对煤层的水头压力, 从而保障了矿井安全。通过3煤、4煤的实际开采情况分析, 计算的结果比较可靠, 从理论上计算相邻矿(井)人为边界防隔水煤(岩)柱, 对矿井生产有指导意义。

在防隔水煤(岩)柱留设设计后, 开采过程中应严禁在边界防隔水煤柱中进行采掘活动, 导致煤柱强度降低, 造成水害事故。矿井要定期开展相邻矿井和废弃老窑情况的收集、调查, 并标注在矿井生产相关图纸上。针对影响矿井开采的含水层进行动态观测, 编制防治水中长期规划、年度计划, 开展水害预报, 开展疏放水施工, 制定综合性的防治措施。根据《煤矿防治水细则》相关规定, 开展“两带高度”探查, 提高防隔水煤(岩)柱的准确性。

参考文献

- [1]国家煤矿安全监察局.煤矿防治水细则[M].北京:煤炭工业出版社.2018.
- [2]国家安全监管总局,国家煤矿安监局,国家能源局,国家铁路局.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范[M].北京:煤炭工业出版社.2017.
- [3]胡炳南,张华兴,申宝宏.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采指南[M].北京:煤炭工业出版社.2017.
- [4]尹会永,魏久传,郭建斌.相邻矿井闭坑条件下井田边界煤柱留设宽度研究.第六届全国煤炭工业生产一线青年技术创新大会.2017:571-576