

岩石地下工程突水的优势含水层

李晓昭, 罗国煜, 苏天明, 俞 缙

(南京大学地球科学系, 江苏 南京 210093)

摘要:突水是地下工程常常面临的一种严重的地质灾害,对煤炭开采常见的底板岩溶突水的统计分析表明,无论是岩层的富水性,还是突水水源的空间分布,都具有明显的层控特征,因而,作者提出了优势含水层的概念和分析思路,有助于对突水水源的判断,是突水灾害防治的基础和关键。

关键词:地下工程;突水;优势含水层

中图分类号:P641.2

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2001)07-0084-03

突水(突然大量涌水)是各种地下工程常常面临的一种严重灾害^[1,2]。随着地下工程规模的扩大,突水灾害日益严重。

围岩往往存在着明显的层状特征,研究发现,其中某些岩层对突水发生起着控制作用,因而作者提出了控制突水的优势层的概念^[1,2]。根据其作用机制的不同,可分为优势含水层、控稳优势层与抗渗优势层。

靠近开挖空间,围岩可能已发生失稳破坏,而谈不上阻水能力;剪应力集中区内,围岩虽然尚未整体失稳,但集中的剪应力可能会导致节理裂隙活化、发展,从而导致地下水的导升,对围岩破裂和剪应力集中起控制作用的岩层,称为控稳优势层^[1]。

在应力集中区以外,采动引起的二次应力已不明显,地下水的运动主要是静态渗透作用,这部分区域内的某些岩层,可能因其特殊的岩性或岩体结构而具有抗渗优势,优势含水层是指含水层组中最具突水(危险性)优势特征的含水层。某些含水层,岩溶发育且厚度大,具有富水优势、成为富水优势层,但真正有突水危险(优势),尚需具有水压大、距离近等工程优势特征。

本文重点介绍优势含水层的分析思路。

1 岩溶发育的影响因素及层控特征

1.1 岩溶发育的主要影响因素

前苏联学者索科洛夫指出,岩溶发育必须具备的四个基本条件:可溶岩的存在、可溶岩是透水的、具有侵蚀能力的水及水是流动的。

a. 岩石成分控制溶蚀速度,常温常压下的碳酸

盐岩溶蚀实验结果表明,碳酸盐岩的溶蚀速度随CaO含量的增高而增高,随MgO含量的增高而降低,泥质含量越高则溶蚀速度越低。据中科院地质所对华北地区碳酸盐岩的研究,寒武系以互状层为主,多属纯灰岩;下奥陶统多为白云岩及泥质白云岩,中奥陶统主要为灰岩及白云质灰岩,其中奥陶系灰岩Ca的含量最高^[3]。我国北方石炭二叠纪煤田太原组煤系底部的奥陶系灰岩岩溶发育最甚,为主要的危害威胁,显示出岩石成分对溶蚀速度的控制作用。

b. 岩石结构控制原始孔隙发育程度,进而控制其溶蚀形态和含水类型。具有晶粒结构的中粗晶白云岩、结晶石灰岩,晶间孔隙发育、易于形成溶蚀孔洞。具有交代残余结构的白云质灰岩,晶体周围孔隙发育,易于渗滤扩散溶蚀,形成蜂窝状或层状溶孔。具有微晶结构的泥晶灰岩和白云岩,岩石均一致密,孔隙极不发育,地下水不能进行渗滤扩散溶蚀,只能沿层面、节理和裂隙进行片状径流溶蚀,从而构成极不均一的裂隙溶蚀含水系统。这种类型的岩溶发育程度和富水性,主要受构造条件及水动力条件的制约。

c. 地下水的活动是岩溶发育的动力条件,没有水的流动,侵蚀溶液将渐趋饱和而丧失继续侵蚀的能力,岩石的溶蚀便停止了。因此,地下水的径流条件是控制岩溶发育最关键的因素。所以,研究现今及地质历史时期的水动力场是把握岩溶发育规律的基础。我国北方的奥陶系灰岩普遍具有面状分散补给、网状径流、集中排泄的特点,从补给区到排泄区,径流强度不断增强,富水性也由弱到强。

1.2 岩溶发育的层控特征

如上所述,可溶的碳酸盐岩为岩溶发育的物质

作者简介:李晓昭(1968—),男,河北饶阳人,博士,副教授,主要从事工程地质与岩土力学研究。

基础,水流为岩溶发育的外部条件,这两方面原因使得无论是浅部还是深部的岩溶都呈现出明显的层控特征和垂直分带性。

厚层碳酸盐岩裸露地区,地下水排入地表水,在靠近河谷地带的浅部地下水循环途径短,径流集中,易形成近水平溶洞。水平溶洞成为吸引地下水流程的强渗透带,溯源伸展,呈水平层状分布,伴随着地壳升降,可能有若干水平层状岩溶发育。

在深部地下工程,比如煤炭开采中,由于碳酸盐岩的稳定沉积,这种岩溶发育的层控特征和垂直分带性更为明显。我国北方中下奥陶统厚层浅海相灰岩构成石炭、二叠纪煤系地层的沉积基底,中奥陶统沉积后,其顶部遭受长期风化、剥蚀,形成裂隙溶隙发育带,后又被普遍充填,至中石炭世复又沉降海侵,其间,构造运动相对稳定,褶皱平缓,含煤岩系在岩相和厚度等方面都较稳定,中奥陶统灰岩岩溶发育在垂直方向上有明显的分带性^[4],包括上部充填带、中部强发育带和下部弱发育带,见表1。

表1 北方部分矿区奥陶系含水层段

地 点	含水层段数	富水带段位	充填带厚度/cm
邯 邢	8	O_2, O_2', O_2'', O_2'''	0~30
峰 峰	8	O_2, O_2', O_2''	20
焦 作	5	O_2, O_2', O_2''	20~30
韩 城	6	O_2, O_2'	10~20
充 西	7	O_2, O_2'	10~30
滕 沛	8	O_2, O_2'	25

2 富水与突水优势因素、优势含水层判定与防治水对策

2.1 富水优势与突水优势

岩层的富水性(富水优势)是突水的物质基础,主要取决于岩石的岩溶发育程度和含水层厚度;含水层的水压 P 是突水发生的外动力条件;而含水层距开挖空间的距离 D (隔水层厚度)表征围岩抵抗突水的内抗力能力。

需要指出的是,围岩抵抗突水的能力并不仅仅取决于距离 D (或说隔水层厚度),隔水层的岩性组合特征和地下工程开挖的时空特征也往往对围岩稳定性和抗渗特性起着控制作用,因而,作者还提出了控稳优势层和抗渗优势层的概念^[1,2],本文不作详述。

2.2 优势含水层的判定

根据含水层的富水优势特征可以综合判断区域富水优势层,值得注意的是,区域的次要含水层可能由于断层的存在和层间补给而成为工程区的富水优势层。

断层的出现增加了突水的危险性和突然性,主要表现在两方面:①断层对面的含水层位置上升,隔

水层厚度突然变薄,焦作煤田大煤下面的优势含水层是八灰(L_8),二灰(L_2)距大煤底板平均距离为70m,一般不具有突水优势(可见图3),但是,作者对1949年后大煤重大突水事故突水水源的统计, L_8 占14次, L_2 也有6次, L_2 突水的原因就在于此,②断层导水(可能在原始地质条件下就导水,也可能是由于采动引起断层活化而导水)^[2],形成层间补给,使在其它区域或该区域其它地点不具有富水优势的含水层,富水性大大增加,而成为此地的优势含水层,1974年3月26日,焦作小马村矿二煤西三轨道底板石门大巷掘至367m,巷道底板距 L_5 5m(见图1),发生突水,最大涌水量 $2700\text{m}^3/\text{h}$,突水使全矿停产1个月,治水过程中死亡2人, L_5 厚度仅2.8m,此前在焦作矿区从未发生过 L_5 突水,一直未被视作可能的突水水源,但在此地,由于小构造和断裂发育,使 L_5 与 L_2, O_2 等强含水层水力联系十分密切,补给条件良好,而成为优势含水层。

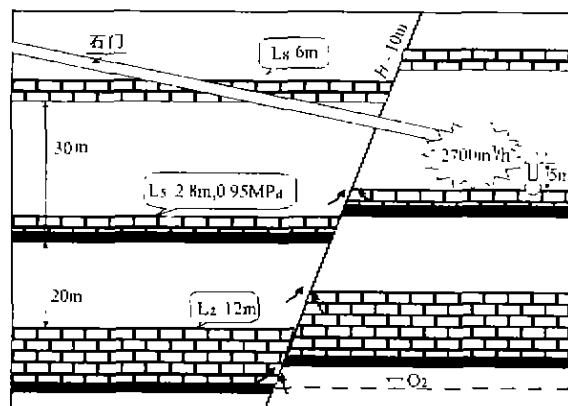


图1 焦作小马矿突水示意图

由于对断层导水和层间补给条件认识不清,优势含水层判断失误,造成突水的事件屡屡发生,由于事前没有思想准备,事故一旦发生,措手不及,常常造成重大损失。

综上所述,以煤炭开采常见的底板岩溶突水为例,优势含水层判断可按图2所示步骤和思路进行。

2.3 针对性的防治水对策

针对含水层的突水优势因素,可以采取相应的有针对性的工程对策,含水层的厚度决定了其含水量的大小(富水优势),其间的差别是很大的,因而要采取不同的截堵排方案;隔水层性质、厚度(距离优势)及其组合特征决定着围岩的抗渗和控稳优势、充分利用工程开挖的时空效应,可以有效降低围岩变形失稳和入渗的危险性^[1]。

一般情况下,薄层灰岩水是可以疏干的,为了防止突水发生,在揭露含水层之前,应首先通过放水试验查明不同块段的富水性,对于补给不足的地区,可

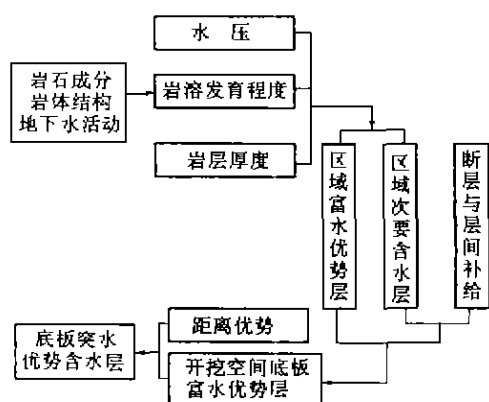


图2 底板突水优势含水层判断步骤

超前排放疏干;对于补给丰富的地区,要先查明补给边界和通道,先堵后排,堵排结合;如果薄层灰岩下面赋存着强含水层,该薄层灰岩可作为“观测层”,通过对其水位的观测,判断导水通道,然后封堵。厚层灰岩水量丰富,是难以疏干的,相应的对策,是“躲避原则”与区域性排堵相结合。“躲避原则”是关键,即通过隔水岩层(柱)的科学设计达到防止突水的目标。优势含水层、控稳优势层、抗渗优势层组合特征,决定了隔水岩层隔水性能,是隔水层厚度确定的基础;控水优势面、控稳优势面的耦合分析,是断层防水岩柱或堵水方案设计依据。实际工程中,有时难以完全“躲避”,则要躲避与排堵相结合。这时,排水的主导思想是降压,而非疏干。当钻孔排水难收实效时,可采用泄水平洞疏放。对于堵水,要区域性与场地措施并举,地面防洪疏导,区域性截流,富水优势面封堵。

随着开采深度的增大,带压开采(即不得不面对近距离的含水层)已难以避免。除了针对含水层水的截堵排对策,通过地下工程布局、开挖作业方式与工序、作业面大小与开挖速度的合理布置,可以在不利条件下争取有利优势,减小突水危险性^[1]。

3 优势含水层控制突水的工程实例

如图3所示,焦作矿区可采煤层共三层:大煤、二煤、三煤。大煤和三煤之间为石炭系的灰岩、砂岩、粉砂岩、页岩互层,总厚度90~100m。其中灰岩9层,总厚20~40m,占整段地层的30%~50%。三煤下面10~20m为厚层状的奥陶系灰岩。

从整个煤田来看,八灰 L_8 、二灰 L_2 、中奥陶统灰岩 O_2 岩溶发育、厚度大、富水性强、水压高,为富水优势层。 L_8 厚6~8m,以裂隙岩溶水为主,溶洞为辅, K 值一般在1~15m/d,静水位标高90m。 L_2 厚12~20m, K 值一般在5~20m/d,静水位标高90m。 L_8 与 L_2 在静水位活动带(标高60~90m)岩溶最发育,发

育程度随深度增加而降低。奥陶系灰岩顶部为华北地区广泛分布的古风化带,厚约30m,为弱透水带;构造裂隙发育程度随深度增加而降低。岩溶发育程度也相应地随深度增加而降低;中奥陶统灰岩岩溶发育程度与断层关系密切。

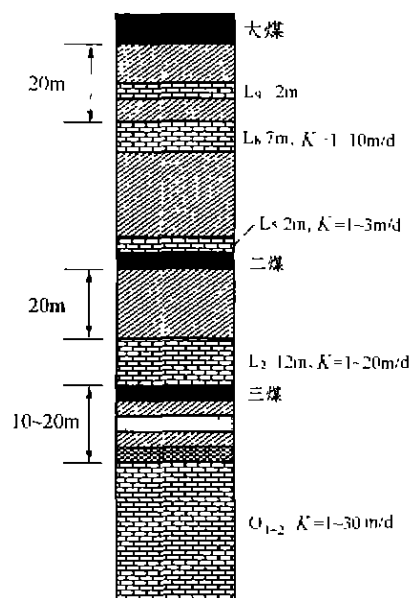


图3 焦作煤田岩层柱状示意图

L_8 顶板距大煤底板20m左右,兼具距离优势,为大煤开采及顶底板掘进的优势含水层。因此,大煤开采及顶底板掘进的重大突水事故中,有14次源于 L_8 ,占66.7%。 L_2 顶板距二煤顶板20m左右,兼具距离优势,为二煤的优势含水层。因此,二煤重大突水事故中,5次源于 L_2 ,占50%。

另外,据笔者统计,大煤突水尚有6次源于 L_2 ,1次源于 L_3 ;二煤突水也有2次源于 L_5 ,3次源于 O_2 ;王封矿六煤煤巷掘进突水源于 O_2 。这或者是由于断层出现,使开挖空间与含水层之间的距离突然变短;或者是由于断层导水引起层间补给,使在其它区域或本区域其它地点不具有富水优势的含水层在此地成为优势含水层。

参考文献:

- [1] 李晓昭,罗国煜,张迪,等.地下工程突水的变形失稳机制与控稳优势层[A].第五届华东岩石(土)工程学术交流会议论文集[C],2001.
- [2] 罗国煜,陈新民,李晓昭,等.城市环境岩土工程[M].南京:南京大学出版社,2000.
- [3] 中国科学院地质所.中国岩溶研究[M].北京:科学出版社,1979.
- [4] 冯启言,沈文,李义昌.滕沛煤田奥陶系岩溶发育的层控规律[J].煤田地质与勘探,1990,(1):40~44.

(收稿日期:2001-09-19 编辑:熊水斌)