

# 重庆松藻煤矿茅口灰岩岩溶水害与治理

周述和

(松藻煤电有限责任公司生产部,重庆 401445)

**摘 要:**松藻煤矿井下+335大巷C<sub>6</sub>岩溶裂隙出水点,由于接受地表汇水洼地水源的补给,最大涌水量达3500m<sup>3</sup>/h,对矿井安全构成极大威胁。通过物探、巷探、施工截流巷等勘查方案揭露了C<sub>6</sub>岩溶裂隙通道,经过高压帷幕注浆阻断下渗通道等治理措施,排除了困扰该矿20多年的水害威胁,为煤矿类似水害的治理积累了宝贵经验。

**关键词:**矿井突水;岩溶水害;帷幕注浆;截流;松藻煤矿

**中图分类号:**TD745

**文献标识码:**A

松藻井田位于重庆市綦江县,四川盆地东南边缘与贵州高原过渡地带,地表相对高差约+900m,最低侵蚀基准面标高为+300m。松藻煤矿始建于1958年,开采二叠系龙潭组煤层,矿井经过多次改扩建,现核定生产能力90万t,实际生产能力70万t。

松藻矿区位于基岩裸露山区,煤系底板茅口石灰岩在地表大量出露,地下岩溶管道极其发育,富水性极强,特别是井下揭露的强径流带、溶洞、暗河等,它们与地表汇水洼地、河流连通,井下采掘工作面一旦揭露,矿井极易发生水害事故。由于岩溶管道的发育具有不均一特征,其治理难度很大。松藻煤矿对岩溶水害治理进行了20多a的探索,终于在2003年成功治理了威胁矿井安全的C<sub>6</sub>岩溶水害。其在水害治理过程积累的经验与教训对类似煤矿水害的治理具有一定的借鉴意义。

## 1 松藻井田茅口灰岩岩溶的水文地质特征

松藻井田属亚热带湿润气候,年降雨量957.7~1129.5mm之间,区内河流发育,溪沟纵横交错,全区被切割成形态各异、大小不等的、相对独立的、“河间地块型”的水文地质单元。井田内茅口石灰岩大面积出露,加之山高谷深的地貌形态,地下水迳流、排泄条件良好,再赋之充足的降雨量,给岩溶地貌的形成创造了良好条件。形状不同、大小不一的落水洞、溶洞、漏斗及岩溶洼地展布全区,且暗河发育。其岩溶地下水具有:①富水性极不均一,水平、垂直方向差异较大;②在水力联系上存在各向异性;③水动力剖面呈三带:垂直循环带、交替循环带、深循环带。④地下水明显表现为气象型。

### 1.1 矿井主要岩溶水害

松藻煤矿井口位于井田南端松坎河边,井口标

高+333.1m,矿井沿煤层走向在茅口石灰岩布置单翼平峒进行开拓,采区阶段运输巷也布置茅口石灰岩中,通过阶段石门进入煤系地层,由于煤矿主要运输系统均位于茅口灰岩顶部50m以内,随着矿井向两翼的延伸,该层位范围内的岩溶不断的被揭露。截至2004年,矿共揭露茅口岩溶104个。其中,+335水平以上65个,占62.5%;+335~+100水平39个,占37.5%;属溶洞型43个,溶蚀裂隙型47个,断层裂隙型14个。多数岩溶初始涌出时水质浑浊,常伴有大量泥砂涌出,出水量一般不大,待静储量疏干后干枯。对矿井安全生产构成威胁的主要是该矿揭露的C<sub>6</sub>岩溶水,因其与地表有水力联系,涌水量大,来势凶猛,给矿井开采带来了极大的威胁。

C<sub>6</sub>岩溶位于井田中部,于1982年12月18日在矿运输大巷距井口4050m处揭穿,管道成蜂窝状,揭穿时涌水量为162m<sup>3</sup>/h,管道内有大量泥砂涌出,经过几次大雨后,岩溶管道得以疏通,次年7月14日涌水量达到3260m<sup>3</sup>/h,其后的数年间,C<sub>6</sub>岩溶涌水量多次超过1000m<sup>3</sup>/h。

1998年8月7日,特大暴雨袭击松藻煤,矿井再次遭受水害,C<sub>6</sub>岩溶涌水量达3500m<sup>3</sup>/h,+335大巷被水淹没,六采区主排矸井筒被冲垮,七采区+335变电所被淹,蓄电池机车被淹,造成矿井局部停产20d,全面停产3d。据不完全统计,自+335大巷揭穿C<sub>6</sub>岩溶以来,累计发生水害183次,矿井停产207d,半停产386d,少产原煤41万t,直接经济损失2600万元。

### 1.2 C<sub>6</sub>岩溶充水因素分析

从表1、图1中可看出,C<sub>6</sub>岩溶与太气降雨量明显相关。当一次降雨量超过30mm时,即发生灾害性涌水,涌水量大于1000m<sup>3</sup>/h,而在枯水季节却为10m<sup>3</sup>/h,说明该岩溶地下水明显地表现为气象型,以1998年的涌水量为例,地表降雨后几小时涌水量

作者简介:周述和(1963—),男,地质工程师。

收稿日期:2005-09-09

责任编辑:葛晓云

表 1  $C_6$  岩溶涌水量表(部分)

Table 1 Table of  $C_6$  karstic water inflow (a part of)

时间	最大涌水量 /m <sup>3</sup> ·h	降雨量 /mm
1983.7.14	3 250	131.7
1984.5.25	1 320	30.3
1985.7.1	1 663	120
1987.8.7	1 374	44.4
1989.4.21	1 362	47.3
1992.5.6	1 078	70.3
1996.7.1	1 210	87
1997.7.14	2 486	97.1
1998.8.7	3 500	130

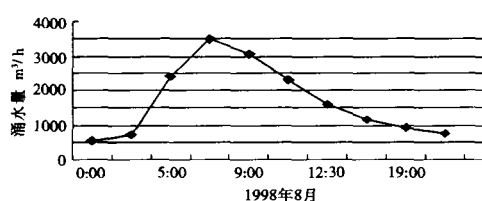


图 1 时间与涌量关系图

Figure 1 Diagram of mine inflow versus time

即可达到峰值,水量减小的过程则相对较长。 $C_6$ 岩涌水量在洪水期与枯水期相差甚大,表现出明显的气象型特征,说明其接受大气降雨的补给条件畅通。调查发现,滥弯洼地汇集的大气降雨经滥弯 43 号落水洞潜入地下。1984 年连通试验表明, $C_6$ 岩溶地下水补给源为地表滥弯封闭型洼地汇集的大气降雨。在  $C_6$ 岩溶未揭穿前,43 号落水洞形成的地下水经暗河管道由

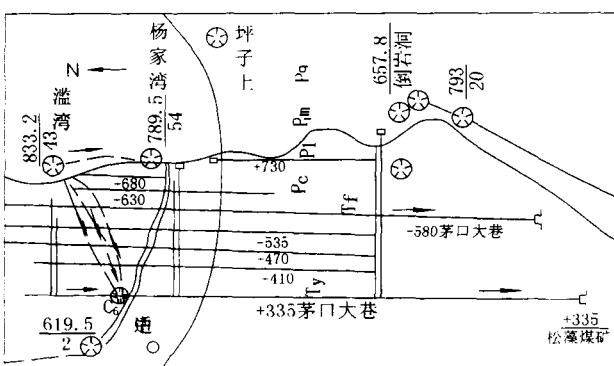


图 2  $C_6$  岩溶矿井充水通道示意图

Figure 2 Diagrammatic drawing of  $C_6$  karstic mine water penetrating channel

由于滥弯汇水洼地面积只有 0.81km<sup>2</sup>,只有在大雨后才能汇集到足够的地表水,经 43 号落水洞潜入地岩溶通道,在井下出水点形成灾害性突水。

## 2 岩溶水害治理

由于  $C_6$ 岩溶灾害性涌水量大,具管道流与裂隙流并存特征,岩溶充水通道复杂,先后共进行了三次治理,历时近 20a,耗资百万。

## 2.1 落水洞截流放水上山

+335m 标高以上各阶段茅口大巷与+335 大巷处于同一层位,距煤系地层底板 25~30m,+680、+630、+580、+535、+470、+410 大巷都揭露了多处岩溶出水点,这些出水点的共同特征是岩溶空硐直径小于 20cm,最大涌水量不到 10m<sup>3</sup>/h,并随着下阶段岩溶点的揭露,上阶段岩溶的涌水量相继减小,有的甚至干枯,只有暴雨时才会有水涌出,说明它们之间有着一定的水力联系(图 3)。由于其涌水量小,表明这些岩溶出水点还不是  $C_6$ 岩溶的主通道,但岩溶主通道经 43 号落水洞发育至  $C_6$ 岩溶是可以确定的。只

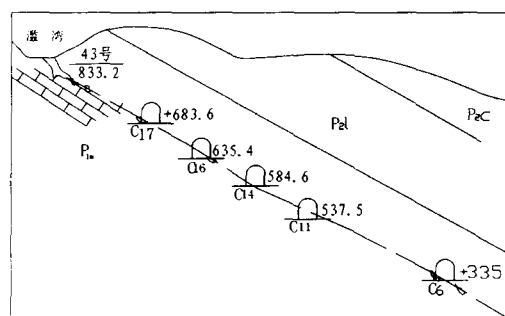


图 3 43 号落水洞岩溶剖面示意图

Figure 3 Schematic section of karstic No.43 sinkhole

要能够将落水洞汇集的地表水截流, $C_6$ 岩溶水害即可得到治理。根据这一

思路,1985a 设计从+580 茅口大巷施工放水上山,揭穿滥弯汇水洼地 43 号落水洞,将落水洞汇集的地表降雨通过放水巷引至+580 茅口大巷排出。

该方案设计放水上山 450m,采取边探边掘、远距离放炮等安全措施。当放水上山施工至 300~310m 处,岩溶裂隙发育,乱石、黄泥夹杂其中,加之遇岩溶充水等条件,并发生了多次顶板垮塌事故,为确保安全生产,最终放弃了这一治理方案。

## 2.2 岩溶主通道截流放水上山

1985 年在+580 茅口大巷施工放水上山的方案失败后,矿井接连发生了多次岩溶水害事故。1998 年, $C_6$ 岩溶水害治理工程再次启动。为吸取原来的教训,改放水上山揭穿地表落水洞为截流平巷揭穿岩溶主通道,岩溶地下水经+580 大巷流出井口。

该方案的关键是确定岩溶主通道的位置,根据该矿的实际情况,较可行的手段一是物探,二是钻探。物探成本相对较低,但只能作参考依据;由于岩溶具属管道流与裂隙流并存,少量钻孔难以揭露岩溶主通道。故采取二者相结合的探测方案,优势互补,有利于降低成本和提高效率。1998 年 3 月,该矿根据煤科总院重庆分院采用地质雷达探测岩溶主通道报告,施工验证钻孔 12 个,但均未能探测到岩溶通道,至使施工截流巷寻找岩溶主通道无从下手,使

该方案终未实施。

### 2.3 +335 大巷截流

2002 年, 松藻煤矿开始施工+100 水平茅口大巷, 如果该巷道揭露  $C_6$  岩溶向下延伸的岩溶主管道, 后果不堪设想, 因而必须对  $C_6$  岩溶进行治理。

随着矿井开采水平向深部水平的不断延深，+335 大巷以上各水平已不具备治理 C<sub>6</sub> 岩溶的施工条件，目前唯一可行的方案只能在 +335 大巷实施。治理方案分三步。

①物探查清。根据煤科总院重庆分院地质所地质雷达和电测法的综合探测结果:C<sub>0</sub>岩溶通道距煤系底板约 34m,沿岩层倾向发育的单体溶洞在走向上断续沟通,通道系统是相互有水力联系的多通道的网状形态系统。

②施工截流巷。2002 年 10 月,截流巷沿物探根据物探报告提供的主要岩溶通道位置(图 4)施工,探巷距+335 大巷 7m,共施工探巷 210m,在探巷

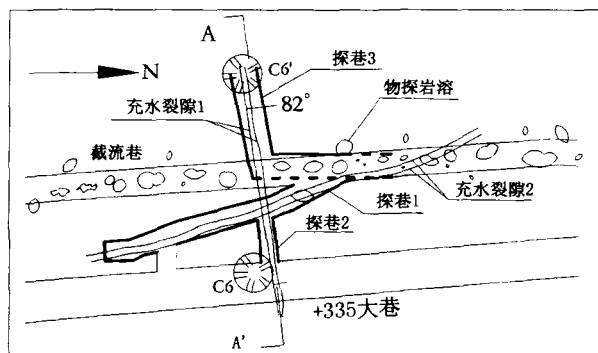


图 4 C<sub>6</sub> 岩溶探巷平面图

**Figure 4 Plan of C<sub>6</sub> karst prospecting tunnel**

42m 处揭露充水岩溶 2,涌水量 2~15m<sup>3</sup>/h,涌水由底板向上涌,在探巷其余地段未揭露较大岩溶和出水岩溶。根据岩溶 2 的涌水量情况,该充水裂隙 2 不可能是主要通道。由于 C<sub>6</sub> 岩溶具有灾害性的涌水量,其主要通道应该距 C<sub>6</sub> 岩溶出水点不远。根据这一思路,2003 年 5 月沿充水裂隙 2 的发育方向施工探巷 1,未找到主通道;其后由探巷 1 向 C<sub>6</sub> 岩溶出水点掘探巷 2,仍未找到主通道。探巷 1 失败后,经再次分析认为,既然充水裂隙 2 涌水由底板向上涌,主通道有可能位于底板。于是 2003 年 10 月在截流巷揭露充水裂隙 2 的底板方向追踪涌水裂缝作探巷,在下山 18.4m 处,终于揭露出主涌水通道 C<sub>6</sub>'。该主通道倾向 175°,倾角 80°~85°,岩溶裂缝通道宽度 0.3~0.6m,高 1.5~2.0m。其后沿裂缝掘 10m 之后,可见岩溶水从巷道顶部向下流淌,流量为 5~15m<sup>3</sup>/h。

经 2004、2005 年对 C<sub>6</sub> 岩溶系统的观测,探巷 3

的 C<sub>6</sub> 点雨季最大涌出水量为 700~800m<sup>3</sup>/h, 而 C<sub>6</sub> 岩溶几乎看不到有水涌出。据这些特征可以看出, C<sub>6</sub> 岩溶的涌水量和空间大小均符合 C<sub>6</sub> 岩溶涌出灾害性水量所要求的条件, 至此可以认为 C<sub>6</sub> 岩溶水治理工作取得了关键性的突破。

③注浆堵水。 $C_6$ 岩溶系统为呈网状结构相互沟通的岩溶管理道流特征,经对目前已经揭露的几处出水点及其相关特征进行分析(图5), $C_6$ 点涌水量较大时来水源自水<sub>4</sub>、水<sub>2</sub>、水<sub>5</sub>,水量较小时来水源自

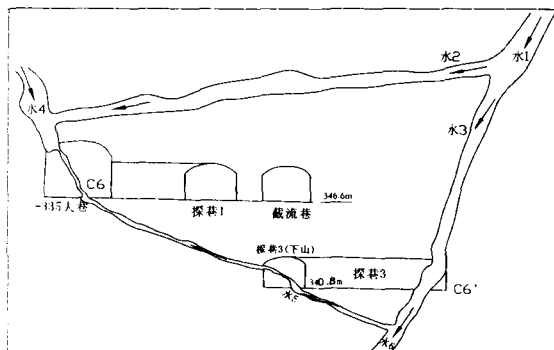


图 5 C<sub>6</sub> 岩溶 A-A' 剖面图

**Figure 5 C<sub>6</sub> karst A-A' section**

水<sub>4</sub>、水<sub>2</sub>,探巷3揭露充水裂隙后改变了原来流向,故能见底板水向上涌出。C<sub>6</sub>揭穿后来自水<sub>3</sub>的水从C<sub>6</sub>点处涌出,原C<sub>6</sub>点就不会再有水涌出。因此,要将来自滥弯的岩溶水截流在+335水平,需要阻断岩溶水向下渗透的通道。故采取在探巷3发硐、淌底、预留高压注浆孔的方式阻断下渗通道。共实施发硐淌底巷道20m,岩溶探孔及高压注浆孔5个。治理后,从C<sub>6</sub>涌出的岩溶水从探巷3流经+335大巷自井口流出,达到了预期的治理目的。

### 3 结论

①对 C<sub>6</sub> 岩溶进行治理的关键是找出岩溶主通道, 施工截流巷并辅以注浆堵水的方案能够收到良好的效果, 采用物探可初略判断岩溶发育的大致方向和层位, 再采用钻探对探物资料进行验证, 能够减少工程良浪费, 做到有的放矢。

②发育于石灰岩中的岩溶管道呈网状结构,相互沟通,以岩溶发育层位和充水裂隙的发良方向为线索探查岩溶主通道比较可行。

③ C<sub>6</sub> 岩溶系统治理后最大涌水量未超过 800m<sup>3</sup>/h,与 C<sub>6</sub> 曾经的最大涌水量相差甚远,此次所揭露的岩溶管道是不是主通道还有待实践检验,如果存在其它主通道,还有必要在+335 大巷进一步治理。

(下转第 77 页)

71.15m,远大于 60m 的防水煤柱,所以采公式(1)计算裂高是不符合实际情况的。根据钻孔揭露的实际情况采用公式:

$$\Sigma H_{\text{裂}}/n + \Delta H_{\text{裂}}, \quad (2)$$

式中: $H_{\text{裂}}$ 为揭露的导裂带高度; $n$ 为揭露孔数; $\Delta H_{\text{裂}}$ 为揭露裂高最大与最小差。

按公式(2)计算本矿区防水煤柱为 81.88m。

#### 4 结束语

祁东矿两带孔施工资料表明,即使同一工作面,孔间距相差不大的范围内其导裂高度差别也较大,这种差异说明不同地段内原生裂隙的发育程度

不同。在施工的 8 个钻孔中有 3 个导裂带高度已超过 60m,因而发生突水事故是必然的。因此,建议对水文地质条件复杂的矿井进行开采时,浅部应施工“二带”观测孔,以利分析判别导裂带高度,为矿井合理留设防水煤柱提供依据。

#### 参考文献:

- [1]皖北煤电集团有限公司.巨厚松散含水层突水淹井快速高效治理技术[R].宿州:皖北煤电集团有限公司,2002.
- [2]江苏煤炭地质勘探三队.祁东矿  $L_1-L_4$  钻孔施工小结[R].徐州:江苏煤炭地质勘探三队,2003.
- [3]苏毅、徐德成.新集二矿东翼 11-2 煤层提高开采上限的研究与实践[J].中国煤田地质,2004,16(6):29-31.

### Analysis and Distinguishing of Water Conducted Zone Height above Roof in Qidong Coalmine

Song Jisu

(Jiangsu Coal Geological Exploration No.3 Team, Changzhou, Jiangsu 213017)

**Abstract:** Designing height of water conducted zone for new coalmine is generally estimated by the use of empirical formulae from mine criteria. Extraordinarily serious water bursting happened in Qidong coalmine loose rock mass illustrated that when empirical formulae used in complicated hydrogeological condition mines will arise to mistakes, while the mine uses drilling to explore height of water conducted zone has good results. After analyzed data from eight "two zones"\* drilling, the author considered that: heights of water conducted zone in one and the same working face have obvious difference, may have relation to development extent of initial fissures. So the author advises: in complicated hydrogeological condition mines have to placing special "two zones" drilling, for the basis of coal pillar leaving.

\* "two zones" means caving zone and fractured zone, and the water conducted zone is a collective term for them.

**Keywords:** hydrogeological condition; height of "two zones"; analysis and distinguishing

(上接第 67 页)

#### 参考文献:

- [1]刘玉森.松藻井田阳新统灰岩岩溶水分布规律矿及矿井防治水工作对策[J].矿井地质,1991,(1).
- [2]石小光,李万华,孙云雾,等.松藻煤矿一井勘探(延深)地质报告[R].

重庆:重庆 136 地质队,1989.

- [3]王连成,高克德,等.松藻煤矿 C6 岩溶充水通道系统物探报告[R].重庆:煤炭科学研究总院重庆分院,2002.

### Maokou Limestone Karstic Water Flooding and Harnessing in Songzao Coalmine, Chongqing

Zhou Shuhe

(Production Department, Songzao Coal and Power Co. Ltd., Chongqing 401445)

**Abstract:** The karstic fracture water C6 exit point in underground +335m main roadway of Songzao coalmine, because of it takes in recharging from surface catch-pit, so the maximum inflow of 3500m<sup>3</sup>/h from the point composed huge threaten to mine safety. Through exploration measures of geophysical prospecting, tunneling prospecting and cutoff tunneling revealed C6 karstic fracture water channel. By the use of high-pressure grouted curtain to let off infiltration channel and other harnessing measures, to get rid of water flooding threaten which persecuted the mine for more than twenty years. It builds up valuable experiences for water flooding harnessing in similar conditioned coalmines.

**Keywords:** water bursting in mines; karstic water flooding; curtain grouting; cutoff; Songzao coalmine