

综合物探方法在竹叶山坑道寻找溶洞裂隙的应用

罗鉴凡，彭宇朝，陈永东

（云南有色地质调查院，云南昆明 650216）

摘要：竹叶山矿段，由于开采中段的不断下降，水文地质条件发生变化，1999 年发生了三次较大的淹井。为了寻找出尚未揭露的溶洞裂隙，以便进行引水排水，在坑道内开展了综合物探测量，取得了很好的效果。异常经坑道和钻孔验证，均见到溶洞裂隙。

关键词：综合物探方法；寻找；溶洞

竹叶山矿段位于个旧市南东，属老厂矿田南东部的一个矿段。目前开拓有 2050m、1785 m、1750 m 三个中段。由于开采中段的不断下降，水文地质条件发生变化，矿体处于地下水的季节变动带中。雨季期间地下水对矿体影响较大，1999 年雨季发生了三次较大的淹井，造成停产近 2 个月。

为了寻找尚未揭露的含水与不含水的溶洞裂隙，我队于 2000 年 3 月~4 月在该矿段的 2050m、1785 m、1750 m 中段坑道内，投入电阻率中间剃度、联合剖面 and 电阻率测试三种物探方法，查明了坑道内的溶洞裂隙分布情况。在 2050 m 中段，主要寻找含水的低阻裂隙溶洞，以便在上部堵水；在 1750 m 中段，主要寻找能排水的高阻空溶洞，以便在下部排水；然后利用坑钻工程予以连通达到引、排矿坑水目的。综合物探方法取得了很好的效果。经二条坑道及三个钻孔的验证，均见到了溶洞的裂隙。

1 地质概况及水文地质特征

竹叶山矿段地处红河与南盘江支流的泸江水系之间地表分水岭地段，地势西高中低，气候潮湿，阴雨多雾，降雨大而集中。矿坑涌水量因受季节影响，变化较大。最小仅 126.23m³/d，最大可达 28571.60 m³/d。

区内出现的地层，除地表溶蚀洼地、漏斗、溶槽中堆积有第四系松散的残坡积土、砂质粘土（砂锡矿），均为三叠统个旧组白云岩、灰质白云岩、大理岩互层。各中段裂隙、节理构造主要以白西向组、东西向组为主，北东向组次之。几组不同方向裂隙同时作用时，使得某一部位的溶蚀作用增强，形成溶蚀洞穴或溶洞。

岩溶主要沿断裂破碎带及节理裂隙或层间破碎带交汇部位发育。而岩溶最为发育地段则是近地表部位。地下水补给主要来源大气降雨。一般以垂直渗透为主，当坑道及钻孔揭露后，则直接涌入坑道成为矿坑水。

2 地球物理特征

根据以往在各旧地区开展电测深工作的研究结果及本次工作的知：测区内，含水裂隙、花岗岩、含泥大理岩电阻率相对较低，电阻率平均值小于 1000 $\Omega \cdot m$ 。属低阻体。大理岩、白云岩电阻率较高，平均值为 4000 $\Omega \cdot m$ 。不含水溶洞裂隙电阻率最高，其电阻率值大于 20000 $\Omega \cdot m$ ，属高阻体。含水裂隙、花岗岩、含泥大理岩的电阻率比大理岩、白云岩的电阻率低 3~

10 倍；不含水溶洞裂隙的电阻率比大理岩、白云岩高 2~20 倍。说明电性差异明显，无论找高阻不含水溶洞裂隙，均具备较好的物性前提条件

3 方法技术

仪器采用 WDJ-1 多功能直流激电仪，中间梯度法供电极距 $AB=600\sim 1000\text{m}$ ，测量极距 $MN=10\text{m}$ ，点距 5m 。供电电流 $>1.5\text{A}$ 。联合剖面法 $AO=50\text{m}$ ， $MN=10\text{m}$ ，点距 $=5\text{m}$ ，供电电流 $>300\text{mA}$ 。电阻率测探法 $AB/2=220\text{m}$ ，点距 $10\text{m}\sim 15\text{m}$ 。

4 应用效果

(1)异常解释

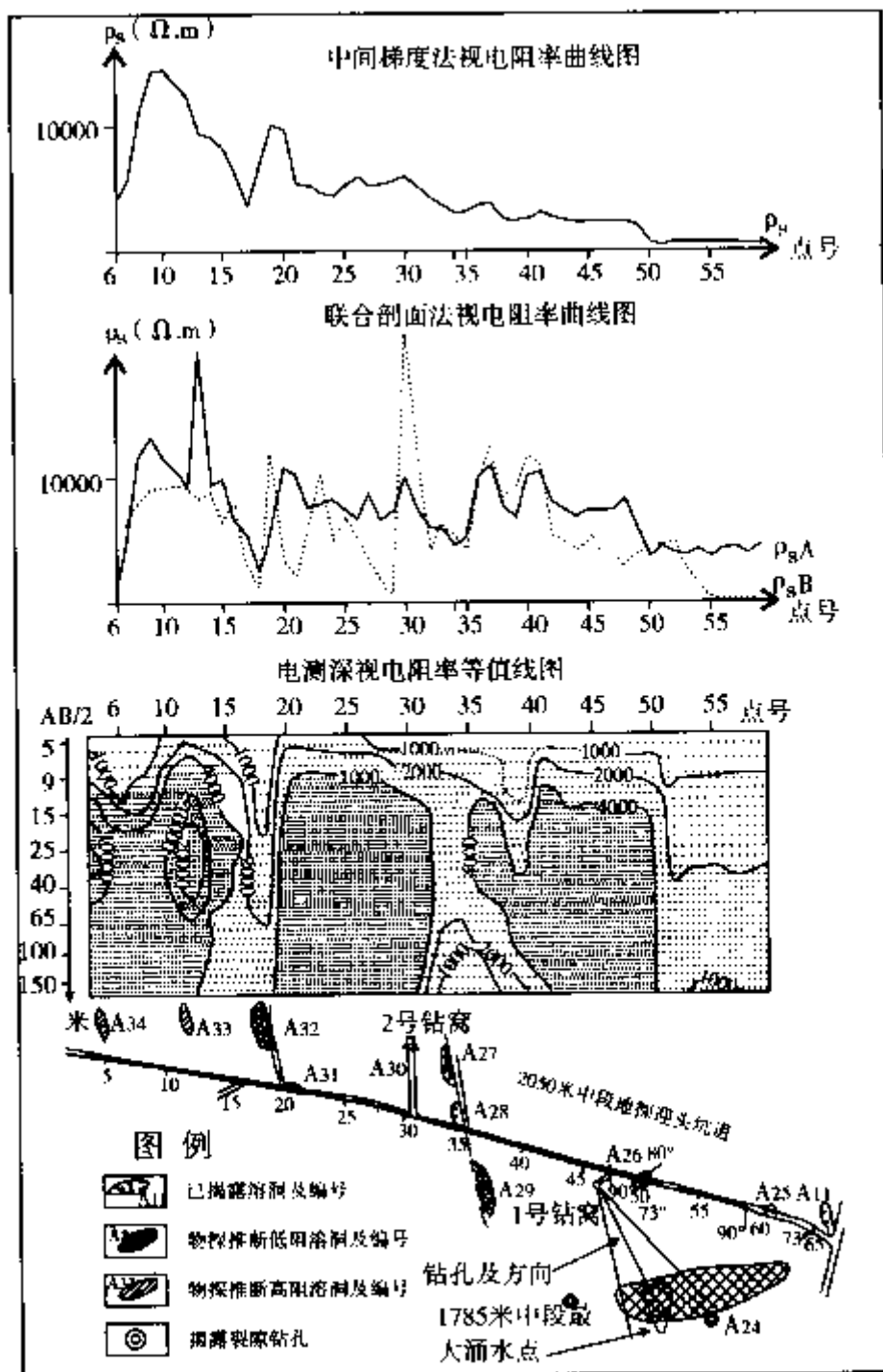


图 1 叶竹山2 050m 中段地探迎头坑道地质、物探异常及溶洞裂隙推断综合图

2050m 中段地探迎头坑道长约 340m，物探在该坑道主要寻找含水的低阻溶洞，以便堵水。但也要考虑寻找不含水的高阻溶洞，因旱季时的不含水溶洞到了雨季时可能成为含水溶洞。该坑道分别开展了中间梯度法、联合剖面法和电测深三种方法勘查。结果发现，三种方法在已知裂隙上都有不同程度的反应。20 号点为已知裂隙，目前不含水，属高阻裂隙，中

间梯度法在该处有明显的高阻反应（见图 1）。49 号点裂隙目前含水比较丰富，属低阻裂隙，联合剖面法在该处有一个明显的低阻正交点。电测深 ρ_s 等值线发现的高、低阻异常均与中梯、联剖异常吻合。以上充分说明，所投入的三种方法寻找含水与不含水溶洞裂隙是很有效的。

在该坑道开展的中间梯度法测量，除已知的 20 号点为高阻溶洞外，还发现一个较突出的高阻异常（7~13 号点）及一个范围很宽的低阻异常（50~59 号点）

联合剖面法是一种寻找低阻体含水溶洞、裂隙的有效方法，在该坑道的未知地段，发现了 2 个正交异常（17 号点和 33 号点）及 3 个低阻异常（38 号点、6 号点和 50~59 号点）。

电阻率测探法是寻找溶洞裂隙相当有效的一种方法， ρ_s 不但非常直观地反映出地质剖面纵向与横向的电性变化情况，而且还可计算出异常体的大致埋深。从电测深 ρ_s 等值线图上看，发现 2 个高阻异常区（3 号点、9~12 号点）和 5 个低阻异常区（6 号点、17 号点、33 号点、38 号点和 50~59 号点）。

通过工作，再 2050 m 中段地段迎头坑道未知地段发现 2 个明显的高阻异常（A34、A33）和 5 个低阻异常（A32、A27、A29、A26、A24）。根据坑道地质露头、岩层、构造列席产状，结合各种物探方法异常的强弱、曲线交点位置及电阻率大小等，认为高阻异常为不含水溶洞裂隙引起；低阻异常为含水溶洞、裂隙引起。

2050 m 中段各坑道经物探测量，结果显示低阻含水溶洞主要位于地探迎头坑道地段。

在 1750 m 中段坑道，物探主要寻找高阻排水溶洞。在该中段，投入了电阻率中间梯度法和联合剖面法进行了勘探，并在异常地段开展电测探法进行检查。从中间梯度法上看，在该中段发现了 2 个高阻异常和 3 个低阻异常。高阻异常分别在 59 号点（C2）和 63~64 号点（C3）（见图 2）。低阻异常分别在 61 号点（C4）、69 号点（C5）以及 74 号点（C6），这 3 个低阻异常均处于已揭露的含水裂隙上。从联合剖面法曲线上看，其高、低阻异常基本上与中间梯度法曲线反映的高、低阻异常相对应。综合中梯、联剖和电测深三中方法，在 1750m 中段发现了 2 个高阻异常，分别为 59 号点（C2）和 63~64 号点（C3）。上述高阻异常推断为不含水溶洞裂隙引起。

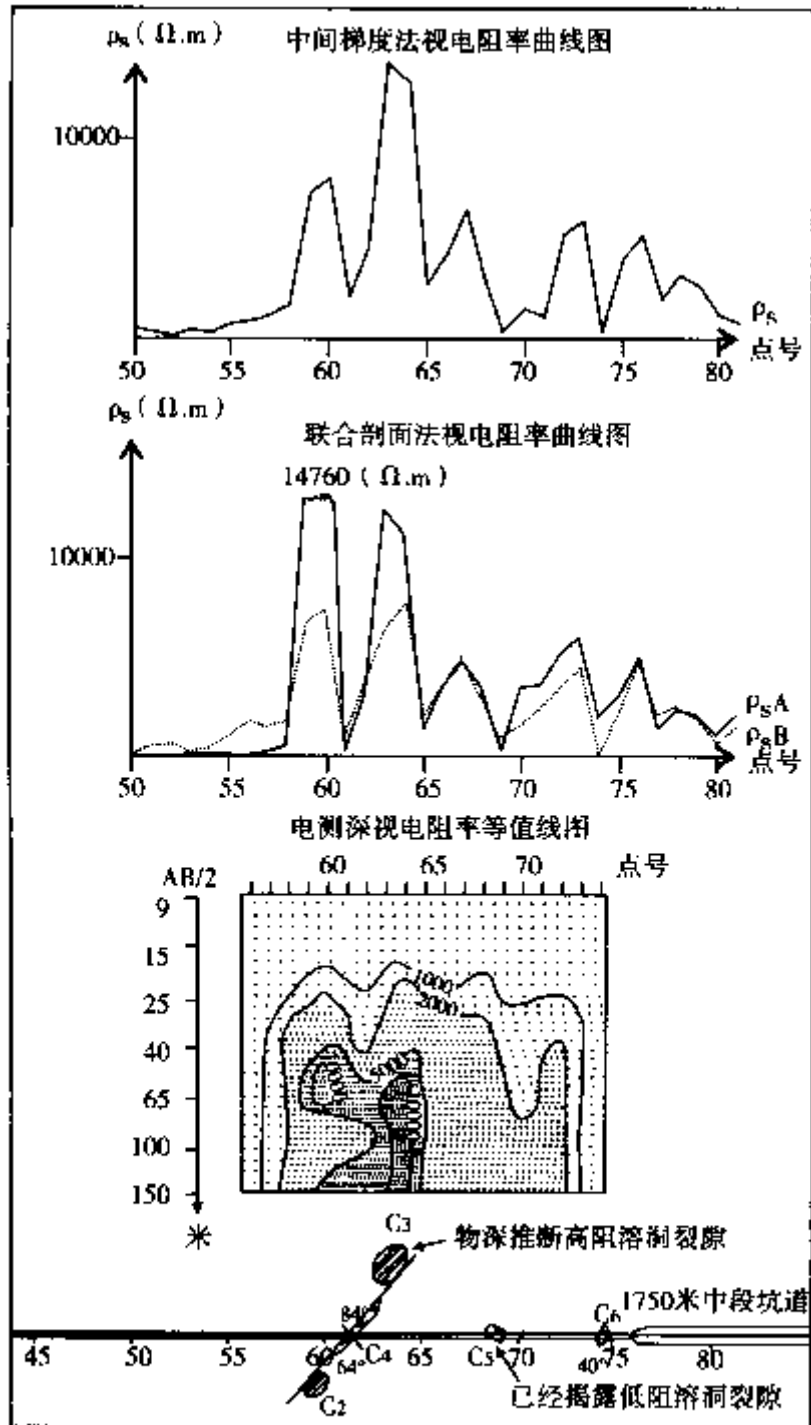


图2 叶竹山坑 1750m 中段地质、
物探异常及溶洞裂隙推断综合图

(2) 验证情况

2000年5月，云锡公司在2050m中段地探迎头对A32、A27以及A24异常进行坑道和钻孔验证。用坑道验证了A32和A27，结果发现A32是填充泥土的低阻溶洞，A27是充水溶洞，流量为1553m³/d；用钻孔在1号钻窝打了三个平钻（见图1），均见较大的溶洞裂隙。

在雨季期间，发现 1750m 中段的高阻异常 C2 与 C3 之间的裂隙漏水。

5 结束语

通过对竹叶山坑道 2050m、1750m 等中段的电法勘探和地质调查工作，得出以下结论：

（1）在该区所投入的电阻率中间梯度法、联合剖面法及电测深法在寻找含水和不含水溶洞裂隙是有效的，综合物探在寻找溶洞裂隙中起到了快速、经济的作用。

（2）2050m 中段主要含水溶洞位于地探迎头坑道地段；1750m 中段的高阻排水溶洞主要位于该坑道中段的 C2 和 C3 地段。

（3）经坑道及钻孔验证，在验证异常处均见到了裂隙溶洞。

本项目得到了云锡公司、西南有色地质勘查局 308 队的大力协助；编写过程中得到了李文尧、陈明伟和冯开平高工的指导与帮助，在此表示诚挚的谢意。