第 23 卷第 3 期　　湖南科技大学学报(自然科学版)　　Vol.23 No.3
2008 年 9 月　　Journal of Hunan University of Science & Technology(Natural Science Edition)　　Sept. 2008

综合物探在岩溶地区公路工程勘察中的应用

赵杰华[1]，谭捍华[1]，罗　强[2]，黄家会[3]，柳治国[1]

(1. 贵州省交通规划勘察设计研究院,贵州 贵阳 550001;2. 贵州省交通厅,贵州 贵阳 550003;3. 中国矿业大学，江苏 徐州 221116)

摘　要:针对岩溶地区公路勘察中物探技术存在的多解性问题,以贵州镇宁至胜境关高速公路 K175+500～K176+600 岩溶路段场地为对象,应用地震映像法、地震面波法、三极直流电测深法、高密度直流电法、瞬变电磁法和地质雷达法进行勘察,通过对同一位置不同物探方法解释结果的综合对比分析,采用打分法来判断异常体的性质,提高了物探勘察结果的准确性.图 7,表 3,参 8.

关键词:岩溶;地震映像法;地震面波法;三极直流电测深法;高密度直流电法;瞬变电磁法;地质雷达法

中图分类号:U416　　文献标识码:A　　文章编号:1672-9102(2008)03-0077-06

研究区位于贵州镇宁至胜境关高速公路 K175+500～K176+600 路段,地处贵州高原西部山区,路段高程介于 1 696～1 732 m,相对高差 36 m,路基宽 24.5 m,最大挖深 13 m,最大填高 24 m.坡面圆缓及平坦状,地表基岩裸露,受构造剥蚀、溶蚀作用强烈,岩溶洼地、溶沟、溶槽、漏斗、落水洞、节理及构造裂隙发育,其内为土层覆盖.

在该地貌条件下,采用地震映像法、地震面波法、三极直流电测深法、高密度直流电法、瞬变电磁法和地质雷达法等综合物探方法,查找下方隐伏的、埋深 20 m 以内、尺寸在 3～5 m 以上的岩溶洞、隙、溶沟、溶槽等地质构造,并进行大量的钻孔检验工作,以研究基岩出露和薄覆盖层条件下岩溶区物探方法的有效性.

1　地质背景

路段地处于一级构造单元扬子准地台→黔北台隆→六盘水断陷→普安旋扭构造变形区亦资孔向斜轴部,构造影响强烈.路段区出露的地层主要由第四系残坡积层(Qdl+dl)及三叠系中统关岭组(T2g)组成.第四系残积层(Qel):为粘土,褐黄色,含少量的强风化灰岩碎块,稍湿.局部分布于缓坡及低洼处,一般厚度较小;基岩为三叠系中统关岭组三段(T2g3):为灰、灰白色薄-中厚层的细晶白云岩夹少许泥质白云岩及薄层泥岩,岩层平缓,4°～6°,大致向西倾斜.地表基岩普遍出露,节理裂隙发育,岩体较破碎,局部极破碎或完整.

受构造影响,路段区节理裂隙以及大型的溶蚀裂隙槽发育.位于 K175+655 左右侧溶蚀-构造裂隙的 L1,走向 141°～321°,长 400 m以上,宽 3～20 m,其与线路大角度斜交,呈缝、槽状,在 K175+655～+700 左侧与岩溶发育带的溶蚀洼地相交,路线左侧填高 14 m;发育较小的分支溶蚀-构造裂隙 L2,走向 180°～0°,长 100 m以上;位于 K175+846 左右段的溶蚀-构造裂隙 L3,发育走向 141°～321°,与线路垂直,长 150 m以上,与岩溶发育带的溶蚀洼地相交;位于 K176+315 左右段的溶蚀-构造裂隙 L4,长 600 m以上,与线路呈大角度斜交,走向 180°～0°;轴线右侧段受岩溶影响形成较大、较深的条形洼地;左侧山体见 128°～308°走向闭合的长条状裂隙发育.

沿路段左侧发育有数个呈线状分布的岩溶漏斗。经地质调绘分析,该地层岩溶溶蚀现象极为严重,溶洞、溶沟、溶槽发育,主要分布于 K175+655～K176+030 左侧及 K176+000 处.Y1 干溶洞:位于 K175+810 左侧 48 m岩溶洼边,空间较大;Y2 溶洞及落水洞:位于

收稿日期:2007-11-18
基金项目:西部交通建设科技项目(200231800018)(200831800061);贵州省科技成果重点推广计划项目(黔科合成字[2207]5012 号)
作者简介:赵杰华(1966-),男,四川南江人,高级工程师,主要从事公路工程勘察及设计的研究工作.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

K175+890 左 70 m岩溶洼地内，发育空间较大，向深处延伸；Y3 大溶洞：位于 K175+895 左 50 m～+920 左 40 m，洞口位于岩溶洼地岩壁上，洞口小，向胜境关方向延伸 20～30 m，深约 20～30 m，发育空间较大；Y4 干溶洞：位于 K176+263 右 150 m，发育空间较小。该岩溶路段的典型物性参数见表 1.

表 1　镇胜线 175 岩溶路段的典型物性参数

Tab.1　Typical physical parameters of 175 karst area

岩 性	电阻率 ρ/(Ω·m)	P 波速度/(m/s)	相对介电常数
粘 土	10～30	330～400	23.2
白云岩	350～4 000	2 100～2 500	12.3

2　勘察方案

镇胜线175 岩溶路段的测线布置见图 1. 各测线的基本情况和采用的物探手段见表 2.

本区的工程浅震探测以地震映像法为主，在有土层覆盖的测线段，辅以面波法. 采用 GeoPen 公司生产的 48 道数字地震仪. 该工地面波勘探排列布置在 K175 的溶蚀洼地草坪上，与地震映像测线 K175-2 桩号 42～136 m段重合. 半覆盖式地布置了 7 个排列：分别是 42～64 m、54～76 m、66～88 m、78～100 m、90～112m、102～124 m、114～136 m；中心点分别在桩号 53、65、77、89、101、113、125 m 施工采用小道号端、变化偏移距 6、4、2 m激发、以道距 2 m、12 道排列接收；同时，在第 7 排列采用反向、偏移距 2、4、6 m激发，以求取得更完整的资料. 该地段由于土层相对较厚，面波较为发育.

表 2　镇胜线 175 岩溶路段各测线基本情况和采用的物探手段

Tab.2　Base situation and physical exploration methods of Zhensheng Highway 175 karst area

测线编号	测线特征	采用方法
K175-1	沿中轴线 K175+700~K176+250 路段，该线多半是在石灰岩的露头上，Ⅰ-5～Ⅰ-15.	地震映像；直流测深；瞬变测深；地质雷达
K175-2	中轴线左约 20 m，K176~K176+250. 从 K176 左的一个溶蚀洼地开始，上一个较陡的小坡通过大片草地，然后缓慢下到另一个溶蚀洼地（蚕豆洼）坡顶上. 桩号 36-150 m段，为地势平坦的“草原”，大体通过“草原”的中心.	地震映像；面波；地质雷达
K175-5	横测线，大致在 K175+910 与中轴线相交，它处于一个大溶洞顶上，大多是岩石裸露.	地震映像
K175-6	横测线，岩石多裸露.	直流测深；瞬变测深；地质雷达
K175-7	横测线，横穿草地，在 K176+090 附近与中轴线相交	地震映像；瞬变测深；地质雷达
K175-8	沿中轴线 K175+510~K176+610 路段	高密度电法

直流三极电深测法对 K175-1、K175-6 测线进行探测，采用固定 MN 方法，即 $L_{MN}/2$=5 m，供电电极极距序列为：L_{OA}=7、10、12、15、20、25、30、40、50、60、70、80、90 和 100 m，根据地表及测量结果情况，测点点距设置为 5~10 m

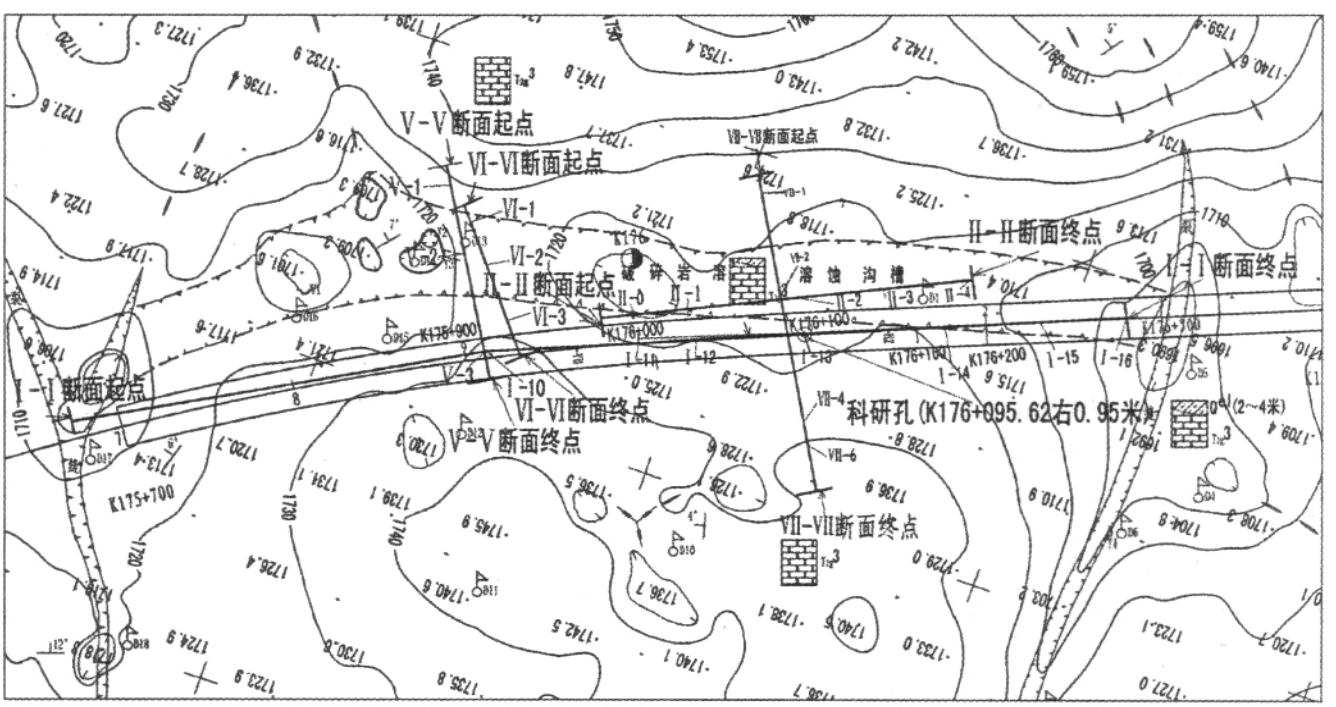


图 1　镇胜线 175 岩溶路段的各测线布置图

Fig.1　Lay out of surveying line of 175 karst area

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

高密度电探采用对称四极测深测量方式. 进行 16 层剖面 27 次滚动测量, 测量断面为矩形, 根据地形起伏, 电极间距为 4 m, 每个排列可以采集 432 个视电阻率数据, 也就是每个排列进行 27 个变换 16 次 $L_{AB}/2$ 极距的对称四极测深点的测量. 使用的仪器为重庆奔腾数控技术研究所生产的 WGMD-1 型高密度测量系统.

瞬变电磁法探测采用澳大利亚产 SIROTEM-Ⅲ瞬变电磁仪, 采用中心回线装置形式, 线框为 12 匝边长 5 m×5 m, 测点点距为 2.5 m.

根据区内的地质条件, 选取等偏移距剖面法为主, 辅以宽角法测定电磁波速度. 测区共布置测线 4 条, 测线布置同地震映像法, 其中 K175-1 探测Ⅰ-5～Ⅰ-13+11. 宽角法 CDP 测线在 K175-2 测线上布置 3 点, 测试中固定发射天线, 移动接收天线, 作变偏移距测试.

雷达仪器采用瑞典 Mala Geoscience 公司生产的 RAMAC 地质雷达系统. 天线为 50 MHz 分体式天线, 采样频率 807 MHz, 偏移距 1 m, 采样点数为 480, 时窗分别为 594 ns, 测点间距 0.125 m.

3 数据处理与资料分析

3.1 地震映像资料处理和解释

对于地震映像的原始数据, 数据的处理流程如下: 格式转换、剖面的拼接、频谱分析、增益恢复(AGC)、瞬时相位分析.

地震映像数据分析的关键是从瞬时相位剖面上寻找绕射波; 当找到绕射波的同相轴, 其顶点对应于绕射源的平面位置, 同时从理论上以不同的速度和深度制作不同的双曲线拟合实际的双曲线, 根据达到最佳拟合时的速度和时间即可计算出绕射源埋藏的深度; 从剖面上面波发育的程度, 判断溶沟、溶槽的存在, 根据其面波发育的道数, 大致解释其宽度. 典型剖面见图 2, 它是沿中轴线的完整的 K175-1 等偏移距剖面的一段.

3.2 面波资料的处理和解释

所取得的原始资料都经过如下流程处理: 读入一次激发记录、道号倒序(从左到右, 序号从小到大)、频谱分析和低通滤波、选择用于分析的(空间, 时间)窗口、f-k 分析、在 f-k 域频散曲线、反演 v-h.

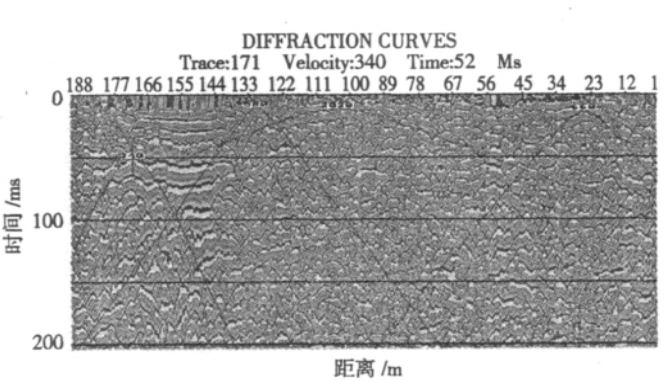


图 2 K175-1(1-190)剖面解释

Fig.2 Interpretation of K175-1(1-190) profile

从该地段 v-h 曲线层速度分析看, 垂向大体可以划分 3 层, 见图 3. 3 层层速度分别为: ≤300 m/s; 300~1 500 m/s; ≥1 500 m/s. 它们分别对应于表土层、风化层和未风化层. 3 层层厚横向变化较大. 表土层厚度≤2～4 m.

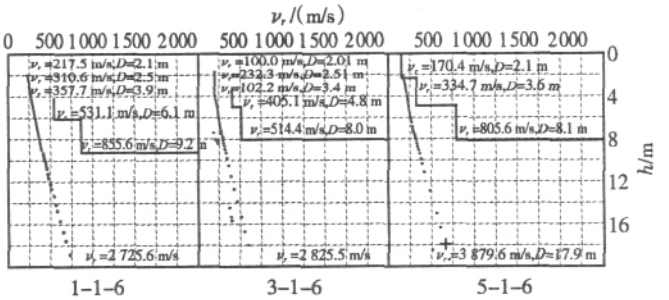


图 3 第 1、3、5 排 6 m 偏移距、相同激振方向的 3 条典型 v_r–h 曲线的层速度分析

Fig.3 Analysis of layer velocity of three typical v_r–h curves

3.3 直流电法三极断面测深资料处理和解释

图 4 为测线 K175-1 的直流三极电深测法勘探成果图, 从图上可知, 该路段电法勘探有效范围内有 5 个主要的低阻异常区(即 1#、2#、3#、4# 和 5# 异常区). 其中 1# 异常区位于 16 号和 17 号测点之间(桩 I-13 附近), 横向影响范围较小, 埋深约为 13 m, 结合地质纵断面图解释为溶洞或溶蚀破碎发育带的影响, 深部溶蚀破碎裂隙进行一步的发育. 2# 异常区位于 23 号测点处(即桩 I-12 附近), 在横向和纵向影响范围较小, 埋深约为 10, 解释为局部的岩溶或溶蚀破碎带的发育. 3# 异常区位 25 号测点处, 横向影响范围较小, 主要是地表层溶沟、溶槽以育的反映. 4# 异常区位于 12～13 号测点之间, 埋深较浅, 主要是溶沟、溶槽和溶洞发育的影响. 5# 异常区位 5～6 号测点之间, 纵向范围较深, 解释为溶蚀裂隙或溶沟、溶槽的反映. 直流电法勘探成果图所反映的异常区与地质纵断面图所揭露的表层溶沟、溶槽和溶洞的发育影响一致.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

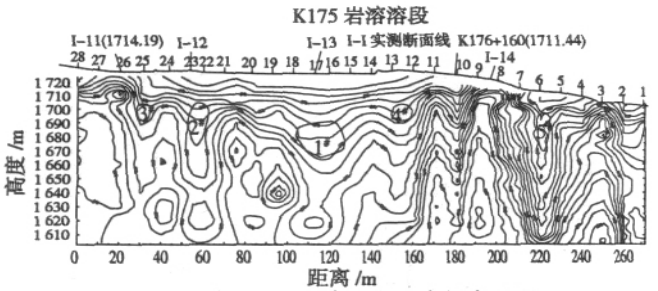


图 4 测线 K175-1 直流电法勘探成果图

Fig.4 Achievement drawing of DC exploration of K175-1

3.4 高密度电法资料处理和解释

高密度电法勘察中电极间距采用 4.0～5.0 m，根据理论计算及经验，本次高密度电法反映的深度在 30 m左右. 图 5 是该场地中轴线一段的高密度电法视电阻率等值线图.



图 5 K175+900～K176+200 岩溶路段中轴线高密度电法视电阻率等值线图

Fig.5 Contour chart of method of high density resistivity of K175+900～K176+200

根据视电阻率等值线断面图和高密度电阻率数据反演软件进行反演结果，综合地质解释结果如下：

K175+640～K175+684 段：在勘探深度内，显示为低阻异常，推断为溶洞、溶沟、溶槽或溶蚀裂隙发育；K175+780～K175+808 段：在勘探深度内，为低阻异常带，推断溶洞、溶沟或溶蚀裂隙发育；K175+824～K175+860 段：为低阻异常带，推断为溶洞，深度大概 14 m；K175+863～K175+876 段：在勘探深度内，为低阻异常带，推断为溶沟、溶洞或溶蚀裂隙极发育；K176+180～K176+204 段：在勘探深度内，为低阻异常带，推断为溶蚀破碎区，局部可能存在小型溶洞；K176+300～K176+320 段：为低阻异常带，深度大概在 10 m左右，推断为溶洞、溶沟或溶蚀裂隙发育.

解释断面图所示的溶洞、溶沟及溶槽等，是依据等值线图和反演软件解释结果的异常综合绘制的，表示岩溶发育的可能性，而不能完全描述岩溶的具体空间形态.

3.5 瞬变电磁法资料处理和解释

测线 K175-1 瞬变电磁法勘探成果图与直流电法勘探所反映的构造异常区基本一致. 测线 K175-6 对应的瞬变电磁法勘探成果图见图 6，在工程布置图上这 2 条测线相距较近，且近于平行，其中 K175-6 测线也进行了直流电法三极测深工作. 这 2 个成果图中所标注的 1# 、2# 异常分别对应同一异常构造，并且与直流电法勘探成果图反映的异常一致，分别为空洞和岩溶发育及溶蚀裂隙的反映.

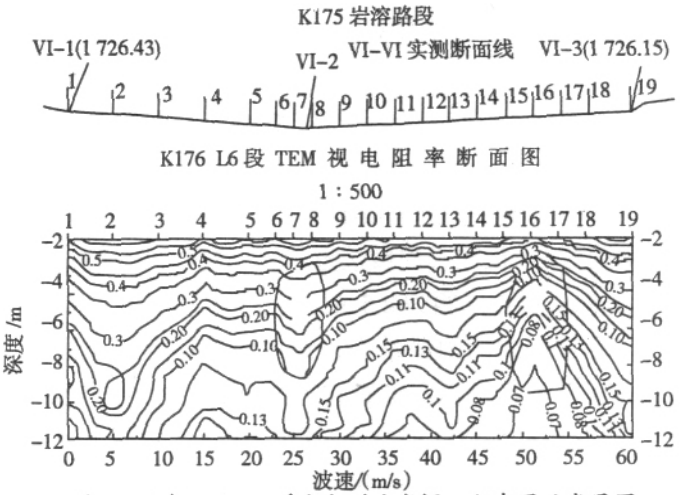


图 6 测线 K175-6 瞬变电磁法勘探工程布置及成果图

Fig.6 Achievement drawing of transient electromagnetic method of K175-6

3.6 地质雷达

地质雷达数据处理流程为：文件编辑、水平校准、频谱分析、频带滤波、增益恢复.

地质雷达探测岩溶洞穴，因其地质背景、充填情况以及地形条件的差异，反应特征身份复杂. 一般而言，岩溶洞穴随地质条件和充填情况的差异，可表现为双曲线反射弧、“云雾”状或“虎皮花斑”状阴影、“条带状”反射、“拉帘子”、强吸收、多次回波等多种特征. 本测区可见到强吸收、多次回波、“拉帘子”(图 7) 的典型反映.

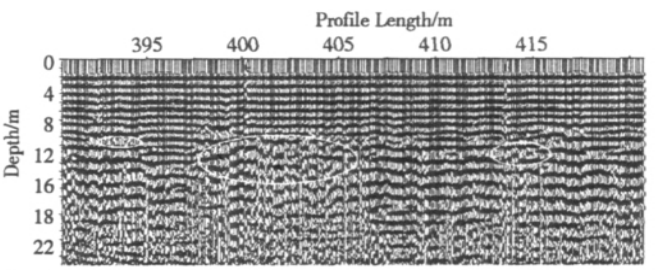


图 7 测线 K175-1 Ⅰ-12+52～82 地质雷达探测剖面及地质解释

Fig.7 Geological interpretation and ground probing radar section of K175-1

4 综合解释

如表 3，本次研究采用综合打分法，一般而言 2 种方法吻合的记为“B”，3 种或以上的记为“A”，1 种方法的记为“C”. 对于条件适当，物探方法适用性强的条件，单一方法可打“B”或“A”，如地形平整、基岩裸露、电磁干扰小的条件下，地质雷达法可打“A”，地震面波法、折射波法探测覆盖层厚度，可打“B”或“A”，等等. 地震解释在各种物探方法分别提出物探解释的基础上，汇总得表 3.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　镇胜线 175 岩溶路段物探异常及地质解释成果汇总表

Tab.3 Summary sheet of abnormality and geological interpretation of Zhensheng Highway 175 karst area

测线	异常体性质	异常体距起点与测点关系 /m	解释结果			异常评级
			地震映像法 面波法	直流三极电测深法 高密度电法 瞬变电磁法	地质雷达	
K175- 1 地震映像 直流电测深 高密度电法 瞬变测深 地质雷达	岩溶洞穴	2- 20 Ⅰ - 5+2~20	两个近距离溶洞绕射弧	仅做了高密度，表现为低阻异常	小溶洞群	B
		46- 53 Ⅰ - 5+46~53	孤立溶洞绕射弧	无明显反映	无明显反映	C
		88- 101 Ⅰ - 5+88～101	无明显反映	高密度，低阻异常	强吸收特征，反射信号弱	B
		160- 175 Ⅰ - 5+160～175	无明显反映	高密度，低阻异常	信号错断，扭曲，175 两侧电磁信号有强度差异	B
		190～205 Ⅰ - 5+190～205	无明显反映	高密度，低阻异常	10 m深度小反射弧扭曲	B
		227- 234 Ⅰ - 10 +4~10	孤立溶洞绕射弧	高密度，表现为低阻异常	多次反射	A
		250- 255 Ⅰ - 10 +25～30	无明显反映	仅做了高密度，表现为低阻异常	两处反射弧	C
		289- 296 Ⅰ - 11- 11~16	孤立溶洞绕射弧	电测深、高密度、瞬变均表现为低阻异常	小溶洞群	A
		346- 348 Ⅰ - 12 ±	孤立溶洞绕射弧	均表现为低阻异常	上部多反射弧特征，下部信号错断	A
		389- 391 Ⅰ - 12+40～44	孤立溶洞绕射弧	无明显反映	上部多反射弧特征，下部信号杂乱	B
		409- 412 Ⅰ - 13 ±	孤立溶洞绕射弧	电测深、高密度为低阻异常，瞬变无明显反应	多次反射	A
		451- 458 Ⅰ - 14 - 30m±	孤立溶洞绕射弧	均表现为低阻异常	未探测	B
		539± Ⅰ - 14 +49m±	孤立溶洞绕射弧	未探测	未探测	C
	溶蚀沟槽	9- 154 Ⅰ - 5+9～154	面波发育	未探测	浅部多个小反射弧	A
		184- 208 Ⅰ - 5+184～208	面波发育	未探测	浅部多个小反射弧	A
		332- 348 Ⅰ - 11+13～ Ⅰ - 13+25	面波发育	浅部的低阻异常	浅部多个小反射弧	A
		511- 524 Ⅰ - 14+22～25	面波发育	浅部的电阻率等值线变化复杂	未探测	B
		578- 587 Ⅰ - 16- 6～15	面波发育	未探测	未探测	C
K175- 2 地震映像 面波 地质雷达	岩溶洞穴	85～100 Ⅱ - 2 - 2	孤立溶洞绕射弧	未探测	多个小反射弧	B
		112- 115 Ⅱ - 2+ 19～22	孤立溶洞绕射弧	未探测	反射弧	B
		146- 157 Ⅱ - 3 +5~6	孤立溶洞绕射弧	未探测	浅部两个反射弧	B
	溶蚀沟槽	31～44 Ⅱ - 1～Ⅱ - 1+13	面波发育，波速低	未探测	浅部多个小反射弧	A
		50～122 Ⅱ - 1 +20～Ⅱ - 2+30	面波发育，波速低	未探测	浅部多个小反射弧	A
		157- 162 Ⅱ - 3+13～18	面波发育，波速低	未探测	浅部多个小反射弧	A
K175- 5 地震映像	岩溶洞穴	29 Ⅴ - 1 +29	孤立溶洞绕射弧	未探测	未探测	C
		39 Ⅴ - 1 +39	孤立溶洞绕射弧	未探测	未探测	C
		62 Ⅴ - 2 +62	孤立溶洞绕射弧	未探测	未探测	C
		81 Ⅴ - 1 - 20	孤立溶洞绕射弧	未探测	未探测	C
		93 Ⅴ - 1～7	孤立溶洞绕射弧	未探测	未探测	C
	溶蚀沟槽	1- 6 Ⅴ - 1 +1～6	面波发育，波速低	未探测	未探测	A
		17- 21 Ⅴ - 1 +17～21	面波发育，波速低	未探测	未探测	A
		71- 77 Ⅴ - 2 +30～36	面波发育，波速低	未探测	未探测	A
K175- 6 直流测深 瞬变测深 地质雷达	岩溶洞穴	30- 34 Ⅵ - 2+4～8	未探测	直流、瞬变均为低阻异常，但位置有偏差	杂乱回波，同相轴错断	B
		55- 60Ⅵ - 3- 4 m～Ⅵ - 3	未探测	均为低阻异常	多次回波	B
	溶蚀沟槽	0- 20Ⅵ - 1～Ⅵ - 1+20	未探测	浅部电阻率低，等值线扭曲变化	浅部反射弧	B
K175- 7 地震映像 瞬变测深 地质雷达	溶洞	9 Ⅶ - 1 +9m±	孤立溶洞绕射弧	无明显反映		C
		27 Ⅶ - 1+27m±	孤立溶洞绕射弧	瞬变低阻异常	表层图像复杂，下部难以判断	B
		96 Ⅶ - 2+35~36	孤立溶洞绕射弧	瞬变低阻异常		B
	溶蚀沟槽	3- 9Ⅶ - 1+3～9	面波发育，波速低	电阻率等值线扭曲变化	浅部多个小反射弧	A
		29- 92Ⅶ - 1+29～Ⅶ - 2+30	面波发育，波速低	电阻率低，等值线扭曲变化	浅部多个小反射弧	A
		99- 104 Ⅶ - 2+37～42	面波发育，波速低	电阻率低，等值线扭曲变化	浅部多个小反射弧	A

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本测区的岩溶洞穴或岩溶裂隙带表现为低阻异常,采用电法:包括直流三极电测深、高密度电法、瞬变电磁均显示为低阻异常.但是,瞬变电磁受地形条件限制较大.如 K175-1 测线距Ⅰ-14-30 m±处, 直流三极电测深和高密度电法表现为低阻异常, 而瞬变剖面无明显反应,分析认为该处地形起伏大,位于岩溶沟槽上方,地表覆盖层厚度大,影响了瞬变测深的效果.

为验证物探成果地质解释资料, 在 175+700 ~ K176+600 岩溶路段布置了 19 个钻孔, 选择验证的地质异常主要为带状异常和点状异常 2 大类,前者以断层为代表,后者以溶洞为代表.其中:ZK2、ZK5、ZK13、ZK14 均在异常显示深度处遇到溶洞.ZK1、ZK10、ZK15、ZK17 处于洼地,覆盖层较厚,根据钻孔资料,在低阻异常处节理裂隙发育.钻孔 ZK4、ZK8、ZK12,在低阻异常显示处,或为节理裂隙发育,或存在溶蚀现象,与物探解释基本吻合.

5 结论

物探方法存在多解性,如电性上的低阻不一定都是溶洞所致, 如对应有地震映像剖面上的绕射特征,有地质雷达剖面上的‘鸣震’等特征,则可得出是岩溶的基本判断;否则可能是浅部影响或裂隙发育带或隐伏的溶沟、溶槽.因此,应进行物探资料的综合解释,减少多解性,提高最终解释的质量.

各种物探方法对不同的地形、地质条件有各自的适用性和局限性,探测精度和分辨率差异明显,各种物探方法的优化组合可以发挥各种方法的特点和优势,提高地质资料解释的精度.

采用打分法进行物探方法异常解释精度的综合评价, 是实现物探方法合理应用的基本手段.在布置野外物探工作时,应结合实际条件,选择综合得分高的方法组合,以最经济、可靠的方法实现探测目的.

参考文献:

[1] 闫长斌.综合物探方法及其在复杂群采空区探测中的应用[J].湖南科技大学学报 自然科学版),2005,(3):10-14.
YAN Chang-bin. Research of Composite Geophysical Methods and its Application in Detection Complicated Group Mined-out Areas [J]. Journal of Hunan University of Science & Technology(Natural Science Edition), 2005,(3):10-14.

[2] 刘 羽. 瞬变电磁法在不同类型工程中的应用[J]. 桂林工学院学报,1995,(4):382-387.
LIU Yu. The Application of Tem to Some Typical Projects[J]. Joural of Guilin Institute of Technology, 1995,(4):382-387.

[3] 武 斌.综合物探在京珠高速公路粤境北段岩溶探测中的应用[J].四川地质学报,2005,(3):190-192.
WU Bin. The Application of Integrated Geophysical Survey to the Karst Exploration in the Northern Guangdong Section of the Beijing-Zhuhai Expressway[J]. Acta Geologica Sichuan, 2005,(3):190-192.

[4] 袁景花.岩物探方法在索风营水电站岩溶勘查中有效性[J].贵州地质,2004,(2):112-116.
YUAN Jing-hua. Validity of Geophysical Prospecting in Exploration of Karst at Suofengying Hydropower Station[J]. Guizhou Geology, 2004,(2):112-116.

[5] 许章宏.综合物探在工程地质勘察中的应用[J].华东铀矿地质,2003,(1):21-26.
XU Zhang-hong. Application of Comprehensive Geophysical Survey to Engineering Geologic Investigations[J]. HuaDong Uranic Geology, 2003,(1):21-26.

[6] 李 坚. 综合物探在南昆线岩溶复查工作中的应用[J]. 地质与勘探,1998,(4):44-49.
LI Jian. The Application of Geophysical Prospecting in Karst Checking in Nanning-Kunming Railway[J]. Geology and Prospecting, 1998,(4):44-49.

[7] 孟寄猛.物探资料对昆明吴家营水原地岩溶发育研究的有效性[J].中国岩溶,1992,(4):45-55.
MENG Ji-meng. A Study on Karst Development by Use of Geophysical Data in Wujiaying Water Source Base, Kunming[J]. Carsologica Sinica, 1992,(4):45-55.

[8] 刘 崧.物探方法在岩溶勘查中的应用综述[J].地质科技情报,1997,(2):86-92.
LIU Song. A Summary of The Application of Geophysical Methods to Karst Exploration[J]. Geological Science And Technology Information, 1997,(2):86-92.

Application of Comprehensive Physical Exploration for Engineering Geological Prospecting of Highway in Karst Area

ZHAO Jie-hua[1], TAN Han-hua[1], LUO Qiang[2], HUANG Jia-hui[3], LIU Zhi-guo[1]

(1. Guizhou Communication Planning and Propecting Design Academy, Guiyang 550001, China; 2. Construction Department of Guizhou, Guiyang 550003, China; 3. China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: Focusing on the multi-solution problems of the physical exploration in the karst area highway reconnaissance, the karst area of Zhenning to Shengjingguan highway K175+500～K176+600 in Guizhou Province was taken as an example, some methods, such as seismic imaging method, seismic surface wave method, method of 3-electrode electrical sounding, method of high density resistivity, transient electromagnetic method, method of ground probing radar, were applied in reconnaissance. The explanation results are comprehensively analyzed by different physical exploration methods adopted in the same location, the method of marking those results is used to judge the characters of the abnormality, then the accuracy of physical exploration results is improved. 7figs., 3tabs., 8refs.

Key words: karst; seismic imaging method; seismic surface wave method; method of 3-electrode electrical sounding; method of high density resistivity; transient electromagnetic method; method of ground probing radar

Biography: ZHAO Jie-hua, male, born in 1966, senior engineer, reconnaissance, design & scientific research of highway engineering.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net