

用频率测深法探测岩溶分布带

陈公伟 周欣

(浙江省煤田物测队)

1979年江山电力公司黄江变电所, 由于附近农田机井大量抽水, 使地下灰岩溶洞中水位迅速下降, 浮土层失去内应力平衡, 导致洞口处浮土下陷和房屋产生裂缝。我队应江山电力公司的邀请用频测法试探了溶洞陷落区的位置和分布范围, 取得了一定的效果, 证实了该法找水的可能性。

一、方法及测量因素的选择

试验区第四纪黄土层厚约10米, 下伏石炭纪灰岩, 倾向南东。推测区内有北东向断裂, 麻车生产队西侧有北西向断裂, 北东向断裂中发育着岩溶带。灰岩和水存在着明显的电性差。但变电所内有大型变压器, 而且网状高压输电线路密集, 地下埋有多条粗大输电电缆, 产生强大干扰, 使各种直流电法无法进行工作, 因此选用电磁频率测深法。

在频率测深法中, 地面偶极场的 E_x 场强分量为, 在波区

$$E_x = \frac{IAB\rho_1}{2\pi r^3} (3\cos^2\theta - 2)$$

在S区

$$E_x = \frac{IAB\rho_1}{2\pi r^3} (3\cos^2\theta - 1)$$

响, 由于W 015号泉的溶道被泥沙堵塞, 地下水位增高, 岩溶水在平峒中突出, 淹没了巷道, 泉水立即干枯。后将突水点封堵, 泉道清通, 岩溶水则仍由原泉排出, 平峒不再突水。因此在某些条件下用“堵”的方法治理岩溶水也是行之有效的。

式中, θ 为 r 与 AB 的夹角, 在赤道偶极装置中, θ 等于 90° 。由上式可知, 无论是波区或S区, 电场振幅都与地层电阻率密切相关。

一般说来, 对电场振幅而言, $r \geq \frac{1}{2}\lambda$ ($\lambda = \sqrt{\frac{10^7\rho}{f}}$) 时可认为已进入波区。在波区

中地面波起主要作用, 反映地层电性特征最好, 分辨能力最强。而 $r \leq \frac{1}{2}\lambda$ 时, 即为S区, 在S区中地层波起主要作用, 分辨能力较低, 效果与某一极距的直流测深相当。因此在频测方法中, 人们把注意力集中在波区。

但是我们并没有选择波区, 而选择了S区。因为用PC-76型发射机最高频率(6000周)计算, 则灰岩中的电阻率为1000欧姆米

$$\text{时波长 } \lambda = \sqrt{\frac{10^7\rho}{f}} = \sqrt{\frac{10^7 \times 1000}{6000}} \approx 1291$$

米, 如果用17号频点(14.4周)计算, 则 $\lambda \approx 26352$ 米, 这时 r 必须达到650~13200米才能满足波区条件。实际上这是不可能的, 也是不需要的。所以从频测集肤深度 $h = 503.3$

$\sqrt{\frac{\rho}{f}}$ 来考虑, 且要探测的是浅层(小于30米),

决定采用S区。在S区内观测时由于体积测量的结果, ρ_0 值的大小与上覆电性层密切相关

(4)摸清岩溶分布规律避免坑道突水。

众所周知, 岩溶的发育与茅口灰岩的岩性有关, 又与节理裂隙的发育程度成正比。因此, 在摸清岩溶分布规律的基础上适当把矿井巷道绕过岩溶, 这样对降低工程成本, 保证生产安全是有很大好处的。

关。当上覆地层中存在含水溶洞等低阻体时， ρ_0 值降低，反之增高，从而可间接测定含水溶洞。

为了得到足够的讯噪比，避开不能布极的障碍物，经试验最终选择 $r = 164$ 米 ($r \ll \frac{1}{2} \lambda$)，认为这时电磁波已完全进入 S 区。

为了掌握 S 区 ρ_0 值的变化情况，区别随机干扰，实际选择了 16 号 (20.4 周)、17 号 (14.4 周)、18 号 (9.97 周)、19 号 (6.75 周)、20 号 (4.61 周) 五个频点。

二、效果

(一) 已知区对比试验

为研究电场 S 区曲线对含水溶洞的反映特征，先在已知区作了交直流测深试验。对比试验在变电所东侧 5 线上进行 (图 1)。

5 线在已知抽水井的东边，6 号点距抽水井 15 米。 r 选择 50 米和 150 米两种， r 的方向垂直于推断的溶洞分布带，点距 4 米，在 6 号和 10 号点分别布置了最大 AB 距等于 320 米的

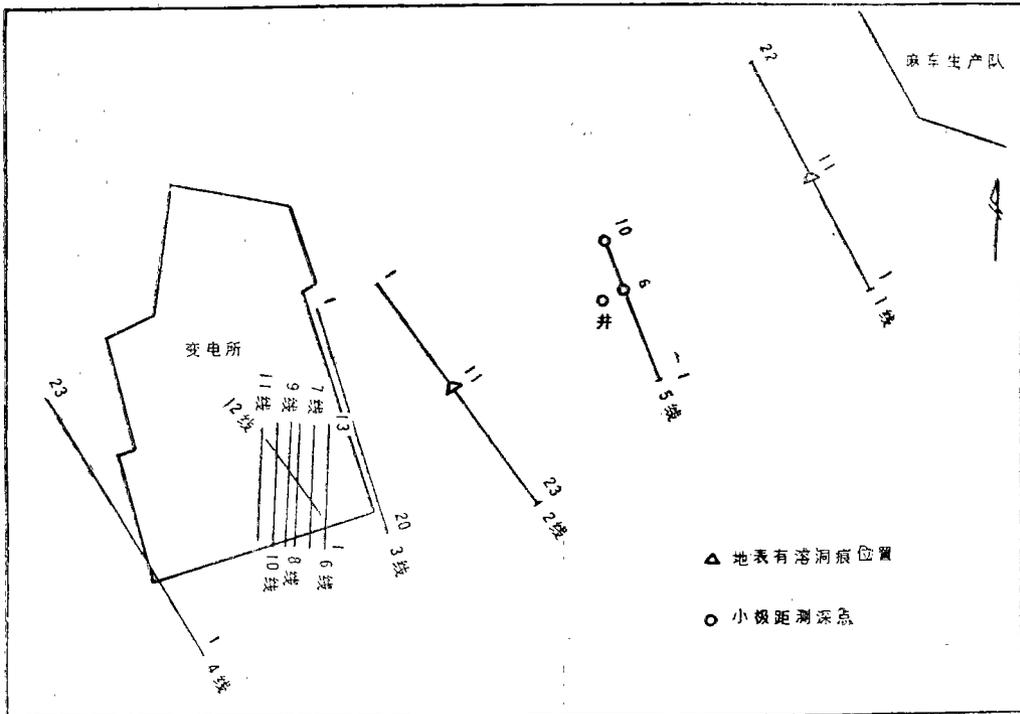


图 1 黄江变电所电法测线布置图

小极距垂向电测深。

频测曲线 $r = 50$ 米组 (采用 17 号频点)，在 5 号点和 8 号点分别出现低值 (图 2)，反映该两点下部有低阻溶洞存在。 $r = 150$ 米组在 2 ~ 5；7 ~ 8 号点出现低值，说明较深部位存在两个溶洞分布带。

6 号点小极距垂向电测深，从 $AB/2 = 2.5$ 米开始曲线呈 45° 上升，说明表层很薄

($Q \approx 2$ 米)，在 $AB/2 = 20 \sim 32$ 米和 $AB/2 = 62 \sim 100$ 米处分别出现低阻转折，即在高阻灰岩中存在两个低阻电性层，表明该点下部不同深度处有两个溶洞带，浅层相当于 $r = 50$ 米频测剖面。

在 10 号点，从 $AB/2 = 1.6$ 米开始进入灰岩，曲线 45° 上升， $AB/2 = 25 \sim 80$ 米段曲线在高阻灰岩上呈现出明显的低阻电性层，反映

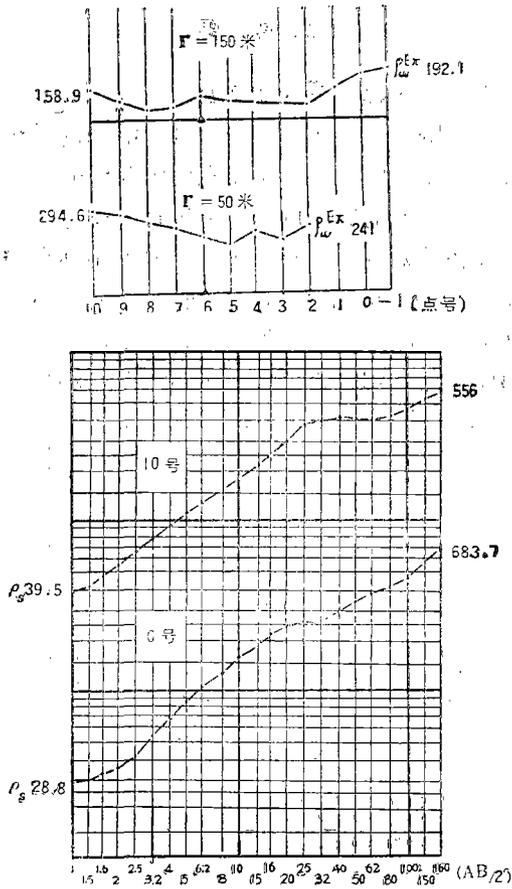


图2 5线频测剖面及6、10号点电测深曲线

明显,宽度很大,AB/2 = 80米以后,曲线又上升。说明在25~80米处存在一个规模较大的溶洞带,它比6号点的浅部溶洞略深一些。

试验表明,小极距直流测深和频测剖面两者反映结果基本相似。

(二) 未知区试验

在变电所内共布置频测剖面线7条(图1),线距6米(8线与9线距离3米),点距4米。根据观测结果绘制了17号频点($f = 14.4$ 周)的 $\rho_w^{E_x}$ 平剖面图(图3)和等 $\rho_w^{E_x}$ 平面图(图4)。在平剖面图上低阻异常带非常清楚,说明在 $r = 164$ 米所反映的深度存在含水溶洞,或者是含水溶洞和该深度内灰岩的电阻率综合反映。等 $\rho_w^{E_x}$ 平面图清楚地反

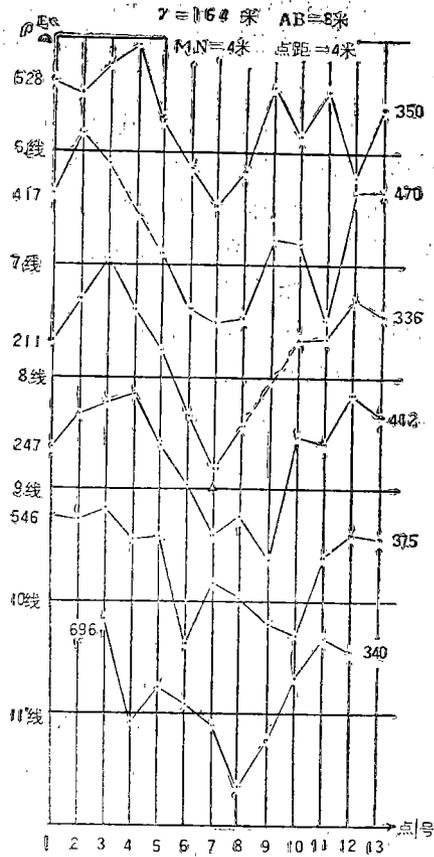


图3 6—11线 $f = 14.4$ 周 $\rho_w^{E_x}$ 平剖面图

映了近东西向(有扭曲)低阻条带和零星低阻闭合区, ρ_w 最低值50欧姆米,最高值为1500欧姆米,差值显著(达30倍)。构制的低阻封闭带与该所地下输电电缆位置不一致。该所地下也没有铺设大的管道等低阻干扰体。因此50和100欧姆米的低阻闭合线(东西向未闭合是测线没有布到之故),推断为含水岩溶发育带和零星含水溶洞区。圈出的岩溶发育带方向与变电所外岩溶发育条带及所内出现裂缝房屋分布范围基本一致。

(三) 验证

用汽车钻进行验证,共钻七个孔(图4)。按 $r = 164$ 米,灰岩电阻率1000欧姆米,探测深度 $H = 503.3\sqrt{\frac{\rho}{r}}$ 计算,理论探测深度约为

52.2米。考虑到变电所的安全每孔只打30米左右,其中1、2、6号孔布置在低阻异常带上,5号孔在高阻带上,4号在圈定岩溶发育带的延伸方向上,7号孔在未知区。钻探结果,3号孔在14.56~16.76米;19.14~21.40米见充填黄土的溶洞,25.68~27.48米见充水溶洞;4号孔在21.44~22.34米见充黄土溶洞,23.24~25.54米、25.84~34.33米见充水溶

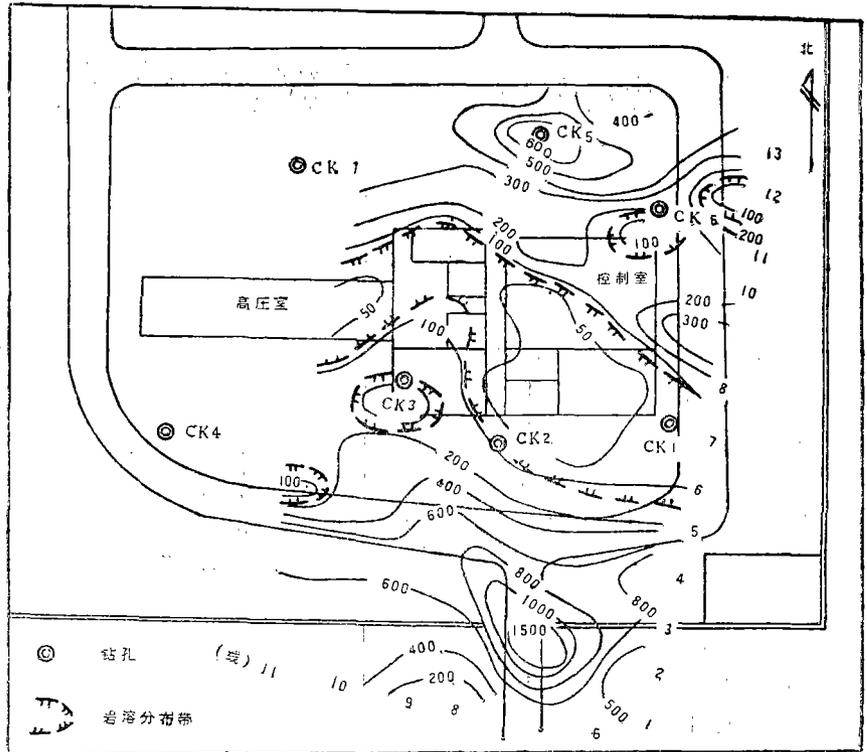


图4 6—11线 $f=14.4$ 周等 ρ_a 平面图

洞。该两孔与频测资料相符。1、2、6号孔未见溶洞,但1号孔在18.15~24米处钻进速度较快,且快慢不均匀,并有少量漏水,分析该段有裂隙状岩溶。2号孔在26~29米漏水严重(无回水),6号孔在30米处严重漏水(无回水)。以上两孔从漏水情况看,很可能也存在裂隙状岩溶;5号孔在高阻上,钻探结果在18.72米以上见了总厚为3.07米的两个岩溶(充填黄土,不渗水),18.72~35.85米为含方解石灰岩,全孔不漏水,该孔溶洞

底板(18.72米)与二号孔第四系黄土深度(18.01米)相当,由于溶洞不含水,下部灰岩又完整,因此从岩层的电性条件分析,呈高阻反映也是正常的。

用频测S区探测含水溶洞取得了一定效果。但由于条件限制有些试验如互换测深剖面、变 r 测量、磁场振幅分量等都没有进行,在某种程度上影响了探测效果。

本文经朱绍龙工程师及李毓茂等同志的指导,表示谢意。

上接第38页

出售的所谓深井温度计,虽然这种仪器也是用热敏电阻装的,可以直接读出温度,但这种仪器尽管外观较好,因为没有考虑热敏电阻的漂移现象,精度是很低的。所以不应贪图直接读数的方便,而忽视精度问题。

(5) 分析测温资料时要结合地热知识,综合进行。地温场是受多种地质因素控制的,地下水只是一个重要的因素,因此在分析所得资料时,还应当熟悉一下有关矿区温度场,钻孔温度场及其它局部热源的有关知识,才能更好地去分析手中掌握的温度数据。