

## 微电测深法用于公路工程质量检测

陈绍求

(中南工业大学·湖南长沙市)

本文对微电测深法用于公路工程的无损检测、评价公路工程质量方面进行了论述。

关键词 微电阻率测深 无损检测 工程质量评价



物探与勘探

作为工程检测中的一种无损检测手段,微电阻率测深法曾用于检测隧道水泥护层的厚度、探查露天大型石刻和石雕等名胜古迹的裂缝深度及风化程度。用于公路工程质量的检测,是该方法一种新的尝试。

### 公路工程质量检测概况

漆五公路是国家重点建设项目五强溪水电站的配套工程,是湖南省内第一条高级重载公路。公路是在原沥青路面的基础上铺设的,其结构如图 1 所示。混凝土路面设计厚 23cm,由于弯道缘故,基层的设计厚度各处不一。按监理部门的要求,在全长 62km 的漆五公路,只抽检其中 6km,共完成 320 个测深点的检测工作,目的在于检测公路铺设的内在质量、混凝土路面和基层之厚度,

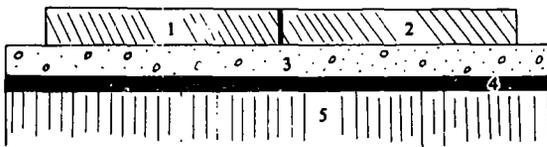


图 1 漆五公路断面结构示意图

1、2-左、右混凝土路面; 3-基层; 4-原沥青路面;

5-路基

作为监理部门评价工程质量的一种依据。由于公路各层介质的层面呈水平,每层介质的

电性分布较均匀,具有开展电阻率测深的前提。为避免边界影响,测深点分别设在混凝土路面左、右两板的中间,沿公路前进拉线。微电测深采用三极装置,最大  $AO=100\text{cm}$ ;最小  $AO=10\text{cm}$ ,  $MN=2\text{cm}$ 。

采用中南工业大学物探所研制的 C-1 型微测深仪进行观测,所有的 320 条  $\rho_s$  曲线可分为 K、A、H、Q、D 等类型,其中具有代表性的  $\rho_s$  曲线见图 2。

### 检测结果的定性分析

混凝土层和基层的电性差异不大,但由于基层的压实程度高,混凝土层和基层分界面的电性是不连续的,沥青路面层的电阻率远大于基层的电阻率。微电测深的小极距  $AO$  在 2~3cm 的间隔内变化,因而几乎所有  $\rho_s$  曲线的首支都不同程度地在相应  $AO$  极距上反映出这一分界面存在的特征。除沥青路面已被破坏的测点外,  $\rho_s$  曲线的尾支呈  $45^\circ$  趋势上升。具体来说,如 A 型的  $M_{3-2}\rho_s$  曲线的首支渐近值为  $6000\Omega \cdot \text{m}$  左右,  $AO=20\text{cm}$  和  $30\sim 40\text{cm}$  范围内  $\rho_s$  曲线分别显示出混凝土层和基层以及基层和沥青层两个分界面的特征,而  $\rho_s$  曲线尾支呈  $45^\circ$  趋势上升。其他 28 左的 HA 型、5 左的 K 型等  $\rho_s$  曲线都不同程度地存在上述特征点。34 左、20 右为 Q 型  $\rho_s$  曲线,  $\rho_s$  曲

本文 1992 年 6 月收到,戴午尘编辑。

线首支渐近线反映的是混凝土层的电性情况,在相应的  $AO$  极距上同样对应应有混凝土层和基层以及基层和路基分界面的特征点。由于测点下的沥青路面已破坏,路基的电阻率远小于基层的电阻率,所以  $\rho_s$  曲线的尾支呈下降状态。34 右、32 左、11 右为 D

支渐近值在  $6000\Omega \cdot m$  左右,是因为冬季施工时为加速混凝土凝结而加入  $CaCl$ ,因差错实际加入的是  $NaCl$ ,同时由于渗透作用,导致混凝土层和基层的电阻率都相对降低,但不影响混凝土的质量。③少数  $\rho_s$  曲线首支的渐近值在  $2000 \sim 4000\Omega \cdot m$  左右,这里有原料配比不当或铺设质量的问题,也有铺设时间不长、混凝土层和基层内水分含量高所产生的问题。④ $\rho_s$  的尾支多数呈  $45^\circ$  左右的趋势上升,说明沥青路面完整或基层直接铺设在电阻率高的路基岩层上。有些  $\rho_s$  曲线尾支变化平缓,说明沥青路面已不同程度地损坏或基层直接铺设在电性与基层差别不大的路基上。少数 Q 型或 D 型  $\rho_s$  曲线则反映沥青路面已不存在,而且路基上有烂泥坑或者由于地下水位过高。

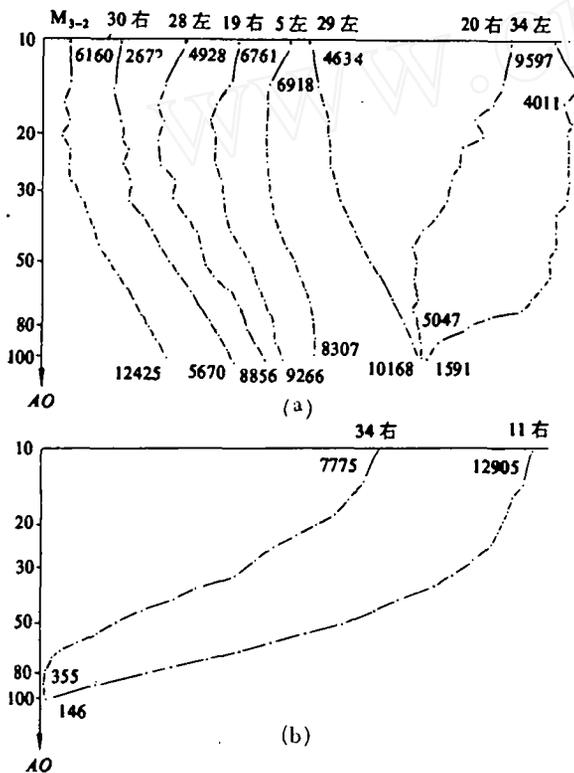


图 2 几种类型的  $\rho_s$  曲线

型  $\rho_s$  曲线,  $\rho_s$  曲线的首支反映的是混凝土层的电性情况,但由于这些测点下面已无沥青路面,加之路基上有烂泥坑,路基铺设质量差,或者排水不畅,路基浸泡在地下水中,导致基层和路基的电阻率相差不大,使  $\rho_s$  曲线呈 D 型。

通过对所有观测点的  $\rho_s$  曲线的定性分析,可总结出以下规律:①大部分  $\rho_s$  曲线的首支平缓,其渐近值为  $1000\Omega \cdot m$  左右,观测点所在处混凝土路面光滑,呈青灰色,说明混凝土致密程度高、质量好。也有些  $\rho_s$  曲线首支起伏跳跃,说明混凝土内电性不均匀,存在气或卵石过多。②一部分  $\rho_s$  曲线首

### 无损检测结果的定量解释

测得的  $\rho_s$  曲线很多,由于所用极距太小,绘制在双对数坐标中的  $\rho_s$  曲线太短,采用量板法或计算机解释都很困难。这就需要一种行之有效、能准确求出混凝土层和基层厚度的定量解释方法。由于公路路面平坦,混凝土层和基层都为水平层状的均匀介质,符合电阻率测深  $\rho_s$  曲线反射系数“K”法解释的应用条件,而且无需知道各层电性参数,只要对  $\rho_s$  曲线进行常规的曲线圆滑后计算出各极距对应的“K”值而得到单支“K”曲线,然后根据每一条“K”曲线变化规律,在“K”曲线上求出各电性层厚度。而同类型  $\rho_s$  曲线的单支“K”曲线形态相同,图 3 至图 7 即几种类型的  $\rho_s$  曲线的反射系数“K”法的解释结果。附表为这些测深点各层的设计厚度和反射系数“K”法解释结果的对比。可以看出,反射系数“K”法解释的  $h_1$  和  $h_2$  和原设计厚度基本吻合。但 D 型  $\rho_s$  曲线则由于测点处沥青路面被破坏,基层和路基属于同一电性层,由于烂泥坑或地下水位过高,因而导致电阻率较低,所以推断解释

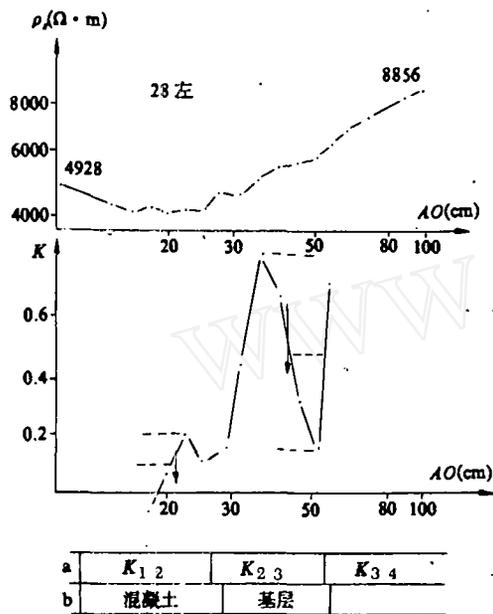


图3 28左  $\rho_s$  曲线、K 曲线

a—K 曲线解释结果；b—设计厚度

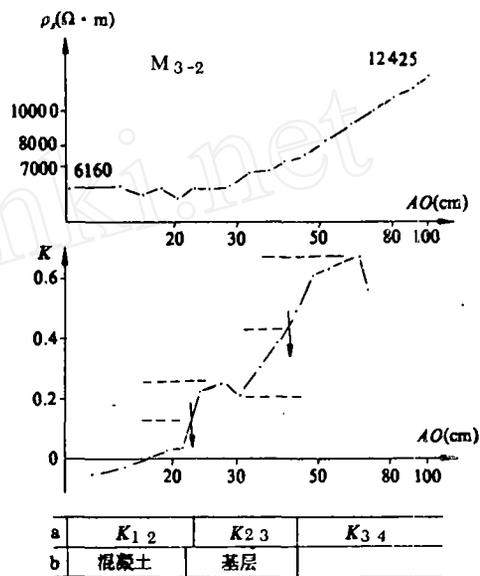


图4  $M_{3-2}$   $\rho_s$  曲线、K 曲线

a—K 曲线解释结果；b—设计厚度

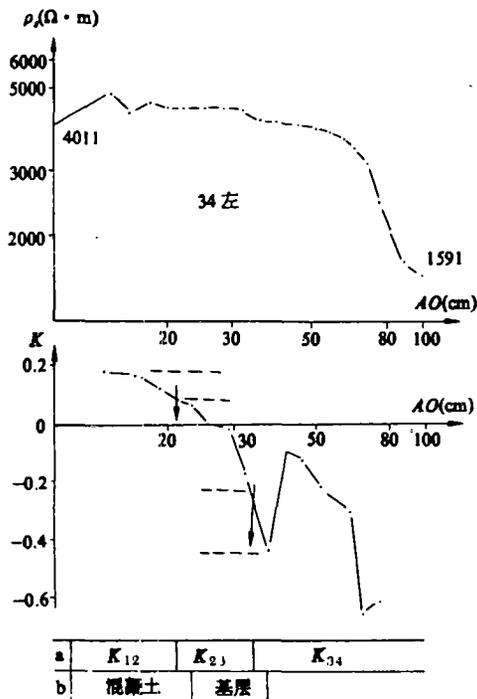


图5 34左  $\rho_s$  曲线、K 曲线

a—K 曲线解释结果；b—设计厚度

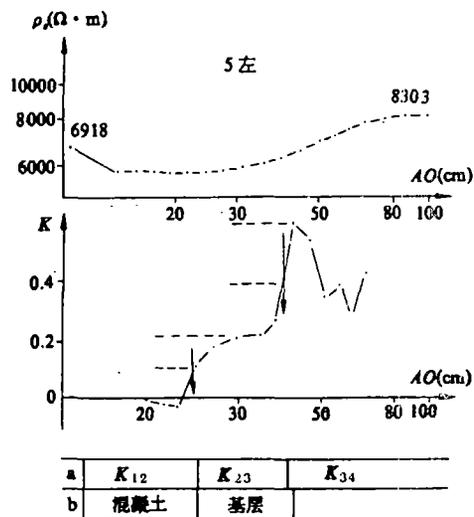


图6 左  $\rho_s$  曲线、K 曲线

a—K 曲线解释结果；b—设计厚度

结果  $h_2$  远大于基层的设计厚度，实际  $h_2$  包含了路基的一部分。根据  $\rho_s$  曲线反射系数“K”法的解释结果，可以说明，用反射系数“K”法解释微电测深  $\rho_s$  曲线，可取得较好的地质效果，并具有较高的解释精度。

测深点各层的设计厚度和反射系数“K”法解释对比表

| 测深点号             | 曲线类型 | $h_1$       |                     |             | $h_2$        |                     |             |
|------------------|------|-------------|---------------------|-------------|--------------|---------------------|-------------|
|                  |      | 设计厚度<br>(m) | 单支 K 曲线解释厚度<br>(cm) | 相对误差<br>(%) | 设计厚度<br>(cm) | 单支 K 曲线解释厚度<br>(cm) | 相对误差<br>(%) |
| 5 左              | H    | 23          | 23                  | 0           | 19           | 18                  | 5.4         |
| M <sub>3-2</sub> | A    | 21.4*       | 22                  | -2.8        | 20           | 19                  | 5.1         |
| 28 左             | HA   | 23          | 21.5                | 6.7         | 22.5         | 21.5                | 4.6         |
| 34 左             | Q    | 23          | 21                  | 9.1         | 13           | 12                  | 8           |
| 32 左             | D    | 23          | 21                  | 9.1         | 21           | 29                  | 32          |
| 20 右             | Q    | 23          | 22.5                | 2.2         | 22           | 21.5                | 2.3         |
| 9 右              | A    | 23          | 21.5                | 6.7         | 20           | 19                  | 5.1         |
| 19 右             | H    | 23          | 23                  | 0           | 23           | 21                  | 9.1         |
| 34 右             | D    | 23          | 21.5                | 6.7         | 22           | 55                  | 85.7        |
| 平均               |      | 22.8        | 21.9                | 4.5         | 20.3         | 24                  | 17.5        |

\* 已知  
 $\rho_s(\Omega \cdot m)$

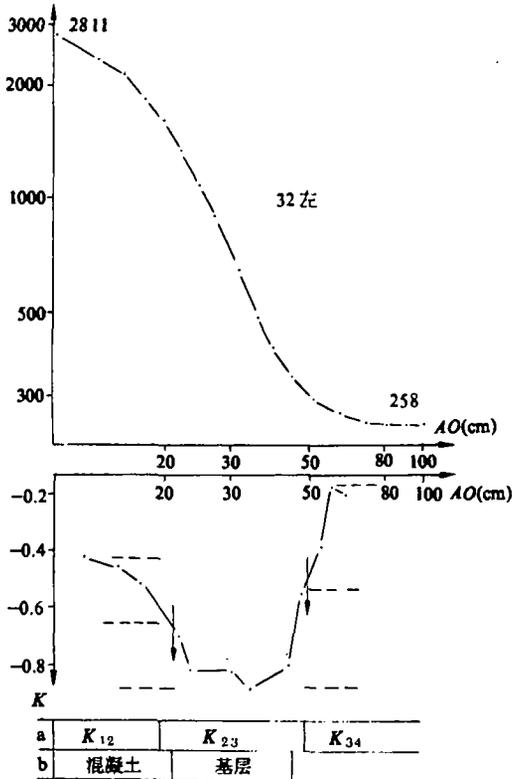


图 7 32 左  $\rho_s$  曲线、K 曲线

a—K 曲线解释结果；b—设计厚度

## 结束语

1. 微电阻率测深法用于无损检测公路工程质量的手段是有效的，在有一定数量的测深点条件下，既可以定性分析公路铺设的内在质量，又可通过  $\rho_s$  曲线的定量解释了解混凝土层和基层的铺设厚度，借以评价公路工程的质量，为监理部门提供可靠依据。

2. 电测深  $\rho_s$  曲线反射系数“K”法解释微电测深  $\rho_s$  曲线，采用单支“K”曲线的  $K_{min}/2$ 、 $K_{max}/2$  和台阶中值点进行定量解释，无需知道中间层电参数，方法简便、速度快、精度高。

## Checking on the Quality of Highway Engineering by Using Micro-electrical Resistivity Sounding Method

Chen Shaoqiu

As a non-destructive inspection technique, the micro-electrical resistivity sounding method may be used to check on the quality of highway engineering. A practical example cited in this paper demonstrates that the method employed is effective in such application.