

地下管道图象的自动处理和识别

苏畅 徐守义 王承训

(大连理工大学电子工程系 大连 116023)

王晔

(北京农业工程大学电子电力工程学院 北京 100083)

摘 要

对地下管道探地雷达图象给出了自动处理和识别方法,管道的位置和深度直观地显示在计算机屏幕上。此方法已应用于一种实际探地雷达,对地下管道目标具有良好的识别能力。

关键词: 地下管道,探地雷达,图象,自动识别。

1 引言

探地雷达作为一种有效的地下目标探测手段,已越来越受到人们的普遍重视,但从地下雷达剖面图象中检测、识别地下目标却十分困难。目前,国内外一些实用探地雷达仅以黑白或伪彩色形式显示地下剖面图象,借助于人工判读识别地下目标。本文针对地下管道目标图象的特点,给出了一种有效的自动化处理和识别方法,将地下管道的位置和深度直观地显示在计算机屏幕上。

2 管道目标图象的形状分析

图1所示为探地雷达时空行走图。天线沿地面在垂直于管道方向前进,当地下管道处于天线波瓣辐射范围内时,就可接收到目标的回波信号。天线的位置 x_n 与回波信号相对于发射脉冲的时延 t_n 满足曲线方程

$$t_n = \frac{1}{V} \left[\sqrt{(Vt_0 + R)^2 + (x_n - x_0)^2} - R \right]. \quad (1)$$

式中 V 是地下电磁波的传播速度, x_0 和 t_0 分别是天线在管道正上方的 x 坐标和所测得的相应时延, R 为管道半径。随着天线的位置改变,则天线与管道间的距离变化,因而所测得的时延也与距离成正比的变化。这样,在以天线位置为横坐标,以时延为纵坐标的探

地雷达剖面图象中,管道目标图象理论上为上凸双曲线形状,如图 1 中粗实线所示。曲线

顶点的 x 坐标即为管道的水平位置, y 坐标则对应于管道的埋深。

实际探地雷达剖面图中的管道目标图象远非上述理想情况。由于地下结构复杂,介质不均匀,电磁波传播中的衰减和色散以及各种随机干扰等诸多因素的影响,致使所获得的管道图象局部或整体模糊不清,产生严重的畸变(参看图 2(a)和图 3(a))。

图 2(a)经上述各步预处理后,其图象如图

2(b)所示。

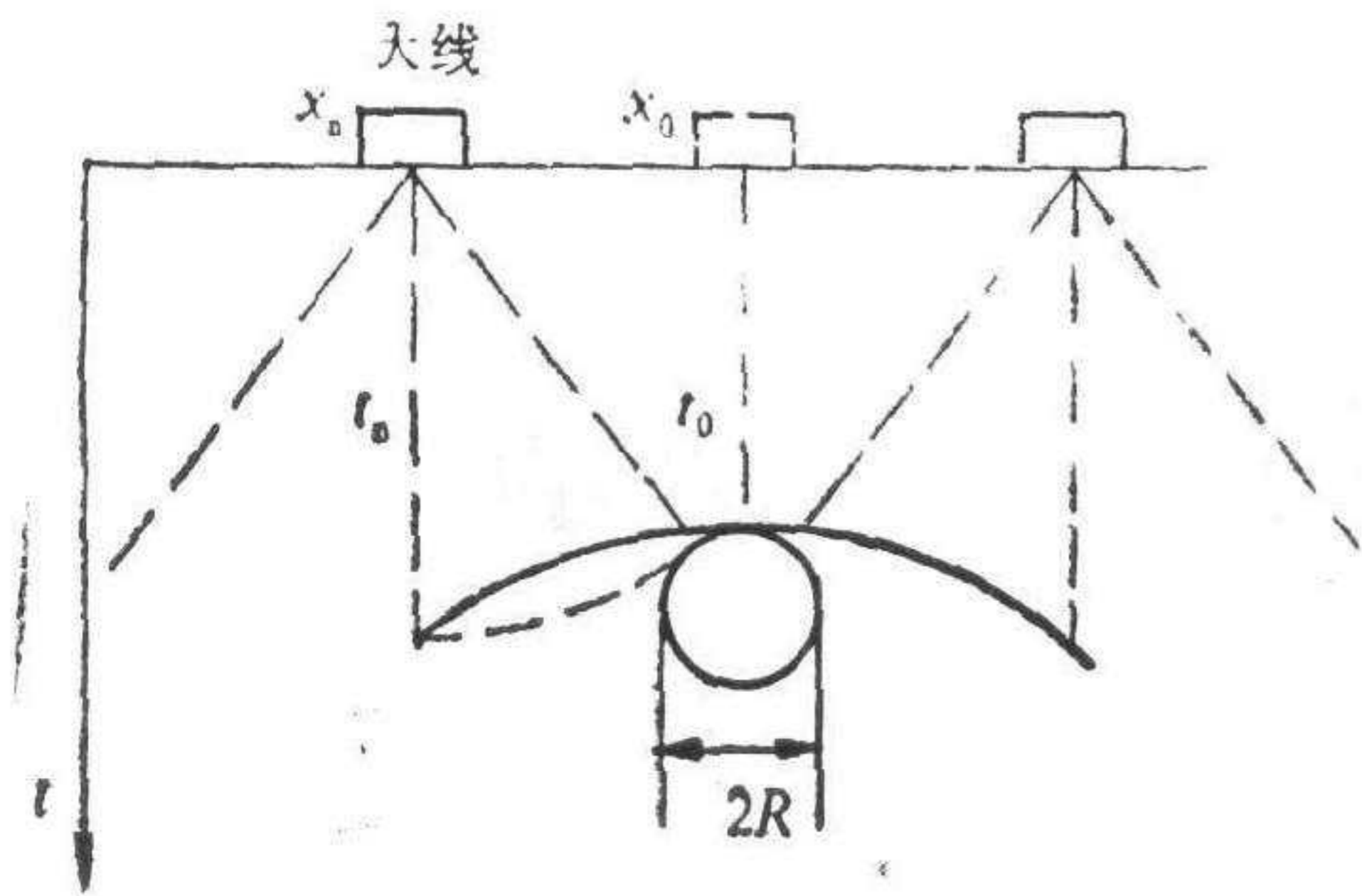
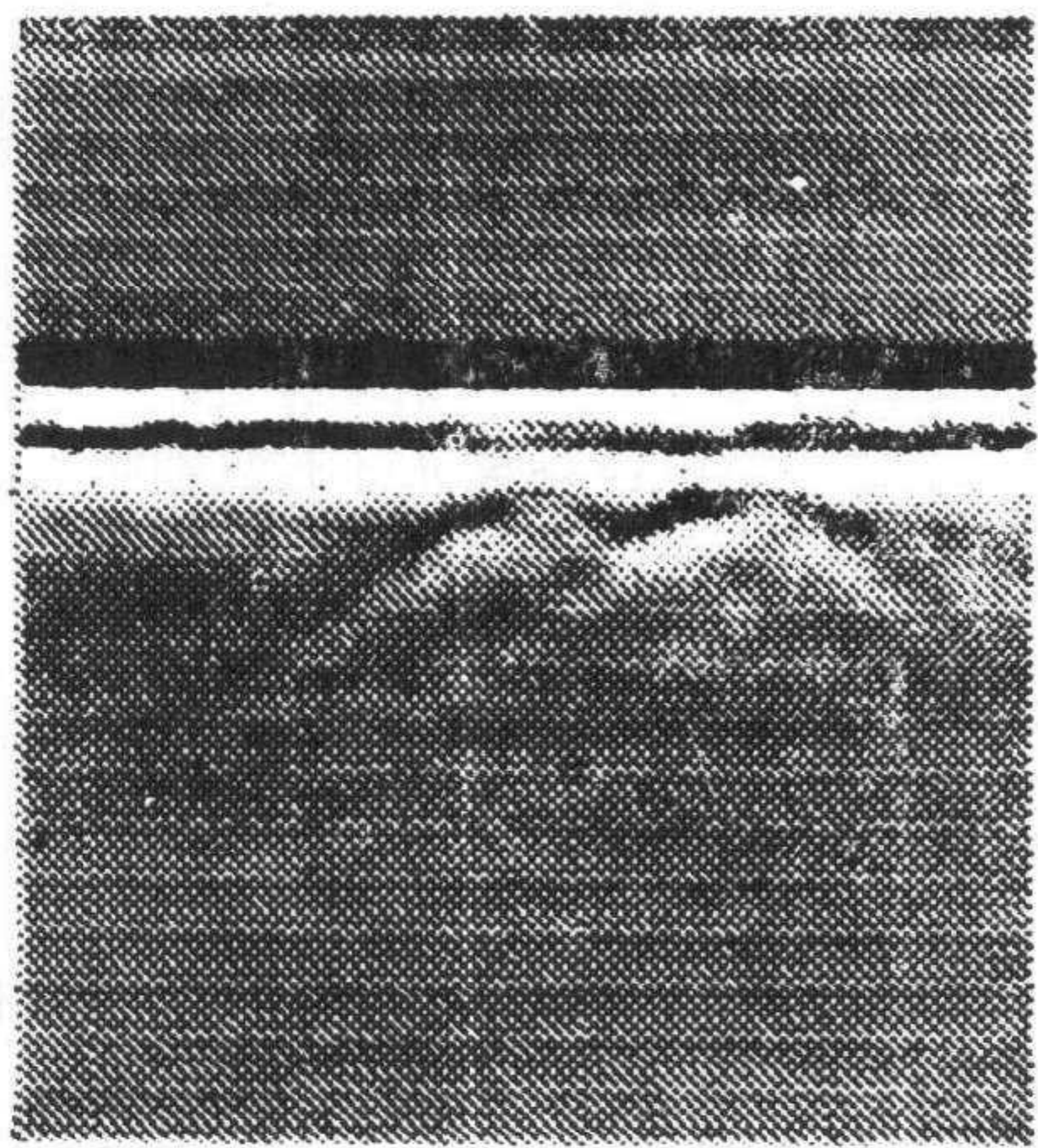
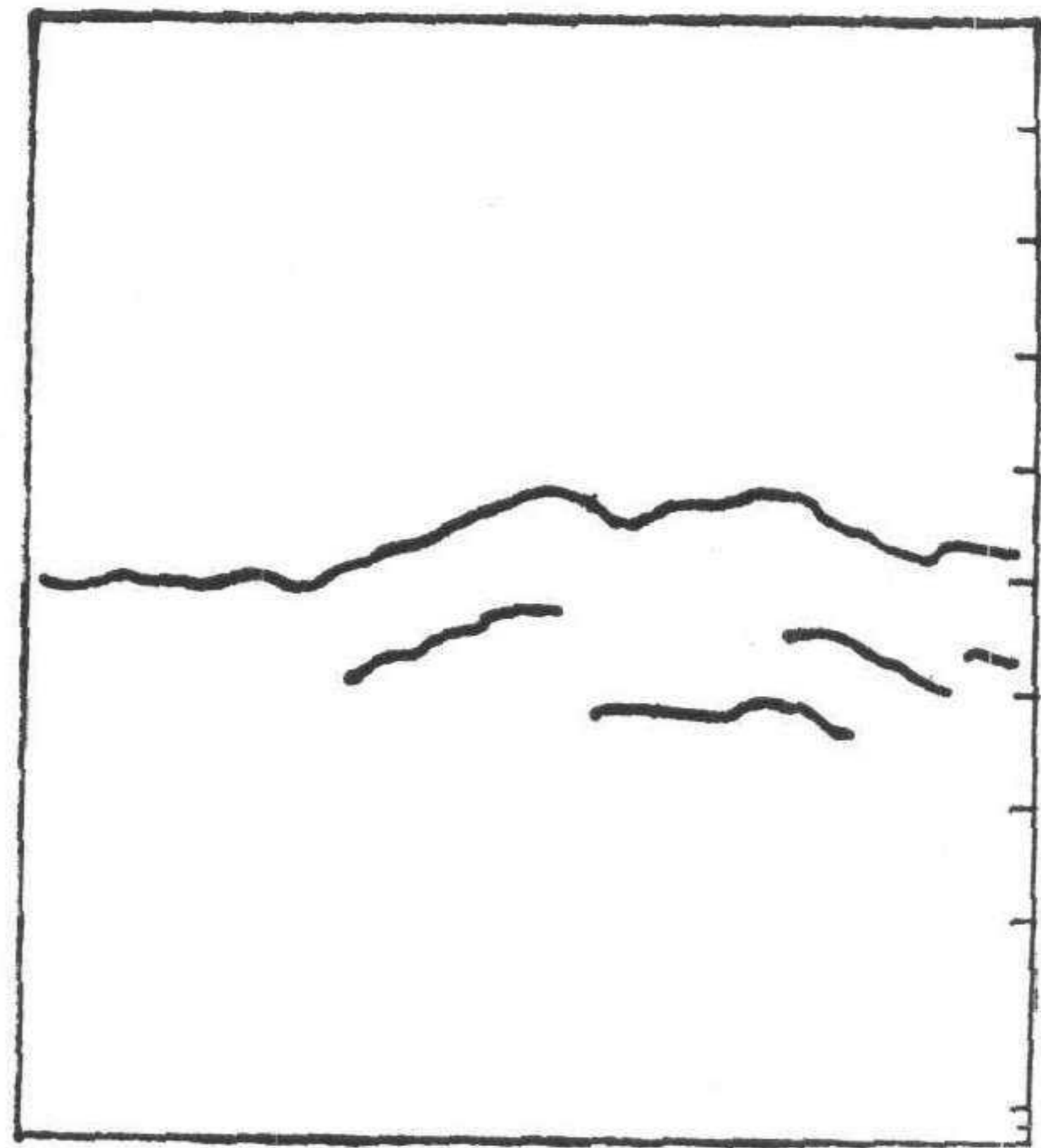


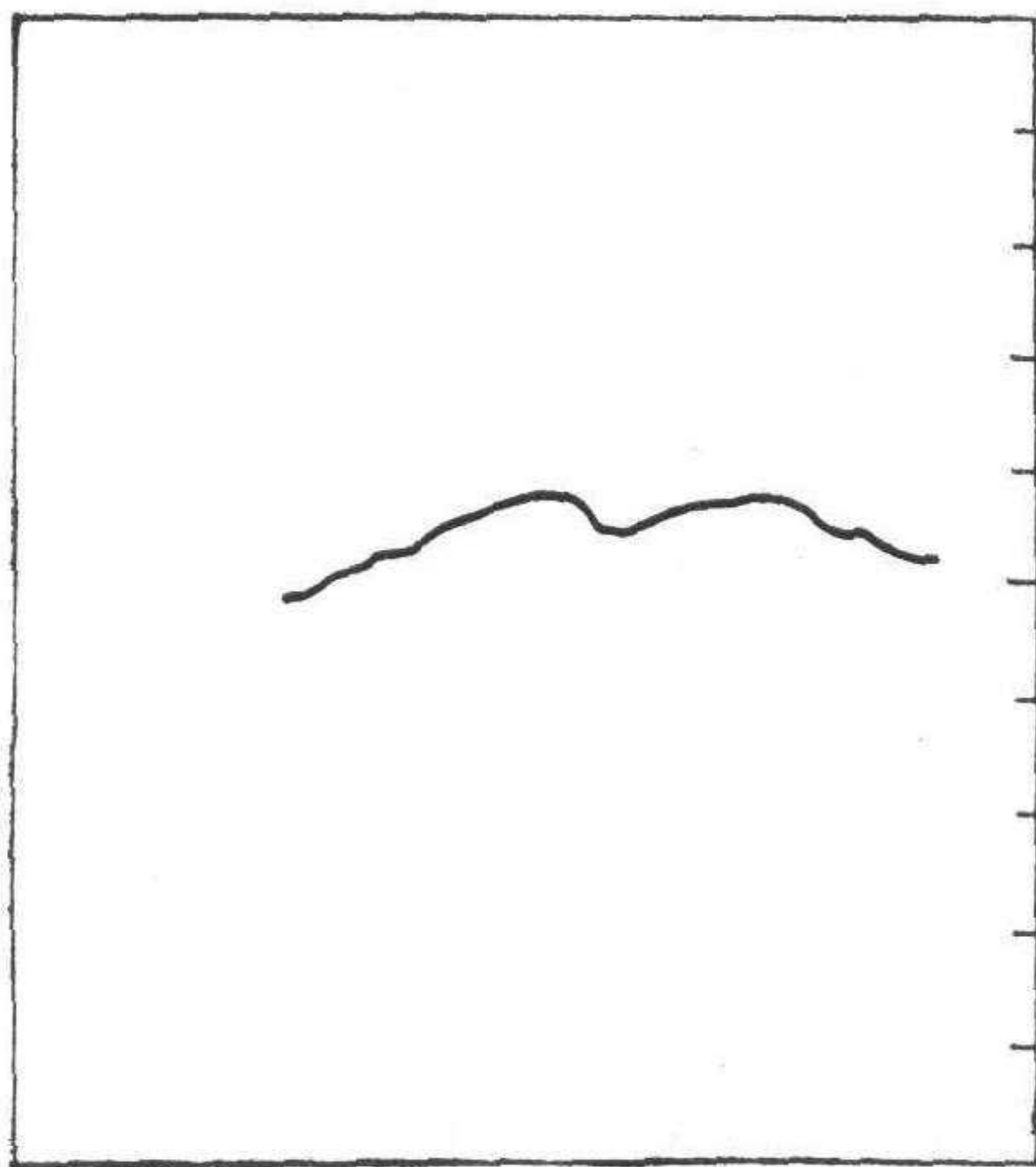
图 1 探地雷达时空行走图



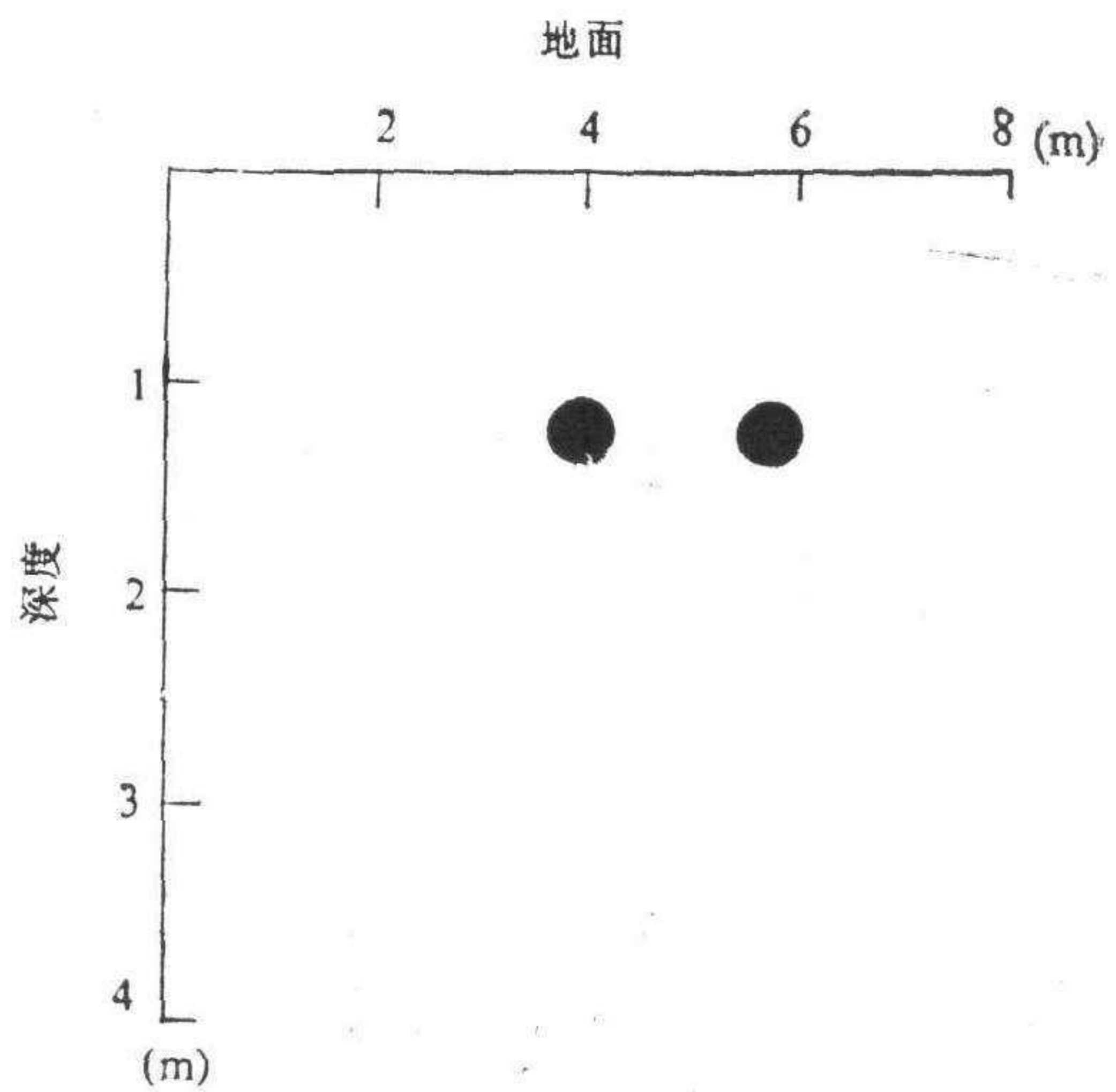
(a)



(b)



(c)



(d)

图 2 处理和识别过程

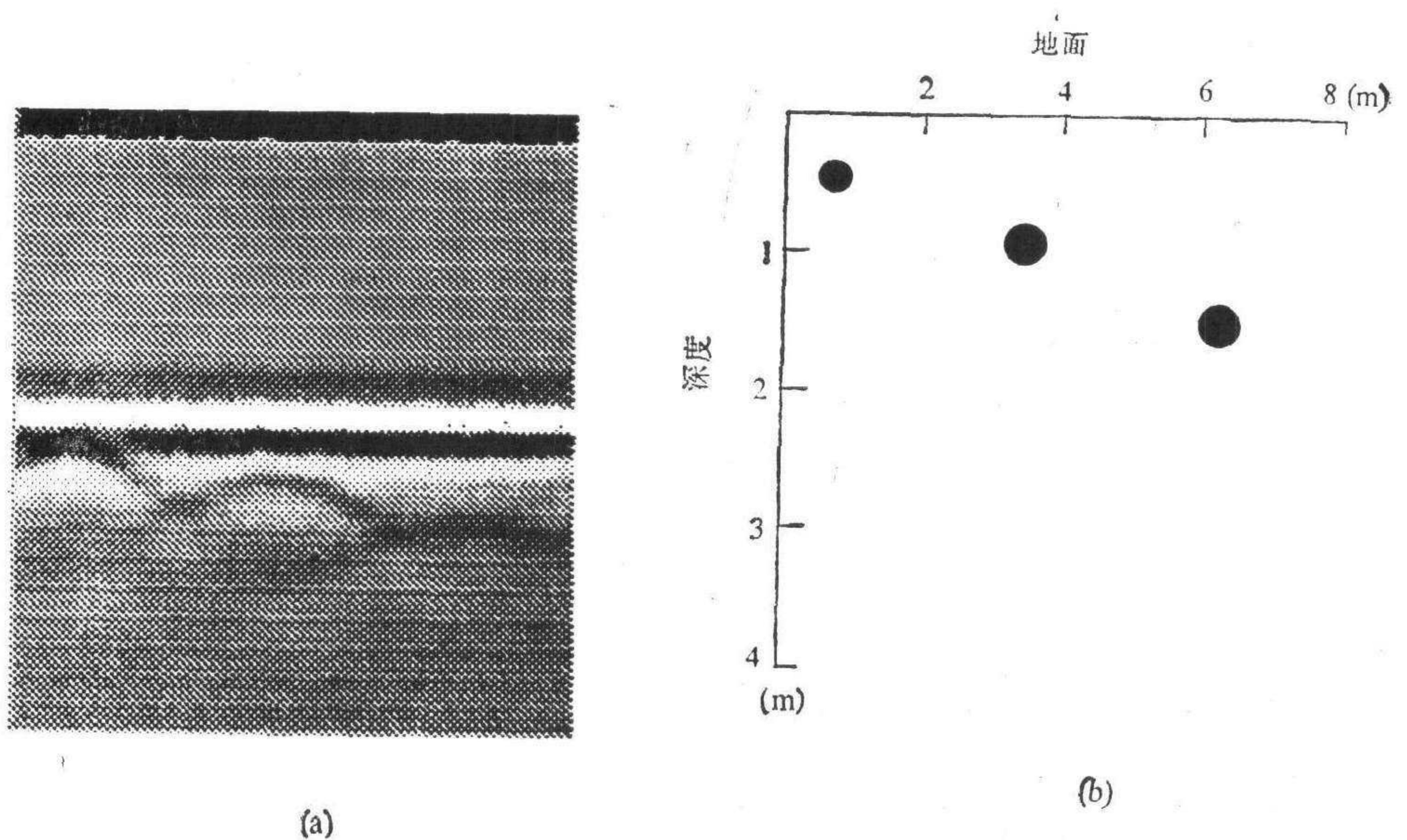


图 3 探测及识别结果图象

3 图象的预处理

图 2(a) 是沥青路上对两个同一深度的陶瓷管道的实际探测图象。为正确地识别管道目标,对图象进行了一系列的预处理,主要步骤如下:

1) 对图象进行中值滤波,消除随机噪声。

2) 采用逐行平均,再相减的方法消除背景干扰,并对图象做二值化处理。

3) 利用管道图象的面积和形状特点,消除部分干扰目标。二值化后的图象中含有多个孤立图形,为此,利用一种改进的“赋标号求面积”方法,快速计算出各孤立图形的面积,凡是小于门限面积 T_s 的图形均予删除 (T_s 由实验统计确定)。再从所剩各图形中将不符合形状特征的图形,按下面规则删除:

规则 1. 如果图形形状满足

$$(d < T_d) \cup (l < T_L), \quad (2)$$

则删除它。式中 l 为图形的最大和最小 x 坐标之差, d 为最大和最小 y 坐标之差。

规则 2. 如果图形形状满足

$$d_1 \cap d_2 \cap d_3 > T_w, \quad (3)$$

则删除它。式中 d_1, d_2 和 d_3 是沿 y 坐标方向,对每个孤立图形扫描三次分别所得的宽度。

上两式中的 T_d, T_L 和 T_w 均为由实验统计确定的门限值。

4) 形态学滤波处理。令 A 是经上述各步预处理后的二值图象。根据地下管道图形的特点,选择结构元素

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

用 B 对 A 作闭运算得

$$A^B = (A \oplus B) \ominus B. \quad (4)$$

经形态学滤波处理,使图象边缘平滑,消除了图形中的小裂缝和空洞。

5) 细化. 沿深度方向扫描图象,并取每次扫描所得目标段的中点为细化点. 这种方法简单快速,一般不会破坏目标形状,但有时会产生断行和断列. 为此,对断行和断列按一定规则做了连通处理。

4 特征提取与地下管道目标识别

为提取预处理后图象中全部曲线的形状信息,采用列表线跟踪方法逐行对图象进行扫描. 在扫描过程中,根据相邻两行中目标段的连通性及连通方式,确定是新目标,还是已记录过的目标中的目标段. 如是新目标,就建立它的结构信息表;反之,就判断它的归属,将该目标段的信息记录到它所属的目标结构信息表中. 一次扫描,就可得到整幅图象中全部目标的结构信息表,该表描述了目标曲线的形状特性. 目标结构信息表的形式如表 1 所示。

实际上,在列表线跟踪时,每个目标用两个结构信息表来描述,一个表为目标左半部,另一个表为右半部,合起来构成一个完整的目标结构信息表. 在算法实现时,用一个二维数组 $obj [] []$ 来表示结构信息表,并用指针对表进行操作。

根据目标的结构信息表,就可识别地下管道目标了. 首先,根据目标结构信息表中的左右边标志,删除孤立点线和单边目标,以压缩所要考虑的目标数. 然后,判定其余曲线是否为管道目标. 考虑到典型管道目标的双曲线形状也会出现一定程度的差异,构造下面的判决函数,满足下式则识别为管道目标:

$$\begin{cases} |O_T - O_B| > T_{11}, \\ |O_T - O'_B| > T_{12}, \\ |O_R - O_L| > T_2, \\ ||O_R - O_U| - |O_U - O_L|| < T_3. \end{cases} \quad (5)$$

式中 O_T 和 O_U 分别为目标顶点的行值和列值, O_B 和 O'_B 分别为目标曲线长短两个分支端点的行值, O_L 和 O_R 为曲线左右两个端点的列值. T_{11}, T_{12}, T_2 和 T_3 均为确定的门限,其值由实验统计确定. 由图 2(b) 中识别出的管道目标如图 2(c) 所示,图 2(d) 为管道目标的定位显示。

图 3 是在泥土地对三个不同直径和深度的金属管道的探测结果,其中图 3(a) 是原始探测图象,图 3(b) 是经处理和识别后的管道定位显示。

表 1 $obj [] []$

0	目标序号
1	目标行数
2	目标左边标志
3	目标右边标志
4	目标顶点坐标
5	目标第一段起始坐标
6	目标第一段终止坐标
...	...
$n-1$	目标最后一段起始坐标
n	目标最后一段终止坐标

实际探测结果表明,本文给出的图象处理和识别方法的有效性,对管道目标具有很强的检测和识别能力、良好的距离和深度分辨力。

在一般情况下,系统可按规定流程对探地雷达图象进行自动处理,处理一幅 200×300 图象约需 20 秒。当图象质量不佳时,也可根据提示的菜单进行选项单步处理或加窗处理,以获得正确的结果。各步处理结果均可拷贝输出。此图象处理和识别系统已应用于一种实际探地雷中,并于 1993 年 12 月通过专家技术鉴定。

参 考 文 献

- [1] Osumi N, Ueno K. Microwave holographic imaging of underground objects. *IEEE Trans. on AP-33*. 1985, **33**(2): 152—159.
- [2] Chan L C, Moffatt D L, Peters L. A characterization of subsurface radar targets. In: *Proc. of IEEE*. 1979, **67**(7): 991—1000.
- [3] 吴健康. 数字图象分析. 北京: 人民邮电出版社, 1989.
- [4] 孙仲康等. 数字图象处理及其应用. 北京: 国防工业出版社, 1985.

AUTOMATIC PROCESSING AND RECOGNITION OF THE BURIED PIPE IMAGES

SU CHANG XU SHOUYI WANG CHENGXUN

(Dept. of Electronic Engineering, Dalian Univ. of Technology, Dalian 116024)

WANG YE

(Institute of Electronic and Electrical Engineering, Beijing Univ. of Agricultural Engineering,
Beijing 100083)

ABSTRACT

An automatic processing and recognition method for the subsurface radar images of the buried pipes is presented. Position and depth of the pipes are displayed on the computer screen directly. The method has been applied to a practical subsurface radar, and it has fine recognition ability to the underground pipe targets.

Key words: Buried pipe, subsurface radar, images, automatic recognition.