

中国市政工程协会团体标准

T/CMEA 2-2018

道路塌陷隐患雷达检测技术规范

Technical code for ground penetrating radar detection of
road collapse vulnerabilities

2018-01-01 发布

2018-03-01 实施

中国市政工程协会 发布

中国市政工程协会团体标准

道路塌陷隐患雷达检测技术规范

Technical code for ground penetrating radar detection of
road collapse vulnerabilities

T/CMEA 2 - 2018

批准部门：中国市政工程协会

施行日期：2018年3月1日

中国建筑工业出版社

2018 北京

中国市政工程协会 团体标准公告

2018年第2号

中国市政工程协会关于发布团体标准 《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》的公告

现批准《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》为中国市政工程协会团体标准，编号为T/CMEA 2-2018，自2018年3月1日起实施。

本规范由中国市政工程协会组织中国建筑工业出版社出版发行。

中国市政工程协会

2018年1月1日

前 言

本规范根据国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会《关于培育和发展团体标准的指导意见》（国质检标联〔2016〕109号）和《住房和城乡建设部办公厅关于培育和发展工程建设团体标准的意见》（建办标〔2016〕57号）的要求，中国市政工程协会批准由北京国电经纬工程技术有限公司会同有关检测、勘察、物探、科研、教学、市政管养单位组成编制组，经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准和国外标准，按照GB/T 1.1-2009给出的规则，在充分征求意见的基础上，制订本规范。请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规范共分7章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 检测系统；5. 道路雷达检测；6. 检测成果；7. 道路塌陷隐患信息管理。

本规范由中国市政工程协会负责管理，由北京国电经纬工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送北京国电经纬工程技术有限公司（地址：北京市海淀区学清路8号科技财富中心B209，邮编：100192，E-mail: gdjw@bjgdjw.com）。

本规范主编单位：北京国电经纬工程技术有限公司

本规范参编单位：中国市政工程协会市政设施管理专业委员会

中国科学院电子学研究所

北京市城市道路养护管理中心

太原市市政公共设施管理处

郑州市市政工程管理处

北京建筑大学
合肥市市政工程管理处
厦门市市政工程管理处
杭州市市政设施监管中心
辽宁工程技术大学
保定市市政维护管理处
江西理工大学
中国电力工程顾问集团华北电力设计院
有限公司
兰州市勘察测绘研究院
南昌市市政工程管理处

本规范主要起草人：肖小良 王继伟 方广有 刘志猛
王晓毅 郭蔚虹 王 涛 卢九章
梁 旭 张亚峰 史京晶 刘 颖
方 坤 扶涛涛 陈 艳 张 宁
张丽宾 赵江洪 李沛鸿 李喜林
陈演璋 蔡文波 杨 扬 王健伟
张剑峰 胡晓波 常 峥
本规范主要审查人：雷丽英 刘小军 程 晓 冯萃敏
刘存合 刘宝林 富长城

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	检测系统	6
4.1	一般规定	6
4.2	多通道探地雷达	6
4.3	高精度定位设备	7
4.4	摄影测量设备	8
4.5	辅助设备	8
4.6	数据采集软件	8
4.7	数据融合软件	9
4.8	数据解译软件	9
4.9	成果管理软件	10
5	道路雷达检测	11
5.1	一般规定	11
5.2	检测准备工作	12
5.3	数据采集	13
5.4	数据解译	14
6	检测成果	17
6.1	一般规定	17
6.2	雷达数据解译结果	17
6.3	道路塌陷隐患位置信息	17
6.4	异常点定位与钻探验证	17
6.5	道路塌陷隐患成因分析及处置建议	18
6.6	检测报告编写	20

7 道路塌陷隐患信息管理.....	21
7.1 一般规定	21
7.2 道路塌陷隐患数据与建库	21
7.3 道路塌陷隐患信息管理系统.....	23
附录 A 道路塌陷隐患检测表	25
本规范用词说明	30
引用标准名录	31
附：条文说明	33

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirement	4
4	Detecting System	6
4.1	General Requirement	6
4.2	Multi-channel Road Collapse Vulnerabilities Radar	6
4.3	High-precision Positioning Equipment	7
4.4	Photogrammetry Equipment	8
4.5	Auxiliary Equipment	8
4.6	Data Acquisition Software	8
4.7	Data Fusion Software	9
4.8	Data Interpretation Software	9
4.9	Results Management Software	10
5	Road Detection	11
5.1	General Requirement	11
5.2	Inspection Preparation	12
5.3	Data Acquisition	13
5.4	Data Interpretation	14
6	Test Result	17
6.1	General Requirement	17
6.2	Radar Data Interpretation Results	17
6.3	Location Information of Road Collapse Vulnerabilities	17
6.4	Anomaly Location and Drilling Verification	17
6.5	Cause Analysis and Disposal Suggestion of Road Collapse Vulnerabilities	18

6.6	Test Report Writing	20
7	Information Management of Road Collapse	
	Vulnerabilities	21
7.1	General Requirement	21
7.2	Database Building of Road Collapse Vulnerabilities	21
7.3	Information Management System of Road Collapse	
	Vulnerabilities	23
Appendix A	Test List of Road Collapse Vulnerabilities ...	25
	Explanation of Wording in This Code	30
	List of Quoted Standards	31
	Addition; Explanation of Provisions	33

1 总 则

1.0.1 为推动道路塌陷隐患雷达检测的应用，提高其科学性和规范性，指导道路塌陷隐患雷达检测活动，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于应用探地雷达进行道路塌陷隐患检测。

1.0.3 道路塌陷隐患雷达检测除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 道路塌陷隐患 road collapse vulnerabilities

对道路运行安全造成危害的地下空洞、脱空、土体疏松区和富水区道路结构异常形态。

2.0.2 电磁波遥感 electromagnetic wave remote sensing

运用传感器或遥感器发射电磁波，根据物体的电磁波的辐射、反射特性进行非接触的、远距离的探测技术。

2.0.3 摄影测量 photogrammetry

利用摄影获得的影像信息（含数字影像）测定目标物的形状、大小、空间位置、性质和相互关系的科学技术。

2.0.4 探地雷达 ground penetrating radar (GPR)

利用短脉冲电磁波探测地下介质分布的一种高分辨率的探测设备。发射天线将短脉冲电磁波以宽频带短脉冲的形式发射到地下，电磁波在地下介质中传播时，遇到存在电性差异的分界面时会发生反射，反射信号被接收天线接收，经数字信号处理后即可得到反映地下介质电性分布的雷达图像。

2.0.5 测线 survey line

在工作状态下，单位数量探地雷达发射天线从起点到终点的位移轨迹。

2.0.6 雷达天线 radar antenna

探地雷达辐射电磁波的装置，分为发射天线和接收天线。

2.0.7 测距轮 distance measure instrument (DMI)

一种通过转动来测量距离的装置。

2.0.8 异常区域 abnormal area

介电常数存在较大差异，并能够在探地雷达图谱中通过电磁反射波振幅、同相轴及反射波频谱变化等特性明显显示出来的目

标体（或地质体）。

2.0.9 地理信息系统 geographic information system (GIS)

在计算机硬、软件系统支持下，对整个或部分地球表层（包括大气层）空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。

2.0.10 高精度定位系统 high precision positioning system

通过卫星对地面目标进行准确定位的集合体或装置（部件），包括北斗卫星导航系统（BDS）、全球卫星定位系统（GPS）和全球卫星导航系统（GLONASS）、惯性导航系统、全站仪等。

2.0.11 数据库 database

按照数据结构来组织、存储和管理数据的仓库。以一定方式储存在一起、能为多个用户共享、具有尽可能小的冗余度的特点、是与应用程序彼此独立的数据集合。

3 基本规定

3.0.1 道路雷达检测应遵循针对性、规范性、一致性、可靠性和可行性原则。

3.0.2 道路塌陷隐患雷达检测应遵循客观、系统、科学的原则，依据道路实际情况，并综合考虑影响道路雷达检测工作的因素，制定道路雷达检测方案。

3.0.3 检测单位应具备检验检测机构资质（CMA）或摄影测量与遥感资质。

3.0.4 道路雷达检测范围为道路红线内区域，其他公共区域可参照执行，检测优先顺序如下：

- 1 刚发生（24h内）塌陷或沉降的路段；
- 2 重要大型活动举办地周边路段；
- 3 经常发生或发生过塌陷的路段；
- 4 地下管线（尤其是涉水管线）存在老化、渗漏、缺陷及病害的路段；
- 5 大型地下工程、地下穿越工程沿线路段；
- 6 城市快速路、主干路、重要道路及商业繁华街道；
- 7 地下管线复杂路段；
- 8 次干路；
- 9 支路；
- 10 其他可能发生道路塌陷隐患的路段。

3.0.5 城市快速路、主干路、次干路、支路、广场及地下工程施工影响区域等存在疑似塌陷路段，均应进行周期性塌陷隐患检测，检测周期宜符合下列规定：

- 1 城市快速路、主干路、重要道路及商业繁华街道检测周期为6个月；

2 地下管线复杂路段、道路塌陷频率较高的路段检测周期为 6 个月；

3 地铁、管廊、隧道、人防等大型地下工程施工期间检测周期为 3 个月；

4 次干路检测周期为 1 年；

5 支路检测周期为 2 年。

3.0.6 特殊情况应符合下列规定：

1 道路塌陷、沉降或裂隙发生后 72h 内对周边区域进行检测；

2 重要大型活动举办地周边路段在活动举办前 3 个月内完成检测；

3 已处理过的塌陷隐患道路，经过 1 个月使用时间后，对其进行复查。

3.0.7 周期性检测时间宜选在雨季前或雨季后进行。

3.0.8 雷达检测技术人员应具备 5 年以上道路雷达检测经验，一般作业人员必须经过雷达检测专业技术培训。

4 检测系统

4.1 一般规定

- 4.1.1 检测系统包括检测设备和数据分析软件。
- 4.1.2 检测设备应包括下列内容：
- 1 操作平台和控制系统；
 - 2 多通道探地雷达；
 - 3 高精度定位设备；
 - 4 摄影测量设备；
 - 5 辅助设备。
- 4.1.3 检测设备应设计合理，可同步工作，在使用、运输和保管过程中应防水、防潮、防曝晒和防剧烈振动等。
- 4.1.4 数据分析软件应包括下列内容：
- 1 数据采集软件；
 - 2 数据融合软件；
 - 3 数据解译软件；
 - 4 成果管理软件。

4.2 多通道探地雷达

- 4.2.1 多通道探地雷达应配备不同频率天线，以满足不同探测深度要求，雷达天线中心频率选择宜符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 理论最大探测深度与天线中心频率对应关系

最大探测深度 (m)	中心频率 (MHz)
1.0	>500
1.0~2.0	200~500
2.0~5.0	100~200
5.0~8.0	≤100

4.2.2 多通道探地雷达系统参数应符合下列规定：

- 1 多通道天线阵列布局应合理；
- 2 扫描速率最高宜为 300 线/s；
- 3 探测时窗宜为 0 ~1024ns；
- 4 动态范围应为 160dB；
- 5 信噪比应大于或等于 70dB；
- 6 信号稳定性变化应小于或等于 1%；
- 7 长期稳定性变化应小于或等于 3%；
- 8 测距误差应小于或等于 0.1%；
- 9 时基精度应小于或等于 0.02%；
- 10 A/D 转换的动态位数应大于或等于 16 位；
- 11 外壳防护等级应大于或等于 IP54；
- 12 配置天线应具备屏蔽功能。

4.3 高精度定位设备

4.3.1 高精度定位设备应能在道路塌陷隐患雷达检测中，快速、实时为检测系统定位，提供目标、雷达和运载平台的空间位置及检测时的运行轨迹，确认检测区域覆盖程度。

4.3.2 高精度定位设备应包括下列功能：

- 1 将定位设备与探测设备进行关联；
- 2 通过获取定位设备端口、波特率、数据位长、停止位、奇偶校验等信息，把地理信息系统连接到选定的定位设备，对数据进行管理显示；
- 3 雷达探测时，定位设备同步记录下每个探测点的 X、Y、Z 空间坐标，将该信息导入地理信息图形显示系统，对探测工作进行定位、导航，并实时显示其进展情况；
- 4 定位设备可显示探测点轨迹线，可读取异常点坐标信息。

4.3.3 定位设备应符合下列规定：

- 1 定位设备的选定应根据测量的精度和移动速度确定；
- 2 定位数据平面精度应小于或等于 10cm；

- 3 定位数据高程精度应小于或等于 30cm;
- 4 数据采样间隔应小于或等于 0.2s。

4.4 摄影测量设备

4.4.1 摄影测量设备应与多通道探地雷达、高精度定位设备同步工作，用于记录地理空间影像数据、街景数据及检测道路里程。

4.4.2 高分辨率摄像机应在检测车两侧及后方至少 3 个方向安装，并应符合下列规定：

- 1 帧率应大于或等于 25 帧/s；
- 2 检测速度宜为 0 ~ 100km/h；
- 3 目标定位精度应小于或等于 1m；
- 4 防护等级宜为 IP65。

4.5 辅助设备

4.5.1 辅助设备的电源供电方式应包括车体供电、蓄电池供电及两者兼用三种供电方式。

4.5.2 同步控制系统应由距离测量装置 (DMI) 进行触发，并可单独控制各设备的触发间隔。所有设备应由同步控制单元进行采集控制，所采集数据地下、地上应保持一致。

4.5.3 综合数据处理平台应具有足够的运算能力及扩展功能，用于处理和分析检测系统的多源数据。

4.6 数据采集软件

4.6.1 数据采集软件应能实现对检测系统的控制，包括对雷达数据、定位数据和摄影测量数据的实时采集、存储与显示。

4.6.2 数据采集软件应具备下列功能：

- 1 多通道探地雷达参数设置，数据实时采集、存储和显示；
- 2 高精度定位设备参数设置，数据实时采集、存储和显示；
- 3 摄影测量设备参数设置，数据实时采集、存储和显示；

- 4 基于地理信息系统的实时检测轨迹显示；
- 5 雷达数据、摄影测量数据同步回放；
- 6 雷达数据、摄影测量数据关联定位；
- 7 对作业设备进行实时监测；
- 8 对采集的数据进行导出。

4.7 数据融合软件

4.7.1 数据融合软件应根据位置和时间对雷达数据、定位数据、摄影测量数据及基础地理信息数据进行关联。

4.7.2 数据融合软件结构设计宜以基础地理信息数据为基础，以三维地理信息系统为平台，管理与展示雷达数据、定位数据及摄影测量数据。

4.7.3 数据融合软件数据库内容应包括数据结构、数据存储方式及数据安全性。

4.7.4 数据融合软件应具备下列功能：

- 1 检测区域范围内地形图、影像图等基础地理信息数据的查询与显示；
- 2 三维场景的空间量测分析；
- 3 采集数据的入库、导出与管理；
- 4 数据间的相互检索定位；
- 5 在三维地理信息平台上显示数据的空间分布；
- 6 对各路段的数据进行统计输出；
- 7 以行政区域、地理坐标、道路名称等方式查询数据。

4.8 数据解译软件

4.8.1 数据解译软件应能实现对雷达数据和定位数据的处理，以找到塌陷隐患疑似点。

4.8.2 数据解译软件应具备下列功能：

- 1 对文件进行管理，包括数据打开、数据存储、项目管理、位图输出；

- 2 对参数进行设置，包括文件编辑、数据显示方式设置、标记编辑；
- 3 对数据进行预处理，包括数据合并与分割、剖面翻转；
- 4 对雷达数据进行处理，包括去噪、滤波、反褶积、偏移、零点校正和增益放大等；
- 5 对定位数据进行处理，包括去噪、滤波、反褶积、偏移、零点校正和增益放大等；
- 6 对数据库中的数据进行分类查询；
- 7 对数据库中的数据进行添加、修改、删除；
- 8 同时回放雷达数据、摄影测量数据和检测轨迹；
- 9 层位追踪和厚度计算；
- 10 记录道路塌陷隐患发生发展过程；
- 11 塌陷隐患的识别、分析和定位；
- 12 数据分段统计处理、输出报表。

4.9 成果管理软件

4.9.1 成果管理软件应能实现对雷达探测数据、地下病害体数据、地下人防数据、地下轨道交通数据、地下管线数据、水文地质数据、地质剖面数据、气象数据及城市事件部件数据的查询、统计、分析与管理，输出各类管理报表，为城市道路管理部门提供决策依据。

4.9.2 成果管理软件应开发相应的接口，以满足不同道路综合管理平台的要求。

4.9.3 成果管理软件应具备下列功能：

- 1 多源数据的二三维一体化展示、入库、数据质检、数据处理的管理与更新；
- 2 对道路塌陷隐患信息进行分析、统计，并以图表的形式输出。

5 道路雷达检测

5.1 一般规定

5.1.1 道路雷达检测应包括下列内容：

- 1 现场踏勘与资料收集；
- 2 制定检测方案；
- 3 数据采集；
- 4 数据解译；
- 5 疑似点定位与复测；
- 6 成果验证；
- 7 成因分析与处置建议；
- 8 检测报告编写与提交。

5.1.2 道路雷达检测流程应按图 5.1.2 进行。

5.1.3 测线布设应符合下列规定：

- 1 测线布设应完整、连续，并应避开雷达干扰源；
- 2 首次检测测线布设应达到检测区域全面覆盖的目标，测线宜与车道平行，相邻测带旁向重叠不宜小于 10%；100MHz 及以下频率天线测线间距不宜大于 1.5m，200MHz~500MHz 频率天线测线间距不宜大于 1.0m；
- 3 重点检测区域或普查异常区域测线应加密布设或交叉布设。

5.1.4 检测定位工作应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的有关规定。

5.1.5 应结合检测区水文地质资料、管线布设情况、地上、地下设施分布情况及周边工程环境等调查数据进行综合判断解译、成果定性及病害成因分析。

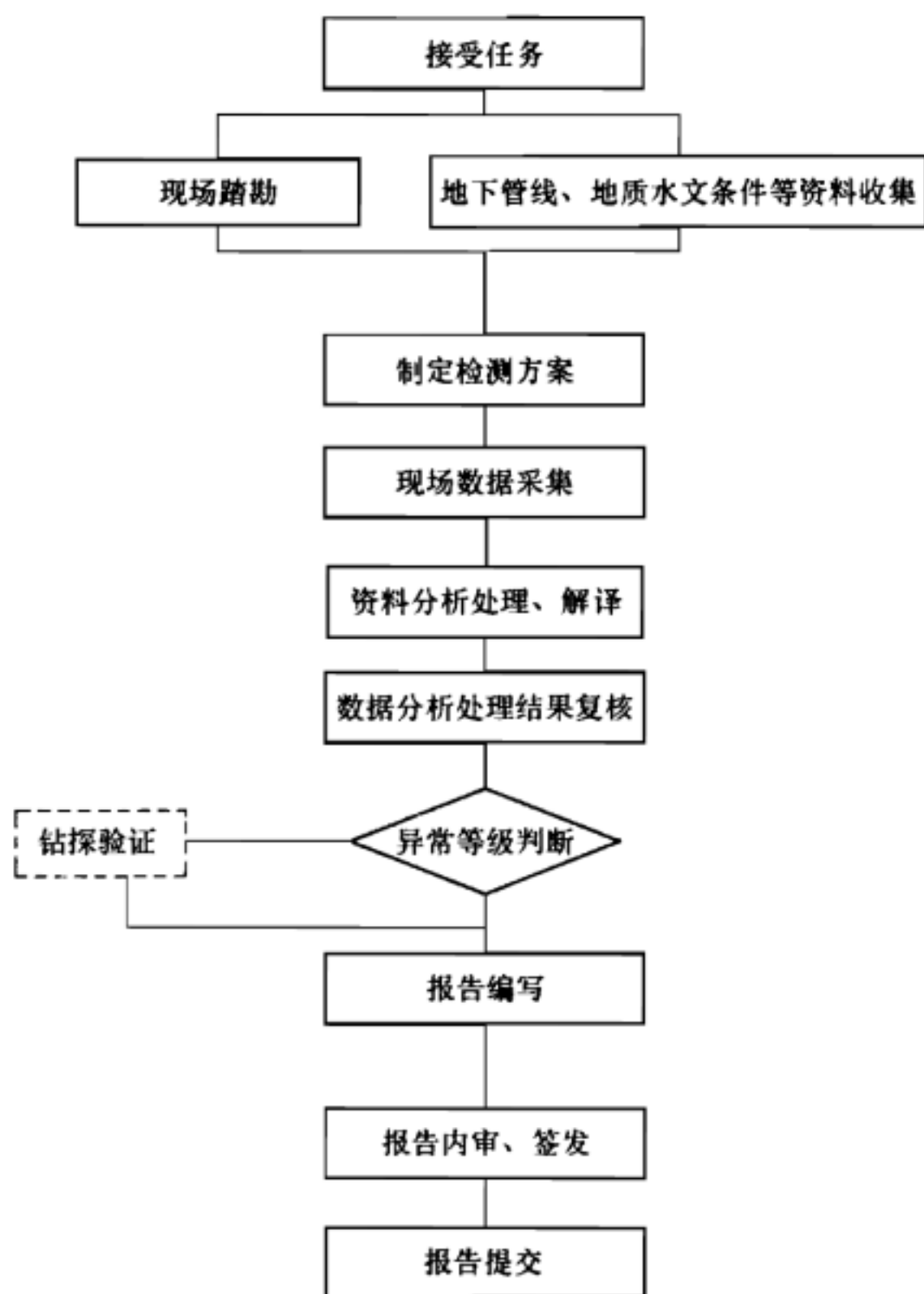


图 5.1.2 道路雷达检测流程图

5.2 检测准备工作

5.2.1 检测工作应避免在路面积水或积雪时进行，检测环境温度应为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.2 检测准备工作应符合下列规定：

- 1 收集与检测相关的资料，应包括下列主要内容：
 - 1) 区域地形图、地下管线图及人防等相关资料；

- 2) 检测区域地铁、顶管等地下工程施工资料;
- 3) 检测区域近期路面塌陷、沉降及裂隙等相关资料;
- 4) 道路结构及道路改造大、中修等相关资料;
- 5) 与检测有关的其他资料。

2 道路雷达检测应制定高效可行的检测方案,方案应包括下列主要内容:

- 1) 检测区域水文地质环境、地下建筑物和构筑物及道路设施状况等资料的收集情况和分析;
- 2) 检测工作的重点、难点及应对措施;
- 3) 检测内容、检测范围、测线布设及检测工期;
- 4) 技术依据、现场检测安排及工作量评估;
- 5) 仪器设备、车辆、工程材料和安全防护装备等配备;
- 6) 施工组织及检测计划;
- 7) 质量和安全保证措施;
- 8) 拟提交的成果资料。

3 在检测工作开始前,应进行检测方案技术交底及施工安全培训。

5.3 数据采集

5.3.1 数据采集应满足任务要求,并应符合现行行业标准《城市工程地球物理探测规范》CJJ 7 和现行国家标准《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314 的规定。

5.3.2 检测范围的设定应符合下列规定:

- 1 检测范围应达到检测区域全面覆盖的目标,道路交叉口、渠化岛弯道、小区出入口等区域宜适当扩大检测范围;
- 2 测线末端宜超过检测区域边缘 10m;
- 3 复测时加密测线或交叉测线间距不应大于 1m。

5.3.3 数据采集应符合下列规定:

- 1 检测开始前,应进行设备调试,确定雷达通道、探测时窗、采样频率等参数;

- 2 连续测量时，天线应按测线方向匀速移动；
- 3 应记录采集数据对应的车道及方向；
- 4 检测系统工作时，应进行必要的安全防护措施；
- 5 采集过程中遇到车道被占用、交通管制限制等情况而影响数据采集工作时，应进行数据补测工作；

6 采集过程中应按规范附录 A 表 A.0.1 进行道路塌陷隐患检测记录。

5.3.4 检测参数设定应符合下列规定：

- 1 检测参数设定应能满足设备检测要求，达到最佳检测效果；
- 2 检测参数应包括中心频率、探测时窗、采样频率和其他常用参数；
- 3 检测参数设定应在检测准备阶段进行，根据设备性能、检测环境及技术要求，实地测试后确定。

5.3.5 检测数据质量管理应符合下列规定：

- 1 在检测过程中，检测单位应加强自检自查工作，视检测进度，定期进行过程检查及资料审核；当原始资料不完整或质量不合格时，应及时进行补测或重测；对遗漏路段，应进行补测；
- 2 数据预处理应符合信号保真性原则，有效信号深度应符合技术要求，预处理结果应满足解译需要。

5.3.6 数据采集安全作业管理应符合现行行业标准《公路工程施工安全技术规范》JTG F90。

5.4 数据解译

5.4.1 数据解译应包括下列内容：

- 1 数据处理；
- 2 异常识别；
- 3 数据解译。

5.4.2 数据处理应包括雷达检测、定位测量和摄影测量等数据的处理。

5.4.3 数据处理应符合下列规定：

1 数据处理前，原始数据应完整、可靠、有效，发现问题应重新检测或补测。

2 采集的数据应采用下列方法进行背景去除处理，去除干扰信号：

- 1) 采用二维滤波处理，消除地上物体反射干扰；
- 2) 根据电磁波遥感雷达数据频率分布，设定滤波参数，进行滤波处理；
- 3) 对特定地下目标进行增益、偏移成像处理。

3 多通道雷达应寻找各通道数据之间的相关性。

4 应对比地表特征和雷达数据，排除人工埋藏物干扰。

5 应对比雷达图像和典型雷达图谱，确定异常点。

6 应结合定位数据和摄影测量数据，确定雷达异常点在道路上的准确位置。

7 原始数据应及时归档，保证能够溯源。

5.4.4 雷达数据异常识别要素应包括反射波能量、背景回波、波形的相似性、波形的连续性。

5.4.5 数据综合解译应结合水文地质资料、地上和地下建筑物、构筑物资料及道路设施状况，剔除检测结果粗差，获取异常信息，并应解译该异常信息。

5.4.6 雷达数据异常点解译结果应包括地下空洞、脱空、土体疏松区及富水区。

5.4.7 不同类型的异常点识别应按表 5.4.7-1 的规定进行解译，雷达图像异常等级应按表 5.4.7-2 划分。

表 5.4.7-1 不同类型土体异常雷达图像特点汇总

隐患类型	雷达图像特点
富水区	波组显示主要为顶面反射波，由于电磁波的快速衰减，顶面以下反射较弱；富水异常顶面反射波与入射波同相，底面反射波与入射波反向

续表 5.4.7-1

隐患类型	雷达图像特点
土体疏松区	在雷达图像上一般表现为同相轴横向不连续，波形结构较为杂乱、不规则
脱空	在雷达图像上一般表现为浅层地层弱反射，同相轴发生错断，存在上、下两个明显的反射界面
空洞	在雷达图像上表现为空洞区弱反射体特征、空洞区两侧倾斜的水平状反射波和不规则的散射波、空洞区垂直界面断面波、空洞区下方较大形态不规则散射波、空洞区顶界面强反射面、空洞区底界面底部连续水平状反射波等特征

表 5.4.7-2 探地雷达探测异常缺陷等级划分

等级编号	隐患类型	缺陷特征
I	富水区	1 路基含水量增大，强度低，压缩系数大，承载力低； 2 土体结构弱化，其上部容易发展为空洞
II	土体疏松区	1 土层孔隙率大、不密实、结构不均匀； 2 松散程度大，强度低，压缩性强
III	脱空	埋深较浅，结构层与土基之间产生分离，分离净空小于 50cm
IV	空洞	1 分离净空大于或等于 50cm 及土体内部产生的空腔； 2 位于地基土中，其土基内部土体大量流失； 3 上部一般为脱空区，下部为土体疏松区，对上部土体结构的稳定性构成威胁

5.4.8 应根据雷达数据解译结果，确定道路塌陷隐患的平面轮廓及埋深。

5.4.9 应根据定位信息和摄影测量信息，确定道路塌陷隐患的坐标和相对位置，并进行编号。

6 检测成果

6.1 一般规定

6.1.1 道路塌陷隐患雷达检测成果应遵循解译正确、定位准确、科学有据、结论明确、易于处置的原则。

6.1.2 道路塌陷隐患雷达检测成果应包括下列内容：

- 1 雷达数据解译结果；
- 2 道路塌陷隐患位置信息；
- 3 异常点定位与钻探验证；
- 4 道路塌陷隐患成因分析及处置建议；
- 5 检测报告编写。

6.2 雷达数据解译结果

6.2.1 雷达数据解译结果信息应包括异常类型、形状、埋深及规模等。

6.2.2 雷达数据解译结果应包括文字报告和成果图件。

6.3 道路塌陷隐患位置信息

6.3.1 道路塌陷隐患位置信息应由高精度定位设备和摄影测量设备综合确定。

6.3.2 道路塌陷隐患位置信息应包括坐标信息、影像信息、位置的文字描述信息和现场标注信息。

6.3.3 道路塌陷隐患位置信息应及时存档，便于道路养护人员准确定位和后期追溯。

6.4 异常点定位与钻探验证

6.4.1 异常点定位应根据坐标信息、影像信息、位置的文字描

述信息进行现场标注，将异常点信息汇总到道路塌陷隐患疑似目标信息汇总表（附录 A 表 A.0.2），并采用辅助方法验证，优先选用钻探验证法。

6.4.2 异常点定位与钻探验证应符合下列规定：

- 1 应对拟钻孔位置现场标注；
- 2 钻探前，应查明地下管线情况，不得损坏或影响原有地下管线的运行和维护；
- 3 钻探前，应及时对存在道路安全隐患区域进行围挡并放置警示标志；
- 4 宜在指定位置钻孔；
- 5 钻孔后应测量并拍摄影像资料存档；
- 6 钻孔成果应汇总到道路塌陷隐患钻探验证结果表（附录 A 表 A.0.3）；
- 7 道路钻孔结束后，应及时封孔；
- 8 钻孔回填材料结构强度应高于原结构强度。

6.5 道路塌陷隐患成因分析及处置建议

6.5.1 应根据塌陷隐患的类型、规模、土质、水质，结合周边地下管线、人防、地铁工程等信息，初步判断道路塌陷隐患成因。

6.5.2 道路塌陷隐患处置建议应参考道路塌陷隐患的类型、等级、深度、面积、位置等信息，并应符合表 6.5.2 的规定。

表 6.5.2 道路塌陷隐患处置意见汇总

隐患类型	规模	位置	危害程度	紧急程度	处置建议
空洞	规模较大	位于主路	危害严重	应立即处理	1 查明原因，消除诱因； 2 挖探、回填、碾压密实或注浆
空洞	规模较小	位于主路	危害较大	应立即处理	1 查明原因，消除诱因； 2 挖探、回填、碾压密实或注浆

续表 6.5.2

隐患类型	规模	位置	危害程度	紧急程度	处置建议
空洞	规模较大	位于辅路	危害较大	应立即处理	1 查明原因, 消除诱因; 2 挖探、回填、碾压密实或注浆
空洞	规模较小	位于辅路	危害一般	应尽快处理	1 查明原因, 消除诱因; 2 挖探、回填、碾压密实或注浆
脱空			危害一般	应尽快处理	1 查明原因, 消除诱因; 2 挖探、回填、碾压密实或注浆
富水区			危害一般	应尽快处理	1 调查水源; 2 排水疏干; 3 专项探测
土体疏松区		—	危害较小	应安排处理计划	挖探、回填、碾压密实或注浆

6.5.3 根据道路塌陷隐患类型, 结合隐患路段现场施工条件, 应因地制宜选择开挖修复或非开挖修复, 并应符合下列规定:

1 道路进行开挖修复应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 和《城镇道路养护技术规范》CJJ 36 的规定;

2 道路进行非开挖修复应符合现行行业标准《道路深层病害非开挖处治技术规程》CJJ/T 260 的规定;

3 管道进行开挖维修应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定;

4 管道进行非开挖修复应符合现行行业标准《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》CJJ/T 210 的规定。

6.6 检测报告编写

6.6.1 完成检测工作后，应对资料全面整理，填写道路塌陷隐患检测工作量汇总表（附录 A 表 A.0.4）和道路塌陷隐患信息卡（附录 A 表 A.0.5）。

6.6.2 检测报告应详细、清晰、完整地反映检测过程，数据真实、内容完整、结论准确。

6.6.3 检测报告应包括下列内容：

- 1 项目概况、雷达检测的技术依据、目的和要求；
- 2 检测区域概况；
- 3 已有资料的收集和利用情况；
- 4 技术方案及安全专项方案；
- 5 检测成果；
- 6 成果钻探验证；
- 7 道路塌陷隐患初步成因分析；
- 8 结论及处置建议；
- 9 质量保障措施；
- 10 服务承诺；
- 11 附图和附表。

7 道路塌陷隐患信息管理

7.1 一般规定

7.1.1 道路塌陷隐患信息管理应建立信息系统，对检测数据进行查询、统计分析与管理。

7.1.2 道路塌陷隐患信息管理内容应包括雷达检测数据、定位数据、摄影测量数据、道路塌陷隐患数据、地下构筑物数据、地下工程施工数据等。

7.1.3 道路塌陷隐患信息管理数据库应包括基础地理信息数据库、三维模型数据库、道路安全专题数据库、基础自然环境数据库及动态监测采集数据库。

7.2 道路塌陷隐患数据与建库

7.2.1 数据采用的坐标系应与道路塌陷隐患所在地基础地理信息采用的坐标系一致。

7.2.2 各类数据的数据结构应包括字段数量、字段名称、字段类型、字段长度、小数位数、完整性约束及说明等。

7.2.3 数据应以电子文件形式提供，文件类型可包括文本文件、雷达数据、GPS数据、图像文件、图形文件、视频文件等，文件格式应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 电子文件类型与格式

文件类型	文件格式
文本文件	TXT、DOC、PDF、XLS、XML
雷达数据	SGY、DZT、RD3、DT、DT1、DAT、TXT、BIN
GPS 数据	STH、CSV、TXT、XLS
图像文件	JPEG、TIFF、PNG、BMP、PSD
图形文件	DWG、CRD、SVG
视频文件	MPG、AVI

7.2.4 雷达数据应包括雷达扫描获取的原始信号数据、数据处理后得到的雷达影像、雷达测线、测线的特征点以及钻探验证点等数据，并应符合下列规定：

1 雷达信号数据以文件的形式存储于数据库中，以其测线的编号进行命名，且须与测线一一对应；

2 雷达图像数据存储于雷达测线数据表中，不单独建表。

7.2.5 道路塌陷隐患编号宜采用“检测城市区号+检测日期+检测路段编号+病害编号”四段代码组合，并应符合下列规定：

1 检测城市区号应引用国家城市区号编码规则；

2 检测日期应为检测某条路段的日期，应采用六位数字表示，包含检测年份、月份与日期，前两位为检测年份的最后两位数字，后两位为检测月份，后两位为检测日期；

3 检测路段编号应为方便记录而拟定的检测路段编号，采用三位数字表示；

4 病害编号应采用两位数字表示，以发现道路塌陷隐患的先后进行编号，每条路的道路塌陷隐患均从“01”开始编号，且每条路道路的塌陷隐患编号具有唯一性。

7.2.6 地下病害体风险等级应包括很低、较低、中等、较高、极高5个等级，分别对应并采用数字“1”、“2”、“3”、“4”、“5”进行编码。

7.2.7 数据库建立应符合下列规定：

1 数据入库前应进行质量检查；

2 数据应及时更新，保证其准确性与有效性，并做好历史数据备份；

3 数据库应对时态数据进行存储和管理；

4 数据的安全保密应符合国家现行相关标准的规定；

5 数据库建立应结合项目需求和相关标准规范的要求，满足系统高效运行和查询检索的需要。

7.3 道路塌陷隐患信息管理系统

7.3.1 道路塌陷隐患信息管理系统宜采用客户端/服务器及浏览器/服务器两者组合服务模式。

7.3.2 道路塌陷隐患信息管理系统宜提供服务器端、网络端及移动端应用。

7.3.3 道路塌陷隐患信息管理系统应定期进行软件维护、数据维护、运行环境维护等。

7.3.4 道路塌陷隐患信息系统应具备下列功能：

1 多源道路塌陷隐患数据的二三维一体化展示、入库、管理、编辑、输出；

2 对道路塌陷隐患数据进行查询、统计、成因分析，并以图表形式输出；

3 多源道路塌陷隐患数据的更新。

7.3.5 运行环境应包括网络、服务器等硬件环境，操作系统、数据库及地理信息系统等支撑软件环境，以及信息安全支撑环境等。

7.3.6 系统网络环境应符合下列规定：

1 网络的安全性、可靠性、可扩充性符合国家现行相关标准的要求；

2 内外网应物理隔离，对需进行内外网数据交换的，应采用专门的内外网数据交换设备；

3 应建立相应的网络管理制度，配备网络运行维护人员，保障系统网络的稳定运行。

7.3.7 系统服务器与终端环境应符合下列规定：

1 服务器和存储设备的型号及数量应根据系统并发访问数量及预期数据量等因素选择配备；

2 服务器应包括数据库服务器、应用服务器及相应的数据备份服务器；

3 用户终端计算机设备应满足各类地理信息数据浏览和访

问的功能需要。

7.3.8 数据库管理系统应符合下列规定：

- 1 应具有海量空间数据存储管理能力；
- 2 应支持空间数据和属性数据的统一存储；
- 3 数据库字段应支持雷达数据、高精度定位数据、影像数据、矢量数据、多媒体数据、电子文档数据等的存储；
- 4 应具有可靠的数据备份和恢复机制。

7.3.9 地理信息系统应符合下列规定：

- 1 宜选用国产地理信息系统平台；
- 2 应支持空间数据和属性数据的统一操作；
- 3 应具有丰富的空间数据管理、查询和分析能力；
- 4 应具备海量空间数据处理能力，达到基本运行性能；
- 5 应支持通用的地理信息交换数据格式；
- 6 应具备数据分发服务功能；
- 7 应具有二次开发接口，满足地理信息应用开发需要。

7.3.10 系统安全设计应符合现行国家标准《信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求》GB/T 22239 的有关规定。

附录 A 道路塌陷隐患检测表

表 A.0.1 道路塌陷隐患检测原始记录表

填报单位：

项目名称			检测路段	
检测设备/编号			仪器参数 设置	
天线主频率 (MHz)				
测线编号	测线起始点		检测车道 (方向)	备注
	起点	终点		
备注：				
记录人：	审核人：	探测时间：	第_页共_页	

表 A.0.2 道路塌陷隐患疑似目标信息汇总表

填报单位：

序号	编号	道路名称	中心坐标位置		位置描述	异常区域情况				
			X	Y		长度 (m)	宽度 (m)	面积 (m ²)	覆土厚度 (m)	缺陷等级
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
备注：										
填报人：			审核人：			时间：			第_页共_页	

表 A.0.3 道路塌陷隐患疑似目标钻孔验证结果

填报单位：

序号	编号	道路名称	钻孔点情况			
			顶深 (m)	底深 (m)	净深 (m)	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
记录人：		审核人：		时间：		第_页共_页

表 A.0.4 道路塌陷隐患检测工作量汇总表

填报单位：

序号	道路名称	起始点位置	道路长度 (m)	车道状况 (条)	车道长度 (m)	测线	
						数(条)	总长(m)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
总计							
填报人：		审核人：		时间：		第_页共_页	

表 A.0.5 道路塌陷隐患信息卡

填报单位：

编号		道路名称	
隐患类型		缺陷等级	
平面面积 (m ²)		中心坐标	X
埋深 (m)			Y
位置描述			
雷达图谱		隐患周边地形图	
隐患周边地下管网图		现场照片	
成因初步分析			
处置建议			
编制人：	审核人：	备注：	第_页共_页

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 2 《全球定位系统 (GPS) 测量规范》 GB/T 18314
- 3 《信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求》 GB/T
22239
- 4 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ 1
- 5 《城市工程地球物理探测规范》 CJJ 7
- 6 《城市测量规范》 CJJ/T 8
- 7 《城镇道路养护技术规范》 CJJ 36
- 8 《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》 CJJ/T
210
- 9 《道路深层病害非开挖处治技术规程》 CJJ/T 260
- 10 《公路工程施工安全技术规范》 JTG F90

中国市政工程协会团体标准

道路塌陷隐患雷达检测技术规范

T/CMEA 2-2018

条文说明

制 订 说 明

《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》T/CMEA，经中国市政工程协会 2018 年 1 月 1 日以团体标准公告 2018 年第 2 号批准、发布。

《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》在制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了道路塌陷隐患雷达检测的实践经验，同时依据有关国内外先进技术法规、技术规范，对本规范内容反复讨论、分析和论证，取得了重要技术参数。

为便于广大检测、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

3	基本规定	36
4	检测系统	37
4.1	一般规定	37
4.2	多通道探地雷达	37
4.3	高精度定位设备	37
4.4	摄影测量设备	37
5	道路雷达检测	38
5.3	数据采集	38
5.4	数据解译	39

3 基本规定

3.0.1 本条规定了道路雷达检测应符合的原则：

1 针对性原则。道路塌陷隐患雷达检测应针对影响道路安全运行的路面、结构层及路基等层面开展，确保检测结果的准确性、代表性和时效性，为道路安全运行、维修、养护等提供参考依据。

2 规范性原则。以程序化和系统化的方式规范道路塌陷隐患雷达检测，保证道路塌陷隐患雷达检测的科学性和客观性。

3 一致性原则。同类型数据或方法引用的标准与资料应保持一致。

4 可靠性原则。所采用的标准与资料应通过科学的论证与检验。

5 可行性原则。在确保道路塌陷隐患雷达检测准确性、可靠性的前提下，综合考虑道路塌陷隐患检测使用雷达的国际先进性、软硬件技术应用稳定性等因素保证检测工作切实可行。

3.0.2 检验检测机构资质限定能力范围是道路工程项目。

3.0.4 重要道路指党政军驻地、学校、使领馆、对道路要求严格的单位周边路段。

4 检测系统

4.1 一般规定

4.1.2 本条规定了检测设备的组成。

4.1.3 本条规定了检测设备应符合的要求。

1 设计合理是指检测设备能满足道路塌陷隐患雷达检测的各项功能要求（如检测速度、检测深度和定位精度）；

2 可同步工作是指检测设备可同步采集雷达遥感数据、定位数据和摄影测量数据。

4.1.4 本条规定了数据分析软件包括的内容。

4.2 多通道探地雷达

4.2.2 本条规定了多通道探地雷达系统参数应符合的要求。

4.3 高精度定位设备

4.3.2 本条规定了高精度定位设备应包括的功能。

4.3.3 本条规定了高精度定位设备应符合的条件。

4.4 摄影测量设备

4.4.2 本条规定了高分辨率摄像机应符合的条件。

5 道路雷达检测

5.3 数据采集

5.3.4 本条规定了设定检测参数应符合的条件：

1 在满足探测深度的前提下，综合考虑检测场地及环境要求，使用较高频率的天线，探测深度与天线中心频率的关系见本规范 4.2.1。

2 探测时窗可由下式估算：

$$W = 1.2 \frac{2d_{\max}}{v} \quad (1)$$

式中： W ——时窗（ns）；

v ——雷达波在被测介质中的平均速度（m/ns）；

d_{\max} ——最大探测深度（m）。

3 在探测深度允许的情况下，尽量选择较大的采样频率，以保证探测目标清晰成像。采样频率可按下式估算：

$$S_p \geq 20f \quad (2)$$

式中： S_p ——采样频率；

f ——天线中心频率（MHz）。

4 城市道路雷达检测宜选用 100MHz、200MHz 和 500MHz 天线。常用参数如表 1 所示。

表 1 雷达常用参数

中心频率	100MHz	200MHz	500MHz
天线种类	背向屏蔽式地面耦合天线	背向屏蔽式地面耦合天线	背向屏蔽式地面耦合天线
采样频率	6.4GHz	8GHz	8GHz
采样点数	1024	1024	512
数据累加	可调	可调	可调
触发间距	可调	可调	可调

5.4 数据解译

5.4.4 本条规定了雷达数据异常识别要素：

1 反射波能量：异常幅值比噪声干扰信号大 2.5 倍~3 倍。

2 背景回波：判别回波应了解雷达回波的波形特征，包括频率、相位和振幅变化特点。实际探测时通过收发天线对均匀介质的探测数据、对空探测收集的数据了解背景波形的特征，为背景波形提供参考。

3 波形的相似性：界面反射波在相邻道上的波形变化特征相似，包括周期、相位及振幅。在判读时利用波形的相似地段与不同地段的差别进行判读划分。

4 波形的连续性：同一界面的反射波在相邻道上出现的时间相近，这样反射波同相轴应该平缓变化，沿测线方向延伸较长。人机交互判别面层底界面线应符合该准则。一旦连续同相轴发生中断或剧烈变化，则出现判别异常变化的特征。

5 探地雷达正常地段图像见图 1，可看出雷达反射波同相轴连续，振幅、相位和频率无明显变化，无异常回波反射，表明地面下土层稳定、密实。

6 探地雷达的异常地段图像见图 2，可看出雷达反射波同相轴不连续，振幅、相位和频率发生明显改变，回波反射明显，表明地面下存在异常，结合相关地下构筑物的资料进行分析，推断为地下空洞，并经钻孔验证。

5.4.7 本条规定了雷达数据解译结果应符合的要求。

地下空洞、脱空、土体疏松区及富水区在雷达图像上的反映与非异常区存在较大区别。依据雷达反射波的相位、频率与幅值变化综合判别，从异常中剔除地下管线、地下窨井、地下构筑物及地面各种干扰物引起的异常，并将确定的异常按严重程度划分为地下空洞、脱空、土体疏松区、富水区等类型。道路地下埋藏物和塌陷隐患特征图谱如图 3~图 12 所示。

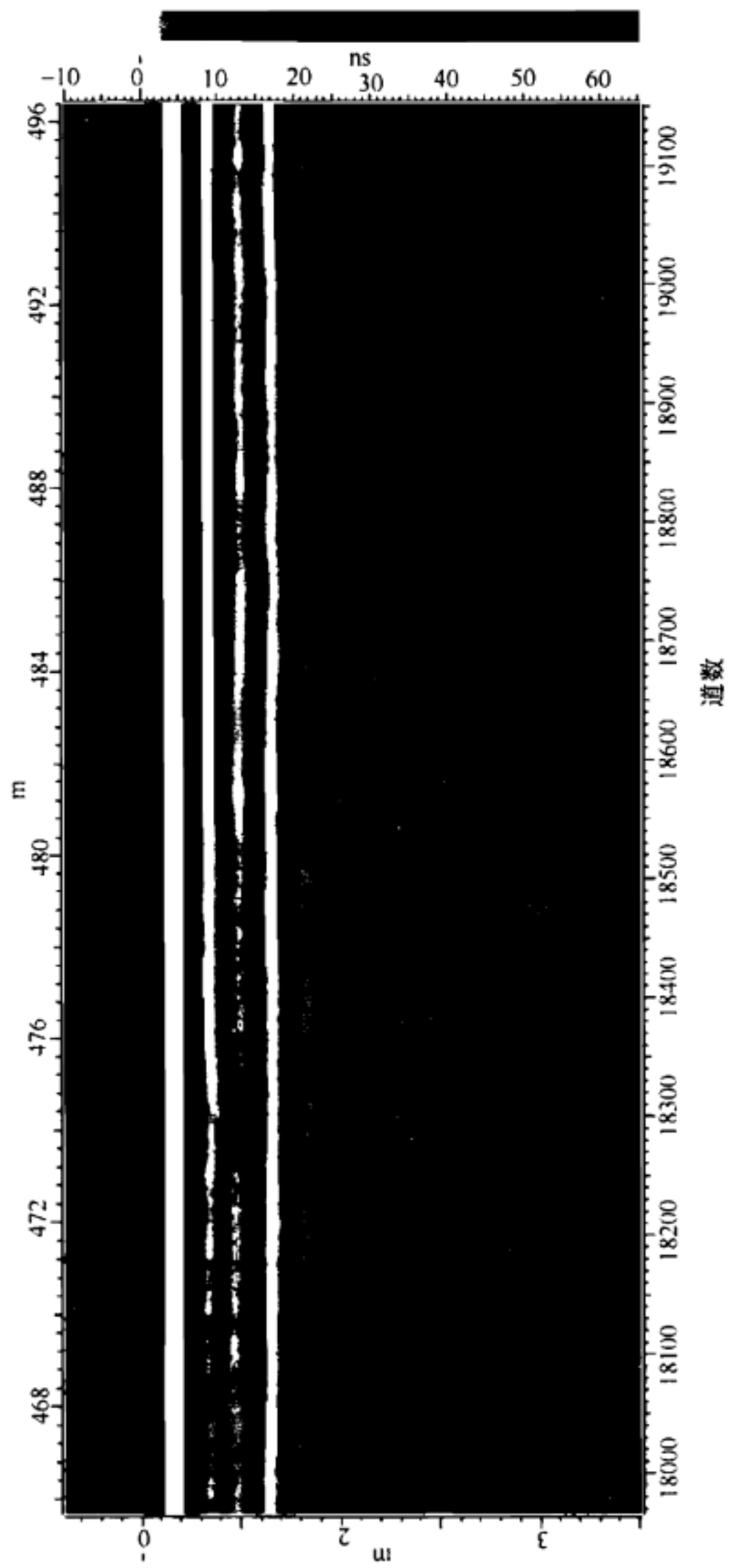


图1 探地雷达的正常地段数据剖面

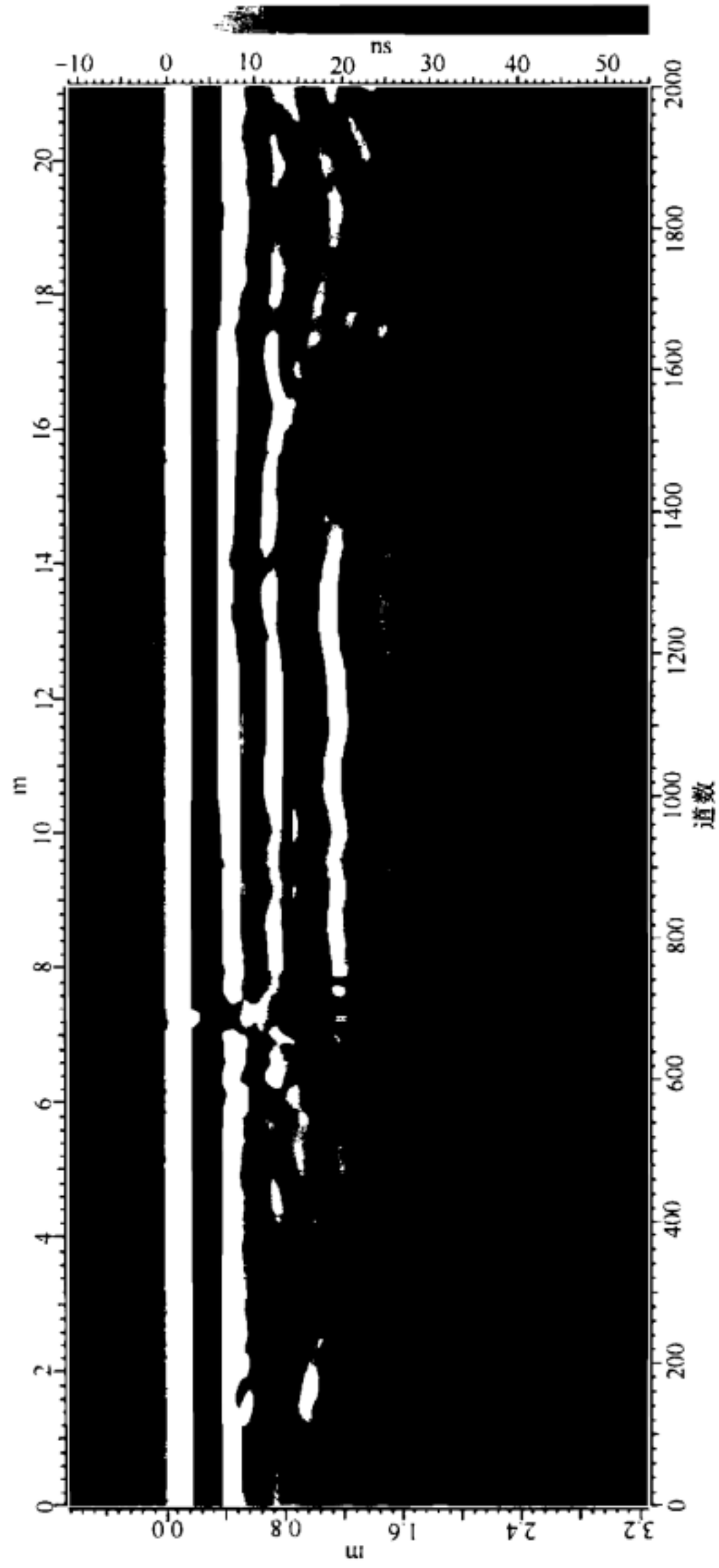


图 2 探地雷达的异常地段数据剖面

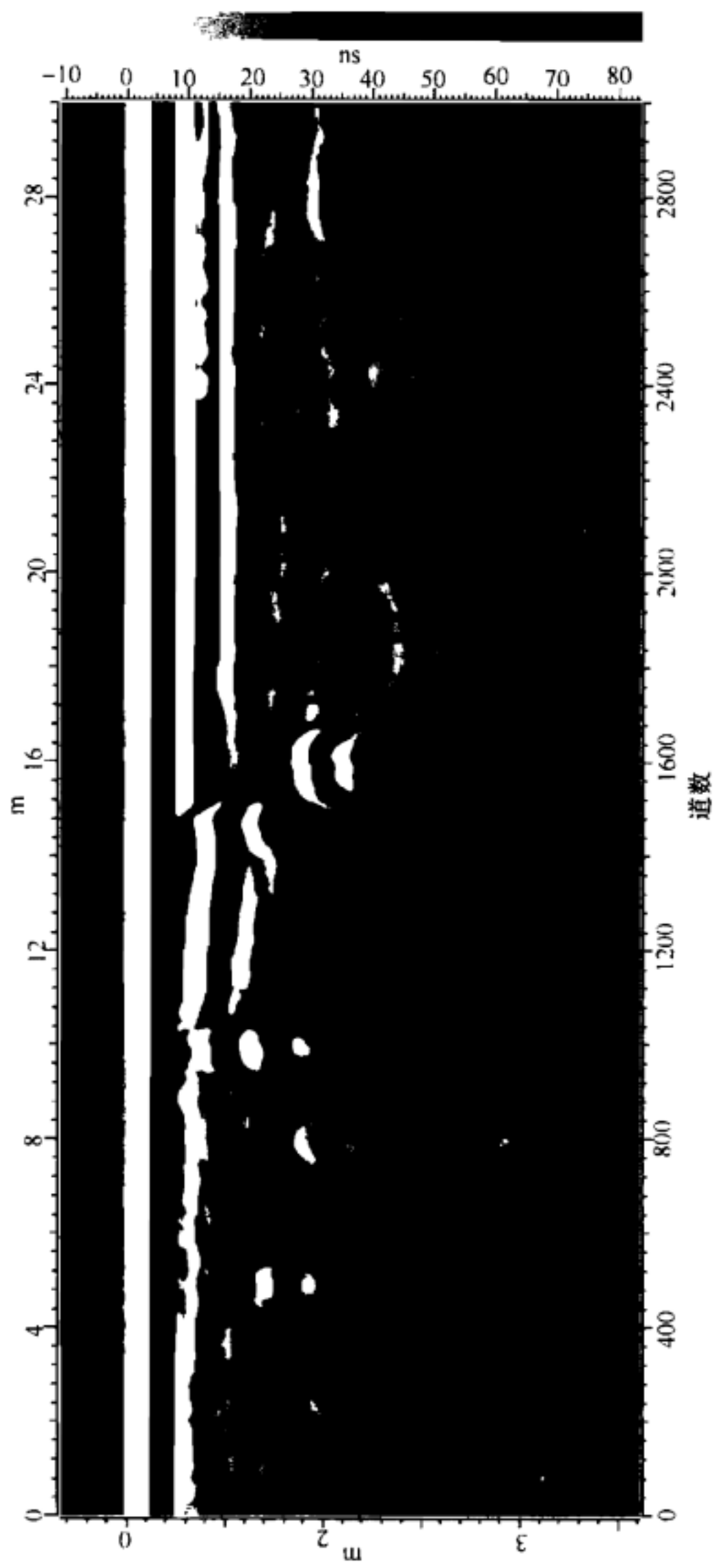


图3 金属管线特征图谱

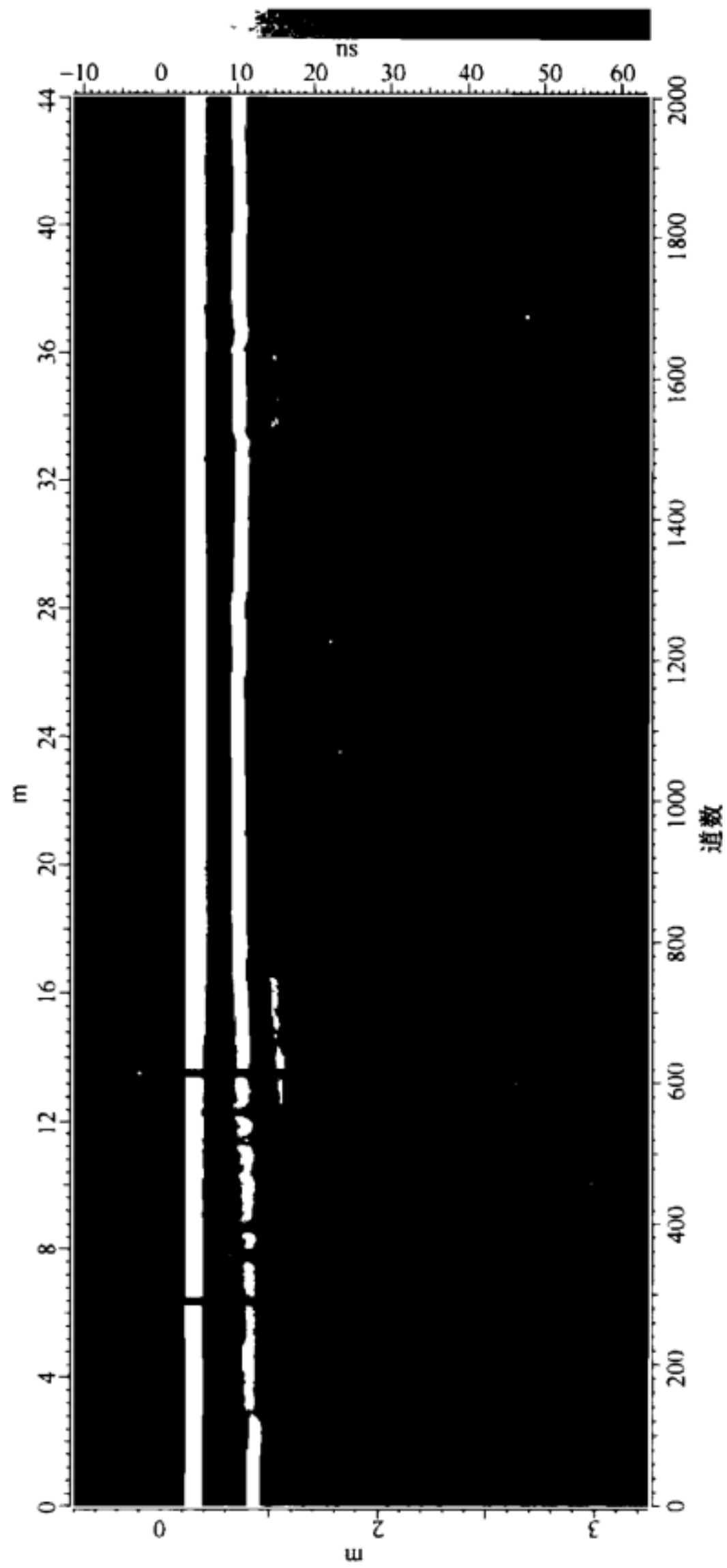


图4 地下钢筋特征图谱

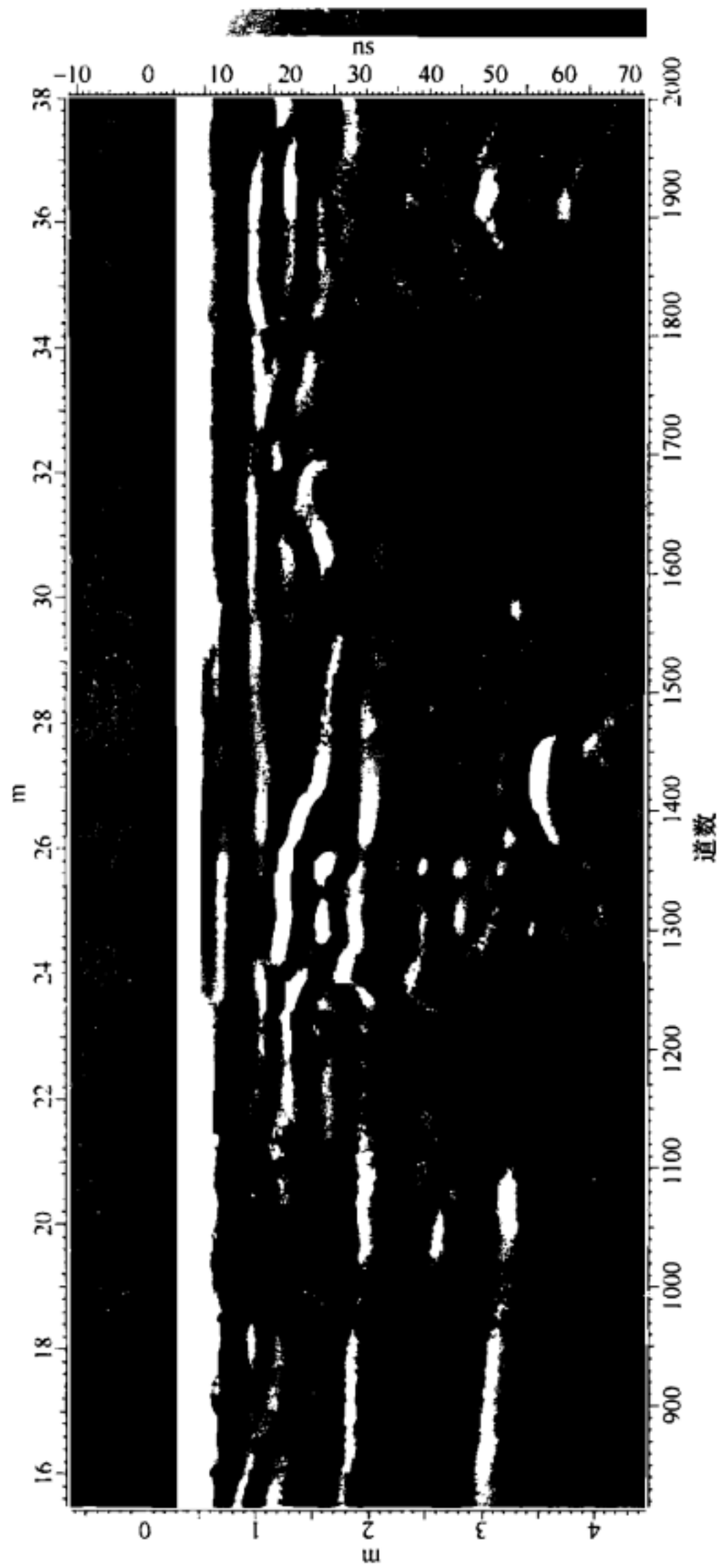


图5 混凝土管线特征图谱

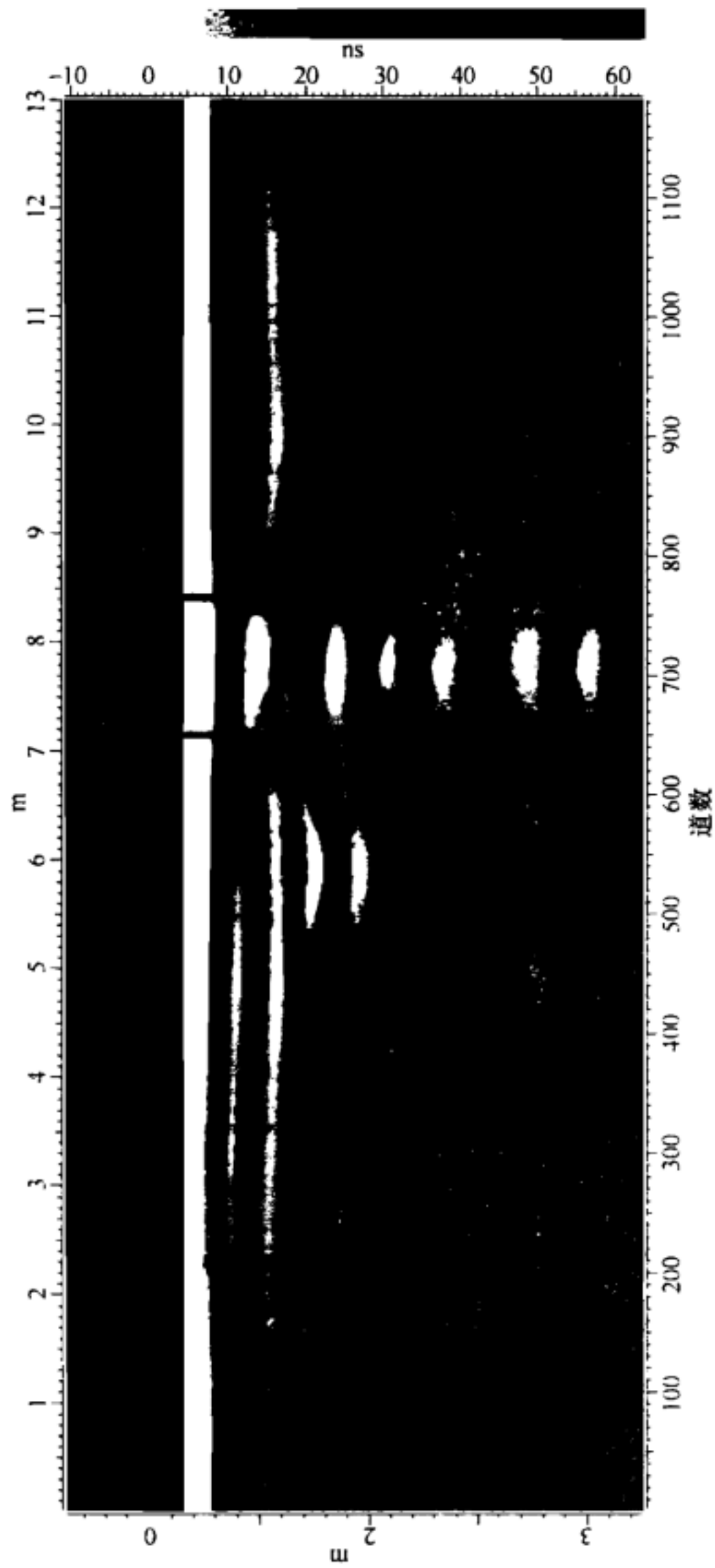


图6 金属井盖管特征图谱

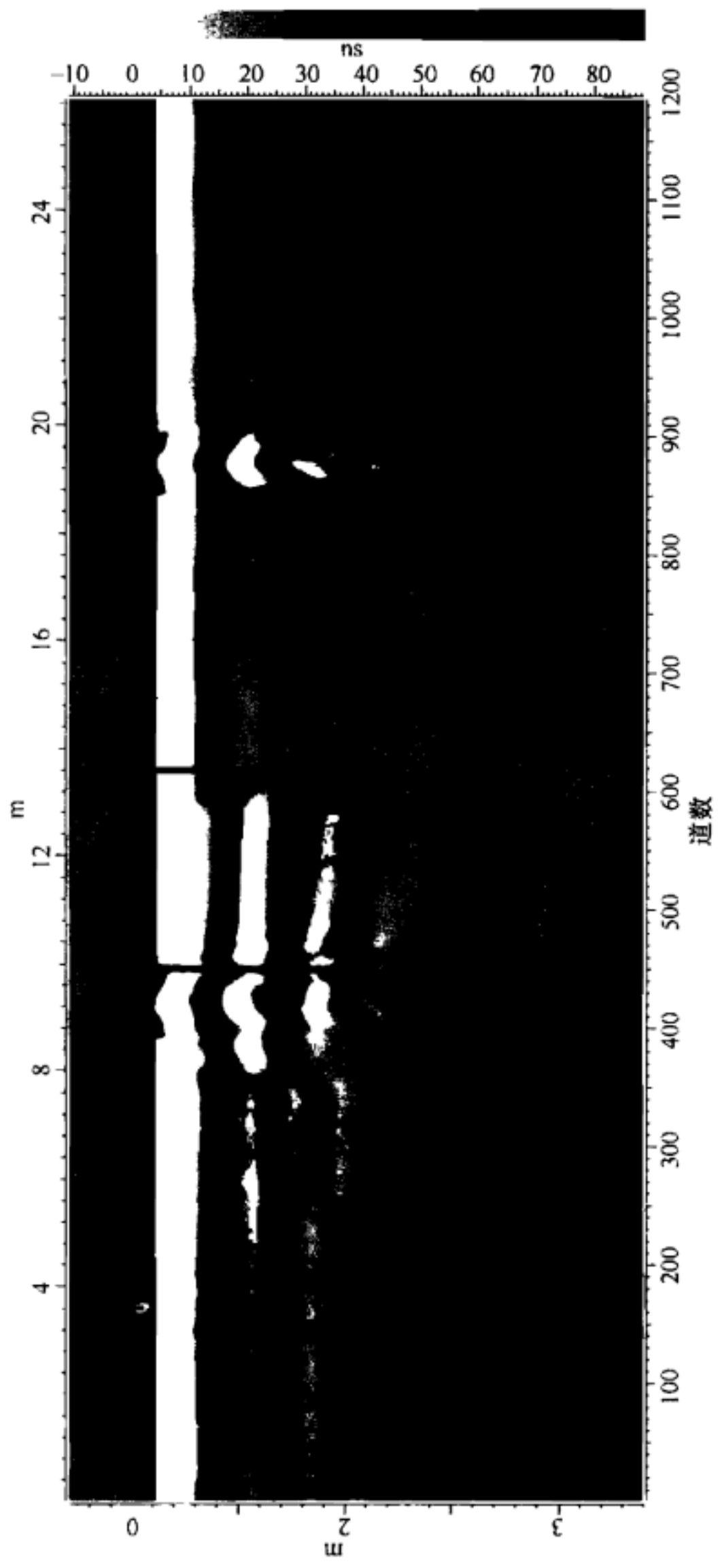


图7 井室特征图谱

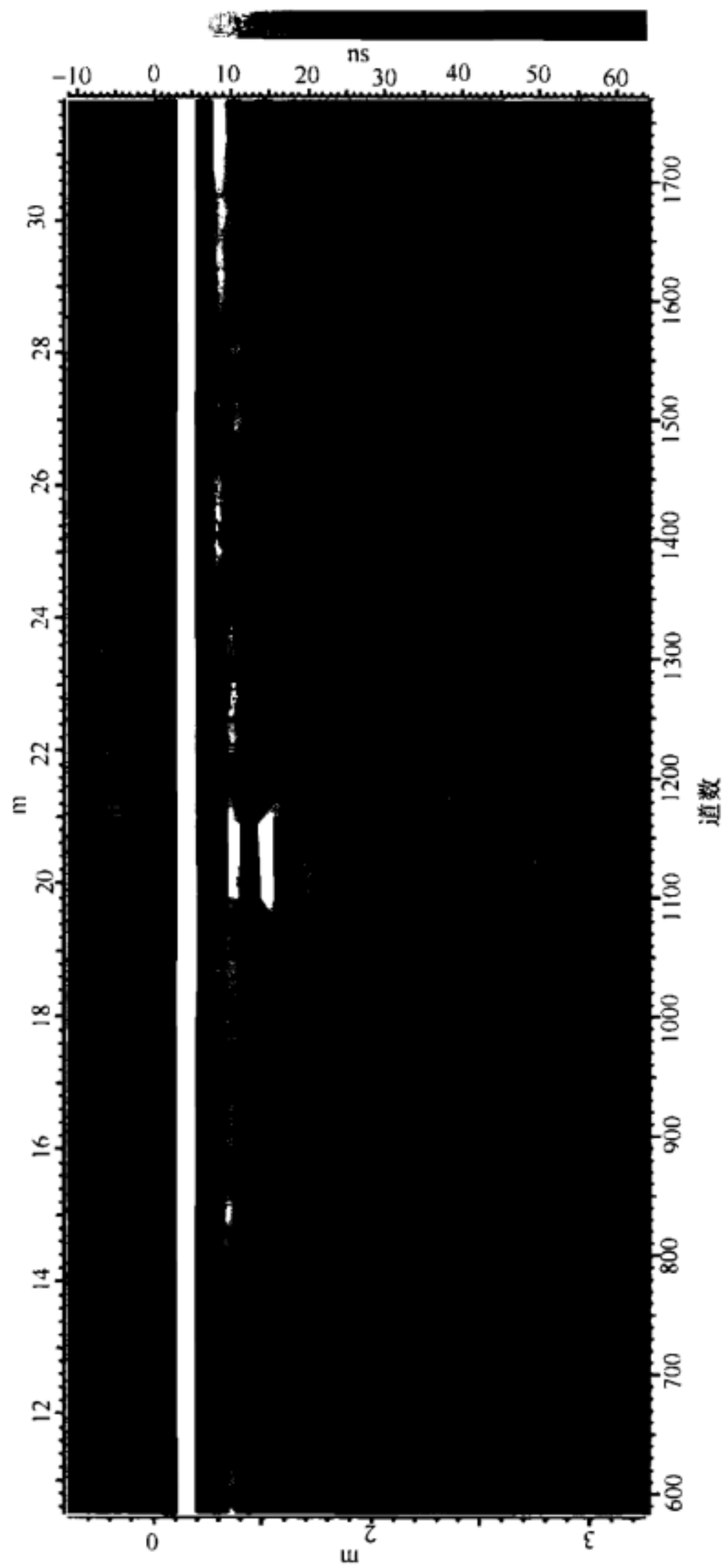


图 8 方涵特征图谱

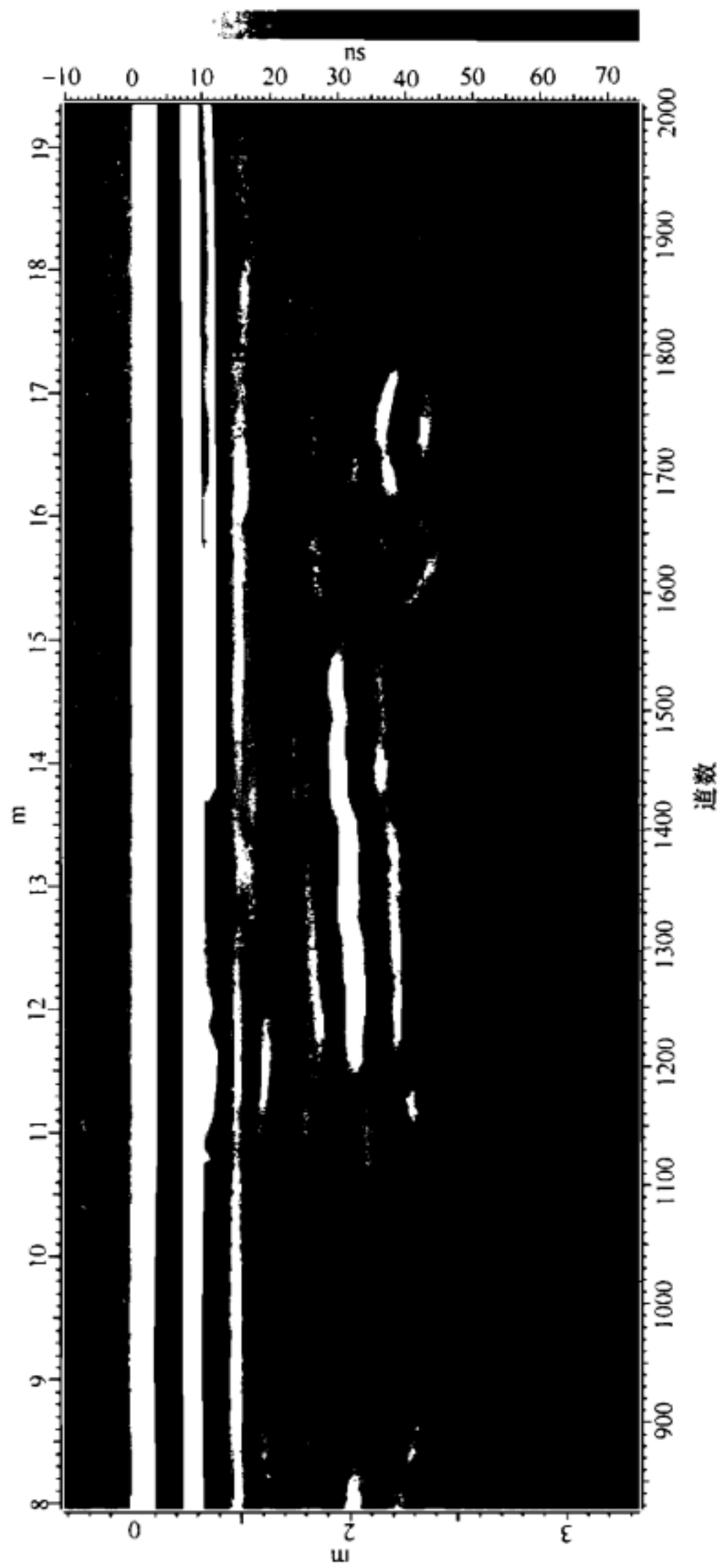


图9 空洞特征图谱

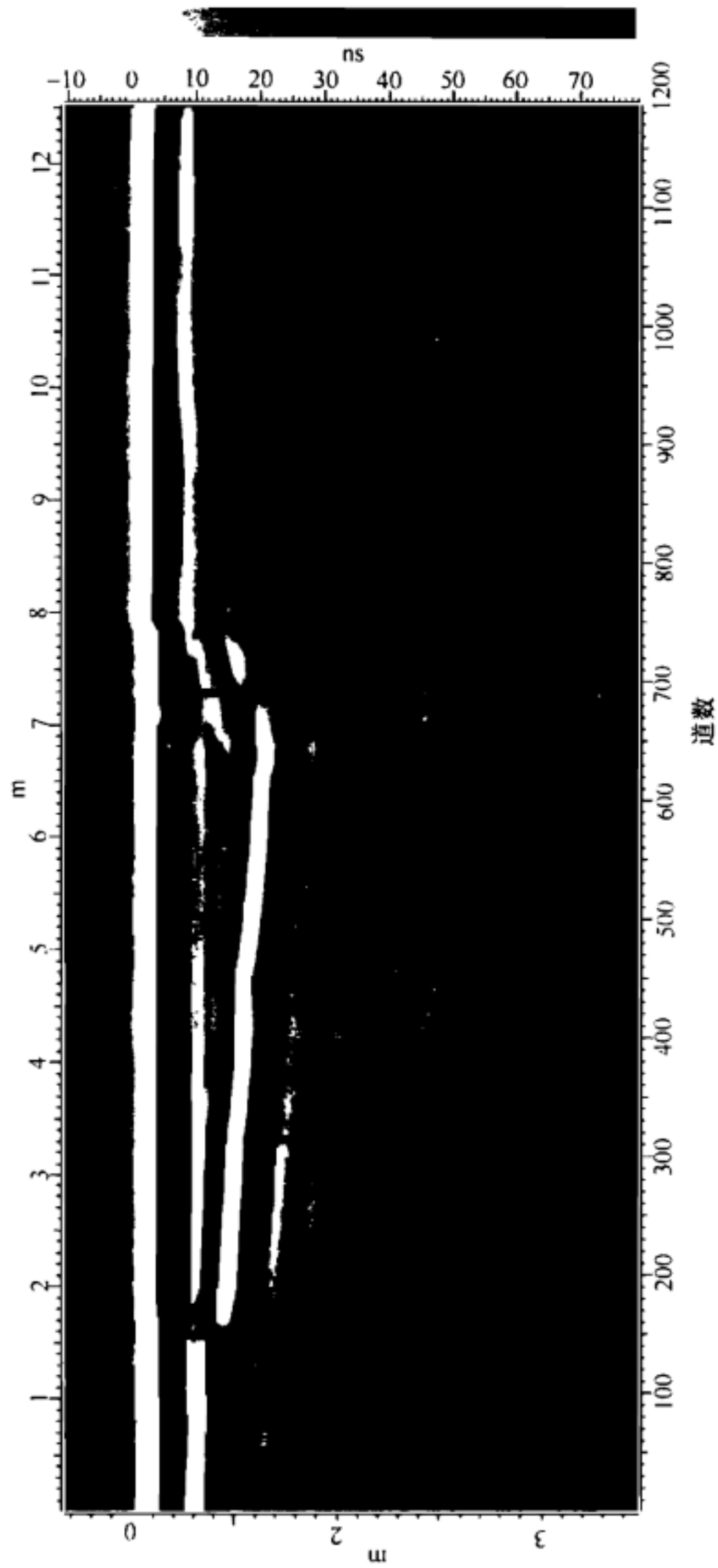


图 10 脱空特征图谱

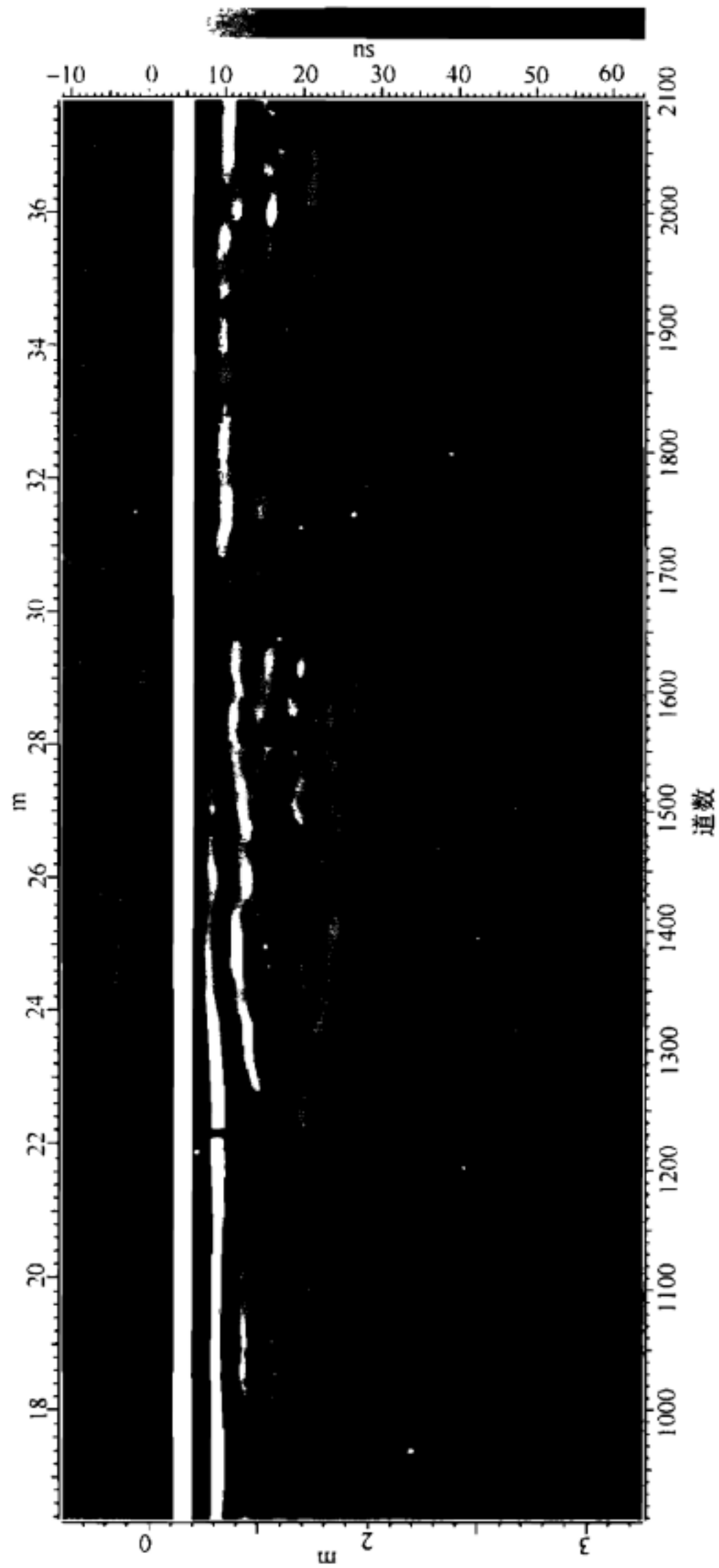


图 11 土体疏松区特征图谱

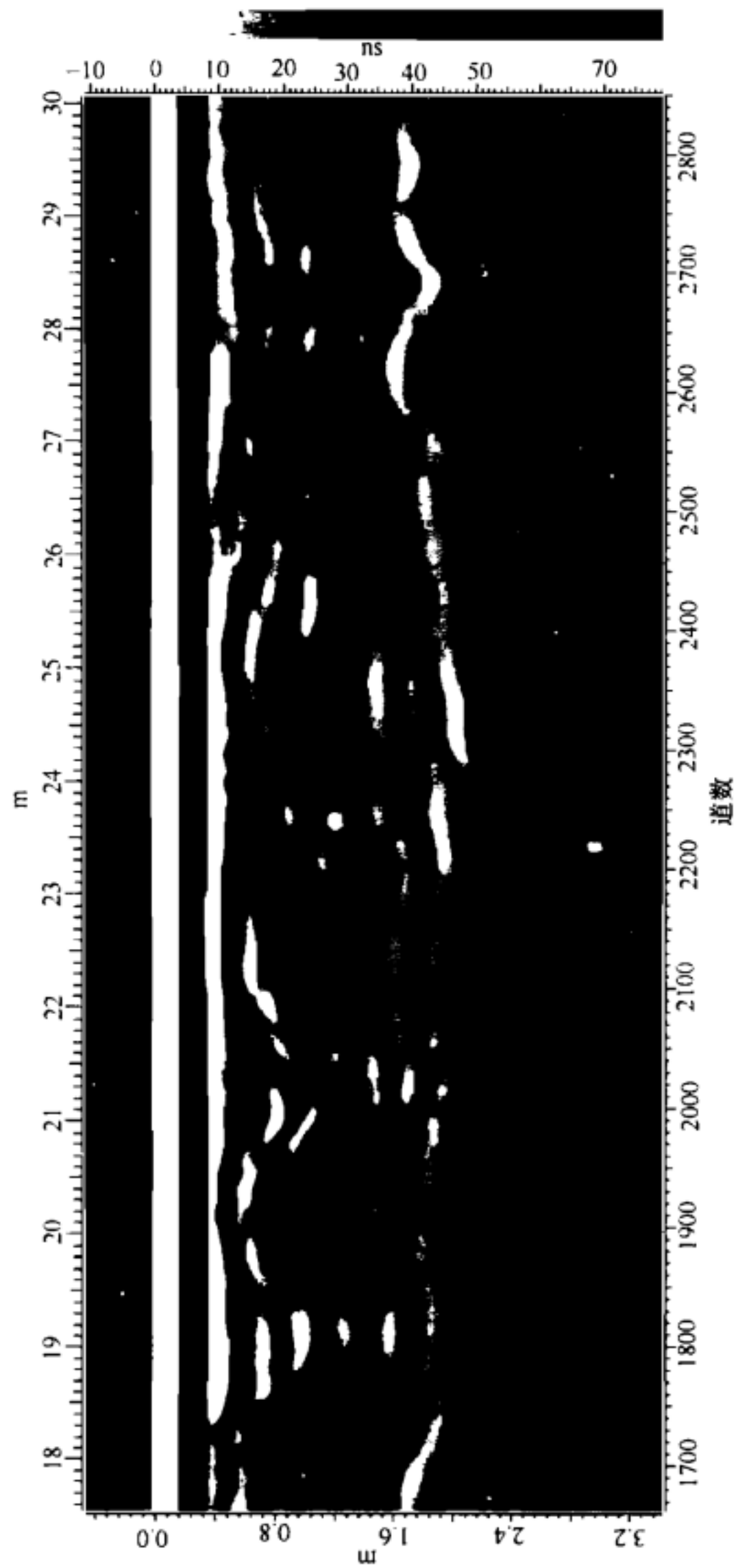


图 12 富水区特征图谱