

RISN-TG024-2016

道路塌陷隐患雷达检测技术导则

Technical guideline for radar detection of road collapse
vulnerabilities

住房和城乡建设部标准定额研究所 编

 中国建筑工业出版社

道路塌陷隐患雷达检测技术导则

Technical guideline for radar detection of
road collapse vulnerabilities

RISN - TG024 - 2016

住房和城乡建设部标准定额研究所 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：1 $\frac{3}{4}$ 字数：44 千字

2016 年 12 月第一版 2016 年 12 月第一次印刷

定价：12.00 元

统一书号：15112 · 28921

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

《道路塌陷隐患雷达检测技术导则》

编写人员名单

主 编：肖小良 方广有
参加编写人员：王继伟 叶盛波 乔晓军 王晓毅
武保利 高云泽 方 坤 徐志伍
张亚峰 扶涛涛 张爱军

编 写 单 位

北京国电经纬工程技术有限公司

参 编 单 位

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

前 言

工程建设标准是建设领域实行科学管理、强化政府宏观调控的基础和手段，对规范建筑市场行为、确保工程安全质量、促进工程技术进步、提高建设工程经济效益和社会效益等具有重要的作用。

近年来，随着我国经济社会发展，作为工程建设标准化的直接成果，已发布数千项工程建设标准，基本覆盖了工程建设的各个领域、各环节，规范并指导着建设活动各方的技术行为和管理行为。但同时，由于建设领域科学技术迅速发展、建设活动的复杂性以及标准制定条件的限制，现行标准还不能及时并全面为广大工程技术人员与管理人员提供指导。

住房和城乡建设部标准定额研究所作为住房和城乡建设部工程建设标准化研究与组织机构，在长期标准化研究与管理经验的基础上，结合工程建设标准化改革实践，组织国内外相关领域的权威机构和人员，通过严谨的研究与编制程序，为推进建设科技新成果的实践应用，组织编制了各专业领域的系列《技术导则》，作为广大工程技术与管理人员建设实践活动的技术依据，同时，也作为制定国家标准的技术储备。

《道路塌陷隐患雷达检测技术导则》是该系列《技术导则》之一，本导则结合当前我国经济社会发展需求，以推动道路塌陷隐患雷达检测技术应用、保障城市安全为目标，编号 RISN-TG 024-2016。内容包括：检测设备、检测软件、道路检测、数据解译、检测成果。

本《技术导则》及内容均不能作为使用者规避或免除相关义务与责任的依据。

住房和城乡建设部标准定额研究所

2016年10月31日

目 次

1	总则	1
2	术语	3
3	基本规定	6
4	检测设备	9
4.1	一般规定	9
4.2	牵引车	10
4.3	多通道电磁波遥感雷达	10
4.4	高精度定位设备	11
4.5	摄影测量设备	12
4.6	结构及辅助设备	12
5	检测软件	14
5.1	一般规定	14
5.2	数据采集软件	14
5.3	数据处理软件	15
5.4	综合数据融合软件	15
6	道路检测	18
6.1	一般规定	18
6.2	检测职责	19
6.3	检测准备工作	20
6.4	检测参数确定	21
6.5	数据采集	22
6.6	数据处理	24
7	数据解译	26
7.1	一般规定	26

7.2	现场异常识别	26
7.3	内业数据处理	28
7.4	综合数据解译	29
8	检测成果	31
8.1	一般规定	31
8.2	电磁波遥感雷达解译结果	31
8.3	道路塌陷隐患定位信息	31
8.4	结论及处置建议	32
8.5	异常点定位与钻孔验证	32
8.6	检测报告编写	33
附录 A	道路塌陷隐患检测表	34
案例	某市道路塌陷隐患雷达检测示例	38

1 总 则

1.0.1 为推动道路塌陷隐患检测的科学性和规范性，指导道路塌陷隐患雷达检测活动，制定本导则。

【1.0.1 解析】

雷达检测技术是检测道路塌陷隐患的有效手段，具有快速、无损、连续、精度高等优点。道路塌陷隐患雷达检测技术标准对规范道路检测各方主体行为、促进道路塌陷隐患检测技术进步、提高道路安全运行的经济效益和社会效益具有重要作用。

随着我国城市建设的快速发展，道路负荷不断增加。路基空洞、结构层脱空、土质疏松等道路塌陷隐患严重影响道路的使用性能。城市管理部门对道路塌陷隐患日益重视并已开展相应的检测工作，但目前道路塌陷隐患检测没有相关规程、规范，不能及时全面地为道路检测各方尤其是广大工程技术人员与管理人员提供指导。

为推进道路检测新技术的实际应用，促进道路塌陷隐患雷达检测标准的准确实施，引导道路检测技术发展方向，拓展道路检测标准化外衍成果，在长期标准化研究与管理经验的基础上，结合实际道路塌陷隐患检测项目应用实践，组织相关领域的权威机构和人员，通过严谨的研究与编制程序，编制了《道路塌陷隐患雷达检测技术导则》，作为指导广大工程技术和管理人员检测工作的重要参考。

1.0.2 本导则适用于应用雷达检测技术进行道路塌陷隐患检测。

1.0.3 道路塌陷隐患检测应遵循客观、系统、科学的原则，并应符合下列规定：

- 1 符合国家法律、法规和相关政策的规定；

2 依据道路实际情况综合考虑影响道路检测工作的因素，确定道路检测方案并进行评估。

1.0.4 道路塌陷隐患检测除应符合本导则规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.5 道路塌陷隐患检测所使用的仪器和相关设备，应做到及时检查校正，加强维护保养、定期检修。

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、地层脱空、土质疏松和富水道路结构异常形态。

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

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,遇到不同介电性质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

检测设备从起点到终点测试的路线,一般在整个测试项目开始前规划好。

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,为了消除地面以上物体的干扰,高频天线外面一般都装有屏蔽罩,而且收发天线集成到一个箱体中。

2.0.7 中心频率 central frequency

雷达天线发射和接收信号中能量最大的频点,一般带宽是中

心频率的两倍。

【2.0.7 解析】

探地雷达使用的是超宽带天线，天线发射和接收信号的频率在一个比较宽的范围之内，这个频率范围就是天线的带宽。

2.0.8 时窗 time window

探地雷达采集数据时设置的基本参数，代表雷达接收数据的时间范围，理论上时窗越大探测的深度越大。

2.0.9 信噪比 signal noise ratio

电子设备中信号与噪声的比例。

【2.0.9 解析】

1 信号：自设备外部需要通过这台设备进行处理电子信号。

2 噪声：原信号中并不存在的无规则的额外信号。

2.0.10 时基精度 time base

电子设备最小时间单位的精度，探地雷达采集的原始数据深度方向以时间为单位，时基精度影响探测的准确性。

2.0.11 同相轴 reflection on events

雷达数据中相邻道振动相位相同的极值（俗称波峰或波谷）的连线称为同相轴。

2.0.12 测距轮 (DMI) distance measure instrument

一种通过转动来测量距离的装置，每转动一圈产生固定的脉冲数，实际测距时根据脉冲数和测量轮的周长可以确定距离。

2.0.13 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）。

2.0.14 严重异常 serious abnormality

地下空洞、脱空、土质疏松和严重富水等异常情况。

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

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。

2.0.16 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,包括全球卫星定位系统(GPS)、北斗卫星导航系统(BDS)和 GLONASS 等。

【2.0.16 解析】

1 全球卫星定位系统(GPS),包括太空中的 24 颗 GPS 卫星;地面上 1 个主控站、3 个数据注入站和 5 个监测站及作为用户端的 GPS 接收机。可提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。

2 北斗卫星导航系统(BDS)由空间段、地面段和用户段三部分组成,空间段包括 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星,地面段包括主控站、注入站和监测站等若干个地面站,用户段包括北斗用户终端以及与其他卫星导航系统兼容的终端。

3 GLONASS 俄罗斯全球导航卫星系统,是俄罗斯空间局管理的卫星定位系统,于 1982 年 10 月 2 日开始启动,由卫星星座、地面监测控制站、用户设备 3 部分组成。

2.0.17 数据库 database

按照数据结构来组织、存储和管理的数据仓库。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等特点,是与应用程序彼此独立的数据集合。

2.0.18 影像地图 photographic map

一种带有地面遥感影像的地图,是利用航空相片或卫星遥感影像,通过几何纠正、投影变换和比例尺归化,运用一定的地图符号、注记,直接反映制图对象地理特征及空间分布的地图。

2.0.19 矢量地图 vector map

应用点、线、面来表示的地图。

2.0.20 地形图 topographic map

地表起伏形态和地理位置、形状在水平面上的投影图。将地面上的地物和地貌按水平投影的方法(沿铅垂线方向投影到水平面上),并按一定的比例尺缩绘到图纸上,这种图称为地形图。

3 基本规定

3.0.1 道路检测应符合针对性、规范性、一致性、可靠性和可行性原则。

【3.0.1 解析】

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 道路检测内容应包括道路（主路、辅路和人行道）路面、结构层和路基的空洞、结构层脱空、土质疏松及富水等对道路质量安全影响较大的各类道路塌陷隐患。

3.0.3 道路检测范围应按紧急性及严重性等优先级安排相关路段检测，经常塌陷路段或关键路段应安排周期性检测，并应符合下列规定：

1 优先检测顺序如下：

1) 刚发生（24h 内）空洞塌陷或沉降的路段；

- 2) 重要大型活动举办地周边道路;
- 3) 经常发生或发生过空洞塌陷的路段;
- 4) 大型地下工程沿线;
- 5) 城市主干路、重要道路及人口密集商业区;
- 6) 地下管线复杂路段;
- 7) 次要道路;
- 8) 普通道路;
- 9) 其他可能发能发生道路塌陷隐患的所涉及路段。

2 道路检测周期:

- 1) 对刚发生(24h内)空洞塌陷或沉降的路段进行应急性检测;
- 2) 重要大型活动举办地周边道路应在活动举办前1~3个月完成检测;
- 3) 经常发生或发生过空洞塌陷的路段检测周期为6个月;
- 4) 大型地下工程宜在主体完成后1个月内进行首次道路塌陷隐患检测,在竣工后3个月内完成二次检测,后续检测周期应为1年;
- 5) 城市主干路、重要道路及人口密集商业区道路检测周期应为6个月;
- 6) 地下管线复杂路段检测周期为6个月;
- 7) 次要道路检测周期为1年;
- 8) 普通道路检测周期为2年;
- 9) 其他可能发能发生道路塌陷隐患的所涉及路段的检测周期视具体情况安排。

【3.0.3 解析】

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;次要道路指市区内普通的交通干路,配合主干路组成城市干道网,承担主干路与各分区间的交通集散作用;普通道路指小区路与次干路的连接线,以服务功能为主的道路。

3.0.4 道路检测应包括下列程序:

- 1 基本资料收集;
- 2 制定检测方案;
- 3 现场数据采集;
- 4 数据分析处理;
- 5 异常确定与定位;
- 6 钻孔验证;
- 7 报告编写与提交。

3.0.5 道路检测的成果输出应符合下列规定:

- 1 可以量化的结果,在检测报告中明确详细地表示;
- 2 无法量化的结果,则给出确切的定性结果或判断结论。

3.0.6 道路检测应符合安全文明检测要求,做好安全防护措施和文明检测措施。

4 检测设备

4.1 一般规定

4.1.1 道路塌陷隐患检测对规定范围内全部道路进行塌陷隐患情况检测，确定道路塌陷隐患位置及范围，并评定缺陷等级。

4.1.2 检测单位应具备 CMA 检验检测机构资质或摄影测量与遥感资质。

4.1.3 检测系统应包括下列设备：

- 1 检测设备操作平台、控制系统及配套的软硬件设施；
- 2 多通道电磁波遥感雷达，用于检测道路下方缺陷；
- 3 高精度定位系统，用于记录雷达检测位置；
- 4 摄影测量设备，用于记录地理空间影像数据；
- 5 牵引车，用于牵引专用道路检测设备和搭载操作平台、控制系统及配套设施；
- 6 结构及辅助设备，辅助上述设备完成检测工作。

4.1.4 检测设备应设计合理，可同步工作。检测设备经过大修、长期停用后再投入正式使用前，必须重新检定，在使用、运输和保管过程中应注意防水、防潮、防曝晒和防剧烈振动等。

【4.1.4 解析】

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

2 可同步工作是指各检测设备可在同一位置同时采集雷达遥感数据、定位数据和摄影测量数据。

4.2 牵 引 车

4.2.1 牵引车是搭载各种道路塌陷隐患检测设备的移动操作平台,应能加装高精度定位系统、测距轮,可牵引雷达设备,放置数据采集、处理、显示设备。

4.2.2 牵引车应满足搭载道路塌陷隐患检测设备的要求,可根据检测设备搭载的需要进行改装,改装应符合下列规定:

- 1 车体为封闭中高顶车,采用四缸或以上发动机;
- 2 发动机排量: $\geq 2.4\text{L}$;
- 3 最大功率: ≥ 100 马力;
- 4 最高车速: $\geq 100\text{km/h}$;
- 5 车厢内净空高度不小于 1.6m ;
- 6 车内设备安装在相应的机柜中,走线合理、规范、隐蔽,各设备、结构件安装牢固;
- 7 设备操作空间满足放置数据采集、处理、显示设备的条件;
- 8 车体按国家相关规定和要求改装,改装后不少于 4 座;
- 9 能加装高精度 GPS 或北斗卫星导航系统、测距轮,可挂载雷达设备,能够放置一套电脑系统和多个显示器,可以容纳拆卸下来的检测设备,满足设备正常工作的要求。

4.3 多通道电磁波遥感雷达

4.3.1 多通道电磁波遥感雷达应包括浅层、中层和深层探地雷达,以满足不同深度的探测需求。地面检测时,雷达应至少配备两种不同频率的天线。

4.3.2 多通道电磁波遥感雷达中的浅层雷达中心频率应不低于 500MHz ;中层雷达中心频率为 200MHz ;深层雷达中心频率为 100MHz 。为满足实际道路探测工作,雷达系统具体指标应符合