

浙江省城镇道路检测技术导则

(试行)

浙江省住房和城乡建设厅

浙江省住房和城乡建设厅

二〇二一年四月

目 录

前 言.....	1
1 总则.....	2
2 术语和符号.....	3
2.1 术语	3
2.2 符号	5
3 基本规定.....	6
4 日常巡查.....	8
5 定期检测.....	10
6 特殊检测.....	14
7 地下空洞隐患检测.....	16
7.1 基本规定	16
7.2 检测方法	16
7.3 地下空洞隐患验证	19
7.4 地下空洞隐患风险管控	20
8 检测报告.....	21
引用标准名录.....	22
附录 A 日常巡查记录表.....	23
附录 B 道路编码规则.....	24
附录 C 路线信息汇总表.....	28
附录 D 路面单元信息表.....	29
附录 E 路面病害信息表	30
附录 F 路面状况平面图示例	31
附录 G 沥青路面常规检测案例.....	32
附录 H 水泥混凝土路面常规检测案例.....	41
附录 J 地下空洞隐患调查成果统计表	47
附录 K 地下空洞隐患检测案例.....	48

前 言

根据省安全生产专业委员会《关于印发重点领域遏制重大生产安全事故整治攻坚实施方案的通知》和《浙江省城市运行安全专业委员会工作方案》要求，本导则编制组根据浙江省城镇道路检测、养护的实际情况、认真总结实践经验，经过深入调查研究，编制本导则。

本导则的主要内容：1.总则；2.术语；符号；3.基本规定；4.日常巡查；5.定期检测；6.特殊检测；7.地下空洞隐患检测；8.检测报告。

本导则由浙江省住房与城乡建设厅负责管理，由宁波市市政设施中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄宁波市市政设施中心（地址：宁波市白沙路 38 号-2）

主编单位：宁波市市政设施中心

浙江省长三角城市基础设施科学研究院

参编单位：杭州市市政设施管理中心

杭州市市政材料测试站有限公司

中交第二公路勘察设计研究院有限公司

浙江省工程物探勘察设计院有限公司

浙江建设职业技术学院

杭州拱墅区城市管理局

中城建勘（浙江）检测科技有限公司

杭州萧山区市政绿化养护保障中心

嘉兴市园林市政管理服务中心

主要编制人员：冯科、曹燕、叶春艳、李建华、沈小红、陈斌、倪宏伟、翁琦、唐春燕、方伟、曾平华、杜向科、汪飞佳、王荣彦、沈飞峰、许辉、汤金峰、赖波、王建历、陈建成、赵强、范洪强、许晓莹、付伟、刘永

主要审查人员：汪克来、王初阳、王健伟、胡余勇、袁浩翔

1 总则

1.0.1 为使城镇道路检测做到安全适用、技术先进、数据可靠、评价准确，为城镇道路改造设计、养护维修、病害排查提供可靠依据，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于对浙江省内城镇道路的检测与评定。

1.0.3 城镇道路的检测与评定除应执行本导则外，尚应符合国家、行业和浙江省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 路面状况指数 (PCI) pavement condition index

表征路面完好程度的指标。

2.1.2 人行道状况指数 (FCI) footpath condition index

表征人行道完好程度的指标。

2.1.3 路面平整度 pavement roughness

路面表面相对于理想平面的竖向偏差。

2.1.4 国际平整度指数 (IRI) international roughness index

表征路面表面诱使车辆产生振动的指标。

2.1.5 路面行驶质量指数 (RQI) riding quality index

表征路面行驶舒适度的指标。

2.1.6 构造深度 (TD) texture depth

路表面开口空隙的平均深度，即宏观构造深度。

2.1.7 横向力系数 (SFC) sideway force coefficient

用与行车方向成 20° 偏角的测定轮以一定速度行驶时，专用轮胎与潮湿路面之间的测试轮轴向摩擦阻力与垂直荷载的比值。

2.1.8 摆值 (BPN) british pendulum number

用摆式摩擦系数测定仪测定路面在潮湿条件下的摩擦系数表征值，为摩擦系数的 100 倍。

2.1.9 弯沉 deflection

在规定的荷载作用下，路基或路面表面产生的总垂直变形值（总弯沉）或垂直回弹变形值（回弹弯沉）。

2.1.10 路面综合评价指数 (PQI) pavement quality index

由路面的行驶质量指数、路面状况指数通过加权计算得出的综合评价指标。

2.1.11 保养小修 minor rehabilitation

为保持道路功能和设施完好所进行的日常保养。

2.1.12 中修工程 medium-sized rehabilitation

对一般性磨损和局部损坏进行定期的维修工程。

2.1.13 大修工程 major rehabilitation

对道路的较大损坏进行的全面综合维修、加固，以恢复到原设计标准或进行局部改善以提高道路通行能力的工程，其工程数量大于 8000m^2 或含基础施工的工程大于 5000m^2 。

2.1.14 改扩建工程 modification and extension project

对道路及其设施不适应交通量及载重要求而需要提高技术等级和提高通行能力的工程。

2.1.15 地下空洞隐患 Hidden dangers of road underground cavities

对道路运行安全造成危害的道路结构异常形态，包括空洞、脱空、疏松和富水。

2.2 符号

PCI	——	路面状况指数
FCI	——	人行道状况指数
IRI	——	国际平整度指数
RQI	——	路面行驶质量指数
TD	——	构造深度
SFC	——	横向力系数
BPN	——	摆值
PQI	——	路面综合评价指数

3 基本规定

3.0.1 新建、改扩建道路的验收检测，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 和国家标准《沥青路面施工及验收规范》GB 50092 的规定。有条件时，可在道路验收后投入运行前，对道路进行一次系统检测，获取各评价指标的初始值。

3.0.2 根据各类道路在城镇中的重要性，宜将城镇道路分为下列三个养护等级：

1 I 等养护的城镇道路：快速路、主干路、广场、商业繁华街道、重要生产区道路、外事活动路线、游览路线；

2 II 等养护的城镇道路：除 I 等养护以外的次干路、步行街、支路中的商业街道；

3 III 等养护的城镇道路：除 I、II 等养护以外的支路。

3.0.3 城镇道路的技术状况评价应分为四个等级：A—优、B—良、C—合格、D—不合格。

3.0.4 城镇道路检测分为日常巡查、定期检测和特殊检测。日常巡查主要由道路管养部门承担，应由经过培训的专职道路管理人员或养护技术人员负责。定期检测和特殊检测应由具有省级及以上市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书，且相应证书中包含相关道路性能指标的第三方专业检测机构承担，检测负责人应具有 8 年以上城镇道路专业工作经历，主要人员应具有 5 年及以上城镇道路专业工作经历。

3.0.5 城镇道路检测的范围应包括路面面层、基层、路基以及道路附属工程。

3.0.6 道路检测应符合国家有关安全生产的规定，采取相关措施确保检测人员和设备的安全。

3.0.7 检测前应做好准备工作，准备工作宜包括下列内容：

1 收集道路的设计和竣工资料；历年养护、检测评价资料；材料和特殊工艺技术等资料；

2 组织技术人员现场踏勘，掌握现场情况，查看待检测路段范围内的地物、地貌、交通状况等周边环境条件；

3 准备交通维护设施，制定安全保障措施；

4 准备仪器设备、记录表格等。

3.0.8 根据检测目的，结合道路的实际情况及委托方要求，选择合适的检测方法，制

定检测方案，检测方案应包括下列内容：

1 工程概况：工程地点和建设年份，道路长度，路面结构层组成及各层厚度，道路等级、设计荷载和设计速度。

2 检测目的、范围和工期；

3 检测依据的规范标准和有关的技术资料；

4 检测内容、检测方法、检测数量及测点布置；

5 检测实施步骤、工作进度计划和实施过程的控制；

6 拟投入的检测仪器设备、材料、人员组织计划；

7 交通疏导、安全措施、应急预案和环保要求；

8 安全文明措施。

3.0.9 宜对城镇道路检测成果及相关资料进行信息化管理。

4 日常巡查

4.0.1 日常巡查应由经过培训的专职道路管理人员或养护技术人员负责。

4.0.2 日常巡查内容应包括：路面外观变化、结构变化、道路施工作业及道路周边情况及附属设施等。

4.0.3 日常巡查宜以目测为主，并应做好每次的巡查记录，发现问题及异常情况及时上报。日常巡查记录表可参考本导则附录A。

4.0.4 日常巡查前应准备相应的警示防护标识、交通导向标识、必要的检测仪器、记录表格等。

4.0.5 城镇道路养护应根据管养范围和不同道路养护等级，分别制定日常巡查周期计划。

4.0.6 按照不同道路养护等级要求，日常巡查周期一般情况下按以下要求实施：Ⅰ等养护的道路宜每日1次，Ⅱ等养护的道路宜2日一次，Ⅲ等养护的道路宜3日1次。如遇自然灾害或突发事件应适当增加巡查频率。

地铁与隧道施工、深基坑开挖、管道渗漏与破损的路段，以及其他道路范围内与周边施工作业对道路设施有影响区域，应列入Ⅰ等养护区域范围，应每日一巡，必要时再增加巡查频率。

4.0.7 日常巡查应包括下列内容：

1 路面外观的完好情况，包括车行道、非机动车道、人行道。路面主损坏类型分类如表 4.0.7 所示；

表 4.0.7 路面主损坏类型

部位		主要损坏类型
车行道、 非机动车道	沥青路面	线裂、网裂、龟裂； 拥包、车辙、沉陷、翻浆； 剥落、坑槽、啃边； 路框差、唧浆、泛油
	水泥混凝土路面	线裂、板角断裂、边角裂缝、交叉裂缝和破碎板； 接缝料损坏、边角剥落； 坑洞、表面纹裂、层状剥落； 错台、拱胀、唧浆、路框差、沉陷
人行道		裂缝、松动或变形、残缺

2 路基的完好情况。主要包括：路基、路肩、边坡、挡土墙等。路基的主要损坏类型包括：翻浆、沉陷、空洞、塌陷、推移等；

3 附属设施的完好情况。主要包括：声屏障、标志牌、分隔带、护栏和隔离墩、涵洞、边沟、排水沟、截水沟、检查井、雨水口、平侧石等；

4 道路范围内与周边施工作业对道路设施的影响。重点巡查地铁与隧道施工、深基坑开挖、管道渗漏与破损的路段；

5 道路积水及其他不正常损坏现象。

4.0.8 日常巡查记录应及时整理归档，并提出处理意见。

4.0.9 在日常巡查过程中，对发现设施明显损坏或影响车辆和行人通行安全的情况，应及时采取相应养护措施。特殊情况可设专人看护，并应按要求填写设施损坏通知单，及时上报相应的管理部门。

4.0.10 在日常巡查过程中，发现下列情况之一时，巡查人员应立即进行现场拦护，设置警示标志，同时及时上报，在现场监视看护，警示和引导车辆、行人绕行，直至应急处置人员到场，并办理现场交接手续；相关部门应立即启动应急预案。

1 道路出现异常沉陷、空洞、冒水、冒气等；

2 路面出现大于 100mm 的错台；

3 井盖、雨水口箅子丢失；

4 路面出现严重积水、结冰等严重影响道路正常使用的现象。

4.0.11 在巡查中，发现异常情况，应按照4.0.10条款采取应急措施后，进一步查明原因。难以确定原因的，可委托第三方专业单位进行特殊检测，分析问题，提出处置方法。

5 定期检测

5.0.1 定期检测应分为常规检测和结构强度检测。常规检测应每年一次；结构强度检测，I等养护的道路应2年~3年一次，II等、III等养护的道路宜3年~4年一次。

5.0.2 常规检测应包括下列内容：

- 1 车行道和人行道的平整度；
- 2 车行道和人行道的病害与缺陷；
- 3 快速路和主干路应进行路面抗滑性能检测，次干路和支路宜进行抗滑性能检测，检测项目宜包括摆值（BPN）、构造深度（TD）和横向力系数（SFC）。
- 4 基层损坏状况；
- 5 附属设施损坏状况。

5.0.3 结构强度检测宜以路面回弹弯沉值表示，检测设备宜采用落锤式弯沉仪、贝克曼梁、自动弯沉检测仪或高速激光动态弯沉车等检测设备。

5.0.4 城镇道路定期检测方法宜参照表5.0.4进行，采用自动化设备检测时应全线连续检测。

表 5.0.4 定期检测指标及方法要求

序号	检测指标	检测设备	最小数据单元	数据项目
1	路面损坏	多功能路况检测车/ 人工检测	病害明细	病害类型、位置、 影响面积等
2	车辙	多功能路况检测车	10m	车辙位置，最大车 辙深度
3	平整度	多功能路况检测车/ 三米直尺	10m	国际平整度指数/ 最大间隙
4	路面抗滑性能	横向力系数测试系统/ 摆式摩擦系数测定仪/ 多功能路况检测车/ 铺砂仪	10m	横向力系数/ 摆值(BPN)/ 构造深度
5	结构强度检测	落锤式弯沉仪/ 贝克曼梁/ 自动弯沉仪/ 高速激光动态弯沉车	20m/ 20m/ 20m/ 10m	弯沉值
6	基层损坏	探地雷达/ 钻芯取样	缺陷明细	基层缺陷的位置、 类型及范围

5.0.5 道路检测单元划分应符合下列规定：

1 道路的每两个相邻交叉口之间的路段应作为一个检测单元，交叉口本身应作为一个检测单元；当二个相邻交叉口之间的路段长度大于 500m 时，每 200m~500m 作为一个检测单元，不足 200m 的按一个检测单元计；

2 桥梁段或隧道段的路面铺装层应单独划分检测单元；

3 历次检测和评价所划分的检测单元应保持相对固定；

4 每条道路应选择总单元数的 30%及以上进行检测和评价，应采用所选单元的使用性能的平均状况代表该条道路路面的使用性能。当一条路各单元的使用性能状况差异大于两个技术等级时，应逐个单元进行检测和评价，对总单元数小于 5 的道路，应进行全部检测和评价。

5.0.6 道路定期检测宜对每个检测单元进行编码，历次检测道路单元编码宜相对固定，道路检测单元编号宜以城市代码（4位数字）+区县代码（2位数字）+路线编码（4位数字）+道路等级编码（1位字母）+区间编码（2位数字）+单元编码（2位数字）+车道编码（1位字母）+路口编码（1位数字）组成，具体编码规则参见附录B。

5.0.7 城镇道路定期检测的结果，应按照现行行业标准《城镇道路养护技术规范》CJJ 36进行道路评价和定级。

5.0.8 道路定期检测成果应用宜包括以下内容：

1 道路检测成果中应列出检测路线信息汇总表、检测单元信息表，格式可参照本导则附录 C 和附录 D；

2 宜根据检测结果，确定需进行特殊检测（含道路地下空洞隐患检测）的路段；

3 应提供路面病害详细列表及路面病害对应位置，格式可参照本导则附录 E；

4 检测成果应绘制路面状况平面布置图（宜为 CAD 格式，示例参见附录 F）。路面状况平面布置图中应包含：

1) 检测道路起终点信息、方向信息，路线编码信息；

2) 路面病害位置及类型，路面病害标注图例宜按下表 5.0.8-1，表 5.0.8-2；

3) 各车道单元检测评价指标值；

4) 有条件时可加入历史养护信息；

5) 宜根据路面损坏、平整度、结构强度的检测结果，以 10m 为最小单元，对所检

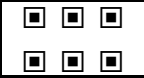
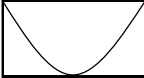
道路单元进行聚类分段，重新划分单元，尽量将破损状况相近的路段划分为同一个检测单元，重新分段后单元长度不宜小于 50m，应不大于 500m。将各聚类分段单元划分为保养小修、中修、局部大修或改扩建工程等养护维修类型应参照现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ1。

表 5.0.8-1 沥青路面病害图例

序号	病害类型	图例	序号	病害类型	图例
1	线裂		8	剥落	
2	网裂		9	坑槽	
3	龟裂		10	啃边	
4	拥包		11	路框差	
5	车辙		12	唧浆	
6	沉陷		13	泛油	
7	翻浆				

表 5.0.8-2 水泥路面病害图例

序号	病害类型	图例	序号	病害类型	图例
1	线裂		8	表面纹裂	
2	板角断裂		9	层状剥落	
3	边角裂缝		10	错台	
4	交叉裂缝和破碎板		11	拱胀	
5	接缝料损坏		12	唧浆	
6	边角剥落		13	路框差	

序号	病害类型	图例	序号	病害类型	图例
7	坑洞		14	沉陷	

5.0.9 条件具备时，定期检测可采用多功能路况综合检测设备进行全路况综合评价，依据检测数据建立道路大数据养护管理系统，辅助养护决策。

6 特殊检测

6.0.1 特殊检测应结合日常巡查与定期检测，建立动态检测机制。

6.0.2 当出现下列情况之一时，应对道路进行特殊检测：

- 1 道路进行改扩建、维修加固前；
- 2 道路发生不明原因的沉陷、开裂或冒水；
- 3 当城镇道路的路面技术状况评为 D 级时；
- 4 遭受重大自然灾害或意外事件，可能对道路的结构安全产生影响；
- 5 在道路下进行非开挖管道铺设、降水作业或隧道开挖等施工工程完成后；
- 6 其他存在影响道路使用功能和结构安全的施工工程完成后；
- 7 其他有特殊检测要求时。

6.0.3 定期检测中出现下列情况之一时，应对相应路段及前后 50m 范围路段进行特殊检测：

- 1 检测单元路面状况指数（PCI）评价为 D；
- 2 与上年检测结果相比，检测单元主要的评价指标值降低幅度超过 30%；
- 3 路面连续唧浆路段长度大于 50m；
- 4 检测单元存在深度大于 50mm 的路面沉陷；
- 5 沥青路面评价单元存在龟裂及网裂面积占检测面积 30%以上；
- 6 水泥路面评价单元内连续出现 50m 破碎板，并伴有唧浆；
- 7 路段范围内存在连续长度大于 30m，宽度大于 1cm 的纵向裂缝。

6.0.4 特殊检测应包括下列内容：

- 1 收集道路的设计和竣工资料；历年养护、检测评价资料；材料和特殊工艺技术、交通量统计等资料。
- 2 检测道路结构强度，必要时钻芯取样进行分析；
- 3 调查道路破坏产生的原因；
- 4 对道路结构整体性能、功能状况进行评价；
- 5 提出维护或加固建议。

6.0.5 对于日常巡查中发现的具有安全隐患的路段，或突发状况对道路造成较大影响

的路段，应对道路结构强度和路基病害进行快速检测，检测内容和方法可参照表 6.0.5 进行。

表 6.0.5 检测方法

序号	检测指标	检测设备	最小数据单元	数据项目
1	道路结构强度	落锤式弯沉仪/ 自动弯沉仪/ 高速激光动态弯沉车	20m/ 20m/ 10m	弯沉值
2	路基、基层损坏/ 地下空洞隐患	取芯/探地雷达/ 地震映像 仪等其他仪器	缺陷明细	缺陷的位置、类型 及范围

6.0.6 若发现路基损坏，如需进一步开展道路地下空洞隐患检测，具体应参照本导则第 7 章内容执行。

6.0.7 地下管线、排水管道检测应按照现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ61、《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181 进行，排水管道检测现场作业应符合现行行业标准《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6 的有关规定。现场使用的检测设备，其安全性能应符合现行国家标准《爆炸性气体环境用电气设备》GB 3836 的有关规定，现场检测人员的数量不得少于 2 人。

7 地下空洞隐患检测

7.1 基本规定

7.1.1 城镇道路应结合日常巡查与定期检测，确定重点路段，开展地下空洞隐患检测与评估。

7.1.2 城镇道路重点路段应包括以下类型：

- 1 埋设箱涵、暗渠、给排水管道、年代久远的人防、废弃管道等地下设施；
- 2 临水区域及暗浜、暗塘分布区域；
- 3 曾出现过地下病害或塌陷区域；
- 4 粉砂土、淤泥质粘土、盐渍土分布区及岩溶发育区等地质条件复杂区域。

7.1.3 当遇到下列情况时，应开展地下空洞隐患检测：

- 1 当地面发生严重变形或塌陷、地下管线发生变形或破损时，应立即进行；
- 2 存在地铁隧道盾构掘进、非开挖管道铺设、深基坑围护等地下工程施工时，对施工影响范围内的道路应在施工前、施工中、施工后分别进行；
- 3 城市重大活动举办涉及的道路、广场等区域，宜在活动举办前进行。

7.1.4 城镇道路地下空洞隐患检测应结合地质条件、气象条件及地下工程施工、市政设施、已发生地下空洞隐患记录等有针对性地开展。

7.1.5 现场检测前应根据工作目的和工作环境条件进行方法有效性试验，根据试验结果确定检测方法（或方法组合）和工作参数，检测方法选择应兼顾分辨率和探测深度。

7.1.6 对检测发现的地下空洞隐患异常应逐一复核，当发现危险性较大的地下空洞隐患时应及时通报，对查明的地下空洞隐患应进行风险评估。

7.1.7 城镇道路地下空洞隐患信息化管理的内容除应包含道路地下空洞隐患探测成果外，还宜包括地下空洞隐患周边地下管线、市政设施、建（构）筑物等环境资料、现场影像资料、历次检测数据和地下空洞隐患工程处理资料等。

7.2 检测方法

7.2.1 城镇道路地下空洞隐患检测宜采用地球物理方法，应具备下列条件：

- 1 地下空洞隐患与周围土体应存在地球物理性质差异；

- 2 地下空洞隐患应能产生可被观测的地球物理异常场；
- 3 干扰场强度应不影响有效异常辨识，或能被识别；
- 4 工作现场应具备检测工作实施的条件。

7.2.2 采用地球物理方法检测应遵循从简单到复杂、从已知到未知的原则，对重点、难点路段应适当加密测线、测点布置。

7.2.3 城镇道路地下空洞隐患检测方法选择宜按表7.2.3进行。当检测环境相对简单、探测深度较浅时，宜优先采用探地雷达法；当地质条件和检测环境复杂时，应采用多种方法进行组合探测。

1 探地雷达法适用于地下空洞隐患与周围土体之间存在介电常数差异，且地表无强反射层或强衰减层时。城镇道路普查检测宜采用车载雷达，车辆无法抵至路段可采用便携式雷达。开展探地雷达检测时，应考虑地下水位埋深较浅、淤泥质地层、回填土富水疏松等对探测深度的影响，设计探测深度不宜大于 7m。采用探地雷达法检测道路地下空洞隐患应符合《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437、《道路塌陷隐患雷达检测技术规程》T/CEMA 2、《城镇地下空间探测与检测应用技术标准》T/CMEA 8、《道路塌陷隐患雷达检测技术导则》RSIN-TG024 等现行标准的规定。

2 微动探测法、地震映像法、瞬态面波法等浅层地震波法适用于地下空洞隐患与周围介质间存在波阻抗差异，且地表平坦、无临空面、陡立面时。采用浅层地震波法检测道路地下空洞隐患应符合《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437 和《城市工程地球物理探测规范》CJJ/T 7 等现行标准的规定。

3 高密度电阻率法适用于地下空洞隐患与周围介质之间存在较明显的电阻率差异、表层无电阻屏蔽层，且具有良好的接地条件或能通过采取措施加以改善时。采用高密度电阻率法检测道路地下空洞隐患应符合《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437 和《城市工程地球物理探测规范》CJJ/T 7 等现行标准的规定。

4 孔中探测法主要包括采用电阻率、弹性波、电磁波等地球物理参数的井间层析成像及钻孔全景光学成像观测。应根据场地条件，通过现场试验选择适宜的方法、设备，确定观测装置及工作参数。采用孔中探测法检测道路地下空洞隐患应符合现行行业标准《城市工程地球物理探测规范》CJJ/T 7 等现行标准的规定。

表 7.2.3 道路地下空洞隐患地球物理检测方法特点及适用范围

物探方法		方法特点		适用范围	备 注
		优 点	缺 点		
探地雷达法		车载雷达检测速度快, 适宜在城市道路上快速检测。便携式雷达测线布置灵活, 适用于地面、室内、隧道等多种环境。	地下水位较浅或回填层富水疏松、含盐分较高的地区雷达信号衰减剧烈, 有效探测深度明显减小; 信号易受地表金属体、大型构筑物及地下管网干扰。车载雷达需避开绿化带等障碍物, 一般只能覆盖车辆可至地段; 便携式雷达检测效率相对低。	空洞、脱空、疏松体、富水体等地下空洞隐患检测, 探测深度一般不大于 7m。	天线中心频率选择应兼顾探测深度、目标体最小尺寸和天线尺寸大小; 应采用多种频率天线同时检测; 宜选择屏蔽天线。
浅层地震波法	微动探测法	观测系统(台阵)布置灵活, 受城市机械振动干扰小, 检测深度大。	浅部存在探测盲区, 分辨能力差; 工作效率相对低; 较难实现区域性三维检测。	具有一定规模的空洞、疏松体、富水体等地下空洞隐患检测, 探测深度一般不大于 30m。适用于地铁隧道盾构掘进、非开挖管道铺设、深基坑围护等地下工程施工周边道路探测深度较大的情况。	检测深度、精度与台阵形式、半径、记录长度有关。
	地震映像法	地震记录信息丰富, 采用固定偏移距, 数据解释较容易, 检测结果直观。	易受周边机械振动和地下管线、人防设施等地下构筑物干扰; 对目标体深度的探测精度较差。		测点间距宜根据检测目标体大小确定, 不应大于 0.5m。
	瞬态面波法	成像分辨率高, 适用于环境影响大、检测目标体不均匀、精度要求高的城市工程地震勘探。	易受周边机械振动和地下管线、人防设施等地下构筑物干扰; 数据处理较复杂, 不能实时显示检测结果。		采用小间距(道间距不宜>2m)、短排列数据采集。
高密度电阻率法		采集数据量大, 可实现区域三维探测; 方法技术成熟, 效率高, 检测结果直观。	混凝土、沥青路面接地条件差; 电力管线、配电设施等产生的离散电流噪声干扰影响大; 检测结果存在“体积效应”, 难以对小尺度地下空洞隐患位置做出精确解释。	具有一定规模的空洞、疏松体、富水体等地下空洞隐患检测, 探测深度一般不大于 30m。	最小电极距应保证至少三个测点落在目标体上, 排列长度宜大于六倍的最大检测深度。
孔中探测法		采用多种参数检测, 抗干扰能力强; 更接近目标体, 分辨率高; 可实现全景光学成像。	需实施钻孔, 城市环境适应性差; 工作效率低; 不适用于普查检测。	已明确大致位置的空洞、脱空、疏松体、富水体。	探测深度与钻孔深度有关。

7.2.4 城镇道路地下空洞隐患检测应按不同检测方法和检测目的任务填写现场记录，记录内容应清晰、准确、完整，电子记录应及时备份。记录格式应符合《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437、《城市工程地球物理探测规范》CJJ /T 7 等现行标准的规定。

7.2.5 城镇道路地下空洞隐患检测成果解释应结合地质资料及地上和地下基础设施、干扰源等周边工程环境调查资料。

7.3 地下空洞隐患验证

7.3.1 城镇道路地下空洞隐患检测异常验证应确定地下空洞隐患类型、埋深等属性。空洞、脱空应全部验证；疏松体根据《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437 可分为严重疏松体和一般疏松体，严重疏松体应全部验证，一般疏松体验证数量不宜少于总数的 20%；富水体的验证数量不宜少于总数的 20%。验证成果与地球物理检测结果不一致时，应分析原因，对检测成果重新进行判识，并重新组织验证。

7.3.2 验证宜采用开挖、钻探等手段，并采用钻孔全景光学成像技术记录钻探所揭露地下空洞隐患范围、规模等信息，验证条件不具备时可选用其他物探方法进行验证。

7.3.3 验证施工时应避开现状地下管线等市政设施，验证点位置宜布设在地下空洞隐患物探异常反映最强部位或中心部位；验证完成后，应及时回填。采用钻探验证还应执行《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的相关规定。

7.3.4 验证结果应按如下原则判定：

- 1 钻探过程中发生掉钻，可判定地下空洞隐患类型为空洞或脱空；
- 2 钻探过程中钻进速率较上部土层明显加快、标贯或触探击数较上部土层明显降低或开挖揭露土体松软不密实时，可判定地下空洞隐患类型为疏松体。

7.3.5 成果验证完成后宜根据验证结果修正相关检测结论，确认地下空洞隐患类型、规模及性状等特征，可按本导则附录 J 规定编制地下空洞隐患统计表。

7.3.6 验证确定为地下空洞隐患时，应立即采取交通管制、设置围挡、封道等应急措施，加强路面巡查和观测，及时开展风险评估与工程处置。

7.4 地下空洞隐患风险管控

7.4.1 城镇道路地下空洞隐患风险评估可执行《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437 及国家或省内相关现行标准的规定。地下空洞隐患风险等级根据风险发生可能性与风险后果评价结果可划分为 I、II、III、IV、V 五个等级，相应等级风险控制对策按表 7.4.1 执行。

表 7.4.1 地下空洞隐患风险控制对策

风险等级	说 明	处理建议
I	风险很低	定期进行地下空洞隐患检测，检测频率不低于 1 次/6 月。
II	风险较低	定期进行地下空洞隐患检测，检测频率不低于 1 次/3 月。
III	风险一般	1 建议工程处理； 2 处理前定期进行地下空洞隐患检测，检测频率不低于 1 次/月。
IV	风险较高	1 限制使用，工程处理； 2 处理前定期进行地下空洞隐患检测，检测频率不低于 1 次/7 天。
V	风险极高	禁止使用，工程处理。

7.4.2 城镇道路地下空洞隐患风险评估以单个地下空洞隐患为评价对象，评价时应在地下空洞隐患检测的基础上，分析地下空洞隐患形成原因，结合周边环境条件确定其风险等级，提出风险控制对策建议。

7.4.3 对已查明的地下空洞隐患，宜按下列原则进行处置：

1 因给排水管道渗漏形成的地下空洞隐患，应立即对破损管道进行修复，完成后进行回填或注浆加固。

2 因地铁隧道盾构掘进、非开挖管道铺设、基坑围护等地下工程施工形成的地下空洞隐患，应立即停止施工并查明原因，再进行回填或注浆加固。

3 因废弃管道形成的地下空洞隐患，应对废弃管道进行拆除，处理完成后进行回填或注浆加固。

4 因暗浜、暗塘等不良地质条件引起的地下空洞隐患，应查明形成原因，采取相应措施进行处理。

8 检测报告

8.0.1 检测报告应用词规范、结论准确，符合实际情况。

8.0.2 检测报告应包含以下内容：

- 1 检测报告编号；
- 2 工程信息：工程名称、地点和委托单位等基本信息；
- 3 工程概况：道路设计的基本参数，包括道路长度，路面结构层组成及各层厚度，道路等级、设计荷载和设计速度等；
- 4 检测目的、检测依据、检测方法、检测数量、检测日期等；
- 5 检测仪器设备编号、型号、检定/校准证书号及使用有效日期等；
- 6 检测过程叙述及典型现场照片；
- 7 检测数据，实测与计算分析曲线、表格和汇总结果；
- 8 与检测内容相应的检测结论，并对道路破坏的原因进行分析；
- 9 相关附图附表或试验报告：道路线形图、典型病害现场照片、病害调查汇总表、病害分布示意图、测点（线）布置图及标高、各测点检测数据表格、室内试验报告等。

8.0.3 检测报告中的处理意见、建议和说明，宜包括以下内容：

- 1 道路各评价指标宜结合历次的检测结果进行比较分析，对道路性能状况的变化作出初步判断，并提出相应建议；
- 2 重点养护路段及相应的路段指标；
- 3 道路严重破损或承载力不足明显影响行车安全时，提出限制或禁止通行的意见；
- 4 对道路结构承载能力不满足要求的，可提出维修、加固或重建意见；
- 5 为查明结构安全隐患需要补充检测的内容或扩大抽样数量，提出进一步检测的建议；
- 6 缺陷或病害可能对道路使用性能、结构安全和耐久性影响的说明。

8.0.4 检测成果资料归档应按国家现行的标准执行。

引用标准名录

- 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
- 《沥青路面施工及验收规范》GB 50092
- 《城镇道路养护技术规范》CJJ 36
- 《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61
- 《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181
- 《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437
- 《爆炸性气体环境用电气设备》GB 3836
- 《道路塌陷隐患雷达检测技术规程》T/CEMA 2
- 《城镇地下空间探测与检测应用技术标准》T/CMEA8
- 《道路塌陷隐患雷达检测技术导则》RSIN-TG024
- 《城市工程地球物理探测规范》CJJ /T 7
- 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87

附录 A 日常巡查记录表

表 A 日常巡查记录表

道路名称			
通知号			班
损坏部位	损坏部位图片	整修	月 日
损坏原因			
处理意见			
		班长	

技术员：

巡视员：

年 月 日

一、存根

二、交工段

三、交班

附录 B 道路编码规则

B.0.1 道路检测单元具体编码规则应符合下列要求。

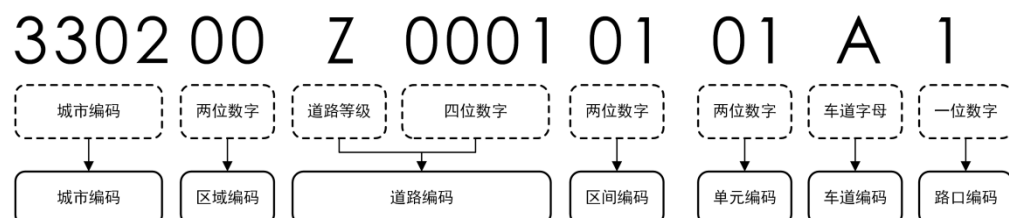


图 B.0.1 单元编码示意图

1 城市编码可参照表 B.0.2:

表 B.0.2 城市编码列表

城市	推荐编码	城市	推荐编码
杭州市	3301	金华市	3307
宁波市	3302	衢州市	3308
温州市	3303	舟山市	3309
嘉兴市	3304	台州市	3310
湖州市	3305	丽水市	3311
绍兴市	3306	/	/

2 区域编码：编码共 2 位，按照县市区具体情况进行逐一编码。以宁波为例，01-海曙区；02-江北区；03-鄞州区以此类推。

3 道路编码：编码共 5 位，格式为“道路等级编码+四位数字”。道路等级编码：快速路-K；主干路-Z；次干路-C；支路及其它-B，四位数字为道路编号。

4 区间编码：交叉路口为一个区间，相邻两个交叉路口之间的道路为一个区间。

5 单元划分：按不超过 500 米一个单元进行划分，同时交叉口单独划分单元，从起点向终点方向划分，上、下行不重复划分和计算。

- 1) 道路交叉口应单独作为单元进行评定。
- 2) 车道数量增减处宜作为不同单元分界点。
- 3) 沥青路面-水泥路面分界处应作为不同单元分界点。

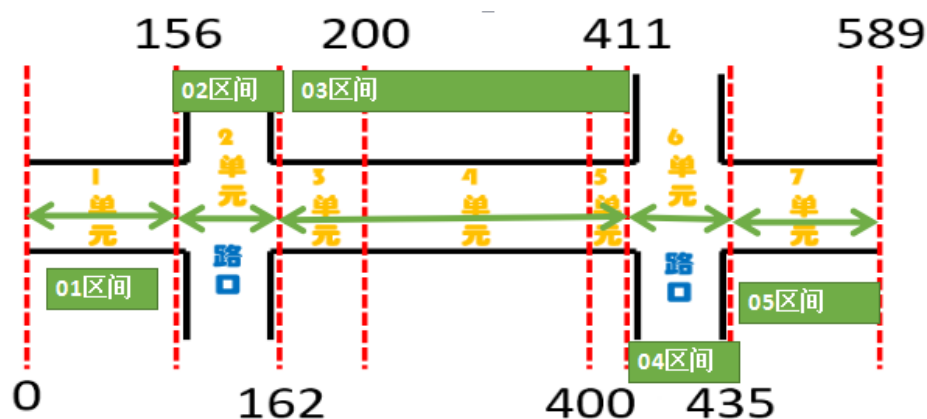


图 B.0.2 区间、单元划示意图

6 车道编码：靠近中央分隔带上行方向的车道为 A 车道，依次往外推为 C 车道、E 车道，靠近中央分隔带下行方向的车道为 B 车道，依次往外推为 D、F 车道，实行全覆盖检测，如需增加检测车道则依次类推。以检测起点至终点方向为上行方向，反之为下行方向。



图 B.0.3 车道编码示意图

7 路口编码：用一位数字表示，路口：1，非路口：0。

8 道路各车道区间单元划分细则，具体如下：

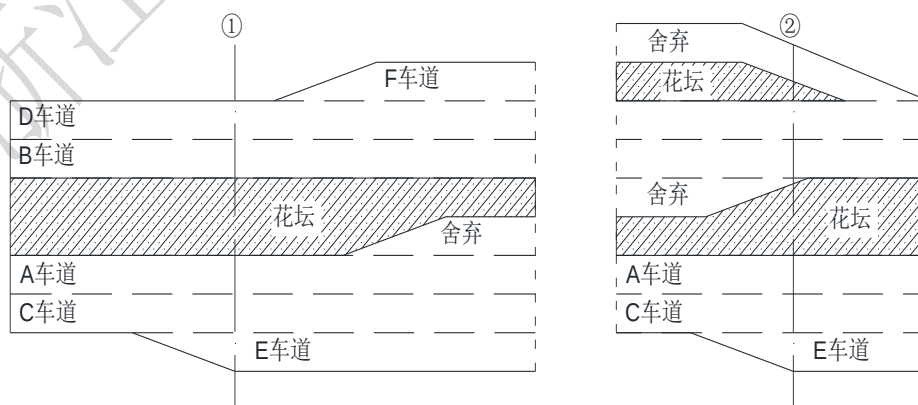


图 B.0.4 道路区间单元划分细则示意图

1) 中央花坛（或中央分离带）缩小占道或变道而形成的左转加宽专用车道（长度小于 50m 时），为保证数据的整体性和易读性，检测中宜予以舍弃（如上图中的 A 车道、B 车道在路口处的左转车道）；

2) 在检测行进当中，由右侧人行道缩小占道而形成的间断性加宽车道（非路口处转弯专用加宽车道），应予以保留。并在原有的单元划分规则基础上，于该加宽车道的起止处作为一个单元分割点（如上图中的 E 车道及①分割线、②分割线），以保证整条道路单元划分的统一性；

3) 部分大路口因缩窄右侧人行道宽度，并由花坛（或分离带）所划分出的分离式右转加宽专用车道，因其已驶出主测道路路线范围，检测中宜予以舍弃（如上图中的 D 车道在路口处的右转车道）。

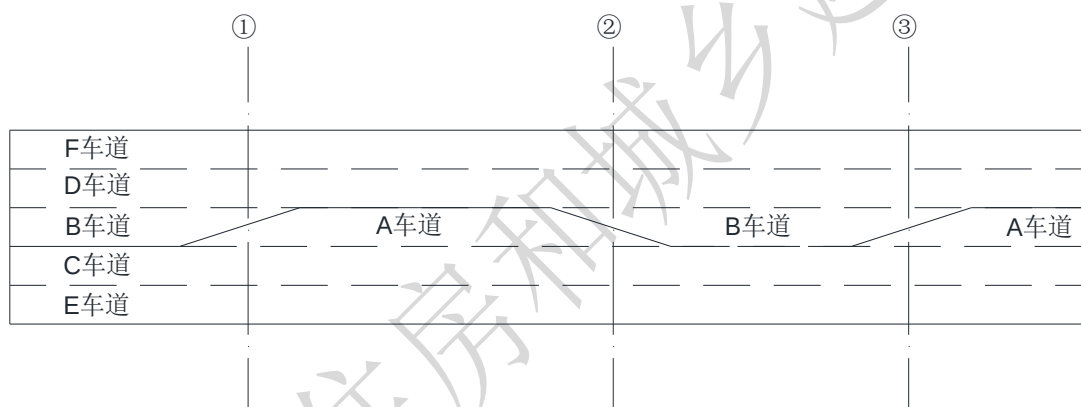


图 B.0.5 道路区间单元划分细则示意图

4) 对于公用中央一个（或多个）车道的道路，将根据每段变道实际占道长度分割道路，并以实测方向为准进行编号，同时为了保证整条道路单元划分的统一性，每个变道位置都作为一个额外的区间单元分割点；

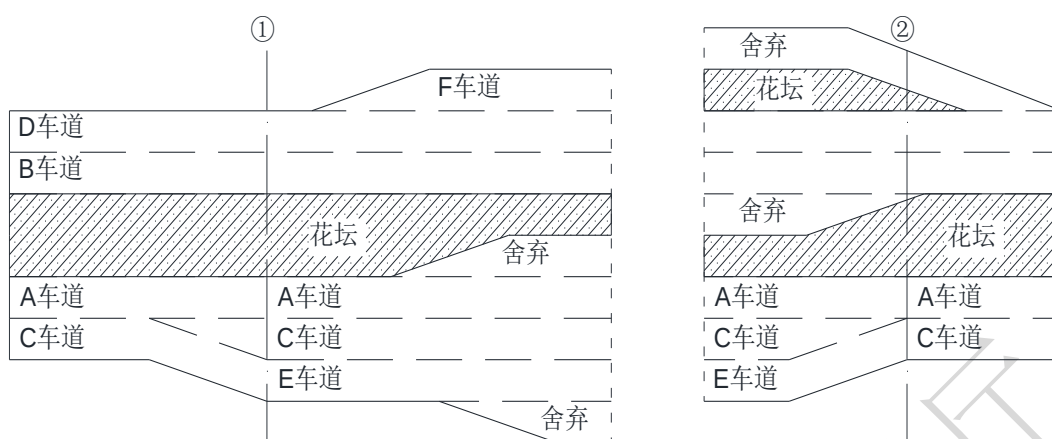


图 B.0.6 道路区间单元划分细则示意图

5) 如图 B.0.6 所示，对于实际车道线划分时，由道路中间（A 车道与 C 车道之间）加宽变道出一个新车道的，为保证 C 车道数据的连贯性，视为等同于图 B.0.4 所示车道划分，并在变道的起止位置增加一个单元分割点；

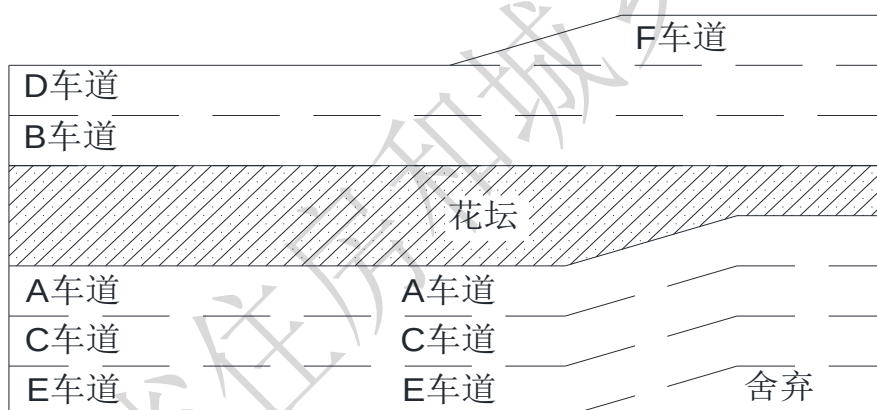


图 B.0.7 道路区间单元划分细则示意图

6) 如图 B.0.7 所示，若由中央花坛（或分离带）紧缩使道路加宽后，整幅车道线划分变道形成右转加宽专用车道（长度小于 50m 时），为保证数据的整体性，检测中宜予以舍弃，变道后依然采用道路原编号（与图 B.0.6 相对），视同未变道，不作单元打断。

7) 对于复杂型道路，遵循“由中及远、弃少留多、单变则断、多变不断”几个原则，尽量使得复杂型道路区间单元的划分简洁清爽，车道情况容易复现，数据易于比对分析。

附录 C 路线信息汇总表

表 C 路线信息汇总表

工程信息									路面检测指标评价								路面养护评价						位置信息					
编码	名称	起点	终点	区县	道路类型	长度	车道数	检测面积	路面破损		行驶质量		综合评价		抗滑能力		结构强度		单元总数	合格率	完好率	养护等级	养护对策		坐标		道路图片	
									P C I	等级	R Q I	等级	P Q I	等级	构造深度	等级	弯沉	等级					推荐	备用	起点	终点	起点	终点

附录 D 路面单元信息表

表 D 路面单元信息表

道路编号	单元编号	单元起点	单元终点	单元长度	单元格面积	路面类型	单元总扣分	车道完好率	养护状况等级	PCI 值	PCI 等级	RQI 值	RQI 等级	PQI 值	PQI 等级	抗滑性能	弯沉值	结构强度	养护等级	病害间距	养护对策	检测时间	所属车道	是否路口	单元格顺序	线裂面积	网裂面积	碎裂面积	拥包面积	车辙面积	沉陷面积	翻浆面积	唧浆面积	泛油面积	剥落面积	坑槽面积	啃边面积	路框差面积	代表车辙	代表IRI	代表构造深度	单元起点坐标	单元终点坐标	单元起点图片	单元终点图片

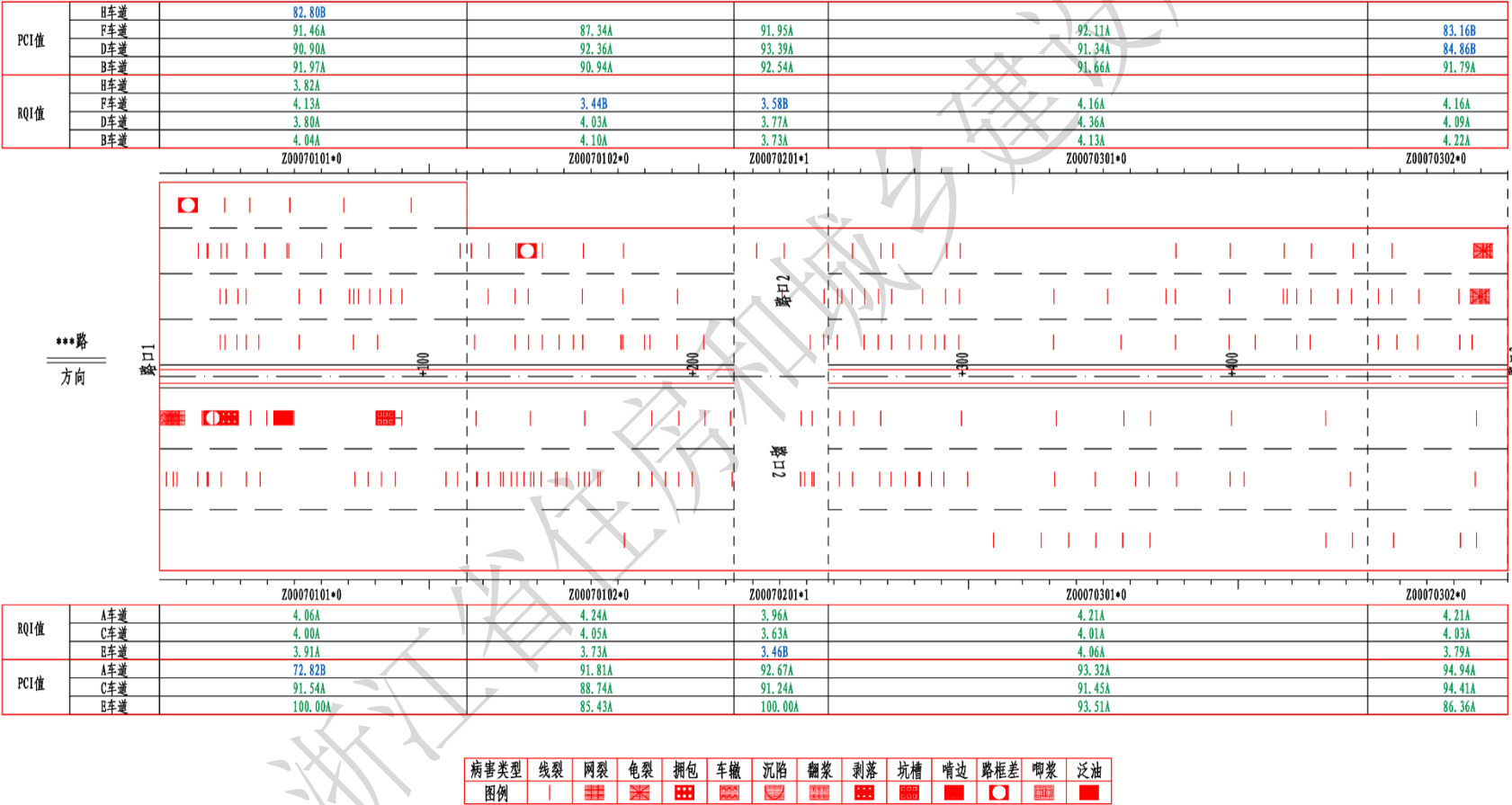
附录 E 路面病害信息表

表 E 路面病害信息表

病害 类型	面积 大小	所在 路线	所在 单元	检测点坐标 (84 坐标)	检测点图片 /图片编号	病害点坐标 (84 坐标)	病害点图片 /图片编号

附录 F 路面状况平面图示例

图 F 路面状况平面图示例



附录 G 沥青路面常规检测案例

G.0.1 工程信息

拟对某既有城镇道路进行路面常规检测，该道路路面类型为沥青路面，道路等级为主干路，路线长度为 1109m，起点为 XX 路口，终点为 XX 路口，以 XX 到 XX 方向为上行方向，沿线经过 XXX 路口及 XXX 路口，车道宽度 3.5m，总检测面积为 25207m²。

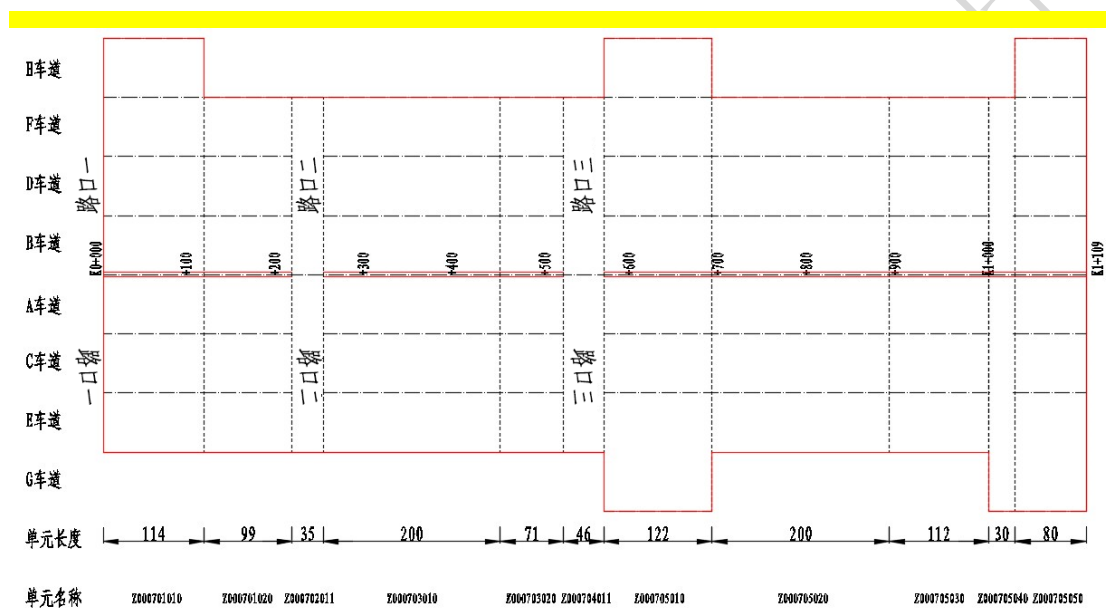


图 G.0.1 沥青路面分段示意图

G.0.2 路段划分

1 区间划分

该路线经过两个路口，可分为 5 个区间，分别为 1、起点至路口 1；2、路口 1；3、路口 1 至路口 2；4、路口 2；5、路口 2 至终点。

2 单元划分

根据加宽车道位置及单元长度划分原则，A 车道可分为 11 个单元，该路线所有车道的单元数量合计为 72 个。

表 G.0.1 A 车道单元划分

序号	起点	终点	长度	区间	单元	是否路口
1	0	114	114	01	01	否
2	114	213	99	01	02	否
3	213	248	35	02	01	是
4	248	448	200	03	01	否
5	448	519	71	03	02	否
6	519	565	46	04	01	是
7	565	687	122	05	01	否
8	687	887	200	05	02	否
9	887	999	112	05	03	否
10	999	1029	30	05	04	否
11	1029	1109	80	05	05	否

G.0.3 指标计算

沥青路面常规检测的评价指标为：路面状况指数（PCI）、路面行驶质量指数（RQI）、路面抗滑系数（TD）、路面综合评价指数（PQI）。

1 路面状况指数（PCI）

以 A 车道 01 区间的 01 单元为例，进行路面状况指数（PCI）计算说明。该单元长 114m，车道宽度 3.5m，路面病害调查如下表所示。

表 G.0.2 A 车道 01 单元

单元编码	路面类型	病害名称	长度(m)	宽度(m)	面积(m ²)	备注
0101A0	沥青	车辙	6.00	0.40	2.40	坐标略
	沥青	网裂	2.68	2.91	7.80	坐标略
	沥青	线裂	2.84	0.20	0.57	坐标略
	沥青	路框差	1.00	1.00	1.00	坐标略
	沥青	线裂	3.21	0.20	0.64	坐标略
	沥青	线裂	2.57	0.20	0.51	坐标略

单元编码	路面类型	病害名称	长度(m)	宽度(m)	面积(m²)	备注
	沥青	线裂	3.16	0.20	0.63	坐标略
	沥青	剥落	0.50	0.50	0.25	坐标略
	沥青	线裂	3.07	0.20	0.61	坐标略
	沥青	线裂	3.03	0.20	0.61	坐标略
	沥青	线裂	2.26	0.20	0.45	坐标略
	沥青	泛油	0.90	0.50	0.45	坐标略
	沥青	线裂	0.79	0.20	0.16	长度小于 1m, 坐标略
	沥青	坑槽	0.60	0.50	0.30	坐标略
	沥青	线裂	3.23	0.20	0.65	坐标略
	沥青	线裂	3.19	0.20	0.64	坐标略

注：线裂长度小于 1m，不应计入 PCI 计算。

计算步骤：

a 单项扣分值计算

沥青路面病害类型可以分为 4 大类 13 小种，各种路面病害的单项扣分为内插得到。以线裂类病害为例，其损坏密度为：

$$\rho = \frac{F_u}{F_1} = \frac{5.31}{114 \times 3.5} \times 100\% = 1.33\%$$

查询 CJJ36 沥青路面损坏单项扣分表得，当损坏密度为 1%时，单项扣分为 8，当损坏密度为 10%时，单项扣分为 16。内插得到线裂类病害的单项扣分值。

$$DP_{\text{线裂}} = 8 + \frac{1.33-1}{10-1} \times (16-8) = 8.29$$

其他损坏形式单项扣分值算法同上，计算得：

$$DP_{\text{网裂}} = 11.06, DP_{\text{龟裂}} = 0.00$$

b 同种损坏类型不同损坏形式权重计算

不同损坏形式权重由权函数计算得到。

$$\omega_i = 3.0u_i^3 - 5.5u_i^2 + 3.5u_i$$

线裂属裂缝类病害，同种损坏类型下还有网裂、龟裂。

$$u_{\text{线裂}} = \frac{DP_{\text{线裂}}}{DP_{\text{线裂}} + DP_{\text{网裂}} + DP_{\text{龟裂}}} = \frac{8.29}{8.29 + 11.06 + 0.00} = 0.43$$

线裂权重为：

$$\begin{aligned}\omega_{\text{线裂}} &= 3.0u_{\text{线裂}}^3 - 5.5u_{\text{线裂}}^2 + 3.5u_{\text{线裂}} \\ &= 3.0 \times 0.43^3 - 5.5 \times 0.43^2 + 3.5 \times 0.43 \\ &= 0.73\end{aligned}$$

其他损坏形式权重算法同上，计算得 $\omega_{\text{网裂}}=0.76$ ， $\omega_{\text{龟裂}}=0.00$

c 各损坏类型扣分

裂缝类路面病害共有三种损坏类型，分别为线裂、网裂、龟裂。

$$\begin{aligned}DP_{\text{裂缝}} &= \sum_{i=1}^n DP_i \times \omega_i = DP_{\text{线裂}} \times \omega_{\text{线裂}} + DP_{\text{网裂}} \times \omega_{\text{网裂}} + DP_{\text{龟裂}} \times \omega_{\text{龟裂}} \\ &= 8.29 \times 0.73 + 11.06 \times 0.76 + 0 \times 0 \\ &= 14.47\end{aligned}$$

其他损坏类型扣分值算法同上，计算得：

$$DP_{\text{变形}}=9.79, DP_{\text{松散}}=13.01, DP_{\text{其他}}=9.42$$

d 不同损坏类型权重

4 种损坏类型中，裂缝类病害占比为

$$\begin{aligned}u_{\text{裂缝}} &= \frac{DP_{\text{裂缝}}}{DP_{\text{裂缝}} + DP_{\text{变形}} + DP_{\text{松散}} + DP_{\text{其他}}} \\ &= \frac{14.47}{14.47 + 9.79 + 13.01 + 9.42} \\ &= 0.31\end{aligned}$$

各损坏类型权重由权函数计算得到。

$$\begin{aligned}\omega_i &= 3.0u_i^3 - 5.5u_i^2 + 3.5u_i \\ \omega_{\text{裂缝}} &= 3.0u_{\text{裂缝}}^3 - 5.5u_{\text{裂缝}}^2 + 3.5u_{\text{裂缝}} \\ &= 3.0 \times 0.31^3 - 5.5 \times 0.31^2 + 3.5 \times 0.31 \\ &= 0.65\end{aligned}$$

其他损坏类型权重算法同上，计算得：

$$\omega_{\text{变形}}=0.52, \omega_{\text{松散}}=0.61, \omega_{\text{其他}}=0.51$$

e 综合加权

4 种损坏类型的综合扣分为:

$$\begin{aligned}
 DP &= \sum_{i=1}^n DP_i \times \omega_i \\
 &= DP_{\text{裂缝}} \times \omega_{\text{裂缝}} + DP_{\text{变形}} \times \omega_{\text{变形}} + DP_{\text{松散}} \times \omega_{\text{松散}} + DP_{\text{其他}} \times \omega_{\text{其他}} \\
 &= 14.47 \times 0.65 + 9.79 \times 0.52 + 13.01 \times 0.61 + 9.42 \times 0.51 \\
 &= 27.18
 \end{aligned}$$

f PCI 评分值

$$PCI = 100 - \text{综合扣分值} = 100 - 27.18 = 72.82$$

该道路为主干路, PCI 评价为 B。计算结果如错误!未找到引用源。 .0.3 所示。

表 G.0.3 检测单元沥青路面损坏计算结果

破损类型		破损面积 (m ²)	破损密 度 (%)	单项 扣分值	单项 权重	单项 扣分	单类 权重	综合 扣分	PCI
裂缝类	线裂	5.31	1.33	8.29	0.73	14.47	0.65	27.18	72.82
	网裂	7.80	1.95	11.06	0.76				
	龟裂	0	0	0	0				
变形类	拥包	0	0	0	0	9.79	0.52		
	车辙	2.40	0.60	9.79	1.00				
	沉陷	0	0	0	0				
	翻浆	0	0	0	0				
松散类	剥落	0.25	0.06	3.76	0.53	13.01	0.61		
	坑槽	0.30	0.08	13.62	0.81				
	啃边	0	0	0	0				
其他类	路框差	1.00	0.25	8.67	0.78	9.42	0.51		
	唧浆	0	0	0	0				
	泛油	0.45	0.11	4.06	0.65				

2 路面行驶质量指数 (RQI)

1) 单元 RQI 指标计算

以 A 车道 01 区间的 01 单元为例, 进行路面行驶质量指数 (RQI) 计算。

表 G.0.4 检测单元沥青路面平整度计算

最小检测单元编码	代表 IRI (m/km)	单元代表 IRI (m/km)	单元 RQI
0101A1-1	6.44	3.04	3.95
0101A1-2	2.29		
0101A1-3	6.89		
0101A1-4	2.40		
0101A1-5	1.94		
0101A1-6	1.43		
0101A1-7	1.54		
0101A1-8	3.26		
0101A1-9	2.97		
0101A1-10	2.29		
0101A1-11	2.01		

a 单元代表 IRI

单元代表 IRI 为该单元所有检测单点的代表 IRI 的平均值。该单元内共有 11 个测点。

$$\begin{aligned} IRI &= \frac{6.44 + 2.29 + 6.89 + 2.40 + 1.94 + 1.43 + 1.54 + 3.26 + 2.97 + 2.29 + 2.01}{11} \\ &= 3.04(m/km) \end{aligned}$$

b 单元 RQI 值

$$RQI = 4.98 - 0.34 \times 3.04 = 3.95$$

该单元 RQI 评价为 A。

3 路面抗滑系数 (TD)

以 A 车道 01 区间的 01 单元为例，进行路面抗滑系数（TD）计算说明。

表 G.0.5 检测单元沥青路面构造深度计算

最小检测 单元编码	终点桩 号	左 TD (mm)	右 TD (mm)	代表 TD (mm)	单元代表 TD (mm)
0101A1-1	10	0.73	0.82	0.78	0.72
0101A1-2	20	0.62	0.73	0.68	
0101A1-3	30	0.72	0.73	0.73	
0101A1-4	40	0.78	0.81	0.80	
0101A1-5	50	0.82	0.75	0.79	
0101A1-6	60	0.73	0.81	0.77	
0101A1-7	70	0.82	0.81	0.82	
0101A1-8	80	0.72	0.83	0.78	
0101A1-9	90	0.67	0.74	0.71	
0101A1-10	100	0.62	0.68	0.65	
0101A1-11	110	0.48	0.43	0.46	

a 检测单点代表 TD

检测单点代表 TD 值为左、右 TD 值的平均值。10m~20m 检测得到的左 TD 值为 0.62mm，右 TD 值为 0.73mm，则该点的代表 TD 为 0.68mm。

b 单元代表 TD

单元代表 TD 为该单元所有检测单点的代表 TD 的平均值。该单元内共有 11 个测点。

$$TD = \frac{0.78 + 0.68 + 0.73 + 0.80 + 0.79 + 0.77 + 0.82 + 0.78 + 0.71 + 0.65 + 0.46}{11} = 0.72mm$$

该单元抗滑性能评价为 A。

4 路面综合评价指数（PQI）

根据前文计算，A 车道 01 区间 01 单元的路面状况指 PCI 为 72.82，路面行驶质量指数 RQI 为 3.95，该道路为主干路，该单元的 PQI 的计算按照下式进行

计算。

$$\begin{aligned}
 PQI &= 20 \times 0.6 \times RQI + PCI \times 0.4 \\
 &= 20 \times 0.6 \times 3.95 + 72.82 \times 0.4 \\
 &= 76.53
 \end{aligned}$$

该单元路面综合评价为 B。

G.0.4 成果输出

5 重点路段

根据各单元路面检测结果（其它单元数据及计算过程略），将路面状况指数（PCI）、路面行驶质量指数（RQI）评价为 B 的单元列为重点处治路段。

表 G.0.6 重点处治路段汇总

单元编号	起点	终点	长度(m)	PCI	RQI	重点指标
0101A0	0	114	114	78.77	3.91	PCI
0301A0	248	448	200	90.06	3.42	RQI
0201C1	213	248	35	91.84	3.22	RQI
0401C1	519	565	46	82.34	4.05	PCI
0503C0	887	999	112	80.29	4.22	PCI
0504C0	999	1029	30	83.25	3.27	PCI、RQI
70505C0	1029	1109	80	87.54	3.78	相比去年 RQI 下降 20%
70101E0	0	114	114	86.22	3.48	RQI
70102E0	114	213	99	90.53	3.41	RQI
70505E0	1029	1109	80	89.2	3.49	RQI
70504G0	999	1029	30	82.86	3.82	PCI
70101B0	0	114	114	77.11	4.26	相比去年 PCI 下降 20%
70102B0	114	213	99	74.48	4.05	PCI
70504B0	999	1029	30	94.21	3.26	RQI

6 路面状况平面图

根据 5.0.8 相关要求，绘制路面状况平面图。

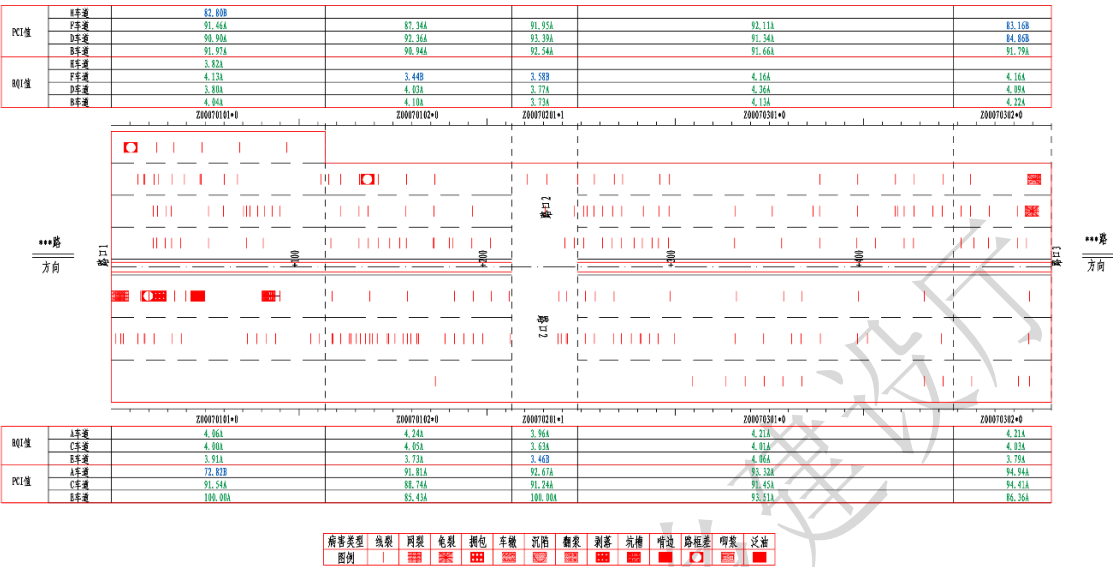


图 G.0.2 路面状况平面图

附录 H 水泥混凝土路面常规检测案例

H.0.1 工程信息

拟对某既有城镇道路进行路面常规检测，该道路路面类型为水泥路面，道路等级为次干路，路线长度为 940m，起点为 XX 路口，终点为 XX 路口，以 XX 到 XX 方向为上行方向，沿线经过 XXX 路口及 XXX 路口，车道宽度 3.5m，总的检测面积为 13160m²。

H.0.2 路段划分

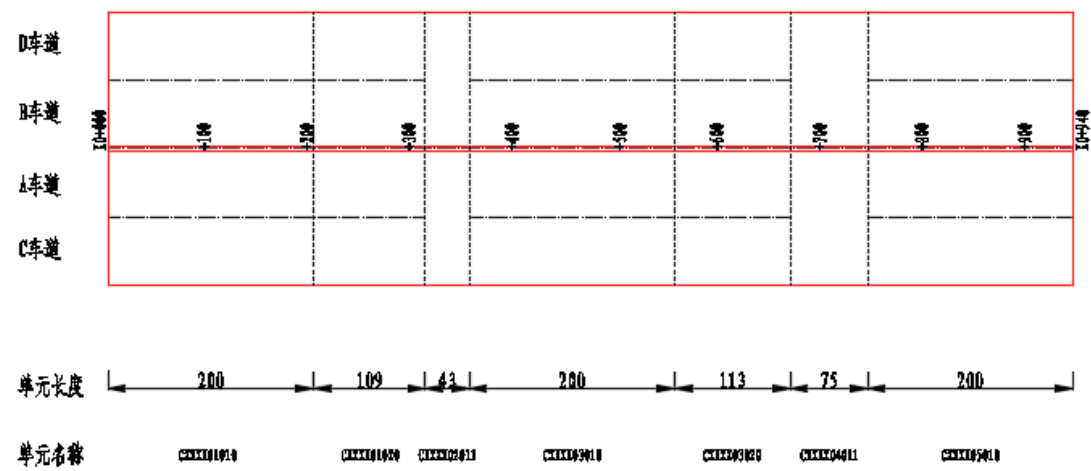


图 H.0.1 水泥路面分段示意图

1 区间划分

该路线经过两个路口，可分为 5 个区间，分别为 1、起点至路口 1；2、路口 1；3、路口 1 至路口 2；4、路口 2；5、路口 2 至终点。

2 单元划分

根据加宽车道位置及单元长度划分原则，A 车道可分为 7 个单元，该路线所有车道的单元数量合计为 28 个。

表 H.0.1 A 车道单元划分

序号	起点	终点	长度	区间	单元	是否路口
1	0	200	200	01	01	否
2	200	309	109	01	02	否
3	309	352	43	02	01	是

4	352	552	200	03	01	否
5	552	665	113	03	02	否
6	665	740	75	04	01	是
7	740	940	200	05	01	否

H.0.3 指标计算

水泥路面常规检测的评价指标为：路面状况指数（PCI）、路面行驶质量指数（RQI）、路面综合评价指数（PQI）。

1 路面状况指数（PCI）

以 A 车道 01 区间的 01 单元为例，进行路面状况指数（PCI）计算说明。该单元长 200m，车道宽度 3.5m，路面病害调查如下表所示。

表 H.0.2 A 车道 01 单元

单元编号	路面类型	病害名称	长度(m)	宽度(m)	面积(m²)	备注
0101A1	水泥	线裂	1.64	0.20	0.33	坐标略
	水泥	线裂	2.92	0.20	0.58	坐标略
	水泥	板角断裂	2.25	0.80	1.80	坐标略
	水泥	线裂	3.17	0.20	0.63	坐标略
	水泥	线裂	1.36	0.20	0.27	坐标略
	水泥	接缝料损坏	1.23	1.00	1.23	坐标略
	水泥	线裂	2.27	0.20	0.45	坐标略
	水泥	错台	1.11	1.00	1.11	坐标略
	水泥	线裂	4.02	0.20	0.80	坐标略
	水泥	路框差	1.00	1.00	1.00	坐标略
	水泥	线裂	1.56	0.20	0.31	坐标略
	水泥	线裂	5.17	0.20	1.03	坐标略
	水泥	线裂	4.33	0.20	0.87	坐标略

计算步骤:

a 单项扣分值计算

水泥路面病害类型可以分为 4 大类 14 小种, 各种路面病害的单项扣分为内插得到。以线裂类病害为例, 其损坏密度为:

$$\rho = \frac{F_{li}}{F_l} = \frac{5.28}{200 \times 3.5} \times 100\% = 0.75\%$$

查询现行行业标准《城镇道路养护技术规范》CJJ 36 水泥路面损坏单项扣分表得, 当损坏密度为 0.1% 时, 单项扣分为 4, 当损坏密度为 1% 时, 单项扣分为 9。内插得到线裂类病害的单项扣分值。

$$DP_{\text{线裂}} = 4 + \frac{0.75 - 0.1}{1 - 0.1} \times (9 - 4) = 7.64$$

其他损坏形式单项扣分值算法同上, 计算得:

$$DP_{\text{板角断裂}} = 6.17, \quad DP_{\text{边角裂缝}} = 0.00, \quad DP_{\text{交叉裂缝和破碎板}} = 0.00,$$

b 同种损坏类型不同损坏形式权重计算

不同损坏形式权重由权函数计算得到。

$$\omega_i = 3.0u_i^3 - 5.5u_i^2 + 3.5u_i$$

线裂属裂缝类病害, 同种损坏类型下还有板角断裂、边角裂缝、交叉裂缝和破碎板。

$$u_{\text{线裂}} = \frac{DP_{\text{线裂}}}{DP_{\text{线裂}} + DP_{\text{板角断裂}} + DP_{\text{边角裂缝}} + DP_{\text{交叉裂缝和破碎板}}} = \frac{7.64}{7.64 + 6.17 + 0.00 + 0.00} = 0.55$$

线裂权重为:

$$\begin{aligned}\omega_{\text{线裂}} &= 3.0u_{\text{线裂}}^3 - 5.5u_{\text{线裂}}^2 + 3.5u_{\text{线裂}} \\ &= 3.0 \times 0.55^3 - 5.5 \times 0.55^2 + 3.5 \times 0.55 \\ &= 0.76\end{aligned}$$

其他损坏形式权重算法同上, 计算得 $\omega_{\text{板角断裂}} = 0.73$, $\omega_{\text{边角裂缝}} = 0.00$,

$$\omega_{\text{交叉裂缝和破碎板}} = 0.00$$

c 各损坏类型扣分

裂缝类路面病害共有四种损坏类型, 分别为线裂、板角断裂、边角裂缝、交叉裂缝和破碎板。

$$\begin{aligned}
DP_{\text{裂缝}} &= \sum_{i=1}^n DP_i \times \omega_i = DP_{\text{线裂}} \times \omega_{\text{线裂}} + DP_{\text{板角断裂}} \times \omega_{\text{板角断裂}} + DP_{\text{边角裂缝}} \times \omega_{\text{边角裂缝}} \\
&\quad + DP_{\text{交叉裂缝和破碎板}} \times \omega_{\text{交叉裂缝和破碎板}} \\
&= 7.64 \times 0.76 + 6.17 \times 0.73 + 0 \times 0 + 0 \times 0 \\
&= 10.34
\end{aligned}$$

其他损坏类型扣分值算法同上，计算得：

$$DP_{\text{接缝破坏类}} = 1.17, \quad DP_{\text{表面破坏类}} = 0.00, \quad DP_{\text{其他}} = 9.18$$

d 不同损坏类型权重

4 种损坏类型中，裂缝类病害占比为

$$\begin{aligned}
u_{\text{裂缝}} &= \frac{DP_{\text{裂缝}}}{DP_{\text{裂缝}} + DP_{\text{接缝破坏类}} + DP_{\text{表面破坏类}} + DP_{\text{其他}}} \\
&= \frac{10.34}{10.34 + 1.17 + 0.00 + 9.18} \\
&= 0.50
\end{aligned}$$

各损坏类型权重由权函数计算得到。

$$\begin{aligned}
\omega_i &= 3.0u_i^3 - 5.5u_i^2 + 3.5u_i \\
\omega_{\text{裂缝}} &= 3.0u_{\text{裂缝}}^3 - 5.5u_{\text{裂缝}}^2 + 3.5u_{\text{裂缝}} \\
&= 3.0 \times 0.50^3 - 5.5 \times 0.50^2 + 3.5 \times 0.50 \\
&= 0.75
\end{aligned}$$

其他损坏类型权重算法同上，计算得：

$$\omega_{\text{接缝破坏类}} = 0.18, \quad \omega_{\text{表面破坏类}} = 0.00, \quad \omega_{\text{其他}} = 0.73$$

e 综合加权

4 种损坏类型的综合扣分为：

$$\begin{aligned}
DP &= \sum_{i=1}^n DP_i \times \omega_i \\
&= DP_{\text{裂缝}} \times \omega_{\text{裂缝}} + DP_{\text{接缝破坏类}} \times \omega_{\text{接缝破坏类}} + DP_{\text{表面破坏类}} \times \omega_{\text{表面破坏类}} + DP_{\text{其他}} \times \omega_{\text{其他}} \\
&= 10.34 \times 0.75 + 1.17 \times 0.21 + 0 \times 0 + 9.18 \times 0.73 \\
&= 14.68
\end{aligned}$$

f PCI 评分值

$$PCI = 100 - \text{综合扣分值} = 100 - 14.68 = 85.32$$

该道路为次干路，PCI 评价为 A。计算结果如错误!未找到引用源。所示。

表 H.0.3 检测单元水泥路面损坏计算结果

损坏类型		破损面积 (m ²)	破损密 度 (%)	单项 扣分值	单项 权重	单项 扣分	单类 权重	综合 扣分	PCI		
裂缝类	线裂	5.28	0.75	7.64	0.76	10.34	0.75	14.68	85.32		
	板角裂缝	1.80	0.26	6.17	0.73						
	边角裂缝	0	0	0	0						
	交叉裂缝 和破碎板	0	0	0	0						
接缝破坏类	接缝料损 坏	1.23	0.18	1.17	1.00	1.17	0.18				
	边角剥落	0	0	0	0						
表面破坏类	坑洞	0	0	0	0	0	0				
	表面纹裂	0	0	0	0						
	层状剥落	0	0	0	0						
其他类	错台	1.11	0.16	4.20	0.67	9.18	0.73				
	拱胀	0	0	0	0						
	唧浆	0	0	0	0						
	路框差	1.00	0.14	8.19	0.78						
	沉陷	0	0	0	0						

2 路面行驶质量指数 (RQI)

以 A 车道 01 区间的 01 单元为例, 进行路面行驶质量指数 (RQI) 计算说明。

表 H.0.4 检测单元水泥路面平整度计算

最小检测单元编 码	代表 IRI (m/km)	单元代表 IRI (m/km)	单元 RQI
0101A-1	4.41	4.77	3.36
0101A-2	3.34		
0101A-3	8.64		
0101A-4	9.58		
0101A-5	7.27		

0101A-6	5.43		
0101A-7	3.07		
0101A-8	3.63		
0101A-9	5.86		
0101A-10	3.63		
0101A-11	3.41		
0101A-12	5.47		
0101A-13	3.12		
0101A-14	2.01		
0101A-15	5.82		
0101A-16	4.17		
0101A-17	4.43		
0101A-18	5.46		
0101A-19	2.83		
0101A-20	3.79		

a 单元代表 IRI

单元代表 IRI 为该单元所有检测单点的代表 IRI 的平均值。该单元内共有 20 个测点。

$$\begin{aligned}
 IRI &= \frac{4.41+3.34+8.64+9.58+7.27+\dots+5.46+2.83+3.79}{20} \\
 &= 4.77(m/km)
 \end{aligned}$$

b 单元 RQI 值

$$RQI = 4.98 - 0.34 \times 4.77 = 3.36$$

该单元 RQI 评价为 B。

3 路面综合评价指数 (PQI)

根据前文计算, A 车道 01 区间 01 单元的路面状况指 PCI 为 85.32, 路面行驶质量指数 RQI 为 3.36, 该道路为主干路, 该单元的 PQI 的计算按照下式进行计算。

$$\begin{aligned}
 PQI &= 20 \times 0.4 \times RQI + PCI \times 0.6 \\
 &= 20 \times 0.4 \times 3.36 + 85.32 \times 0.6 \\
 &= 78.07
 \end{aligned}$$

该单元路面综合评价为 B。

附录 J 地下空洞隐患调查成果统计表

表 J 地下空洞隐患调查成果统计表

编号	类型	位置	中心点坐标 (m)		投影 面积 (m ²)	顶埋深 (m)	特征	风险 等级	备注
			北坐标	东坐标					

附录 K 地下空洞隐患检测案例

K.0.1 工程概况

受某公司的委托，某公司承担该 XX 道路地下空洞隐患检测项目，道路宽 12m。工作目的是：查明路面至盾构施工范围内道路地下空洞隐患发育情况，并结合工作区地质情况评估道路地下空洞隐患对道路安全和施工的影响，检测深度为地面以下 20m 深度范围内。

因地铁隧道盾构和地面道路恢复工程施工需要，检测施工期为 10 天（自委托方通知进场时间起算）。

K.0.2 本工程使用的仪器设备如表 K.0.1 所示。

表 K.0.1 投入的仪器设备一览表

序号	方 法	仪器设备	功 能	备 注
1	探地雷达法	Stream UP 三维车载雷达	道路地下空洞 隐患检测	200MHz、600MHz 双频
		CrossOver 便携式雷达	道路地下空洞 隐患检测	70MHz/600MHz 170MHz/600MHz
		GRP400-600 型管道综合检测系统（管道雷达）	管道周边病害 检测	/
2	地震映像法	NXPZ 数字地震仪（72 道）	中、深部检测	探测深度 3~20m
3	微动探测法	GN209 微动仪	深部检测	探测深度 3~20m
4	GPS 测量	SR3 测地形 GNSS 接收接	测 量	/

K.0.3 检测工作布置

1 探地雷达法优先采用三维车载雷达，测线（束）沿行车方向布置，部分车辆无法抵至路段采用二维便携式雷达补充检测。

2 为满足盾构施工需要，地震映像法、微动探测法等浅层地震波法拟沿盾构隧道上方布置，每条隧道布置测线三条，分别沿盾构隧道在地面投影的中线及隧道两侧。

3 工作布置示意图见图 K.0.2。

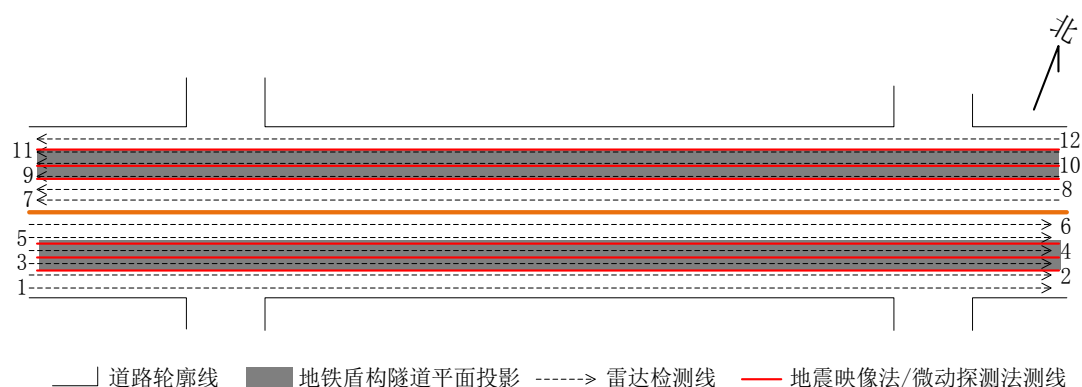


图 K.0.2 道路地下空洞隐患检测工作布置示意图

K.0.4 现场数据采集

1 探地雷达数据采集包括每条行车道、行人道及中分带、两侧绿化带，重点区域、可疑区域加密测线或采用便携式雷达复测。通过卫星定位设备实时定位，确定探测位置和异常位置准确。

2 浅层地震波法根据现场施工条件和工程需要分段进行数据采集，探测结果无法实时显示时，需及时检查数据采集质量。

L.0.5 数据处理与解译

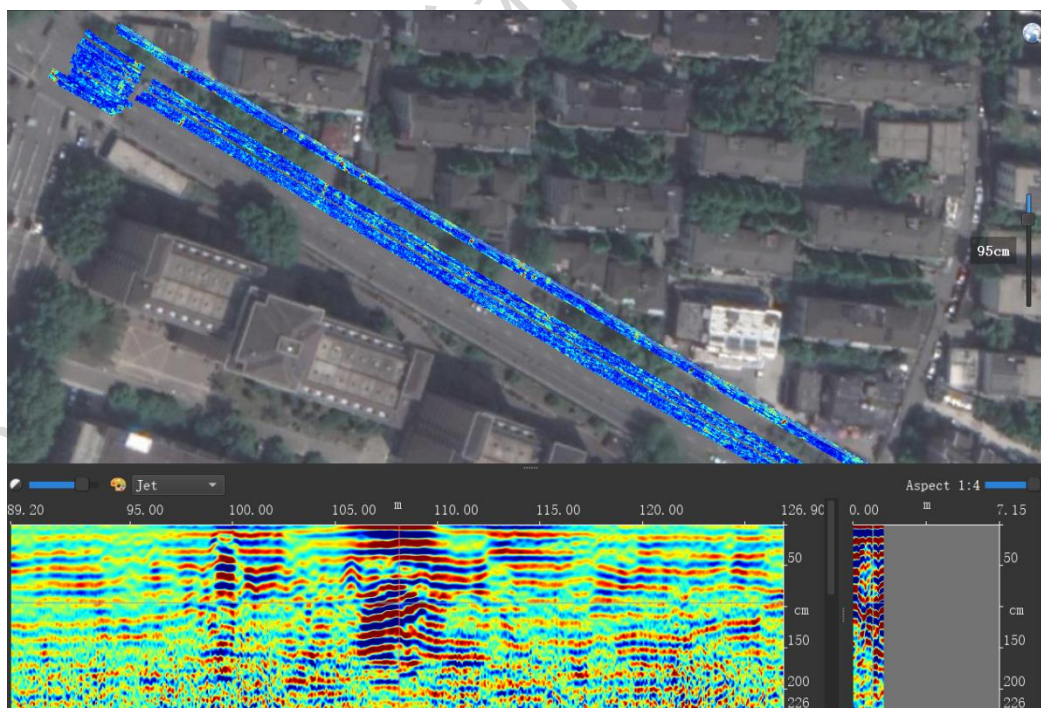


图 K.0.3 XX 路三维雷达检测图谱（200MHz）

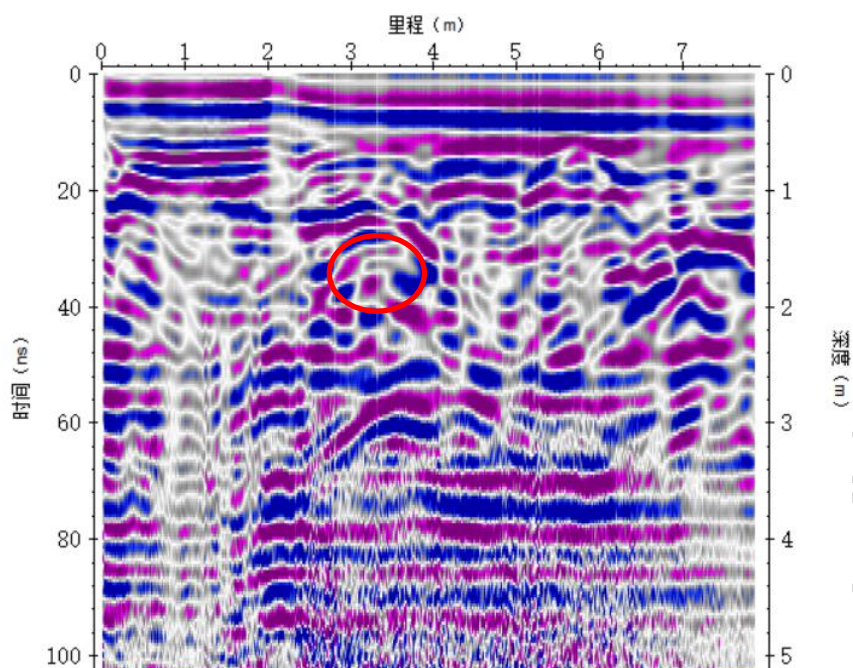


图 K.0.4 XX 路便携式雷达复测成果图 (170MHz)

1 经数据处理、复测和现场调查分析及解译,发现疑似道路地下空洞隐患异常 1 处,推断为空洞异常,异常宽约 1.2m,异常顶埋深 1.4m。

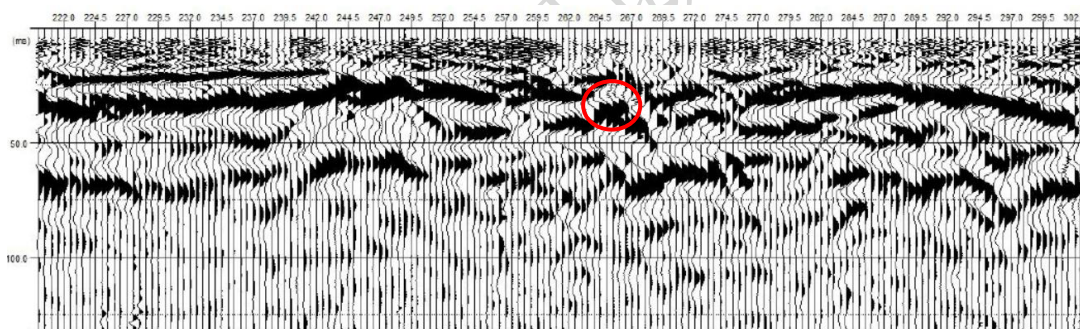


图 K.0.5 XX 路地震映像法检测成果图

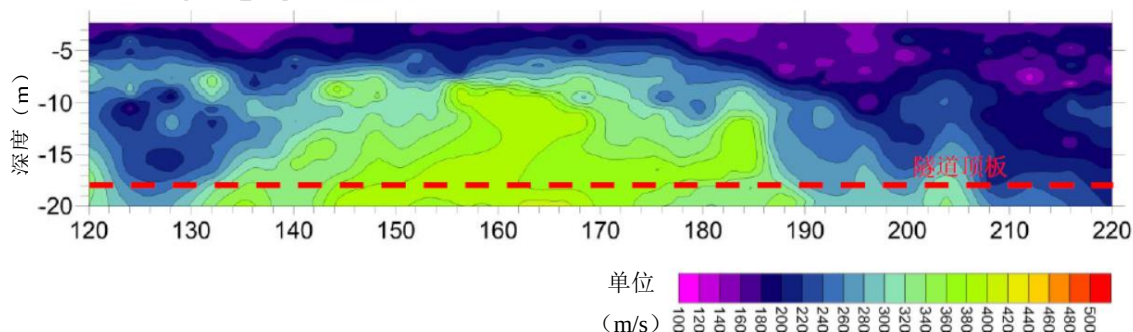


图 K.0.6 XX 路微动法探测成果图

2 浅层地震波法分段进行数据采集,探测结果见图 K.0.5、图 K.0.6。图 K.0.5 测线中段见地震波同相轴凸起,为土体疏松异常;微动法探测成果(图 K.0.6)

可见深部岩土层界面变化。

K.0.6 开挖验证结果

对探地雷达法发现的疑似空洞异常进行开挖验证，验证结果证实了空洞的存在。



图 K.0.7 验证探孔施工场景图

K.0.7 总结及建议

- 1 通过对检测到的疑似目标异常进行开挖验证，确定探明异常为道路空洞引起。
- 2 探明空洞位于污水管道旁侧，建议全面检查道路周边排水管道、给水管道等市政管线，尤其是道路范围内废旧或遗弃地下管线。
- 3 扩大检测范围，对于检测过程中发现的异常及时进行复核、验证，如有空洞或地下空洞隐患现象，及时开挖回填或注浆填充处理。处理后应进行复测。