江苏省地方标准

《改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测方法与评价规范》

编制说明

**（报批稿）**

**标准起草工作组**

2024年11月

**目 录**

[一、目的意义 1](#_Toc179286399)

[二、任务来源 2](#_Toc179286400)

[三、编制过程 3](#_Toc179286401)

[四、主要内容技术指标确立 6](#_Toc179286402)

[五、重大分歧意见的处理过程和依据 16](#_Toc179286403)

[六、与相关法律法规和国家标准的关系 16](#_Toc179286404)

[七、实施推广建议 16](#_Toc179286405)

[八、起草单位和起草人信息及分工 17](#_Toc179286406)

# 一、目的意义

在长期的荷载以及环境因素的作用下，沥青路面除了路表所反映的表面病害以外，通常还伴随着结构强度的下降，结构内部出现结构松散、层间局部积水、层间结合不良、基层裂缝等结构缺陷，路面内部结构状态逐渐下降，如不及早发现、及时处理，将会对路面整体结构的长期性能造成较为不利的影响。然而传统路面检测评价内容不够全面，以路表功能为主，缺少结构内部评价；评价手段不够快速，结构完整性取芯检测、结构强度FWD检测需封闭交通、效率低，检测结果“以点代面”连续性差，无法适应改扩建工程老路结构多变、厚度转换频繁等复杂特征；评价指标不够高效，结构性评价指标缺失，无法有效指导老路路面结构处治决策。因此，亟需利用探地雷达和激光式高速弯沉仪新型检测手段，形成改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测评价标准。

交通运输部印发《加快建设交通强国五年行动计划（2023-2027年）》（交规划发〔2023〕21号）明确提出了“推广使用先进交通装备、打造与交通强国建设相适应的标准体系”发展要求；交通运输部印发《关于做好平安百年品质工程创建示范 推动交通运输基础设施建设高质量发展的指导意见》（交安监发〔2024〕6号）明确提出了“从检测技术等方面开展基础共性和关键核心技术研发，着力解决制约工程质量提升的‘卡脖子’技术难题”；交通运输部印发《“十四五”交通领域科技创新规划》（交科技发〔2022〕31号）明确提出了“攻克基础设施服役状态智能感知、结构无损检测、服役性能提升与延寿等技术”。为了响应高质量发展要求，提高公路沥青路面结构内部状况检测的技术水平，更好地评估沥青路面结构内部状况，提升改扩建工程老路处治决策的高效性，实现路面延寿，编写单位充分总结吸收国内外近年来探地雷达、激光式高速弯沉仪在公路沥青路面结构内部状况检测方面的成功经验，建立沥青路面结构内部状况检测体系。在此基础上，开展《改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测方法与评价规范》地方标准的编制工作具有重要意义。

# 二、任务来源

为贯彻落实《标准化法》《江苏省标准监督管理办法》，加快构建符合高质量发展需求的标准体系，促进标准有效供给，江苏省市场监督管理局于2023年8月发布了《省市场监管局关于下达 2023 年度江苏省地方标准项目计划的通知》（苏市监标〔2023〕173号）文件，本标准是2023 年度江苏省地方标准项目计划的第80号，标准名称为《改扩建工程老路沥青路面结构内部状态快速检测与评价规范》，对口行政主管部门江苏省交通运输厅。

起草单位：江苏省交通工程建设局、江苏中路工程技术研究院有限公司、中路交科科技股份有限公司、东南大学。

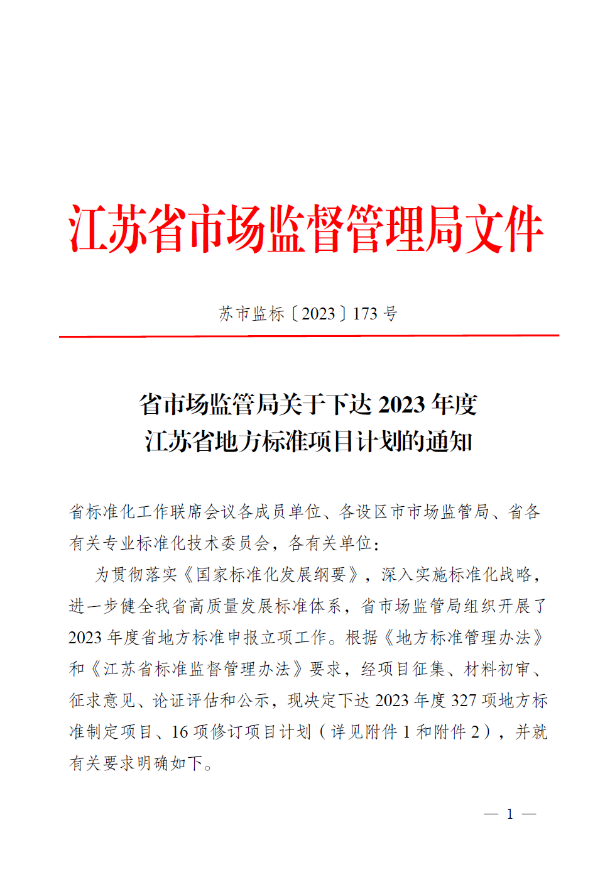
 

图1 标准立项通知

# 三、编制过程

本标准的制定工作过程简述如下：

江苏中路工程技术研究院有限公司等单位负责《改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测方法与评价规范》的编制工作。为保证本标准的科学性、有效性、实用性，标准课题组广泛收集了相关文献资料，包括相关论文与研究报告、国家标准、行业标准、地方标准等，认真总结了结构内部状况快速检测工作实际情况，同时开展了实地调研和访谈。通过资料与调研分析，课题组基本了解结构内部状况快速检测工作存在的主要问题，明确了结构完整性快速检测与评价、结构强度快速检测与评价、结构内部状况评价与处治对策，为标准的研究、起草奠定了基础。

**（1）预研究阶段**

2023年8月~9月——资料收集：对目前路面结构内部状况快速检测工作现状进行了详细资料调研，并与相关机构多次召开研讨会，收集了设计单位、施工单位、检测单位、建设单位等的需求、要求和看法，掌握大量的一手资料，进而在此基础上确定标准化对象，分析标准化需求，为路面结构内部状况快速检测规范的确定提供实践支撑。

**（2）起草阶段**

2023年10月~ 11月——标准草案编制：本标准重点是明确结构内部状态快速检测设备要求、现场检测、数据处理、评价指标及标准、处治对策等要求，按照此内容框架编制了标准草案。

2023年12月——标准大纲编制：制定标准编制的工作方案，充分讨论标准编制框架及各类问题，并修改完善方案，明确标准的性质归属、结构框架、使用对象等；

2024年1月——标准一稿编制：编制组内部组织标准草案讨论，根据讨论意见修改完善标准草案，形成标准一稿；

2024年2月——标准大纲修改：编制组内部组织标准大纲讨论，根据讨论意见修改完善标准大纲，形成标准大纲修改稿；

2024年3月——标准二稿编制：编制组内部组织标准草案讨论，根据讨论意见修改完善标准草案，形成标准二稿；

2024年4月——标准大纲评审：编制组邀请行业技术专家及标准编制专家进行了大纲评审会，专家建议标准名称由《改扩建工程老路沥青路面结构内部状态快速检测与评价规范》调整为《改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测方法与评价规范》，进一步优化标准框架;编制组根据与会专家意见进一步修改完善，开展标准起草工作。

2024年5月——标准三稿编制及形式审查：根据标准大纲评审专家意见，本标准主要技术内容框架调整为改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测评价指标、评定等级、结构内部病害分类、检测方法、内部状况评价、报告等要求。完成标准三稿编制后，邀请标准编制专家进行了形式审查会。

**（3）征求意见阶段**

2024年5月~6月——组织研讨：多次组织课题组内部讨论会，并组织提请江苏省交通工程建设局各有关专家开展研讨会，根据形式审查会及内部讨论会专家意见修改完善标准，形成标准的征求意见稿；

2024年6月~9月——征求意见：对江苏省设计单位、施工单位、检测单位、建设单位、高等院校等24家单位以及网络平台公开征求意见30天，共收到意见61条，其中采纳59条、部分采纳0条、未采纳2条，具体意见采纳情况见标准《征求意见汇总处理表》。课题组根据反馈意见修改完善，形成标准送审材料，主要包括标准（送审讨论稿）、标准（送审讨论稿）编制说明以及标准《征求意见汇总处理表》。

2024年9月~10月——标准预审：江苏省交通工程建设局邀请有关专家对标准（送审讨论稿）、标准（送审讨论稿）编制说明及标准《征求意见汇总处理表》进行预审。课题组根据预审意见修改标准（送审讨论稿）、标准（送审讨论稿）编制说明及标准《征求意见汇总处理表》，形成标准送审材料。

**（4）送审阶段**

2024年11月1日——标准审查：江苏省市场监督管理局在南京组织有关专家对本标准进行审查。

# 四、主要内容技术指标确立

**（1）主要内容**

本标准主要规定了改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测评价指标、评定等级、病害分类、检测方法、评价、报告等要求。

**（2）主要内容技术指标确立依据**

**1）评定等级**

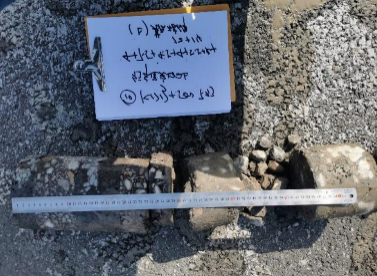
参考《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》公路技术状况等级划分标准，等级划分依据实际工程经验总结及江苏省交通工程建设局2021年科研项目《改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测评价指标及标准研究》。

①IPCI评定等级编制说明

路面结构完整性评价指标（IPCI）的等级划分分界值为90、75。

考虑结构内部病害最不利状态，选择结构松散（重）进行评价，当每公里面层内部结构松散（重）长度小于40m时，路面内部病害相对较少，结构内部完整性较好，对应的IPCI值大于90；当每公里面层内部结构松散（重）长度在40m~210m时，路面内部病害逐渐增加，结构内部完整性一般，对应的IPCI值在75~90之间（其中210m结构松散（重）病害长度对应的IPCI值为75）；当每公里面层内部结构松散（重）长度大于210m时，路面内部病害显著增加，结构内部完整性较差，对应的IPCI值小于75。

结合沪武、连淮及平广改扩建施工图设计时老路取芯情况分析，连淮及平广的结构内部完整性水平基本相当，均较差，存在明显的结构松散病害，而沪武相对较好，以层间不良为主（见图2）。按照IPCI评定等级分析可以看出，平广IPCI总分为89.3（A级占比52%、B占比34%、C级占比13%），连淮IPCI总分为89.2（A级占比47%、B占比52%、C级占比2%），沪武IPCI总分为92.6（A级占比72%、B占比23%、C级占比5%），由此可以看出，连淮与平广IPCI值基本相当，均较差，沪武相对较好，这与施工图设计老路评价结果基本一致。综上比较分析，本文件提出的PCI等级评价标准较为合理。

a）平广 b）连淮 c）沪武

图2 改扩建施工图设计老路取芯情况

②PSSI评定等级编制说明

路面结构强度指数（PSSI）的等级划分分界值为80、70。

当老路验收弯沉值小于26时，路面结构强度较好；当老路验收弯沉值在26~30之间时，路面结构强度适中；当老路验收弯沉值大于30时，路面结构强度较差。改扩建设计中平广、连淮的老路验收弯沉为30，此时PSSI为70，评定等级为C。

按照PSSI评定等级分析可以看出，平广PSSI总分为82.2（A级占比65%、B占比9%、C级占比26%），连淮PSSI总分为83.1（A级占比68%、B占比15%、C级占比17%），沪武PSSI总分为89.3（A级占比89%、B占比10%、C级占比1%），由此可以看出，连淮与平广PSSI值基本相当，均较差，沪武相对较好，这与施工图设计老路评价结果基本一致。综上比较分析，本文件提出的PSSI等级评价标准较为合理。

**2）病害分类**

参考本标准编制单位江苏中路工程技术研究院有公司牵头起草并已由中国公路学会发布实施的《公路沥青路面内部状况探地雷达检测技术指南》（T/CHTS 10078-2022），将结构内部病害分类为结构松散、层间局部积水、层间结合不良及基层裂缝等。

参考《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》第5.2.4条“横向裂缝应是路面上与行车方问基本垂直的裂缝，应按长度(m)计算。检测结果应用影响宽度(0.2m)换算成损坏面积”，针对基层裂缝病害长度计算统一采用0.2m进行统计。

**3）检测方法**

结构完整性检测采用车载式高速二维探地雷达设备，参考本标准编制单位江苏中路工程技术研究院有公司牵头起草并已由中国公路学会发布实施的《公路沥青路面内部状况探地雷达检测技术指南》（T/CHTS 10078-2022）；结构强度检测采用激光式高速弯沉测定仪设备，依据《JTG 3450—2019 公路路基路面现场测试规程》和《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》；明确了基本要求、检测设备、结构完整性检测和结构强度检测等技术要求。

**4）评价**

①结构完整性评价

结构完整性评价指标采用路面内部破损状况指数IPCI，该指标是参考《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》路面损坏状况指数PCI提出的。

式中：

*——*路面状况指数；

*——*路面破损率,单位为百分率（%）；

*——*模型参数，沥青路面取值15.0；

*——*模型参数，沥青路面取值0.412。

结构完整性评价对象为路面内部结构松散、层间局部积水、层间结合不良、基层裂缝，发展层位包括面层、上基层、下基层、底基层及各层层间。参考《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》路表破损各项病害加权求和路面破损率方法，针对各类结构内部病害确定权重，加权求和确定路面内部破损率。

江苏省交通工程建设局2021年科研项目《改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测评价指标及标准研究》，利用有限元模拟分析结构内部病害发展层位对路面性能的影响，如图3、表1、图4所示。以路表影响程度为基准，将各层位影响归一化。由图6可知，结构内部病害发展层位越靠近路表对路面性能影响总体呈现增大趋势。

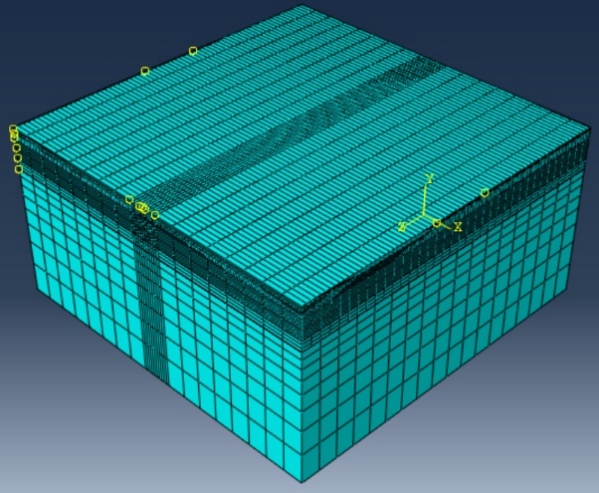
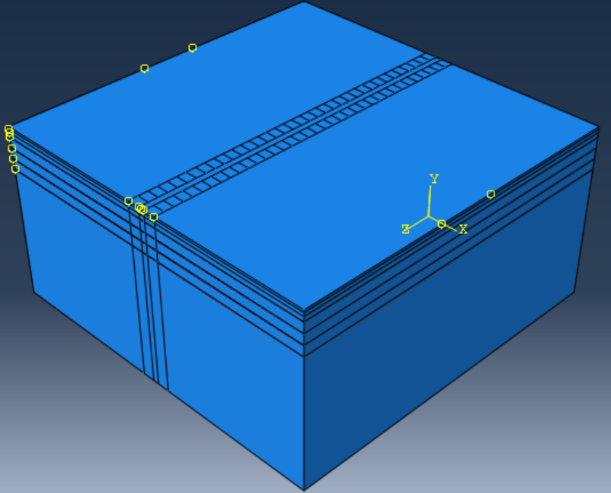


图3 高速弯沉仪荷载有限元模型及网格划分

表1 不同深度处结构内部病害对路面性能的影响程度

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 厚度 | 路表弯沉（0.01mm） | | 结构数SN | | 结构数衰减百分比 | 影响程度调整（归一化） |
| 完好 | 松散 | 完好 | 松散 | 松散 | 松散 |
| 1 | 0~4 | 8.59 | 21.99 | 17.3 | 9.0 | 48% | 1.00 |
| 2 | 4~8 | 15.35 | 11.3 | 35% | 0.72 |
| 3 | 8~12 | 14.23 | 11.8 | 31% | 0.65 |
| 4 | 12~16 | 13.47 | 12.3 | 29% | 0.60 |
| 5 | 16~20 | 12.67 | 12.9 | 26% | 0.53 |
| 6 | 20~24 | 12.6 | 12.9 | 25% | 0.53 |
| 7 | 24~28 | 13.12 | 12.5 | 27% | 0.57 |
| 8 | 28~32 | 13.18 | 12.5 | 28% | 0.57 |
| 9 | 32~36 | 13.49 | 12.3 | 29% | 0.60 |
| 10 | 36~40 | 13.83 | 12.1 | 30% | 0.62 |
| 11 | 40~44 | 13.86 | 12.1 | 30% | 0.63 |
| 12 | 44~48 | 13.4 | 12.4 | 29% | 0.59 |
| 13 | 48~52 | 12.64 | 12.9 | 26% | 0.53 |
| 14 | 52~56 | 11.76 | 13.6 | 22% | 0.45 |
| 15 | 56~60 | 10.95 | 14.3 | 17% | 0.36 |

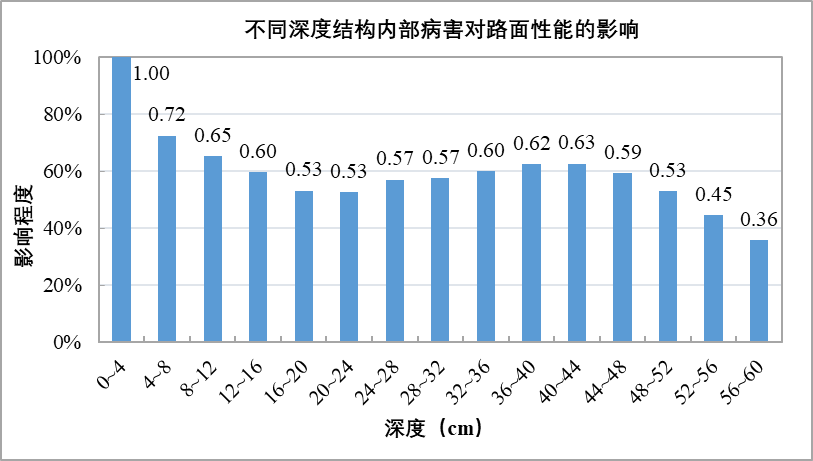


图4 不同深度处结构内部病害对路面性能的影响程度

结构内部病害权重考虑以下确定原则：

* 结构内部病害对路面性能的影响程度从小到大依次为层间结合不良、结构松散（轻度）、结构松散（重度）、层间局部积水、基层裂缝，因此结构内部病害类型权重分别确定为层间结合不良为0.7、基层裂缝1、结构松散（重度为1、轻度为0.8）、层间局部积水为1；
* 针对同一结构内部病害类型，其发展层位越靠近路表对路面性能影响越大，权重也越大，并且各层位权重之和为1；
* 当路面各层为最严重的病害时，路面内部破损率达到最大值100%。

结构内部病害权重取值确定过程如表2所示。

表2 结构内部破损权重取值

| 结构内部病害类型 | 结构内部破损类型 | 破损程度 | 发展层位 | 权重 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发展层位权重 | 结构内部病害类型权重 | 综合权重 |
| 层间结合不良 | 1 | — | 面层与基层层间 | 0.4 | 0.7 | 0.28 |
| 2 | 上基层与下基层层间 | 0.35 | 0.245 |
| 3 | 下基层与底基层层间 | 0.25 | 0.175 |
| 结构松散 | 4 | 轻度 | 面层 | 0.35 | 0.8 | 0.28 |
| 5 | 上基层 | 0.3 | 0.24 |
| 6 | 下基层 | 0.2 | 0.16 |
| 7 | 底基层 | 0.15 | 0.12 |
| 8 | 重度 | 面层 | 0.35 | 1 | 0.35 |
| 9 | 上基层 | 0.3 | 0.3 |
| 10 | 下基层 | 0.2 | 0.2 |
| 11 | 底基层 | 0.15 | 0.15 |
| 层间局部积水 | 12 | - | 面层与基层层间 | 0.4 | 1 | 0.4 |
| 13 | 上基层与下基层层间 | 0.35 | 0.35 |
| 14 | 下基层与底基层层间 | 0.25 | 0.25 |
| 基层裂缝 | 15 | - | 上基层 | 0.6 | 1 | 0.4 |
| 16 | 下基层 | 0.4 | 0.6 |
| 注：基层只有一层时，权重取值参照上基层。 | | | | | | |

基于江苏省交通工程建设局2021年科研项目《改扩建工程老路沥青路面结构内部状况快速检测评价指标及标准研究》研究成果，路面内部破损状况指数IPCI评价模型参数和的确定，基于两个约束条件：

* 路面内部破损率达到最大值100%，此时路面内部破损状况指数IPCI=0；
* 路面内部破损率达到5%时（面层内部每公里松散长度约为150m），路面内部破损状况指数IPCI=80。

确定和的取值为8.4和0.54。

表3 IPCI与IDR对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| IPCI | 80 | 0 |
| *IDR*（%） | 5.0 | 100.0 |
| 每公里面层内部松散长度（m） | 143 | 1000 |

②结构强度评价

结构强度评价指标依据《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》中第7.4.12条路面结构强度指数PSSI计算。

5）附录A、附录B、附录C、附录D

附录A（资料性）改扩建工程结构补强方案编制说明：分别考虑筛选原则与补强方案的制定。其中筛选原则中考虑到结构强度反映老路整体的结构强度状态，应作为主指标，而结构完整性反映结构内部破损状况，应作为副指标。

表4 改扩建工程结构补强方案

| 评定等级 | | 结构补强方案 |
| --- | --- | --- |
| 结构强度 | 结构完整性 |
| A | A | 无需结构补强 |
| B | 非开挖注浆 |
| C |
| B | A | 单层加铺 |
| B | 非开挖注浆+单层加铺 |
| C |
| C | A | 多层加铺 |
| B | 非开挖注浆+多层加铺 |
| C | 基层局部换填 |

补强方案充分调研了连淮、平广、锡宜、沪武等改扩建项目施工图设计图纸，老路结构补强主要以加铺及非开挖注浆为主，因此补强方案应结合不同的评价分级，选择对应方案。其中非开挖注浆技术已广泛应用于改扩建工程老路沥青路面结构补强。相关方案审查意见如图5所示，非开挖注浆技术的结构补强效果良好，修补后结构内部病害位置处的强度恢复率较高，芯样修补效果如图6所示。

结构强度评定等级体现路面结构整体强度差异，一般采用单层加铺或多层加铺进行整体补强；结构完整性评定等级体现路面内部结构破损状况差异，一般采用非开挖注浆局部补强。依据工程经验，结构强度等级决定加铺层数，结构强度为B时单层加铺；结构强度为C时双层加铺。结构完整性等级决定是否非开挖注浆，结构完整性为B或C时考虑结合非开挖注浆技术的结构补强。

将改扩建工程结构补强方案，与连淮、平广、沪武、锡宜改扩建等项目的老路结构补强方案进行对比。在连淮扩建项目中，存在结构强度为C，IPCI为A或B的路段达68km，需要考虑多层加铺，与实际施工图设计中提出的两层加铺方案一致。在平广扩建项目中，存在结构强度C，IPCI为C的路段达3km，需要进行基层局部换填。平广改扩建施工图设计方案中针对弯沉大于30的路段（PSSI小于70），也采取了基层局部换填的处治方案，与本文件要求一致。

综上，结合各改扩建老路沥青路面面结构补强实际方案，本文件提出的改扩建工程结构补强方案较为合理，能够有效指导后续改扩建工程中老路处治方案的制定。

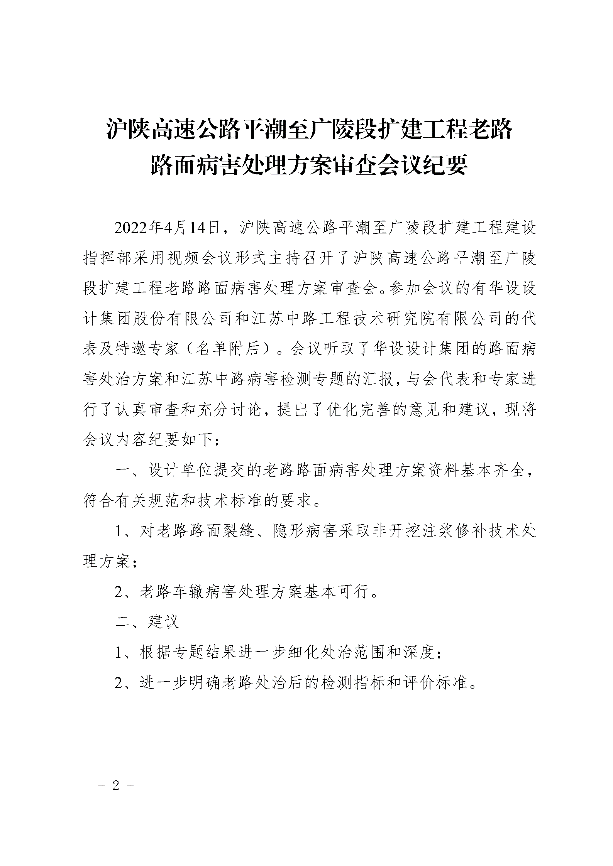


图5 改扩建工程老路路面病害处理方案审查意见

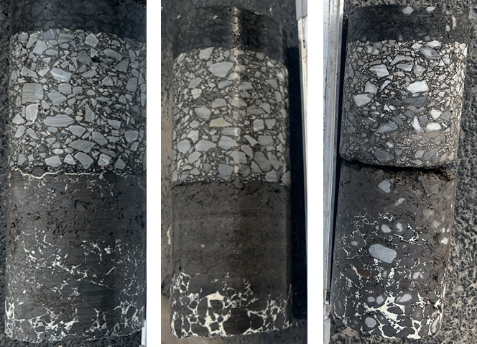
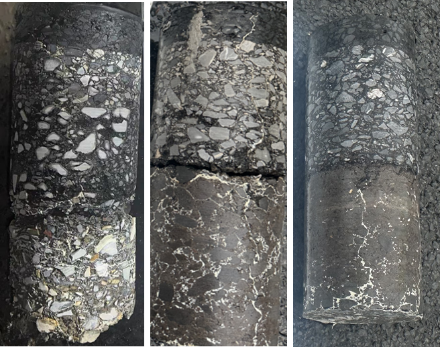


图6 非开挖注浆芯样修复效果

附录B （规范性） 车载式高速探地雷达速度变异系数检测方法、附录C （规范性） 车载式高速探地雷达精确度检测方法、附录D （资料性） 典型雷达特征图像识别实例，参考本标准编制单位江苏中路工程技术研究院有公司牵头起草并已由中国公路学会发布实施的《公路沥青路面内部状况探地雷达检测技术指南》（T/CHTS 10078-2022）的附录内容进行编制。

# 五、重大分歧意见的处理过程和依据

无。

# 六、与相关法律法规和国家标准的关系

在制定标准过程中，本标准课题组严格遵循以下标准化法律、法规、规范的规定，作为本标准起草的重要依据：

GB/T 1.1—2020 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则

JT/T 1170 激光式高速弯沉测定仪

JTG 3450—2019 公路路基路面现场测试规程

JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准

《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》主要侧重于路表状况评价，本标准是针对路面结构内部状况进行评价，增加了结构完整性评价，是行业标准《JTG 5210—2018 公路技术状况评定标准》的有效补充完善。

# 七、实施推广建议

**（1）设置标准过渡期**

考虑标准内容主要基于新型快速检测装备提出，建议设置过渡期1个月。

**（2）加强标准在沥青路面改扩建工程中的应用，推进标准实施**

建议将本标准作为改扩建工程老路沥青路面处治决策的依据，密切关注各方对本标准的执行力度，并执行奖惩制度。

**（3）加大标准宣贯力度，扩大宣贯范围**

在本标准实施后，组织标准宣贯培训班，对相关各方单位的人员进行本标准的宣贯培训。标准的宣贯工作不仅包括标准文本本身，还应包括标准的编制说明，使得标准使用者不仅了解标准文本中规定的内容，还了解本标准编制说明中对于标准制定背景、制定依据等内容，以利于标准的贯彻执行。

**（4）做好信息反馈和适用性评价，提高标准实施效果**

标准宣贯实施过程中，要注重将标准的宣贯工作落实到实际中。在本标准宣贯后，要时刻跟踪本标准在适用范围内的各相关单位的实施情况，记录标准在实际应用中的具体效果，对于实用性不强、适用性差的条款要及时反馈到相关行业管理部门，以便采取相应的措施。

# 八、起草单位和起草人信息及分工

本标准起草单位为江苏省交通工程建设局、江苏中路工程技术研究院有限公司、中路交科科技股份有限公司、东南大学。

本标准主要起草人员为贾 鹏、吴宇晟、刘朝晖、张志祥、相阳、金光来、韩 峰、朱 辰、王飔奇、蔡文龙、孙海艳、马仕亮、刘海婷、王双平、周之路、胡磊、王罡、刘伟志、陆轩宇、周凯。标准编制分工如表5所示。

表5 任务分工

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **一级章节** | **二级章节** | **组长** | **成员** |
| 1 范围 | - | 贾 鹏 | 刘朝晖  相 阳  韩 峰 |
| 2 规范性引用文件 | - |
| 3 术语和定义 | - | 吴宇晟 | 朱 辰  孙海艳  王飔奇 |
| 4 评价指标 | - |
| 5 评定等级 | - | 张志祥 | 金光来  蔡文龙  马仕亮 |
| 6 病害分类 | - |
| 7 检测方法 | 7.1基本要求 | 金光来 | 王飔奇  蔡文龙  刘海婷  王双平 |
| 7.2检测设备 |
| 7.3结构完整性检测 |
| 7.4结构强度检测 |
| 8 评价 | - | 金光来 | 蔡文龙  周之路  胡 磊 |
| 9 报告 | - |
| 附录A改扩建工程结构补强方案 | | 蔡文龙 | 王 罡  刘伟志  陆轩宇  周 凯 |
| 附录B车载式高速探地雷达速度变异系数检测方法 | |
| 附录C车载式高速探地雷达精确度检测方法 | |
| 附录D典型雷达特征图像识别实例 | |