

ICS 93.080
CCS P 66

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 851—2025
代替 DB 14/T 851—2014

公路沥青路面结构性修复设计规范

Specifications for Structural Corrective Design of Highway Asphalt
Pavement

2025 - 04 - 11 发布

2025 - 07 - 10 实施

山西省市场监督管理局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	2
5 总体要求	2
6 交通量调查	3
7 路况调查与评价	3
8 路面设计	6
9 特殊路段路面设计	8
10 路基病害处治设计	9
11 排水设计	9
12 交通组织设计	10
13 其他设计	10
14 设计文件	11
附录 A（规范性） 交通量调查	12
附录 B（资料性） 钻芯取样调查	17
附录 C（资料性） 排水设施调查记录表	18
附录 D（资料性） 路面病害成因分析	19
附录 E（资料性） 沥青路面结构性修复设计典型结构组合	20

前 言

本文件按照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》的规定起草。

本文件代替DB14/T 851-2014《公路沥青路面大修设计规范》，与DB14/T 851-2014相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了3个术语和定义（见3.1、3.4、3.5），更改了2个术语和定义（见3.2、3.3, 2014版3.1.6、3.1.7），删除了6个术语和定义（见2014版的3.1.1、3.1.2、3.1.3、3.1.4、3.1.5、3.1.8）；
- 更改了沥青路面结构性修复设计原则（见5.2，2014版的4.2）；
- 更改了交通量调查的一般规定（见6.1，2014版的5.1）；
- 更改了路况调查与评定的一般规定（见7.1，2014版的6.1）；增加了路况调查内容（见7.2）；删除了公路建设与养护历史调查的要求（见2014版的6.3）；
- 增加了路面结构性损坏评价标准、路面功能性严重丧失评价标准及路面病害成因分析的要求（见7.4.2.3、7.4.2.4和7.4.3）；
- 更改了路面设计一般规定（见8.1，2014版的7.1）；将“设计路段划分”更改为“设计单元划分”，并增加了设计单元合并原则（见8.2，2014版的7.2）；增加了“结构组合设计”的方案比选要求（见8.3，2014版的7.5）；将“设计弯沉计算”更改为“验收弯沉值”（见8.8，2014版的7.6）；
- 将“桥梁、隧道铺装设计”更改为“特殊路段路面设计”，并增加了重交通及以上等级大纵坡路段、连续下坡路段、平面交叉口等特殊路段路面设计要求（见第9章，2014版的第8章）；
- 增加了路表排水困难路段排水设计要求（见11.2.5）；
- 增加了路缘（边）石防腐设计要求（见13.4.1）；
- 删除了环境保护与景观设计原则（见2014版的12.3.1）；
- 更改了规范性附录A车辆类型分类、交通量分析方法，并将2014年版的“设计年限内累计当量轴次”纳入（见表A.1，A.3.7，2014版的A.2、7.3）；
- 更改了资料性附录B路面钻芯数量及频率（见B.2、B.4，2014版的B.3）；
- 增加了资料性附录D路面病害成因分析。

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专利的责任。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对本文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通科技研发有限公司、山西交科公路勘察设计院有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司。

本文件主要起草人：李智慧、王国安、张涛、孔繁盛、刘伟、张艳聪、王瑞林、杨文江、赵利强、吴焱、白继航、张沁、郭大伟、王琦、张昊。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2014年3月15日首次发布DB 14/T 851—2014；
- 本次为第一次修订。

公路沥青路面结构性修复设计规范

1 范围

本文件规定了公路沥青路面结构性修复设计的总体要求、交通量调查、路况调查与评价、路面设计、特殊路段路面设计、路基病害处治设计、排水设计、交通组织设计、其他设计及设计文件等要求。

本文件适用于公路沥青路面结构性修复工程设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG 5421 公路沥青路面养护设计规范
- JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范
- JTG D20 公路路线设计规范
- JTG/T D33 公路排水设计规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG H30 公路养护安全作业规程
- JTG H40 公路养护工程预算编制导则
- DB 14/T 160 公路改性沥青路面施工技术规范
- DB 14/T 647 公路沥青铺装层层间结合质量技术要求
- DB 14/T 677 公路抗车辙沥青混合料设计与施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

结构性修复

针对沥青路面结构整体或部分发生严重破损或使用功能严重丧失的路段，实施的以修复沥青路面结构病害，恢复路面功能且不低于原有路面结构承载能力为目的的养护工程。

3.2

评价单元

评定沥青路面技术状况的最小路段长度。

3.3

设计单元

将具有相似或相近承载力水平、病害类型及交通量情况的评价单元进行合并，形成满足最小施工长度要求的结构性修复路段。

3.4

典型病害

设计单元内出现频率最高或折合破损面积最大的1~3种路面病害类型。

3.5

大纵坡路段

纵坡大于等于4%或纵坡在2%~4%之间且长度大于等于500 m的上坡路段。

4 符号

下列符号适用于本文件。

$AADTT$ ——2轴6轮及以上车辆的双向年平均日交通量

$ALDF_{mij}$ ——m类车辆中i种轴型在j级轴重区间轴重分布系数

DDF ——方向系数

$EALF_m$ ——m类车辆的当量设计轴载换算系数

$EALF_{ml}$ ——m类车辆中非满载车的当量设计轴载换算系数

$EALF_{mh}$ ——m类车辆中满载车的当量设计轴载换算系数

$EALF_{mij}$ ——m类车辆中i种轴型在j级轴重区间当量轴载换算系数

RDI ——路面车辙深度指数

RQI ——路面行驶质量指数

LDF ——车道系数

N_1 ——设计车道日平均当量轴次

NA_{mi} ——m类车辆中i种轴型的数量

$NAPT_{mi}$ ——m类车辆中i种轴型的平均轴数

ND_{mij} ——m类车辆中i种轴型在j级轴重区间的数量

NT_m ——m类车辆总数

PCI ——路面损坏状况指数

PER_{ml} ——m类车辆中非满载车所占的百分比

PER_{mh} ——m类车辆中满载车所占的百分比

P_{mij} ——m类车辆中i种轴型在j级轴重区间的单轴轴载

P_s ——设计轴载

$PSSI$ ——路面结构强度指数

SRI ——路面抗滑性能指数

$VCDF_m$ ——m类车辆类型分布系数

5 总体要求

5.1 公路沥青路面结构性修复工程应采用两阶段设计，技术简单的可用一阶段设计。

5.2 沥青路面结构性修复设计应符合以下原则：

- a) 充分调查现有路段技术标准、养护信息、交通状况、路面使用状况、水文地质条件、筑路材料，科学分析路面病害形成原因，提出合理的处治设计方案；
- b) 合理利用既有路面结构强度、材料，优先采用路面材料循环利用及节能环保的养护新技术；
- c) 以恢复和提升沥青路面使用性能为主，统筹兼顾路基、防护、排水、交安等工程的病害处治及改造；

d) 路面结构既能满足相关技术规范、交通等级和气候特点的要求，又要满足后期交通增长的要求，同时还应保证长期良好的使用性能。

5.3 公路沥青路面结构性修复设计全过程实行动态设计，设计单位应及时跟踪公路病害发展情况，并根据需求及时调整设计方案。

5.4 应综合考虑交通状况、路面使用性能、养护目标等因素，合理选择公路沥青路面结构性修复设计年限。各级公路沥青路面结构性修复设计年限不应低于表 1 的要求。

表1 公路沥青路面结构性修复设计年限

公路等级	设计年限（年）	公路等级	设计年限（年）
高速公路、一级公路	12	三级公路	8
二级公路	10	四级公路	6

6 交通量调查

6.1 一般规定

6.1.1 交通量调查应获取路段交通发展趋势及有关数据，并进一步统计分析交通荷载参数。

6.1.2 具备实测交通荷载参数条件时应实测，不具备条件时，根据历史交通数据或经验综合确定。

6.1.3 交通量调查优先采用连续式调查方式，以自动化调查站为主、利用监控数据和收费数据为辅的综合调查方法；也可采用间歇式调查方式，以人工观测、车辆自动识别仪、称重仪等设备进行调查。

6.1.4 连续式调查应收集最近 3 年的交通量和交通组成等交通量观测资料；间隙式交通量调查应按附录 A 收集数据，调查时应选择交通量、轴载组成典型代表路段调查，连续观测时间不应少于 24 小时。

6.1.5 除收集固定观测站点的交通量数据，对沿线出入口较多、车流量相差悬殊路段，应在车流量不同路段设置典型断面进行交通量调查。

6.2 交通量分析

6.2.1 应结合原设计文件的初始年交通量及实际交通增长率，计算到拟结构性修复时的累计轴载作用次数，与设计之初确定的路面应能承受的累计轴载作用次数比较，分析路况与实际交通量的关系。

6.2.2 应根据当地经济发展、路网布局等因素，综合确定结构性修复后交通量年增长率。

7 路况调查与评价

7.1 一般规定

7.1.1 结构性修复设计前应充分调查、分段评估拟处治路段公路技术状况，分析病害成因。

7.1.2 路况调查深度应满足设计要求，调查对象除路面外还应统筹兼顾路基、排水及交通安全设施等的使用状况。

7.1.3 高速、一级公路路况调查应以自动采集设备为主，人工为辅；其他等级公路可根据实际情况，采用人工或自动采集设备进行调查。

7.1.4 既有沥青路面技术状况评价，应符合 JTG 5210 的规定。

7.2 调查内容

调查内容包括基础资料、路面技术状况、路基使用状况、排水系统使用状况及其他。其中，基础资料收集主要包括技术标准、养护信息、自然条件、经济参数、筑路材料等。调查内容见表2。

表2 调查内容

序号	调查项目	调查内容
1	基础资料	技术标准
2		养护信息
3		自然条件
4		经济参数
5		筑路材料
6	路基使用状况	地基及路基勘察设计、竣工图、养护资料；历史沉降数据、填料性质、含水率、密度、压实度、强度以及路基的稳定情况等
7	路面技术状况	路面技术状况评定数据；路面钻芯资料、芯样模量及强度、结构层厚度；路面病害类型及规模、各结构层状态、层间结合状态；路面结构承载能力等
8	排水设施使用状况	路表排水状况、结构内部排水状况、地下排水状况；排水设施几何尺寸、病害位置及规模；路面渗水试验等
9	其他	护栏防护等级及形式；交通标志、标线视觉指引性；环境保护与景观设计等

7.3 调查步骤

应按照以下步骤进行调查：

- a) 制定调查计划；
- b) 确定详细调查方案；
- c) 调查实施；
- d) 数据整理；
- e) 补充调查；
- f) 路况评定与分析。

7.4 路面技术状况检测与评价

7.4.1 路况检测

7.4.1.1 路面技术状况应通过自动检测设备连续检测，也可采用历史检测数据，但最近一次检测时间应不超过6个月。

7.4.1.2 应结合路面技术状况评价结果，通过人工现场踏勘，核查病害、细化段落。

7.4.1.3 路面技术状况检测应从路面破损、平整度、车辙、抗滑性能和结构强度5方面进行。各级公路检测指标及频率应符合表3的要求。

表3 路面技术状况检测指标及频率要求

检测指标	高速、一级公路			二级及以下等级公路		
	需求	范围	频率	需求	范围	频率
破损	必需	每车道	连续	必需	每车道	连续
平整度	必需	每车道	连续	必需	每车道	连续
车辙	必需	每车道	连续	可选	每车道或抽检	连续
抗滑性能	必需	每车道	连续	可选	每车道或抽检	连续
结构强度	必需	每车道	连续	必需	每车道	连续

7.4.2 技术状况评价

7.4.2.1 当路面各项指标分布均匀时技术状况评价单元长度应取 500 m，路面技术状况变化较大时应取 200 m。较短的路况突变段和较长的路况均匀段可作为一个单独的评价单元。

7.4.2.2 依据 JTG 5210 计算 PCI、PSSI、RQI、RDI、SRI，按表 4 分为足够、临界、不足三个等级。

表4 沥青路面技术状况评价价值域范围

技术状况 指数	高速、一级公路			二级公路			三、四级公路		
	足够	临界	不足	足够	临界	不足	足够	临界	不足
PCI	>85	75~85	<75	>85	75~85	<75	>80	70~80	<70
PSSI	>85	75~85	<75	>85	75~85	<75	>80	70~80	<70
RQI	>85	75~85	<75	>80	70~80	<70	>75	65~75	<65
RDI	>85	75~85	<75	>80	70~80	<70	>75	65~75	<65
SRI	>90	75~90	<75	>85	70~85	<70	>80	65~80	<65

7.4.2.3 以 PSSI 为主要评价指标，结合 PCI，按表 5 进行“路面结构性损坏”评价。

表5 路面结构性损坏评价标准

PSSI	PCI	评价结果 ^a
不足	—	结构性损坏
临界	不足	结构性损坏

^a 路面结构性损坏现场判定时，应辅以钻芯取样结果进行判定。

7.4.2.4 按照表 6 评价标准，对“路面功能性严重丧失”进行评价。

表6 路面功能性严重丧失评价标准

PSSI	PCI	RQI	RDI	评价结果
足够	不足	—	—	功能性严重丧失 (单项不足)
	—	不足	—	
	—	—	不足	
	足够	临界	临界	功能性严重丧失 (多项临界)
	临界	足够	临界	
	临界	临界	足够	
临界	临界	临界		
临界	足够	临界	—	
	临界	—	—	

7.4.3 病害成因分析

应结合路况检测数据、钻芯情况，同时综合考虑养护历史、交通荷载、气候环境、施工质量等因素分析路面病害成因。

7.5 路面结构层状况调查与评价

7.5.1 路面结构层状况应通过钻芯取样方法或探地雷达等无损检测方法评价。

7.5.2 钻芯取样时钻芯位置、深度及频率的确定，应满足病害发展深度判定、病害成因分析的实际需求。

7.5.3 钻芯取样应详细记录各结构层厚度、材料类型、病害破坏层位、病害发展形态、层间结合状况

等信息。

7.5.4 钻芯位置、频率根据路况、病害类型、病害规模等参照附录 B 综合确定。

7.5.5 应根据结构层状况调查结果，综合分析路面病害成因，评价路面病害发展程度、材料性能衰减情况，评估现有结构和材料可利用程度。

7.6 路基使用状况调查与评价

7.6.1 采用人工踏勘、仪器测量等技术手段，对既有路基沉降、开裂进行调查，确定沉降范围、沉降量、裂缝长度及宽度等信息，准确描述病害情况。

7.6.2 通过养护历史或观测资料，判断路基沉降或开裂等病害是否仍在持续发展，必要时采取钻探等勘察手段对路基或地基土体进行物理、力学性能试验与分析。

7.7 排水设施调查与评价

7.7.1 排水设施调查，应详细调查公路既有边沟、排水沟、拦水带、急流槽、截水沟、涵洞等路表排水设施使用状况，记录病害位置、规模等，各种设施的使用要求应符合 JTG/T D33 的相关规定。

7.7.2 路基及边坡冲刷严重、排水设施损坏严重的路段，应结合损坏状况，详细调查地下水来源、地表水汇水区域、流经等。

7.7.3 在现有排水系统综合评估、分析基础上，详细列出需要增加和修复排水设施的路段和类型，在设计中协同考虑。

7.8 其它设施调查与评价

与路面结构性修复有一定联系或可能受影响的交通工程及沿线设施、防护工程、桥梁伸缩缝、路缘石和路边石等设施，也应进行调查与评价。

8 路面设计

8.1 一般规定

8.1.1 结构性修复设计单元应按照 JTG D50 相关要求开展技术设计，包括结构组合设计、结构厚度验算、方案综合比选等内容。

8.1.2 路面设计阶段应对新铺路面结构的下承层局部病害提出针对性的处治措施。

8.1.3 应加强特殊路段路面结构、路面层间结合、新旧路面衔接、路面端部等关键环节设计。

8.2 设计单元划分

8.2.1 设计单元应由路况相似且空间连续的评价单元合并而成。合并时应考虑路面技术状况、典型病害类型、交通状况、养护历史等。

8.2.2 设计单元长度应满足养护施工最小长度的要求，存在需要特殊处理的路段时，设计单元长度可根据处治路段具体病害状况确定。

8.2.3 评价单元内，若局部弯沉过大，应将弯沉值较大的单点剔除后计算代表弯沉值，根据计算结果进行评价单元合并，但应在旧路病害处治时重点考虑局部补强方案。

8.2.4 相邻评价单元路况差异较大、无法合并时，应按照就重避轻的原则，将病害程度轻的评价单元划入病害重的评价单元中，保证设计单元的最小长度要求。

8.2.5 应编号区分不同设计类型，相似设计单元采用同一类型处治方案进行设计。

8.3 结构组合设计

8.3.1 结构组合设计应根据设计单元的养护类型，结合路面技术状况评价结果、病害成因、养护投资计划、成功的养护经验和典型结构进行。

8.3.2 结构组合方案应结合路面结构承载力评价结果、基层破损状况、病害分布范围、施工难度及经济性等因素确定，包括直接加铺、铣刨重铺、结构重建等修复类型，适用条件应符合表 7 的规定。具体结构组合方式可根据成功经验或参照附录 D 确定。

表7 结构性修复类型适用条件

路况评价结果	标高要求	修复类型
结构性损坏	不受限或影响较小	直接加铺补强；再生补强后加铺
	受限	面层铣刨、基层补强后重铺；结构重建
功能性严重丧失	不受限或影响较小	路面病害处治后直接加铺
	受限	面层铣刨后重铺

8.3.3 路面直接加铺方案分为直接加铺沥青层和直接加铺半刚性基层、沥青面层两种形式，加铺前应对原路面病害彻底处治。对路表开裂严重的路段，应采取必要的防止病害反射的措施，包括增加沥青层厚度、设置骨架空隙型混合料柔性基层、增设应力吸收层等。

8.3.4 直接加铺方案应考虑路面标高变化对上跨桥梁、隧道建筑界限、交安设施、排水设施、桥梁伸缩缝等的影响，从技术、经济、安全等方面综合论证后采用。

8.3.5 基层铣刨（挖除）重铺时，应至少保留底基层作为新铺路面的下承层，避免路基在施工期间因降雨、重载运输导致的承载能力降低和翻浆等病害发生。

8.3.6 基层局部补强可采用浅层注浆、局部挖补回填贫混凝土等方式，大面积补强优先采用就地冷再生技术，也可采用铣刨（挖除）原破损基层重铺的方式。

8.3.7 方案比选应从技术和环境因素、经济因素、交通因素等方面综合分析，推荐合理的结构方案。

- a) 技术和环境因素比选时，应综合考虑路面使用性能、与原路面技术指标的匹配程度、施工难易程度、施工工期、环境保护与资源节约效果、施工技术水平等因素；
- b) 经济因素比选时，应按照 JTG 5421 比选全寿命周期经济分析方法计算的初期养护投资、后期养护费用等；
- c) 交通因素比选时，应综合考虑施工期绕行线路及道路使用者费用、封闭交通时间、交通组织方式等因素，高速、一级公路还应考虑施工期内收费损失。

8.4 当量回弹模量计算

8.4.1 采用直接加铺方式时，应利用各设计单元弯沉检测结果，按照 JTG D50 相关要求计算原路面顶面当量回弹模量。

8.4.2 采用铣刨重铺和结构重建方式时，新铺结构下承层和再生结构下承层顶面当量回弹模量应采用开挖探坑后承载板实测或路面弯沉盆结果反算，并经论证后确定。

8.5 材料设计

8.5.1 按照 JTG D50 相关要求，结合试验成果及当地的经验确定材料设计参数。原材料技术指标、配合比设计、混合料类型及施工工艺应符合 JTG F40、DB 14/T 160、DB 14/T 677、JTG/T 5521 的要求。

8.5.2 高速、一级公路上、中面层应采用改性沥青，重交通、特重交通、气候严酷地区的其他等级公路上面层应使用改性沥青。

8.5.3 旧路材料应循环利用，再生材料设计参数应根据试验结果经论证后确定或按照 JTG D50 推荐同类材料设计参数范围合理取值。

8.6 层间结合设计

- 8.6.1 路面结构层间应按照 JTG D50 相关要求，合理选择设置透层、粘层、封层、应力吸收层。
- 8.6.2 层间材料技术指标、施工工艺及质量控制应符合 JTG F40、DB 14/T 160、DB 14/T 647 的要求。
- 8.6.3 新旧结构层之间的层间结合设计应在上述规范的基础上结合成功经验确定。

8.7 结构厚度设计与验算

对设计路段拟定的路面结构组合均应按照 JTG D50 相关要求，采用专用设计程序计算设计结构层厚度和结构验算。

8.8 验收弯沉值

应根据加铺层或重铺层的结构类型、设计年限内累计当量轴次及公路等级按照 JTG D50 的方法计算路面验收弯沉值。

9 特殊路段路面设计

9.1 一般规定

- 9.1.1 特殊路段包括重交通及以上等级大纵坡路段、连续下坡路段、桥梁、隧道路段等，路面技术状况应在路况调查时一并检测、评价。
- 9.1.2 桥梁、隧道铺装层应优先采用沥青铺装层铣刨后重铺的修复方案，维持标高不变。铺装层沥青混合料类型应结合设计层厚度、相邻路段路面混合料类型综合确定。
- 9.1.3 铺筑新结构层前下承层病害应彻底处治。

9.2 重交通及以上等级大纵坡路段路面设计

- 9.2.1 重载交通及以上等级大纵坡路段路面沥青混合料应按照 DB 14/T 677 进行抗车辙专项设计。
- 9.2.2 沥青路面上、中面层混合料宜掺加高模量剂、抗车辙剂等提高高温稳定性。
- 9.2.3 沥青路面上、中面层混合料应按照 DB 14/T 160 规定的高温技术指标验证高温稳定性。

9.3 连续下坡路段路面设计

- 9.3.1 高速、一级公路连续下坡路段沥青路面应进行沥青面层层间粘结、表面层混合料抗滑性能专项设计。
- 9.3.2 沥青路面层间宜设置土工织物高粘粘结层、橡胶沥青碎石粘结层、高粘改性乳化沥青粘结层等提高层间粘结能力。
- 9.3.3 表面层沥青混合料粗集料应采用玄武岩、辉绿岩、安山岩等抗滑石料，石料磨光值宜在 DB 14/T 160 规定的基础上提高 1%~2%，有条件时可采用陈化钢渣、铝矾土熟料等高耐磨性集料。

9.4 平面交叉口路面设计

重交通及以上交通等级公路平面交叉口范围及进口道不小于 100 m 路段的沥青路面应进行路面结构、材料等抗车辙专项设计。

9.5 桥面铺装设计

- 9.5.1 当铺装层 PCI 或 RDI 为不足时，应结合桥面坑槽、推移、唧浆、修补等病害确定铣刨重铺的厚度。

9.5.2 铣刨沥青铺装层后，应详细调查桥面水泥混凝土铺装使用状况，病害严重时应凿除后采用钢纤维钢筋混凝土重新浇筑。混凝土铺装层处治后应进行拉毛、铣刨、抛丸等处理，并设置防水粘结层。

9.5.3 重铺结构应至少有一层密级配沥青混合料，大桥、特大桥沥青铺装层应进行材料专项设计。

9.5.4 桥面沥青铺装层全部铣刨重铺时，应按照新建工程设计防水粘结层。

9.5.5 多次维修短期内仍出现严重病害的桥面铺装层，应进行铺装结构专项设计，必要时可适当增加水泥混凝土铺装层厚度。

9.6 隧道铺装设计

9.6.1 隧道路面采用沥青-水泥混凝土复合式路面结构时，当 PCI 为不足，应综合 PCI 和病害发展程度采用以下方案：

- a) 病害主要发生在沥青结构层时，采用铣刨沥青铺装层、彻底处治下承层水泥混凝土病害后加铺沥青混凝土至原设计标高的方案；
- b) 病害发展至水泥混凝土路面时，采用沥青层、水泥混凝土层全部翻修方案。

9.6.2 隧道路面采用水泥混凝土路面结构时，应综合 PCI、RDI、SRI 和病害发展深度采用以下方案：

- a) 当 RQI 或 SRI 为不足时，采用表面凿毛或拉毛后加铺超薄磨耗层的方案；
- b) 当 PCI 为不足时，采用彻底翻修重建方案。路面结构恢复水泥混凝土路面或采用复合式路面方案。

10 路基病害处治设计

10.1 沥青路面结构性修复设计应充分、合理利用既有路基强度，根据既有路基使用状况和病害类型确定病害处治方案。

10.2 应根据路基病害调查的结果，分析造成路基沉陷、路基开裂等病害的原因，特别应关注高填方路基沉陷、桥头过渡段不均匀沉降等缺陷，以经济、合理、环保、安全为基本原则，提出经济、可行的路基病害处治方案。

10.3 应采取完善防排水设施、增设支挡构造物等措施，防治路基开裂和边坡（基底）失稳。

10.4 对分布在黄土区、采空区、风化岩区等特殊路段的路基病害，应重点分析路基病害特点，提出具有针对性的加固措施。

10.5 应对路基防护、支挡工程进行修复和完善设计。

11 排水设计

11.1 一般规定

11.1.1 路面结构性修复工程应按照防、排、截相结合的原则进行排水设计，合理选择排水方案，布置排水设施，形成完整畅通的排水体系，并做到与环境保护和景观设计等相协调。

11.1.2 应按照 JTG/T D33 的要求，综合考虑路界地表排水和路面内部排水对路面的影响，恢复、完善、优化现有边沟、排水沟、拦水带、急流槽、截水沟等排水设施，并与原排水系统有效衔接。

11.2 路表排水

11.2.1 路面结构性修复工程应充分利用原有排水设施，并做好新旧设施的衔接。

11.2.2 应在设计阶段恢复路面横坡度，以恢复、增加路表排水能力。

11.2.3 当路面加铺时，应采用不低于原设计强度的浆砌片石或混凝土将边沟内侧侧墙加高。

11.2.4 平面交叉或城镇路段边沟应设置盖板，盖板的强度和配筋率应通过计算确定。

11.2.5 设置中分带的公路，应在互通三角区、凹曲线低点、合成坡度小于 1.0%的超高渐变段等路表排水困难路段中分带增设纵向排水沟，将路面积水收集于集水井，通过路基内部横向排水管排至路基外。

11.3 内部排水

11.3.1 应根据路段所在地区的地貌、水文等条件，在路面结构性修复时对路面内部排水系统进行调整和完善。

11.3.2 路面内部排水设施尺寸、设置方法、排水层材料参数要求等应通过水文和水力计算确定。

12 交通组织设计

12.1 综合考虑公路周边路网分布情况和分流能力、交通量大小、施工工艺、工期等因素，多方案比选、综合确定交通组织方式，可选取全封闭、半幅封闭半幅单向通车或半幅封闭半幅双向通车的交通组织形式，当采取后两种方式时，应按照 JTG H30 要求布置作业控制区。

12.2 根据公路施工特点，在不同施工阶段、不同施工路段灵活组合交通组织形式。

12.3 在满足施工要求，利于大规模施工作业的基础上，充分考虑过往车辆通行的顺畅，结合中央分隔带开口、互通式立交或平面交叉具体位置，灵活设置施工作业路段。

13 其他设计

13.1 路线设计

13.1.1 路线平、纵、横指标维持原设计相关要求，对不满足段落应按照相关设计规范进行恢复，若恢复难以实现时，须增设相关交通安全设施。

13.1.2 不同路面结构方案之间、路基与桥隧路面之间的衔接过渡，以及上跨桥梁净空不足路段下挖后的顺势过渡，应按照 JTG D20 要求进行纵断面设计。

13.1.3 纵断面线形设计，应结合沿线地物、环境具体情况，充分考虑路面、桥涵、排水等分项工程设计方案，使纵断面线形满足最小加铺层厚度、上跨桥净空高度要求。

13.1.4 考虑纵断面线形的安全性，不同路面结构之间的衔接过渡方式和过渡长度应符合 JTG D20 的规定，相邻路面加铺高差的衔接过渡长度按新增纵坡不大于 0.1%~0.2%控制，且应符合表 8 的规定。

表8 相邻路面加铺高差的衔接过渡长度

加铺高差 ^a cm	设计时速 km/h						
	120	100	80	60	40	30	20
50	300	250	200	150	100	50	30
40	200	150	150	100	50	30	20
30	150	100	100	50	30	20	15
20	100	50	50	30	20	15	10
10	50	30	20	20	15	10	5
5	30	20	10	10	10	5	5

^a 当相邻路面结构加铺高差小于 5 cm 时，按 5 cm 考虑衔接过渡长度；当加铺高差大于 50 cm 时，应进行纵断面设计；当加铺高差无法从表中查得时，可通过内插法获得过渡段长度。

13.2 交通工程与沿线设施

以恢复和完善交通安全设施为主要设计内容，对因加铺后不满足规范要求的交通安全设施应全部重设。

13.3 环境保护与景观设计

原路中央分隔带、路侧、平面交叉处存在影响交通安全的绿化工程，应在路面结构性修复时进行完善和优化设计。

13.4 公路其他设施维修设计

13.4.1 当路面标高不增加时，更换破损路缘石和路边石，并调整线形顺适；当路面抬高后，应重置或更换路缘（边）石。更换路缘（边）石时应提高其抗腐蚀性能。

13.4.2 伸缩缝胶条、型钢和混凝土，根据调查结果结合路面、桥面结构方案进行翻修或更换。

14 设计文件

应根据施工图设计成果编制结构性修复工程施工图设计文件，设计文件的组成及内容应符合JTG 5421的相关要求，施工图设计预算的编制应符合JTG H40的相关要求。

附录 A
(规范性)
交通量调查

A.1 适用范围

本方法适用于公路沥青路面结构性修复设计间隙式交通量观测。

A.2 仪器与材料

主要仪器与材料包括：

- a) 摄像机 2 台；
- b) 三脚架：2 套；
- c) 备用电池：6 块（一昼夜），若观测时间长可按比例准备。

A.3 方法与步骤

A.3.1 选点

选点步骤如下：

- a) 观测点应设在调查区间范围能代表所在路段交通量的地点，当需要对特定地点，如交叉口、重要桥梁、渡口及隧道出入口等进行交通量观测时，也应设置观测点；
- b) 观测点应视线开阔，保证摄像机能清晰拍摄到全幅路段车辆通行情况。

A.3.2 架设摄像机

选定摄像机架设位置，放置三脚架，架设摄像机；两台摄像机均应确保影像效果满足判断车型的要求。

A.3.3 交通量观测

A.3.3.1 检查摄像机电量是否充足，同时开启摄像机；每个观测断面配 2~3 人，负责保证摄像机不间断拍摄。

A.3.3.2 为减少观测资料的偶然性，观测日应避开法定节假日。

A.3.3.3 连续观测时间不应少于 24 小时。

A.3.4 交通量统计分析








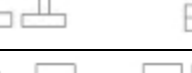



打开录像资料进行交通量统计与分析，应包括以下内容：

- a) 统计每小时不同车辆类型通过量，卡车类型分布系数，轴型及编号、车辆类型按表 A.1、A.2 确定；
- b) 统计不同方向上卡车数量，确定方向系数；
- c) 统计设计方向不同车道上卡车的数量，确定车道系数。

表A.1 轴型及编号

编号	轴载类型	编号	轴载说明
1	单轴（每侧单轮胎）	5	双联轴（每侧双轮胎）
2	单轴（每侧双轮胎）	6	三联轴（每侧单轮胎）
3	双联轴（每侧单轮胎）	7	三联轴（每侧双轮胎）
4	双联轴（每侧各一单轮胎、双轮胎）	—	—

表A.2 车辆类型分类

车型编号	车型说明	主要车型及图示		其他车型
1类	2轴4轮车辆	11型车		—
2类	2轴6轮及以上客车	12型客车		15型客车
3类	2轴6轮整体式货车	12型货车		—
4类	3轴整体式货车 （非双前轴）	15型		—
5类	4轴及以上整体式货车（非双前轴）	17型		—
6类	双前轴整体式货车	112型 115型		117型
7类	4轴及以下半挂车 （非双前轴）	125型		122型
8类	5轴半挂车 （非双前轴）	127型 155型		—
9类	6轴及以上半挂车 （非双前轴）	157型		—
10类	双前轴半挂式货车	1127型		1122型 1125型 1155型 1157型
11类	全挂车	1522型 1222型		—

A.3.5 轴重数据收集及分析

A.3.5.1 若观测点断面附近有自动称重系统，应收集自动称重系统轴重数据、获得卡车轴型组成，计算轴载谱，确定当量轴载换算系数；

A.3.5.2 若观测点附近无自动称重系统，应通过收集治超站调查数据、临近道路已有轴载谱数据或采用便携式称重仪实测等方式获得轴载数据，确定当量轴载换算系数。

A.3.6 相关资料收集

在观测交通量数据的同时，应同时收集各断面所在公路的以下信息：公路名称、收费站名称、公路等级、公路功能特性、车道数、收费政策及其历史变化情况、历史上由于养护维修或其他原因造成的交通中断、交通流组成特性及荷载特性的改变情况。

A.3.7 交通量分析

A.3.7.1 交通量分析主要基于交通量调查结果，计算各类型车辆当量设计轴载换算系数 $EALF_m$ ，进一步分析结构性修复设计使用年限内设计车道上的当量设计轴载累计作用次数 N_e 。

A.3.7.2 高速、一级公路应通过测试、计算，求取各类型车辆当量设计轴载换算系数。测试、计算应按以下步骤：

- a) 分别统计 2 类~11 类车辆单轴单胎、单轴双胎、双联轴和三联轴的数量，除以各类车辆总量，按公式 (A.1) 计算各类车辆中不同轴型平均轴数。

$$NAPT_{mi} = \frac{NA_{mi}}{NT_m} \dots\dots\dots (A.1)$$

- b) 按公式 (A.2) 计算 2 类~11 类车辆不同轴型在不同轴重区间所占的百分比，得到不同轴型的轴重分布系数，即轴载谱。确定轴载谱时，单轴单胎、单轴双胎、双联轴和三联轴应分别间隔 2.5 kN、4.5 kN、9.0 kN 和 13.5 kN 划分轴重区间。

$$ALDF_{mij} = \frac{ND_{mij}}{NA_{mi}} \dots\dots\dots (A.2)$$

- c) m 类车辆中 i 种轴型在 j 级轴重区间当量设计轴载换算系数按公式 (A.3) 计算：

$$EALF_{mij} = c_1 c_2 \left(\frac{P_{mij}}{P_s} \right)^b \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

b——换算指数，分析沥青混合料层疲劳和沥青混合料层永久变形时，b=4；分析路基永久变形时，b=5；分析无机结合料稳定层疲劳时，b=13。

c₁——轴组系数，前后轴间距大于3 m时，分别按单个轴计算，轴间距小于3 m时，按表A.3取值。

c₂——轮组系数，双轮组为1.0，单轮时取4.5。

表A.3 轴组系数取值

设计指标	轮-轴型	c ₁ 取值
沥青混合料层层底拉应变 沥青混合料层永久变形量	双联轴	2.1
	三联轴	3.2
路基顶面竖向压应变	双联轴	4.2

表A.3 轴组系数取值(续)

设计指标	轮-轴型	c_i 取值
路基顶面竖向压应变	三联轴	8.7
无机结合料稳定层层底拉应力	双联轴	2.6
	三联轴	3.8

d) 按公式(A.4)计算各类型车辆当量设计轴载换算系数。

$$EALF_m = \sum_i (NAPT_{mi} \sum_j (EALF_{mij} \times ALDF_{mij})) \dots \dots \dots (A.4)$$

A.3.7.3 测试条件不具备时,各类型车辆当量设计轴载换算系数可采用半经验法计算确定,按公式(A.5)确定各类车辆的当量设计轴载换算系数。公式(A.5)中非满载车和满载车的比例和当量设计轴载换算系数,可取当地经验值也可按表A.4和表A.5所列经验值选取。

$$EALF_m = EALF_{ml} \times PER_{ml} + EALF_{m\bar{l}} \times PER_{m\bar{l}} \dots \dots \dots (A.5)$$

表A.4 2类~11类车辆非满载车与满载车比例

车型	非满载比例	满载比例
2类	0.80~0.90	0.10~0.20
3类	0.85~0.95	0.05~0.15
4类	0.60~0.70	0.30~0.40
5类	0.70~0.80	0.20~0.30
6类	0.50~0.60	0.40~0.50
7类	0.65~0.75	0.25~0.35
8类	0.40~0.50	0.50~0.60
9类	0.55~0.65	0.35~0.45
10类	0.50~0.60	0.40~0.50
11类	0.60~0.70	0.30~0.40

表A.5 2类~11类车辆当量设计轴载换算系数

车型	沥青混合料层层底拉应变 沥青混合料层永久变形量		无机结合料稳定层 层底拉应力		路基顶面竖向压应变	
	非满载车	满载车	非满载车	满载车	非满载车	满载车
2类	0.8	2.8	0.5	35.5	0.6	2.9
3类	0.4	4.1	1.3	314.2	0.4	5.6
4类	0.7	4.2	0.3	137.6	0.9	8.8
5类	0.6	6.3	0.6	72.9	0.7	12.4
6类	1.3	7.9	10.2	1505.7	1.6	17.1
7类	1.4	6.0	7.8	553.0	1.9	11.7
8类	1.4	6.7	16.4	713.5	1.8	12.5
9类	1.5	5.1	0.7	204.3	2.8	12.5
10类	2.4	7.0	37.8	426.8	3.7	13.3
11类	1.5	12.1	2.5	985.4	1.6	20.8

A.3.7.4 按公式(A.6)结构性修复设计初始年设计车道日平均当量轴次:

$$N_1 = AADTT \times DDF \times LDF \times \sum_{m=2}^{11} (VCDF_m \times EALF_m) \dots\dots\dots (A. 6)$$

A. 3. 7. 5 应根据结构性修复设计初始年设计车道日平均当量轴次、预期使用年限 t 等参数,按公式(A. 7)计算设计车道上的当量设计轴载累计作用次数:

$$N_e = \frac{[(1+\gamma)^t - 1] \times 365}{\gamma} N_1 \dots\dots\dots (A. 7)$$

式中:

N_e ——设计使用年限内设计车道上的当量轴载累计作用次数;

t ——结构性修复设计使用年限,单位为年;

γ ——使用年限内交通量的年平均增长率。

附录 B
(资料性)
钻芯取样调查

- B.1 钻芯取样调查记录内容包括芯样反映的路面结构层厚度、基层成型情况、病害破坏层位及发展形态、层间结合状况、结构层材料类型等信息。
- B.2 根据路面损坏状况和病害类型确定钻芯取样位置：
- B.2.1 车辙病害路段在同一断面车辙最深处、隆起处及路肩处分别取芯，并记录芯样各结构层厚度，比较同一断面不同位置处路面结构层厚度的差异。
- B.2.2 横向裂缝路段区分贯穿全幅的裂缝、非贯穿裂缝2类分别钻芯，确定裂缝发展形态及基层结构破坏程度。
- B.2.3 纵向裂缝路段区分荷载型轮迹带疲劳裂缝、结构型纵向裂缝分别取芯，判定裂缝发展方向、发展层位及各结构层破坏程度。同时，在纵向裂缝附近路面完好处取芯，观察其下部基层结构完整性。
- B.2.4 龟裂病害路段在破坏位置及附近路面完好位置分别取芯，确定裂缝发展层位及下部基层结构完整性，并对两个取样位置路面结构差异性比较分析。
- B.2.5 对路面弯沉值较大的点位，通过钻芯取样确定各结构层强度状况及结构完整性。
- B.3 钻芯机宜配有足够长的钻头，保证能够全结构层厚度进行取样。
- B.4 钻芯数量及频率可根据路况、病害规模综合确定，高速公路、一级公路不宜低于 6 个芯样/（公里·车道），二级及以下公路不宜低于 4 个芯样/（公里·车道）。根据典型病害特征可明确病害发展深度或有相似路段历史钻芯取样数据的可适当降低钻芯频率。
- B.5 对每个芯样进行相关信息的收集和描述，并记录在表 B.1 中保存。
- B.6 对需要进行材料性能试验的结构层，宜通过芯样计算所需的数量或者采用切割取样进行试验。

表B.1 路面钻芯取样记录表

桩号	位置	病害类型	路况指标	结构层厚度 (cm)			芯样描述
				结构层	设计	实际	
				面层			
				基层			
				底基层			
				面层			
				基层			
				底基层			
				面层			
				基层			
				底基层			
				面层			
				基层			
				底基层			

附录 D
(资料性)
路面病害成因分析

路面病害成因分析应依据病害类型、病害发生层位等参照表D.1确定。

表D.1 路面病害成因分析表

序号	病害原因类型	典型病害特征	病害位置调查结果	成因分析
1	路基结构不稳定	变形、沉陷； 纵向裂缝； 错台； 唧浆等	a) 路表破坏严重，纵向裂缝较长； b) 路基土含水率大，土质不均匀； c) 路基土强度不足。	a) 温度应力导致路基拼接开裂； b) 路基土质不良导致不均匀沉降； c) 软土地基结构承载能力不足。
2	基层结构破坏	龟裂、块裂； 横向裂缝； 纵向裂缝； 严重车辙； 唧浆等	a) 病害发展至基层； b) 基层松散破坏； c) 路面结构强度不足； d) 基层材料无侧限抗压强度偏低； e) 裂缝发展形态为下宽上窄。	a) 基层结构疲劳破坏； b) 温度应力导致基层开裂； c) 水分渗入基层产生水损害。
3	面层结构破坏	龟裂、块裂； 横向裂缝； 纵向裂缝； 车辙； 推移； 坑槽等	a) 基层结构完整； b) 沥青面层整体开裂； c) 结构层厚度及空隙率变化较大； d) 面层与基层脱离； e) 面层沥青混合料劈裂强度偏低； f) 裂缝发展形态为上宽下细； g) 渗水系数偏大。	a) 沥青面层温度应力裂缝； b) 沥青面层疲劳裂缝； c) 沥青面层抗剪强度不足； d) 层间粘结不良； e) 沥青面层材料压密或流动变形； f) 水损害。
4	表面层性能衰减	抗滑不良； 泛油； 松散； 轻微车辙； 细微裂缝等	a) 构造深度不足； b) 石料磨光值不足； c) 表面层混合料空隙率变小。	a) 表面层材料压密变形； b) 表面层石料磨光； c) 表面层沥青粘附性下降； d) 表面层沥青老化变质。

附录 E
(资料性)

沥青路面结构性修复设计典型结构组合

路面结构组合方式可按照表E. 1、表E. 2拟定。

表E. 1 高速公路、一级公路沥青路面结构性修复设计典型结构组合方案

修复类型	下承层处治	新铺结构厚度	路面结构组合形式
直接加铺	彻底处治病害	4 cm~33 cm	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20或8 cmAC-25 /ATB-25
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
			8 cm-15 cmATB-25 (30) /LSAM-25 (30)
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20或8 cmAC-25 /ATB-25 18 cm-20 cm半刚性基层
路面铣刨重铺或路面铣刨重铺基层补强	面层部分或全部铣刨后，彻底处治病害或就地冷再生下承层	4 cm~26 cm 或恢复铣刨结构	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20或8 cmAC-25 /ATB-25
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
			8 cm-15 cmATB-25 (30) /LSAM-25 (30)
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
			18 cm-20 cm或36 cm-40 cm半刚性基层
	面层、基层铣刨后，彻底处治病害	28 cm~63 cm 或恢复铣刨结构	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
			6 cmAC-20或8 cm-12cmATB-25 (30) /LSAM-25 (30)
			18 cm-20 cm或36 cm-40 cm半刚性基层
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
			8 cm-15 cmATB-25 (30) /LSAM-25 (30)
原面层直接就地冷再生 15 cm-20 cm	10 cm~43 cm	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20或8 cmAC-25 /ATB-25	
		4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6cmAC-20	
		8 cm-15 cmATB-25 (30) /LSAM-25 (30)	
		4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20	
		6 cmAC-20或8 cm-12cmATB-25 (30) /LSAM-25 (30)	
		18 cm-20 cm半刚性基层	

表E.2 二级及二级以下公路沥青路面结构性修复设计典型结构组合方案

修复类型	下承层处治	新铺结构厚度	路面结构组合形式
直接加铺	彻底处治病害	4 cm~51 cm	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20 18 cm-20 cm半刚性基层或36 cm-40 cm半刚性基层
路面铣刨重铺或路面铣刨重铺基层补强	面层部分或全部铣刨后, 彻底处治病害或就地冷再生	4 cm~11 cm 或恢复原路面结构	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
	面层、基层铣刨后彻底处治病害	22 cm~51 cm 或恢复原路面结构	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 18 cm-20 cm或36 cm-40 cm半刚性基层
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20 18 cm-20cm或36 cm-40 cm半刚性基层
	原面层直接就地冷再生 15cm~20cm	4 cm~31 cm	4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16
			4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20
4 cmAC-13 /SMA-13或5 cmAC-16 /SMA-16 6 cmAC-20 18 cm-20 cm半刚性基层			