



T/CECS G XXXX: 2020

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路养护决策技术规程

Technical Protocol of Maintenance Decision for Highway

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设协会标准

公路养护决策技术规程

Technical Protocol of Maintenance Decision for Highway

T/CECS G: DXX-XX-2020

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2020 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2017 年第二批工程建设协会标准制订、修计划>的通知》（建标协字〔2017〕031 号）要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司主持《公路养护决策技术规程》的编制工作。

公路作为重要的基础性设施，如何使用、保护这一重要资产，是摆在公路管理者和养护者面前的重大难题。依据合理有效的公路养护决策可统筹安排养护工作，实现养护效益的最大化，提高公路的养护质量及管理水。本标准编制过程中，编写组全面总结了我国公路养护决策技术相关科研成果，充分吸收了国外公路养护决策技术的最新成果，并进行了广泛调研，同时征求了设计、施工、建设、管理等有关单位和个人的意见，经反复讨论，完成本标准的编制。

本标准共分七章，主要章节包括：总则、术语和符号、公路养护基础数据、公路养护需求、路网级公路养护决策、项目级公路养护决策、养护决策文件编制。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本标准日常管理组，联系人：曹海波（地址：西安市高新技术产业开发区科技二路 63 号，邮编：710075；电话：029-88853000，传真：029-84503393；电子邮箱：93543596@qq.com），以便修订时研用。

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参编单位：中交瑞通路桥养护科技有限公司

河南省交通规划设计研究院股份有限公司

河北锐驰交通工程咨询有限公司

福建省高速技术咨询有限公司

山西喜跃发道路建设养护有限公司

河南高远公路养护技术有限公司

贵州高速公路集团有限公司营运管理中心

中交二公局第六工程有限公司

山西省交通规划勘察设计院

主 编：陈团结

参编人员：郝孟辉、王子鹏、何澄平、刘跃、刘廷国、范建波、黄维科、赵俊刚、曹海波、雷宇、柯文豪、闫亚鹏、杨梦柔、张涛、王争军、赵明、王晓路

主 审：王松根

参审人员：钱振东、伍石生、裴建中、徐希娟、朱洪洲、房建宏

征求意见稿

目 录

前言.....	0
目 录.....	1
1 总则.....	3
2 术语和符号.....	4
2.1 术语.....	4
3 公路养护基础数据.....	6
4 公路养护需求.....	8
4.1 一般规定.....	8
4.2 路网级公路养护需求.....	8
4.3 项目级公路养护需求.....	9
5 路网级公路养护决策.....	10
5.1 一般规定.....	10
5.2 养护决策指标及标准.....	10
5.3 公路使用状况分析.....	11
5.4 公路使用性能预测.....	12
5.5 养护策略选择.....	12
6 项目级公路养护决策.....	14
6.1 一般规定.....	14
6.2 养护决策指标及标准.....	15
6.3 公路使用状况分析.....	15
6.4 公路使用性能预测.....	16
6.5 养护策略选择.....	17
7 养护决策文件编制.....	18
7.1 一般规定.....	18
7.2 路网级公路养护决策文件.....	18
7.3 项目级公路养护决策文件.....	18
附录 A 公路养护基础数据.....	19

附录 B 公路路面养护对策集.....	20
附录 C 基于模糊聚类的决策单元划分方法.....	21
附录 D 养护方案及费用确定方法.....	25
本规程用词用语说明.....	27

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为适应公路养护行业发展需求，提高公路养护决策水平，规范养护决策流程，促进养护管理科学高效，制定本规程。

条文说明：

当前，我国公路养护还远未形成完整、有效的技术支撑体系，若干重大技术问题亟待解决。在公路养护决策领域，我国现阶段缺少专门针对公路养护决策的实用技术和相关规范，为适应公路养护行业发展需求，提高公路养护决策水平，规范养护决策流程，促进养护管理科学高效，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路的中、长期养护规划和年度养护计划的编制，新建公路的全寿命周期分析及城市道路养护决策可参照执行。

1.0.3 公路养护决策应以决策流程和制度为准则，以路况数据为依据，以养护目标和养护需求为引导，以提高养护资金使用效益为目的。

1.0.4 公路养护决策技术应符合环保、安全和资源节约的相关要求。

1.0.5 公路养护决策技术要求除应符合本规程的规定外，还应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 养护目标 maintenance objectives

公路养护规划期内和期末技术状况的期望值。

2.1.2 养护需求 maintenance requirements

基于当前公路技术状况、养护资金以及养护政策等因素，为实现养护目标而要满足的公路养护的技术及资金需要

2.1.3 养护决策 maintenance decision-making

围绕养护目标，通过养护需求分析和决策优化，制定未来年度养护方案及资金预算，为制定公路养护规划、年度计划和养护工程方案提供依据。

2.1.4 长期养护决策 long-term maintenance decision -making

分析期为 7 年及以上的养护决策。

2.1.5 中期养护决策 medium-term maintenance decision -making

分析期为 4-6 年的养护决策。

2.1.6 短期养护决策 short-term maintenance decision -making

分析期为 1-3 年的养护决策。

2.1.7 路网级养护决策 network-level maintenance decision

对区域内多条公路或公路不同路段的养护顺序、养护措施及养护资金分配进行决策的过程。

2.1.8 项目级养护决策 project-level maintenance decision

对实施养护的具体公路或路段的养护措施、养护时机及养护资金安排进行决策的过程。

2.1.9 养护基础数据 maintenance base data

公路养护过程中涉及的交通量信息、公路建设基础信息、公路养护历史信息、公路历年评价信息和公路现状调查信息。

2.1.10 养护决策单元 maintenance decision unit

根据公路路段划分和排序结果确定的同一类型公路养护决策基本类别，一般为同一类型公路段落群体。

2.1.11 养护规划 maintenance planning

公路养护规划期内和期末的养护目标、管养方案及养护费用估算。

2.1.12 年度计划 annual planning

年度养护目标、养护工程及所需的养护费用预算。

3 公路养护基础数据

3.0.1 公路养护基础数据收集应采用实地调研和资料查询的方法进行，必要时应进行补充检测。

条文说明：由于公路养护涉及到的基础数据量较大，采用单一的收集方式很难全面掌握相关信息，因此建议基础数据收集应采用实地调研和资料查询的方法收集项目历年使用状况资料、历年检测资料、交通量资料、养护历史以及历年养护费用等资料，一般由公路管理单位提供，若数据不全，必要时应进行补充调查和检测。

3.0.2 公路养护基础数据应包括公路建设基础数据、交通数据、公路养护历史数据、公路使用技术状况数据及等内容，如表 3.0.2 所示。

表 3.0.2 公路养护基础数据

序号	数据类别	具体内容
1	建设基础数据	项目位置、公路技术标准、自然条件以及公路工程各专业建设基础数据等
2	交通数据	历年交通量、交通组成数据、轴载谱等
3	养护历史数据	历年检测信息、养护路段、养护内容、养护措施、养护施工质量控制信息等
4	技术状况数据	路面、路基、桥涵、隧道及沿线设施技术状况数据
5	其他数据	经济参数、筑路材料信息等

3.0.3 交通量应至少包括最近 3 年的统计数据并应根据决策周期对交通量增长进行预测，宜对轴载谱进行调查。

3.0.4 公路技术路况数据可采用检测时间不超过 12 个月的公路技术状况检测数据。

条文说明：公路技术路况数据是养护需求分析及养护规划、计划编制的基础，现行《公路技术状况评定标准》（JTG H20）中规定了公路各专业技术状况指标的检测频率，考虑公路养护决策对公路技术状况数据的要求及检测结果的时效性，若公路在一年内进行了相关的技术状况检测，检测数据可直接采用。对于国省干线公路，其路面、桥涵及隧道技术状况数据来源主要为省级公路管理机构组织开展的年度技术状况专项检测报告，路基及沿线设施技术状况数据来源主要为

县级及以上公路养管单位或经营性收费公路业主单位组织开展的年度技术状况专项检测报告。农村公路技术状况数据来源可根据项目实际情况适当降低数据提供单位的层级要求。

3.0.5 路网级养护决策应重点收集路网内各公路的技术标准、历年交通量、公路技术状况指数等基础数据，其他养护基础数据可根据项目需要进行收集。

3.0.6 项目级养护决策应对公路养护基础数据进行全面收集，特殊路段可进行专项检测。

4 公路养护需求

4.1 一般规定

4.1.1 养护需求应结合公路技术状况、交通需求、改建计划、是否重点整治公路以及历年养护维修等信息进行综合确定。

条文说明：养护需求多建立在检测数据基础上，而对于一些无法进行量化的信息，如公路沿线交通需求、改建计划、是否景观公路、是否属于重点整治公路、往年养护维修措施等信息，则无法予以考虑，因此，在进行养护需求分析时需要对多方面因素进行综合考虑。

4.1.2 各类型公路养护决策周期宜采用表 4.1.2 中的要求。

表 4.1.2 养护决策周期建议表

决策类型	长期决策	中期决策	短期决策
决策周期（年）	≥ 7	4-6	1-3

4.2 路网级公路养护需求

4.2.1 路网级公路养护需求应按照路网内各公路项目等级、公路技术状况指数、养护资金来源以及养护政策等因素综合开展分析。

4.2.2 路网级养护需求包含路网内公路使用性能最优、路网内公路养护资金使用效率最高以及路网内公路使用性能和道路养护资金使用效率综合最优等三种情况。

条文说明：路网内公路使用性能最优的需求适用于路网公路养护资金不受限时，可结合各公路技术状况数据适度提高公路养护标准，使养护工作实施后路网内所有公路的技术状况水平维持在最佳状态，进行公路养护长期决策时宜优先采用；路网内公路养护资金使用效率最高的需求适用于路网公路养护资金受限时，为尽量压缩公路养护资金数量，通过调配养护资源，将路网内所有公路的技术状况水平维持在可接受的最低养护标准以上，进行公路养护短期决策时宜优先采用；路网内公路使用性能和道路养护资金使用效率综合最优的需求适用于路网内所有公路技术状况水平维持在既定养护目标，通过养护策略分析，使养护资金使用效率最高，即综合考虑技术指标和经济指标的最佳需求状况，进行公路养护中

期决策时宜优先采用。

4.2.3 路网级养护决策宜进行中期决策和长期决策。

4.2.4 路网级公路养护宜结合公路技术状况及养护需求实施“预防性养护为主、修复性养护为辅”的养护策略。

4.3 项目级公路养护需求

4.3.1 项目级公路养护需求应按照路基、路面、桥涵、隧道、沿线设施等专业开展分析。

条文说明：项目级公路养护需求分析解决具体项目各专业的养护要求，各专业养护需求主要根据技术状况数据、充分利用公路管理系统工具、参考不同专业养护工程的项目库信息，结合典型病害类型、养护资金来源以及养护政策等因素开展分析。

4.3.2 路基养护需求分析应路基结构和技术状况、病害类型、养护资金及养护政策等因素综合确定。

4.3.3 路面养护需求分析应根据路面类型、结构、技术状况、病害类型、养护资金及养护政策等因素综合确定。

4.3.4 桥涵养护需求分析应根据桥涵结构、技术状况、病害类型、养护资金及养护政策等因素综合确定。

4.3.5 隧道养护需求分析应根据隧道结构、技术状况、病害类型、养护资金及养护政策等因素综合确定。

4.3.6 隧道养护需求分析应根据沿线设施类型、技术状况、病害类型、养护资金及养护政策等因素综合确定。

4.3.7 项目级养护决策宜进行中期决策和长期决策，当公路技术状况急速衰减、公路安全不满足要求和受到其他制约因素时应进行短期决策。

4.3.8 项目级公路养护应结合公路技术状况及养护需求实施“日常养护+预防性养护+修复性养护”三位一体的养护策略。

5 路网级公路养护决策

5.1 一般规定

5.1.1 路网级公路养护决策应根据公路养护决策周期及养护需求确定养护决策目标。

5.1.2 路网级公路养护决策流程如图 5.1.2 所示。

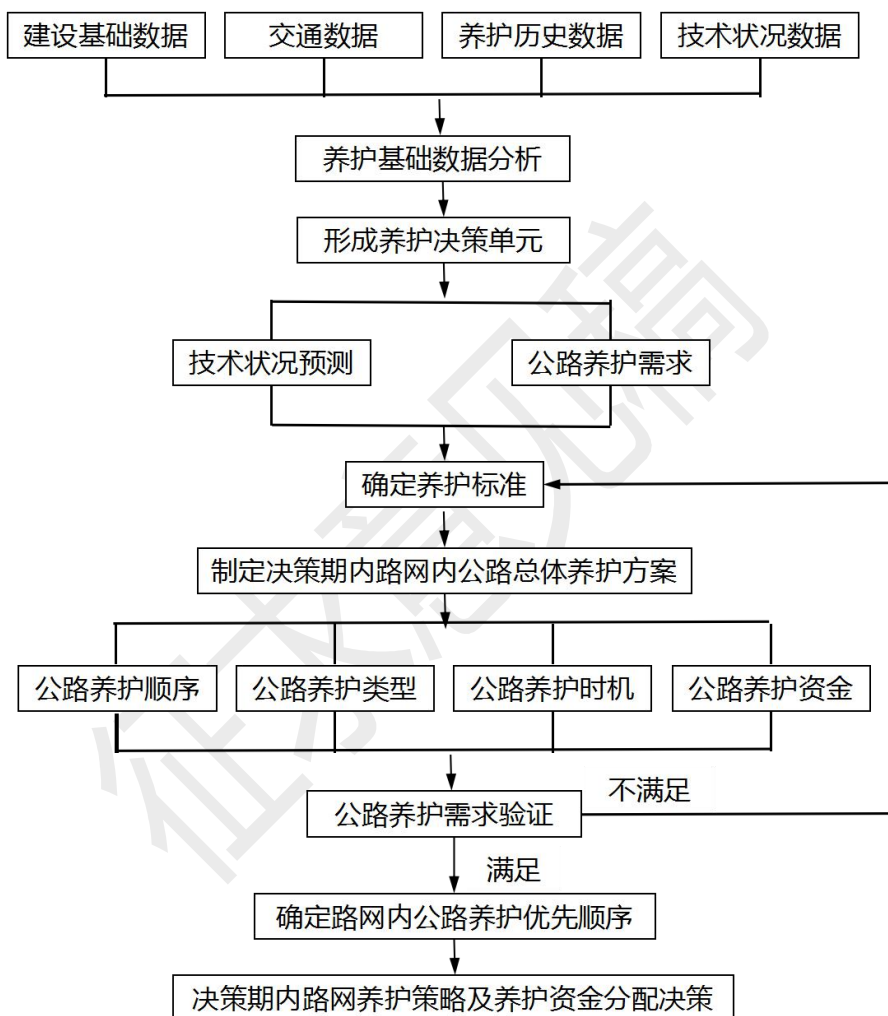


图 5.1.2 路网级公路养护决策流程

5.2 养护决策指标及标准

5.2.1 路网级公路养护决策指标应采用 MQI 指标。

5.2.2 路网级公路养护标准应结合公路的建养历史、交通状况、养护水平、路况现状及养护目标等因素综合确定，在缺少相关数据及经验的情况下，可参考表 5.2.2 进行确定。

表 5.2.2 路网级公路养护标准 (MQI 指标)

公路等级	高速公路、一级公路	二级公路	三级及以下公路
预防性养护	≥ 90	≥ 85	≥ 80
中修	≥ 85	≥ 80	≥ 70
大修	≥ 80	≥ 70	≥ 60

条文说明：养护标准是对路面技术状况作出的一种技术限定，是控制中长期养护规模以及公路整体使用性能的一项核心参数。养护标准设置的高低，会直接影响到路面的养护需求，同时也会间接地影响到用户费用，因此规定应综合考虑养护目标、路况水平、养护投资、交通状况、修建年代以及路况衰减等因素合理确定养护标准。

5.2.3 路网内同一等级公路可根据养护需求的差异选择不同的养护标准。

5.3 公路使用状况分析

5.3.1 公路使用状况分析应结合养护需求及养护决策指标对路网内各公路建设期和运营期养护基础数据进行分析。

5.3.2 交通量分析应对各公路交通量现状及车辆组成、决策期内交通量影响因素进行分析，对决策期内交通量发展进行预测。

条文说明：以决策期前一年为交通量预测基准年，预测本项目的决策期内交通量的增长率，预测特征年的交通量，并根据车型比例、车型换算系数等计算累计交通量。

5.3.3 养护决策单元应根据公路等级、交通等级、公路技术状况等因素综合确定。

条文说明：养护决策中，对于公路等级、公路状况及交通状况等基本属性不同的路段，应采取不同的养护策略，而对于属性基本相同的路段，可根据其路况特点及养护需求，有针对性的进行养护决策，故需将公路等级、交通等级相同，公路路况相近的路段进行聚类，形成公路养护决策基本类别，便于有针对性的开展养护决策工作。

5.3.4 养护决策单元划分后，应对各个养护决策单元的特征进行描述，主要

包括各决策单元交通状况、路况指标均值及波动范围等，以验证其划分效果。

条文说明：养护决策单元描述的目的是从总体上掌握各个决策单元的路况特点，为制定详细调查计划提供支撑，同时，为了验证养护决策的划分效果，可统计各个养护决策单元内路段单元路况指标的均值及波动范围，若波动范围较小，各项指标差异性不大，说明划分的效果明显，针对其开展病害诊断及方案设计都应具有较强的适用性。

5.4 公路使用性能预测

5.4.1 公路使用性能预测应对 MQI 指标的发展趋势进行分析，并对指标变化原因进行分析。

5.4.2 公路使用性能预测模型应采用不少于 3 年的公路技术状况检测数据进行验证，宜根据实测数据对模型进行修正。

5.5 养护策略选择

5.5.1 养护策略应根据公路使用状况分析结果，结合公路使用性能预测、交通量发展及养护标准等因素综合考虑，并进行技术经济分析比选后合理选择。

条文说明：

养护策略选择时，应根据公路使用状况分析结果，结合公路使用性能预测、交通量发展及养护标准等因素综合考虑，当各项指标都符合养护标准值时，应对公路进行日常保养，使公路保持良好的技术状态。当某一项指标衰减到养护标准值以下水平时，应制定不同的养护策略方案，进行经济技术比较，选择合适的公路养护策略，并确定相应的养护措施。

5.5.2 路网级公路养护策略应包括养护顺序、养护类型、养护时机及养护资金四部分内容。

5.5.3 路网级公路养护类型宜采用日常养护、预防性养护、中修和大修四种类型进行组合，组合可根据路网内不同公路技术状况现状及性能预测情况而定。

5.5.4 路网级公路养护策略应打破路网内各公路在养护维修方面壁垒，建立合理的协调机制，形成养护工程的专业化和规模化。

5.5.5 路网级公路养护资金估算应对养护成本进行调查和预测，并根据养护工程量及养护规划分年度编制。

征求意见稿

6 项目级公路养护决策

6.1 一般规定

6.1.1 项目级公路养护决策应根据养护决策周期及养护需求确定决策目标。

6.1.2 项目级公路养护决策应科学合理的确定项目养护标准、养护路段、养护措施及养护时机等要素。

条文说明：项目级公路养护的实质在于“在适当的时间将适宜的养护方案应用到适宜的路段”，为保证项目级路面养护决策的科学性与合理性，需科学合理的确定使公路用性能预测、养护标准分析、养护路段划分、养护措施选择及养护时机确定等要素。

6.1.3 项目级公路养护决策流程如图 6.1.3 所示。

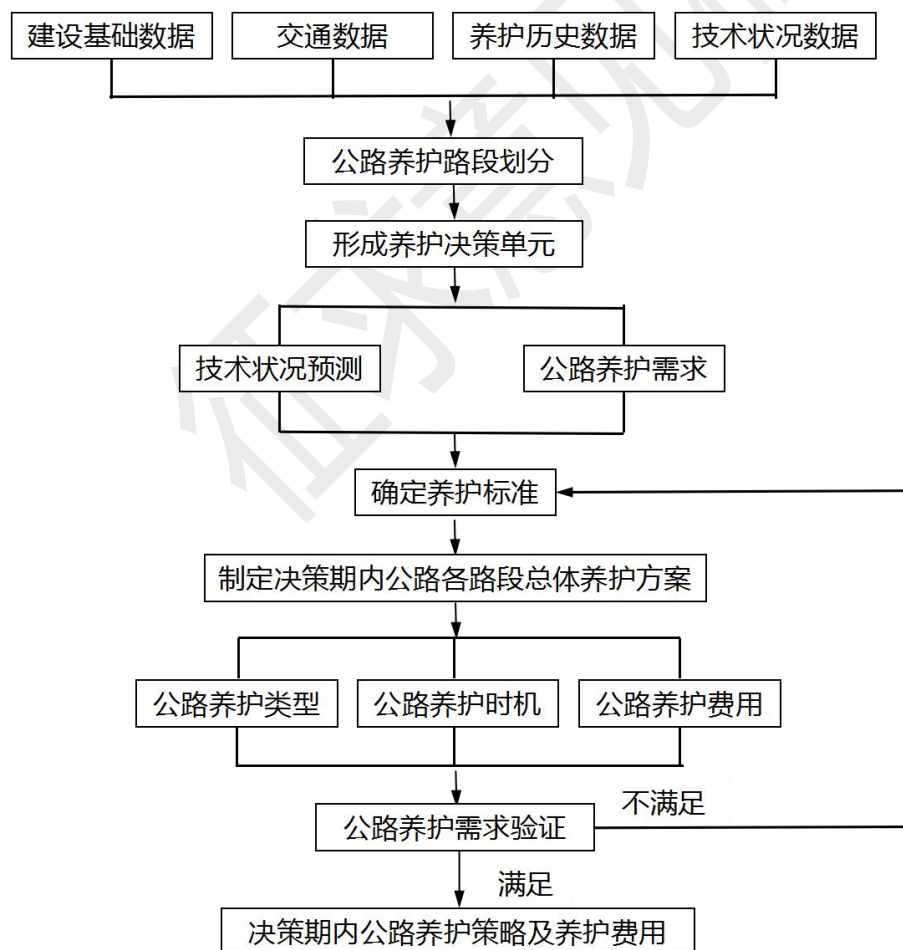


图 6.1.3 项目级公路养护决策流程

6.2 养护决策指标及标准

6.2.1 项目级公路养护决策指标应采用 SCI、PCI、BCI 和 TCI 作为主要指标，同时以 RQI、RDI 及 SRI 作为辅助性指标。

条文说明：项目级公路养护中路面养护为主要内容，在进行养护决策时，路面损坏状况指数 PCI 作为路面养护的主要判断指标，路面行驶质量指数 RQI、路面车辙深度指数 RDI 及路面抗滑性能指数 SRI 三项影响道路行车安全及舒适性的指标作为辅助性指标。即在 SRI、RQI 和 RDI 满足要求的前提下，以 PCI 为标准判断路面需进行的养护类型。

6.2.2 项目级公路养护决策应根据养护决策目标确定合理的公路养护标准，养护标准应结合公路的建养历史、交通状况、养护水平、路况现状及养护目标等因素综合确定，在缺少相关数据及经验的情况下，高速公路及一级公路可参考表 6.2.2 进行确定。二级及以下公路可适当折减。

表 6.2.2 项目级养护指标及判断标准

指标类型	决策指标	预防性养护	中修	大修	备注
路基	SCI	$X \geq 90$	$80 \leq X < 90$	$X < 70$	主要指标
桥隧	BCI	$X \geq 90$	$80 \leq X < 90$	$X < 70$	主要指标
沿线设施	TCI	$X \geq 90$	$80 \leq X < 90$	$X < 70$	主要指标
路面	PSSI	$X \geq 90$	$80 \leq X < 90$	$X < 70$	基本指标
	PCI	$80 \leq X < 92$	$70 \leq X < 80$	$X < 70$	主要指标
	RQI	$80 \leq X < 88$	$70 \leq X < 80$	$X < 70$	辅助指标
	SRI	$80 \leq X < 90$	$70 \leq X < 80$	$X < 70$	辅助指标
	RDI	$80 \leq X < 90$	$70 \leq X < 80$	$X < 70$	辅助指标

6.3 公路使用状况分析

6.3.1 公路使用状况分析应结合项目养护需求及养护决策指标对公路建设期和运营期养护基础数据进行分析。

6.3.2 交通量分析应对项目交通量现状及车辆组成、决策期内交通量影响因素进行分析，对决策期内交通量发展进行预测。

条文说明：以规划期前一年为交通量预测基准年，预测本项目的规划期内交通量的增长率，预测特征年的交通量，并根据车型比例、车型换算系数等计算累计交通量。

6.3.3 公路使用状况分析应将项目内具有相同技术状况属性的段落划分为一类，作为项目级公路养护决策单元。

条文说明：在建立公路使用性能预测模型时，需将具有相同属性（破损类型和程度相同）的段落划分为一类，将每一类作为预测公路使用性能和制定养护方案的最小管理单元；预测过程中所需的相关数据都是按照这个最小管理单元来进行管理的。路段的合理划分直接影响到使用性能预测模型建立的准确性及参数选取的合理性，最终影响养护方案的制定。路段划分指标是根据路段特点而选定，最终目的是使不同属性的路段均能实施适当的养护措施。

6.3.4 各养护决策单元应分专业开展病害原因分析工作。

6.3.5 养护决策单元最短累计长度不宜低于 5km，其中任一连续段落不宜低于 1km。

6.3.6 公路养护历史数据分析宜总结近五年的养护方案的执行情况，可根据需要调研项目周边其他同类型公路养护措施的使用情况。

条文说明：根据近几年的养护维修方案执行情况，以及项目周边同类型公路养护措施的使用情况，对照每年路况状况分析养护维修方案的科学性和有效性，为养护措施选择提供参考。

6.4 公路使用性能预测

6.4.1 公路使用性能预测应针对各决策单元各专业养护决策指标的发展趋势进行预测，建立性能预测模型。

6.4.2 公路使用性能预测模型应根据实测数据对模型进行修正，宜采用不少于 3 年的公路技术状况检测数据进行验证。

6.4.3 路面 PCI、RQI、RDI 以及 SRI 预测模型应结合典型病害分别预测。

6.4.4 路基、桥隧结构物及沿线设施使用性能预测模型宜根据典型病害形式及养护历史等信息综合确定。

6.5 养护策略选择

6.5.1 养护策略应根据公路使用状况分析结果，结合公路使用性能预测、交通量发展及养护标准等因素综合考虑，并进行技术经济分析比选后合理选择。

6.5.2 养护策略应包括确定养护路段、养护措施、养护时机及养护费用。

6.5.3 公路养护策略应根据项目养护技术状况提出预防性养护、中修和大修三种类型的养护方案，并对养护措施的有效性进行确定。

6.5.4 养护策略比选宜采用基于路用性能的效益费用分析方法。

6.5.5 项目级公路养护资金概算应对养护成本进行调查和预测，并根据养护工程量及养护规划分年度编制。

7 养护决策文件编制

7.1 一般规定

7.1.1 养护决策文件应由决策报告正文及相关附件组成。

7.1.2 养护决策文件应根据养护工程规模及各专业情况，合理确定篇章组成。

7.1.3 养护决策报告文件封面应列出项目名称、编制单位、编制年月等内容。

7.1.4 为便于信息化管理及后续养护管理工作的需求，养护决策文件应包含纸质文件和对应的电子文件，电子文件应与纸质文件完全一致，包括文件名称、版式、内容等。

7.2 路网级公路养护决策文件

7.2.1 路网级公路养护决策文件应根据中长期养护决策和短期养护决策两种类型进行编制。

7.2.2 中长期养护决策文件应包括项目概况、决策期养护影响因素、路网内公路技术状况调查与交通量、养护决策指标及标准、公路技术状况预测、养护规划方案、养护资金估算及养护效益分析等内容。

7.2.3 短期养护决策文件应包括项目概况、养护影响因素、路网内公路技术状况调查与交通量、养护决策指标及标准、养护计划方案、养护资金估算等内容。

7.3 项目级公路养护决策文件

7.3.1 项目级公路养护决策文件应根据中长期养护决策和短期养护决策两种类型进行编制。

7.3.2 中长期养护决策文件应包括项目概况、决策期养护影响因素、交通量、公路使用现状及养护历史调查、养护决策指标及标准、公路技术状况预测、养护规划方案、养护资金估算及养护效益分析等内容。

7.2.3 短期养护决策文件应包括项目概况、养护影响因素、交通量、公路使用现状及养护历史调查、养护决策目标、养护计划方案、养护资金概算等内容。

附录 A 公路养护基础数据

A.0.1 路基养护基础数据如表 A.0.1 所示。

表 A.0.1 公路路基养护基础数据

序号	数据类别	具体内容
1	建设基础数据	起讫桩号、路基边线、排水系统类型、支挡防护类型、支挡防护尺寸、路基处治措施等
2	养护历史数据	检测信息、路基加固类型、加固时间、加固材料等
3	技术状况数据	路肩病害、路堤与路床病害、边坡病害、防护及支挡结构物病害、排水设施病害等
4	其他数据	路基病害监测、路基沉降量、边坡侧向位移量及裂缝宽度、防护及支挡结构物的裂缝及位移等

A.0.2 桥梁养护基础数据如表 A.0.2 所示。

表 A.0.2 公路桥梁养护基础数据

序号	数据类别	具体内容
1	建设基础数据	桥梁位置、桥梁名称、桥梁尺寸、桥梁结构信息、材料信息、管养单位等
2	养护历史数据	检测信息、桥梁大修、中修方案及时间等
3	技术状况数据	桥梁总体、部件、构件技术等级，构件病害明细等
4	其他数据	桥梁性能预测、技术等级评定模型等

A.0.3 隧道养护基础数据如表 A.0.3 所示。

表 A.0.3 公路桥梁养护基础数据

序号	数据类别	具体内容
1	建设基础数据	隧道位置、隧道名称、隧道尺寸、土建结构信息、材料信息、管养单位等
2	养护历史数据	检测信息、隧道大修、中修方案及时间等
3	技术状况数据	隧道技术状况等级、隧道设施外观、衬砌状态、路面状态、检修道状态、排水设施状态等
4	其他数据	隧道性能预测、技术等级评定模型等

附录 B 公路路面养护对策集

B.0.1 路面预防养护措施应根据病害类型、表观特征选择相应的措施，具体表 B.0.1-1 及表 B.0.1-2 所示。

表 A.0.1-1 沥青路面预防养护对策集

病害 措施	路面 病害	车辙	表面 抗滑差	不平整	使用年限(年)
微表处	▲	●	▲	×	2~3
抗滑保护封层	▲	●	▲	×	2~3
超薄磨耗层	▲	●	▲	×	3~4

注：表中“▲”表示推荐采用，“●”表示可以采用，“×”表示不建议采用。

表 B.0.1-2 水泥路面预防养护对策集

病害 措施	路面破碎状况 PCI (≥80)						SRI ≥80	RQI≥ 80	使用年 限(年)
	接缝料 损坏	裂 缝	板底 脱空	排水设 施堵塞	破碎板	露骨			
接缝填封	▲	×	×	×	×	×	×	×	4
裂缝填封	×	▲	×	×	×	×	×	×	4
注浆	×	×	▲	×	×	×	×	▲	5~8
排水系统维护	×	×	×	▲	×	×	×	×	
表面 功能 恢复	刻槽	×	×	×	×	×	▲	×	3
	超薄磨耗	×	×	×	×	▲	▲	▲	3~5
	薄层罩面	×	×	×	×	▲	▲	▲	4~6

注：表中“●”表示推荐采用，“×”表示不建议采用。

B.0.2 高速公路、一级公路沥青路面养护维修对策建议具体见表 A.0.2 所示。

二级及以下等级公路可参考采用。

表 B.0.2 高速公路、一级公路沥青路面养护对策决策树

PCI	RQI	RDI	SRI	PSSI	建议养护对策
≥80	≥80	≥80	≥80	≥80	日常保养、预养护
≥80	≥80	≥80	<80	-	预养护，可采用微表处
≥80	≥80	<80	-	-	一层或二层铣刨重铺
≥80	<80	-	-	≥80	一层铣刨重铺或一层罩面
≥80	<80	-	-	<80	局部补强后二层罩面
<80	-	-	-	≥80	一层或二层铣刨重铺
<80	-	-	-	<80	全面补强后两层罩面

附录 C 基于模糊聚类的决策单元划分方法

C.1 基本要求

公路养护决策单元划分应采用一种即合理又易于操作的方法,合理是指尽量将道路使用性能属性相同或者相近的路段聚类到一个段内,易于操作是指容易通过人工或者计算机操作实现。由于道路调查及检测工作受到车辆、环境、测量方法等多种因素的影响,致使路况数据具有很大的不确定性,另外,考虑通常情况下公路决策单元较多且需考虑的决策指标较多,采用模糊聚类分析法中的基于目标函数的聚类方法——模糊 C 均值聚类算法可有效解决上述问题。

C.2 方法介绍

C.2.1 数学模型

从数学的角度来刻画聚类分析问题,可以得到如下的数学模型。设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是待聚类分析的对象的全集(称为论域), X 中的每个对象(称为样本) $x_k (k=1, 2, \dots, n)$, 常用有限个参数值来刻画,每个参数值刻画 x_k 的某个特征。于是对象 x_k 就伴随着一个向量 $P(x_k) = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{ks})$, 其中 $x_{kj} (j=1, 2, \dots, s)$ 是 x_k 在第 j 个特征上的赋值, $P(x_k)$ 称为 x_k 的特征向量或模式向量。可用矩阵形式表示 X , 如下式所示:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1s} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2s} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{(n-1)1} & x_{(n-1)2} & \dots & x_{(n-1)s} \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{ns} \end{bmatrix} \quad (\text{式 1})$$

聚类分析就是分析论域 X 中 n 个样本所对应的模式矢量间的相似性,按照各样本间的亲疏关系,把 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 划分成多个不相交的子集 $X_1, X_2, \dots, X_c$, 并要求满足下列条件:

$$X_1 \cup X_2 \cup X_3 \dots \cup X_c = X, X_i \cap X_j = \emptyset \quad (\text{式 2})$$

样本 $x_k (k=1, 2, 3, \dots, n)$ 对子集(类) $X_i (1 \leq i \leq c)$ 的隶属关系可用隶属函数表示为:

$$\mu_{xi}(x_k) = \mu_{ik} = \begin{cases} 1 & x_k \in X_i \\ 0 & x_k \notin X_i \end{cases} \quad (\text{式 3})$$

其中,隶属函数必须满足条件 $\mu_{ik} \in E_h$, 也就是说,要求每一个样本能且只能隶属于某一类,同时要求每个子集(类)都是非空的。因此,通常称这样的聚类

分析为硬划分。

$$E_h = \{\mu_{ik} \mid \mu_{ik} \in \{0,1\}; \sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1, \forall k; 0 < \sum_{k=1}^n \mu_{ik} < n, \forall i\} \quad (\text{式 5-4})$$

在模糊划分中, 样本集 X 被划分为 c 个模糊子集 $\widetilde{X}_1, \widetilde{X}_2, \widetilde{X}_3, \dots, \widetilde{X}_c$, 而且样本的隶属函数从 0, 1 二值扩展到 $[0,1]$ 区间, 满足条件:

$$E_h = \{\mu_{ik} \mid \mu_{ik} \in [0,1]; \sum_{i=1}^c \mu_{ik} = 1, \forall k; 0 < \sum_{k=1}^n \mu_{ik} < n, \forall i\} \quad (\text{式 5})$$

显然, 由上式可得 $\bigcup_{t=1}^c \text{SUPP}(\widetilde{x}_c) = X$, 这里 SUPP 表示取模糊集合的支撑集。

C.2.2 模糊 c 均值聚类算法

设 n 个待聚类的样本组成的集合 $X_{n \times m} = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$, 其中每个样本有 m 个特征, 即 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im})$, ($i=1, 2, \dots, n$), 现将 $X_{n \times m}$ 分为 C 类 ($2 \leq C \leq n$)。

设有 C 个聚类中心 $Z_{c \times m} = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_c\}$, 因为有 C 类, 每类有 m 个指标的聚类中心, 所以聚类中心 Z 的维数是 $c \times m$, 按照下式计算样本 x_i 与聚类中心 Z_k ($k=1, 2, \dots, c$) 的欧式聚类 $D_{n \times c}$:

$$d_{ik} = \|X_i - Z_k\| = \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - Z_{kj})^2 \right]^{1/2} \quad (\text{式 6})$$

分类目标函数是依据最小二乘法原理使泛函 J (如下) 为极小的模糊划分矩阵 U 。

$$J(U, V) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \mu_{ik} (d_{ik})^2 \quad (\text{式 7})$$

其中, μ_{ik} ($0 < \mu_{ik} < 1$) 是样本 x_k 属于聚类中心 z_k 模糊集的程度, 维数为 $n \times c$, 即: $U = \{\mu_{i1}, \mu_{i2}, \mu_{i3}, \dots, \mu_{ic}\}$, ($i=1, 2, \dots, n$)。

模糊 C 均值算法就是用迭代的算法计算出这样的 U , 分下面几步进行:

(1) 初始化: 给定聚类类别数 c , $2 \leq c \leq n$, n 是样本数, 设定迭代停止阈值 ε ($0 \leq \varepsilon \leq 1$), 初始化模糊划分矩阵 $U^{(0)}$, 设置迭代计数器 $b=0$, ε 可以给定任意的小, 一般取 $\varepsilon=0.001$; 可以任用一种最方便的方法对 X 进行分类, 得到模糊划分矩阵 $U^{(0)}$ 初始值, 为了简便计算, 也可以在满足条件 (式 5) 的基础上直接给 $U^{(0)}$ 赋值。

(2) 用下式计算或更新聚类原型矩阵 $Z_{c \times m}^{(b)}$, 用欧氏距离 (式 6) 计算样本

x_i 与聚类中心 $z_k(k=1,2,\dots,c)$ 的距离 $d_{ik}^{(b)}$:

$$Z_k^{(b)} = \sum_{i=1}^n (\mu_{ik}^{(b)})^m \times Xi / \sum_{i=1}^n (\mu_{ik}^{(b)})^m \quad (\text{式 } 8)$$

(3) 用下式更新划分矩阵 $U_{n \times c}^{(b+1)}$:

对于任意 i, k , 如果存在 $d_{ik}^{(b)} > 0$, 则有:

$$\mu_{ik}^{(b+1)} = \left\{ \sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}^{(b)}}{d_{jk}^{(b)}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right\}^{-1} \quad (\text{式 } 9. a)$$

如果存在 i, k , 使得 $d_{ik}^{(b)} = 0$, 则有:

$$\mu_{ir}^{(b+1)} = \begin{cases} 1 & r = k \\ 0 & r \neq k \end{cases}, k=1, 2, \dots, c; r=1, 2, \dots, c; \quad (\text{式 } 9. b)$$

(4) 如果满足下式:

$$\|Z^{(b)} - Z^{(b+1)}\| < \varepsilon \quad (\text{式 } 10)$$

则算法停止并输出划分矩阵 U 和聚类原型 Z 否则令 $b=b+1$, 转向步骤(2)。

通过上述算法得到的最优分类矩阵 U 是模糊聚类, 对应的是模糊分类, 可通过以下方法使分类清晰化, 得到 X 上的普通分类:

对于任意 $x_i \in X$, 若

$$\|x_i - z_j\| = \min_{1 \leq k \leq c} \|x_i - z_k\| \quad (\text{式 } 11)$$

则将 x_i 归入第 j 类, 其中 z_j 是第 j 类的聚类中心 ($j=1, 2, \dots, c$), 即 x_i 与哪一个聚类中心最接近, 就将它归到哪一类。

C.3 主要内容

C.3.1 公路养护决策单元划分应基于道路使用性能, 决策单元划分指标宜包含《公路技术状况评定标准 (JTG H20)》及本规范建议的公路使用性能评价指标。

C.3.2 基于道路使用性能的决策单元划分, 通常以每公里为一个评价单元, 每个评价单元以确定的决策单元划分指标进行表征, 由评价单元和划分指标构建分析矩阵。

C.3.3 借助 MATLAB 等计算机编程软件实现模糊聚类分析算法的程序化。

C.3.4 基于模糊聚类的决策单元划分结果应包含模糊划分矩阵 U 和聚类中

心，模糊划分矩阵 U 表征各评价单元对划分指标的隶属度，通过清晰化处理可得到具体路段信息；聚类中心可包含每种分类各划分指标的平均情况，可表征每种分类的道路使用性能平均状况。

C.3.5 基于模糊聚类的决策单元划分结果可综合公路养护性质、决策单元空间连续性、交通状况、施工便利性需求等因素优化调整。

征求意见稿

附录 D 养护方案及费用确定方法

D.1 基本要求

公路养护方案的确定宜采用全寿命周期费用分析（LCCA）计算方法，考虑公路病害类型及程度、气候条件、交通荷载、现有道路结构类型及使用状况、分析周期、道路使用性能衰变模型、养护措施应用时间、养护措施应用范围、养护措施使用寿命、养护成本、经济评价方法等内容。

公路养护费用一般是指初期建设费用，通常应按照概预算定额计算。

D.2 主要内容

D.2.1 各决策单元养护方案的确定应在开展专项数据调查、病害发展层位分析、病害原因诊断、病害发展趋势分析、养护决策单元划分、养护作业环境及形势分析等工作后开展。

D.2.2 应综合各决策单元的建养历史、交通状况、养护水平、路况现状及养护目标等因素确定养护类型划分指标及标准，在缺乏相关数据及经验的情况相爰，可采用本规程规定的养护决策指标及标准。

D.2.3 应针对各决策单元开展专项数据调查，按照确定的各决策单元养护类型划分指标及标准，划分各决策单元的养护类型。

D.2.4 养护措施的选择应根据专项数据调查结果，结合公路等级、使用寿命、交通荷载等级、病害原因诊断、施工水平等因素综合考虑，并进行技术经济分析比选后合理确定。

D.2.5 全寿命周期分析期应根据确定的养护措施及地区经济发展速度进行选择，可参照部门经济发展计划取 5 年的整数倍，公路使用性能预测模型应根据养护措施的不同分别制定，模型结构应满足下列要求：

- 1 正确反映公路使用性能衰变的全过程，拟合各种衰变模式。
- 2 随着公路使用年限或累计交通量轴承作用次数的增加，公路使用性能逐渐衰减。
- 3 满足必要的边界条件要求。
- 4 模型形式简单，各种参数具有明确的数学和物理含义。
- 5 模型参数可利用设计单元或相似路段历年实际检测数据进行标定。

D.2.6 确定分析期内的养护方案，应包括以下内容：

- 1 设定养护标准值，并提出分析期内需要开展养护工程的路况边界条件。
- 2 针对不同的养护类型，从拟定的养护措施库中选择适宜的养护方案。
- 3 对拟定的养护方案计算其在分析期内的工程造价。

D.2.7 公路全寿命周期费用分析涉及的费用应包括管养部门费用和道路使用者费用两部分，管养部门费用应包含初期建设费用、日常养护费用、养护工程费用、路面残值费用；道路使用者费用应包含车辆运营费用、行程时间费用和交通事故费用。

D.2.8 养护方案全寿命周期经济效益比选过程中，应重点考虑养护管理费用及道路残值等受道路使用性能影响较大的费用类型；在各养护方案的交通组织方式存在较大差异时，应计算车辆绕行产生的道路使用者费用；其他情况下，若缺乏相关数据，可不计算道路使用者费用或各方案采用一个合理数值。

D.2.9 应根据养护工程投资特点及区域经济发展水平合理选择贴现率，并进行道路残值和费用现值的评价。若缺乏经验数据的情况下，可参考公路工程建设可行性研究中所采用的贴现率指标。

1 道路残值应综合考虑分析期末道路剩余使用年限、剩余可承受轴载作用次数等因素。

D.2.10 应选择相同的分析期计算各养护方案的总费用现值，并选择总费用现值最小的养护方案作为经济效益最优的养护方案。当比选养护方案总费用现值计算结果相差不大时，应开展敏感性分析，并选择敏感性分析结果中风险较小的方案。

D.2.11 养护费用通常按照现行国家、行业，以及地方的概预算编制办法等政策性文件进行编制，通常应包含人工费、材料费、其他直接费及间接费、建设单位管理费、建设项目前期工作费，以及预留费用等初期建设费用。

本规程用词用语说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法。

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，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用词，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用词，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用词采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，还应符合国家和行业现行有关标准的规定”。
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《XXXXXX》(XXX)的有关规定”。
- 3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规范第 X 章的有关规定”、“应符合本规范第 X.X 节的有关规定”、“应符合本规范第 X.X.X 条的有关规定”或“应按本规范第 X.X.X 条的有关规定执行”。