

# JTG

中华人民共和国行业推荐标准

JTG/T xxx-20xx

## 公路养护决策技术规范

Technical Specifications of Highway Maintenance and Rehabilitation

Decision-Making

(征求意见稿)

202x-xx-xx发布

202x-xx-xx实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业标准

# 公路养护决策技术规范

Technical Specifications of Highway Maintenance and  
Rehabilitation Decision-Making

JTG/T - × × × ×

(征求意见稿)

主编单位: × × × × × × × × × × × × × × × × 公司

参编单位: × × × × × × × × × × × × × × × × 公司

× × × × × × × × × × × × × × × ×

× × × × × × × × × × × × × × × ×

批准部门: 中华人民共和国交通部

施行日期: 20xx 年 xx 月 xx 日

xxxx 出版社

20xx 北京

# 中华人民共和国交通运输部

## 公告

### 关于发布《公路养护决策技术规范》的公告

交通运输部〔〕号

为适应我国公路养护发展的需要和养护决策工作的新要求，使本规范能够更好的指导公路养护决策，进一步提高公路养护决策技术水平，由×××组织进行《公路养护决策技术规范》（JTG ××-20××）编制。现予发布，自2022年X月X日起施行。

特此公告。



## 前 言

根据交通运输部公路局交公路函〔2018〕244号《关于下达2018年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》的要求，由中公高科养护科技股份有限公司作为主编单位，承担《公路养护决策技术规范》（JTG/T \*\*\*\*）的制定工作。

根据《公路养护工程管理办法》（交公路发[2018]33号），公路养护决策是养护工程前期工作和计划编制工作的重要支撑，但针对公路养护决策尚未在全行业形成清晰的共识，也未建立统一的技术体系。为推动公路养护决策科学化，促进公路养护管理转型升级，编写组全面分析总结养护决策应用现状，参考国内外相关标准，以提升养护资金的使用效率和路况水平为导向，建立以公路技术状况为主要依据全寿命周期费用最优的公路养护决策技术体系，加快构建现代公路养护管理体系，制定了本规范的征求意见稿。

本规范的征求意见稿包括9章和7个附录，分别是：第1章总则；第2章术语和符号；第3章基本规定；第4章公路养护决策程序和内容；第5章公路基础数据和技术状况调查；第6章公路技术状况分析；第7章公路养护决策分析；第8章公路养护工程项目库编制；第9章公路养护效益评估；附录A公路养护典型处置措施；附录B公路基础数据调查样表；附录C公路技术状况数据调查样表；附录D公路技术状况一般预测方法；附录E公路技术状况常用预测模型；附录F公路养护项目库项目列表样表；附录G公路养护资金优化分配常用方法；附录H公路资产估值常用方法。

主编单位：中公高科养护科技股份有限公司

参编单位：

主 编：

参编人员：

主审人员：

参审人员：

## 目 次

1 总 则.....	- 1 -
2 术语和符号.....	- 3 -
3 基本规定.....	- 5 -
4 公路养护决策程序和内容.....	- 7 -
4.1 一般规定.....	- 7 -
4.2 养护决策程序.....	- 7 -
4.3 公路养护决策内容.....	- 8 -
4.4 决策信息化系统建设要求.....	- 10 -
5 公路基础数据与技术状况调查.....	- 12 -
5.1 一般规定.....	- 12 -
5.2 基础数据.....	- 12 -
5.3 技术状况调查.....	- 13 -
6 公路技术状况分析.....	- 14 -
6.1 一般规定.....	- 14 -
6.2 路基技术状况分析内容.....	- 14 -
6.3 路面技术状况分析内容.....	- 14 -
6.4 桥隧构造物技术状况分析内容.....	- 16 -
6.5 沿线设施技术状况分析内容.....	- 17 -
7 公路养护决策分析.....	- 18 -
7.1 一般规定.....	- 18 -
7.2 养护目标与标准.....	- 18 -
7.3 养护决策模型.....	- 20 -
7.4 养护需求分析.....	- 26 -
7.5 养护预算分析.....	- 26 -
7.6 养护投资效益分析.....	- 27 -
7.7 养护资金优化分配.....	- 27 -
8 公路养护工程项目库编制.....	- 30 -
8.1 一般规定.....	- 30 -
8.2 中长期养护规划.....	- 30 -
8.3 养护工程项目库编制.....	- 31 -
8.4 养护工程技术方案确定原则.....	- 32 -
8.5 养护建议计划编制.....	- 33 -
9 公路养护效益评估.....	- 34 -
9.1 一般规定.....	- 34 -
9.2 养护工程效益评估.....	- 34 -
9.3 路网养护效果评估.....	- 35 -
附录 A 公路养护典型处治措施.....	- 37 -
A.1 路基养护典型处治措施.....	- 37 -
A.2 路面养护典型处治措施.....	- 38 -
A.3 桥涵养护典型处治措施.....	- 39 -
A.4 隧道养护典型处治措施.....	- 43 -

---

A.5 交通工程及沿线设施养护典型处治措施 .....	- 44 -
附录 B 公路基础数据调查样表 .....	- 45 -
附录 C 公路技术状况调查样表 .....	- 56 -
附录 D 公路技术状况一般预测方法 .....	- 58 -
附录 E 公路技术状况预测常用模型 .....	- 62 -
附录 F 公路养护项目库项目列表样表 .....	- 66 -
附录 G 公路养护资金优化分配常用方法 .....	- 67 -
附录 H 公路资产估值常用方法 .....	- 72 -



# 1 总则

1.0.1 为适应公路养护转型发展和财政预算管理的需要，提高公路养护决策水平和养护资金使用效益，保障公路维持良好的技术状况水平，制定本规范。

**【条文说明】**随着燃油费税改革、财税体制改革、事权改革、事业单位分类改革不断推进，以及《交通强国建设纲要》对公路养护提出的新要求，传统的养护决策体系已明显不适应现代化公路养护管理的需要。近年来自动化检测技术和信息化分析技术的不断深化应用，公路养护决策的能力得到明显提升，正逐步由传统经验判断向数据驱动的科学决策管理模式发展转变。但是，限于理念差异以及技术所限，各地养护决策的方法以及效果不一，对科学决策的认识仍不到位，养护决策在养护工程各阶段工作中定位也不清晰，迫切需要加强公路养护决策科学化和规范化工作。

1.0.2 本规范适用于国省干线公路预防养护工程和修复养护工程，不适用于专项养护工程和应急养护工程，县道、乡道和村道公路和专用公路的养护工程可参照执行。

**【条文说明】**根据《公路养护工程管理办法》，养护工程按照养护目的和养护对象，分为预防养护、修复养护、专项养护和应急养护。由于专项养护和应急养护决策具有其特殊的决策方法和程序，不纳入本规范范畴。

1.0.3 公路养护决策应包括公路基础数据与技术状况调查、公路技术状况分析、公路养护需求分析、公路养护工程项目库编制、公路养护效益评估等内容。

**【条文说明】**根据《公路养护工程管理办法》，养护工程应当按照前期工作、计划编制、工程设计、工程施工、工程验收等程序组织实施。公路养护决策工作主要为前期工作和计划编制两项工作环节提供决策支撑和参考。

1.0.4 公路养护决策工作，应遵循目标引领、程序规范、比选择优和创新驱动的原则。

**【条文说明】**养护目标应合理设定，优先满足公路基础设施安全性能，并以全寿命周期养护成本最低为导向，做好项目统筹协调，将公路养护资金优化分配到最需要养护的路段上。

1.0.5 鼓励以数据驱动为导向，采用新技术和新产品用于养护决策工作，但应经技术论证可行后方可使用。

1.0.6 公路养护决策工作除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.0.1 养护决策 maintenance decision-making

管理者围绕养护目标，应用科学的分析手段与方法，按照一定的工作程序进行分析比选，制定公路中长期养护规划、养护工程项目库和年度养护计划的活动。

### 2.0.2 养护目标 maintenance target

养护工程实施后所期望达到的公路技术状况水平。

### 2.0.3 养护措施触发阈值 maintenance trigger value

触发预防养护和修复养护工程的公路技术状况指标临界值。

### 2.0.4 养护需求分析 maintenance needs analysis

不考虑资金约束条件下，基于设定的养护目标，筛选路网中客观存在的养护工程项目的分析过程。

### 2.0.5 性能模型 performance model

为反映公路状况指标的变化而建立的随时间、交通状况和外部环境等条件之间关系的方程（组）。

### 2.0.6 养护预算分析 maintenance financial needs analysis

根据设施当前的技术状况和预测的未来的技术状况，确定当前或分析期内任一年内，把设施技术状况维持在要求的服务水平之上所需要的最小养护预算费用和工程量。

### 2.0.7 养护效益分析 maintenance effectiveness analysis

分析预防养护和修复养护资金投入所产生预期效益的过程。

### 2.0.8 养护工程项目库 maintenance project pool

根据中长期养护规划制定的，未来 3~5 年设施养护工程项目集合，用于指导年度养护工程计划的制定。

**2.0.9 养护资金优化分配 optimal allocation of maintenance funds**

将有限的公路养护资金合理分配到养护项目上的过程。

**2.0.10 养护工程计划 maintenance implementation planning**

根据年度养护资金规模和养护目标要求，通过分析优选提出下一年度养护工程项目和方案用于计划编制。

**2.0.11 养护效益评估 maintenance effectiveness evaluation**

单个养护项目或网级养护计划实施后的养护效果评估，以及对公路养护资金投入和产出（养护效果）的对比分析。

### 3 基本规定

3.0.1 公路养护决策侧重于路网级决策，规范公路养护计划编制之前的前期工作，养护决策成果应为编制中长期养护规划、养护工程项目库和年度养护建议计划提供依据。

**【条文说明】**按层级可划分为路网级决策和项目级决策，本规范主要规定网级决策的相关要求。对于项目级决策，可参考《公路养护工程设计规范》《公路沥青路面养护设计规范》等相关标准规范执行。

3.0.2 公路养护决策范围包括路基、路面、桥隧构造物和沿线设施四部分内容，不包含相关机电设施。

**【条文说明】**依据现行《公路技术状况评定标准》，公路技术状况评定范围主要包括路基、路面、桥隧构造物和沿线设施四部分内容。公路养护决策依据的技术状况数据主要根据《公路技术状况评定标准》，因此决策范围也界定为路基、路面、桥隧构造物和沿线设施，沿线设施不包括机电和服务设施。对于隧道，因机电设施的特殊性，本规范只考虑土建结构部分。

3.0.3 公路养护决策必须基于准确可靠的数据信息，应加强全过程数据质量管理。

**【条文说明】**用于支持养护决策的数据类型取决于各管理机构需要解决的问题类型和解决问题所需要的信息类型，数据必须是可信的、可靠的，并且及时更新维护。公路养护决策过程应采用可靠的检测技术进行数据采集，在数据采集前和采集过程中应该建立数据质量控制措施，以确保数据采集准确和一致。

3.0.4 公路养护决策应将确保公路基础设施本质安全作为最低养护目标，持续提升公路技术状况水平，大力推进预防养护和绿色养护。

3.0.5 养护决策全过程应坚持全寿命周期养护理念，应考虑不同养护策略对公路基础设施总体性能的长期和短期影响，做到全寿命周期养护成本最优或者养护费用效益比最低。

3.0.6 公路养护决策应坚持系统决策理念，应统筹考虑同类设施不同项目、不同设施

之间、不同养护年度之间的协同，做好养护资金优化分配。

3.0.7 应坚持养护效益评估工作，持续完善养护决策模型，不断提升养护决策支撑作用和资金使用效率。

**【条文说明】**需要通过不断循环的效益评估和完善工作，持续提升决策水平，不断改善设计和施工水平。不断优化决策相关模型，包括性能预测模型、养护费用模型、优化分配模型等。同时不断提升决策的准确性和适用性，使决策越来越智能，越来越聪明。

3.0.8 应充分利用现代信息化技术，推动大数据分析和人工智能等新技术的应用，创新决策理念和方法，不断提升决策的科技化水平。

**【条文说明】**公路养护决策过程应采用高效实用的信息化系统工具进行数据评价、分析和预测；建立或标定符合实际的养护决策分析模型；与决策工作相关的文本、图像和视频等多种类型数据应整理归档、录入数据库或信息化管理系统，以实现长期保存。

## 4 公路养护决策程序和内容

### 4.1 一般规定

4.1.1 公路养护决策的时间安排宜与当前年度预算编制相匹配。

**【条文说明】**将公路养护决策的流程同公路养护管理部门的预算编制流程结合起来，年度技术状况检测及养护决策工作应同预算编制时间相匹配。决策者应参与到养护决策的全部流程，将管理和技术工作结合起来，同时对决策的技术工作进行指导和监督。编制年度养护计划采用的路基、路面和沿线设施技术状况数据不宜超过6个月，桥隧结构物的技术状况数据须在有效期内。

4.1.2 应将公路养护决策作为年度养护工程计划编制的前置条件，经过审查的决策咨询报告应作为编制年度公路养护计划的重要依据。年度养护决策建议计划同实施的年度养护计划的符合率应高于80%。

4.1.3 依据准确、详实的公路数据，按照规范的决策工作流程开展养护决策分析工作，为编制中长期养护规划和年度养护计划提供依据。

### 4.2 养护决策程序

4.2.1 公路养护决策应按照养护目标制定、公路技术状况检测与评定、公路技术状况分析、养护需求分析、养护工程项目库编制、养护技术方案确定、养护建议计划编制和养护效益评估等工作程序开展。

4.2.2 公路养护决策程序应按图4.2.2进行。

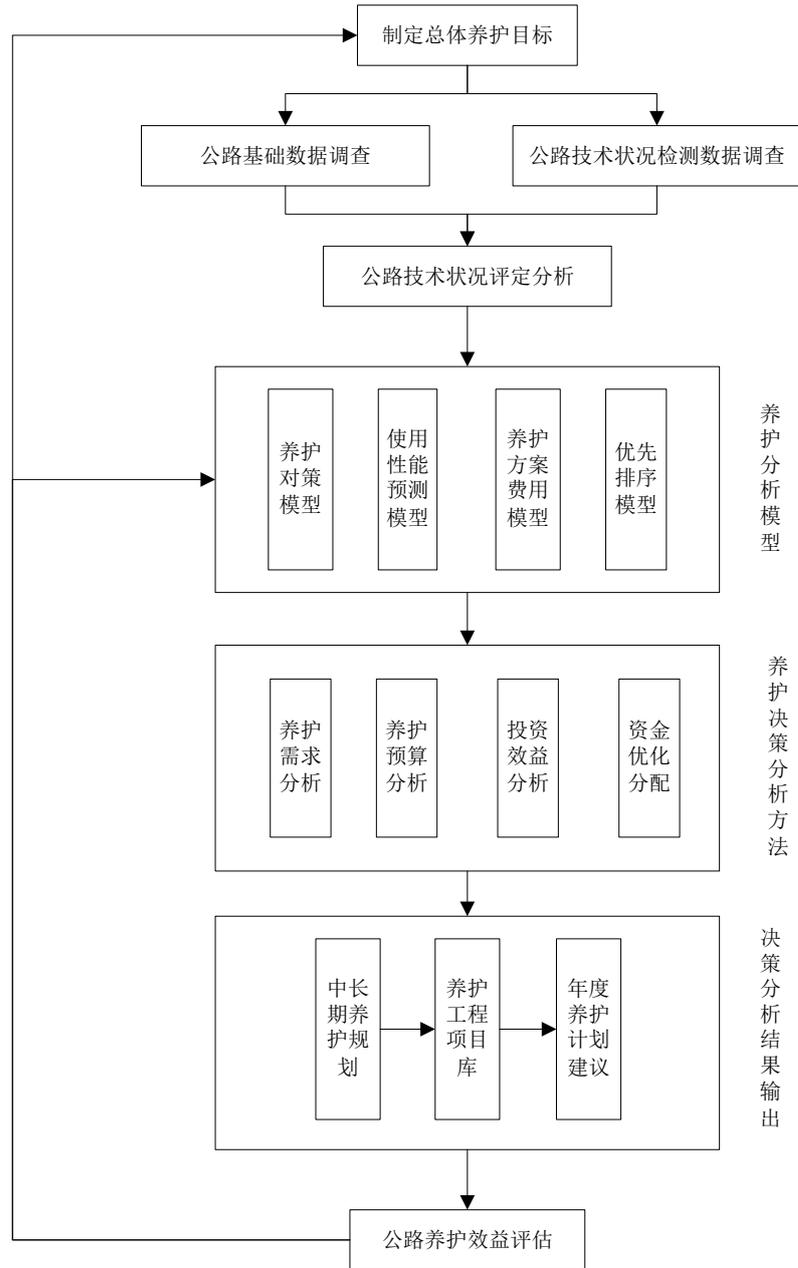


图 4.2.2 公路养护决策流程

### 4.3 公路养护决策内容

#### 4.3.1 公路养护目标在制定时应符合下列规定：

- 1 应根据检测和评定数据，按照相关标准规范、国家或者本地区养护规划，科学设定养护目标。
- 2 公路养护目标应以公路技术状况指标为主，兼顾公路网运行状况指标、社会效益指标等。

3 应结合本地区公路技术状况现状、交通量、管理因素、资金约束等因素，针对不同设施种类，分别确定养护目标。

4 特征差异明显的地区，应分区域分别制定合理的目标。

5 对于涉及到安全的桥梁、隧道、安全防护设施等，应以确保安全作为最低目标。

4.3.2 公路养护决策应基于准确的公路基础信息数据，并定期组织开展公路技术状况检测评价工作，全面掌握当前路况水平。

**【条文说明】**公路养护决策前期准备的数据包括静态数据和动态数据，公路基础信息数据属于静态数据，公路技术状况评价数据属于动态数据。

4.3.3 根据公路技术状况评价结果，开展路况现状分析、历史路况分析及病害成因分析，科学评估公路的安全性、耐久性、适应性。

**【条文说明】**应运用科学的分析手段进行综合分析、评估，建立以公路病害为导向的回溯机制，分析性能衰减规律和病害成因。

4.3.4 应结合本地实际，构建养护决策相关模型，包括养护对策模型、使用性能预测模型、养护方案费用模型、优先排序模型等，养护决策模型参数应进行定期标定和修正，至少每年更新一次。

**【条文说明】**应注重路况大数据的积累和挖掘，针对典型结构类型和养护方案开展长期性能研究，建立并标定适用于本地化的路面使用预测性能模型、养护方案选择等有关模型，逐年提升模型预测的准确性。

4.3.5 应开展年度养护决策分析工作，包括养护需求分析、养护预算分析、养护投资效益分析和养护资金优化分配工作，支撑中长期养护规划及年度养护建议计划编制，宜采用具有公路养护决策功能的信息化系统完成。

**【条文说明】**根据公路路况数据和设置的养护决策模型，利用信息化系统工具，开展养护需求分析，筛选需要实施的养护工程项目及养护资金需求，开展投资效益分析和养护预算分析，分析无资金约束和限定资金约束情况下的养护需求及效益，将预期效益和设定养护目标进行对比分析，进而指导养护预算的申请。在预算受限的基础上，开展养护资金优化

分配分析，将资金分配到路网中最需要处治的项目上，从而获得最大的投资效益。

4.3.6 应将预防养护、修复养护等适合进行项目库管理的养护工程纳入项目库管理，项目库按照滚动方式实施动态调整，定期更新。

**【条文说明】**制定养护工程项目库是要求根据技术状况和发展目标等提前开展项目储备，提升养护计划编制的科学性和计划执行的及时性。对于项目库储备项目的时间，各地在本规范要求的基础上，根据管理工作的需要来明确。对于养护方案设计和施工图设计，有些省份要求在计划编制之前完成，另外一些省份要求在计划确定之后实施，因此本规范不做强制规定，各地结合实际明确相关要求。

4.3.7 应编制公路养护科学决策咨询报告，作为确定年度养护计划的依据。内容应包括：公路基本情况，公路技术状况评定结果，典型病害分析，历史路况分析，养护需求分析和养护建议计划等。

**【条文说明】**公路养护科学是辅助决策，决策咨询报告是制定年度养护计划的重要依据，但不能完全完全替代养护计划的决策过程。

#### 4.4 决策信息化系统建设要求

4.4.1 应建立公路养护决策的信息化系统，利用系统开展公路技术状况数据管理和决策分析工作。

4.4.2 系统应包含如下功能：

- 1 公路数据库模块，可对不同公路设施的动态数据和静态数据进行管理。
- 2 对当前公路技术状况和历史技术状况进行综合分析和管理的。
- 3 对不同公路设施进行养护需求分析、养护预算分析和投资效益分析的功能。
- 4 具有项目库管理功能，可依据养护分析的结果对项目库进行动态管理。
- 5 应基于公路 GIS 地图，形成可视化展示和集成。
- 6 具有良好的交互性与扩展性，采用标准数据接口，可方便进行新增、修改、删除、导入、导出、查看、分析等操作。

4.4.3 系统数据应定期更新。

- 1 公路基础数据应至少每年更新一次。
- 2 公路技术状况数据应结合公路技术状况评定结果及时更新，至少每年更新一次。
- 3 养护决策分析模型应在分析之前结合实际情况进行更新。
- 4 项目库应根据年度计划编制情况动态更新。

## 5 公路基础数据与技术状况调查

### 5.1 一般规定

5.1.1 定期开展公路基础数据和技术状况调查，数据应详实、准确，每年不少于1次。

**【条文说明】**公路养护决策所使用的数据信息，涵盖公路基础数据、定期检查和特殊检查所获得的技术状况数据等各类数据，其中公路基础数据与技术状况调查，是公路养护决策工作的基础。

5.1.2 公路基础数据与技术状况调查，应包含现状数据与历史数据。

**【条文说明】**依据现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210），公路技术状况检测与调查范围主要包括路基、路面、桥隧构造物和沿线设施四部分内容。历史数据调查的时间范围宜在5年及以上，并依据空间位置信息，完成历年基础数据与技术状况的准确关联。

5.1.3 公路基础数据与技术状况调查，应制定详细的质量控制方案，确保数据的准确性、一致性和完整性。

**【条文说明】**针对参与公路基础数据与技术状况调查的人员、设备和工作标准等方面做出明确质量控制要求。

### 5.2 基础数据

5.2.1 公路基础数据，应包含属性数据、交通数据、养护历史数据、环境数据等。

5.2.2 属性数据，应包含路线、路基、路面、桥隧构造物、沿线设施基础信息数据等。基础信息数据调查样表，见本规范附录B表B-1~表B-4。

5.2.3 交通数据，应包含车型组成、日交通量、轴重等交通量调查数据，以及年均日交通量、交通量增长率、累计轴次等交通量统计数据。交通数据调查样表，见本规范附录B表B-5。

5.2.4 养护历史数据，应包含养护时间、养护位置、养护方案、工程费用等，养护历史数据调查样表，见本规范附录B表B-6~表B-9。

5.2.5 环境数据，应包含年平均气温、年最高气温、年最低气温及降雨量、周边环境及水文地质等，环境数据调查样表，见本规范附录 B 表 B-6~表 B-9。

### 5.3 技术状况调查

5.3.1 公路技术状况调查，应按照现行各类公路设施技术状况评定相关标准、规范规定的内容和频次，调查各类公路设施的技术状况数据。技术状况调查样表，见本规范附录 C 表 C-1、C-2。

**【条文说明】**现行各类公路设施技术状况评定相关标准、规范包括《公路技术状况评定标准》（JTG 5210）、《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）、《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）等。各省（市、区）可根据工作需要，在标准、规范基本要求基础上，增加调查的频次和指标。

5.3.2 公路技术状况调查，包括自动化检测与人工调查，同等条件下应优先采用新技术、新设备和自动化检测手段。

**【条文说明】**对于只能人工调查的情况，宜使用便携且易于数据采集和传输的设备来提升人工调查的效率与准确性。

5.3.3 公路技术状况数据调查应包含以下数据：

1 路基技术状况调查包括路肩损坏、边坡坍塌、水毁冲沟、路基构造物损坏、路缘石缺损、路基沉降和排水不畅等内容。

2 路面技术状况调查包括路面损坏、路面平整度、路面车辙、路面跳车、路面磨耗、路面抗滑性能和路面结构强度等内容。

3 桥梁技术状况调查包括桥梁构件、部件、桥面系、上部结构、下部结构等内容。

4 隧道技术状况调查包括洞口边仰坡、洞门、衬砌、防排水设施、斜（竖）井、检修道、吊顶及预埋件等内容。

5 沿线设施技术状况调查包括防护设施缺损、隔离栅损坏、标志缺损、标线缺损、绿化管护不善等内容。

## 6 公路技术状况分析

### 6.1 一般规定

6.1.1 公路技术状况分析，应包含当前技术状况分析、历史技术状况变化趋势分析、养护历史分析及病害诊断分析等内容。

**【条文说明】**公路技术状况分析，应为公路养护需求分析、公路养护工程项目库编制、公路养护效益评估等养护决策工作，提供支撑。

6.1.2 公路技术状况分析，应包含公路的整体技术状况及路基、路面、桥隧构造物、沿线设施等分项设施的技术状况。单个设施技术状况分析，应考虑其他设施的影响。

### 6.2 路基技术状况分析内容

6.2.1 路基技术状况分析，宜分析当前路基技术状况、跟养护目标的差距以及存在的薄弱环节；可按照不同行政等级、技术等级、以及管养特征等进行分析。路基技术状况分析内容，宜符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 路基技术状况分析内容

分析维度	分析内容
行政等级	国道、省道
技术等级	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
管养特征	路线、路段、管养单位、行政区划
特殊路基	软土地区路基、滑坡地段路基、岩坍与岩堆地段路基、泥石流地区路基、岩溶地区地基、多年冻土地区路基、黄土地区路基、膨胀土地区路基、盐渍土地区路基、沙漠地区路基、雪害地段路基、涎流冰地段路基

6.2.2 路基损坏特征分析，应基于多年技术状况调查数据、路基病害类别统计，进行病害特征、成因等维度的分析，宜结合交通数据、环境数据等，进行路基技术状况主要影响因素的研判。路基损坏特征分析，应包含总体情况、病害分布情况、病害较集中路段统计分析。

### 6.3 路面技术状况分析内容

6.3.1 路面技术状况分析，宜分析当前路面技术状况、跟养护目标的差距以及存在的薄弱环节；可按照不同行政等级、技术等级、以及管养特征等进行分析。路面技术状况分析内容宜符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 路面技术状况分析内容

分析维度	分析内容
行政等级	国道、省道
技术等级	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
管养特征	路线、路段、管养单位、行政区划
路面类型	沥青路面、水泥路面
路龄情况	0~2年、3~5年、6~8年、9~12年、12~15年、15年以上

6.3.2 路面损坏特征分析，应基于多年技术状况调查数据、路面病害类别统计，进行病害特征、成因等维度的分析，宜结合交通数据、环境数据等，进行路面技术状况主要影响因素的研判。路面损坏特征分析，应包含以下分析：

- 1 路面损坏总体情况分析；
- 2 路面各分项指标情况分析；
- 3 路面病害分布情况、病害较集中路段统计分析；
- 4 路面病害成因分析；
- 5 路面病害发展趋势分析。

**【条文说明】**此处路面损坏特征分析，包含路面各类病害、车辙、行驶质量、磨损、跳车、抗滑性能、结构强度等方面损坏的分析。

6.3.3 路面养护历史及效果分析，应结合已开展的路面养护方案和多年路面技术状况评价结果，开展以下分析：

- 1 路面总体路况变化分析；
- 2 路面养护投资与路面技术状况变化分析
- 3 路面衰变规律分析；
- 4 路面养护措施适用性评价；
- 5 养护时机合理性评价；
- 6 养护投资效益分析。

**【条文说明】**路面养护历史及效果分析，从宏观、中观和微观三个层面分析路面养护工作对路面技术状况的提升以及路面养护方案的适用性、路面技术状况衰减情况、以及养护方案及时机的选择，以及养护投资效益分析，为养护工程方案的选择、养护决策模型优化、养护资金优化分配等，提供技术支撑。

## 6.4 桥隧构造物技术状况分析内容

6.4.1 桥隧构造物技术状况分析，宜分析当前桥隧构造物技术状况、跟养护目标的差距以及存在的薄弱环节；可按照桥隧构造物的不同的类别和组成结构进行统计分析。桥梁、隧道及涵洞技术状况分析内容应符合表 6.4.1-1~6.4.1-3 的规定。

表 6.4.1-1 桥梁技术状况分析内容

分析维度	分析内容
行政等级	国道、省道
技术等级	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
管养特征	路线、路段、管养单位、行政区划
结构类型	梁桥、拱桥、悬索桥、斜拉桥
设施类型	主梁（拱）、桥墩、桥台、基础、支座、拉索系统、伸缩缝、桥面铺装、防排水系统、护栏
桥龄情况	0~5 年、5~10 年、10~15 年、15~20 年、20~25 年、25~30 年、30 年以上
设计荷载	公路 I 级、公路 II 级、汽车超 20 级、汽车 20 级、汽车 15 级

表 6.4.1-2 隧道技术状况分析内容

分析维度	分析内容
行政等级	国道、省道
技术等级	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
管养特征	路线、路段、管养单位、行政区划
设施类型	洞口、洞门、衬砌、路面、检修道、排水设施、吊顶及预埋件、内装饰
围岩地质条件	围岩等级、水文地质条件

表 6.4.1-3 涵洞技术状况分析内容

分析维度	分析内容
行政等级	国道、省道
技术等级	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
管养特征	路线、路段、管养单位、行政区划
设施类型	进出水口铺砌、翼墙、护坡、挡土墙，侧墙、盖板（拱顶）、填土、涵顶路面

6.4.2 桥隧构造物技术状况分析，应按照桥隧构造物的结构组成进行损坏归类分析，并满足下列规定：

1 桥梁技术状况分析应包括桥梁部件、桥面系、上部结构、下部结构和全桥状况等方面的分析。

2 隧道技术状况分析应包括隧道土建结构、其他工程设施和总体等方面的分析。

3 涵洞技术状况分析应包含进水口、出水口、涵身两侧、涵身顶部、涵底铺衬、涵顶填土和涵洞总体技术状况等方面的分析。

6.4.3 桥隧构造物病害情况分析，应包括病害总体情况分析、典型病害类别分析、病害发展变化情况分析、重点关注构造物分析、重点关注病害类型分析。

6.4.4 桥隧构造物检测结果分析，应包括周边环境与水文地质概况、交通流量及重载交通分析、年度定期检查情况分析、历史检查结果对比分析、维修养护措施分析、技术状况分析。

6.4.5 桥隧构造物养护历史及效果分析，应结合已开展的桥隧构造养护技术方案和多年桥隧构造物技术状况评价结果，开展桥隧构造物养护方案适用性评价以及养护时机合理性评价。

## 6.5 沿线设施技术状况分析内容

6.5.1 沿线设施技术状况分析，宜分析当前沿线设施技术状况、跟养护目标的差距以及存在的薄弱环节；可按照不同行政等级、技术等级、设施类型以及管养特征进行分析。沿线设施技术状况分析内容宜符合表 6.5.1 的规定。

表 6.5.1 沿线设施技术状况分析内容

分析维度	分析内容
行政等级	国道、省道
技术等级	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
管养特征	路线、路段、管养单位、行政区划
设施类型	防护设施、隔离栅、标志、标线、绿化

6.5.2 沿线设施损坏特征分析，应基于沿线设施损坏类别，进行损坏特征、成因等维度的分析，宜结合人工与自动化检测数据进行沿线设施技术状况主要影响因素的研判。

6.5.3 沿线设施养护历史及效果分析，应结合已开展的沿线设施养护方案和多年沿线设施技术状况评价结果，开展沿线设施养护措施适用性评价以及养护时机合理性评价。

## 7 公路养护决策分析

### 7.1 一般规定

7.1.1 养护决策分析，包括养护目标的制定、养护标准设置、养护决策模型建立与更新、养护决策分析方法选取和决策分析结果输出等内容。

**【条文说明】**根据养护管理工作需求，决策分析结果的输出，包含中长期养护规划、养护工程项目库和年度养护工程计划等。

7.1.2 养护决策模型，包括养护对策模型、使用性能预测模型、养护方案费用模型、优先排序模型等。应通过公路基础信息、环境参数、交通量、养护历史和技术状况数据进行定期标定和修正，各类模型参数应至少每年更新一次。

**【条文说明】**养护决策模型，是开展养护决策分析工作的基础，通过定期更新养护决策模型，确保养护决策分析成果的科学性和适用性。

7.1.3 养护决策分析方法，包括养护需求分析、养护预算分析、养护投资效益分析、养护资金优化分配等，根据养护决策工作需要，进行单一或组合选用。

### 7.2 养护目标与标准

7.2.1 养护目标，指公路养护管理部门根据行业发展目标、设施当前技术状况、经济发展水平、养护资金情况等因素，针对本区域内公路设施制定的，在一定时期内期望达到的技术状况水平。

**【条文说明】**设施养护目标，应以维护和修复设施结构性或功能性为目标，满足设施完整和外观质量、技术性能等各项质量的要求。

7.2.2 根据养护决策分析的目的，可将养护目标按照时间跨度分为短期目标、中期目标和长期目标。

- 1 短期目标，是指期望在 1 年达到的养护目标，可用于指导编制年度养护计划。
- 2 中期目标，是指期望在 2~5 年达到的养护目标，可用于指导编制养护工程项目库。
- 3 长期目标，是指期望在 5~10 年或更长的时间达到的养护目标，可用于指导编制中长期养护规划。

7.2.3 养护目标一般有最优服务目标、适度发展目标、最低服务目标三个选项，要根据各地基础条件、资金能力、社会要求等实际情况，实事求是、科学合理确定。

1 最优服务目标，路况达到最优水平或较当前路况水平明显提升，可以为社会公众出行提供最佳的服务水平和通行能力，养护投资效益最佳，道路使用者费用最低。

2 适度发展目标，受到养护资金限制，在最优服务目标和最低服务目标两个方案进行折中，使养护投资效益和公路路况水平均较现状略有提升，道路使用者费用中等。

3 最低服务目标，在养护资金严重受限的情况下，路况维持在现有水平或社会公众已难以接受比现状更差的公路路况水平，养护投资效益较差，道路使用者费用较高。

7.2.4 养护标准，指为达到制定的养护目标，针对不同公路设施设置的技术状况指标养护维修阈值，当设施单元任意一项指标低于养护标准时，该设施单元被列入备选养护需求。应综合考虑当前路况水平、路况衰减规律、养护资金等因素设置合理的养护标准。养护标准不应低于国家或交通运输行业对于公路设施本质安全的最低标准。

**【条文说明】**养护标准就是采取养护的时机，养护标准的高低与养护需求结果及预期达到的养护目标密切相关，养护标准过高则导致养护需求过大，不具备可操作性，过低则导致路况服务水平不足，养护资金使用效率下降。因此，养护标准的设置应客观、合理，具备可操作性，初步设定的养护标准应在最大和最小可接受水平之间。

7.2.5 养护标准，应结合行政区域、技术等级、设施类型的实际差异，针对设施的分项指标，按照预防养护和修复养护分别设置。

**【条文说明】**1 路基养护标准宜包含，路肩技术状况指数 VSCI、路堤与路床技术状况指数 ESCI、边坡技术状况指数 SSCI、既有防护及支挡结构物技术状况指数 RSCI、排水设施技术状况指数 DSCI 等分项指标的养护标准。

2 路面养护标准宜包含，路面损坏状况指数 PCI、路面行驶质量指数 RQI、路面车辙深度指数 RDI、路面跳车指数 PBI、路面磨耗指数 PWI、路面抗滑性能指数 SRI 和路面结构强度指数 PSSI 等分项指标的养护标准。

3 桥隧构造物养护标准宜包含桥梁、隧道、涵洞等设施的养护标准。

4 沿线设施养护标准宜包含，防护设施、隔离栅、标志、标线及绿化管护等设施的

养护标准。

7.2.6 应针对初步设定的养护标准开展敏感性分析，分析养护标准在上下浮动一定范围或一定比例时，对应的养护需求和预期达到的养护目标，进而确定最佳的养护标准。

**【条文说明】**对于路面养护标准来说，一般将路面 PCI、RQI 等指标上下浮动 5%左右开展敏感性分析，也可以在上下 5%以内设置多个标准开展分析。

### 7.3 养护决策模型

#### 7.3.1 养护对策模型

1 针对不同的设施分类，对公路技术等级、交通量、技术状况等主要的决策因素进行层级分类，宜按照不同的等级或数量分为 2-3 个层级。为各决策因素的不同层级组合提供对应的养护方案对策，构建养护对策模型。

**【条文说明】**养护对策模型，即根据公路技术等级、交通量、技术状况等，选择日常养护、预防养护、修复养护等对策方案。

2 养护对策模型可采用决策树或决策矩阵的形式，结合地方技术特点、经验和管理需求构建。

**【条文说明】**决策树，是通过一定的形式（树结构等），根据公路技术等级、交通量、技术状况等各种影响决策的因素，将路网不断进行分枝、细化，综合考虑各种组合条件，在各个分枝的枝末，各处各种组合条件限制下的项目可能的处治对策。

3 应对养护对策模型进行定期更新，根据养护方案应用效果评价，将养护效果较好、经济适用的新养护方案纳入养护对策模型库中，剔除养护效果或经济适用性较差的养护方案。

#### 4 路基养护对策模型

路基养护对策应根据路基技术状况评定结果、养护工作对象与内容，以及病害处治类型，可按表 7.3.2-1 进行选择。对于路基某一养护工作对象与内容，存在两个或以上对策可供选择时，应根据实际情况选择其一。

表 7.3.2-1 路基养护对策

养护工作对象与内容		日常养护		养护工程	
		日常养护	日常维修	预防养护	修复养护
路肩	路肩清扫	√	—	—	—
	路肩整修	√	√	—	√
	路缘石维修	√	√	—	√
路堤与路床	沉降处治	—	—	√	√
	开裂滑移处治	—	—	√	√
	冻胀翻浆处治	—	√	—	√
	桥头跳车处治	—	—	√	√
边坡	坡面防护	√	√	√	√
	碎落崩塌处治	√	√	√	√
	局部坍塌处治	—	√	√	√
	滑坡处治	—	—	—	√
既有防护及支挡结构物	表观破损处治	—	√	—	√
	排(泄)水孔淤塞处治	√	√	—	√
	局部损坏修复	—	√	√	√
	结构失稳加固	—	—	—	√
排水设施	排水设施疏通	√	√	—	√
	排水设施修复	—	√	√	√
	排水设施增设	—	—	√	√

### 5 路面养护对策模型

利用路面技术状况数据对评价单元进行评价分析后, 可将各评价单元划分为预防养护及修复养护等养护类型, 划分方法应符合表 7.3.2-2 的规定。

表 7.3.2-2 评价单元养护类型划分方法

值域范围				养护类型
PCI	RQI	RDI	SRI	
≥A1	≥B1	≥C	<D	预防养护
		<C	—	修复养护
	B2~B1	—	—	预防养护
A2~A1	<B2	—	—	修复养护
	≥B2	—	—	预防养护
<A2	<B2	—	—	修复养护
<A2	—	—	—	修复养护

表 7.3.2-2 中各指标值域应根据各评价单元的建养历史、交通状况、养护水平、路况现状及养护目标等因素综合确定。在缺少相关数据及经验的情况下, 可参考表 7.3.2-3 的取值范围。

表 7.3.2-3 养护标准值参考范围

公路等级	值域范围					
	PCI		RQI		RDI	SRI
	A1	A2	B1	B2	C	D
高速及一级	90	85	90	85	80	75
二级及三级	85	80	85	80	80	—
四级	80	75	—	—	—	—

## 6 桥梁养护对策模型

利用桥梁技术状况数据对评价单元进行评价分析后,可将桥梁构件及全桥的划分为预防养护及修复养护等养护类型,划分方法应符合表 7.3.2-4、7.3.2-5、7.3.2-6 的规定。

表 7.3.2-4 构件技术状况等级和养护类型

构件技术状况等级	状态	养护类型
1	完好	正常保养
2	良好	预防养护/修复养护
3	中等	修复养护/加固
4	较差	修复养护/加固或更换
5	差的	修复养护/加固或更换

表 7.3.2-5 桥梁技术状况等级和养护类型

桥梁技术状况等级	状态	养护类型
1 类	完好、良好	预防养护
2 类	较好	修复养护、预防养护
3 类	较差	修复养护、加固或更换较大缺陷构件
4 类	差	修复养护、加固或改造
5 类	危险	修复养护, 改建或重建

表 7.3.2-6 涵洞技术状况评定标准和养护类型

技术状况评定等级	涵洞技术状况描述	养护类型
好	各构件及附属结构完好, 使用正常	预防养护
较好	主要构件有轻微缺损, 对使用功能无影响	预防养护
较差	主要构件有中等缺损, 病害发展缓慢, 尚能维持正常使用功能	修复养护
差	主要构件有大的缺损, 严重影响涵洞使用功能; 或影响承载能力, 不能保证正常使用	修复养护、加固或改造
危险	主要构件存在严重缺损, 不能正常使用, 危及涵洞结构安全	修复养护、改建或重建

## 7 隧道养护对策模型

利用隧道病害数据对评价单元进行评价分析后,可将隧道养护类型的划分为预防养护及修复养护等养护类型,划分方法应符合表 7.3.2-7 的规定。

表 7.3.2-7 构件技术状况等级和养护类型

构件技术状况等级	养护类型
1 类	预防养护
2 类	预防养护
3 类	修复养护
4 类	修复养护/加固
5 类	修复养护/加固

## 8 沿线设施养护对策模型

沿线养护对策应根据沿线设施技术状况评定结果、养护工作对象与内容，以及病害处治类型，可按表 7.3.2-8 进行选择。对于沿线设施某一养护工作对象与内容，存在两个或以上对策可供选择时，应根据实际情况选择其一。

表 7.3.2-8 沿线设施养护对策

沿线设施	日常养护		修复养护	
	日常养护	日常维修	预防养护	修复养护
防护设施	—	√	—	√
隔离栅	—	√	—	√
标志	√	√	—	√
标线	—	—	—	√
公路沿线绿化	√	—	—	√

7.3.2 使用性能预测模型，应能表征设施技术状况随着时间变化的规律，应能根据当前的设施技术状况，预测未来 5~10 年的技术状况变化趋势。使用性能预测模型，形式应尽量简单，容易建立和定期优化更新。

**【条文说明】**根据技术发展现状，路面使用性能预测模型相对比较成熟，目前已大规模应用。桥隧等结构物也开展了基于路网级的概率性预测模型等研究，可以预测未来一定时期内路网内桥隧数量的等级分布情况，用于费用估算，但不适用于单个桥隧的技术状况预测。其他设施还没有成熟的性能预测技术，本规范不做相关要求。

### 7.3.3 路面使用性能预测模型

**【条文说明】**路面使用性能预测模型，用于预测路面各项性能指标在未来若干年内的变化趋势，它既是中长期养护规划的基础，也是公路全寿命周期费用预测的基础。

1 在路面养护管理中，构建或标定路面性能预测模型常用的方法是统计回归方法和专家评价方法。

2 路面使用性能预测模型，宜不少于路面结构、交通量和路龄 3 个变量。

**【条文说明】**影响路面技术状况的因素有很多，如路面类型、气候条件、路龄因素、公路等级、交通量、养护水平、路面材料等。在构建路面性能预测模型时应对变量加以选择，太多的变量可能会导致模型稳定性差，太少的变量可能会导致模型可靠性差，不能反映路面性能实际的变化。通常情况下，路面性能预测模型宜选用不少于路面结构、交通量和路龄 3 个变量。

3 统计回归方法，即采用历史数据回归方法建立的预测模型，模型形式可采用负指数

型或 S 型曲线；参与建模的历史数据必须真实、可靠、检测指标和检测方法统一，历史数据的时间跨度应达到 5 年以上；建立的回归模型相关性系数  $R^2$  应在 0.8 以上。

4 当历史数据不能满足建模要求时，可采用专家评价方法建立预测模型。

1) 预测模型采用折线形式，其基本的假设是：路况的发展是分阶段的，在每一个阶段内，路况衰变是均匀一致的。

2) 通过专家问卷调查，确定每个阶段的路龄起始时间以及路面性能衰变的速率或每个阶段起始时路面性能的指标值，也即折线模型的参数。

3) 参与调查的专家应具有 10 年以上的公路养护管理经验，熟悉路面性能评价方法，掌握路面性能衰变的规律和大中修养护周期。

5 当专家评价方法不具备条件时，亦可采用路面大中修周期数据来对长期使用性能预测模型进行标定。

#### 7.3.4 桥隧构造物使用性能预测模型

1 进行技术状况预测时，应基于技术状况评分的历史数据进行预测。

2 建立预测模型时应综合考虑构造物交通量、路线等级、运营时间、结构类型、规模等影响因子对技术状况进行预测分析。

3 预测模型可根据需要选用物理力学模型、确定型模型、概率型模型、人工智能模型等多种方法，各类预测模型参数应定期进行标定和修正。

4 对于混凝土结构、圬工结构、钢结构等不同材料类型的构造物，宜根据材料类型建立不同的预测模型。

5 对于“三特”桥梁、特长隧道等大规模构造物，宜按照单个构造物进行技术状况预测。

6 对于运营环境、结构类型等相近的构造物，可采用统一的预测模型进行宏观预测分析。

#### 7.3.5 养护方案费用模型

1 针对不同的设施类型、技术等级分类、路面类型、养护性质等不同的养护对策分类，分别建立对应的养护方案费用模型，每一类养护对策宜构建 2-3 种养护方案费用模型，并明确其适用性或优先级。对于地区差异明显的，可分别建立养护方案费用模型。

2 可通过调研的方式建立养护方案费用模型，结合使用习惯选择当地应用比较成熟的、路用性能和经济效益比较好的养护技术，也可选择其他单位的新技术并加强使用性能的观测。养护方案费用模型典型格式示例见表 7.3.1-1、7.3.1-2。

3 养护方案的费用可根据需要选择通过费用估算、定额进行测算、采用补助单价等方式测算。

表 7.3.1-1 养护方案费用模型的典型格式示例（路基、路面、沿线设施）

设施类型	技术等级	交通量	养护工程	养护方案	单价 (元)	公里建安费 (万元)	公里造价 (万元)
路基							
路面							
沿线设施							

表 7.3.1-2 养护方案费用模型的典型格式示例（桥涵和隧道）

构件类型	材料	养护工程	养护方案	平米/单价 (元)	单桥建安费 (万元)	桥梁造价 (万元)
主梁	混凝土	预防养护	混凝土表面处理			
主梁	混凝土	预防养护	混凝土表层缺陷修补			
桥墩	混凝土	预防养护	混凝土裂缝处理			
钢桁架	钢材	预防养护	钢结构表面除锈、防护			
钢支座	钢材	预防养护	钢筋阻锈、混凝土防护			
桥面铺装	沥青混凝土	预防养护	桥面铺装维修			
		预防养护	钢筋混凝土护栏养护刷漆			
		预防养护	人行道板维修			
		修复养护	增大截面			
		修复养护	粘贴钢板			
		修复养护	碳纤维加固			
		修复养护	钢板加固			
		修复养护	增设混凝土横隔板			
			更换吊（拉）索			
			支座保养			
			支座更换			
			更换伸缩缝			
			地基注浆			
			基础防冲刷			
			基础扩大			

### 7.3.6 优先排序模型

1 优先排序模型，是考虑资金等约束条件，根据路况、经济等数据计算出来的一定排序指标（如路况指标、净现值或效益费用等），作为对养护需求的项目进行实施优先级比较的依据。

2 根据排序指标对所有需求项目进行排序，最后根据整个排序进行一年或多年的项目选择决策。优先排序模型的构建参考附录 G。

**【条文说明】**优先排序，是将路况数据转换为一定数值范围的指数，按照公路的路面类型、交通量、技术等级和其他相关特性进行分类，并按照该指数对所有的路段进行排序。不同的公路机构根据各自需要，采用不同的排序标准。

## 7.4 养护需求分析

7.4.1 养护需求分析，应在不考虑资金限制约束下，基于设定的养护标准，确定需要养护的设施或设施构件、养护时机、养护措施和养护费用等。

7.4.2 养护需求分析结果，应包括需求汇总、设施技术状况预测、空间分析、时序分析和详细需求等内容。

**【条文说明】**利用构建的使用性能预测模型，开展设施技术状况预测，分析不同养护标准下的养护需求，是否达到预期养护目标。

7.4.3 应对不同养护标准下的养护需求分析结果进行对比分析，综合考虑预期养护目标和资金需求等因素，确定最优的养护标准。

## 7.5 养护预算分析

7.5.1 养护预算分析，是在指定的预期服务水平约束下，根据设施当前的技术状况和预测的未来的技术状况，确定当前或分析期内任一年内，把设施技术状况维持在要求的服务水平之上所需要的最小养护预算费用和工程量。

7.5.2 养护预算分析结果，应包括预算汇总、设施技术状况预测、空间分析、时序分析和详细需求等。

**【条文说明】** 养护预算即公路养护管理机构在分析期内拟投入的养护预算费用，通常情况下公路养护管理机构预算费用各年度确保相对均衡。若为取得分析期内各年度养护预算费用，也可将养护需求分析结果中各年度养护费用算术平均分配至各年度，作为对各年度资金的上限约束，数值也可向上浮动，原则上保证 100% 投资比例分析结果中，每年资金量持平。

## 7.6 养护投资效益分析

7.6.1 养护投资效益分析，是指通过分析公路养护投资和设施养护后技术状况的关系，可获得分析期内不同投资规模下的路网内设施预期服务水平，为决策者提供公路养护投资的选择方案。

7.6.2 养护投资效益分析，可根据分析的需要选择不同的比例，投资比例范围 0%~100%。

7.6.3 养护投资效益分析，宜包括投资效益、效益汇总、养护质量、空间分析、时序分析等不同投资比例的分析结果，路网中修复养护、预防养护和日常养护里程和资金投入和各年度路况服务水平。

**【条文说明】** 养护投资效益分析中，路网内公路技术状况的维持和改善，是最显著的投资效益。

## 7.7 养护资金优化分配

7.7.1 若养护投资水平低于实际的养护资金需求，应对已确定需要进行维修的路段或设施，通过优先排序、方案比选、经济分析及优化决策，将有限的养护资金分配到路网中最需要处治的项目上，从而获得最大的投资效益。

7.7.2 养护资金优化分配应考虑技术与经济两方面的因素。技术上应考虑不同养护方案的可行性，经济上应为投资效益最大化。

7.7.3 在考虑养护效益指标时，除考虑路段本身的技术状况之外，应综合考虑安全、通行能力等用户指标，以及环保等社会因素。

**【条文说明】**在进行养护资金优化分配时，应充分重视公路安全因素，以确保公路设施安全为优先条件。

7.7.4 养护资金优化分配包括单一设施单年度养护资金优化分配、单一设施多年度养护资金优化分配、多设施养护资金优化分配。

7.7.5 单一设施单年度养护资金优化分配，宜根据现有的标准或依据，对养护工程项目库或养护规划项目库中所有需进行养护的项目做出优先级排序，在进行下一年养护资金分配时优先考虑获得效益更大或养护需求更迫切的项目。

7.7.6 单一设施多年度养护资金优化分配，除使用优先排序模型外，还需采用公路技术状况预测模型预估各路段的使用性能达到需采取养护措施的年度，进而将路网内的路段按养护年度划分为相应的类型，即可按照路网级单年度养护资金优化分配问题对多个年度进行养护资金优化分配。

**【条文说明】**单一设施多年度养护资金优化分配，宜考虑多年养护资金投入的均衡。

7.7.7 多设施养护资金优化分配，可开展多设施养护投入效益分析，在预算约束的情况下，综合考虑不同资金分配水平下系统达到的效益均衡，以及不同路段达到的效益均衡，从而确定最优的分配策略。

**【条文说明】**多设施养护资金优化分配，在以满足各类设施养护目标的前提下，确保资金投入的均衡性。

7.7.8 在进行不同设施养护资金优化分配时，考虑到不同设施的差异，可针对各类设施技术状况设置路段重要性系数，在进行优先排序或目标规划时计算相应的路段养护综合指标与养护效益。

7.7.9 在进行养护资金分配时，应充分考虑路网中不同区域的差异，兼顾养护效益和投资的均衡性。

**【条文说明】**路网中不同区域技术状况差异过大时，养护资金分配在向技术状况水平较

低区域倾斜的同时，应兼顾技术状况水平较好的区域的养护需求，确保这部分区域不会因为养护资金的不足导致设施技术状况的快速衰减。

7.7.10 应根据养护资金优化分配的结果在合理范围内对养护标准进行调整，通过多次重复得到养护资金最优分配结果。

**【条文说明】**通过适当调整养护标准，也可达到平衡路网中不同区域养护资金投入的效果。

## 8 公路养护工程项目库编制

### 8.1 一般规定

8.1.1 应结合中长期养护规划和年度养护需求分析结果，推动构建符合本地管理需求的养护工程项目库，规范以项目库为主要依据的年度养护建议计划编制流程。

**【条文说明】**构建养护工程项目库是落实养护发展目标、中长期养护规划的重要方式，也是科学制定年度养护建议计划的必要前提。确保一定水准的养护工程项目储备，是实现养护资金效益最优的必要保障之一。

通过中长期养护规划、养护工程项目库构建以及年度养护建议计划编制等工作流程，将中长期养护发展目标，不断的细化、具体化和准确化。

8.1.2 应根据养护对象分类构建养护工程项目库，包括路基、路面、桥隧构造物、沿线设施等。在对路面等主体工程实施养护工程的同时应完善配套附属设施。

8.1.3 在编制年度养护建议计划时，应根据现有的标准或依据进行养护资金优化分配，在决策时优先考虑养护需求更迫切或效益更优的项目。

### 8.2 中长期养护规划

8.2.1 依据路网中长期养护发展目标，编制中长期养护规划。

**【条文说明】**中长期养护规划是对路网中长期养护发展目标的细化和任务的分解。通过中长期养护规划，对公路设施易损性分析和有效的风险评估，进一步指导中长期养护管理工作，对可能存在的设施性能的衰变、养护需求增加，进行科学的预判与适当的干预，避免因设施养护需求的突然爆发，养护资金筹措不足或不及时等，导致的设施技术状况的快速衰减和可能引发的安全风险。

8.2.2 中长期养护规划应至少包括当前公路路况、公路长期性能、多年养护需求、多年养护预算、养护投资效果与效益预测等主要内容。

**【条文说明】**中长期养护规划更加侧重为达到路网中长期养护发展目标，在宏观层面养护资金投入估算。

8.2.3 中长期养护规划年限应不小于 5 年，宜采用 10 年。

### 8.3 养护工程项目库编制

8.3.1 应结合公路养护规划目标和中长期养护规划，在养护需求分析的基础上，综合考虑资金、政策等约束条件进行优化分析，编制养护工程项目库。公路养护工程项目库宜储备 3-5 年的项目。

**【条文说明】**养护工程项目库，是对中长期养护规划的进一步细化，项目养护方案更加具体和准确，

8.3.2 每个入库项目应包含设施类型、位置、大小、现有技术状况、推荐养护方案、实施时间、资金需求等信息。养护工程项目库样表见附录 F。

养护工程项目库编制完成后，应汇总每年路网项目预算信息和预测项目实施后一定时期内的路网技术状况。

8.3.3 在进行养护工程项目库编制时，宜将养护性质相似且空间连续的路段进行归类合并，考虑的因素包括路面类型、横断面形式、养护历史、交通状况、路面技术状况、养护类型等。

**【条文说明】**对于养护精细化程度较高的高等级公路，路面养护可按车道，并以百米或更小的单位进行养护工程项目库的编制。

8.3.4 应根据当年度公路技术状况和养护需求分析结果，对养护工程项目库进行年度动态更新，调整已入库项目实施时间与具体措施、新增入库项目或移除已入库项目。

在路网未发生较大规模公路技术状况突变的前提下，年度更新养护工程项目规模不宜超过项目库总规模的 30%。

**【条文说明】**通过控制年度养护工程项目库调整比例不得超过 30%，进一步降低养护工程项目库构建和调整的随意性。养护工程项目库的调整比例，可按照养护资金投入或项目工程量来进行计算。

8.3.5 宜结合历年养护工程预算情况，提前对入库项目进行方案设计等前期工作。应及时开展专项调查，根据公路技术状况、病害情况、发展趋势，综合考虑技术、经济、安全、环保等因素，合理确定养护技术方案。

#### 8.4 养护工程技术方案确定原则

8.4.1 公路养护工程技术方案确定应在养护决策分析的基础上，根据养护工程设计类型与病害类型确定设计原则、设计标准、设计方案及其他技术要求等内容。

8.4.2 公路养护工程技术方案确定应根据设计需要开展专项检测。

**【条文说明】**公路养护工程技术方案确定，养护决策分析提出的养护对策方案的基础上，开展相应的专项检测，如路面养护工程可补充路面芯样检测、地质雷达检测等，进一步确认设施技术状况，并提出更加精准的养护工程技术方案。

8.4.3 公路养护工程技术方案确定应综合考虑养护计划、建养情况、交通状况、病害情况及发展趋势、技术发展水平及工程实施条件等因素，并应符合下列规定：

- 1 应根据养护工程的项目特点、公路等级、交通量与交通荷载条件及所在的公路自然区划等进行针对性设计。
- 2 应针对不同病害的分布特点进行分类、分段设计。
- 3 公路养护工程技术方案确定实行动态设计，应在养护工程实施过程中根据病害发展情况开展必要的优化设计。
- 4 城镇段公路修复养护工程设计宜兼顾城镇道路的功能需求。

8.4.4 公路养护工程技术方案确定应根据养护目标合理选用设计指标和标准：

- 1 路面养护应根据养护类型确定养护措施设计使用年限。
- 2 桥涵养护宜维持原设计使用年限，可更换桥涵部件应满足新建设计使用年限要求。对于年代久远、资料缺失的桥涵，养护设计标准可采用同时期类似工程。结构性修复养护荷载标准不宜低于公路 II 级。

3 新设或集中更换、改造交通安全设施宜采用现行设计标准。

**【条文说明】**本规范中，仅对公路养护工程技术方案确定提出原则性要求，具体要求参考各类设施相应的养护技术规范。

## 8.5 养护建议计划编制

8.5.1 在养护工程项目库的基础上，结合年度路况检测结果和分析结果，依据下一年度资金预算进行养护资金优化分配，按照统筹安排、轻重缓急的原则，编制年度养护建议计划。

8.5.2 在编制年度养护建议计划时，应优先考虑以下项目：

- 1 与公众安全出行相关的危桥（隧）改造、公路安全生命防护工程、灾害防治工程等。
- 2 具有重大政治、经济意义的项目。
- 3 路况水平较差、明显影响公路整体服务水平的项目。
- 4 全寿命周期综合效益较好的预防性养护工程项目。

**【条文说明】**养护建议计划的编制，应以保障公路安全运行为前提和优先条件。

## 9 公路养护效益评估

### 9.1 一般规定

9.1.1 为掌握公路养护决策达到既定养护目标的程度，开展公路养护效益评估。

**【条文说明】**公路养护效益评估是对公路养护决策的评价，也是优化公路养护决策工作的重要依据。

9.1.2 公路养护效益评估，应包含公路养护工程效益评估和路网养护效果评估。

9.1.3 应定量评估与定性评估相结合，以定量评估为主。

**【条文说明】**公路养护效益评估中，无法进行定量评估的工作，可采用定性评估。

9.1.4 公路养护效益评估结果，宜分阶段反馈养护决策各环节，以改善养护决策方法，优化养护决策模型，逐步提升养护决策的科学化水平。

### 9.2 养护工程效益评估

9.2.1 养护工程效益评估宜从设施技术状况的提升、设施服务水平的改善、长期路用性能等方面进行。

**【条文说明】**设施技术状况的提升，分为绝对提升和相对提升两种情况。绝对提升，即使用该养护方案后，设施达到的技术状况水平；相对提升，即使用该养护方案后，相较于实施养护方案前技术状况水平的提升。

设施服务水平的改造，即相较于养护工程实施前，公路的服务水平的提升。

通过多年设施技术状况连续检测评定的方式，进行设施长期路用性能评估。

9.2.2 应对上一年度实施的养护工程进行效益评估，分析通过实施养护工程对整个路网或单个项目技术状况的改善效果。

针对效益较差或未达到预期目标的工程项目，应有针对性的分析其产生原因，

不断改善设计和施工水平。

9.2.3 应选择代表性路段，对当地典型养护方案、典型结构长期路用性能进行跟踪监测。时间从养护工程实施完成开始，到下次实施养护工程为止。

**【条文说明】**目的是了解典型结构适用性、典型方案的科学性，修正相关模型，包括评价模型，评定模型。

### 9.3 路网养护效果评估

9.3.1 路网养护效果评估应包括养护科学决策使用率评估、路网技术状况改善情况评估、养护资金使用效益评估、养护预期目标实现程度评估。

9.3.2 应通过以下两个方面，对养护科学决策使用率进行评估，逐步提升科学决策使用率。

**【条文说明】**科学决策使用率，是反映路网养护管理中科学决策的应用深度，同时也是对科学决策成果对于当前路网的适用性的评价。通车情况下，科学决策的使用率宜在 80%以上。

1 实施的养护工程数量或资金投入，同养护建议计划的工程项目数量或资金投入额度的吻合率，主要评估实际的养护投入是否到位。

**【条文说明】**实施的养护工程数量或资金投入/养护建议计划中工程数量或资金投入 $\times 100\%$ 。

2 实施的养护计划与养护建议计划项目的吻合率，主要评估养护计划安排的合理性和决策建议的科学性。

**【条文说明】**养护建议计划项目中实施的项目工程数量或资金投入/养护建议计划项目工程数量或资金投入 $\times 100\%$ 。

9.3.3 路网技术状况改善情况评估，以年度为单位，路网实施养护工程后技术状况的提升，可分为路网设施总体技术状况的改善和实施养护工程设施技术状况的总体改善。

9.3.4 养护资金使用效益评估，可按照时间维度上，本路网多年养护资金使用效益的评估；亦可按照空间维度，与其他路网进行养护资金使用效益对比分析。

**【条文说明】** 养护资金使用效益评估，可根据本路网多年养护资金使用效益，评估年度养护资金使用效益是否达到多年养护资金使用效益的平均水平，或者在多年养护资金使用效益所处水平；宜可选取相似路网或养护效益较优路网，进行路网养护资金使用效益进行对比分析。

9.3.5 应对养护计划实施后路网技术状况是否达到预期养护目标进行评估，对产生的偏差进行原因分析，持续完善相关决策模型。

9.3.6 应逐年分析路网养护投入和路网技术状况的关系，逐步建立适应当地特点的养护投入和产出关系，为确定相关管理政策和目标提供依据。

9.3.7 可通过资产评估的方法评价养护工程实施前后设施资产价值的变化，资产评估方法参考附录 G。

**【条文说明】** 公路资产评估是发达国家较为先进的公路管理方法，根据我国财税体制改革的相关政策、公共基础设施评估准则和会计准则，针对公路网基础设施资产评估实现对其价值化管理，使投资决策者对公路基础设施总资产年度变化情况有更加客观的理解，从而在制定中长期养护规划、年度养护建议计划、投资策略和实施方案的过程中能够依托准确的数据和详实的资料，做出更为科学合理的决策，确保投资效益最大化和服务水平最优化。

## 附录 A 公路养护典型处治措施

### A.1 路基养护典型处治措施

**A.1.1** 路基养护范围应包括地基、路堤、边坡及结构物、排水设施等。

**A.1.1** 路基应加强预防性养护工作，及时排查病害及灾害的各类隐患。

当路基及结构物技术状况为优良，但有局部轻微损坏或病害迹象时，应适时采取预防性养护措施，防止或延缓病害发生和发展。

**A.1.2** 当路基及结构物出现明显病害或较大损坏，技术状况等级为中，或出现局部损坏时，应实施修复养护工程，及时处治或加固。

路基修复养护典型养护措施及适用范围见表 A.1.1。

表 A.1.1 路基修复典型养护措施

结构类型	养护分类	常见病害	养护措施
路基	地基、路堤	1.路基发生翻浆、沉降等病害；	可采用换填改良、化学改良、注浆或粉喷加固等，并应做好排水。
		2.路基发生不均匀沉降；	可采用水泥搅拌桩、水泥粉煤灰碎石桩、预应力混凝土管桩或挤密砂石桩等复合地基。
		3.路基发生侧滑失稳；	可采用锚固法、预应力混凝土管桩、微型钢管桩、注浆法、挡土墙、挡土墙加双锚技术或反压护道法等。
		4.路基出现空洞和塌陷等病害。	可采用开挖回填、灌砂浆或压力注浆等方法。
	边坡、结构物	1.路基边坡出现冲刷、风化剥落或碎落明塌等浅表病害；	应及时清理和整理坡面，可采取生态防护、工程防护或冲刷防护等措施。
		2.边坡工程变形及失稳与地表水或地下水直接相关时；	应采取截排水等工程措施。
		3.路堑边坡整体稳定性及支护截个结构稳定性等不满足要求；	可选用削方减载法或堆载反压法。
		4.发生较大变形和开裂的边坡，或支护结构承载能力、抗滑移或抗倾覆能力等不满足要求，且有锚固条件时；	可选用锚固法。
		5.当边坡整体稳定性或支护结构稳定性不满足要求，且嵌岩段地基强度较高时；	可选用抗滑桩法。
		6.支护结构、构件或基础加固；	可选用加大截面法。
		7.支护结构地基土、岩土边坡坡体、抗滑桩前土体或提高土体抗剪参数值的加固。	可选用注浆法。
	排水设施	1.当排水设施出现堵塞、损坏和冲刷时；	应及时疏通、修复或加固。
		2.原有排水设施无法正常排水时；	应及时采取清理、修补、改造或增设等措施进行恢复和完善。
		3.当土质边沟、截水沟、排水沟等出现冲刷或渗漏等病害时；	应根据地形、地质和纵坡等条件，采取稳定土、碎砾石、干砌片石、浆砌片石或预制块等加固措施。

	特殊路基	1.当路基出现翻浆、沉降或侧滑失稳等病害时;	见地基、路堤处治方式。
		2.坍塌病害;	宜采取截排水、刷坡、支撑及嵌补、锚固及注浆、挂网喷射混凝土、围护、拦截或遮挡等措施。
		3.其余不良地质路基;	对损坏的设施应及时修复,治理措施和设施功能不完善时,应及时予以改造。

## A.2 路面养护典型处治措施

### A.2.1 路面预防养护典型养护措施及适用范围见表 A.2.1。

A.2.1 路面预防养护典型措施

路面类型	养护类别	养护措施	适用范围
沥青路面	封层类	微表处、碎石封层、含砂雾封层及复合封层等。	1.路面尚未出现病害或出现轻微松散麻面、渗水或沥青老化等病害; 2.当抗滑性能较好,且需要封水时,可选用含砂雾封层; 3.当抗滑性能不足时,对于二级以上公路宜选用微表处;二级及以下公路宜选用碎石封层、稀浆封层; 4.复合封层适用于各级公路。
	罩面类	超薄磨耗层、薄层罩面、	1.路面出现局部病害,如网裂、渗水、抗滑性能或平整度不足,可选用功能性罩面; 2.罩面类适用于各级公路。
水泥路面	罩面类	加铺罩面	1.当混凝土板结构强度较好,破损较少,路面抗滑性能或平整度不足时,可采取聚合物砂浆罩面或薄层沥青混凝土罩面等措施; 2.罩面类适用于各级公路。
	注浆类	板底注浆、路床加固注浆、填充灌浆等。	因基层冲刷、路床软弱、路基不均匀沉降等造成的路面局部脱空或错台等病害。

### A.2.2 路面修复典型养护措施见表 A.2.2。

表 A.2.2 路面修复典型养护措施

路面类型	养护分类	养护措施	适用范围
沥青路面	功能性修复	直接加铺、铣刨加铺	1.路面出现局部病害,如网裂、渗水、抗滑性能或平整度不足,可对表面层进行罩面或铣刨加铺; 2.适用于各级公路。
	结构性修复	面层翻修	当面层损坏严重但基层较完好时,可只对面层处治。
		面层、基层翻修	当路面面层和基层均损坏时,应对面层和基层整体处治。
水泥路面	局部结构性损坏	水泥混凝土换板、植筋补强、设置隔离缝、补设传力杆、拱起修复及组合式沥青混凝土加铺等。	当局部出现结构性损坏时,应采取一种或多种组合措施。
	整体结构性损坏	水泥混凝土碎石化等。	适用于水泥混凝土板破碎严重,不再适合修补水泥混凝土板。

### A.3 桥涵养护典型处治措施

**A.3.1** 桥涵养护范围应包括桥面系、上部结构、下部结构、涵洞、调治构造物及其它工程等。桥涵典型病害及养护措施见表 A.3.1。

表 A.3.1 桥涵典型养护措施

结构类型	养护分类		工程病害	养护措施
桥梁涵洞	桥面系及附属设施		1.桥面铺装层病害;	可采取局部修补或整跨重铺措施。
			2.伸缩缝出现松动、翘裂、破损、老化或功能失效;	应及时修理或更换。
			3.桥头搭板脱空、断裂或枕梁下沉引起的桥路连接不顺适;	应结合路基病害处治及时修复或重新浇筑搭板。
			4.其他: 护栏、灯具、交通标志标线、防眩板及隔离栅等病害;	出现损坏时应及时维修或更换。
	上部结构	钢筋混凝土及预应力混凝土	1.结构表面出现混凝土剥落、蜂窝麻面、露筋及钢筋锈蚀等病害;	应及时进行钢筋除锈和混凝土修补处理。
			2.结构出现非结构性裂缝;	在不影响结构安全的前提下可封闭处理。
			3.构件出现明显损伤, 或产生明显变形和位移;	应及时修复或加固。
			4.预应力钢束或锚固区存在明显病害;	应及时修复或加固。
			5.体外预应力钢束失效;	应及时更换。
			6.主梁挠度超过规定的允许值并有发展趋势;	应及时加固或更换构件。
			7.支座出现病害或构件失效;	应及时处治或更换。
	8.典型加固方法	应根据上部结构形式、病害类型、分布和严重程度等确定, 可采用施加体外预应力、改变结构体系、增大截面、更换主梁、增强横向整体性、粘贴纤维复合材料或钢板等方法, 以及多种方法的组合。		
	拱桥	(一) 圯工拱桥		
1.结构表面出现风化、剥落;		应及时修补。		
2.砌体出现孔洞、碎裂、松动、灰缝脱落和渗水等;		应及时修补。		

结构类型	养护分类	工程病害	养护措施	
		3.砌体损坏严重、拱圈强度不足、变形超过限值、拱脚发生明显位移，或拱轴线发生严重变形；	应及时加固。	
		4.加固措施	应根据病害类型、分布和严重程度等确定，可采用增大主拱截面、调整拱上建筑恒载或增强横向整体性等方法。	
		(二) 钢筋混凝土拱桥		
		1.主拱圈、肋拱、双曲拱、桁架拱、刚架拱等构件表面发生混凝土剥落、露筋等现象；	应及时进行钢筋除锈和混凝土修补处理。	
		2.钢管混凝土结构存在管内混凝土脱空；	应及时处治。	
		3.上部结构各部位出现开裂、破损或渗水等病害；	应及时修复或加固。	
		4.主拱圈、拱肋裂缝宽度超过限值、变形异常、拱顶下挠严重、强度或刚度不足时；	应限制或禁止通行，并及时进行加固。	
		5.加固措施	应根据桥型、病害类型、分布和严重程度等确定，可采用增大截面、粘贴纤维复合材料或钢板、更换吊杆或索杆、增强横向整体性、调整拱上恒载或施加体外预应力等方法。	
		钢桥	1.钢桥构件涂装层局部破损，当病害面积达到物件面积的 10% 以上时；	应及时处理涂装层病害；当达到 10% 以上时，整孔、整桥重新涂装。
			2.构件出现裂缝、损伤、变形或节点松动等病害；	应及时维修、矫正或加固。
			3.构件强度或刚度不足；	应限制或禁止通行，并根据专项检查 and 评定结果，及时进行加固或更换。
			4.焊缝出现缺陷；	应及时进行返修焊接。
			5.钢-混凝土组合梁桥的梁端出现相对滑移，或桥面板受压区混凝土出现压裂、压碎等病害；	应及时修复或加固。
			6.加固措施	可采用加焊钢板、型钢、粘贴纤维复合材料、加大连接强度、增加混凝土桥面板厚度或改变结构受力体系等方法。
		悬索桥	1.主缆索股、索鞍、吊索等各构件的保护层；	应定期涂刷防锈油漆、更换或补充油脂，出现锈蚀或防护层开裂、剥落时，应及时修复。
2.螺栓出现松动；	螺栓应定期紧固，出现松动应及时紧固，损坏时应及时更换。			

结构类型	养护分类	工程病害	养护措施	
		3.主缆线形有异常变化、出现明显受力偏差、松弛或过紧；	应进行专项检查和评定，并及时调整。	
		4.索鞍出现松动或损坏时；	应及时紧固或更换。	
		5.吊索出现明显摆动、倾斜、受力发生变化或索夹发生移位等情况；吊索断丝超过5%、索体严重锈蚀、锚头发生裂纹或破损、索夹或减震装置失效；	应及时检修或更换。	
		6.其他加固措施	根据结构状况和加固需要，还可采用增设斜拉索、设置中央扣、加强加劲梁风扣等方法。	
		斜拉桥	1.锚固系统的防护油、防水垫圈、阻尼垫圈、钢护筒、锚具及其构件存在开裂变形时；	应定期更换、防腐处理，无法修复时应及时更换。
			2.拉索钢丝出现局部锈蚀、护套出现表层裂缝；拉索钢丝严重锈蚀、断丝超过 2%或索力超出安全限值；	应进行修复或更换。
	3.拉索线形有异常变化或索力偏差超过 10%时；		应进行专项检查和评定，并应及时调整或更换。	
	4.拉索振幅过大；		当无减振装置时，应增设减振装置；当有减振装置时，应及时修复或更换。	
	5.其他加固方法；		还可采用增设辅助墩或纵横向主梁限位装置等方法。	
	下部结构	1.墩台各部位表面出现混凝土剥落、蜂窝麻面、露筋及钢筋锈蚀等病害；	应及时进行修复。	
		2.墩台发生异常变位或出现裂缝；	应查明原因并采取针对性加固措施。因墩台基础病害造成时，应先处理基础病害，再对墩台进行加固。	
		3.圯工砌体出现砌缝脱落时或砌体严重风化、鼓凸或损坏时；	应重新勾缝或加固改造。	
		4.桥梁墩柱加固措施；	1.桥梁墩柱加固措施：可采用增大截面、钢套管内灌注混凝土、粘贴纤维复合材料或钢板等方法； 2.台身加固：可采用外包钢筋混凝土外箍、更换台后填土、增设辅助挡墙或框架梁注浆锚杆等方法。	
		5.基础出现结构性裂缝、异常变位或承载力不足；基础冲刷过深或基底局部掏空；桩基础存在颈缩、露筋、钢筋锈蚀等病害；高寒地区桩基础发生浅桩冻拔或深桩环状冻裂时；	应及时修复或加固。	
		6.基础加固措施；	基础加固可采用增大基础底面积、增大桩头面积、增加基桩或增设支撑梁等方法。	
	涵洞	1.洞内及洞口排水设施出现淤积、积雪或积冰；涵洞各部位出现局部	应及时清除、疏通维修。	

结构类型	养护分类	工程病害	养护措施
		破损、渗漏水、基础沉陷或洞口冲刷等病害；	
		2.涵洞病害严重、承载能力或排水功能不足时；	应及时加固或改建。
		3.调治构造物发生局部损坏、坡面变形、砌体开裂或基础冲刷时；	应及时修复或加固。
	调治构造物及其他工程	1.调治构造物发生局部损坏、坡面变形、砌体开裂或基础冲刷时；	应及时修复或加固。
		2. 调治构造物位置不当，数量、长度不合理，或因外部条件改变无法满足功能需求时；	应进行改建或增建。

## A.4 隧道养护典型处治措施

**A.4.1** 隧道养护范围应包括隧道土建结构、机电设施及其他工程设施，应加强日常养护、预防养护及机电设施的维护工作。

隧道典型病害及养护处治措施见表 A.4.1。

表 A.4.1 隧道典型病害及养护措施

结构类型	养护类别	工程病害	养护措施
隧道	土建结构	1.洞口和半山洞内出现碎落石、积雪、结冰、积水及隧道内外杂物等；	应及时定期清洁、保养结构物及各类附属设施。
		2.隧道渗漏水；	及时疏通排水系统。
		3.洞口仰坡出现冲刷、风化剥落或碎落坍塌等病害时；	应及时清理处治、修复或加固。
		4.明洞顶出现危石或有崩塌可能时；	应及时清除或采取保护性开挖措施。
		5.隧道洞身加固措施；	根据病害类型、分布和严重程度等确定，可采用注浆加固、套拱加固、换拱加固、隧底加固等单项或组合方法。
		6.隧道内外排水堵塞；	出现损坏或功能失效时，应及时修复。
	机电设施	隧道机电设施养护包括通风、消防、监控、通信、供配电、照明和监测系统。	应开展日常维护、预防性维护、经常性和定期维护等，保证各项设施正常工作。
其他工程设施	包括电缆沟、设备洞室、洞外联络道、洞口限高门架、消音设施、减光设施和附属房屋等。	应保持外观整洁、结构稳定、无明显损坏、功能正常。	

## A.5 交通工程及沿线设施养护典型处治措施

**A.5.1** 交通工程及沿线设施养护范围应包括交通安全设施、服务设施和管理设施等。

交通工程及沿线设施常见工程病害及养护措施见表 A.5.1。

表 A.5.1 交通工程及沿线设施养护措施

结构类型	养护类别	工程病害	养护措施	
交通工程 及沿线设施	交通安全 设施	1.当交通安全设施技术状况等级为中次，局部段落出现损坏或设施局部丧失使用功能时；	实施修复养护或更换。	
		2.交通标志出现版面不清晰、视认性不良、版面遮挡、支撑件出现歪斜变形时；	应及时进行清理、修复或更换。	
		3.标线出现局部脱落或出现明显褪色；	应重划标线。	
		4.波形梁钢护栏出现部件缺损、锈蚀、松动或立柱倾斜等缺陷；	应进行修复、加固或更换。	
		5.水泥混凝土护栏出现明显裂缝、破损或变形等缺陷；	应进行修复、加固或更换。	
		6.缆索护栏出现部件缺损、锈蚀、明显变形、松动或立柱倾斜等缺陷；	应进行修复、调整或加固。	
		7.因路面加铺导致护栏高度不足时；	应增加护栏高度。	
		8.轮廓标、诱导标等出现破损、缺失或反光色块剥落；	应进行修复、更换或补设。	
		9.隔离栅和防落网出现断丝、锈蚀，或隔离栅立柱出现损坏、倾斜等缺陷；	应进行修复或加固。	
		10.防眩板出现部件缺失、污损或松动等缺陷；	应进行修复、加固或更换。	
		服务设施	服务设施养护范围包括服务区、停车区和客运汽车停靠站及其房屋建筑、停车场、公共厕所、加油站和维修站等配套设施，以及服务区域的污水、垃圾处理等附属设施。	应保持各项设施及设备完好、齐全，环境整洁，服务功能、使用功能和安全满足设计要求。
		管理设施	管理设施养护范围应包含监控、通信、收费、供配电、照明、监测系统、通风、消防等机电设施，以及管理中心、管理站、养护工区或养护道班等管理养护设施；	应保证各项设施及设备完好、齐全，环境整洁，服务功能、使用功能和安全满足设计要求。

## 附录 B 公路基础数据调查样表

表 B-1 公路路线基础数据调查样表

路线 编号	路线 名称	路段起止 名称		路段起止 桩号		里程(公 里)	路段基本属性									修建改建 情况		路段 收费 性质	气候 类型	地形 地貌	管养单 位名称	备注
		起点 名称	止点 名称	起点 桩号	止点 桩号		技术 等级	车道数 量(个)	横断面 形式	路面 结构	面层 类型	面层厚 度(厘米)	路基宽 度(米)	路面宽 度(米)	设计时 速(公 里/小 时)	修建 年度	改建 年度					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24

表 B-2 公路桥梁基础数据调查样表

桥梁名称	桥梁中心桩号	所属路线情况			桥长			桥宽		桥梁分类		上部构造结构形式		墩台构造结构形式		基础类型	设计荷载等级	修建年度	最近一次改造情况				备注
		路线编号	路线名称	技术等级	桥梁全长(米)	跨径总长(米)	跨径组合(孔*米)	桥梁全宽(米)	桥宽组合(米)	按跨径分类	按上部结构	改造部位	工程性质	结构类型	材料				改造年度	完工日期	改造部位	工程性质	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24



表 B-4 公路沿线设施基础数据调查样表

路线编号	路线名称	路段起止名称		路段起止桩号		里程(公里)	交通标志	交通标线	护栏和栏杆	视线诱导设施	隔离栅	防落网	防眩设施	避险车道	其他设施						备注		
		起点名称	止点名称	起点桩号	止点桩号		缺损(处)	缺损长度(m)	缺损(处)	缺损长度(m)	缺损(处)	缺损长度(m)	缺损长度(m)	缺损长度(m)	防风栅	防雪栅	积雪标杆	限高架	减速丘	凸面镜			
							缺损(处)	缺损长度(m)	缺损(处)	缺损长度(m)	缺损长度(m)	缺损长度(m)	缺损(处)	缺损(处)	缺损(处)	缺损(处)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		

注：公路沿线（交通安全）设施基础调查内容包括交通标志、交通标线(含突起路标)、护栏和栏杆、视线诱导设施、隔离栅、防落网、防眩设施、避险车道和其他交通安全设施(含防风栅、防雪栅、积雪标杆、限高架、减速丘和凸面镜)等，调查数据为沿线交安设施技术状况评定提供依据。



表 B-6 公路路基养护历史数据调查样表

路线 编号	路线 名称	路段起止桩号		里程 (公里)	路段基本属性						修建改建		最近一次养护信息							备注		
		起点 桩号	止点 桩号		技术 等级	车道 数量 (个)	路基 结构	路基 类型	路基 厚度(厘 米)	路基 宽度 (米)	修建 年度	改建 年度	养护 年度	养护 方向	养护 车道	养护 分类	养护 方案	养护单 价(元)	养护总 费用 (元)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		

表 B-7 公路路面养护历史数据调查样表

路线编号	路线名称	路段起止桩号		里程 (公里)	路段基本属性						修建改建		最近一次养护信息							备注	
		起点桩号	止点桩号		技术等级	车道数量 (个)	路面结构	面层类型	面层厚度 (厘米)	路面宽度 (米)	修建年度	改建年度	养护年度	养护方向	养护车道	养护分类	养护方案	养护单价 (元)	养护总费用 (元)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

表 B-8 公路桥梁养护历史数据调查样表

桥梁名称	桥梁代码	桥梁中心桩号	所属路线情况				建设情况		技术状况评定情况		最近一次养护情况			
			路线编号	路线名称	技术等级	所在政区代码	修建年度	建成通车日期	评定等级	评定日期	养护年度	养护工程类别	养护部位	养护方案

表 B-9 公路隧道养护历史数据调查样表

序	隧道基本信息	所属路线信息	建设情况	技术状况评定情	最近一次养护情况
---	--------	--------	------	---------	----------

号								况							
	隧道名称	隧道代码	道长度(米)	隧道规模	路线编号	技术等级	所在政区代码	修建年度	建成通车日期	评定等级	评定日期	养护年度	养护工程类别	养护部位	养护方案

表 B-10 公路沿线设施养护历史数据调查样表 (编制中)

项目编号	设施类型	路段起止桩号		设施所在横断面位置	设施状态				养护信息								备注	
		起点桩号	止点桩号		0-正常使用	1-待维护	2-维护中	3-已拆除	养护单位	养护时间	养护方向	养护车道	养护分类	养护方案	养护单价(元)	养护总费用(元)		
1	交通标志																	
2	交通标线																	
3	护栏和栏杆																	
4	视线诱导设施																	
5	隔离栅																	
6	防落网																	
7	防眩设施																	
8	避险车道																	
9	防风栅																	
10	防雪栅																	
11	积雪标杆																	
12	限高架																	
13	减速丘																	
14	凸面镜																	

注:

1) 养护车道为设施所处单向车道数, 01-1 车道, 02-2 车道, 03-3 车道, 04-4 车道, 05-5 车道, 06-6 车道, 07-7 车道, 08-8 车道。

2) 养护分类分为三类:

小修保养: 护栏、隔离栅、轮廓标、标志牌、里程碑、百米桩、防雪栏栅等修理、或部分添置更换; 路面标线的局部补画; 标志牌、里程碑、百米桩、界碑、轮廓标等埋置、维护或定期清洗。

中修工程: 全线新设或更换永久性标志牌、里程碑、百米桩、轮廓标、界碑等; 护栏、隔离栅、防雪栏栅等的全面修理更换; 整段路面标线的画设。

大修工程: 护栏、隔离栅、防雪栏栅等增设或更换。

表 B-11 环境数据调查样表

路线/桥梁/隧道 编号	路线/桥梁/隧道 名称	路段起止 名称		路段起止 桩号		里程(公里)	路线/桥梁/ 隧道中心点	年平均 气温	年最高气温	年最低气温	降 雨 量	环 境 地 质	水 文 地 质	备 注
		起点 名称	止点 名称	起点 桩号	止点 桩号									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## 附录 C 公路技术状况调查样表

表 C-1 公路技术状况现状数据调查样表

年度	管养单位名称	路线编号	路线名称	起点桩号	止点桩号	里程(公里)	检测方向	技术等级	路面类型	公路MQI	路面PQI	路面分项指标							路基SCI	桥隧构造物BCI	沿线设施TCI	备注
												PCI	RQI	PBI	RDI	SRI	PWI	PSSI				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

表 C-2 公路技术状况历史数据调查样表

项目	年份	规划养护总长度(km)	评定长度(km)							优良(路)率(%)	评定结果
			合计	优	良	中	次	差			
MQI	总计										
	国道										
	省道										
	县道										
	乡道										
	专用公路										
	村道										
路面(PQI)	总计										
	国道										
	省道										
	县道										
	乡道										
	专用公路										

项目	年份	规划养护 总长度 (km)	评定长度 (km)							优良(路)率 (%)	评定结果
			合计	优	良	中	次	差			
路基 (SCI)	村道										
	总计										
	国道										
	省道										
	县道										
	乡道										
	专用公路										
桥隧构造 物 (BCI)	村道										
	总计										
	国道										
	省道										
	县道										
	乡道										
	专用公路										
沿线设施 (TCI)	村道										
	总计										
	国道										
	省道										
	县道										
	乡道										
	专用公路										

## 附录 D 公路技术状况一般预测方法

### D.1 预测方法基本常识

**D.1.1** 预测方法根据性质可以分为定性预测和定量预测。定性预测是指预测人员通过调查研究，根据实际情况、相关理论和实践经验，对预测对象的发展前景做出判断。定量预测是指根据调查统计资料和信息，运用统计学方法和数学模型，对预测对象未来发展的测定。本附录以定量预测为主。

**D.1.2** 量化预测方法根据预测方式可分为确定性预测模型、概率性预测模型和其它预测模型。

**D.1.3** 在预测模型中，预测对象即需要预测的公路技术状况指标称为因变量，其影响因素成为自变量。

**D.1.4** 在预测模型中，自变量需要和因变量表现出有一定的因果关系。

**D.1.5** 公路技术状况指标受随机因素和未知因素的影响，呈现出不确定性。

**D.1.6** 公路技术状况指标受随机因素影响，会产生预测误差。预测误差是预测值和观测值（实际值）的差值。预测人员应当及时根据反馈得到的预测误差对预测模型和参数进行修正。

**D.1.7** 预测人员需要对预测模型和方法进行检验评价，只有当预测模型和方法满足使用要求才可以使用。

### D.2 确定性预测模型介绍

**D.2.0** 确定性模型是通过建立因变量与自变量的关系模型预测因变量的变化。

#### D.2.1 力学预测模型

力学预测模型基于弹性理论与粘-弹性理论模型，分析公路在外部因素（荷载和环境因素等）作用下，应力、应变、位移等物理量的变化规律，并建立其与公路技术状况指标衰变的关系模型。其模型主要参数宜通过实验确定。

力学预测模型理论基础较为成熟，具有较好的外推性，预估精度较高；但其计算过程复杂，常用于对特定力学性能指标的预测。力学预测模型推荐用于项目级特定公路技术状况分项指标的预测。

### D.2.2 力学—经验预测模型

力学—经验预测模型结合了力学模型和经验模型。它首先进行力学分析，计算预先设定条件下的应力、应变等反应参数值；然后建立各反应参数与公路技术状况指标衰变的经验关系式。力学—经验预测模型的主要参数宜通过分析实测数据确定。

力学—经验预测模型预测精度较高，具有较好的外推性，需要实测数据少；但因变量不宜过多，且计算量大。力学预测模型推荐用于项目级特定公路技术状况分项指标的预测。

### D.2.3 经验回归预测模型

经验回归预测模型通过分析实测数据，在一定程度上拟合因变量（公路性能指标）与其它一个或几个自变量之间的数量变动的关系。根据因变量与自变量关系是否线性，经验回归模型可分为线性模型和非线性模型。公路技术状况指标预测常用的模型包括线性模型、指数模型、S形模型、双参数曲线模型等。

经验回归预测模型计算简单，易于操作；但其建模需要大量实测数据，预测准确度受多因素影响，且难以准确表达公路技术状况指标衰变时主客观因素间的复杂关系。因此，经验回归预测模型可用于公路技术状况指标衰变机理不明确时。经验回归预测模型可用于预测公路技术状况指标，也可用于预测公路技术状况综合指数。

## D.3 概率性预测模型介绍

**D.3.0** 概率性预测模型是通过分析对象状态的变化概率预测公路技术状况指标的变化。它能够在一定程度上考虑预测对象变化的不确定性。

### D.3.1 残存曲线模型

残存曲线模型是根据公路或设施的历史数据，在已使用若干年条件下，网络中仍不需要重大养护的路段或重大维修的设施的残存比例随时间的变化关系。首先，根据路段或设施的历史数据，确定数据的分布类型，常用的分布模型有韦布尔（Weibull）分布模型和对数—逻辑斯迪克（log-logistic）分布模型等；然后确定分布模型的累积分布函数；最后根据式（D.3.1）计算路段或设施的残存率。

$$S(t) = 1 - F(t) \quad (\text{D.3.1})$$

式中， $S(t)$ 为 $t$ 时刻残存率， $F(t)$ 为 $t$ 时刻累积分布函数。

残存曲线模型需要大量历史数据，宜用于网级公路技术状况指标的预测。

### D.3.2 马尔科夫 (Markov) 预测模型

马尔科夫预测模型假定预测对象状态的变化概率与先前状态无关, 仅与当前状态有关, 并根据预测对象在不同状态下的状态转移概率, 确定预测对象未来状态的方法。其主要步骤包括:

①划分预测对象的状态。当预测连续型公路技术状况指标时, 需要根据相关规定将指标划分为有限个状态。

②根据历史数据计算初始概率矩阵  $P(0) = [p_1, p_2, \dots, p_n]$ , 其中  $p_i$  为预测对象在状态  $i$  的初始概率。

③确定状态转移概率矩阵:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (\text{D.3.2-1})$$

式中,  $P$  为状态转移概率矩阵;  $P_{ij}$  为预测对象由状态  $i$  变为状态  $j$  的概率。

④根据初始状态及状态转移概率矩阵推测预测对象未来状态:

$$P(t) = P(0)P^{t-1} \quad (\text{D.3.2-2})$$

式中,  $P(t)$  为  $t$  年状态概率矩阵; 其它符号同上。

马尔科夫预测模型宜用于受不确定因素影响较多的公路技术状况分项指标预测, 也可用于综合指标的预测。

### D.3.3 半马尔科夫 (Semi-Markov) 预测模型

半马尔科夫预测模型是马尔科夫模型的一种改进。其计算过程与马尔可夫预测模型一样, 只是其状态转移过程大部分是动态的, 只在某一时间段内是静态的。

半马尔科夫预测模型可以考虑公路所处环境气候和交通的变化, 因此其模型更加接近公路实际情况。

## D.4 机器学习预测模型介绍

**D.4.0** 机器学习方法不同于统计学方法的地方在于其不需要对预测对象之间的关系进行明确建模, 仅需要放入大量数据对模型参数进行训练即可。近年来, 由于计算机计算能

力的大幅提升，路面使用性能指标自动化采集技术的发展，使得计算机能够在可接受时间内处理大量数据并完成对模型的训练，因此机器学习方法开始逐渐被用于路面使用性能指标的预测。

各类机器学习方法中，比较常用的模型为以神经网络模型（Neural Networks）为基础而衍生出的各类模型，如人工神经网络模型（ANN），循环神经网络模型（RNN）等。模型与模型之间网络结构较为类似，不同的地方一般在于选取的输入特征值以及预测对象。

## 附录 E 公路技术状况预测常用模型

### E.1 预测模型选择考虑因素

**E.2.1** 预测模型的选择需要考虑因变量和自变量的关系、预测时间长度、实测数据量、预测精度要求、计算复杂度等方面。

### E.2 路基技术状况预测常用模型

#### E.2.1 指数曲线回归模型

指数曲线回归模型是利用实测数据和排水条件，建立路基技术状况回归模型，如式 (E.2.1)。该方法可用于预测路基沉降等路基技术状况指标的预测。

$$S_t = (S_\infty - S_d)[1 - \alpha \exp(-\beta t)] + S_d \quad (\text{E.2.1})$$

式中， $S_t$ 、 $S_\infty$ 、 $S_d$ 分别为  $t$  时刻、最终和瞬时的路基技术状况指标值； $\alpha$ 、 $\beta$  为模型参数； $t$  为时间。

#### E.2.2 双曲线模型

双曲线模型建立路基技术状况指标与时间的双曲线回归模型，如式 (E.2.2)。该方法可用于预测路基沉降等路基技术状况指标的预测。

$$S_t = S_0 + \frac{t - t_0}{\alpha + \beta(t - t_0)} \quad (\text{E.2.2})$$

式中， $S_0$ 、 $t_0$  分别为路基技术状况指标的拟合值及其时间；其它参数同上。

### E.3 路面技术状况预测常用模型

#### E.3.1 路面破损预测模型

路面破损预测模型是根据路面破损的力学分析和实测数据建立的路面破损预测模型。如下式所示：

$$D = e^{(-A/T)} \quad (\text{E.3.1})$$

式中， $D$  为路面破损指标， $A$  为需要根据路面面层和基层的结构计算得到， $T$  为沥青层中最大拉应变。

#### E.3.2 路面技术状况指标经验回归模型

经验回归模型可用于预测路面技术状况指标随路龄的变化趋势。该模型可用于预测路

面损坏状况指数、路面行驶质量指数等分项指标，也可以用于预测路面技术状况指数的综合指标。根据路面实际状况，其经验回归模型可采用不同线性进行回归分析。回归模型及其参数需要根据实测数据确定。

(1) 线性回归模型：该模型主要用于路面从初期投入使用开始，受设计、施工质量、养护情况等因素影响，对路面技术状况指标的预测。式 (E.3.2-1) 中模型参数取值依据路况、施工质量、养护情况等因素。

$$PI = PI_0 - \alpha t \quad (\text{E.3.2-1})$$

式中， $PI$  为预测路面使用性能指数， $PI_0$  为初始路面使用性能指数， $\alpha$  为模型参数， $t$  为路龄。

(2) 指数回归模型：该模型可以用于未养护路段，随路龄增加，路面技术状况指标衰减速度增加时的指标预测。式 (E.3.2-2) 中模型参数取值依据路面养护模式等方面。

$$PI = PI_0 e^{-\alpha t} \quad (\text{E.3.2-2})$$

式中参数同上。

(3) 改进的 S 形回归模型：该模型可用于路面技术状况指数衰减到一定程度，由于采取了养护措施使路面技术状况指标改善，路面技术状况衰变速率减小。式 (E.3.2-3) 中模型参数需要考虑养护历史等方面。

$$PI = PI_{min} + \frac{PI_{max} - PI_{min}}{1 + \beta e^{-\alpha t}} \quad (\text{E.3.2-3})$$

式中， $PI_{max}$  和  $PI_{min}$  分别为预测指标的最高和最低水平，其它参数同上。

(4) 双参数曲线回归模型：该模型综合考虑环境、交通和材料等方面的因素，可以用以模拟沥青路面技术状况衰变情况。式 (E.3.2-4) 中模型参数需要考虑环境、交通和沥青等因素。

$$PI = PI_0 \left\{ 1 - \exp \left[ - \left( \frac{\alpha}{t} \right)^\beta \right] \right\} \quad (\text{E.3.2-4})$$

式中参数同上。

### E.3.3 路面技术状况指标预测的马尔科夫模型

路面技术状况指标预测的马尔科夫模型假定当前路段的路面技术状况指标处于状态  $i$ ，则其状态变化只能维持在  $i$  状态或者变为更差的  $i+1$  状态，即

$$P_{i,i} + P_{i,i+1} = 1 \quad (\text{E.3.3-1})$$

公路技术状况评价通常分为优、良、中、次、差五个状态，并分别用数字 1~5 代表，则式 (E.3.3-1) 中的频率转移矩阵可变为：

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & 1 - P_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{22} & 1 - P_{22} & 0 & \dots \\ 0 & 0 & P_{33} & 1 - P_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{44} & 1 - P_{44} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{E.3.3-2})$$

然后，根据路网中路面的技术状况指标的初始状态  $P(0)$  和式 (E.3.3-2) 可得到  $t$  年该指标的变化概率  $P(t)$ 。

## E.4 桥隧构造物技术状况预测常用模型

### E.4.1 桥梁技术状况预测模型

对于混凝土桥梁可以通过预测混凝土碳化深度，评估桥梁技术状况。混凝土随时间的碳化深度模型为：

$$X_c = k\sqrt{t} \quad (\text{E.4.1})$$

式中， $X_c$  为碳化深度， $t$  为时间， $k$  为碳化系数。

### E.4.2 桥隧技术状况指标预测的马尔科夫模型

桥隧技术状况指标预测的马尔科夫模型假定当前桥梁或隧道的技术状况指标处于状态  $i$ ，则其状态变化只能维持在  $i$  状态或者变为更差的  $i+1$  状态，即

$$P_{i,i} + P_{i,i+1} = 1 \quad (\text{E.4.2-1})$$

根据桥梁或隧道技术评定等级，则式 (C.4.2-1) 中的频率转移矩阵可变为：

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & 1 - P_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{22} & 1 - P_{22} & 0 & \dots \\ 0 & 0 & P_{33} & 1 - P_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{44} & 1 - P_{44} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{E.4.2-2})$$

然后，根据桥梁或隧道初始技术状况指标  $P(0)$  和式 (E.4.2-2) 可得到  $t$  年该指标的变化概率  $P(t)$ 。

### E.4.3 韦布尔 (Weibull) 分布残存曲线预测模型

韦布尔分布残存曲线预测模型可用于预测桥梁和隧道技术状况随时间的残存概率，其

模型如下：

$$S(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta} \quad (\text{E.4.3})$$

式中， $S(t)$ 为  $t$  时刻桥梁或隧道技术状况的残存概率， $\alpha$  为比例参数， $\beta$  为形状参数， $\gamma$  为位置参数。

## C.5 沿线设施技术状况预测常用模型

### C.5.1 韦布尔（Weibull）分布残存曲线预测模型

韦布尔分布残存曲线预测模型可用于预测路灯等沿线设施随时间的正常工作概率，其模型如下：

$$S(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta} \quad (\text{E.5.1})$$

式中参数同上。

### C.5.2 对数—逻辑斯迪克（log-logistic）分布残存曲线预测模型

对数—逻辑斯迪克分布残存曲线预测模型可用于预测交通信号灯等沿线设施随时间的正常工作概率，其模型如下：

$$S(t) = 1 - \left[ 1 + \left( \frac{\beta}{t-\gamma} \right)^\alpha \right]^{-1} \quad (\text{E.5.2})$$

式中参数同上。



## 附录 G 公路养护资金优化分配常用方法

### G.1 优先排序模型

**G.1.1** 对于单年度养护资金优化分配，可采用优先排序模型，计算路网内各个路段的路段养护指数，用于确定养护项目的优先顺序。路段养护指数应按式（G.1.1）计算。

$$P_{\text{养护指数}} = \sum K_i \times P_i \quad (\text{G.1.1})$$

式中： $P_{\text{养护指数}}$ ——路段养护指数，即公路养护优先程度； $P_{\text{养护指数}}$ 取值范围为 0~100， $P_{\text{养护指数}}$ 值越大表明养护优先程度越高；

$i$ ——影响参数，可根据需要选择设施技术状况、交通量、行政等级、技术等级、路龄、政治因素等参数；

$K_i$ ——影响参数的权重，根据影响力大小设置不同的权重， $\sum K_i = 1$ ；

$P_i$ ——影响参数的优先度，为 0-100 的无量纲值，根据拟实施养护工程路段的属性进行取值。

**G.1.2** 路段技术状况指数  $P_{\text{技术状况}}$ 应按表 G.1.2 计算。

表 G.1.2-1  $P_{\text{技术状况}}$  计算表

技术等级	SCI/PQI/TCI	$P_{\text{技术状况}}$
高速公路	$\geq 90$	60
	80	100
	其他	进行内插法计算
一级公路	$\geq 80$	60
	70	100
	其他	进行内插法计算
二级及以下等级公路	$\geq 70$	60
	60	100
	其他	进行内插法计算

表 G.1.2-2  $P_{\text{技术状况}}$  计算表

BCI	$P_{\text{技术状况}}$
100	0
90	30
$\leq 60$	100
其他	进行内插法计算

注：根据桥隧构造物技术状况指数 BCI 计算  $P_{\text{技术状况}}$  不包含评价为 4、5 类的桥梁和隧道以及评价为差和危险等级的涵洞。此类结构物属于严重影响公众安全通行的项目，养护指数  $P_{\text{养护指数}}$  取 100。

**G.1.3 路段交通量指数  $P_{\text{交通量}}$  应按表 G.1.3 计算。**

表 G.1.3  $P_{\text{交通量}}$  计算表

交通等级	$P_{\text{交通量}}$
轻交通	20
中等交通	40
重交通	60
特重交通	80
极重交通	100

注：对于缺乏交通量观测站点的路段的交通量计算，将同一路线上，该路段前后路段交通量的平均值作为该路段的交通量；对于整条路线均无交通量观测结果的路段，以区域内对应行政等级、技术等级路段交通量与路段长度加权平均值作为该路段的参考交通量。

**G.1.4 路段内资产运行服役时间指数  $P_{\text{服役时间}}$  最低限取 0，最高限取 100，其余服役时间按内插法进行计算。**

**G.1.5 路段技术等级指数  $P_{\text{技术等级}}$  应按表 G.1.5 计算。**

普通国省干线公路含此项指标，高速公路路网，不考虑此项指标。

表 G.1.5  $P_{\text{技术等级}}$  计算表

技术等级	$P_{\text{技术等级}}$
一级公路	100
二级公路	75
三级公路	50
四级公路	25

**G.1.6 路段行政等级指数  $P_{\text{行政等级}}$  应按表 G.1.6 计算。**

表 G.1.6  $P_{\text{行政等级}}$  计算表

行政等级	路线类型	$P_{\text{行政等级}}$
普通国道	首都放射线	100
	北南纵线、东西横线	75
	联络线	50
普通省道	省会放射线	75
	北南纵线、东西横线	50
	联络线	25

注：依据《公路路线标识规则和国道编号》GB/T 917-2017 对国省道进行路线类型的划分。

**G.1.7 路段政治经济指数  $P_{\text{政治经济}}$  应按表 G.1.7 计算。**

表 G. 1. 7 P<sub>政治经济</sub>计算表

路线类型	P <sub>政治经济</sub>
国家或省级重要客货运输通道	100
国家或省级示范路	100
国家级或省级扶贫路	100
旅游公路或景区道路	100
其他政治经济因素或具有一定社会影响力的路段	100
其他路段	0

**G.1.8** 对于使用优先排序模型的多年度养护资金优化分配问题，需采用公路技术状况预测模型预估各路段的使用性能达到需采取养护措施的年度，进而将路网内的路段按年度划分为相应的类型，即可按照路网级单年度养护资金优化分配问题对多个年度进行养护资金优化分配。

## G.2 0-1 整数规划模型

**G.2.1** 对于单年度养护资金优化分配问题，可采用 0-1 整数规划模型，即下式 (G.2.1) 计算，其中式 (G.2.1-1) 为目标函数，式 (G.2.1-2) - 式 (G.2.1-5) 为约束条件，通过对整数规划模型的求解可以对下一年度的养护资金进行最优分配，可根据实际需要添加人力、工时、设备等资源约束。

$$\max Z = \sum_{i=1}^N \omega_i x_i \Delta p_i \quad (\text{G.2.1-1})$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^N x_i c_i \leq C \quad (\text{G.2.1-2})$$

$$p_i + x_i \Delta p_i \geq p_{\min}^i \quad (\text{G.2.1-3})$$

$$c_i \geq 0 \quad (\text{G.2.1-4})$$

$$C \geq 0 \quad (\text{G.2.1-5})$$

式中：Z——所有路段下一年的养护效益；

i——第 i 个路段；

$\omega_i$ ——第 i 个路段的重要性系数，取值为 0~1.0，可根据路段内各类设施技术状况由模糊综合评价法计算；

$\Delta p_i$ ——第 i 个路段的下一年实施养护措施的的养护效益,可由本规范第七章的公路养护效益模型计算;

$x_i$ ——0, 第 i 个路段在下一年采取养护措施; 1, 第 i 个路段在下一年不采取养护措施;

$c_i$ ——第 i 个路段的下一年的养护费用,可由本规范第七章的公路养护费用模型计算;

$C$ ——下一年的养护资金预算;

$p_i$ ——第 i 个路段下一年的技术状况,可由本规范第七章的公路技术状况预测模型计算;

$p_{\min}^i$ ——第 i 个路段下一年最低的养护目标,由养护需求分析与养护标准确定;

**G.2.2** 多年度养护资金优化分配可按照下式(G.2.2)计算,其中式(G.2.2-1)为目标函数,式(G.2.2-2)-式(G.2.2-5)为约束条件,通过对整数规划模型的求解可以对多年度的养护资金进行最优分配,可根据实际需要添加人力、工时、设备等资源约束。

$$\max Z = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \omega_i x_{it} \Delta p_{it} \quad (\text{G.2.2-1})$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^N x_{ij} c_{ij} I_t \leq C_t \quad (\text{G.2.2-2})$$

$$p_{it} + x_{it} \Delta p_{it} \geq p_{\min}^{it} \quad (\text{G.2.2-3})$$

$$c_{it} > 0 \quad (\text{G.2.2-4})$$

$$C_t > 0 \quad (\text{G.2.2-5})$$

式中:  $Z$ ——所有路段 T 年期间的养护效益;

$i$ ——第 i 个路段;

$\omega_{it}$ ——第 i 个路段在第 t 年的重要性系数,取值为 0~1.0,可根据路段内各类设施第 t 年的技术状况由模糊综合评价法计算;

$\Delta p_{it}$ ——第 i 个路段在第 t 年实施养护措施的养护效益,可由本规范第七章的公路养

护效益模型计算；

$x_{it}$ ——0，第  $i$  个路段在第  $t$  年采取养护措施；1，第  $i$  个路段在第  $t$  年不采取养护措施；

$I_t$ ——第  $t$  年的折现系数；

$c_{it}$ ——第  $i$  个设施的第  $t$  年的养护费用，可由本规范第七章的公路养护费用模型计算；

$C_t$ ——第  $t$  年的养护资金预算；

$p_{it}$ ——第  $i$  个设施第  $t$  年的技术状况，可由本规范第七章的公路技术状况预测模型计算；

$p_{\min}^{it}$ ——第  $i$  个设施第  $t$  年最低的养护目标，由养护需求分析与养护标准确定；

### G.3 动态规划模型

**G.3.1** 多年度养护资金优化分配问题，还可依据动态规划的贝尔曼最优化原理变换成一系列单阶段最优决策问题来求解，动态规划模型应包含状态、阶段、策略、状态转移规律、决策指标函数。

**G.3.2** 动态规划模型的阶段应以年为时间刻度，将每 1 年作为一个决策阶段，则整个研究期限为  $T$ ，决策基年  $t=2$ 。

**G.3.3** 在动态规划模型求解过程中，决策年后续年份的路段性能状态可利用路段使用性能状态转移预测方法来确定。

**G.3.4** 在动态规划模型的策略可根据本规范第七章公路养护对策模型进行选择定。

**G.3.5** 对于路网级养护资金优化分配问题，决策目标函数应为在一定的养护预算约束下使各年总养护效益最大。

## 附录 H 公路资产估值常用方法

### H.1 资产折旧法

#### H.1.1 平均年限法

平均年限法是指按照固定资产预计使用年限平均计算折旧的方法，这种方法适用于各个时期使用程度大致相同的固定资产项目。

公路固定资产中的房屋及构筑物、一般机械设备、非生产用车车辆等，宜采用平均年限法计提折旧，可采用式（H.1.1）进行计算：

$$\text{年折旧率} = \frac{1 - \text{预计净残值}}{\text{折旧年限}} \times 100\% \quad (\text{H.1.1-1})$$

$$\text{月折旧率} = \text{年折旧率} \div 12 \quad (\text{H.1.1-2})$$

$$\text{月折旧额} = \text{固定资产原值} \times \text{月折旧率} \quad (\text{H.1.1-3})$$

#### H.1.2 工作量法

工作量法是指按照固定资产完成的工作量或时间计算折旧的方法，公路固定资产中的公路及其附属设施、养护施工机械、货运汽车等宜采用工作量法计提折旧。

公路及其附属设施宜按其通行量（车流量）计提折旧，可采用式（H.1.2-1、H.1.2-2）进行计算：

$$\text{单位车辆流量折旧额} = \frac{\text{公路及其附属设施原值}}{\text{收费期内预计总标准收费车流量}} \quad (\text{H.1.2-1})$$

$$\text{月折旧额} = \text{当月实际车流量} \times \text{单位车流量折旧额} \quad (\text{H.1.2-2})$$

【条文说明】采用工作量法对公路资产进行折旧时，公路及其附属设施不应预计净残值。

养护施工机械等专用设备宜按其实际工作小时计提折旧，可采用式（H.1.2-3、H.1.2-4）进行计算：

$$\text{每工作小时折旧额} = \frac{\text{原值} + \text{预计清理费用} - \text{预计残余价值}}{\text{预计工作小时}} \quad (\text{H.1.2-3})$$

$$\text{月折旧额} = \text{当月实际工作小时} \times \text{每工作小时折旧额} \quad (\text{H.1.2-4})$$

货运汽车宜按其行驶里程计提折旧，可采用式（H.1.2-5、H.1.2-6）进行计算：

$$\text{单位里程（车公里）折旧额} = \frac{\text{原值} + \text{预计清理费用} - \text{预计残余价值}}{\text{预计行驶总里程}} \quad (\text{H.1.2-5})$$

$$\text{月折旧额} = \text{当月实际行程里程} \times \text{单位里程折旧额} \quad (\text{H.1.2-6})$$

### H.1.3 双倍余额递减法

双倍余额递减法是在不考虑预计固定资产净残值的前提下，以直线计算折旧率的双倍作为定率计算折旧，用此折旧率乘每期固定资产的期初账面余额（固定资产原始成本-累计折旧额），求出该期应计提的折旧额。

公路固定资产中的通讯、监控、收费、供（配）电等设施宜采用双倍余额递减法，可采用式（H.1.3）进行计算：

$$\text{年折旧率} = \frac{2}{\text{预计使用年限}} \times 100\% \quad (\text{H.1.3-1})$$

$$\text{年折旧额} = \text{固定资产年初账面净值} \times \text{年折旧率} \quad (\text{H.1.3-2})$$

$$\text{月折旧额} = \text{年折旧额} \div 12 \quad (\text{H.1.3-3})$$

### H.1.4 年限总和法

年限总和法是用固定资产的原值减去残值后的净额乘以一个逐年递减的分数，这个分数的分子代表固定资产尚可使用的年数，分母代表使用年数的逐年数字总和。

公路固定资产中的通讯、监控、收费、供（配）电等设施宜采用年限总和法，可采用式（H.1.4）进行计算：

$$\text{年折旧率} = \frac{\text{预计折旧年限} - \text{已使用年限}}{\text{预计折旧年限} \times (\text{预计折旧年限} + 1) \div 2} \quad (\text{H.1.4-1})$$

$$\text{年折旧额} = (\text{原值} - \text{预计净残值}) \times \text{年折旧率} \quad (\text{H.1.4-2})$$

【条文说明】高速公路各类固定资产的预计残值率，宜取 3%~5%，确定后应报同级

财政部门备案。

### H.1.5 基于设施技术状况的折旧方法

目前国内尚未建立成熟的基于设施技术状况的折旧方法，通过对英国、澳大利亚、新西兰、美国等多个国家的公路基础设施资产管理系统进行调研，可知目前国外主要采用两种折旧方法：性能价值法和使用年限法。对于路面资产采用基于路况性能的价值折减评估方法，除去路面以外的资产（如结构物、通信设施、人行道等）均采用使用年限法进行折旧。

#### (1) 性能价值法

性能价值评估方法是基于修复费用法原理，根据年度路况性能检测，测算恢复路面资产的全新使用功能所需要支出的修复费用，来估算资产实体性贬值的一种方法，即实体性贬值等于修复费用。路面修复费用测算与路面养护决策中的养护需求测算极为相似，关键计算参数包括：①路面技术状况；②干预水平（大中修养护标准）；③养护决策模型（养护措施及对应单价）；

公路管理部门根据养护目标、政策要求及预算水平等，提出路面养护的干预水平（养护标准）。干预水平上限是日常养护措施与路面周期性养护（重铺面层）的分界值；干预水平下限是路面周期性养护与路面重建（重铺面层与基层）的临界值。由此可知，干预水平上下限可将路网中路段分为三类（见图 H.1.5-1）：①高于干预水平上限的路段，其修复费用为  $C_r$ ；②干预水平上限和下限之间的路段，其修复费用为  $C_p$ ；③处于干预水平下限之下的路段，其修复费用为  $C_b$ 。因此，路面实体性贬值可采用式 (H.1.5-1) 计算：

$$\text{路面实体性贬值} = C_r + C_p + C_b \quad (\text{H.1.5-1})$$

式中：C：路面工程的贬值额，即路面修复至性能最佳状态所需要的费用支出；

$C_r$ ：处于正常服务状态的路面所需的修复费用；

$C_p$ ：处于最佳养护时机的路面所需的修复费用；

$C_b$ ：处于结构性修复状态的路面所需的修复费用。

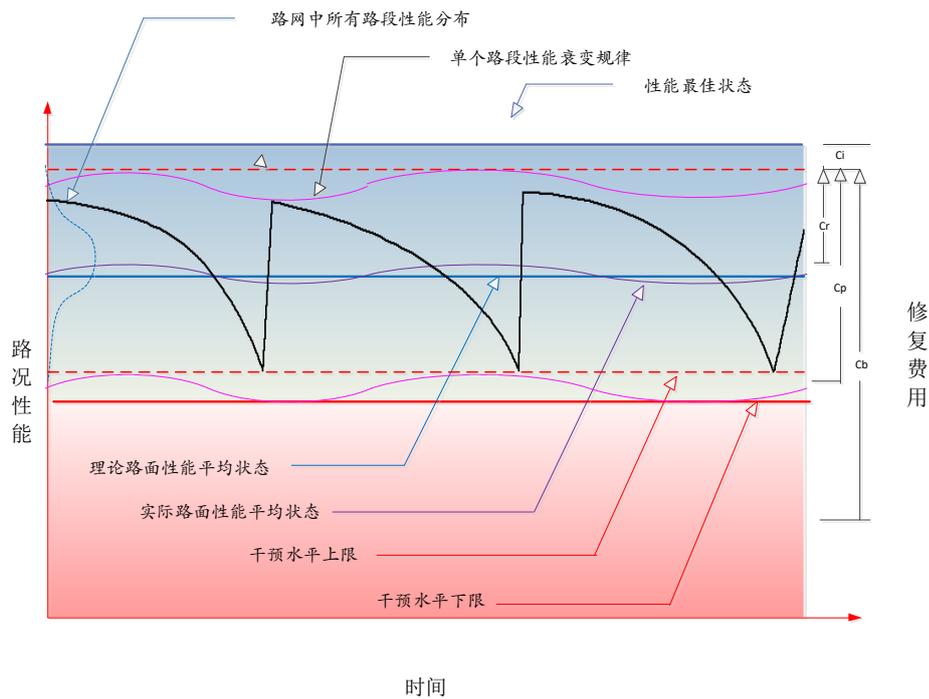


图 H.1.5-1 路况性能变化图

## (2) 使用年限法

使用年限法依据资产实际已使用年限与其设计使用年限的比率确定实体性贬值率（见图 H.1.5-2），采用使用年限法时，实体性贬值率可按式（H.1.5-2）计算：

$$\text{实体性贬值率} = \frac{\text{实际已使用年限}}{\text{设计使用年限}} \times 100\% \quad (\text{H.1.5-2})$$

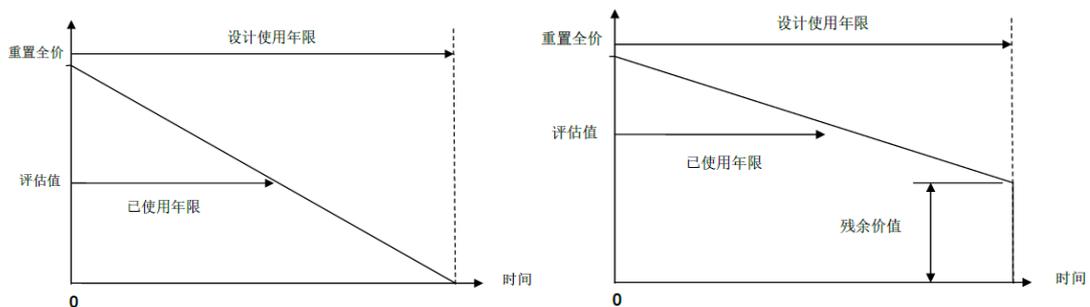


图 H.1.5-2 使用年限法示意图（无残值/有残值）

## H.2 重置成本法

H.2.1 重置成本法又称为成本法，是一种资产现时重置成本扣除其各项损耗的评估方法，其中各项损耗包括经济性贬值、功能性贬值、实体性贬值。该方法是以“费用价值论”

为基础构建现实条件下所要评估资产的价值。

H.2.2 重置成本法的基本思路是，从投资的角度出发，重新构建与被评估资产相同或类似的全新资产在现行市价条件下，评估需要投资的资金规模；然后，在此基础上扣除新旧程度和社会技术进步、社会经济环境变化对资产价值的影响，从而得出被评估资产的重估价值。

H.2.3 利用重置成本法进行评估资产的估值与重置成本、经济性贬值、功能性贬值、有形损耗相关，可采用式(H.2.2)进行计算：

$$\text{评估资产现值} = \text{重置成本} - \text{有形损耗} - \text{功能性贬值} - \text{经济性贬值} \quad (\text{H.2.2})$$

【条文说明】重置成本可分为以下两种：(1) 复原重置成本，简称复原成本，是指使用与原始资产相同的制造标准、材料、设计和技术等，以现行价格收回与原资产相关联的新资产的购买和建设；(2) 更新重置成本，又称更新成本。在使用新材料及技术，以当前价格建造或制造相同功能的新资产所需要的成本。

H.2.4 如果以成新率来表示各种损耗和贬值因素，可采用式(H.2.3-1)进行计算：

$$\text{评估资产现值} = \text{重置成本价} \times \text{成新率} \quad (\text{H.2.3-1})$$

其中，成新率可采用式(H.2.3-2)进行计算：

$$\text{成新率} = \text{物理成新率} \times \text{技术成新率} \times \text{经济价值波动系数} \quad (\text{H.2.3-2})$$

【条文说明】物理成新率的测算通常以资产的尚可使用年限与设计使用年限比较得到。但是对于多次大修超期服役的资产，这种方法就无法使用，在这种情况下可以采用专家评判法，该方法具有客观性、准确性，且简单可操作，这种方法不仅反映了被评估资产的尚可使用价值，而且还反映了被评估资产的质量和感观水平；技术成新率的测算是以按照当前和未来预期功能和能力的需求所选用的具有既定技术含量水平的新购建资产的生产能力与被评估资产的当前极限能力的比较而得到。就被评估的公路资产而言这反映了技术进步（按照需要所选定的技术含量水平）使现有公路的功能和能力贬值；经济价值波动系数的测算是以资产建造时的设计投入产出效益与评估时的实际投入产出效益的比较得到，这反映了被评估资产建造时与评估时的市场环境的变化使其经济效益的波动，如果资产的环境变好则被评估资产增值；如果环境变坏则被评估资产贬值。

H. 2.5 对公路资产使用重置成本法进行评估时可按照如下步骤进行：

- 1 根据现有公路工程的竣工决算资料和竣工图纸，分项计算其实际工程量。
- 2 按照评估基准日交通部颁发的《公路基本建设工程概、预算定额》和被评估高速公路的实际工程量，计算出直接成本，并据此计算其间接成本，加总而得出被评估高速公路的重置全价。
- 3 计算被评估公路的损耗值。
- 4 根据前述 3 个步骤取得的评估资料，计算出被评估公路的资产净值。

H. 2.6 重置成本通常可采用以下三种方式进行计算：

#### 1) 重编预算法

重编预算法是按照工程预算的编制方法，对待估公路的成本构成项目逐一进行估算，再加总得出公路重置成本的一种方法。在运用该方法时，首先应根据待估高速公路工程竣工图纸按照工程预算编制的方法计算出工程直接费用，再按现行标准计算出其他间接费用，两者合计的数额即为待估公路的重置成本，并以此作为该公路现实的重置完全价值。用重编预算法估算的建筑物重置成本准确性较高，但其所需的技术资料较多，工作量较大，一般只适用于构造比较简单的建筑物。

#### 2) 预决算调整法

预决算调整法是根据所要评估公路的项目量为依据，将项目预算调整到目前价格水平，从而取得所要评估公路的重置成本。使用预决算调整方法要首先假设项目原始预算是合理的，所以不需要对项目数量进行重新计算，只需要将其项目的预算价格及费率重置为当前的价格即可。用预决算调整法进行评估，根据原工程决算的工程量，通过调整确定工程量。调整时主要注意原决算的完整性，并将因设计变更、施工错误造成的不合理工程量剔除。此种方法求取的工程量相对准确，但必须具备完整的建筑工程竣工决算资料或预算资料。

#### 3) 类似工程调整法

根据与待估公路截面尺寸、平面形状、纵向线形类似的公路决算工程量，通过调整细部差异确定待估公路资产工程量，此方法操作简便但准确性较差。

### H. 3 收益现值法

H. 3.1 收益现值法是以未来收益为出发点，对资产进行评估。将待评估的资产在未来一段时间的收益进行折现，累加求出资产的目前估值，是以“效用价值论”为理论基础，所评

估资产的价值是由未来一段时间收益来决定的，收益现值法通常适用于收费公路。

H.3.2 使用收益现值法对收费公路进行资产评估时，可按式(H.3.2-1)进行计算：

$$\text{评估资产现值} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{未来第 } i \text{ 年的预期收益}}{(1+\text{折现率})^i} \quad (\text{H.3.2-1})$$

其中*i*为年序号，*n*为收益年期，年度预期收益可按式(H.3.2-2)进行计算：

$$\text{年度预期收益} = \text{当年收费总收入} - \text{当年营运成本} - \text{当年税费} \quad (\text{H.3.2-2})$$

折现率可按式(H.3.2-3)进行计算：

$$\text{折现率} = \text{无风险报酬率} + \text{风险报酬率} + \text{通货膨胀率} \quad (\text{H.3.2-3})$$

**【条文说明】**在对公路进行资产评估时，一般用国债利率用作无风险报酬率，风险报酬率即反应风险报酬额除以原投资额所得的商值这个比率，通货膨胀率可以看出目前社会的货币是否贬值及情况还有经济发展的通胀状态。

#### H.4 现行市场法

现行市场法又被称为比较法，是通过比较最近出售的类似的资产和被评估的资产的相似和差异，并根据类似资产交易环境，交易条件以及交易价格，来调整所有评估资产的估值。这种估值方法的经济学基础是“替代原理”，即用类似资产的价值来替代所有评估资产的估值。

**【条文说明】**在对公路进行资产评估时，现行市价法因为没有严格定义其计算方法，所以不适用。

#### H.5 清算价格法

清算价格法是一种依据《企业破产法》的有关规定，根据企业清算中资产的可变现价值，评估资产重估价值的方法。

**【条文说明】**在对公路进行资产评估时，清算价格法因为没有严格定义其计算方法，所以不适用。