

JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T 5410—2026

公路养护工程设计规范

Specifications for Design of Highway Maintenance Engineering

2026-08-28 发布

2026-11-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

前 言

根据交通运输部公路工程行业标准制修订项目计划的要求，由北京交科公路勘察设计研究院有限公司承担《公路养护工程设计规范》（以下简称“本规范”）的制定工作。

随着我国社会经济快速发展、公路网规模持续扩大、公众出行需求不断升级，公路养护在保障路网通行效率、匹配公众出行安全服务水平等方面的高质量发展需求愈加迫切。2018年交通运输部发布了《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号），在构建现代公路养护体系，推行养护决策科学化、养护管理制度化、养护工程精准化、养护生产绿色化等方面明确了发展方向，对有力推动公路养护高质量发展、促进公路交通转型升级、服务交通强国建设等发挥了重要作用。

本规范的制定是为了适应我国公路养护发展的实际需要和养护管理工作的新要求，解决我国公路养护工程设计中存在的设计依据缺乏、标准不明确、流程不清晰、精细化程度不高、文件编制不规范等方面的问题，进一步提升养护工程设计的规范性和可操作性，规范和指导公路养护工程设计，提高公路养护工程设计质量。

本规范制定的指导思想是：根据我国现阶段公路养护工程实际、公路养护特点和养护技术发展水平，总结国内外公路养护工程的经验，严格贯彻国家和行业关于工程质量、安全、环境保护、资源节约等方面的要求，科学合理地制定公路养护工程设计的相关要求。本规范以《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号）为核心编制依据，全面契合有关公路养护工程设计的政策要求和实践需求。本规定制定所遵循的原则是：分类施策、因地制宜、集约高效、安全经济、绿色环保。

本规范编制的主要内容包括：

（1）明确了公路养护工程设计适用的范围、养护工程设计类型、遵循原则、设计标准及设计流程等。

（2）明确了预防养护和修复养护工程的设计内容、专项检测要求、设计方法、养护设计方案及技术措施、关键工艺及设计指标验收标准等。

（3）规定了应急养护的设计内容、检测要求、养护设计方案及技术措施等。

（4）规定了交通组织与作业区的设计内容、技术指标、保障措施及相关技术要求等。

本规范分为7章，主要内容包括：1 总则、2 术语、3 基本规定、4 预防养护设计、5 修复养护设计、6 应急养护设计、7 交通组织设计。

本规范由孟书涛起草第1章，徐全亮起草第2章，宁选杰起草第3章、第4章第1节及第5章第1、2节，薛忠军起草第4章第2节及第5章第3节，林翔起草第4章第3

节及第5章第4节,谢峻起草第4章第4节及第5章第5节,邓刚起草第4章第5节及第5章第6节,赵妮娜起草第5章第7节,杨秀军起草第5章第8节,汪晶起草第5章第9节,陈宇起草第6章、葛书芳起草第7章。

请各有关单位在执行过程中,将发现的问题和意见,函告本规范日常管理组,联系人:宁选杰(地址:北京市海淀区花园东路15号旷怡大厦12楼,北京交科公路勘察设计研究院有限公司;邮编:100191;电话:010-82010844;传真:010-62370155;电子邮箱:ningxuanjie@riohtc.cn),以便修订时参考。

主 编 单 位: 北京交科公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位: 北京市道路工程质量监督站

中公高科养护科技股份有限公司

北京公科固桥技术有限公司

四川省公路规划勘察设计研究院有限公司

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

浙江交工集团股份有限公司

主 编: 孟书涛

主要参编人员: 宁选杰 徐全亮 薛忠军 林 翔 谢 峻 邓 刚
赵妮娜 杨秀军 汪 晶 陈 宇 葛书芳

主 审: 胡文友

参与审查人员: 李 健 周 伟 丁 峰 霍 明 钱国辉 朱定勤
刘子剑 王 林 谢 娟 成 平 李春风 贾绍明
黄成造 李志农 卞钧霏 牛思胜 马德文 姚 宇
徐 岳 李志厚 孙芙灵 董博昶 张西斌 李 沛

参 加 单 位: 浙江省公路与运输管理中心

辽宁省交通运输事业发展中心

北京新桥科技发展有限公司

南京润程交通科学研究院有限公司

北京深华达交通工程检测有限公司

中国公路工程咨询集团有限公司

参 加 人 员: 赵之杰 白琦峰 张绍理 李 强 李兴海 于慧卿
徐建伟 杨 旭 王 琳 陶双江 顾红强 侯 芸
董元帅

目次

1	总则	1
2	术语	4
3	基本规定	5
4	预防养护设计	12
4.1	一般规定	12
4.2	路基	12
4.3	路面	14
4.4	桥涵	21
4.5	隧道	29
5	修复养护设计	33
5.1	一般规定	33
5.2	路线及交叉	33
5.3	路基	36
5.4	路面	41
5.5	桥涵	49
5.6	隧道	69
5.7	交通安全设施	76
5.8	机电设施	82
5.9	环境保护设施与绿化工程	89
6	应急养护设计	95
6.1	一般规定	95
6.2	路基	96
6.3	桥梁	97
6.4	隧道	101
7	交通组织设计	104
7.1	一般规定	104
7.2	交通组织	106
7.3	作业区	109
	本规范用词用语说明	110

1 总则

1.0.1 为规范公路养护工程设计，保证养护工程设计质量，制定本规范。

条文说明

公路养护工程设计不同于新建和改扩建工程的设计，在目前情况下，由于缺乏养护设计规范作为指导和依据，公路养护工程设计多参照新建和改扩建工程相关规范进行设计，适应性较差。而且公路养护工程设计标准不明确、设计流程不规范、设计的精细化程度不高。本规范的制定是为了适应我国公路养护发展的实际需要，对公路养护工程设计进行规范，继而保证公路养护工程设计质量。

1.0.2 本规范适用于各技术等级公路的预防养护、修复养护和应急养护工程设计。

条文说明

根据《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号），公路养护工程按照养护目的和养护对象，划分为预防养护、修复养护、专项养护和应急养护四类。为了适应新的发展要求，本规范重点对预防养护工程设计、修复养护工程设计和应急养护工程设计做出了规定。专项养护是指为恢复、保持或提升公路服务功能而集中实施的完善增设、加固改造、拆除重建、灾后恢复等工程，其工作内容一般结合阶段性重点工作确定，工程对象和内容在技术要求上存在不确定性，其具体工程内容涉及本规范规定内容时，可以参照执行。

1.0.3 公路养护工程设计应遵循分类施策、因地制宜、集约高效、安全经济、绿色环保的基本原则。

条文说明

公路养护工程设计的对象是各种病害，由于各种病害发育的程度不同，对病害进行分类处理不仅便于养护工程的实施，也是提高设计质量的重要路径，因此分类施策是养护工程的一个重要特征。养护工程的另一个显著特点就是要因地制宜地选择技术方案、工程材料、施工工艺等，使养护工程更加高效、经济。

1.0.4 公路养护工程设计应在养护决策的基础上,合理确定养护设计目标,选择适宜的养护设计方案。

条文说明

在全国调研和征求意见过程中发现,目前我国公路养护工程大多以养护资金确定养护设计目标和设计方案。《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号),其精神内涵重在改变以往以资金确定养护目标和养护方案的现状,逐步实现以养护目标与养护方案来确定养护资金规模的转变,这也是交通运输高质量发展和交通强国建设对行业提出的新要求。

1.0.5 公路养护工程设计方案应针对养护工程类型,结合养护项目的建养历史、既有技术状况和后期实施条件等因素,经过技术经济分析比选后确定。

1.0.6 公路养护工程设计应结合项目所在区域条件进行针对性设计。当实际条件与本规范规定的要求不一致时,可结合当地经验和工程实际论证后进行设计。

条文说明

在全国各片区的现场调研过程中,多地提出了养护工程设计需要充分考虑区域特点的建议,较关注养护工程的特殊性要求。我国幅员辽阔,一些省区跨越了多个气候分区,地形、地貌和地质条件差异很大。由于本规范无法对其特殊性要求一一做出规定,所以,对于区域特点较突出的养护工程,需对设计依据和原则进行论证,形成最终的具有操作性、针对性强的设计方案。

1.0.7 公路养护工程设计应同步开展交通组织设计,保障养护工程实施期间公路交通的安全通行和施工作业区安全。

条文说明

公路养护工程施工,大多采用边通车边施工的组织方式,对公路养护工程实施过程的交通通行服务水平和施工安全影响较大,特别是对养护工程质量也有很大影响。为了保证工程质量、养护工程实施期间的交通安全以及施工作业安全,养护工程项目需结合既有路网布局,编制交通组织方案,并对施工作业控制区的布设做出设计。

1.0.8 公路养护工程设计应注重既有工程设施的利用和废旧材料循环利用。

1.0.9 公路养护工程设计宜采用经过实际工程验证的新技术、新材料、新工艺、新

设备；对未经实际工程验证的新技术、新材料、新工艺、新设备，可通过设置试验段的方式进行工程验证。

条文说明

“四新技术”在公路养护工程实施过程中，多因为其技术要求和成果未纳入相关标准规范而受到限制性的使用，导致“四新技术”无法得到及时推广应用。因此，本规范明确提出，“宜采用经过实际工程验证的新技术、新材料、新工艺、新设备”，以利公路养护工程技术的不断进步和提升，保证工程质量。对于还未经过实际工程验证的“四新技术”，养护工程可以设置试验段进行工程验证，以利后期大规模推广应用。

1.0.10 公路养护工程设计除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

2 术语

2.0.1 养护工程设计使用年限 maintenance engineering design working/service life

在正常设计、施工和使用条件下，结合既有公路已使用年限，路面、桥涵、隧道等结构或结构构件的养护工程按其设计目标达到的使用年限。

2.0.2 养护工程设计专项检测 inspection of maintenance engineering design

根据养护工程设计需要，对既有公路工程开展的检验、测试、勘测、病害分析与评估等工作，简称专项检测。

2.0.3 功能性修复 functional corrective

针对既有公路工程的功能衰减，为恢复其使用功能而采取的养护工程措施。

2.0.4 结构性修复 structural corrective

针对既有公路工程的结构损坏或使用功能丧失，为修复其结构和恢复使用功能而采取的养护工程措施。

2.0.5 设计单元 design unit

综合考虑养护工程的病害类型、设计方案、施工可操作性等因素，按照一定的规则对养护对象在分类基础上进行的分段。

2.0.6 动态设计 dynamic design

公路养护工程在实施过程中，根据实施阶段与设计阶段的路况差异进行的设计调整。

3 基本规定

3.0.1 公路养护工程设计应在养护决策的基础上,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。

3.0.2 公路养护工程设计应根据设计需要开展专项检测。

条文说明

定期的公路技术状况检测与评定主要作为养护决策、制定养护计划的依据。从全国调研情况看,当前的定期公路技术状况检测和评定结果并不能完全揭示病害状况,尚不能有效指导养护工程设计,因此需通过专项检测,准确诊断病因,继而开展针对性的养护工程设计。

3.0.3 公路养护工程设计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 公路养护工程设计实行动态设计,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。

条文说明

本条规定了养护工程设计综合考虑的因素和一般规定。

1 公路养护工程病害因公路等级、交通量与交通荷载及项目所在公路自然区划的不同,其病因与发展趋势会有所差异。从全国调研情况看,普遍存在根据病害表象套用通用设计方案的情况,设计针对性差,造成后续变更工程量大,因此本条规定了针对性设计的要求,重在提高养护工程设计精准化程度。

2 在对病害现象诊断分析的基础上进行分类、分段,并进行设计方案与设计段落的归类,重在提高养护工程设计标准化程度和施工的可操作性。

3 在养护工程设计和施工周期内,工程病害受交通车辆运行的影响,存在进一步

发展扩大或加深的情况，为能够完整、系统地治理病害，在施工过程中进行动态设计是十分必要的。

4 城镇段公路存在街道化现象，部分公路兼具市政功能，因此养护工程设计中需兼顾考虑市政设施和相关功能的完善。

3.0.4 预防养护工程设计应根据养护目标合理选用设计标准和指标。沥青路面及水泥混凝土路面预防养护设计使用年限应根据交通荷载等级、原路状况和选用的技术措施等因素合理选择，典型预防养护措施设计使用年限宜满足表 3.0.4 的要求。

表 3.0.4 典型预防养护措施设计使用年限

措施	含砂雾封层	稀浆封层	微表处	碎石封层	纤维封层	复合封层	超薄磨耗层	薄层罩面
设计使用年限 (年)	2	3	3	3	3	4	4	5

条文说明

预防养护措施根据养护实施时机和措施强度的不同，可以分为轻等强度预防养护、中等强度预防养护和重等强度预防养护，其设计使用年限依次增长。具体确定预防养护设计使用年限时，还需结合选用的具体技术措施、交通荷载等级等因素综合确定。本规范根据全国公路预防养护措施使用年限调研结果，结合《公路沥青路面养护设计规范》(JTG 5421—2018) 等相关规范的规定，列出了几种典型预防养护措施设计使用年限的上限值。

3.0.5 修复养护工程设计不应低于原设计标准，并应符合下列规定：

- 1 影响工程安全和交通安全的修复养护工程，宜按现行标准进行设计。
- 2 修复养护工程中新增路基工程应按现行标准进行设计。
- 3 沥青路面结构性修复设计使用年限宜满足表 3.0.5-1 的要求；沥青路面功能性修复设计使用年限宜满足表 3.0.5-2 的要求。

表 3.0.5-1 沥青路面结构性修复设计使用年限

公路等级	设计使用年限 (年)	公路等级	设计使用年限 (年)
高速公路、一级公路	15	三级公路	10
二级公路	12	四级公路	8

注：高海拔高寒地区可根据情况折减。

表 3.0.5-2 沥青路面功能性修复设计使用年限

公路等级	设计使用年限 (年)	公路等级	设计使用年限 (年)
高速公路、一级公路	8	三级公路	4
二级公路	6	四级公路	4

注：高海拔高寒地区可根据情况折减。

4 水泥混凝土路面结构性修复设计使用年限宜满足表 3.0.5-3 的要求。对于水泥混凝土路面改造为沥青路面的修复养护，当沥青加铺层厚度在 4~6cm（不含）之间时，应参照沥青路面功能性修复相关规定选用；当加铺层厚度不小于 6cm 时，应参照沥青路面结构性修复相关规定选用。

表 3.0.5-3 水泥混凝土路面结构性修复设计使用年限

公路等级	设计使用年限（年）	公路等级	设计使用年限（年）
高速公路、一级公路	20	三级公路	10
二级公路	15	四级公路	10

注：高海拔高寒地区可根据情况折减。

5 桥涵养护设计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应低于公路-II级。桥涵 I 类养护设施的设计使用年限不宜低于 15 年。拆除重建、增设桥梁涵洞应按现行标准进行设计。

6 新设或集中更换、改造交通安全设施宜采用现行设计标准。

7 机电设施的更新及增设宜采用现行设计标准。

8 环境保护设施与绿化工程的提质、改造、优化宜采用现行设计标准。

9 房建养护工程设计标准应执行建筑及交通行业的规定；公路渡口养护工程设计应符合渡口建设的技术规定。

条文说明

从全国调研情况看，各地认为养护工程设计综合养护工程的经济性、结构本体可靠性、社会影响等，维持既有公路原设计标准较为合理。本规范主要考虑伴随着工程技术的发展和工程经验的积累，在工程边界条件不受制约的情况下执行新的技术标准更加适应行业发展水平，因此本条文对修复养护工程做出不低于公路原设计标准的规定，在有条件时尽量采用高标准。

1 “影响工程安全和交通安全”主要是指滑坡、路基失稳、桥隧结构失稳等特殊工程病害和影响行车安全的隐患路段等。

2 新增路基工程是根据公路养护需求增加的相关路基工程，例如新增排水设施、挡土墙，局部新增路基或加宽工程等。

3、4 本规范所规定的结构性修复工程设计使用年限，表征结构性修复工程实施后新形成路面结构整体使用寿命要求，即开展路面结构性修复工程后，在正常的日常养护及养护工程（预防养护、功能性修复）条件下，原则上在该设计使用年限内不再开展结构性修复工程。同时，在结构设计过程中，结构性修复设计使用年限指标可以用于计算设计年限内累计交通轴载，并进行结构力学验算。

功能性修复设计使用年限，指允许在一个结构性修复周期内，合理安排若干次预防养护及功能性修复，从而达到延长路面结构使用寿命，提高全寿命周期路面服务水平的

目的。该指标表征功能性修复工程实施后,新铺筑的路面结构层及材料的使用寿命要求。

受高寒气候和高强紫外线影响,西藏等高海拔高寒地区养护工程路面结构设计使用年限可以在本规定基础上,结合海拔高度、养护目标、交通特点、施工水平、材料特性等因素综合考虑,进行适当折减。

5 桥涵养护设计标准总体上不低于原设计标准,并通过养护维修满足原设计使用年限的要求,对于可更换部件,如吊杆、支座等要满足新建设计使用年限。年代久远的桥梁由于技术标准已无法确定时,参照同一地域或路段内同时期类似结构的标准来执行,一般可以满足要求。结构性修复的桥涵,考虑到工程代价较大,有条件地区,承载能力满足当前桥涵标准最低的荷载标准——公路Ⅱ级,是应该引导的方向,考虑到一些低等级公路桥梁养护的实际困难,本条采用了“宜”,允许没有条件的地区采用原标准。

6 交通安全设施修复养护工程设计需不低于原设计标准,并在具备条件时以现行设计标准为目标提升安全性能。局部维修或更换为与既有设施协调,可以采用原设计标准;新设、集中更换或安全提升改造,则建议采用现行设计标准,但当受土建等条件限制确难按现行标准实施时,可以维持原标准。

7 机电设施技术换代快,旧产品存在停产可能,新产品在技术指标、节能等方面往往具有更好的优势。采用现行设计标准有助于满足现行运营管理需求,提高公路的运行服务水平和安全水平。

3.0.6 应急养护工程设计标准应满足临时应急保通需要。

3.0.7 修复养护工程项目应进行总体设计,应协调各相关专业间的关系及外部影响因素,统筹考虑安全、环保、技术、经济等因素,确定养护工程的设计标准、工程规模、主要技术指标和设计方案等。

条文说明

根据全国调研,养护工程项目的总体设计重视程度不足,对养护工程各专业间的协调及外部影响因素考虑不周全,造成工程浪费、专业工程间的冲突及养护工程处治不完善的情况,因此本规范明确规定“修复养护工程项目应进行总体设计”,其中多专业养护工程同步开展养护设计的项目,总体设计的作用更加突出,而单一的专业养护工程项目虽涉及其他专业较少,但实际中也存在影响其他专业工程的情况,因此也需开展总体设计。

3.0.8 养护工程施工组织方案应综合项目的总体规模、控制性工程实施条件、养护设计方案、公路运营安全、环境影响及工程造价等因素,通过方案比选合理确定。

条文说明

公路养护工程的施工有别于建设项目，其施工组织方案包含半幅施工半幅通车、整幅施工、分段施工、错幅施工、夜间施工等。施工组织方案的选择需重点对交通运行效率、运行安全、运营管理、环境影响、工程造价等方面进行比选，以选择最佳方案。

3.0.9 养护工程的交通组织设计应结合公路等级、交通状况、养护工程类型、病害处治设计方案及施工作业方案等进行专项设计。

条文说明

本规范的交通组织设计包含交通组织和施工作业区两方面内容。

3.0.10 养护工程设计应结合养护工程特点，对材料技术要求、施工工艺、验收标准等做出规定。

条文说明

养护工程设计所使用的养护材料技术指标、施工工艺及验收标准，是保证养护工程质量的重要参数。目前养护工程设计对材料、工艺、验收等相关要求不够明确，造成养护工程的实施效果不佳，因此本规范规定将其作为设计内容。

3.0.11 特殊复杂结构的长大桥隧、特殊高边坡等养护工程宜开展健康监测系统的

条文说明

为适应行业信息化建设发展趋势，推动公路特殊结构物的健康监测体系的建设，便于及时掌握病害状况与发展趋势，为养护工程的决策和设计提供即时的、连续的基础数据支撑。本规范给出了信息化系统设计的导向，以期逐步完善特殊结构物健康监测体系并得到普遍应用。长大桥梁是指单孔跨径大于400m以上的悬索斜拉桥梁、单孔跨径160m以上的梁桥和单孔跨径200m以上的拱桥；隧道是指3000m及以上的特长隧道与地质条件复杂的隧道；特殊高边坡是指地质条件不稳定的高边坡工程。

3.0.12 公路建筑限界内不得有任何障碍物侵入，公路标志、护栏、照明灯柱、电杆、管线、绿化、行道树及其他新增永久结构、构件、设施等不得侵入既有公路建筑限界。

3.0.13 预防养护和修复养护工程宜采用一阶段施工图设计；表3.0.13所列技术特别复杂的修复养护工程，可采用技术设计和施工图设计两阶段设计；应急养护工程可按

技术方案进行设计。

表 3.0.13 技术特别复杂的修复养护工程

专业	工程类型
路基	路堤与路床的开裂滑移、边坡的滑坡、防护及支挡结构物的结构失稳、复杂的排水工程等修复养护工程
路面	路面结构性修复养护工程
桥梁	结构构造复杂或单孔跨径 150m 以上桥梁的结构性加固、维修技术复杂或施工风险高的桥梁修复养护工程
隧道	特殊隧道结构病害处治工程，如连拱隧道中墙修复、分岔隧道分岔结构修复等养护工程； 特殊病害处治工程，如冻害、震害、火灾病害、岩溶、膨胀岩、黄土、高地应力、采空区、有害气体、腐蚀性地层、洞口滑坡等引发的病害修复养护工程； 其他可能导致严重后果的病害处治工程，如隧道掉块、隧道路面严重隆起或单座隧道病害累计长度大于 1km 等修复养护工程
综合处治	交通安全提升或事故多发路段的综合处治修复养护工程
交通安全设施	技术难度较大的护栏等交通安全设施改造工程； 高速公路、一级公路和交通安全问题突出的干线公路交通安全提升工程； 路网范围内大规模交通标志、护栏、交通安全提升等安全设施改造工程
机电	技术难度较大的机电设施整体提升和隧道机电设施改造等修复养护工程
其他	沿线环境复杂、病害原因复杂、涉及内容较广的其他养护工程

条文说明

《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号）中对养护工程设计阶段作出了明确规定。为确保技术特别复杂修复养护工程的设计深度和设计质量，本规范对技术特别复杂的修复养护工程进行了明确。其他养护工程也可以根据需要开展两阶段设计。

3.0.14 预防养护和修复养护工程设计应按图 3.0.14 的基本流程开展，并应符合下列规定：

1 技术设计可根据需要开展，应根据专项检测结果初拟养护设计方案并进行技术经济比选，明确主要技术指标、材料指标、关键工艺、工程规模、工程造价等，指导施工图设计。

2 施工图设计应在专项检测结果或技术设计的基础上，对确定的养护设计方案进行详细设计，编制设计文件和预算文件。

3 动态设计应根据设计需要开展病害扩展情况调查和相应的专项检测。

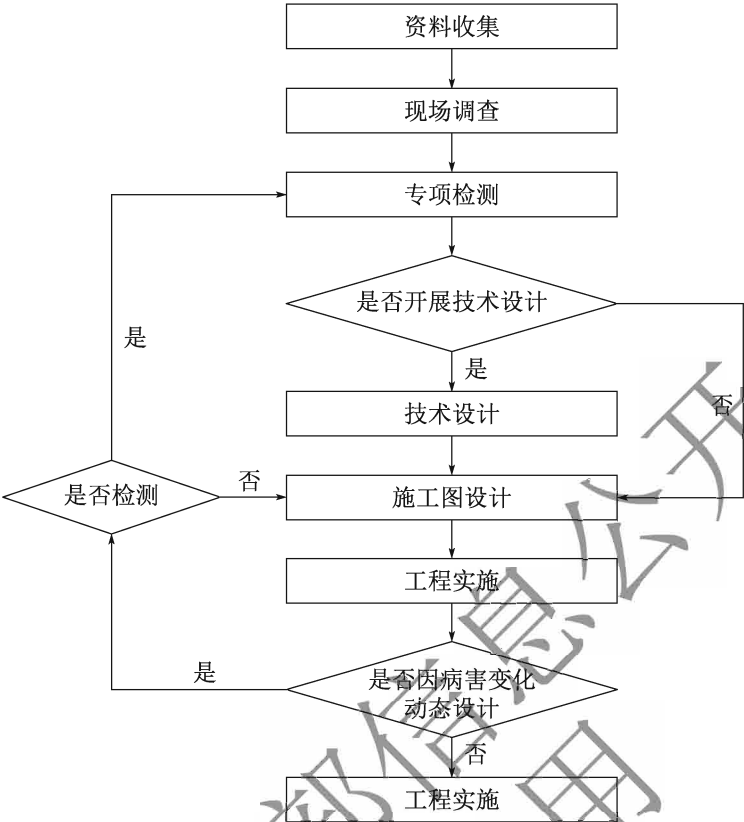


图 3.0.14 养护工程设计基本流程

4 预防养护设计

4.1 一般规定

- 4.1.1 预防养护应以延缓使用性能衰减或延长使用寿命为设计目标。
- 4.1.2 预防养护设计应根据病害情况对路基、路面、桥涵、隧道等进行设计，其他专业养护工程可根据养护需要开展设计。
- 4.1.3 预防养护设计应结合以往公路技术状况评定结果、专项检测、实施条件、交通状况等，合理确定预防养护设计方案。

4.2 路基

- 4.2.1 路基预防养护设计应根据公路路基技术状况评定结果，对存在潜在的结构性和安全性问题的轻微路基病害进行预防养护设计，应包括病害调查与分析、专项检测、病害诊断、养护设计方案、材料性能、施工工艺及验收标准等。
- 4.2.2 路基预防养护应对表 4.2.2 所列病害与缺陷进行设计。

表 4.2.2 路基预防养护的主要病害与缺陷类型

分类	病害与缺陷
边坡	坡面冲刷：地表水冲刷坡面，形成深度 100mm 以上的沟槽
	碎落崩塌：路堑边坡因表层风化等产生的碎石滚落、局部坍塌等现象
既有防护及支挡结构物	表面破损：勾缝或沉降缝损坏、表面破损、钢筋外露和锈蚀等现象
	排（泄）水孔淤塞：以构造物伸缩缝（含沉降缝）为自然分界，30% 及以上排水孔被杂物堵塞
排水设施	排水设施不完善：既有公路排水设施功能缺失、未与外部排水系统衔接，造成排水不畅

条文说明

根据《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33 号）的第二条公路养护工程和第十一条预防养护定义，确定本规范的路基预防养护的主要病害类型，主要针对造成路基工程潜在的结构性和安全性问题的轻微病害。表 4.2.2 中主要病害类型为《公路

养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号）和《公路路基养护技术规范》（JTG 5150—2020）中预防养护的病害类型。

4.2.3 路基预防养护设计专项检测宜满足表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 路基预防养护设计专项检测要求

分类		检测内容	检测方法	检测频率
边坡	坡面冲刷	病害范围、位置、破损深度等	实测	每处
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等	水文调查	—
	碎落崩塌	病害范围、位置、规模等	实测	每处
		边坡坡体的岩土性质、厚度、空间分布特征及有关物理力学参数	JTG C20	根据需要布置
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等	水文调查	—
既有防护及支挡结构物	表面破损	病害范围、位置、破损深度等	实测	每处
	排（泄）水孔淤塞	堵塞的数量、位置等	实测	每处
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等	水文调查	—
排水设施	排水设施不完善	缺失排水设施的范围、位置等	实测	每处
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等	水文调查	根据需要布置

4.2.4 路基预防养护工程可根据设计需要，依据现行《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）开展必要的地质勘察。地质勘察勘探点、测试点和观测点的布置密度、深度应根据病害特征和工程部位特点等因素确定。

4.2.5 路基预防养护的设计单元应结合病害类型、设计方案、实施条件、施工可操作性与便捷性等因素确定。

4.2.6 路基边坡的坡面冲刷病害预防养护设计应符合下列规定：

- 1 应结合原有工程防护措施、边坡坡率、工程地质条件等因素，因地制宜选择植物防护、工程防护以及综合防护等措施。
- 2 当土质和气候条件适宜时，宜采用植物防护。
- 3 当原植物防护的坡面产生冲刷时，宜采取浆砌片石或水泥混凝土骨架等坡面工程防护措施。
- 4 应对原边坡排水系统排水能力进行核查、计算，根据养护需要，完善排水设计。

4.2.7 路基边坡的碎落崩塌病害预防养护设计应符合下列规定：

- 1 应根据既有边坡坡率和边坡岩土状况等因素选用植物防护、工程防护或综合防护的坡面防护形式。

2 具备条件时,边坡坡脚及坡面应设置碎落台,坡脚设置挡墙等。碎落台宽度可根据边坡高度、坡度和土质性质确定,坡脚碎落台不宜小于1m,坡面碎落台不宜小于2m。

3 宜采用柔性防护网系统分工况进行防治,并符合现行《边坡柔性防护网系统》(JT/T 1328)的有关规定。路基边坡碎落崩塌较多且粒径较小($\leq 1\text{m}$)时,可采用覆盖式引导防护系统进行防治;碎落崩塌较多且粒径较大(1~3m)时,宜采用主动防护系统进行防治;当路基边坡有碎落崩塌隐患影响道路安全时,应根据潜在落石冲击动能,在坡顶(或较高位置)设置被动防护网或张口式引导防护系统进行防治。

4 路基两侧山体危石集中清理时,宜进行坡体岩性及稳定性分析。

5 宜在碎落崩塌处前适当位置增设警示设施。

4.2.8 既有防护及支挡结构物预防养护设计应符合下列规定:

1 既有防护及支挡结构物的勾缝、沉降缝、砌石(水泥混凝土等)和钢筋等养护设计标准应不低于原设计标准。

2 挡土墙的排(泄)水孔堵塞且无法疏通时,应选择适当位置增设泄水孔,或在挡土墙背后增设排水设施。

3 防护支挡结构物发生损坏,预防措施无法满足要求时,应进行加固及组合式防护设计。

4.2.9 排水设施设计应符合下列规定:

1 应根据公路等级、沿线地形、地质、气象、桥涵位置等条件,结合路面排水、路基防护、地基处理方式等进行系统设计,可按照现行《公路排水设计规范》(JTG/T D33)和《公路路基设计规范》(JTG D30)进行设计。

2 路基路面、桥隧的排水设施应相互衔接。

条文说明

《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)中规定了“增设或完善排水系统,如边沟、截水沟、排水沟、拦水带、泄水槽”为路基预防养护作业内容之一。一般是由于排水系统不完善,造成了路基等工程部位的潜在结构性等问题。为预防路基等工程部位产生结构性和安全性病害,需要增设或完善排水系统。

4.3 路面

4.3.1 路面预防养护设计应针对预防养护设计单元开展专项检测,诊断病害原因,选择预防养护方案,并进行材料设计,提出材料性能要求、施工工艺和验收标准。

4.3.2 路面养护设计单元应由性质相似且空间连续的评价单元合并而成,应考虑的因素包括路面类型、病害类型、横断面形式、桥隧构造物、养护历史、交通状况、养护

类型等，长度应满足养护施工最小长度的要求。评价单元的长度应根据不同路段路况特征差异确定，宜不超过 1 000m。

4.3.3 路面预防养护设计应采用检测时间不超过 6 个月的路面技术状况数据。各评价单元预防养护适用条件应根据建养历史、交通状况、路况现状及衰减速度、养护目标等因素综合确定。缺少相关数据及经验的情况下，可依据表 4.3.3-1、表 4.3.3-2 确定，同一行中所列各项指标同时满足时，宜开展预防养护工程。

表 4.3.3-1 沥青路面预防养护适用条件

公路等级	路况类型	路况指数			
		PCI	RQI	RDI	SRI (或 PWI)
高速公路、一级公路	I	≥90	≥90	≥80	<75
	II	≥90	85 ~ 90	≥80	—
	III	85 ~ 90	≥85	≥80	—
二级公路、三级公路	IV	≥85	80 ~ 85	—	—
	V	80 ~ 85	≥80	—	—
四级公路	VI	75 ~ 80	—	—	—

注：高速公路沥青路面损坏状况指数 PCI 预防养护阈值等于 92。

表 4.3.3-2 水泥混凝土路面预防养护适用条件

公路等级	路况类型	路况指数		
		PCI	RQI	SRI (或 PWI)
高速公路、一级公路	I	≥90	≥88	<75
	II	≥90	85 ~ 88	—
	III	85 ~ 90	≥85	—
二级公路、三级公路	IV	≥85	80 ~ 85	—
	V	80 ~ 85	≥80	—
四级公路	VI	75 ~ 80	—	—

条文说明

若养护设计评价单元近期已进行路面技术状况的检测，可以直接利用其检测结果对路况进行评价及划分养护类型，后期开展专项检测时已检测部分数据也可以直接应用；但若时间间隔内经过了一个雨季或一个冬季，已有数据将不能代表现有路面状况水平，需重新进行检测，此处规定这个时间间隔为 6 个月。

4.3.4 路面技术状况衰减较快的评价单元，应开展专项检测及分析，及时采取措施减缓病害发展速度，避免出现结构性破坏。沥青路面技术状况衰减幅度宜满足表 4.3.4 的规定，水泥混凝土路面可参照执行。

表 4.3.4 路面技术状况指标衰减幅度

公路等级	连续两个自然年年均衰减幅度	
	PCI	RQI
高速公路、一级公路	≤ 4	≤ 2
二级公路、三级公路	≤ 6	≤ 3
四级公路	≤ 8	≤ 4

条文说明

对于路况现状良好，各项路况指标仍高于预防养护适用条件的路段，如果出现养护设计年份前连续两年，路网级路况检测数据指标衰减幅度过快的现象，需引起公路管理者及养护人员的注意，避免由于养护不及时导致路面出现严重的结构性破坏。

国外公路路面养护设计时，针对路面行驶质量指数（RQI）连续两年衰减较快的路段要求开展专项检测，一般认为行驶质量衰变较快的路段其结构强度可能存在问题。编写组根据我国公路路面结构及使用性能衰变特点，结合已积累的路面技术状况数据，针对路面破损状况指数（PCI）及路面行驶质量指数（RQI）两项指标，提出适合我国路面使用性能衰变特点的指标衰变标准。若各评价单元路面技术状况指标衰变速度大于该标准，一般认为其衰变速度过快，需尽快分析原因，并及时采取养护措施。

由于检测设备、检测时间及日常养护措施等因素变化会引起检测结果的波动，也为了避免路况指标仍处于较高状态时就被筛选出来，故本规范规定连续分析两年的路况衰变情况，取近两年年均路况衰变幅度作为判定标准。

由于目前水泥混凝土路面长期性能跟踪观测数据积累较少，本规范中不作强制性规定。各地方在开展相关设计分析时，需结合区域交通量及路况衰变特点，制定适合的路况衰变幅度限值，在缺乏相关数据积累时，可以参考表 4.3.4 的规定。

4.3.5 路面预防养护设计适用的主要病害与缺陷类型应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 路面预防养护设计适用的主要病害与缺陷类型

分类	病害与缺陷
沥青路面	轻度裂缝、泛油等病害
	路面抗滑性能不良
	轻度坑槽、轻度松散等病害
	行驶舒适性不良
水泥混凝土路面	轻度裂缝、唧泥、露骨、轻度边角剥落、轻度错台等病害
	路面抗滑性能不良
	接缝填料损坏
	行驶舒适性不良

注：病害严重程度等级划分方法应符合现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210）的规定，农村公路养护工程设计参照现行《农村公路技术状况评定标准》（JTG 5211）。

4.3.6 路面预防养护设计应根据路面病害特点及养护需求提出预防养护专项检测方案。沥青路面预防养护设计专项检测宜满足表 4.3.6-1 的要求,水泥混凝土路面预防养护设计专项检测宜满足表 4.3.6-2 的要求。

表 4.3.6-1 沥青路面预防养护设计专项检测要求

分类	检测内容	检测方法	检测与调查频率要求	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
表面出现轻度裂缝或路面破损状况指数衰减较快	详细病害:包括病害类型、位置、发展形态,并计算破损率、裂缝率、裂缝修补率、横向裂缝间距等指标	人工调查或自动化检测设备(JTG 3450 T 0974)	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样:裂缝位置取芯深度达路面面层底部,记录各结构层厚度、病害破坏层位、病害发展形态、结构层间黏结情况等内容	钻芯取样(JTG 3450 T 0903)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
	材料性能试验(仅针对 PCI 指标衰减较快路段):沥青抽提、沥青针入度、延度、软化点等指标	室内试验(JTG 3410 T 0726)(JTJ 3410 T 0604/T 0605/T 0606)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
表面抗滑性能不良	构造深度	铺砂法(JTG 3450 T 0961/T 0962)或车载激光法(JTG 3450 T 0966)	铺砂法:不少于 20 点/(km·车道); 或车载激光法:分车道连续检测	铺砂法:不少于 10 点/(km·方向); 或车载激光法:分方向连续检测
	摩擦系数	动态摩擦系数法(JTG 3450 T 0968)或摆式仪法(JTG 3450 T 0964/T 0969)	动态摩擦系数:不少于 20 点/(km·车道)	动态摩擦系数:不少于 20 点/(km·方向); 或摆值:不少于 10 点/(km·方向)
	横向力系数(SFC)(仅针对路况普查中只检测路面磨耗,未检测横向力系数时)	路面摩擦系数测试法(JTG 3450 T 0965/T 0967)	分车道连续检测	分方向连续检测
	材料性能试验:粗集料磨光值等指标	室内试验(JTG 3432 T 0321)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
表面轻度松散类	渗水系数	渗水系数测试法(JTG 3450 T 0971)	不少于 2 处/(km·车道)	不少于 1 处/(km·方向)
	坑槽、松散类病害位置钻芯取样:取芯深度根据病害发展形态确定取样深度,记录各结构层厚度、病害破坏层位、病害发展形态、结构层间黏结情况等内容	钻芯取样(JTG 3450 T 0903)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
	材料性能试验:表面层空隙率、混合料飞散损失等指标	室内试验(JTG 3410 T 0708/T 0711)(JTJ 3410 T 0733)	根据实际需要确定	根据实际需要确定

续表 4.3.6-1

分类	检测内容	检测方法	检测与调查频率要求	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
行驶舒适性不足或路面行驶质量指数衰减较快	详细病害：应包括病害类型、位置、发展形态	人工调查或自动化检测设备 (JTG 3450 T 0974)	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样：平整度较差路段取芯，记录各结构层病害发展状况等	钻芯取样 (JTG 3450 T 0903)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
	结构强度：主要检测平整度较差路段，路面完好位置也应检测进行对比	宜采用落锤式弯沉仪进行检测 (JTG 3450 T 0953)	不少于 20 点/(km·车道)	不少于 20 点/(km·方向)

- 注：1. 同一路段中同时存在多种类型病害时，应综合考虑各类病害严重程度、影响面积等因素后，确定检测点位。
2. 针对表面抗滑性能不良路段开展检测时，构造深度、动态摩擦系数及横向力系数等 3 项指标可根据需要进行选择。
3. 本规范中裂缝率指路段单元中裂缝病害面积占总病害面积的百分率，裂缝病害包括未灌缝裂缝及条状修补；裂缝修补率指路段单元中有效灌缝裂缝面积占总裂缝面积的百分率；计算病害面积时，裂缝影响宽度均采用 0.2m。

表 4.3.6-2 水泥混凝土路面预防养护设计专项检测要求

分类	检测内容	检测方法	检测与调查频率要求	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
表面出现轻度病害或路面破损状况指数衰减较快	详细病害：包括病害类型、位置、发展形态，并计算断板率、破碎板率等指标	人工调查或自动化检测设备 (JTG 3450 T 0974)	分车道现场调查	分方向现场调查
	接缝传荷能力：检测接缝两侧弯沉值，并计算接缝传荷系数	宜采用落锤式弯沉仪进行检测 (JTG 3450 T 0953)	存在病害的板块抽检不少于 30%	存在病害的板块抽检不少于 20%
	针对错台病害，测量相邻板块高差	人工测量 (JTG 3450 T 0972)	存在病害的板块抽检不少于 30%	存在病害的板块抽检不少于 20%
表面抗滑性能不良	构造深度	铺砂法 (JTG 3450 T 0961/T 0962) 或车载激光法 (JTG 3450 T 0966)	铺砂法：不少于 20 点/(km·车道)；或车载激光法：分车道连续检测	铺砂法：不少于 20 点/(km·方向)；或车载激光法：分方向连续检测
	摩擦系数	动态摩擦系数法 (JTG 3450 T 0968) 或摆式仪法 (JTG 3450 T 0964/T 0969)	动态摩擦系数：不少于 20 点/(km·车道)	动态摩擦系数：不少于 20 点/(km·方向)；或摆值：不少于 10 点/(km·方向)
	横向力系数 (SFC) (仅针对路况普查中只检测路面磨耗，未检测横向力系数时)	路面摩擦系数测试法 (JTG 3450 T 0965/T 0967)	分车道连续检测	分方向连续检测

续表 4.3.6-2

分类	检测内容	检测方法	检测与调查频率要求	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
接缝填料损坏	详细记录填缝料损坏长度、啃边宽度、错台量等	人工调查 (JTG 3450 T 0974)	逐板调查	逐板调查
行驶舒适性不足或路面行驶质量指数衰减较快	详细病害: 包括病害类型、位置、发展形态, 并计算破损率	人工调查或自动化检测设备 (JTG 3450 T 0974)	现场调查	现场调查
	接缝传荷能力: 检测接缝两侧弯沉值, 并计算接缝传荷系数	宜采用落锤式弯沉仪进行检测 (JTG 3450 T 0953)	平整度较差路段的板块抽检不少于 30%	平整度较差路段的板块抽检不少于 20%

注: 1. 同一路段中同时存在多种类型病害时, 应综合考虑各类病害严重程度、影响面积等因素后, 确定检测点位。

2. 针对表面抗滑性能不良路段开展检测时, 构造深度、动态摩擦力系数及横向力系数等 3 项指标可根据需要进行选择。

3. 本规范中破碎板率指设计单元中存在破碎板数占总板块数的百分率, 表征板块破坏严重程度。

条文说明

日常养护工作对计算路面破损状况指数 (PCI) 影响较大, 特别是对路面裂缝的处治。未处治的裂缝, 计算 PCI 时病害影响权重为 1 (重度裂缝); 而已进行灌缝的裂缝, 则识别为修补病害, 计算 PCI 时病害影响权重为 0.1。故在筛选预防养护路段时, 对于路面主导病害类型、病害分布情况及裂缝灌缝效果等也需进行综合考虑。一般情况下, 除需考虑实际 PCI 指标外, 还可以假定未灌缝的裂缝均进行灌缝后 (该病害影响权重由 1 调整为 0.1), PCI 指标可恢复的程度; 另外, 也可以假定已灌缝的裂缝均未灌缝 (该病害影响权重由 0.1 调整为 1), PCI 指标下降的程度。对现有路面病害破坏严重程度进行详细分析后, 若经过工程师经验判断为结构性破坏, 或已不适合开展预防养护, 则可以调整养护类型, 采用结构性修复的要求重新进行养护设计。

4.3.7 路面预防养护设计应根据专项检测结果, 结合建养情况、交通参数、病害发展特征、材料性能衰变程度等, 分析病害产生原因、病害发展层位及病害发展趋势, 确定预防养护设计方案。判定为结构性病害时, 应按照修复养护的专项检测要求进行检测并设计。

4.3.8 沥青路面预防养护方案宜按表 4.3.8-1 进行选择, 水泥混凝土路面预防养护方案宜按表 4.3.8-2 进行选择。

表 4.3.8-1 沥青路面典型预防养护方案及适用条件

序号	养护方案	适用条件		推荐厚度
		病害类型	公路等级	
1	含砂雾封层	适用于存在轻度裂缝、松散麻面、渗水,且抗滑性能较好的路面;不适用于由酸性岩石、鹅卵石等破碎集料铺筑的路面	适用于各等级公路	—
2	稀浆封层	适用于轻度磨损、细微裂缝等病害,或需要尽快恢复通车的路面	适用于二级及二级以下公路	6~10mm
3	微表处	适用于轻度渗水、抗滑性能下降或者有轻度裂缝等病害的路面	适用于各等级公路,推荐用于二级及二级以上公路	6~10mm
4	碎石封层、纤维封层	适用于路面出现抗滑性能下降、路表面出现轻微裂缝等病害的路面	二级及二级以下公路	6~15mm
5	复合封层	适用于处理路面出现的各类轻微病害,并可改善路面平整度及抗滑等性能	碎石封层或纤维封层+微表处适用于二级及二级以上公路; 碎石封层+稀浆封层适用于二级及二级以下公路	15~30mm
6	超薄磨耗层	适用于处理路面出现的各类轻微病害,并可改善路面平整度及抗滑等性能	各等级公路	15~25mm
7	薄层罩面	适用于处理路面出现的各类轻微病害,并可改善路面平整度及抗滑等性能	各等级公路	25~35mm

注:病害严重程度等级划分参照现行《公路技术状况评定标准》(JTG 5210),农村公路养护工程设计参照现行《农村公路技术状况评定标准》(JTG 5211)。

表 4.3.8-2 水泥混凝土路面典型预防养护方案及适用条件

养护方案	适用条件	
	病害类型	方案说明
裂缝密封	适用于混凝土板中仅出现轻度裂缝	轻度水泥混凝土裂缝密封宜采用开槽灌缝工艺进行处治;缩缝及裂缝密封材料宜选用聚合物改性沥青、氯丁橡胶、聚氨酯或硅酮等
更换填缝料	适用于水泥混凝土路面填缝料剥落、不密水等病害	填缝材料:高速公路及一级公路宜选用硅酮类、聚氨酯类填缝料;二级及二级以下公路宜选用聚氨酯类、橡胶沥青等改性沥青类填缝料; 胀缝接缝板:高速公路及一级公路宜选用泡沫橡胶板、沥青纤维板;二级及二级以下公路宜选用木材类或纤维类板
灌浆稳板	适用于水泥混凝土板块出现轻度错台、唧泥、脱空等病害	根据接缝两侧弯沉差、板边弯沉值及接缝传荷能力判断混凝土板底脱空程度; 脱空处理采用水泥浆、粉煤灰水泥浆、超细水泥、乳化沥青砂浆或聚合物浆液等填充,必要时可掺膨胀剂

续表 4.3.8-2

养护方案	适用条件	
	病害类型	方案说明
表面刻槽/精铣刨	适用于水泥路面抗滑性能不良路段	水泥路面抗滑不良路段，宜实施横向刻槽；刻槽深度宜为 3 ~ 5mm，槽宽宜为 3mm，槽间距离宜在 15 ~ 25mm 之间随机调整；精铣刨纹理深度宜为 3 ~ 5mm
错台磨平	适用于轻度错台病害	采用磨平机磨平或人工凿平
薄层罩面	适用于改善路面平整度路段	在水泥混凝土板病害修复后，可整体加铺沥青混凝土复合封层、超薄磨耗层或薄层罩面，加铺层厚度宜为 15 ~ 35mm

注：病害严重程度等级划分参照现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210），农村公路养护工程设计参照现行《农村公路技术状况评定标准》（JTG 5211）。

4.3.9 路面预防养护材料设计应符合下列规定：

- 1 原材料应根据沿线料场分布和材料性能检测结果，并结合材料性能技术要求和当地使用经验进行合理选择。
- 2 原材料技术要求应符合现行《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142）及《公路水泥混凝土路面养护技术规范》（JTJ 073.1）等有关规定。
- 3 路面预防养护设计应进行材料组成设计，并提出混合料性能技术要求。

4.3.10 路面预防养护设计，应提出既有路面病害的处治方案。

4.3.11 各设计单元预防养护方案确定后，应根据便于施工、经济合理的原则对设计单元进行优化合并，形成工程实施路段。

4.3.12 公路沥青路面预防养护工程验收应满足现行《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142）、《公路水泥混凝土路面养护技术规范》（JTJ 073.1）及《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG 5220）的有关规定，并满足下列要求：

- 1 沥青路面含砂雾封层、稀浆封层、微表处、复合封层、超薄磨耗层及薄层罩面等措施应检查渗水系数、抗滑性能等指标；碎石封层及纤维封层应检查碎石剥落率、碎石覆盖率及构造深度等指标。
- 2 水泥混凝土路面灌浆稳板措施应逐板检查板角弯沉值及接缝两侧弯沉差等指标；表面刻槽措施应检查构造深度、横向力系数、摆值等指标。

4.4 桥涵

4.4.1 对技术状况评定为 1、2、3 类的桥梁部件，好、较好类别的涵洞应进行预防

养护设计, 设计内容应包含设计标准、材料性能及要求、病害成因分析、维修加固措施、施工流程、关键工艺要求与验收标准等内容。

条文说明

预防养护通常和日常养护有密切的关系, 但作为工程设计而言, 本规范主要针对控制桥涵构件功能和对结构安全有潜在威胁的轻微病害或趋势而进行的维护, 如防腐、防锈、防侵蚀等开展设计。

4.4.2 桥涵预防养护应对表 4.4.2 所列病害与缺陷进行设计。

表 4.4.2 桥涵预防养护的主要病害与缺陷类型

分类	病害与缺陷
钢构件	防腐涂层出现大小可目视的 2~3 级开裂、剥落、起泡, 3 级以上粉化且减薄厚度大于初始厚度的 50%, 局部破损, Ri2 ~ Ri3 锈蚀; 焊缝浅层开裂; 10% 以内连接螺栓、铆钉损坏, 缺失
混凝土构件	表面存在非结构性开裂、不影响结构受力的蜂窝、空洞、破损、疏松、剥落等小型表观缺陷
	钢筋保护层厚度不足、预应力管道灌浆不饱满等内部缺陷
	钢筋存在锈蚀、碱集料反应可能
	防腐涂层出现 2~3 级开裂、剥落、起泡、3 级以上粉化且减薄厚度大于初始厚度的 50%、局部破损
圬工砌体	表面风化、破损, 砌缝开裂、脱落
伸缩装置	错台、断裂、变形、伸缩量不足、锚固混凝土破损
支撑装置	破损、脱空、变形过大、不均匀鼓凸、功能丧失或不足、防尘罩缺失
桥涵冲刷	扩大基础埋深低于设计值 60%、桩基桩长及埋深在设计值的 90% ~ 100%、基础投影面积冲空大于 5% 或基础防护出现破损、过水涵洞冲刷
桥涵防水	积水与渗漏
桥面铺装	铺装性能衰减与轻微破损

4.4.3 桥涵预防养护设计可依据现行《公路桥涵养护规范》(JTG 5120) 或《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21) 定期检查的结果。

4.4.4 桥涵预防养护设计专项检测应符合下列规定:

- 1 养护设计距离上一次定期检查超过 6 个月时, 应对定期检查病害的程度和数量进行现场查验。
- 2 定期检查未覆盖表 4.4.2 所列病害的专项检测宜满足表 4.4.4 的要求。

表 4.4.4 桥涵预防养护设计专项检测要求

分类	检测内容		检测方法	检测频率
钢结构	涂层劣化	涂膜劣化范围与程度	目测比对 (GB/T 30789)	全部
	焊缝裂纹	长度、位置、深度	超声法、磁粉法、尺量 (GB/T 50621)	全部
	螺栓、铆钉缺损	数量、位置	目测 (GB/T 50621)	全部
混凝土构件	非结构性裂缝及其他表观缺损	集中裂缝的分布范围、分散裂缝的条数、长度；蜂窝、空洞、剥落、破损等缺陷大小、深度及其位置	目测、尺量	全部
	保护层厚度	钢筋与预应力筋保护层厚度	电磁感应法 (JGJ/T 152)、雷达法 (JGJ/T 456)	宜布置于主要受力构件的钢筋锈胀处、混凝土碳化测试区处、钢筋锈蚀活化处，主要受力部位等，每构件不少于 10 处
	内部缺损	预应力灌浆空洞，涵洞壁后空洞的大小、深度及其位置	钻孔、冲击回声、雷达法 (JGJ/T 456)	全部，预应力每束最高点、锚头区；涵洞每侧 1 条测线，钻孔验证
	钢筋锈蚀	混凝土电阻率、锈蚀电位的大小与分布、氯离子含量、碱含量、集料碱活性、混凝土长期耐久性、碳化深度	半电池法、四电极法 (JGJ/T 152)、化学分析法 (JGJ/T 322、GB/T 50784)、酚酞法 (JGJ/T 23)	主要承重构件的主要受力部位
	涂层劣化	涂膜劣化范围与程度	目测比对 (GB/T 30789)	全部
基础	冲刷	基础冲刷深度、冲空面积，河床高程测量	水下测量 (JTS 131)	基础上下游，大小桩号 4 个方向；桥轴线及桥梁上下游 25m 处河床断面，断面每 10m 一个测点，必要时可增加断面和测点
支承装置	剪切变形、串动、偏压、脱空、鼓凸均匀性、断裂		目测、尺量	全部
伸缩装置	变形、断裂，破损的程度，伸缩均匀性		目测、尺量	全部

注：混凝土长期耐久性能包括抗渗、抗冻、抗硫酸盐侵蚀、抗氯盐渗透等。

4.4.5 桥涵预防养护措施不得对结构受力或其他功能造成不利影响。

4.4.6 桥涵钢构件预防养护设计应符合下列规定：

1 桥涵钢构件涂层劣化或局部破损时，应采用不低于原设计的工艺、材料和质量要求进行维护性补涂，补涂面积应覆盖全部劣化、破损区域，并适当延伸到未损坏区

域。补涂涂层与原设计有差异时,应保证不同涂层的相融性。

2 钢结构面漆出现3级以上粉化,且粉化减薄的厚度大于初始厚度的50%时,可直接补涂符合原设计要求的面漆,干膜厚度不低于粉化损失厚度。

3 钢结构涂膜发生 $Ri2 \sim Ri3$ 锈蚀,2~3级开裂、剥落、起泡时,应彻底清洁表面至 $Sa2\frac{1}{2}$ 级或 $St3$ 级,未损区边缘应设有50~80mm坡口,补涂涂层体系符合原设计要求。

4 涂层底层为热喷锌或热喷铝的可用两道环氧富锌底漆代替;仍采用热喷锌或热喷铝的,应在原破损面积基础上扩300mm进行重新热喷。

5 钢构件焊缝出现表层开裂,可采用磨修、冲击闭合等方式处理,设计应明确其工艺要求。

6 钢桁节点和拼接接头螺栓、铆钉更换时,所用连接件材质、规格、强度等级应与原件相同。

4.4.7 桥涵混凝土构件预防养护设计应符合下列规定:

1 混凝土非结构性裂缝应根据裂缝宽度、密集程度等因素采用单缝封闭或区域封闭的方式,并根据裂缝宽度、深度、活动性选择适宜的材料与工艺。

2 表面蜂窝、剥落、空洞等表观缺损的修补宜选用不低于原设计混凝土强度、低收缩的材料并应加强界面处理工艺。冻融损伤的修补材料抗冻等级不应低于原设计混凝土,且应掺用引气剂,含气量宜为4%~6%。

3 预应力管道灌浆空洞等内部空洞的补压浆应根据空洞的位置和分仓情况设计适宜的进出浆孔和检查孔,灌浆材料应满足现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的要求。

4 保护层厚度不足的构件可根据环境、结构条件论证涂层、防腐构造等附加防护方式及其技术指标。

5 对存在钢筋锈蚀可能的构件,应根据锈蚀原因及环境条件综合确定设计方案。宜按照现行《钢筋阻锈剂应用技术规程》(JGJ/T 192)的规定采取喷涂渗透型钢筋阻锈剂抑制锈蚀的发展。有害介质渗入等原因导致的锈蚀,除采取钢筋阻锈外,还应设计阻隔有害介质侵入的措施。

6 应根据不同环境条件和耐久性损伤类型选择有针对性的表层防护材料或构造,阻断耐久性损伤的致损条件形成。

7 已有防护涂装的混凝土桥涵出现劣化或局部破损时的维护性补涂应符合本规范第4.4.6条第1款和第2款的规定外,尚应满足下列要求:

1) 涂膜处于2~3级开裂、剥落、起泡,但底涂层完好时,可仅涂刷配套的中间漆和面漆。

2) 补涂前应按现行《公路桥梁混凝土结构防腐涂装》(JT/T 695)的规定清理局部劣化破损部位。

条文说明

施工、环境影响、灾害事故导致的混凝土桥涵各类表观缺损、内部缺陷将降低混凝土桥涵结构的耐久性能，及时进行修补可以有效防止有害物质通过缺损侵入结构内部造成更大的结构损伤。

3 预应力管道灌浆饱满度对预应力的有效性、耐久性有重要影响，其空洞的分布比较复杂，有沿孔道长度方向上间断的无浆，有束形最高点区域、锚头区域等位置无浆等。因此要根据空洞的实际情况分段处理，一般情况下，取每个区段孔道最高的位置作为出浆孔，低的位置为注浆孔。

5 钢筋锈蚀的原因主要分为混凝土中性化（碳化）、掺入型氯化物诱发、渗入型氯化物诱发等3种。本款中存在钢筋锈蚀指半电磁电位 $-200 \sim -300\text{mV}$ ，尚未出现局部鼓起、顺筋开裂和剥落等典型钢筋锈胀破坏现象时。

6 不同的耐久性病害适用的表面防护要求均有不同，如针对混凝土中和化、氯离子和硫酸盐侵蚀、冻融、冲刷等分别要具备抗碳化、抗渗透、抗冻、抗磨等。形成混凝土耐久性损伤，一般分为内因和外因，对于养护而言，混凝土结构已存在，内因已无法控制，只能从外部控制反应条件的形成。如对存在碱集料反应条件的构件就要采取隔绝环境水分侵入混凝土内部的措施。这是因为碱集料反应是混凝土原料水泥、外加剂及水中达到一定数量的可溶性碱性氧化物（氧化钠、氧化钾等）与混凝土中某些含有活性矿物的集料在有水分的条件下发生化学反应，生成的凝胶体体积膨胀，引起已硬化的混凝土开裂破坏。对于服役混凝土桥涵而言，只能通过隔绝水分进入来延缓膨胀反应的发生。常采用封堵裂缝和涂刷表面憎水涂层等措施。

4.4.8 圬工砌体的预防养护设计应符合下列规定：

- 1 勾缝砂浆强度应不低于砌筑砂浆强度。
- 2 圬工砌体局部剥落、非结构性开裂的处理应同混凝土的处理要求。
- 3 碳化、风化、盐雾侵蚀的部位，可根据环境、结构条件论证涂层、防腐构造等附加防护方式及其技术指标。

4.4.9 伸缩装置预防养护设计应符合下列规定：

- 1 更换的橡胶止水带、支撑梁橡胶支撑、梳齿板、橡胶板、锚固螺栓等伸缩装置部件，应满足原设计的规格和性能。
- 2 伸缩装置中钢构件的除锈、防腐应符合本规范第4.4.6条的规定。
- 3 锚固区混凝土的轻微损坏、裂痕、间隙等病害处理应符合本规范第4.4.7条的规定。
- 4 伸缩装置锚固区混凝土存在较大范围破损、开裂时，锚固区新浇混凝土强度等级应比原设计混凝土提高一级，并不低于C50。
- 5 伸缩缝更换应根据原有伸缩装置的结构类型、破坏原因、交通量和重车组成、槽口现状及环境条件，结合实际温度变化计算最大伸缩量，选择伸缩装置类型与构造。

6 伸缩缝更换应明确伸缩装置的安装温度及安装缝宽,宜给出安装温度不同时伸缩装置的安装缝宽。

条文说明

伸缩缝出现下列情况,符合更换条件:

- (1) 伸缩装置达到设计使用寿命,经检测评估不能继续使用的;
- (2) 伸缩装置整体或局部构件出现严重老化、锈蚀与变形、断裂、破损、松脱、错台,装置不能正常伸缩及转动,经检测评估不能继续使用的。

4.4.10 支撑装置的预防养护设计应符合下列规定:

1 橡胶支座保护层厚度内裂缝封闭用材料的黏附性、抗老化及变形能力应满足支座使用的要求。

2 支座变形偏大影响结构受力、滑动支座聚四氟乙烯滑板脱落或磨损较多,可通过调整消除不利影响时,应进行调整。采用顶升方式调整时,应计算梁体顶升的位移限值。

3 支座脱空应根据脱空间距或偏压角度确定楔形钢垫块的构造尺寸。

4 钢支座、盆式钢组件的除锈、防腐应符合本规范第4.4.6条的规定。

5 支座垫石开裂、破损等病害处理应符合本规范第4.4.7条的规定。

6 滑动支座防尘罩布设应根据支座形式,变形量值、空间情况,环境条件等因素确定防尘罩的构造、材料与安装工艺。

7 支座更换设计应充分考虑支座处施工空间小、工期要求较短、不中断交通等条件限制,采用适宜的维修更换措施与材料机具设备。

8 新换的支座应与结构体系相适应,支座高度与使用功能与原支座一致。

9 横桥向同一墩台上同一排中的个别橡胶支座需要更换时,宜将同一排支座全部更换。

10 应明确支座安装温度,宜给出与安装温度不同时支座顺桥向的预偏量。

11 采用整联跨同步顶升更换支座时,纵桥向各跨、横桥向各梁板构件的顶升位移应严格同步,计算确定梁板间可能的位移不同步工况位移差限值。

12 采用局部顶升更换支座时,应充分考虑顶升高度对全桥的不利影响,计算确定各顶升点的局部顶升高度限值。高度限值计算应考虑支撑结构材料性能的影响。

13 墩顶顶升空间和支承面不满足顶升要求采取辅助顶升支架或导梁时,应按相关规范对附加支承结构进行刚度、强度和稳定性验算。

14 应根据上部结构类型及盆式支座构造确定滑动层更换方案。

条文说明

2 支座变形主要包括橡胶支座串动和剪切变形、盆式支座和钢支座的位移和转角

变形。橡胶支座量大面广，偏压和剪切变形是通病，原因和产品质量、垫石平整度、安装温度、设计变形量考虑的因素全面性等都有关系，《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362—2018）、《公路桥梁板式橡胶支座》（JT/T 4—2019）考虑制动力时，支座的剪切角小于 35° 。《公路桥梁橡胶支座病害评定技术标准》（DB32/T 2172—2012）认为 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 为偏大。《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21—2011）认为支座较好状态的剪切角要小于 45° 。可见各规定现在并不统一，从预防支座过早丧失功能角度，本规范取超过 35° 小于 45° 为偏大界限。钢支座和盆式支座取《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21—2011）相应病害评定标度3级为界限。

7 支座出现下列情况，符合更换条件：

- (1) 橡胶支座不均匀鼓包；
- (2) 橡胶支座严重开裂，钢板脱漏；
- (3) 支座剪切或转动变形超过设计限值；
- (4) 支座超过设计使用年限，经检测评估不能满足支座功能要求；
- (5) 支座构件严重锈蚀、断裂、挤出、变形受限，经检测评估难以修复或无修复价值。

11 一般情况下纵向顶升点位移差要小于3mm，横向位移差不要大于1mm。桥梁整体同步顶升最好采用可编程逻辑控制液压同步控制技术，来保证顶升同步性，避免不同步造成位移差引起结构在顶升过程中损坏。

4.4.11 桥涵冲刷预防养护设计应符合下列规定：

1 应根据水流与河床情况、基础形式、桥梁跨径及工程造价等，采取整孔或局部抗冲刷防护措施。

2 局部防护不应压缩流水断面，顶面高程宜设置于一般冲刷线处。

3 当河床不稳定、基础埋置较浅或冲刷范围较大时，可采用平面防护加固措施，其范围应覆盖全部冲刷坑。

4 大流速或河床纵坡过大、冲刷严重的不通航河流，可在下游适当地点修筑拦砂坝，坝顶高程应与上游桥址处河床的高程相同。

5 河道变迁导致桥涵冲刷加剧时，宜采取丁坝、导流堤等人工构筑物整治河道，调节水流。

6 水流冲蚀造成的下部结构、基础构件破损应根据水流的具体情况，采取套筒防护或增大墩柱截面等方式，水体具有腐蚀性时，修复材料应具有相应防腐能力或构造上考虑腐蚀的影响。

7 过水涵洞直接遭受水流冲击时，入口处应采取铺砌等防护措施，进出水口冲刷严重的，可用浆砌块石铺底，铺筑长度视流速而定，铺筑末端宜设置抑水墙等消力设施。

8 过水涵洞经常淤积时可在进水口设置沉砂井等沉淀设施。

条文说明

1 局部防护仅能防止水流局部冲刷而不能防止一般冲刷,因此,局部防护在一般冲刷已充分发展的基础上才能获得应有的效果。即原则上局部冲刷的顶部高程设到一般冲刷线是合适的,也才能达到预期效果。局部防护顶面高程设置过高,则会减少过水断面,增大墩台阻水,增大冲刷,造成不利效果。设置过低,起不到防护作用。但是实际工程中一般冲刷本身计算的准确性有限,故尽量接近一般冲刷线即可。需要注意的是具体设计时要考虑到河床演变、非法采砂等实际情况对设计阶段确定的一般冲刷线的影响。整孔防护包括浆砌片石(或混凝土)护底、石笼护底、设置拦砂坝等,局部防护包括石笼护基,混凝土块排,钢筋混凝土板,单、双层的块、片石铺筑等柔性和刚性平面防护与板桩、钻孔桩帷幕压浆,土体化学压浆等立体防护措施。

4.4.12 桥涵防水预防养护设计应符合下列规定:

- 1 桥涵渗漏的处治宜遵循疏-堵结合的原则。
- 2 对于存在较大地下渗透水压的悬索桥锚碇、锚洞渗漏宜在锚室、锚洞周边设置永久截水系统,结合地形与水源位置综合选用止水帷幕与井降排水、排水廊道系统等措施。
- 3 墩台积水及支座受渗漏水侵蚀时,宜根据实际雨量情况,核算原设计排水能力,不足时宜增设集中排水管。多雨地区的盖梁与台帽上表面宜涂覆防水涂层及设置排水坡。排水坡坡度不应小于1.5%。
- 4 桥涵构件接缝、搭板处渗漏应根据渗漏原因采取灌浆封堵、引流排水等措施,构件易受侵蚀表面宜涂敷防水涂层。
- 5 桥面破损、桥涵防水层失效、无防水层导致的结构渗漏除灌注封堵外,宜结合桥面铺装修复养护重做防水。
- 6 拉吊索渗漏处理前应先进行干燥除湿。
- 7 桥梁空心构件内应无积水,未设置排水孔的宜根据需要增补。
- 8 因未设截水措施,导致梁体受水侵蚀时,应根据实际需要设置截水板或滴水槽等措施。

条文说明

3 桥梁伸缩装置处经常由于伸缩装置排水不畅(设计能力不足)或密封破损,会使下面的墩台和支座等受到渗流水的侵蚀,适合根据桥梁实际情况增设集中排水管、盖梁、台帽涂刷防水涂层、上表面设置一定坡度快速排水等方式避免积水及保护支座。

4 涵洞接缝,如沉降缝、盖板涵板台接缝等处渗漏适宜采取高压灌注水溶性聚氨酯的方式进行封堵,结构体裂缝渗水则要视渗漏情况、结构情况采取适宜措施。

5 桥面破损或桥涵防水层失效导致的结构渗漏一般很难根治。早期可以采用灌注各类防水材料进行封堵。工程实践表明,要结合桥面铺装的修复改造进行重新防水,效

果更为可靠。

4.4.13 桥面沥青铺装的预防养护设计应符合本规范第4.3节的规定。预防措施导致桥面铺装厚度增加时，应通过桥梁原设计标准的承载能力验算。

4.4.14 桥涵预防养护工程的验收要求应符合下列规定：

- 1 缺陷修补结合紧密，防护构造完整有效，各连接无松脱。
- 2 桥涵构件耐久性及冲刷影响结构功能与安全的程度等得到有效控制。
- 3 支承和伸缩装置功能发挥顺畅。
- 4 桥面铺装保持良好的路用性能。

4.5 隧道

4.5.1 隧道土建结构预防养护工程应符合下列规定：

- 1 宜综合考虑隧道技术状况、性能衰减趋势、交通量、运营状态等特征，合理确定预防养护时机和养护措施。
- 2 技术状况值为0的轻微病害或隐患，宜进行预防养护。
- 3 技术状况值为1的病害，应进行预防养护。

4.5.2 隧道预防养护设计应包括设计原则和目标、病害情况及成因分析、预防养护方案、施工工艺、材料性能要求、施工和交通组织、验收标准等内容。

4.5.3 隧道预防养护应针对表4.5.3所列病害与缺陷进行设计。

表4.5.3 隧道预防养护的主要病害与缺陷类型

分类	病害与缺陷
衬砌开裂	衬砌表面环向和纵斜向开裂、表面网状开裂等
隧道渗漏水	衬砌表面出现浸渗、漏水、挂冰等
表层剥落	衬砌表层或内装层的起层、可能的掉块等

4.5.4 隧道预防养护设计的专项检测应按现行《公路隧道养护技术规范》（JTG 5130）规定的定期检查内容开展。隧道预防养护设计专项检测宜满足表4.5.4的要求。

表4.5.4 隧道预防养护设计专项检测要求

分类	检测内容		检测方法	检测频率
衬砌开裂	裂缝及其他表面缺陷	衬砌裂缝的位置、宽度、长度、范围和程度，墙身施工缝开裂宽度、错位量；蜂窝、空洞、剥落、破损等缺陷大小、深度及其位置	目测、尺量、裂缝测宽仪	全部

续表 4.5.4

分类	检测内容		检测方法	检测频率
隧道 渗漏水	渗漏水状况	衬砌渗漏水的位置、水量、浑浊、冻结情况；沟管开裂漏水状况；排水沟（管）、集水井等淤积堵塞、沉沙、滞水、结冰等状况	目测、尺量	全部
表层剥落	结构及附属设施	衬砌表层起层、剥落的范围和深度；吊顶板变形、缺损的位置和程度；内装饰表面剥落、缺损的范围和程度	目测、尺量	全部

4.5.5 衬砌裂缝修补应符合下列规定：

- 1 应按照裂缝的成因、性质、宽度、分布，合理确定修补方法。
- 2 静止裂缝应尽快修补，其他性质的裂缝应与修复加固方案一并处理。
- 3 裂缝有渗漏水时，应先处理渗漏水，再进行裂缝修补。
- 4 裂缝修补后宜进行表面修饰处理。

4.5.6 裂缝修补可根据裂缝宽度选择下列方法：

- 1 宽度不大于 0.2mm 的裂缝宜采用表面封闭法。封闭材料宜采用低黏度、渗透性良好的裂缝封闭胶；封闭宽度范围不小于 50mm。裂缝封闭胶性能要求应符合现行《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440) 的规定。
- 2 宽度大于 0.2mm 且小于 0.5mm 的裂缝宜采用注射法。注射材料宜选用低黏度、可注性好的改性环氧树脂类、改性聚氨酯类胶液；注射孔可采用骑缝或斜缝布置，孔间距宜为 100 ~ 500mm；注射压力宜为 0.1 ~ 0.3MPa。改性环氧树脂类和改性聚氨酯类胶液材料性能要求应符合现行《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440) 的规定。
- 3 宽度不小于 0.5mm 的边墙部位裂缝宜采用凿槽充填法。开槽槽型宜为倒梯形，深度和宽度分别不应小于 20mm 和 15mm；填充材料宜选用聚合物改性水泥砂浆，其材料性能要求应符合现行《聚合物水泥防水砂浆》(JC/T 984) 的规定。

4.5.7 渗漏水处治应符合下列规定：

- 1 应遵循堵排结合、综合治理的原则确定处治方案。
- 2 渗漏水状态为浸渗、滴漏时，宜采取表面防水或导水措施。
- 3 渗漏水状态为涌流、喷射时，宜在采取降水措施后，根据情况采取止水或导水措施。
- 4 渗漏水处治的排水设施应便于维护，与既有排水系统连接顺畅。

条文说明

渗漏水状态按渗流量划分，参考现行《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440) 的划分标准。

4.5.8 构造部位渗漏水处治应符合下列规定：

- 1 变形缝应先注浆止水或排水，再采取嵌填遇水膨胀止水条、密封材料等方法处理。
- 2 预埋件处渗漏水可先采用快速堵漏材料止水，再采取嵌填密封材料，涂抹防水涂料、水泥砂浆等措施处理。
- 3 施工缝可根据渗水情况采用注浆、嵌填密封材料、安装截水盒及设置排水暗槽等方法处理，表面应增设水泥砂浆、涂料防水层等加强措施。

4.5.9 导水引排设计应符合下列规定：

- 1 导水管的位置、间距、断面形状应根据漏水量、净空富余量、漏水位置等情况确定。
- 2 导水管断面应具有一定的富余量，确保管内不被地下水析出物或沉淀物堵塞。
- 3 凿槽埋管导水时，应在安装导水管后用堵漏材料充填，并在表面涂刷防水层。
- 4 导水管底部应设置引水孔槽将水汇入排水系统。

4.5.10 降水引排设计应符合下列规定：

- 1 隧道拱部出现渗水、滴水、淋水、施工缝漏水等情形时，宜设置泄水孔降低地下水位。
- 2 宜根据地下水水量及渗漏水情况，将降水与导水引排措施配合使用。
- 3 泄水孔位置宜靠近边墙底部，钻孔内应采取防掏蚀措施，设置排水管或乱丝盲管。
- 4 应采取凿槽或埋管等措施，将明水引流至排水系统。

4.5.11 止水设计应符合下列规定：

- 1 宜根据漏水状态、位置，选用凿槽充填止水或凿槽注浆止水方法。
- 2 应选用与基面黏结强度高、抗渗性好和具有耐环境因素作用的充填材料。
- 3 凿槽充填止水不宜使用于隧道拱部。
- 4 注浆止水钻孔应布设于沟槽底面，钻孔间距宜为 300 ~ 400mm，孔径宜为 20 ~ 25mm，钻孔深度不宜超过衬砌厚度的 2/3；宜采用水溶性聚氨酯浆液、丙烯酸盐浆液、超细水泥浆等注浆材料；注浆压力宜为 0.1 ~ 0.3 MPa。

4.5.12 衬砌表面出现裂纹或面渗时，可对隧道表面涂装防水涂层。涂层技术要求应符合现行《水泥基渗透结晶型防水材料》（GB/T 18445）的有关规定。

4.5.13 衬砌表面或内装层出现起层、剥落或网状开裂现象时，宜采用锤击法清除可能的掉块。

条文说明

隧道掉块是对运营安全影响最大的一种事故类型，具有突发性强、危害性大的显著特征。导致隧道掉块的原因，涉及隧道的支护材料、施工工艺、质量控制等内容。隧道掉块事故的防治重点在预防。对出现表层脱落、剥落或网状开裂等掉块前期征兆时，采用锤击法先行排险，是较为简便可行的预防措施。

4.5.14 分布于拱部的纵斜向裂缝，难以判断裂缝的性质时，宜选取有代表性的裂缝开展监测，及时掌握其长度和宽度变化情况。

4.5.15 隧道预防养护工程的验收要求，应符合下列规定：

- 1 预防养护实施后，被处治段落土建结构技术状况值应达到0或1。
- 2 高速公路、一级公路、二级公路隧道拱部、边墙、设备箱洞应不渗水，路面应不渗水；车行和人行横通道等服务通道拱部应不滴水，边墙应不滴水。
- 3 三级公路、四级公路隧道拱部应不滴水，边墙应不滴水，路面应不积水，设备箱洞应不渗水。
- 4 除满足设计要求外，尚应符合现行《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG 5220)的有关规定。

5 修复养护设计

5.1 一般规定

5.1.1 修复养护应以结构性或功能性修复为设计目标。

5.1.2 修复养护应对路基、路面、桥涵、隧道、交通安全设施、机电设施、环保设施与绿化工程进行设计，并开展养护工程相应的路线及交叉设计。

5.1.3 修复养护设计应以专项检测为依据，加强各类病害的分析与诊断，合理确定修复养护设计方案。

5.1.4 修复养护应对交通安全提升路段和交通运行不畅路段进行相应的养护工程设计。

5.1.5 条件复杂的桥梁、隧道、边坡养护工程的施工组织设计应包括施工工序、防护措施及施工监测等设计内容，必要时可进行专项设计。

5.2 路线及交叉

5.2.1 修复养护工程可根据养护设计方案、交通运行状况及场地条件等开展相应的路线及交叉设计，技术指标宜符合现行《公路路线设计规范》（JTG D20）或《小交通量农村公路工程技术标准》（JTG 2111）的规定。

条文说明

本条明确了路线及交叉设计是养护工程的重要设计内容，路线及交叉设计包含既有公路路线及交叉的拟合设计和在拟合设计成果基础上的调整设计。根据调研，公路养护工程存在诸多情况需对原公路路线及交叉进行调整设计（涉及路线及交叉的平面、纵断面、横断面调整），其各项技术指标原则上不低于原设计指标，从提高交通安全的角度考虑，采用了程度词“宜”，意即在有条件的情况下尽量满足现行规范的相关规定。

5.2.2 修复养护设计宜对表 5.2.2 所列养护工程进行路线及交叉设计。

表 5.2.2 路线及交叉设计适用的养护工程

分类	养护工程范围
路基、路面修复养护工程	路基沉降、滑移等修复养护需拟合或调整纵断面的； 路面结构性修复需拟合或调整纵断面的
交通安全提升路段的养护处治工程	因路线线形指标较低需调整路线平纵面的； 长大下坡路段需增设避险车道的； 超高路段路面排水不畅需调整横坡的； 因互通立交出入口及匝道技术指标较低需养护改造的； 平面交叉需养护改造的等
交通运行不畅路段的养护处治工程	局部路段交通拥堵需改善路线线形的； 长大纵坡路段需增设爬坡车道的； 互通匝道半径较小需改变线形或增加宽度的； 平面交叉通过养护改造提高通行能力的； 单车道公路增加错车道的等
养护加宽工程	桥梁加宽、路基路面加宽、沿线设施加宽改造等养护工程

条文说明

通过全国调研，需开展路线或交叉设计的养护工程主要包括各等级公路的路基沉降滑移处治、路面结构性修复、交通安全提升路段、交通运行不畅路段、路基路面和结构物加宽等养护工程，本条针对以上类型并结合调研情况归纳了需开展路线或交叉设计对应的具体工程范围，对于路线及交叉设计存在新增用地的情况，原则上不纳入养护工程范畴。另根据全国调研，存在一些局部改造工程作为养护工程实施的情况，因此也将部分局部改造工程如加宽、交叉改造等纳入养护工程范畴，其他未列入表 5.2.2 的养护工程根据需要开展相应的路线与交叉设计。

5.2.3 路线设计可根据设计需要对既有公路路线平面、纵断面线形和横断面进行拟合测量；路线线位改移、路基路面和结构物加宽等可根据需要进行相应的工程勘测。

条文说明

既有公路的路线平纵横复测是公路养护工程进行路线设计的基础工作，也是确定养护工程数量的基础数据之一。另外从全国调研情况看，对于公路养护工程路线调整设计，大部分地区也规定了开展原公路平纵横复测的要求。

5.2.4 路面修复养护工程中路线设计应符合下列规定：

- 1 路面结构性修复养护宜对既有公路路线平面、纵断面和横断面进行拟合设计，并根据路面养护方案开展纵断面和横断面调整设计。
- 2 路面功能性修复养护工程可不开展路线设计。当因路面排水不畅或曲线超高不

足等需调整横坡时，应进行路线设计。

3 纵断面设计受构造物控制且纵坡不大于2%时，在满足行车视距的前提下，经技术经济论证，可采用3s设计速度行程的竖曲线长度控制设计。

条文说明

3 根据全国调研情况，公路构造物前后普遍存在路基沉降的现象，按照满足路线设计规范要求开展纵坡设计工程量增加较大，为更好地利用既有工程，减少工程量，参照《高速公路改扩建设计细则》（JTG/T L11—2014）第6.4.4条规定对竖曲线长度进行了规定，但一般情况下还是尽量满足路线设计规范的要求。

5.2.5 交通安全提升路段经技术安全分析，确需调整公路平面、纵断面或横断面时，应结合实地情况进行局部路段的路线调整设计。

条文说明

交通安全提升是公路养护的重点工作内容之一，从“以人为本、安全至上”的理念出发，本条文对交通安全提升路段明确了设计要求，通过技术安全分析查找隐患根源，以便完善或加强交通安全设施，当通过设置安全设施不能完全改善安全状况时，需进行针对性的路线平面、纵断面或横断面的调整设计来达到提高安全性的目标。

5.2.6 交通运行不畅路段经技术经济论证，可局部调整路线平、纵面线形和横断面宽度。

条文说明

全国调研过程中，了解到养护工程存在为提高通行能力而开展路线及交叉局部调整设计的情况。因此本条对此类工程开展路线设计作出规定。

5.2.7 路基、路面及结构物加宽应对相应路段进行路线拟合设计，并做好衔接路段的过渡设计。

5.2.8 平面交叉养护改造应综合公路等级、交通量、用地条件等因素合理确定设计方案。路基、路面等养护工程设计应对路段内平面交叉进行衔接设计。穿越城镇路段的平面交叉需养护改造时，可根据现行规范与城市道路相关规范进行综合设计。

5.2.9 互通立交出入口和匝道的局部养护改造应进行细部设计，并做好与既有工程的衔接设计。

5.3 路基

5.3.1 路基修复养护设计应根据公路路基技术状况评定结果,对已产生的结构性和安全性的严重路基病害进行修复养护设计,应包括病害调查与分析、专项检测、病害诊断、养护设计方案、施工工艺、主材性能要求、设计及验收标准等。

5.3.2 路基修复养护应对表 5.3.2 所列病害与缺陷进行设计。

表 5.3.2 路基修复养护设计的主要病害与缺陷类型

分类	病害与缺陷
路肩	路缘石破损:指路缘石大面积(10%以上)破损或者缺失
	路肩破损:指路肩产生大面积(10%以上)裂缝、变形及破损等病害
路堤与路床	不均匀沉降:指路面出现大于 40mm 的差异沉降,或大于 50mm/m 的局部沉降
	桥头跳车:指桥梁与路基交界处,由于桥台与路堤的沉降不一致,导致桥头处出现错台
	开裂滑移:指沿路基纵向出现弧形开裂,路基产生侧向滑动趋势
	冻胀翻浆:指季节性冰冻引起的路面隆起、变形,春融或多雨地区的路边破裂、冒浆等
边坡	局部坍塌:指边坡表面松散破碎或雨水冲刷而引起坡面的滑塌现象
	滑坡:指边坡发生整体剪切破坏引起的坡体下滑,或有水平位移现象
既有防护及支挡结构物	局部损坏:指局部出现基础掏空、墙体脱空、脱落、轻度裂缝、下沉等现象
	结构失稳:指结构物整体出现开裂、倾斜、滑移、倒塌等现象
排水设施	损坏:指排水沟、截水沟、急流槽等设施破损

条文说明

根据《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)第二条公路养护工程和第十二条修复养护定义,确定本规范的路基修复养护设计,即主要解决路基工程部位已产生的结构性和安全性的病害。

5.3.3 路基修复养护设计专项检测宜满足表 5.3.3 的要求。

表 5.3.3 路基修复养护设计专项检测要求

分类	检测内容	检测方法	检测频率
路肩	路肩破损、路缘石破损 病害类型、位置、范围等	实测	每处

续表 5.3.3

分类		检测内容	检测方法	检测频率
路堤与路床	桥头跳车、不均匀沉降	病害位置、范围、规模、排水设施等	JTG 3450 (T 0911)、JTG 3450 (T 0914)、JTG 3450 (T 0931)、目测	每处
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等水文参数	水文调查	—
		路基路面结构内部损坏状况	JTG 3450 (T 0976)	1 个/代表性地段
		路基路面承载能力	JTG 3450 (T 0951) 或 JTG 3450 (T 0953)	根据需要布置
	开裂滑移、冻胀翻浆	病害位置、范围、规模、排水设施等	JTG 3450 (T 0911)、实测	每处
		路基材料的填料性质、厚度、空间分布特征及有关物理力学参数	JTG C20	根据需要布置
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等水文参数	水文调查	—
		路面结构内部损坏状况	JTG 3450 (T 0976)	1 个/代表性地段
边坡	局部坍塌、滑坡	病害位置、范围、规模、排水设施等	JTG 3450 (T 0911)、实测	每处
		边坡坡体的岩土性质、厚度、空间分布特征及有关物理力学参数等	JTG C20	根据需要布置
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等水文参数	水文调查	—
		边坡位移或变形等	实测	1 套/代表性边坡
既有防护及支挡结构物	局部损坏、结构失稳	病害位置、范围、规模、排水设施等	JTG 3450 (T 0911)、实测	每处
		结构物下部及背部的岩土性质、厚度、空间分布特征及有关物理力学参数	JTG C20	根据需要布置
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等水文参数	水文调查	—
排水设施	损坏	病害位置、范围、程度等	实测	每处
		地下水出露位置、流量变化、地表汇水和径流情况等水文参数	水文调查	—

5.3.4 路基修复养护工程应根据设计需要，依据现行《公路工程地质勘察规范》(JTG C20) 开展必要的地质勘察。地质勘察勘探点、测试点和观测点的布置的密度、深度应根据病害特征和工程部位特点等因素确定。

5.3.5 路基修复养护的设计单元应结合病害类型、设计方案、实施条件、施工可操

作性与便捷性等因素确定。

5.3.6 对路堤与路床、边坡、既有防护及支挡结构物的病害进行修复养护设计时，应对排水系统进行核验，完善排水设计。

5.3.7 路肩病害的修复养护设计，应根据病害规模开展分类、分段设计，并应符合下列规定：

- 1 路缘石大范围损坏时，应调查路缘石损坏规模并分析原因，宜采用集中更换方式。
- 2 土路肩塌边损坏时，应对路肩进行翻挖回填或宽填处理，宜采用护肩石等硬化措施。
- 3 路肩应与路面顺接，横坡不应小于原设计坡度，排水不畅时可加大横坡。
- 4 路肩产生冲刷损坏时，应增设截排水设施，宜采用硬化路肩等措施。

5.3.8 路堤与路床不均匀沉降病害的修复养护设计，应根据路基损坏的类型、特征、成因及危害程度，结合气象、水文条件、工程地质等因素，可选用一种或多种组合措施，并符合下列规定：

- 1 不满足地基承载力要求时，宜采用注浆、高压旋喷桩等非开挖养护方式。
- 2 可根据现场条件，采用换填改良、水泥搅拌桩、水泥粉煤灰碎石桩、预应力混凝土管桩和挤密砂石桩等进行修复。
- 3 路基沉降已相对稳定时，可采用加铺沥青层方式进行修复。
- 4 水进入路堤与路床内部时，应增加综合排水设施等。

条文说明

3 《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(JTG/T D31-02—2013)中提出了沉降稳定的标准采用双指标控制，要求连续2个月观测，每月沉降不超过5mm，因此，本规范规定的路基不均匀沉降已相对稳定，是指沉降率小于5mm/月，如果当地有工程经验确定相对稳定的不均匀沉降，也可以根据当地工程经验确定。

5.3.9 路堤与路床不均匀沉降病害的修复养护设计，应满足地基承载力、变形和路堤稳定性要求，并进行下列验算及计算：

- 1 处治范围与厚度应根据病害范围、荷载和沉降要求等因素综合确定，设计路床顶面回弹模量不应低于现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)和《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG 3340)的有关规定。
- 2 桥头、地层变化路段及不同处治措施连接处，应采取过渡处理措施。
- 3 斜坡、软弱路基应采用限制路基侧向变形的抗滑桩、挡墙等处理措施，并进行稳定性验算。
- 4 按路基变形设计进行路基处治的设计，应进行沉降变形计算。

5.3.10 桥头跳车病害的修复养护设计应符合下列规定：

- 1 桥台回填部位不满足承载力要求时，宜采用非开挖注浆、高压旋喷桩等措施。
- 2 桥头跳车路基段的沉降相对稳定时，可采用加铺沥青层方式进行修复。
- 3 具备中断交通条件，可采用挖除换填和复合地基等措施。
- 4 宜采用摩擦角大、强度高、压实快、透水性好的回填材料。
- 5 桥头路堤排水系统应与路基段衔接，可采用盲沟、挡墙预留孔口滤水等措施。
- 6 修复后的桥头路面过渡段纵断面最大高差应根据现行《公路技术状况评定标准》(JTG 5210) 确定，且应小于 10mm。

条文说明

6 断面最大高差小于 10mm 的确定方法见《公路技术状况评定标准》(JTG 5210—2018) 中附录 B。

5.3.11 路堤与路床开裂滑移病害的修复养护设计，可选用一种或多种组合措施，应符合下列规定：

- 1 应根据专项检测结果判断开裂滑移面以及开裂滑移病害的发展趋势。
- 2 根据确定的开裂滑移面及其底端位置，可采用锚固法、钻孔灌注桩、微型钢管桩、挡土墙加双锚技术或反压护道法等。
- 3 宜增设或完善排水系统。

5.3.12 路堤与路床开裂滑移病害的修复养护设计，应满足地基承载力、变形和路堤稳定性要求，并符合下列规定：

- 1 滑动稳定性分析应根据地质状况等，选择合理的稳定性分析方法，并依据病害特征、检（监）测数据及病害发展趋势，确定滑动带位置。
- 2 根据地形剖面 and 模拟的开裂滑移位置，确定开裂滑移的滑动带强度参数，计算滑动力。
- 3 可采用原位试验成果指标作为计算参数进行验算，或采用折减参数法对土体参数进行试算，得出滑动面土体的稳定安全系数，判定滑移部位的稳定性。

条文说明

《公路路基设计规范》(JTG D30—2015) 对路堤堤身稳定性、路堤和地基的整体稳定性推荐采用简化 Bishop 法，路堤沿斜坡地基或软弱层带滑动的稳定性分析一般采用不平衡推力法。《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086—2015) 对稳定性计算提出了不同的分析方法，圆弧滑动破坏推荐采用简化毕肖普法、摩根斯坦-普赖斯法或简布法计算和瑞典法计算；直线滑动破坏推荐采用平面滑动面解析法计算；折线滑动破坏推荐采用传递系数隐式解法、摩根斯坦-普赖斯法或萨玛法计算等。

5.3.13 路堤与路床冻胀翻浆病害的修复养护设计应符合下列规定：

- 1 路基冻胀翻浆应按现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 进行路基冻胀率、冻胀量等复核算算。
- 2 应按现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 和《公路排水设计规范》(JTG/T D33) 要求复核算算已有的排水设计。
- 3 应根据路基翻浆类型和病害程度等因素, 采用换填改良、增加综合排水设施和加铺罩面等养护措施。

5.3.14 路基边坡的局部坍塌病害的修复养护设计应符合下列规定：

- 1 应根据病害原因、规模以及施工条件等因素确定养护措施, 宜采用挡土墙、削方减载、增设加筋土和灰土恢复等措施。
- 2 综合考虑边坡坡率和岩土性质等因素, 优选采用植物防护, 也可采用工程防护的坡面防护措施。
- 3 在边坡坡脚采用挡墙时, 应满足现行《公路路基设计规范》(JTG D30) 的要求。
- 4 沿路路堤产生局部坍塌时, 应根据河流水文条件和地质因素, 分析计算冲刷深度, 结合路基形式, 选取石笼防护、浸水挡墙、抛石防护等防冲刷措施。

条文说明

调研发现, 一些省市在公路养护实践中, 对于雨水冲刷造成的路基边坡局部坍塌采用加筋土、灰土恢复路基方案, 使用效果较好。

5.3.15 滑坡病害的修复养护设计应符合下列规定：

- 1 公路滑坡勘察应根据专项检测结果, 评价滑坡稳定状况, 预测滑坡发展趋势。
- 2 应根据滑坡危害程度、公路等级、周围环境及其工程重要性, 确定滑坡防治工程安全等级。
- 3 滑坡稳定性评价应采用定性与定量相结合的综合评价方法。
- 4 滑坡稳定性计算应根据滑动面的形态和破坏模式选择计算方法。
- 5 根据滑坡性质和规模, 结合防排水设计, 可单独或联合选用削方减载、抗滑桩、锚索(杆)、格构锚固、抗滑挡墙及坡面防护等措施。

条文说明

《公路滑坡防治设计规范》(JTG/T 3334—2018) 规定了滑坡分类与防治工程安全等级、滑坡勘察、滑坡稳定性分析评价、滑坡防治设计要点、滑坡防治工程设计、滑坡防治监测与预测预警以及滑坡防治工程动态设计与应急抢险工程设计, 在路基滑坡病害产生前、中、后, 设计参照执行。

5.3.16 既有防护及支挡结构物的局部损坏和结构失稳，应根据病害程度选取锚固法、加大截面法、抗滑桩等进行修复，可选用其中一种或多种组合措施，并应符合下列规定：

1 挡土墙产生局部损坏、未发生结构失稳时，应根据挡土墙类型及损坏形式等因素，采用支撑墙、锚固、加大截面等措施。

2 挡土墙产生结构失稳时，可采用抗滑桩、支撑墙或拆除重建。

3 既有防护网、锚固结构、抗滑桩等既有防护工程出现锚栓松动、失效滑移、侧向稳定性不足等结构性失稳时，可采取更换、增设或增加预应力锚索等方法补强。

5.3.17 排水设施的修复养护设计应符合下列规定：

1 地表排水设施养护应根据地形、地质和纵坡等条件，采取浆砌片石或现浇混凝土等措施；当土质边沟、截水沟、排水沟等出现冲刷或渗漏等病害时，可采取碎砾石、干砌片石等加固措施。

2 地下排水设施养护应根据病害部位，采用防渗、疏通或更换等方式。

3 应根据设计排水量确定断面尺寸和排水纵坡等设计参数，排水能力不应低于原设计标准。

5.3.18 局部路基加高、加宽、裁弯取直时，新增路基工程应按照现行《公路路基设计规范》（JTG D30）进行设计。

5.3.19 公路沿线的防雪、防石、防风沙设施损坏或不能满足要求时，应进行修复或者增设工程防护设施。

5.3.20 特殊路基病害的修复养护设计，应根据特殊路基特点和当地经验，按照本规范路基修复养护设计的规定进行设计，并满足现行《公路路基设计规范》（JTG D30）和《公路路基养护技术规范》（JTG 5150）的要求。

条文说明

《公路路基设计规范》（JTG D30—2015）对季节冻土地地区路基等 18 种特殊路基的设计进行了规定，由于特殊路基所处的特殊气候环境特征、填筑材料特征等不同，会产生不同类型病害，进行特殊路基养护设计时，在专项检测基础上，充分考虑特殊路基的特殊要素，作为设计依据进行养护设计。

5.4 路面

5.4.1 路面修复养护设计应针对修复养护设计单元开展专项检测，诊断病害原因，进行结构组合、结构层厚度及材料设计，确定修复养护方案，并提出施工工艺要求和验收标准。

5.4.2 路面修复养护设计单元的划分可按照本规范第 4.3.2 条的规定执行。

5.4.3 路面技术状况检测数据时效性应按本规范第 4.3.3 条的规定执行。

5.4.4 应利用路面技术状况数据确定评价单元修复养护时机，各指标值应根据建养历史、交通状况、路况现状及养护目标等因素综合确定。缺少相关数据及经验时，可参考以下规定：

1 沥青路面高速公路及一级公路采用 PCI、RQI 及 RDI 三项指标进行控制，其中任一指标低于 85，则触发养护需求；二级公路及三级公路采用 PCI 及 RQI 两项指标进行控制，其中任一指标低于 80，则触发养护需求；四级公路采用 PCI 指标进行控制，养护触发阈值为 75。

2 水泥混凝土路面高速公路及一级公路采用 PCI 及 RQI 两项指标进行控制，其中任一指标低于 85，则触发养护需求；二级公路及三级公路采用 PCI 及 RQI 两项指标进行控制，其中任一指标低于 80，则触发养护需求；四级公路采用 PCI 指标进行控制，养护触发阈值为 75。

5.4.5 路面修复养护设计适用的主要病害类型应符合表 5.4.5 的规定。

表 5.4.5 路面修复养护设计适用的主要病害类型

分类		病害与缺陷
沥青路面	裂缝类	龟裂、块状裂缝
		重度横向裂缝或纵向裂缝
	变形类	车辙
		沉陷
		波浪拥包
	松散类	重度坑槽
		重度松散
行驶舒适性较差		
水泥混凝土路面	断裂类	中度及重度裂缝
		板角断裂
		破碎板
		中度及重度边角剥落
	变形类	坑洞
		拱起
		重度错台
	行驶舒适性较差	

注：病害严重程度等级划分参照现行《公路技术状况评定标准》(JTG 5210)，农村公路养护工程设计参照现行《农村公路技术状况评定标准》(JTG 5211)。

5.4.6 路面修复养护应根据路面病害特点和养护需求情况提出修复养护专项检测方案。沥青路面修复养护专项检测宜满足表 5.4.6-1 的要求，水泥混凝土路面修复养护专项检测宜满足表 5.4.6-2 的要求。

表 5.4.6-1 沥青路面修复养护设计专项检测要求

分类	检测内容	检测方法	检测频率	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
裂缝类	详细病害：包括病害类型、位置、发展形态，并计算破损率、裂缝率、裂缝修补率、横向裂缝间距等指标	人工调查或自动化检测设备（JTG 3450 T 0974）	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样：分别在裂缝位置和裂缝附近路面完好处取芯；裂缝位置取芯深度达到基层底部，记录各结构层厚度、病害破坏层位、病害发展形态、结构层间黏结情况等 挖坑观测（可选）：逐层开挖，记录病害发展形态及发展深度	钻芯取样（JTG 3450 T 0903）、挖坑观测（JTG 3450 T 0976）	病害位置不低于 2 个/（km·车道），完好位置根据需要确定	病害位置不低于 1 个/（km·方向），完好位置根据实际需要确定
	材料性能：回收沥青针入度、延度、软化点等，沥青混合料冻融劈裂强度、低温抗弯拉强度、空隙率，无机结合料稳定材料无侧限抗压强度等	室内试验（JTG 3410）	根据实际需要确定试验项目和数量	根据实际需要确定试验项目和数量
	结构强度：主要检测路面病害位置，路面完好位置也检测进行对比	宜采用落锤式弯沉仪进行检测（JTG 3450 T 0953）	不少于 20 点/（km·车道）	不少于 20 点/（km·方向）
	雷达检测（可选）：检测病害严重的行车轮迹带，采用高频天线检测路面结构层厚度，采用中低频天线检测路面结构内部缺陷	探地雷达法（JTG 3450 T 0913、JTG/T 3222）	根据实际需要确定	根据实际需要确定
变形类	详细病害：包括病害类型、位置、发展形态	人工调查或自动化检测设备	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样：同一断面不同变形深度位置进行取芯，对比各结构层变形、层间结合情况	钻芯取样（JTG 3450 T 0903）	不低于 2 个/（km·车道）	不低于 1 个/（km·方向）
	材料性能：回收沥青针入度、延度、软化点等指标，集料级配、空隙率，油石比，沥青混合料抗剪强度（通过单轴贯入试验）或动稳定度；无机结合料稳定材料无侧限抗压强度（仅对沉陷病害）等	室内试验（JTG 3410）	根据实际需要确定试验项目和数量	根据实际需要确定试验项目和数量
	结构强度（仅对沉陷病害）：主要检测路面病害位置，路面完好位置也检测进行对比	落锤式弯沉仪检测（JTG 3450 T 0953）	不少于 20 点/（km·车道）	不少于 20 点/（km·方向）

续表 5.4.6-1

分类	检测内容	检测方法	检测频率	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
变形类	雷达检测 (可选): 检测病害严重的行车轮迹带, 采用高频天线检测路面结构层厚度, 采用中低频天线检测路面结构内部缺陷	探地雷达法 (JTG 3450 T 0913、JTG/T 3222)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
松散类	详细病害: 应包括病害类型、位置、发展形态	人工调查或自动化检测设备 (JTG 3450 T 0974)	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样: 分别在松散位置和附近路面完好处取芯, 取芯深度应达底基层底部, 记录各结构层厚度、病害破坏层位、病害发展形态、结构层间黏结情况等内容	钻芯取样 (JTG 3450 T 0903)	不低于 1 个/(km·车道)	不低于 1 个/(km·方向)
	材料性能: 回收沥青针入度、延度、软化点等, 集料级配、空隙率, 无机结合料稳定材料无侧限抗压强度等	室内试验 (JTG 3410)	根据实际需要确定试验项目和数量	根据实际需要确定试验项目和数量
	结构强度: 主要检测路面病害位置, 路面完好位置也检测进行对比分析	落锤式弯沉仪检测 (JTG 3450 T 0953)	不少于 20 点/(km·车道)	不少于 20 点/(km·方向)
	雷达检测 (可选): 检测病害严重的行车轮迹带, 采用高频天线检测路面结构层厚度, 采用中低频天线检测路面结构内部缺陷	探地雷达法 (JTG 3450 T 0913、JTG/T 3222)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
行驶舒适性较差	详细病害: 包括病害类型、位置、发展形态	人工调查或自动化检测设备 (JTG 3450 T 0974)	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样: 平整度较差路段取芯, 记录各结构层病害发展状况等	钻芯取样 (JTG 3450 T 0903)	根据实际需要确定	根据实际需要确定
	结构强度: 主要检测平整度较差路段, 路面完好位置也检测进行对比	宜采用落锤式弯沉仪进行检测 (JTG 3450 T 0953)	不少于 20 点/(km·车道)	不少于 20 点/(km·方向)

注: 1. 根据各路段主要病害类型选用适合的检测项目及检测频率要求。

2. 同一路段中同时存在多种类型病害时, 应综合考虑各类病害影响面积、病害原因等因素, 确定检测点位。

3. 裂缝率及裂缝修补率计算方法同表 4.3.6-1。

表 5.4.6-2 水泥混凝土路面修复养护设计专项检测要求

分类	检测内容	检测方法	检测频率	
			高速公路、一级公路	二级及二级以下公路
断裂类	详细病害：包括病害类型、位置、发展形态，并计算断板率、破碎板率等指标	人工调查或自动化检测设备（JTG 3450 T 0974）	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样：裂缝位置取芯深度达路面基层底部，记录各结构层厚度、病害破坏层位、病害发展形态、结构层间黏结情况等内容	钻芯取样（JTG 3450 T 0903）	病害位置不低于 1 个/（km·车道）	病害位置不低于 1 个/（km·方向）
	接缝传荷能力：检测接缝两侧弯沉值，并计算接缝传荷系数	宜采用落锤式弯沉仪进行检测（JTG 3450 T 0953）	逐板检测	逐板检测
变形类	详细病害：包括病害类型、位置、发展形态	人工调查或自动化检测设备（JTG 3450 T 0972）	分车道现场调查	分方向现场调查
	钻芯取样：取样深度达到病害层位底部，确定变形状况	钻芯取样（JTG 3450 T 0903）	不低于 1 个/（km·车道）	不低于 1 个/（km·方向）
	板底脱空程度：应检测接缝两侧弯沉值并计算弯沉差或同板板中板角弯沉差；检测板角三级荷载弯沉值，并采用截距法判断板角脱空情况	宜采用落锤式弯沉仪进行检测（JTG 3450 T 0975）、探地雷达检测（可选）（JTG 3450 T 0975）	逐板检测	逐板检测
行驶舒适性较差	详细病害：包括病害类型、位置、发展形态，并计算破损率、平均错台量等指标	人工调查或自动化检测设备（JTG 3450 T 0974）	现场调查	现场调查
	接缝传荷能力：检测接缝两侧弯沉值，并计算接缝传荷系数	宜采用落锤式弯沉仪进行检测（JTG 3450 T 0953）	平整度较差路段的板块抽检不少于 30%	平整度较差路段的板块抽检不少于 20%

注：1. 根据各路段主要病害类型采用适合的检测项目及检测频率要求。

2. 同一路段中同时存在多种类型病害时，应综合考虑各类病害影响面积、病害原因等因素，确定检测点位。

3. 断板率表征设计单元中断裂类病害板块的严重程度，计算方法参照《公路水泥混凝土路面养护技术规范》（JTJ 073.1—2001）；破碎板率指标计算方法同表 4.3.6-2。

条文说明

本条所规定的专项检测内容主要针对养护设计单元开展。根据《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号）的规定：“养护工程设计应针对不同病害的分布特点进行分段、分类设计”，故条文所要求的检测项目及检测频率均针对属于该类病害类型的设计单元，而非针对设计路段全线。

表 5.4.6-1、表 5.4.6-2 中规定了各种路面病害类型开展的专项检测项目及频率要求，其中病害类型划分与表 5.4.5 中所列病害类型相对应，设计过程中可以直接参照执行。

5.4.7 在专项检测基础上,路面修复养护设计步骤及内容应符合以下规定:

- 1 综合考虑建养历史、专项检测数据、交通荷载、气候环境、施工质量等因素开展路面病害原因分析,并结合经验进行判断。
- 2 根据病害原因分析结果,判断各结构层完整性并评价路面结构承载能力。
- 3 修复养护技术设计应包括既有路面病害处治、结构组合设计、结构厚度验算、方案比选等内容;施工图设计应在技术设计基础上,进一步细化方案,进行材料组成设计、结构力学验算,并提出施工工艺及验收标准。
- 4 结构组合应综合考虑病害诊断结果、当地养护经验和典型结构、沿线设施净空、桥梁恒载、护栏高度等因素。按现行《公路沥青路面养护设计规范》(JTG 5421)和《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG 3340)进行设计。
- 5 路面材料组成设计应包括材料技术要求、混合料配合比设计,并提出混合料技术要求及施工工艺要求。
- 6 对结构性修复,技术设计和施工图设计还应进行路面结构验算,并符合现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)和《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG 3340)的规定。
- 7 应对路面的防排水系统进行分析评估,并满足现行《公路排水设计规范》(JTG/T D33)的有关规定。防排水系统使用功能不满足要求时,应采取改善或重置路面防排水系统。
- 8 方案比选应从技术、工程经济、环境、交通因素等方面综合分析,并推荐养护设计方案。

条文说明

技术设计过程中开展结构厚度验算时,既有路面结构的设计参数采用室内外试验检测结果确定,新铺各结构层参数可以借鉴已有的试验资料或工程经验确定。施工图设计过程中开展结构力学验算时,各结构层混合料的最终设计参数根据实际采用的原材料及配合比设计结果确定。

5.4.8 沥青路面修复养护设计方案宜按表 5.4.8 进行选择。**表 5.4.8 沥青路面典型修复养护方案及适用条件**

养护类型	病害原因类	调查分析结果	可选养护方案
功能性修复	表面层性能衰减	表面层结构仅发生局部破坏或变形,基层及中下面层结构保持完好,整体结构强度充足	(1) 局部修复; (2) 局部病害修复后直接加铺罩面; (3) 就地热再生表面层
		表面层结构已发生整体破坏或变形,而基层及中下面层结构仍整体完好,整体结构强度充足	(1) 表面层铣刨重铺; (2) 就地热再生表面层

续表 5.4.8

养护类型	病害原因类	调查分析结果	可选养护方案
结构性修复	表面层性能衰减	表面层结构仅发生局部破坏或变形，基层及中下面层结构保持完好，整体结构强度不足	(1) 局部病害修复后直接加铺补强层（大于6cm）； (2) 就地热再生表面层后加铺补强层（大于6cm）
	面层结构破坏	表面层和中面层破坏，或面层结构整体破坏，基层结构仍整体完好，整体结构强度充足	(1) 铣刨重铺发生破坏的沥青面层； (2) 发生破坏的沥青面层进行厂拌热再生或冷再生处理，再加铺新沥青混合料层
		表面层和中面层破坏，或面层结构整体破坏，基层结构仍整体完好，整体结构强度不足	(1) 铣刨发生破坏的沥青面层，加铺基层和沥青面层； (2) 铣刨发生破坏的沥青面层，加铺较厚的沥青面层； (3) 对发生破坏的沥青面层进行厂拌热再生或冷再生处理，再加铺一层或多层沥青混合料层
	基层结构破坏	面层、基层结构发生整体破坏，底基层结构仍整体完好，整体结构强度不足	(1) 路面面层及基层整体结构挖除重建； (2) 直接加铺或铣刨至破坏结构层后再加铺基层和面层； (3) 对发生破坏的面层和基层进行全深式冷再生处理，再加铺基层和沥青面层（不宜用于高速公路）
		面层、基层及底基层均发生整体破坏，整体结构强度不足	(1) 路面结构整体挖除重建； (2) 直接加铺或铣刨至破坏结构层后再加铺基层和面层

注：1. 整体结构强度应结合弯沉检测、承载板、钻芯取样等数据综合判定，结构强度充足路段 PSSI 指标宜大于 80。
2. 各结构层完整性应结合路面详细病害调查、钻芯取样、雷达检测等数据进行综合判定。

条文说明

由于就地热再生方案处治厚度一般在 4~6cm，根据《公路沥青路面养护技术规范》（JTG 5142—2019）的规定，处治厚度大于 4cm 的养护方案属于修复养护，故本规范中将就地热再生放在修复养护典型养护措施中。

5.4.9 水泥混凝土路面修复养护设计方案宜按表 5.4.9-1、表 5.4.9-2 进行选择。

表 5.4.9-1 水泥混凝土路面典型修复养护方案及适用条件

病害与缺陷	病害程度	可选养护方案
纵向裂缝、横向裂缝	中	条带修补、全厚式混凝土修复
	重	全厚式混凝土修复、换板、重设传力杆
板角断裂	中	全厚式混凝土修复
	重	全厚式混凝土修复、换板、重设传力杆

续表 5.4.9-1

病害与缺陷	病害程度	可选养护方案
破碎板	重	换板、重设传力杆
拱起	—	横缝切宽、重新设置胀缝
坑洞	—	局部浅层修补、全厚式混凝土修复
错台	重	板底注浆顶升

注：病害严重程度等级划分参照现行《公路技术状况评定标准》（JTG 5210），农村公路养护工程设计参照现行《农村公路技术状况评定标准》（JTG 5211）。

表 5.4.9-2 水泥混凝土路面加铺改建方案

路面损坏状况评价等级		优良	其他	中等以上	其他	次	差
接缝传荷能力评价等级		优良		中			
板底脱空状况		无或微脱空		脱空			
整体 加铺方式	结合式混凝土加铺	★					
	分离式混凝土加铺	★	★	☆			
	沥青混凝土加铺	★	★	★	★	☆	
	破裂稳固后加铺					★	★
	碎石化后加铺					★	★

注：1. ★-各等级公路适宜，☆-仅适用于二级及以下公路；
2. 各指标评价等级划分标准参照现行《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG 3340）。

5.4.10 路面修复养护设计应充分利用既有路面结构和材料，积极采用路面材料再生技术。路面再生应满足现行《公路沥青路面再生技术规范》（JTG/T 5521）和《公路水泥混凝土路面再生利用技术细则》（JTG/T F31）的要求。

5.4.11 对路面抗车辙、抗低温开裂、抗凝冰、防滑、降噪、排水等使用性能有针对性要求时，应进行相应的结构组合及材料设计，并符合本规范 1.0.9 条的规定。

条文说明

对于重车比例较大，对路面结构高温性能要求较高的路段，材料设计时常考虑采用改性沥青、高模量沥青等结合料，或添加抗车辙改性剂，采用粗粒式级配类型，选用玄武岩等优质集料等方式。

对于路面裂缝较多，对低温抗裂性能要求较高的路段，结构组合设计方面采用的措施包括：增加加铺层厚度、设置应力吸收层、下面层采用性能良好的骨架嵌挤型混合料、采用倒装结构等；材料设计方面可以考虑采用高标号沥青、橡胶沥青等。

对于道路冬季除冰除雪要求较高的路段，为减少或避免路面凝冰、低温开裂等现象的产生，延长沥青混合料的温度疲劳寿命，常采用的措施包括：掺加抗凝冰添加剂、相变主动调温材料、自发热路面结构等。另外，将功能性材料与预防养护技术相结合，如

微表处、含砂雾封层、薄层罩面等材料中掺入特殊功能添加剂，可以在保留原有功能效果的同时，有效降低工程造价。

对于路面表面抗滑性能要求较高的路段，材料设计中常采用优质玄武岩石料、控制混合料配合比、增加表面层构造深度、选用抗滑表层等方式。

对于既有路面水损坏严重的路段，或对排水性能要求较高的路段，结构组合设计方面常用的措施包括采用透水性结构层、高黏改性沥青、排水系统设计等。

5.4.12 路面修复养护施工工艺设计除应满足现行《公路沥青路面养护技术规范》(JTG 5142)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)、《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG/T F30)及《公路路面基层施工技术规范》(JTG/T F20)的相关规定之外，还应满足下列要求：

1 实施加铺前，应对既有路面裂缝进行处理，可采用直接灌缝、开槽灌缝、贴缝带修复等措施，对存在脱空的裂缝，宜进行压浆处理。

2 新铺路面结构层与既有路面结构层存在两层及两层以上搭接时，应设置台阶；搭接部位的竖向界面，对沥青混合料应涂刷乳化沥青、改性乳化沥青或敷设沥青条，对无机结合料稳定层宜灌水泥浆。

3 基层结构修复设计时，应预留足够的工作宽度及长度，以保证压路机作业要求；当压路机作业不便时，也可采用小型夯实机具夯实。

4 新加铺沥青面层与既有面层之间，可采用精铣刨或拉毛处理后加铺黏层或封层的方式提高层间黏结效果；黏层和封层采用乳化沥青或改性乳化沥青时，应根据既有路面情况设计沥青用量。

5.4.13 各设计单元修复养护方案确定后，应根据便于施工、经济合理的原则对设计单元进行优化合并，形成工程实施路段。

5.4.14 路面修复养护工程应按养护方案对应规范、规程的规定进行验收，并应满足下列要求：

1 沥青路面结构性修复工程实测代表弯沉值不应大于验收弯沉值。

2 路面各结构层厚度应满足设计厚度要求。

3 路面抗滑性能应满足交工验收标准要求。

4 在加铺层与既有路面结构层拼缝处跨缝取芯，应能取出完整芯样。

5 在沥青加铺层与既有路面结构层拼缝处跨缝进行渗水试验，并应满足现行《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG 5220)的相关规定。

5.5 桥涵

5.5.1 应对技术状况评定为3、4类桥梁部件或通行能力不足的桥梁，较差与差类别

的涵洞进行修复养护设计。修复养护设计应包含设计标准、材料性能及要求、病害成因分析、维修加固措施、施工流程、关键工艺要求与验收标准等内容。

条文说明

依据《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011) 评定技术状况 3、4 类别的桥梁, 依据《公路桥涵养护规范》(JTG 5120—2021) 评定较差、差类别的涵洞, 其病害严重程度符合修复养护的意义, 在条文中予以明确, 便于实际操作。桥涵修复养护分为功能性修复与结构性修复。桥涵功能性修复主要为较为严重的结构耐久性恢复及为满足功能的要求进行的桥梁复位、加宽、加高、增设与涵洞接长等改造设计、结构部件更换等, 结构性修复主要为对各类导致桥涵构件安全承载能力减低的病害的恢复。更换主要针对桥涵可更换构件不满足功能要求或达到设计使用年限且经评估不能安全使用时的更换。

5.5.2 桥涵修复养护应对表 5.5.2-1、表 5.5.2-2 所列病害和缺陷进行设计。

表 5.5.2-1 桥涵修复养护的主要病害与缺陷类型

分类		病害与缺陷	
耐久性	钢构件	防腐涂层出现 Ri3 及以上锈蚀; 3 级以上开裂、剥落或起泡, 损坏贯穿整个涂层; 缆索防护层破损或失效; 防护钢结构湿度超出 50% RH	
	混凝土构件	防腐涂层出现 3 级以上开裂、剥落或起泡, 损坏贯穿整个涂层; 结构性开裂; 锈胀、碱集料反应、冻融及冲刷导致的各类开裂剥落	
结构性	上部结构	梁桥	横向联系断裂或不足; 混凝土箱梁开裂下挠; 钢构件局部屈曲; 钢混结合面脱开、错位
		拱桥	拱脚位移; 拱圈与侧墙开裂、掉块、偏位; 钢管脱空; 吊杆、系杆锈蚀与断裂、锚头锈蚀与破损
		索桥	各种原因导致的构件结构性开裂; 影响结构受力的大型表面破损; 超出设计允许的屈曲、变形或错位; 构件达到设计使用年限不宜延寿
		涵洞	接缝破损、错台; 洞身上部开裂
	下部结构	墩台	墩台倾斜、滑动, 沉降异常; 盖梁、台身结构性开裂; 梁体与挡块抵死、挤压破损
		涵台	接缝破损、错台、涌砂; 台身开裂
		基础	基础不均匀沉降
		地基	承载力不足
	桥面系		铺装严重破损、正交异型钢桥面疲劳开裂
	附属设施		护栏锈蚀、断裂、变形, 防撞能力不足

表 5.5.2-2 桥涵修复养护的能力缺陷

分类	能力缺陷
桥梁	桥梁通航净空不足；路宽桥窄；桥梁抗横向倾覆能力不足；桥梁抗震能力不足；桥梁防撞能力不足；桥梁养护设施不足
涵洞	涵洞长度不足；涵洞养护设施不足

5.5.3 桥涵修复养护设计专项检测应符合下列规定：

1 专项检测的项目和内容应根据设计目标、病害成因分析评估与修复措施设计的需要进行选择。

2 专项检测应满足表 5.5.3-1、表 5.5.3-2 的要求。

表 5.5.3-1 桥涵修复养护设计专项检测要求

分类		检测内容		检测方法	检测频率	
耐久性	钢构件	涂层劣化	涂膜劣化范围与程度	目测比对（GB/T 30789）	全部	
		环境湿度	锚室、鞍室、钢箱梁与钢塔内部相对湿度	湿度计量测	每室 1 ~ 2 处	
	混凝土构件	涂层劣化	涂膜劣化范围与程度	目测比对（GB/T 30789）	全部	
		有害介质	碳化深度、氯离子含量	酚酞法（JGJ/T 23）、化学分析法（JGJ/T 322）	每构件不少于 3 测区，每测区不少于 3 点	
结构性	上部结构	梁桥	结构变形	桥面上下游线形，曲线桥梁横向变位，钢构件局部屈曲，钢混结合面错台	目测、尺量、水准仪、全站仪量测法（GB 50026）	每跨 8 分点，且纵向点距根据设计需要取 10 ~ 20m，横向护栏内侧及桥轴线各 3 点；钢桥支承区、索锚区、钢混结合段、叠合面的局部变形检查应全覆盖
			钢构件连接	钢构件连接失效或缺失	目测、尺量、锤击法（GB/T 50621）	焊缝与螺栓抽检不少于 20%，关键结构部位及桥面轮迹带应全覆盖
	拱桥	结构变形	桥面上下游线形、拱桥拱圈（肋）轴线、圬工拱桥侧墙突出	水准仪、全站仪量测（GB 50026）	桥面同梁桥，拱圈每跨 8 分点上下游，侧墙突出点	
		圬工破损	拱圈纵向开裂、渗水，拱石脱落的位置、范围、数量	目测、尺量	全部	
		锚头锈蚀	吊杆、系杆两端锚头锈蚀程度	目测	全部	
		钢管脱空	钢管混凝土拱桥拱肋脱空范围	超声法（GB/T 50784）、锤击法	全部拱肋上表面	

续表 5.5.3-1

分类		检测内容		检测方法	检测频率	
结构性	上部结构	缆索结构体系桥梁	结构变形	桥面上下游线形、悬索桥主缆线形、桥塔空间偏位、缆索力大小、拉索异常振动	目测、水准仪、全站仪（GB 50026）、索力动测仪量测	桥面同梁桥；每塔肢顶部上下游、边中跨各 4 点；每跨沿索夹位置测量，主缆最低点、 $L/4$ 和最高点应全覆盖
			索夹滑移	环缝开裂程度、索夹紧固螺栓力与索夹位置	目测、尺量、拉拔法、超声法	全部
			缆索锈断	防护破损大小与位置、索股及钢丝（绞线）、锚头锈蚀的断裂位置，数量	目测、漏磁法、开窗法、磁致伸缩导波法（GB/T 31211.2、JTG/T 5214）	全部缆索的防护薄弱部位
		涵洞	结构变形	接缝错台、沉陷，侧墙倾斜、涵洞轴线偏位程度	尺量，水准仪、全站仪量测（GB 50026）	全部
	下部结构	墩台	结构变形	墩台沉降，墩台倾斜程度	全站仪量测（GB 50026）	墩顶底部上下游，大小桩号方向各 4 点
		涵台		接缝破损，沉陷程度	目测，尺量	全部
		基础		不均匀沉降程度	全站仪（GB 50026）	基础上下游，大小桩号 4 个方向
	桥面系	铺装	破损、坑槽、车辙、拥包等分布范围		目测、尺量	全部
	附属设施	栏杆	变形、断裂，破损程度		目测、尺量	全部

注：1. 拱桥和索桥的主梁检查要求同梁桥。

2. 缆索防护薄弱部位包括主缆最低点、锚室索股段、拉吊索的锚固段或锚头区。

3. L-桥梁主跨径。

表 5.5.3-2 桥涵修复养护材料与通用缺损检测要求

分类	检测内容			检测方法	检测频率
混凝土缺损	混凝土桥涵各构件	结构性裂缝	裂缝的分布范围、条数、平均间距，主要裂缝的位置、形态、深度、长度、倾角、最大宽度及其位置	目测 (含测宽仪)、超声法、钻芯法 (GB/T 50784)	全部，主要裂缝可选 1~2 条
		结构性破损	破损的形态、范围、深度及其位置	目测、尺量	全部
		预应力筋偏位	束形的沿程空间相对坐标	雷达法 (JGJ/T 456)	每 1m 测 1 处
		钢筋分布	钢筋数量、间距与直径	电磁感应法、直接法 (JGJ/T 152)	符合设计要求，且每构件不少于 3 处

续表 5.5.3-2

分类		检测内容		检测方法	检测频率
钢结构 缺损	钢结构 桥涵 各构件	构件开裂与 焊缝裂纹	长度、位置、深度	超声法、磁粉法、尺量 (GB/T 50621)	全部
		螺栓、铆钉 缺损	数量、位置	目测 (GB/T 50621)	全部
		变形、翘曲	位置、范围	目测、尺量 (GB/T 50621)	全部
		构件断裂	位置、断口形态	目测、尺量 (GB/T 50621)	全部
结构 材料	桥涵 各构件	混凝土	混凝土强度	回弹法 (JGJ/T 23)、综 合法 (GB/T 50784)、钻芯 法 (GB/T 50784)	符合设计分析要求, 每构件 10 测区, 3 个或 6 个芯样
		钢筋	下屈服强度、抗拉强度、 断后伸长率、弯曲性能	取样试验 (GB/T 50784、 GB/T 28900)	每构件损伤区域每规 格 2 根
		预应力筋	最大力、最大力总伸长 率、弹性模量、0.2% 屈 服力	取样试验 (GB/T 21839)	每构件损伤区域每束 2 根
		钢材	拉伸性能、弯曲性能	取样试验 (GB/T 28900)	每构件损伤区域每厚 度 2 试样
结构 几何	桥涵 各构件	几何尺寸		尺量, 水准仪、全站仪量测 (GB 50026、GB/T 50621、 GB/T 50784)	符合设计分析要求

3 桥涵变形检测的测点数量与位置应反映最大变位及其空间变化规律。

4 桥涵结构或构件的强度调查可根据设计需要进行整体或局部的调查, 强度测区或取样应覆盖主要受力构件的关键受力部位。

5 对于缺乏原设计及竣工资料的桥涵应进行详细的勘察和材料指标检测, 必要时可采用荷载试验等方法来确定其实际承载力。

6 因地基或地质因素导致桥涵病害的, 应根据设计需要补充勘察。

7 桥涵耐久性其他检查要求还应符合设计采用的行业或国家现行耐久性评定标准的规定。

8 特殊病害的检查超出表 5.5.3-1 和表 5.5.3-2 范围的, 宜按本条第 1 款的要求论证检测参数和检查方法。

条文说明

桥涵修复设计前对桥涵的适用性和耐久性进行有针对性的检查评估有利于准确判断病害原因。

2 主要裂缝指对结构承载力有影响的代表性裂缝,如长度最长,裂缝宽度最宽的裂缝等。

7 由于公路行业专门的耐久性检测评定规程《公路桥梁耐久性检测评定技术规程》(JTG/T 5216)尚未发布,故做出本规定。

5.5.4 桥梁结构性修复养护设计的计算应符合下列规定:

1 应根据原结构竣工图及设计荷载进行原结构复算。

2 应根据现场检测结果、实际荷载情况、加固维修历史,依据现行《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21)进行结构检算,并作为修复养护设计的依据。

3 桥梁计算模型应在设计模型的基础上充分考虑桥梁病害的影响,计算参数的选取应考虑施工、全过程收缩徐变、结构实际承受的荷载、支承条件的变化、开裂后结构性能衰减与内力的重分布、预应力损失、新增材料的重量与应变滞后等因素,其计算结果应与桥梁主要病害特征相吻合,有条件时应通过实际桥梁局部加载试验,修正计算模型。

4 拟定方案后应按设计工序对相关结构补强措施的效果进行计算验证,其结果应满足相应设计规范极限状态的要求。

5.5.5 桥涵混凝土构件耐久性修复养护设计应符合下列规定:

1 应根据具体桥涵类型与环境作用等级、耐久性损伤的原因与类型、预期修复效果、预期使用年限确定修复方案与材料。

2 桥涵混凝土保护层因钢筋锈胀开裂、剥落时,除钝化钢筋措施与破损修补外,应采取涂层、构造面层等附加防护措施,必要时可采取阴极保护、电化学脱盐和再碱化等电化学修复措施。

3 采用先张法的预应力混凝土构件及塑料波纹管的后张预应力混凝土构件不得进行电化学脱盐和再碱化修复处理。

4 氯盐侵蚀导致的破损,其修补混凝土或砂浆还应混合内掺型钢筋阻锈剂,阻锈剂不应影响修复材料性能,其基本性能应符合现行《钢筋阻锈剂应用技术规程》(JGJ/T 192)的有关规定。

5 钢筋锈蚀截面损失5%以上时,应进行补筋。

6 桥涵混凝土构件发生碱-集料反应时,应清除松散区域和表面反应物、封闭裂缝,充分干燥表面,涂布具备良好的长期密封隔水能力的表面涂层。

7 各类混凝土破损计入破损后的计算验证不能满足相应设计规范要求的,宜采取更换构件等维修措施。

条文说明

桥涵混凝土构件耐久性修复设计针对已发生耐久性病害的处理。目前电化学处理主

要包括阴极保护、电化学再碱化、电化学脱盐。其中阴极保护用于氯盐侵蚀的普通钢筋混凝土构件，由于阴极保护电流小，有研究认为可以用于预应力构件，但总体需要对其可行性进行论证。混凝土中性化导致钢筋锈蚀的混凝土桥涵构件适用于电化学再碱化。氯盐侵蚀混凝土桥涵构件采用电化学脱盐处理。

3 《混凝土结构耐久性修复与防护技术规程》(JGJ/T 259—2012) 指出采用非金属预应力管道的预应力混凝土构件，采用电化学脱盐或再碱化时，可能引起预应力筋因氢脆或应力腐蚀而断裂。

5.5.6 桥涵钢构件耐久性修复养护设计应符合下列规定：

1 重新涂装的涂层体系应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722) 的规定。

2 采用除湿系统进行防护的桥梁钢构件，由于密封失效导致防护空间湿度超出设计规定限值时，宜选用不低于原设计标准的密封构造和产品进行修复。

3 悬索桥主缆防护涂层体系的修复可根据实际破损及使用效果，采取重涂、更换新型防护材料或体系等措施。

4 悬索桥、斜拉桥、吊(系)杆拱桥的索体防护失去防护功能时，应根据原防护具体构造采取修补措施。

条文说明

2 钢箱梁、钢索塔及悬索桥的鞍室、锚室或锚洞等封闭空间内容纳的主缆钢索股等严格控制锈蚀的重要钢构件，根据相关理论及江阴长江公路大桥、润扬长江公路大桥等桥梁的工程实践，其所处环境的相对湿度保持在 50% RH 能有效阻止锈蚀的发生。

3 新型防护材料和体系，如用 S 形缠丝替换圆形缠丝、采用纤维复合结构的天然橡胶带对主缆进行缠包、安装干燥空气除湿系统等都是适用于主缆再防护的选项。

4 拉吊索的防护措施主要有 HDPE、PE 护套或套筒压注水泥浆防护等形式。

5.5.7 桥梁结构几何复位设计应符合下列规定：

1 桥梁结构复位应根据导致结构偏位的原因，确定合理复位位置及措施。纠偏前或纠偏过程中应采取措施消除或控制致偏因素。

2 桥梁结构复位顶推反力体系、临时支撑体系和限位结构设计，应满足相关规范对强度、刚度、稳定性及局部承压的要求。利用原桥梁构件进行支承时，应对原构件承载安全性进行验算，验算不满足时应进行加固。

3 顶推、移动梁板过程中应保证梁体稳定，竖向和水平移动宜交替分级进行。

4 桥梁下部结构桥台、墩柱倾斜的复位，可采取外力纠偏法、基底掏土纠偏法及堆卸载纠偏法。

5 对于严重位移、构件损坏，经评估无法利用的墩、台，应拆除重建。

6 应对结构与主要支撑施工过程中的安全监测进行设计,明确测点位置、测点应力及变形的控制值。

条文说明

桥梁复位适用于桥梁上下部结构出现超出设计允许范围的纵、横向位移、扭转或倾斜时需要恢复其正常位置的情况。外力纠偏法需在倾斜结构附件的适当位置,设置锚桩、锚碇等抗拔结构,支承千斤顶或卷扬机对结构施力使其复位。基底掏土纠偏法适合均质黏土或砂土浅埋基础的纠偏。也适用于采用人工挖掘或水力冲掏方式。堆载或卸载纠偏法适用于软弱地基纠偏量不大的浅埋基础纠偏。

5.5.8 桥梁梁体更换设计应符合下列规定:

1 全幅更换时,新更换梁体应满足现行标准的要求。单梁更换时,新更换梁体应不低于原设计要求。

2 更换的新梁体可采用混凝土结构、钢结构及钢混组合结构。宜采用钢结构与钢混组合结构。

3 应综合考虑交通组织、置换作业方式与施工时间等因素,选择置换梁体的材料及形式。

4 应综合考虑梁体的安全、周边结构物及交通运行安全等因素,对旧梁拆除进行方案设计。

5 应根据梁体(含各梁片)的具体结构形式,通过验算选择合适的运输或吊装方案。旧梁尚应考虑技术状态因素,不满足安全要求的梁体应采取临时加固措施。

6 更换梁体设计时应应对原桥下部结构及基础承载能力进行评估,不满足要求时,应采取加固措施。

7 单梁更换时应考虑其刚度与其他梁(肋)的匹配,保持原梁横向分布系数不变或减小。采用混凝土梁时还应考虑不同龄期差造成的影响。

8 连续结构更换时应与其他跨进行连接设计,并与整体刚度匹配。

条文说明

整幅置换适用于上部结构技术标准或技术条件已不适应当前交通运行需求且进行加固改造可行性较差的情况;桥梁主梁整体驮运置换适用于交通繁忙、应急保通等对桥梁维修需求时间尽可能短的情况;单片梁(肋)的置换适用于上部结构整体完好,只是其中单片或多片梁体出现损伤或其他病害导致其不能满足协同承载要求的情况。

5.5.9 桥梁加宽设计应符合下列规定:

1 桥梁加宽养护设计宜采用原设计标准。道路存在改扩建规划时,可按现行《公路工程技术标准》(JTG B01)的有关规定执行。

2 标准化跨径的桥梁宜采用拼接加宽方式，其他类型桥梁宜采用分离式加宽方式。50cm 以内的加宽，可采用整体式桥面板悬挑等局部改造方式。

3 宜采用与既有桥梁相同的结构形式进行同刚度拼宽。

4 应根据新旧桥受力与变形协调情况采用合适的拼接方式。

5 当受条件限制，桥梁横向各组合部分采用不同的结构形式或跨径时，桥梁新旧部分间宜采用弱连接形式，弱化横向联系，同时加强纵向刚度。

6 接缝结构尺寸及配筋的设计应考虑新旧拼接后体系改变导致的受力变化，并满足承载能力的需求。接缝宽度宜大于 15cm。

7 拼接加宽桥梁的伸缩装置宜整体更换。当伸缩装置采用拼接方式时，橡胶条应整体更换，型钢应连接，并加强接缝处锚固钢筋的配置。伸缩装置接缝位置应避开轮迹带。

8 桥头搭板应连接，旧板损坏严重时，应拆除重建。

9 桥梁拼宽应考虑新旧基础沉降对桥梁加宽拼接的不利影响，应通过计算确定容许的沉降差，并宜采取技术措施进行沉降控制。

10 应对刚性连接混凝土接缝浇筑气温、混凝土抗裂性能、接缝界面处理要求及浇筑时机等进行规定。不中断交通条件下施工时，还应对接缝车行振动水平的控制措施进行规定。

条文说明

2 《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)第 6.0.10 条规定了公路改扩建工程桥梁拼宽的技术标准，主要考虑对整体采用新标准的改扩建公路中大量既有桥梁的充分利用，避免浪费。对于养护设计拼宽而言，在单座桥的加宽中，坚持新建部分执行新标准是不必要的，按旧桥旧标准的原则处理是合理的。

4 半刚接和刚接为强连接，其他为弱连接。如桥梁拼接宽度较大，新拼接部分基本为单独受力模式，原则上适用于采用上部构造弱连接、下部构造不连接方式；拼接宽度较小，拼接部分难以单独受力或单独受力性能不佳，需要与原结构共同受力的，原则上适用于采用上部构造强连接、下部构造弱连接方式；介于二者之间的情况则根据具体情况采用合适的拼接方式。

5 由于横向刚度差的存在，为避免应力集中，需要采用弱连接的形式。

9 技术措施包括桩底压浆、堆载预压、延迟接缝浇筑等。

10 一般气温选择在全天较低且持续上升的阶段，接缝浇筑放在整个工程的最后阶段实施。降低振动对接缝混凝土性能的影响的一般控制措施包括车行道远离接缝、增强接缝混凝土抗裂能力、先连接横向构造再连接接缝、设置临时横向构造、修补桥面破损以增强桥面平整度等。

5.5.10 桥梁加高设计应符合下列规定：

1 桥梁加高应根据桥梁技术条件、结构形式、现场施工与环境条件，合理采用墩

柱截断加高、墩柱直接加高和加高盖（帽）梁、支座垫石等方式。桥梁提升高度小于 0.5m 时，宜采用加高盖（帽）梁或支座垫石的方式。

2 墩（柱）截断位置应避开柱端箍筋加密区，设于受力较小的位置，并满足切割、顶升施工的空间要求与便于墩（柱）加固的要求。

3 墩（柱）截断处与接高部分的构造与材料应有利于弥补截断对墩柱强度、刚度与稳定性的影响。可根据桥梁技术状况与现场施工条件，分别或综合采取榫口构造、提高接高部分混凝土强度等级、外包钢管等措施。

4 墩（柱）接高部分主筋规格和数量不应低于原墩（柱）。墩（柱）钢筋连接宜采用焊接或钢筋挤压套筒机械连接，接头连接等级应为 I 级。

5 墩（柱）接高部分的自重效应不可忽略时，应对下部结构承台强度、抗裂性、桩基承载力进行复核。

6 桥梁加高应同步改造桥台、护栏，接顺引道。

7 接高过程中对结构与主要支撑进行安全监测的设计要求应符合本规范第 5.5.7 条第 6 款的规定。

8 应对桥梁接高的顶升反力体系、临时支撑体系及限位结构进行设计，设计总体要求同本规范第 5.5.7 条第 1 款，并满足下列要求：

1) 反力体系可根据墩柱结构的不同，盖梁、承台的空间条件采用抱柱梁、钢抱箍或钢牛腿等形式。墩（柱）无承台或为深埋式承台、深水承台时宜为抱柱梁。抱柱梁等反力体系构件与墩柱的连接、自身强度、刚度、局部承压应满足顶升的需求。

2) 应设置桥梁横向限位与纵向限位结构，设计时其荷载作用值宜根据最不利施工工况确定，并预留桥梁温度变形的空隙。

5.5.11 桥梁抗横向倾覆设计应符合下列规定：

1 桥梁抗倾覆能力提升前应进行桥梁抗倾覆能力评估。对不满足现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）规定的桥梁应进行抗倾覆能力提升。

2 抗倾覆验算的汽车荷载应按表 5.5.11 取用，其他可变作用和永久作用按原设计规范选用。

表 5.5.11 抗倾覆验算的汽车荷载

公路类别	原设计荷载等级	验算用荷载等级
二级及以上等级公路，交通量大、重载车多的三、四级公路	公路 I 级、 汽车-超 20 级	公路 I 级（JTG D60）
	公路 II 级、 汽车-20 级及以下	公路 II 级（JTG D60）
交通量少、 重载车辆少的三、四级公路	—	原设计汽车荷载标准

注：重载交通专用路按原设计专用荷载标准，且不低于公路 I 级（JTG D60）。

3 抗倾覆验算应采用空间计算模型。模型应准确模拟支撑与截面形心的空间与受力关系，并计入历史结构恒载变化情况。

4 支座、盖梁、桥墩和桥墩基础等传力路径上的主要构件在横向倾覆极限状态下的强度应满足规范要求。不满足时应进行更换和加固。

5 宜根据桥梁下部结构构造与空间情况，组合采取增强桥梁抗倾覆能力的措施。新增构造及其基础应能满足表 5.5.11 的荷载标准及其组合效应下的原设计规范的极限状态。

6 应按原设计荷载标准及对应设计规范，对提升后桥梁整体受力进行验算。

7 提升后的独柱墩联中独柱墩个数不应连续超过 2 个，未设横向限位装置的桥梁，应予以增设。

条文说明

3 历史结构恒载变化指竣工至今历次维修中桥面铺装的变化，包括增设附属设施、过桥管线等。

4 桥梁在倾覆过程中存在复杂的支反力非线性重分布，可导致支座墩柱受力大幅增加，对于设计富余量小的下部结构，可能导致结构破坏，考虑到此极限状态下局部受力及受力不均匀等不利因素，因此建议留有一定安全余量，如不少于 25% 的安全余量。

5 抗倾覆能力提升的主要方法包括增加支点形成横向多支撑体系（多柱墩或单柱双支座），改体系为墩梁固结，加大支座间距，桥台处增设限位构造、增设盖梁或钢抱箍，加设支座，扩大支座间距，设置抗拉支座等。新增结构的具体验算作用组合参见《公路危旧桥梁排查和改造技术要求》（交办公路函〔2021〕321 号）。

5.5.12 桥梁抗震能力提升设计应符合下列规定：

1 桥梁在进行抗震能力提升前应进行抗震评估。桥梁抗震设防标准、地震作用、作用效应组合、强度和变形验算及构造措施应满足现行《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231—01）的有关规定。

2 宜优先采用减、隔震等体系措施降低结构的地震响应。

3 地基存在液化风险的，应对基础范围内土体进行处理。

4 对桥梁上部结构、盖梁及基础，应保证其工作在弹性范围。

5 墩柱应按延性及抗剪的要求，计算确定所需各类套箍或加强层的厚度和范围。

6 应根据墩柱抗弯的要求，确定加固构造与承台的连接。采用连接方式时，连接构造与强度应符合相关规范的规定，并考虑因此增大的基础内力。

7 应避免过度加强墩柱塑性铰区域的抗弯强度，确保塑性铰出现在设计预设位置。

8 采用钢套管或复合材料套管进行墩柱抗震加固时，套管与基础承台间宜保留适当间隙。

9 简支端至墩台帽边缘的距离不满足现行《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231-01）的规定值或小于通过非线性动力时程分析方法得到的伸缩装置处的最大位移量时，应采取防

落梁限位措施或扩宽支撑面积。

条文说明

桥梁抗震能力提升主要方法包括提高构件承载力和延性 [主要为墩柱钢套管、墩柱复合材料套管、墩柱加大截面 (钢筋混凝土) 及其组合应用], 增设钢拉杆、纵横向挡块等防落梁构造, 注浆防止地基液化失效, 更换减隔震支座, 增设耗能构件降低构件承受地震力, 加强构件或增设构件调整地震力分布控制结构体系中塑性铰的位置等措施提高构件及体系的抗震能力。

6 墩柱抗弯不足时, 加固层要与承台、顶盖梁连接。如钢筋混凝土加固层的竖向钢筋植入承台、顶盖梁符合规定的锚固长度。

8 各类套管等同于连续箍筋的作用, 用于控制混凝土压溃及剪切斜裂缝的出现, 提高对混凝土的约束和约束区的变形能力, 改善延性。复合材料目前工程常用的为碳纤维 CFRP、芳纶纤维 AFRP 和玻璃纤维 GFRP。套管的下端与承台顶面有 3~5cm 的间隙, 防止桥墩在地震作用下弯曲时因套管的受压而增加截面的抗弯强度。

5.5.13 桥梁防撞能力提升设计应符合下列规定:

1 应重点对墩台位置与几何构造、桥墩基础、水位变化、水流流速、流向及其变化、通航船舶、通行车辆情况、现有防撞设施等因素进行调查, 进行桥梁防撞能力评估, 确定桥梁防撞能力提升标准。

2 具有撞击风险的桥墩, 当迎航道或车道面为平面时, 桥墩外形应改造为斜面对车头或船头撞击方向。分离式双墩宜连接成整体, 侧面为凹进构造的桥墩, 应予以填平补正。

3 附加防撞设施应有利于改变船舶航向或车辆方向, 消耗的撞击动能应使桥梁主体承受的车或船撞击影响下降到结构可以承担的水平。

4 当附着式附加防撞设施不能满足要求时, 应设置与墩台分离的独立式防船撞击防护结构或防车撞隔离构造。

5 组合式耗能防车或船撞系统成品应符合相关交通行业产品规范的要求或经过评估论证其有效性。

6 防撞设施选用时除有效性因素外, 尚应考虑建设与维护费用、耐久性、可检修性及对航道、车道的侵占等综合因素。

条文说明

2 增强结构自身抗撞能力包括改善桥墩外形、加大墩台截面、增强基础、增设防落梁设施等。被动防撞措施包括附着于墩台的各种护舷、钢套筒、组合式耗能防撞构造, 与墩台分离的防撞墩、群桩、缆索等构造, 以及与墩台结合在一起的人工岛等。

3 侧面有凹进的桥墩, 典型的如哑铃形墩、双圆柱、双方柱墩等。

5.5.14 涵洞接长设计应符合下列规定：

- 1 路基加高、加宽不多时，可采取只加高加长端墙或翼墙的方式。
- 2 接长部分涵洞的结构形式宜与既有结构相同，不同接头部位应进行特殊设计。
- 3 新旧涵洞连接处应采取完善的防水措施，防控接缝渗漏。
- 4 地基条件不良时，应采取合理的涵底处理方案，控制新旧涵的不均匀沉降。
- 5 地基条件良好时，涵洞接长宜与既有结构连接。

条文说明

- 5 有条件时，新旧涵洞部分采用结构连接有利于路面纵缝的控制。

5.5.15 梁桥上部结构的结构性修复养护设计应符合下列规定：

1 对钢及混凝土肋（板）梁桥结构性病害，应根据病害成因、施工条件综合采用一种或者多种整体性和局部性的补强方法恢复梁桥上部结构的承载能力。

2 截面的削弱导致结构承载能力不足时，应进行工序设计，不应直接对表面进行修补，宜卸载降低残余结构断面的恒载效应后再进行修补。卸载位置与量值应通过计算确定。同时应加强新旧构造物的界面构造，满足层间抗剪连接要求，形成协同受力的整体。

3 多肋梁横向联系弱化导致单板承载能力不足时，应根据横向联系弱化的程度采取合适的处理措施。

4 钢桥面板疲劳开裂的维修设计宜采取改进铺装结构刚度与局部修补相结合的方式，提高钢桥面板刚度、降低整体应力水平，改善局部疲劳细节。

5 对于钢梁桥的结构性修复，必要时应进行局部有限元分析。

6 钢-混凝土组合梁结合面存在相对滑移时，应根据滑移量、荷载情况、桥面板的病害情况评估组合作用的下降程度，更换变形过大或断裂的剪力连接件以恢复组合作用。必要时应对剪力连接装置的构造、尺寸、数量进行重新布置，连接件的承载力、数量及构造要求应符合现行《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的有关规定。

7 大跨径预应力混凝土梁桥长期过度下挠的控制设计应符合下列规定：

1) 对于下挠无开裂情况，宜根据跨中下挠的趋势和建设条件分级采用体外预应力、刚梁柔塔型矮塔斜拉桥、主动顶推辅助构件、刚梁柔拱及缆索承重结构等主动加固方案。

2) 对于下挠且开裂的情况，应增加开裂构件补强措施。

条文说明

1 梁桥主要的加固修复方案包括粘贴或拼接钢板，粘贴纤维复合材料，增大截面，增设承重构件，增强横向联系，增设体外预应力，加强或更换薄弱、受损构件，改善钢构件疲劳细节，改变结构体系（简支变连续、增设支架或桥墩等）等。

2 结构发生较大截面损失时,采取直接修补加固的方式,新修补截面将处于无应力状态,残余截面应力水平过高,若不采取一定的卸载措施降低破损构件残余截面的应力水平,残余截面仍然会存在较高的破坏风险。

3 单板受力一般的表现可以分为勾缝脱落或接缝开裂、接缝处桥面纵向开裂、接缝间出现不可恢复错台,梁板跨中横向开裂等阶段,是横向联系不断弱化的过程,处理方式显然也是恢复和加强横向联系,由弱到强的措施包括:裂缝修复、接缝粘贴横向钢板、重做整体化层与铰缝改造、横向预应力等,实际工程中根据实际情况单一选用或综合选用。

4 钢桥面板的疲劳开裂根据成因不同大致可以分为荷载导致的开裂及面外变形引起的开裂。严重的开裂如纵肋与横隔板的连接失效,U肋纵向焊缝贯穿钢桥面板等,适用于采用50~75mm钢纤维混凝土或UHPC铺装改善整体刚度。局部板件上的开裂适用于采用螺栓连接的拼接钢板夹紧的方式,3mm内浅层焊缝开裂适合采用锤击(裂缝冲击闭合技术)、磨修等方法,深度3~5mm的裂纹适合采取TIG重熔进行处理,如果因裂纹数量多,长度大,采用TIG重熔不便时,适合采用低热输入的焊接方式补焊。其中贯穿钢板厚度的裂纹适合刨除开裂段,下衬陶瓷衬垫进行补焊。

6 必要时指剪力键大范围剪断,变形过大,翼缘板纵向开裂、翘起时。

7 预应力箱梁桥开裂和下挠与预应力的损失有重要相关性。在目前缺乏有效的预应力检查手段的情况下,对有效预应力的模拟,要依据压浆密实度检测、锚固区外观检查等检测情况进行预估,再通过结构模拟分析试算,对比理论计算结果与实际开裂情况和下挠量的吻合度,最终确定有效预应力。建设条件包括可以利用的结构内外空间,加固期间是否需要通行交通等。

5.5.16 拱桥上部结构的结构性修复养护设计应符合下列规定:

1 进行拱桥结构性修复设计时,计算应包括各施工阶段构件的承载力、刚度和稳定性。对刚度较大、连接可靠的拱上建筑,计算模型可计入与主拱圈的联合作用。

2 拱上建筑的拆除遵循对称、均衡的原则进行方案设计,给出逐级拆除的顺序和拆除荷载量。其拆除的顺序与修建时的顺序一般应相反,避免不平衡推力造成拱圈截面的破坏或使拱圈、墩台失稳。必要时,宜采取支撑等临时措施以保证拆除过程安全。

3 对于拱桥墩台基础位移引起的拱桥病害,应先加固墩台基础,消除病因后再进行上部结构的加固。

4 对拱上建筑进行改造或对主拱圈增大截面设计时,应保证变形缝上下贯通,在卸载和加载过程中应保持单孔和多孔间的均衡对称性,保证拱圈及墩台的稳定。

5 更换拱上填料时不可采用遇水膨胀材料,应根据修复设计需求控制填料容重。

6 拱桥上部结构应根据病害成因、不同拱结构的受力特点、施工条件综合采用一种或者多种加固方案。

7 吊杆拱桥的吊杆更换与索力调整应符合本规范第5.5.17条的规定。

8 拱桥系杆更换的方案必须保证更换过程中的结构安全,优先采用结构内力变化

小的方案，主体结构的内力变化宜控制在5%以内，对存在破断可能的索应优先更换。更换整个过程应保持系杆卸载与张拉同步并受力平衡。

条文说明

1 对拱波、拱板及主拱肋等无明显脱开的双曲拱桥主拱圈计算时可以按整体截面考虑，并根据各构件的材料指标，按截面面积、高度相等、形心不变的原则换算成主拱肋混凝土等效截面。

5 对于需要调整拱圈压力线的圬工拱桥，可以通过全部或部分换填轻质高强填料或高密度高强填料来调整。

6 砌体拱桥加固的常用方法主要有增大截面法（包括拱圈与腹拱圈套拱、套箍、侧墙加大截面、粘贴钢板）、调整拱上建筑恒载法（包括填料更换、填料挖除、改拱式腹孔为梁板腹孔）及增强整体性法（包括横向体外预应力、拱圈横向钢板箍、砌缝压浆、双银锭腰铁）。

双曲拱桥加固的常用方法包括增大截面法（包括主拱肋加大截面、主拱肋与拱波加大截面、拱背加大截面、主拱圈增设底板、主拱肋粘贴钢板、加大横系梁或板截面、拱式腹孔或微弯板腹孔加大截面、腹孔墩加大截面）、拱上建筑改造法（包括填料更换、挖除，改拱上建筑为梁板式、钢架或桁架式结构，改墙式腹孔墩为立柱式腹孔墩）及增强整体性法（包括增设横系梁或板、加大横系梁或板截面、增设整体式桥面板、改主拱圈为箱型截面）。

桁架（刚架）拱桥加固的常用方法包括增大截面法（包括节点粘贴钢板，弦杆加大截面，或横向联系板、梁加大截面，增加拱片）和增强整体性法（增设整体式桥面板或强化的多层配筋桥面铺装）。

箱（板）拱桥加固的常用方法主要为增大截面法（包括拱圈加大截面、增加箱室数量、拱圈粘贴钢板）、拱上建筑改造法（改拱式腹孔为梁板式、填料换填）和增强整体性法（拱圈横向封闭钢箍、横向粘贴钢板、横向预应力）。

肋拱桥加固的常用方法主要为增大截面法（包括箱形截面转换法、粘贴钢板）和增强整体性法（增设或增强横系梁、桥面系整体化改造）。

钢管混凝土拱桥主要的加固方法为脱空补压浆、拱肋增大截面、更换吊杆及系杆等。

8 系杆更换施工方案的安全性体现在既要考虑各种病害导致结构承载力降低，也要考虑更换过程中对结构承载力的不利影响，特别是对原结构的损伤，要尽量降至最低。

5.5.17 缆索结构体系桥梁上部结构的结构性修复养护设计应符合下列规定：

1 应根据拉吊索索力偏差及主梁线形、主塔偏位、结构开裂的情况综合决定索力调整的必要性及调整的目标、范围和顺序。

2 斜拉桥索力调整设计应在调索目标的指导下进行，宜选择调整幅度相对较小的

方案,并在调整幅度范围内兼顾主梁线形、塔位移、主梁应力等结构参数的改善。

3 拉吊索异常振动的修复应根据振动原因按实际情况进行修复、更换或增设抗振措施。

4 拉吊索更换设计应明确安全合理的拉吊索张拉力和更换顺序。各施工阶段的主梁、索塔和拉吊索等桥梁主要构件的受力状态应满足承载能力的要求。

5 悬索桥主缆钢丝存在锈蚀或断丝时,应根据腐蚀和断丝程度,采取降低荷载等级、局部钢丝修复或更换、重建防腐体系等措施。

6 悬索桥主缆线形垂度明显变化时,应分析原因,论证并确定调整方案。

7 对于可能影响大跨径索桥气动外形或改变整体刚度、质量与约束的养护措施,应进行风致振动风险分析。

条文说明

1 实际运营中,拉索索力都会出现超过设计索力10%的情况,在考虑拉索安全系数的情况下,10%的偏差对于单一斜拉索影响不明显,以此作为调索的依据并不合理,需要考虑对塔、梁受力变形的影响,因此需要进行必要性评估后再综合各因素决定是否调整及调整方案。

2 通过索力调整来恢复斜拉桥的结构状态对钢梁斜拉桥效果显著;对于混凝土斜拉桥可以调整的范围不大,此时应当对比设计、施工资料,计算分析斜拉桥结构状态异常的原因,制定相应的综合措施。选取一个调索幅度相对较小的方案,主要避免使运营多年的老桥结构受力状态发生突变,以保证调索过程中结构的安全。

4 缺少减振措施时需增设减振设施,如20m以上吊索增设防振架,斜拉索增设螺旋线等;有减振措施时,需考虑其有效性,如外置阻尼器松脱、内置阻尼块掉落等。

5 斜拉索、吊杆(索、绳)需要进行更换的情况为:

- 1) 拉吊索严重锈蚀或出现断丝,经评估无法继续利用。
- 2) 锚具发生裂纹或破损。
- 3) 荷载增加或其他因素导致索力超出设计安全限值,且通过调索无法解决。
- 4) 拉索、吊杆达到设计使用年限,经检测评估承载力不能满足设计要求。
- 5) 火灾、撞击等重大突发事件造成拉吊索严重损伤。
- 6) 其他存在严重损伤且无法修复的情况。

7 主缆线形变化,如下挠变大,需经多年往复在相同气温下无活载时测试复核确认。若主缆线形偏差是因塔顶鞍座移位导致,则对鞍座位置进行纠偏,恢复主缆线形,确保桥梁的结构安全和使用功能。

5.5.18 桥梁下部结构的结构性修复养护设计应符合下列规定:

- 1 基础或地基导致的墩台结构损坏,应先加固基础和地基。
- 2 上部结构原因或车、船及漂浮物撞击导致墩柱开裂时,除墩柱补强修复外,宜增设墩柱防撞措施。

3 墩台产生水平位移和倾斜时,应根据原因单独或综合采取更换填土、减小土压力、增加桥台横断面尺寸和自重、从台背打入斜向排桩等措施。

条文说明

盖梁常用的加固方法有:粘贴钢板加固、粘贴纤维复合材料加固、增大截面和配筋法加固、体外预应力加固、改变结构体系加固、外包钢加固。

墩台常用的加固方法有:增大截面和配筋法加固、钢筋混凝土围带或钢箍、碳纤维布缠绕、换填台背填土等。

5.5.19 桥涵基础的结构性修复养护设计应符合下列规定:

1 当地基土质比较坚实,墩台为砖石或混凝土刚性实体基础,基础承载力不足或具有较大的不均匀沉降时,可采用扩大桥梁基础底面积的方法。

2 桥梁墩台基底下有软弱层,墩台发生沉降,桩的深度不足或水蚀、冲刷等原因使桩基外露或发生倾斜时可采取增补桩基加固法。

3 当基础沉降导致涵管或管节沉陷、变形、错裂、涵洞侧墙倾斜时,宜挖开填土处理地基后重建基础。

4 基础的加固设计应注重新旧基础的结合、协同受力与沉降差的控制。

5.5.20 桥涵地基的修复养护设计应符合下列规定:

1 注浆法加固地基应根据注浆的目的、地质情况、地基土孔隙大小、地下水的状态等,选择注浆的材料、最佳配比、注浆量和压力、注浆孔布置和注浆顺序。浆点的覆盖土应大于2m。

2 使用旋喷桩法加固地基时,应用地质钻探的方法确定基岩或硬层的深度和旋喷固结体的性质。应根据墩台基础承载能力、固结体的材料强度确定所必需的固结体的总面积、旋喷固结体的有效直径和孔位布置。

条文说明

2 旋喷桩法适用于处理淤泥、淤泥质黏土、黏性土、粉土、黄土、砂土、人工填土和碎石土等地基,但对于土中砾石直径过大、砾石含量过多及有大量纤维质的腐殖土,要根据现场试验结果确定其适用程度。确定性质主要指选择采用摩擦桩还是端承桩模式进行设计。

5.5.21 桥面铺装的修复养护设计应符合下列规定:

1 混凝土桥面铺装损坏难以修补或需要增强桥面系整体性时,宜重做桥面铺装。重做铺装应注意加强铺装的配筋及与梁体的联系,满足协同受力的抗剪要求。

2 对沥青铺装层的修复,应分析桥面铺装的防水、排水系统使用功能,排水不畅

时应进行改善和重置。

3 对多层式沥青混凝土铺装,应视破损、老化涉及的厚度,铣刨相应结构层并进行重铺。铺装全厚铣刨重做时,应重做桥面防水层。

4 全厚重做可采用新的铺装体系。新铺装体系与原铺装体系比较不宜增加恒载重量,增加恒载时应通过桥梁结构安全验算。

5 梁体不均匀变形导致的桥面铺装损坏,应结合梁体的处治进行综合修复处理。

5.5.22 桥梁护栏的修复养护设计应符合下列规定:

1 梁体不正常变形导致的护栏变形、破损应分析原因,对梁体进行处理后再修复护栏。

2 护栏与桥梁构件的连接应牢固、稳定,连接构造及桥梁构件承载能力符合护栏等级的要求。

5.5.23 调治构造物的修复养护设计应符合下列规定:

1 调治构造物修复采用的具体措施应考虑水深、流速、水流冲击等因素。淹没式的调治构造物应加固至坝顶,非淹没式的应加固至高于设计洪水位不少于50cm处。

2 调治构造物修复材料的要求不低于原设计要求。不应采用重黏土、粉砂、淤泥、盐渍土或有机质的土壤进行填筑。

3 砌体调治构造物出现基础冲空、砌体开裂或倾斜时应查明原因,根据结构类型,单独或综合采取构造物修补、基础处理、地基处理等措施。

4 调治构造物的改造应在一定时期的观察基础上,根据实际情况,增设或调整调治构造物。

条文说明

1 调治构造物修复措施主要有抛石、干砌或浆砌块片石、石笼、混凝土板块或钢筋混凝土板等。

3 砌体调治构造物开裂、倾斜多数是其基础或地基遭水冲蚀所致。

4 调治构造物出现下列情况时,符合改造条件:

1) 使用过程中观察调治构造物位置、形式不当或数量长度不足时;

2) 河道变迁、流向改变,水流冲击危及桥台、桥头引道时。

5.5.24 锥坡翼墙的修复养护设计应符合下列规定:

1 锥坡砌体及勾缝开裂,局部破损、沉陷、垮塌、位移应根据不同原因采取针对性措施。

2 当填土不密实时,破损塌陷应进行重新填土。

3 当流水冲刷,轻微破损、沉陷时,可加强锥坡,大范围破损甚至垮塌时还应增

设或改造调治构造物。

4 当桥台位移时,轻微开裂、较小位移可采用勾缝处理,较大时应对桥台基础进行加强。

5 翼墙出现下沉、断裂或其他损坏时,应根据损坏原因分别处理。翼墙本体的损坏宜依据损坏程度采取灌封修补、拆除重建等措施。

5.5.25 涵洞的结构性修复养护设计应符合下列规定:

1 涵洞应视病害情况、断面条件和地基条件,分别采用洞内衬砌加大截面、粘贴钢板或开挖填土加大截面和用新构件分段进行更换等方式改善承载能力。

2 基础沉降导致洞身损伤修复前,应按本规范第 5.5.19 条、第 5.5.20 条的有关规定先处理基础或地基。

3 涵洞翼墙的修复要求应符合本规范第 5.5.24 条的有关规定。

5.5.26 增设桥涵养护设施设计应符合下列规定:

1 各等级公路上的桥涵在条件允许时,都应保证有 I 类养护设施,可根据桥梁实际需求选择采用 II 类养护设施。

2 桥涵养护设施的增设应符合表 5.5.26 的规定。

表 5.5.26 桥涵养护设施设置标准

养护设施类别	养护设施类型		适用范围	适用公路等级
I	支座检查平台 (含进入通道)	墩台上支座检查平台 + 桥面爬梯	各类人员不可徒步安全接近观察的有支座桥梁	高速、一级、二级、三级、四级公路
		墩台上支座检查平台 + 墩上爬梯		
		流水步道		
	涵洞检查通道	流水步道	各类涵洞	
	桥梁关键部件 (位置)巡查通道/平台	内部移动滑车	100m 以上钢箱梁	
		内部爬梯/电梯	斜拉桥塔、悬索桥塔，大跨径拱桥	
		梁底检修桁车	斜拉桥、悬索桥、吊杆拱桥、200m 以上梁桥	
		外部检修通道	60m 以上钢桁梁/混凝土箱梁桥	
		内外部升降平台	200m 以上梁桥	
II	结构健康监测系统（SHM）		160m 以上梁桥、200m 以上拱桥和自锚式悬索桥、300m 以上斜拉桥、500m 以上悬索桥；技术复杂的桥梁、运营或环境条件特别的桥梁、特别重要的枢纽桥梁	
	桥梁养护管理系统（BMMS）			
	桥梁信息模型系统（BIM）			

注:表内桥梁跨径均为单孔跨径。

- 3 桥涵养护设施应覆盖日常检查及定期检测的全部范围。
- 4 对于增设养护设施应考虑与原桥涵结构的可靠连接,连接设计要求应满足相关设计规范的要求。
- 5 主梁梁底检修桁车、桥内液压升降设备等特种设备应满足相关安全规范和安全作业要求。
- 6 桥涵养护设施应在保证人员安全的前提下,便于对桥涵实施近距离人工作业或方便检修人员携带小型检查设备通行。养护设施的通行净高宜不小于2m,净宽宜不小于1m。采用钢结构时,钢制楼梯、平台等的设计应符合现行《固定式钢梯及平台安全要求》(GB 4053)的规定。

条文说明

2 钢箱梁内部构造复杂,检查工作量大,设置滑动小车既方便检查设备运输,也便于降低养护人员劳动强度。

3 主要包括不同类型桥涵的易出现病害的位置、具有安全预警意义的位置、需要经常性维护的位置、需要定期更换部件的位置等。

5.5.27 桥梁修复养护的技术设计应符合下列规定:

- 1 应依据桥梁养护目标、技术状况及病害成因、施工条件等,综合考虑社会影响、技术经济指标,对方案进行比选。
- 2 对原桥梁结构会造成局部损伤的方案,设计时应预先考虑处置措施,尽量降低损伤程度,并对损伤影响进行评估。
- 3 对于城镇等交通通行要求较高的地区,设计方案还应考虑施工的快速性和对交通的干扰。
- 4 桥梁加固设计方案应结合考虑桥位区域的近远期规划,加固方案应与重建方案进行经济性比较。
- 5 桥梁加固或能力提升设计方案比选原则上不应少于两个,不宜少于三个。

5.5.28 桥涵修复养护工程的验收要求应符合下列规定:

- 1 桥梁修复养护后,其部件的技术等级不应低于2类。
- 2 涵洞修复养护后,其技术等级不应低于较好。
- 3 各类桥涵修复后,其正常使用和承载能力极限状态应不低于原设计要求。
- 4 缆索结构体系桥梁与吊杆拱桥修复后,其桥面标高和索力与设计值比对差值应在10%以内。
- 5 电化学再碱化处理后,混凝土pH值应大于11。
- 6 电化学脱盐处理后,混凝土内有害离子含量应低于相关规范规定的临界浓度。
- 7 技术复杂桥梁结构性修复养护后,宜通过荷载试验验证其承载能力达到设计要求,并应满足下列要求:

- 1) 主要承重构件各工况下设计控制断面的应变和挠度校验系数应小于 1。
- 2) 主要承重构件各工况下设计控制断面的残余变形小于 20%。
- 3) 新旧材料或构件结合良好，受力协同。
- 8 各类桥面铺装修复后，其验收指标和标准不应低于相同路面标准。

5.6 隧道

5.6.1 隧道土建结构修复养护设计应符合下列规定：

- 1 技术状况值为 2 的分项工程，宜进行修复养护。
- 2 技术状况值为 3 或 4 的分项工程，应进行修复养护。

5.6.2 修复养护设计应包括设计原则和目标、病害情况及成因分析、修复方案、施工工艺、材料性能要求、施工和交通组织、验收标准等内容。

5.6.3 隧道修复养护应针对表 5.6.3 所列病害与缺陷进行设计。

表 5.6.3 隧道修复养护的主要病害与缺陷类型

分类		病害与缺陷
衬砌结构类		衬砌混凝土缺陷（强度不够、厚度不足或拌和质量不良）、开裂渗漏水、网状开裂或局部可能掉块等
隧底结构类		隧底翻浆冒泥、路面底鼓或隆起、路面开裂或不均匀沉降、电缆沟侧壁及盖板倾斜变形等
洞口工程类	洞门结构	洞门墙体沉降、倾斜、开裂、渗漏水、挂冰等
	洞口边仰坡	坡面破损、局部垮塌和坡体失稳等
	洞口安全影响区	洞口落石、滚石、崩塌、水害等
特殊病害		冻害、震害、火灾病害、岩溶、膨胀岩、高地应力、黄土、采空区、有害气体、腐蚀性地层、洞口滑坡等

5.6.4 隧道修复养护设计专项检测宜满足表 5.6.4 的要求。

表 5.6.4 隧道修复养护设计专项检测要求

分类	检测内容		检测方法	检测频率
衬砌结构类	裂缝检查	裂缝的位置、宽度、长度、深度等	裂缝计、超声法（GB/T 50784）、钻芯法、目测、尺量	裂缝宽度、长度：全部； 裂缝深度：结合评估需要确定
	漏水检查	漏水位置、水量，防排水系统堵塞、破坏情况	现场调查、pH 值检测（JTG 5130）	根据需要

续表 5.6.4

分类	检测内容		检测方法	检测频率
衬砌结构类	横断面检查	断面内轮廓	断面仪、全站仪 (GB 50026) 或 3D 扫描仪	可能采取结构断面补强措施的位置
	材质检查	混凝土强度、厚度、钢筋、保护层厚度等	超声回弹综合法、地质雷达法 (JTG F80/1)、钻芯法	强度: 随机抽取不小于 3 组, 一组 3 个芯样; 厚度: 不小于 3 条测线
	衬砌背后空洞	衬砌背后空洞	地质雷达法 (JTG F80/1)	不小于 5 条测线
隧底结构类	电缆沟检查	侧壁倾斜、盖板倾斜度	现场调查、角度测量	全部
	路面检查	隆起或底鼓、路面开裂	现场调查、断面仪或全站仪 (GB 50026)	全部
	仰拱检查	仰拱及回填厚度	钻芯法、地质雷达法 (JTG F80/1)	根据路面病害情况确定
洞口工程类	洞门墙检查	墙体沉降、倾斜、开裂、渗漏水、挂冰等	目测、尺量	全部
	边仰坡检查	坡面破损、局部垮塌和坡体失稳	目测、尺量	全部
	安全影响检查	洞口落石、滚石、崩塌、水害等	目测、尺量	全部
特殊病害	冻害、震害、火灾病害、岩溶、膨胀岩、高地应力、黄土、采空区、有害气体、腐蚀性地层、洞口滑坡等		根据需要	根据需要

5.6.5 隧道修复养护设计应符合下列规定:

- 1 修复养护设计方法可采用工程类比法, 必要时进行结构验算。

- 2 应采用施工简便、工艺成熟、效果可靠的技术方案。
- 3 病因复杂、处治规模过大或养护实施条件受限时，可按病害程度进行分级，按一次设计分段分期实施，并做好重点隐患段落的安全监测。
- 4 应充分利用原有结构的承载能力，新旧结构应连接可靠，整体共同工作。
- 5 应尽量减少对原防排水系统的影响。

5.6.6 衬砌结构修复设计应符合下列规定：

- 1 宜采用粘贴钢板（带）、套拱、嵌入钢拱架、锚喷加固、换拱、粘贴纤维复合材料等方法。
- 2 加固混凝土的强度等级不得低于原衬砌混凝土，并采取有效措施与原混凝土结构加强衔接。
- 3 在高温、高湿、冻融、介质侵蚀等特殊环境下，应采用耐环境因素作用的材料。
- 4 加固措施影响原有排水系统时，应恢复原有排水系统功能。

5.6.7 衬砌局部脱落、强度或厚度不足、网状开裂，以及隧道净空富余量较小的衬砌加固，采用粘贴钢板（带）加固修复方法时，应符合下列规定：

- 1 宜全断面布置，布设范围宜延伸至加固段落外 1~2m。
- 2 衬砌基面应清除表面的劣化部分及附着物。
- 3 钢板（带）表面应采取防腐蚀、防锈蚀处理措施，处理材料不应与胶黏剂发生不良反应。
- 4 钢板应经锚栓锚固后采用压力注浆的方法与衬砌粘贴，胶黏剂平均厚度为 3~5mm。W 钢带与衬砌宜采用压力注胶或涂胶的方法粘贴。
- 5 相邻两环钢板（带）的接头应环向错开，距离不小于 500mm；接头处宜进行焊接连接；接头位置上应设置钢压板，相邻两环钢板可采用钢压板进行纵向连接。
- 6 锚固件应采用胶黏型锚栓或后扩底锚栓，不得采用膨胀型锚栓作为连接件。

5.6.8 隧道结构裂损严重、衬砌掉块、严重渗漏水，以及隧道净空有一定富余量的衬砌加固，采用套拱加固修复方法时，应符合下列规定：

- 1 应全断面布置，布设范围宜延伸至加固段落外 2~3m。
- 2 应根据隧道病害程度和净空富余量，确定套拱形式、厚度和加固范围。
- 3 钢架混凝土套拱可采用钢格栅、工字钢、H 型钢等，相邻钢架应采用纵向筋连接。
- 4 模筑钢筋混凝土套拱厚度不宜小于 200mm，混凝土强度等级不应低于 C30。
- 5 喷射混凝土套拱厚度不宜小于 150mm。
- 6 套拱拱脚应设置锁脚锚杆（管）或锁脚桩基。
- 7 应采用植筋、铺设钢筋网等措施使新旧混凝土形成整体结构。植筋间距不应大于 0.75m，锚固长度不小于 $10d$ （ d 为钢筋直径）。

5.6.9 隧道衬砌裂损严重、承载力不足、净空富余较小的素混凝土衬砌加固,采用嵌入钢架加固修复方法时,应符合下列规定:

- 1 宜采用全断面布置,布设范围宜延伸至加固段落外 1~2m。
- 2 应根据病害情况确定钢架型号、间距、设置范围。
- 3 钢架宜采用 H 型钢、工字钢,钢架的混凝土保护层厚度不应小于 30mm。
- 4 开槽深度不宜大于原二次衬砌厚度的 2/3。开槽宽度比钢架宽不应小于 50mm。
- 5 钢架拱脚基础应牢固,宜采用锁脚措施与钢架连接。
- 6 槽内宜采用自密实补偿收缩混凝土进行填充。

5.6.10 衬砌开裂、错台且地质条件适宜的衬砌加固,采用锚杆加固修复方法时,应符合下列规定:

- 1 宜与喷射混凝土、嵌入钢架、套拱等措施配合使用。
- 2 锚杆加固范围宜延伸至加固段落外 3~5m。
- 3 应根据病害情况,结合地质条件、水文条件等确定锚杆类型、长度、间距、布设范围等。
- 4 锚杆长度不宜小于 4m,全长黏结型及端头锚固型锚杆杆体直径宜为 22~32mm。
- 5 锚杆应设垫板,并应施加不应小于 50kN 的预紧力。
- 6 围岩压力以垂直压力为主时锚杆宜布置在拱部,以侧压力为主时宜布置在侧壁。隧道病害较严重时,锚杆应全断面布置。
- 7 锚杆锚头应采取封锚措施。
- 8 其他相关技术要求,还应符合现行《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB 50086)的有关规定。

5.6.11 既有衬砌承载力严重丧失、采用其他加固方法难以满足使用要求的衬砌修复,采用拱圈换拱修复方法时,应符合下列规定:

- 1 应综合衬砌病害原因、类型、程度、范围,以及地质条件、施工环境等因素,选用整体换拱或局部换拱方案。
- 2 整体换拱时换拱范围宜向需换拱范围外延伸 3~5m;局部换拱时换拱范围宜向需换拱范围外扩大不小于 300mm,拱部衬砌宜对称更换。
- 3 应制定拆除方案设计,内容应包括围岩预加固、施工临时支护、拆除方法及工艺、施工监测、应急预案等。
- 4 既有衬砌拆除前,应根据地质条件和地下水情况,采取洞内围岩注浆、地表注浆、锚杆(索)等措施预加固围岩。
- 5 拆除衬砌宜采用机械切割、静态爆破、凿除等工艺,应跳槽拆除。
- 6 换拱衬砌宜为钢筋混凝土结构。局部更换时,应采取植筋等措施加强与原衬砌的衔接,混凝土采用现浇补偿收缩混凝土。

5.6.12 隧底结构修复设计应符合下列规定：

- 1 应根据隧底工程地质及水文地质条件、结构现状、排水设施现状、病害特点等情况，结合施工条件、环境条件，确定隧底加固方案。
- 2 应做好与既有结构及防排水系统的衔接。

5.6.13 基底软弱、承载力不足、隧底底鼓或沉陷、地层可注性好的隧底地基加固，采用注浆加固隧底修复方法时，应符合下列规定：

- 1 应根据病害情况、地质、施工条件确定注浆范围、孔距、孔深。
- 2 注浆孔宜采用梅花形布置，间距为 1 ~ 2m，孔深应至仰拱或底板以下不小于 3m。注浆管宜采用钢管，管径宜为 42 ~ 110mm。
- 3 宜采用水泥基浆液，特殊地质条件也可采用化学浆液。
- 4 注浆压力应根据隧底地层特性及注浆工艺确定。

5.6.14 基底软弱、承载力不足、隧底底鼓或沉陷、地质成孔条件较好的隧底地基加固，采用树根桩加固隧底修复方法时，应符合下列规定：

- 1 应结合病害情况、隧底围岩和施工等条件确定加固范围、桩径、桩长。
- 2 宜采用梅花形、矩形布置。直径宜为 150 ~ 400mm；桩长不应小于 3m；桩的布置可采用直桩型或网状结构斜桩。
- 3 桩身宜采用细石混凝土，强度等级不宜小于 C25。
- 4 桩体宜全长配筋。
- 5 桩顶应与隧道边墙脚、路面板或仰拱有效连接。

5.6.15 基底软弱、承载力不足、隧底底鼓或沉陷、地质成孔条件较差的隧底地基加固，采用钢管桩加固隧底修复方法时，应符合下列规定：

- 1 宜采用梅花形、矩形布置。
- 2 宜采用无缝钢管，分段长度宜为 3 ~ 6m，直径宜为 50 ~ 150mm，壁厚不应小于 4mm。
- 3 桩内应压注水泥浆、水泥砂浆，也可采用不低于 C20 的混凝土灌注。
- 4 钢管连接应采用套管焊接的等强度连接方式。
- 5 腐蚀环境下，钢管桩应采取防腐处理。

5.6.16 采用增设或更换仰拱修复方法时，应符合下列规定：

- 1 宜与隧底注浆、钢管桩或树根桩加固、锚杆（管）锁脚等加固措施配合使用。
- 2 应根据病害程度、受力情况确定仰拱的深度和厚度。
- 3 增设或更换仰拱应采用钢筋混凝土结构，混凝土强度不应低于 C30。
- 4 新增仰拱混凝土应与既有衬砌拱脚植筋连接。

5.6.17 洞口工程修复设计应符合下列规定：

- 1 应根据洞口病害特征、地形、地质及环境等条件，遵循运营安全、环境协调、实用美观的原则，制定修复方案。
- 2 采取洞内和洞外综合处治措施时，宜先进行洞口外工程修复。
- 3 洞口需接长明洞或棚洞时，应按新建工程设计。

5.6.18 洞门墙结构修复设计应符合下列规定：

- 1 洞门墙体有裂纹、渗漏水、挂冰等病害时，应采取墙背注浆、裂缝修补、墙体下部布设泄水孔、集中漏水点埋管引排等措施处治。
- 2 当因冻胀引起洞门墙结构破损时，应采取防冻胀及防排水措施，并对破损处修复。洞门墙宜采用钢筋混凝土结构，其基础埋深应满足抗冻要求。
- 3 因地基承载力不足导致洞门墙沉降、倾斜、开裂时，应对基底采取注浆固结、扩大基础、钢管桩、桩基承台等措施加固。
- 4 当墙体大面积开裂、错台、整体稳定性差时，应对墙体采取增大截面加固；新增墙体应采用现浇混凝土结构，混凝土强度等级不应低于 C25，厚度不应小于 300mm，新旧结构间应合理连接。

5.6.19 洞口边仰坡修复设计应符合下列规定：

- 1 应根据坡体破坏原因、破坏程度、地质、地形、坡率及环境等条件，可采用清方、坡体锚固、坡面防护、支挡、接长明洞等加固措施。
- 2 坡面防护宜选择植物、框架、圪工等防护形式。

5.6.20 洞口安全影响区修复设计应符合下列规定：

- 1 洞口存在落石、滚石、崩塌、水害等隐患时，应增设防护网架。
- 2 洞口山体整体稳定，但地形陡峻、岩石风化裸露时，易产生崩塌、落石且洞口旁无缓冲地带，宜选用主动防护网防护。
- 3 洞口有缓冲地带的坡面，拦截岩崩、飞石、滚石、雪崩等时，宜采用被动防护网。
- 4 应结合所拦截物的特性、冲击力合理确定防护网的设置参数。
- 5 主、被动网选用的材料应满足现行《边坡柔性防护网系统》(JT/T 1328) 的有关规定。
- 6 防护网架可增设洞口棚洞或棚架。

5.6.21 洞口截排水系统修复设计应符合下列规定：

- 1 洞口排水系统排水能力不足时，应根据洞口区地形、汇水面积及流量、洞外既有截排水系统和排水能力等因素，增设或扩大截排水沟。
- 2 截排水沟破损修复工程宜与既有路基排水系统顺畅连接。
- 3 截水沟基础应稳定，并应进行防渗处理。

5.6.22 冻害、震害、火灾、岩溶、膨胀岩、高地应力、黄土、采空区、有害气体、腐蚀性地层、洞口滑坡等特殊原因或特殊地层导致的隧道病害，应根据病害原因，制定针对性的修复设计方案。

条文说明

特殊原因产生的隧道病害，按隧道病害部位可以分为衬砌结构类病害和隧底结构类病害，但因病害原因与一般隧道不同，需要针对病害的产生机制，采取针对性措施，才能从根本上达到修复效果。比如，冻害严重的隧道，需要解决水的合理疏导、提高结构抗力和设置保温措施等；岩溶隧道主要解决高水压和防渗漏问题；有毒有害气体较为发育的隧道需要解决结构的封闭性问题等。

5.6.23 黄土隧道洞口及浅埋段病害处治时，应采取地表防水隔水及落水洞封堵等措施。

条文说明

由于黄土的多孔性、湿陷性及遇水软化的特性，其抗剪强度和抗压强度随含水率增加会显著降低，因此地下水对黄土地层的稳定性、围岩压力有直接不利影响。在黄土隧道的洞口及浅埋段，该问题体现得更为明显，故处治时做好地表防水和隔水措施，对确保处治效果非常必要。

5.6.24 岩溶隧道修复设计应符合下列规定：

- 1 应根据溶洞规模、与隧道相对位置关系、岩溶水及充填物等因素，综合确定修复方案。
- 2 管道岩溶水处治应按宜疏不宜堵的原则进行引排，可增设泄水管涵或泄水洞等措施。
- 3 加固方案应包括防止施工过程中出现涌水、突泥灾害的措施。
- 4 岩溶水压造成衬砌破损时，结构加固设计应考虑地下水压力荷载。

5.6.25 有害气体隧道修复设计应符合下列规定：

- 1 应根据有害气体溢出位置、浓度和类型，采取封堵、引排、通风稀释等措施。
- 2 采取封堵措施时，处治范围应向有害气体溢出范围的两端延伸不小于 50m。
- 3 瓦斯隧道处治时，应符合现行《公路瓦斯隧道设计与施工技术规范》（JTG/T 3374）的有关规定。

5.6.26 隧道路面病害修复除应满足本规范第 5.4 节的要求外，还应符合下列规定：

- 1 隧道路面加铺应满足隧道净空要求。
- 2 由沥青铺装层引起的严重裂缝与坑槽、车辙、波浪拥包等病害,可采用封层、功能性罩面、铣刨重铺等养护工程措施。
- 3 隧道路面沥青混合料材料宜采用温拌剂,表面层可采用添加阻燃剂等措施。
- 4 应做好与已有排水设施的衔接,采用铣刨重铺时路拱横坡低的一侧边缘下层可设置纵向排水盲沟,保证渗入层间的水通过隧道排水设施及时排除。

5.6.27 特殊隧道结构、特殊原因或不明原因产生的隧道病害,以及其他严重病害后果等情形,宜开展技术设计,并应符合下列规定:

- 1 应查明病害范围、程度和原因,结合隧道实际情况,明确养护目标及分段分期实施方案。
- 2 应综合考虑社会影响、工期、经济、技术指标等因素,拟定修复技术方案,并进行多方案技术经济比选。
- 3 应提出修复设计推荐方案、养护费用估算和预估养护工期。
- 4 应根据隧址区路网情况,拟定隧道修复养护期间的交通通行方案。

条文说明

特殊隧道结构病害,如连拱隧道中墙修复、分岔隧道分岔结构修复等;特殊原因或不明原因导致的隧道病害,如冻害、震害、火灾病害、岩溶、膨胀岩、高地应力、黄土、采空区、有害气体、腐蚀性地层、洞口滑坡等;其他严重病害后果,如隧道掉块、隧道路面严重隆起或单座隧道病害累计长度大于1km等。

5.7 交通安全设施

5.7.1 交通安全设施修复养护应对交通安全设施的类型、规模、设置位置、型式、结构、材料等进行设计,提出材料技术要求、施工工艺要求和验收标准。

5.7.2 交通安全设施修复养护应综合考虑服务、安全、管理、环境、成本等因素,针对表5.7.2所列病害与缺陷进行设计,可采取下列措施:

- 1 局部或轻微损坏,宜通过局部紧固、矫正、修复、更换部件等功能性、结构性修复措施恢复到符合原设计要求。
- 2 损坏严重且不具备维修条件时,宜通过整体更换措施,恢复交通安全设施功能。
- 3 原交通安全设施与现路段交通安全需求不匹配时,可通过加强、拆除、新设、移位、综合处置等改造措施优化、提升交通安全设施,改善路段交通安全性能。

表 5.7.2 交通安全设施修复养护主要病害与缺陷类型

分类	病害与缺陷	
局部或轻微损坏	交通标志	板面被遮挡或其他原因导致不可见
		板面局部发生弯曲变形, 平整度变化影响视认
		板面紧固件铝槽断裂或铝槽与面板规定脱铆率不大于 5%
		反光膜局部出现明显划痕、损伤、气泡、起皱、裂纹、剥落和颜色不均匀等, 影响面积不超过标志板面的 10%
		紧固件松动锈蚀、其他构件锈蚀面积小于 20% 且未有锈蚀穿孔
		立柱等支撑结构焊缝有裂纹或外观有缺陷
		混凝土基础开裂、分层、剥落
	交通标线	局部范围污秽、剥落缺失
		局部范围开裂、起泡、磨损、褪色等或旧线泛出明显
		局部发生严重扭曲变形
	护栏	护栏线形不顺畅, 局部存在扭曲
		钢护栏局部出现部件缺损、松动或立柱倾斜等缺陷
		单位钢构件锈蚀面积小于 30%, 且不存在锈蚀穿孔
		混凝土护栏局部出现明显裂缝、破损或变形
		基础松动变形
	突起路标和 视线诱导设施	局部线形诱导明显扭曲变形
		局部反光器褪色或污秽
		基础、连接件、紧固件松动、老化或锈蚀
	防眩设施	连接件、紧固件松动、老化或锈蚀
		防眩结构局部缺损、倾斜、变形等
	隔离栅、防落网	局部断丝、锈蚀、缺失、立柱损坏、倾斜等缺陷
损坏严重且不具备 维修条件	交通标志	标志信息过载、存在错误或内容缺失
		交通标志板缺失
		面板弯曲破损, 且无法进行修复
		反光膜出现明显划痕、损伤、气泡、起皱、裂纹、剥落和颜色不均匀, 且影响面积超过标志板 10%
		反光膜逆反射系数低于设计值 50%
		标志进入公路建筑界限或设置位置不合规, 且不可校正
		面板紧固件铝槽断裂或铝槽与面板规定脱铆率大于 5%
		单位构件锈蚀面积大于或等于 20%, 或锈蚀穿孔
		杆件变形、焊缝开裂, 立柱明显弯曲、变形或晃动, 且不可校正
		相关功能指标严重不符合设计指标
	交通标线	总体褪色明显或旧线泛出明显或污秽、龟裂、剥落严重, 无法视认
		标线抗滑性能明显失效, 如抗滑值合格率低于 60%

续表 5.7.2

分类	病害与缺陷	
损坏严重且不具备维修条件	交通标线	反光标线夜间反光性能明显失效, 如逆反射亮度系数合格率低于 60%
		路基路面养护工程导致交通标线受损或缺失
	护栏	车辆碰撞或自然破坏导致缆索护栏、波形梁护栏立柱、横梁、护栏板、基础等部件损坏, 混凝土护栏结构严重开裂、破损、钢筋变形等防护能力严重不足
		单位钢护栏构件锈蚀面积超过 30% 或锈蚀穿孔
		路基路面养护工程导致护栏立柱高度降低或土基压实度不足导致防护能力不足
		活动护栏、防撞垫功能失效或缺失
	突起路标和视线诱导设施	突起路标开裂、破碎、基础严重松动
		存在明显褪色、反光性能明显失效
		大量缺失
	防眩设施	防眩结构、连接件、紧固件严重锈蚀、残缺、失效
		大量防眩结构缺失
	隔离栅	大量严重锈蚀、倒伏、缺失
原交通安全设施与现阶段交通安全需求不匹配	交通安全提升路段	存在急弯、陡坡、连续下坡、视距不良、路侧险要等影响行车安全因素
		存在超速等不安全驾驶行为和机非混行、大型车比例高、行人横穿、不良气象影响行车安全等因素
		交通事故数量集聚或严重程度突出, 明显高于同一公路其他路段
		存在交通安全设施不完备, 信息不连续、矛盾或与实际情况不符等影响行车安全因素

条文说明

根据《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)附录, 交通安全设施修复养护作业内容包括配套路面修复完善相关附属设施, 集中更换或新设、维修、更换交通安全设施等。本条将修复养护设计对象病害与缺陷定义为两类:

一类系设施自身物理状态衰减。局部或轻微损坏时, 通过紧固、修复部件等措施可以恢复原设计要求; 损害严重且不具备维修条件时, 通过整体更换恢复基本使用功能。

另一类系因路网、交通量、环境等外部条件变化, 导致既有设施与当前安全需求不匹配, 通过加强、拆除、新设、移位、综合处置等改造措施优化提升。

本条强调“综合考虑”, 旨在明确设计时不局限于单一考量, 需统筹功能需求(服

务与安全) 与实施条件 (管理、环境与成本), 综合确定所采取的措施, 如对于安全风险突出路段, 即使病害程度较轻, 也可以优先选用更换或改造措施。

表 5.7.2 中护栏相关病害类型同样适用于栏杆、活动护栏及缓冲设施。

5.7.3 交通安全设施修复养护设计资料收集应符合下列规定:

1 应收集近三年交通流量、交通组成、速度等交通参数以及交通安全设施养护记录、检测报告和安全性评价报告等资料。

2 对交通安全提升路段, 应收集路段交通事故发生的时间、地点、天气状况、事故形态、伤亡人数、事故车型等数据。高速公路和一级公路应收集不少于三年 (连续) 的交通事故数据; 其他公路缺少交通事故数据或数据不全时, 应通过走访座谈调研路段交通安全状况。

5.7.4 交通安全设施设计专项检测应符合下列规定:

1 收集的交通参数不满足设计需求时, 应进行现场采集, 可采用人工计数或交通检测器测量方式。

2 应现场对交通安全设施设置位置、外观状态、视认效果以及构件缺损、锈蚀、紧固程度、结构损伤等进行检测, 可采用目测或专用工具测量、检测方式。检测设施抽样比例应根据设计单元实际情况确定, 每种结构类型的交通标志宜不小于总量的 10%, 其他交通安全设施宜不小于每 km 每侧 5 处。

3 交通安全提升路段养护设计专项检测除满足本条 1、2 款规定外, 宜按表 5.7.4-1 内容进行检测。

表 5.7.4-1 交通安全提升路段养护设计专项检测内容

项目	内容	方法	检测频率
交通运行	现场观测车辆运行轨迹、有无横向干扰、有无交通冲突等交通运行状况	人工观察或视频采集设备	高峰小时或交通事故集聚时间段至少连续观测 1h
运行速度	实地采集运行速度数据	雷达枪人工测速或地磁、激光、微波等交通检测器测速	采集条件、断面和样本量满足《道路交通标志和标线 第 5 部分: 限制速度》(GB 5768.5—2017) 附录 B
实车驾驶	对交通事故多发路段进行路段实车驾驶体验	实车驾驶	每个交通安全提升路段至少进行一次实车驾驶
其他	根据交通安全提升目标或事故原因, 可进行必要的专项检测, 如路面抗滑性能检测等	相关检测方法	根据路段特点和具体检测方法要求确定检测位置和频次

4 交通安全设施病害与缺陷分析应包括表 5.7.4-2 内容。

表 5.7.4-2 病害与缺陷分析内容

评估项目	分析评估内容
合规性	对比交通安全设施原设计采用的技术规范和现行规范, 核查交通安全设施的设计指标, 分析合规性
功能性	根据交通安全设施缺陷范围、程度和数量, 分析组成构件及整体的功能状况
适应性	根据路网规划、交通量、交通组成、交通安全状况和交通安全设施使用年限, 分析交通安全设施与道路、交通和环境条件的适用性

5 护栏、交通标志等设施、既有结构和材料再利用时, 应进行检测, 满足现行相关技术要求后方可使用。

5.7.5 交通安全设施应与公路土建工程、其他沿线附属设施及环境工程相互协调、统筹设计, 并应符合下列规定:

1 交通安全设施应与公路土建工程养护同时设计、同时施工、同时投入生产和使用, 相关基础、预留预埋应与土建工程同步实施。

2 土建工程应通过路基加宽、边坡处理、排水设施调整等方式为护栏等交通安全设施提供设置空间和承载条件。

3 交通标志和护栏的设计方案应根据路面养护后的公路净空高度、路面高程确定。

4 桥梁和隧道新增或改造交通标志和护栏时, 应对桥梁、隧道的结构承载能力进行验算。

5 修复养护设计应检查既有绿化工程影响视距、遮挡交通标志、影响路侧净区等情况。

5.7.6 技术设计阶段应至少进行两个技术方案的同深度比选, 并符合下列规定:

1 技术难度较大的护栏等交通安全设施改造, 应确定防护车型、交通量等设计参数, 对公路土建工程改造、护栏更换和护栏改造方案进行比选, 分析论证改造方案。

2 高速公路、一级公路和交通安全问题突出的干线公路交通安全提升路段应结合交通量、运行速度、交通事故等数据分析, 识别主要安全风险因素或诊断交通事故原因; 根据成本效益分析, 对不同类型的改造方案进行比选。

3 路网范围内大规模的交通安全设施修复养护, 应通过比选明确设计方案, 统一技术标准。

5.7.7 交通标志的颜色、形状、尺寸、图案、文字及结构部件等修复养护设计应符合现行《道路交通标志和标线 第2部分: 道路交通标志》(GB 5768.2)、《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81)、《公路交通标志和标线设置规范》(JTG D82), 并应

符合下列规定：

- 1 新增交通标志应保持与路网中指路标志信息连续，内容不得矛盾。
- 2 新增交通标志或信息时应防止信息过载，同一交通标志板面内信息总数不宜超过6个，同一断面或支撑结构上交通标志数不宜超过3个。
- 3 新增交通标志不得与其他设施相互遮挡。
- 4 更换的交通标志板面积大于原标志板，或在原交通标志支撑结构上增设新交通标志时，应对交通标志结构进行验算。
- 5 部分粘贴反光膜时，新旧反光膜宜采用相同逆反射等级。

5.7.8 交通标线的颜色、形状、尺寸、厚度、位置及性能等修复养护设计应符合现行《道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线》（GB 5768.3）、《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）、《公路交通标志和标线设置规范》（JTG D82）的相关规定，并与交通标志、信号灯、情报板表达的信息相匹配，不得相互矛盾。

5.7.9 护栏防护等级、最小设置长度、材质、几何尺寸和安装方式等修复养护设计应符合现行《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）的规定。护栏局部改造设计应根据现场条件、防护车型和护栏结构，按照《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81—2017）附录C和D规定的方法进行验算或能通过现行《公路护栏安全性能评价标准》（JTG B05-01）规定的安全性能评价。

5.7.10 护栏高度不足时，应根据公路实际交通量、交通组成、运行速度、交通事故等情况，通过专题论证或试验评估护栏防护等级，确定设计方案。下列情况时，护栏应进行更换或改造设计：

- 1 两波形钢护栏梁板高度与设计标准规定值的差值大于20mm。
- 2 三波形钢护栏梁板高度与设计标准规定值的差值大于50mm。
- 3 混凝土基本型（NJ型）、改进型（F型）、加强型桥梁护栏和组合式桥梁护栏基础底部预留高度小于加铺、罩面厚度。

条文说明

本条1、2款数值依据《提升公路桥梁安全防护能力专项行动技术指南》（交办公路〔2019〕44号）及相关研究成果确定：两波形梁护栏板中心高度低于标准值20mm以上，或三波形低于50mm以上时，防护功能显著降低；第3款中混凝土护栏基础底部预留高度不足时，加铺后护栏有效高度降低，防护能力随之下降。本条“梁板高度”系护栏板中心距设计基准线的高度；当护栏面靠近行车方向设有路缘石，且路缘石与护栏面不重合时，梁板高度从路缘石顶端起算。

5.8 机电设施

5.8.1 机电设施修复养护设计应包括监控设施、通信设施、收费设施、供配电设施、照明设施、隧道通风设施、隧道消防设施、预留预埋设施等，应明确设计措施、材料技术要求、施工工艺、验收标准等。

5.8.2 机电设施修复养护设计方案应考虑下列因素：

- 1 应根据调查、检测、评估结果及运营管理需求确定设计方案。
- 2 应考虑既有设施的利用及技术发展趋势。
- 3 宜考虑大数据、物联网、人工智能等新技术的应用。
- 4 应符合最新网络安全的相关要求。
- 5 应考虑既有设施的运行数据及环境实测数据等基础情况。
- 6 应考虑养护施工过程中的临时用电及监控、通信、收费设施施工期间保畅方案。

条文说明

机电设施运行时间、运行状态数据对养护设计方案的确定具有重要的参考价值，在条件具备的项目中需利用该部分数据。

5.8.3 机电设施修复养护应对表 5.8.3 所列病害与缺陷进行设计。

表 5.8.3 机电设施修复养护的主要病害与缺陷类型

分类	病害与缺陷
设施功能轻度受损	设备运行状态不稳定
	设备局部功能缺失
	系统性能不稳定
设施损坏严重、无法正常工作	设施损坏，无法维修
	设备达到使用年限，功能下降严重
设施经济性差、既有设施技术指标无法满足运营要求	设备达到使用年限，原机电设备停产或继续使用技术经济性差
	由于运营管理需求的变化，需提高机电设备技术指标或采用新的技术
	系统本身运行不平稳，既有设备无法满足系统运行需求
设施功能无法满足运营管理要求	运营管理需求变化，需增设机电设施
	运营环境变化，需增设机电设施
	既有设备性能不满足运营管理需求，需进行更新换代
	经评估运营风险高，需通过增设机电设施来降低运营风险
其他	评估后，其他应进行修复养护的情况

条文说明

运营管理需求的变化，需在原有基础上增设机电设施或采用新的技术来满足其管理需求。如出于对广场管控的需求，需要增加广场摄像机，以及配套的供电、传输等。采用新的技术如视频云等。

运营环境的变化包括交通量、交通组成等变化导致分级发生调整或者既有设施功能指标（如亮度、风速等）等不满足运营管理需求，如设施达到远期年限需要增加设施、交通分级发生调整变化等情况。

5.8.4 不同病害类型对应的机电设施修复养护设计类型按表 5.8.4 划分。

表 5.8.4 机电设施修复养护设计类型

病害分类	修复养护设计类型
设施功能轻度受损或设备轻度损坏	维修
设施损坏严重、无法正常工作	更换
既有设施损坏，采用原设施更换经济性差或技术指标无法满足运营要求	更新
功能无法满足运营管理要求	增设

条文说明

机电设施修复养护工程主要包含维修、更换、更新、增设四种类型。

维修养护是将机电设施设备功能恢复到设计阶段的相关技术要求。

更换养护是指对现有机电设备采用简单替换方式，使设备指标不降低，并能与系统兼容，实现原系统已有功能。

更新养护是将现有机电设备采用升级替换方式提升性能指标，并对相关设施进行养护设计，使之与既有设备及系统兼容。如标清摄像机升级为高清摄像机，为保证系统功能需求，需要对传输方式及显示器等进行设计，才能发挥作用。

增设养护根据运营养护安全及管理需求，通过增加设备、数智化升级等达到提升系统功能的目的。

5.8.5 机电设施修复养护设计应满足系统功能恢复和技术进步的需要，并符合下列规定：

- 1 功能不满足运营管理需求的机电设施，应进行更新或增设计。
- 2 由于系统升级造成无法与新系统兼容的机电设施，应进行更新或增设计。
- 3 故障率高、面临淘汰或已淘汰的机电设施，宜进行更新设计。
- 4 功耗大、节能性差、环保性差的机电设施，宜进行更新设计。
- 5 养护费用与替换更新设备相比经济性不高的机电设施，可进行更新设计。
- 6 达到设施生产单位标定的工作寿命的机电设施，可进行更换或更新设计。

7 机电设施经养护后关键功能、性能不能满足相关规范中规定的技术指标要求时,应进行更新设计。

5.8.6 机电设施修复养护设计资料收集及现场调查可包含下列内容:

- 1 机电设施竣工图、验收、管养、检测等基础资料及规划资料。
- 2 至少近3年的交通量及交通组成等数据。
- 3 发生大雾、凝冰、团雾等恶劣气候时的基本数据(如恶劣气候发生位置、出现时间等)。
- 4 隧道环境检测数据,如自然风风向、洞内外温度、洞内有害气体浓度及能见度等数据。
- 5 重点排查机电设施现有管理体制及运营环境、机电设施及配套设施设置方案、机电设施运行现状、机电设施使用年限、机电设施技术整改情况、机电设备技术状况、隧道运营环境、沿线设施管线资源、外部供电资源、消防水源、运营管理需求等。

条文说明

机电设施修复养护工程建立在既有设计及既有设施运营状况的基础上,在进行修复养护设计前对上述要求的资料,需根据设计需要进行收集。

5.8.7 专项检测的项目和内容应根据设计目标、病害及缺陷成因等进行选择,并宜满足表5.8.7的要求。

表 5.8.7 机电设施修复养护设计专项检测要求

检测内容	检测方法	检测频率
图像监视功能	功能验证	每个摄像头至少选取一处
应急预案	功能验证	对每种工况进行验证
车流量	人工计数与采集结果比较	全部
视频事件检测器 事件检测率	现场模拟事件检测或播 放标准事件视频源检测	至少对停车、逆行、行人、抛洒、机动车驶离、 拥堵等事件进行检测
环境检测精度	相应仪器进行比对	隧道至少对一氧化碳,能见度,氮氧化物,风速, 风向等进行检测; 路段至少对能见度、降雨、风速、风向、温度等 进行检测
SDH 网络性能	仪器测试(数字传输分析仪、 光功率计等)	SDH 网络接口抖动测试时间不应小于 60s SDH 系统误码性能测试连续测试时间不应小 于 24h

续表 5.8.7

检测内容	检测方法	检测频率
OTN 网络性能	仪器测试或网管测试	光信噪比测试, 对每个光复用段进行双向测试; 输出抖动测试, 环回法或对测法测试时间为 60s; 系统误码性能, 每个光复用段选一个波道测试 24h, 其余波长通道测试 15min; 以太网接口性能测试, 吞吐量、时延、丢包率; 辅助系统功能 (公务系统、时钟同步功能); 网管功能; OTN 控制平面功能
电动杆起/落时间	计时器具测量	测试 5 次, 取平均值
车牌识别率	现场测试	连续测试 24h 以上, 查验 200 张图片
ETC 门架功能	实操测试	10 次测试, 对接收、更新省联网中心费率、OBU 卡信息写入、ETC 或 CPC 卡通信记录及储值卡等进行测试
机电系统软件联合测试	实操测试	进行最高并发数的压力测试, 测试各系统功能运行情况
隧道风速	风速仪	检测点纵向间距: 宜设置在隧道进出口内 30m 处, 以及每隔 500m 宜设置一处; 检测点横断面设置位置: 单洞测试断面布设位置不应少于 3 处, 宜取离地面 3m 处, 车道中心线; 风速仪测试各点风速, 每点测试 3 次
隧道亮度	亮度计	宜选择布灯长度区域作为测试区域, 每车道横断面布点不小于 3 个
消火栓出口压力值	压力表	采集消防泵出水口、隧道最高点、隧道最低点、隧道变坡点、末端的水压值
火灾系统响应	现场点火试验	宜 50m 设置一处测试点。对于三车道及以上隧道横断面至少测试两处。对于单洞大于或等于 5km 的隧道宜在每个排烟分区进行排烟系统测试
隧道手动报警器声压	声级计测量	全部
可变标志平均亮度	亮度计测量	全部
其他	根据设计需要确定的专项检测项目及方法	根据设计需要确定检测频率

条文说明

机电设施养护设计专项检测主要为养护设计方案制定提供依据，主要针对系统功能指标和具体病害或缺陷进行检测。专项检测结论需明确属于系统功能缺失问题、设备问题、传输线路问题或控制中心问题等，避免养护设计扩大化。

5.8.8 机电设施修复养护应与公路土建工程、交安设施及环境工程相互协调、统筹设计，并应符合下列规定：

- 1 应根据路面改造后的净空高度、建筑限界等确定机电设施养护设计方案。
- 2 应考虑交安设施、绿化设施等相互遮挡、影响视距的因素。

5.8.9 机电设施修复养护设计进行规模确定时，设计交通量取值应满足表 5.8.9 的规定。

表 5.8.9 机电设施修复养护工程设计交通量取值

公路等级	设施名称	设计剩余年限（年）	设计交通量取值
高速公路、一级公路	监控	>3	按设计剩余年限末年预测交通量
		≤3	养护工程交工验收后第 5 年预测交通量
	隧道通风 隧道照明 隧道消防	>5	按设计剩余年限末年预测交通量
		≤5	养护工程交工验收后第 10 年预测交通量
	收费	>8	按设计剩余年限末年预测交通量
		≤8	养护工程交工验收后第 15 年预测交通量
一级公路 （具有集散功能）， 二、三级公路	监控	>1	按设计剩余年限末年预测交通量
		≤1	养护工程交工验收后第 3 年预测交通量
	隧道通风 隧道消防 隧道照明	>3	按设计剩余年限末年预测交通量
		≤3	养护工程交工验收后第 7 年预测交通量
	收费	>8	按设计剩余年限末年预测交通量
		≤8	养护工程交工验收后第 15 年预测交通量

条文说明

机电设施考虑到系统规模和设备的使用寿命，根据预测交通量进行了近、远期分期设计。对机电设施进行修复养护工程设计也需根据设计预测交通量，考虑机电设施未来一段时间的运营需求，避免频繁进行机电设施修复养护设计。

根据以往工程经验，监控设施一般按 5 年进行近期设计，隧道通风设施、隧道照明

设施、隧道消防设施一般按 10 年进行近期设计。一级路监控设施一般按 3 年进行近期设计，隧道通风、隧道照明及消防设施一般按 7 年进行近期设计。根据《公路工程技术标准》(JTG B01—2014) 的有关规定，收费设施机电设备按 15 年进行设计。一级路收费设施与高速公路一致。

设计剩余年限以隧道通风设施为例。高速隧道通风设施养护设计发生在通车后第 5 年，则剩余设计使用年限为 5 年，在通风设施养护设计时，按养护工程交工验收后第 10 年预测交通量进行取值。

5.8.10 机电设施系统分级调整时，宜按照现行规范要求进行设计。隧道消防设施发生分级调整，应按照现行规范进行设计。

条文说明

机电设施在交通量、车型组成、运行速度等发生变化时，设备设施配置方案需满足最新运营环境的相关要求。

如已经运行的隧道，由于交通量的增加，分级发生调整，需要根据分级要求进行设备配置。

5.8.11 对于运营过程中存在恶劣气候条件的局部路段，应在局部路段增设或调整机电设施的设置位置。

条文说明

对于通车路段存在团雾、大雾气候，影响行车安全的，采用雾灯等辅助照明的设计提高行车安全性。对于存在凝冰等气候条件的，设置自动除冰装置或通过管理措施等消除不利影响。既有路段受周边路网或规划调整的影响，交通量、交通组成或运载货物种类发生重大变化的，需对沿线机电设施进行针对性调整。

5.8.12 维修和更换机电设备，应符合下列规定：

- 1 维修或更换的设备应与既有机电系统兼容。
- 2 维修或更换的设备性能指标不应低于原技术指标。
- 3 符合现有规范和最新技术要求。

5.8.13 增设机电设备，应符合下列规定：

- 1 增设设备应与既有机电系统兼容。
- 2 应考虑增设设备对系统软件的影响。
- 3 应利用既有供电、信息传输等资源。
- 4 对新增外场机电设备，应对公网及敷设光纤方案进行综合比选后确定。外场设

备宜利用分歧管线等配套设施进行设置。

5.8.14 既有机电设施进行更新,应符合下列规定:

- 1 应兼顾机电设施现有技术特点,进行整体设计,应与原系统兼容。
- 2 宜采用符合技术发展趋势的新产品。
- 3 应制定既有设备的利用方案和分期实施方案。
- 4 应制定新、旧技术转换阶段的技术应对方案。
- 5 应考虑现有预留预埋设施、通信管道、设备基础形式、建筑限界等条件。

5.8.15 技术特别复杂的机电设施修复养护工程应开展技术设计,并应符合下列规定:

- 1 应根据机电设施养护目标、技术状况及病害与缺陷、施工条件等,综合考虑社会影响,经济指标,对方案进行比选。
- 2 对涉及土建设施的养护工程设计,应与相关专业协调,达到机电及土建实施方案的合理性。

5.8.16 隧道养护设计应参考自然风速及洞外亮度测试值作为设计依据。

5.8.17 机电设施修复养护实施后应满足如下要求:

- 1 系统运行平稳,修复养护部分与既有机电系统应完全兼容。
- 2 应满足表 5.8.9 中设计交通量取值确定的系统配置规模。
- 3 车牌识别准确率应大于 95%。
- 4 电动栏杆起/落时间应不大于 1s。
- 5 视频事件检测器对停车、逆行、行人等事件检测率应不小于 97%。车流量检测相对误差应不大于 10%,车速检测相对误差应不大于 15%。
- 6 配电变压器长期工作负载率宜不大于 85%。
- 7 隧道洞口共用接地电阻应不大于 1Ω ,洞外设备保护接地电阻应不大于 4Ω 。
- 8 省中心的网络安全等级应不低于等保三级。收费系统中安全通信网络、安全区域边界及安全计算环境应不低于等保三级。
- 9 隧道最不利点处消火栓充实水柱应不小于 10m。隧道内最不利点水成膜泡沫装置喷射距离应不小于 6m,喷射时间应不小于 20min。
- 10 点型火焰探测器及图像型火灾报警系统响应时间应不超过 40s,线型火灾探测器火灾报警系统应不超过 60s。
- 11 隧道临界风速及排烟风速取值应按现行《公路隧道通风照明设计细则》(JTG/T D70/2-02)进行取值。
- 12 其他未规定的情形,应按现行《公路工程质量检验评定标准 第二册 机电

工程》(JTG 2182) 进行质量检评。

5.9 环境保护设施与绿化工程

5.9.1 环境保护设施与绿化工程修复养护设计应包括设计原则、主要病害及缺陷、专项检测、设计要求、验收标准等内容。

条文说明

《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)中绿化景观修复养护具体作业内容包括:路域环境治理,更换、新植行道树及花草,开辟苗圃,公路景观提升等。本规范以《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)为基本依据,结合全国调研实际需求,将与环境保护有关的目标对象定义为:环境保护设施和绿化工程。环境保护设施包括路域声环境治理设施(声屏障)、路域水环境治理设施(桥面径流收集系统、桥面径流处理设施、服务区污水处理设施)、路域大气环境治理设施(服务区锅炉烟气处理设施、服务区油烟净化设施)和路域固体废物治理设施(加油站废油、油渣、油泥收集设施和危废暂存间、固废贮存设施);绿化工程是指更换、新植行道树及花草,开辟苗圃和公路景观提升。由于公路景观与公路绿化概念内涵有重叠,并且需要进行修复养护的主要是公路绿化工程,因此将公路沿线景观构造物和景观提升工程合并绿化工程中。

5.9.2 环境保护设施与绿化工程修复养护设计应依据专项检测结论,合理确定设计原则,并应符合下列规定:

1 环境保护设施的养护宜与主体工程养护统筹规划,依据既有设施专项检测结论,针对不同设计对象,开展维修设计、更换设计或提升设计。

2 绿化工程养护应依据原有土壤、植物、配套设施专项检测结论,结合项目路域生态环境特点,开展维修设计或更换设计。

条文说明

1 通常公路环境保护设施的养护工作量大、点散,单独开展养护检测与修复难以实现,因此,将公路环境保护设施养护与主体工程养护统筹规划,保证实现养护目标,对路域环境治理具有重要作用。

5.9.3 环境保护设施与绿化工程现场调查及资料收集应符合下列规定:

1 环境保护设施的现场调查应包括结构病害、材料劣化、现有工程功能达标性等内容。

2 绿化工程的现场调查应包括安全隐患、绿化覆盖、病虫害、外来物种入侵等

内容。

3 资料收集应包括项目沿线的自然环境、近3年交通状况、原环境保护设施及绿化工程设计资料及以往养护资料等。

5.9.4 应依据现场调查与专项检测结果划分养护设计单元，设计单元长度应依据项目实际情况确定。

5.9.5 环境保护设施与绿化工程修复养护应针对表5.9.5所列病害与缺陷进行设计。

表 5.9.5 环境保护设施与绿化工程修复养护的主要病害与缺陷类型

分类		病害与缺陷
环境保护设施	声环境治理设施	声屏障立柱、底板、屏体等倾斜、破损、变形
		屏体危害周边鸟类飞行安全
		声屏障降噪效果低于原设计值
	水环境治理设施	径流收集池、污水处理等构筑物变形、破损、渗漏
		水管堵塞、破损、断裂等
		排放不达标
	大气环境治理设施	设备变形、破损、渗漏
		管道堵塞或气流不畅
		排放不达标
	固体废物治理设施	危废暂存间地面裂纹、下沉、渗漏
		固体废物贮存设施破损
绿化工程	土壤、绿植、配套设施景观	土壤酸碱变化
		绿化植物遮挡标志标牌
		绿化植物枯萎、退化，高大乔木倾倒
		发生病虫害，被害植株大于15%
		灌溉设施堵塞或渗漏
		景观构造物锈蚀、倾斜、断裂

5.9.6 高速公路、一级公路环境保护设施与绿化工程修复养护设计专项检测宜满足表5.9.6的要求，二级及二级以下公路可根据修复养护设计需求进行检测。

表 5.9.6 环境保护设施与绿化工程修复养护设计专项检测要求

分类	检测内容		检测方法	检测频率
声环境治理设施	立柱	柱体倾斜、锈蚀程度	目测法	根据需要选择代表性点位进行检测
	屏体	框架平整度及破损程度、周边有无因撞击屏体死亡的鸟类	目测法	
	降噪效果	敏感点处声屏障的插入损失	间接法 (HJ/T 90), 噪声敏感建筑物监测法 (GB 3096)	
水环境、大气环境治理设施	构筑物、设备	变形、下沉、破损、倾斜、渗漏情况	目测法	
	管道	是否畅通, 管道破损、渗漏程度	目测法	
	排放情况	是否达标	采样分析法	
固体废物治理设施	危废暂存间	地面是否有裂纹、下沉	目测法	根据需要
	固体废物贮存设施	是否完好无破损, 标识是否清晰完整	目测法	
绿化工程	土壤	是否符合植物生长需要	采样分析法	
	植物	绿植是否遮挡标志标牌, 植物枯萎、退化、缺失情况, 入侵物种的种类、生态破坏情况, 病虫害情况, 高大乔木倾倒程度	目测法、吊锤法、现场调查法	
	配套设施	绿化配套设施堵塞或渗漏情况	目测法	
	景观构造物	构件锈蚀、倾斜、破损等情况	目测法	

条文说明

水环境、大气环境治理设施排放是否达标, 依据环境影响评价文件及其批复中执行的国家或地方污染物排放标准限值确定, 比如水环境控制指标主要为 COD、BOD₅、SS、氨氮、总氮、总磷等, 检测方法 COD 按照现行《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(HJ 828), BOD₅ 按照现行《水质 五日生化需氧量 (BOD₅) 的测定 稀释与接种法》(HJ 505), SS 按照现行《水质 悬浮物的测定 重量法》(GB 11901), 氨氮按照现行《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》(HJ 535)、《水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法》(HJ 536), 总磷按照现行《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》(GB 11893)、总氮按照现行《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》(HJ 636) 规定的方法进行检测。通过专项检测, 诊断出不达标的具体指标, 为养护设计方案制定提供依据, 继而开展针对性的养护工程设计。

5.9.7 环境保护设施与绿化工程修复养护处治措施应根据功能下降或失效的程度进行设计, 并应符合下列规定:

1 对出现破损、变形、渗漏等部分功能缺失,可通过维修养护恢复其原有功能的,应按表 5.9.7-1 所列养护措施进行维修设计。

表 5.9.7-1 环境保护设施与绿化工程维修设计养护措施

分类		病害与缺陷	养护措施
环境保护设施	声环境 治理设施	声屏障立柱、底板、屏体等倾斜、破损、变形	矫正、修补
	水环境 治理设施	径流收集池、污水处理等构筑物破损、渗漏、变形	修补、纠偏
		管道堵塞或水流不畅	清理
	大气环境 治理设施	设备破损、渗漏、变形	修补、纠偏
		管道堵塞或气流不畅	清理
	固体废物 治理设施	危废暂存间地面裂纹、渗漏	修补
		贮存设施破损	修补
绿化工程	土壤、绿植、 配套设施	土壤酸碱变化	土壤改良
		绿化植物遮挡标志标牌	修剪、移除
		绿植枯萎、退化，高大乔木倾倒	补种、扶正
		病虫害，被害植株大于 15%	治理
		绿化配套设施堵塞或渗漏	清理、修补
		景观构造物锈蚀、油漆脱落、倾斜	除锈、纠偏

2 对功能严重缺失且不具备修复条件可通过更换实现功能恢复的,应按表 5.9.7-2 所列养护措施进行更换设计。

表 5.9.7-2 环境保护设施与绿化工程更换设计

分类		病害与缺陷	养护措施
环境保护设施	声环境 治理设施	声屏障屏体大面积变形松动，出现摇摆	更换屏体
		声屏障屏体危害周边鸟类飞行安全	屏体更换为棕色、黄色或嵌入不透明条纹等
		敏感点噪声超标，且声屏障降噪效果低于原设计值	无法修复或修复经济性差的，更换设施
	水环境 治理设施	径流收集池、污水处理等构筑物破损、渗漏、变形	通过经济性比较，确定更换方案
		排放不达标	更换关键设备或材料，并进行经济性比较，确定更换方案
	大气环境 治理设施	设备破损、渗漏、变形	通过经济性比较，确定更换方案
		排放不达标	更换关键设备或材料
	固体废物 治理设施	固体废物贮存设施破损	通过经济性比较，确定更换方案

续表 5.9.7-2

分类		病害与缺陷	养护措施
绿化工程	土壤、绿植	外来物种入侵，明显影响当地生态环境，损害当地生物多样性	清除后更换植物或进行生境恢复
		中央分隔带绿化浇水对路基路面水损害影响较大、植被养护困难或交通事故易发区域	绿化植物更换为防眩板

3 对公路环境保护或绿化景观提出畅、安、舒、美等新要求的情况，可进行提升设计。

5.9.8 环境保护设施修复养护设计应符合下列规定：

- 1 声屏障材料、荷载、构造、耐久性等设计参数应满足现行《声屏障结构技术标准》（GB/T 51335）等相关要求。
- 2 水环境治理设施修复养护设计参数应满足现行《公路环境保护设计规范》（JTG B04）等相关要求。
- 3 大气环境治理设施修复养护设计应满足除尘、除烟设备技术工艺、排放达标要求。
- 4 固体废物污染控制工程修复养护设计应符合现行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599）、《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025）等相关要求。

5.9.9 绿化工程修复养护设计应结合当地特点、因地制宜开展，并应符合下列规定：

- 1 补植植物应优先选择原设计植物品种。
- 2 更换植物应选择抗逆性强、已形成稳定群落的既有或乡土物种，不得引入外来入侵物种。
- 3 应采用物理、化学或生态等方法对原有外来物种进行清除，并根据外来物种入侵对生态环境造成的影响，更换植物或进行生境恢复。
- 4 植物灌溉应根据土壤质地、土壤墒情、天气情况和植物的生理需水量等确定灌溉时间和灌溉量。
- 5 植物施肥应根据土壤肥力、季节及植物生理需肥特点等因素进行设计。
- 6 植物整形修剪应结合植物的生物学特性、生态习性、景观需求和树木健康管理要求等适时适量设计。
- 7 病虫害防治宜采用生物防治和物理防治为主、化学药剂防治为辅的设计。
- 8 植物补植或改植宜选择适宜植物种植的时间进行。
- 9 栽植土壤应符合植物生长需求，不满足植物生长需求的土壤宜进行土壤改良或更换。

条文说明

3 清除入侵物种一般会对本地生态系统产生显而易见的积极影响,但是,有研究表明,孤立地清除物种也会导致生态系统内的其他组成部分发生意想不到的变化,如:对非目标生物过量喷洒毒药,将有毒物质转移到食物链;一些入侵物种改变了栖息地的条件,使其不适于本地物种生存等。因此,清除之后要更换植物或采取额外的生境恢复手段。

5.9.10 路域环境综合治理应符合下列规定:

1 应全面分析全线路域整体生态环境和社会环境,并结合道路现有交通组织运行状况,对路域环境统筹开展污染防治、安全出行、文物保护等综合治理的养护设计。

2 绿化工程的提升设计应结合当地旅游发展、绿色能源规划,吸纳特色文化元素,并与周围环境相协调。

5.9.11 环境保护设施与绿化工程修复养护的验收标准应符合下列规定:

1 声环境治理设施应不低于声屏障原设计降噪标准。

2 水环境、大气环境治理设施污染物应达标排放。

3 固体废物治理设施应无渗漏。

4 绿化工程不得遮挡标志标牌,更换或新植乔木、灌木成活率及草坪、草本地被覆盖率应满足现行《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG 5220)的有关要求。

6 应急养护设计

6.1 一般规定

6.1.1 应急养护设计应以抢通保通、快速恢复公路临时安全通行能力为目的，以方便快捷、就地取材、永临结合为原则。

条文说明

应急养护重点针对造成公路中断或产生重大安全隐患的病害情况，主要涉及路基应急养护、桥梁应急养护、隧道应急养护。如突发病害的危害程度不足以影响公路中断或安全隐患较小，则按修复养护或预防养护考虑。

应急养护具有时间紧、施工条件可能差的特点，因此应急养护设计遵循方便、快捷的原则，养护材料通常就近取材，应急处治措施是为抢通、保通或抢修而采取的临时措施。永久防护措施即修复养护措施，在本规范第5章已有相关内容，本章不再体现。

6.1.2 应急养护设计应包括病害调查、专项检测、病害成因分析与稳定状况评估、应急处治措施、安全作业方案等内容，必要时提出应急监测、应急预案、安全设施和交通组织等技术要求。

条文说明

对有通行条件的情况，提供临时保通方案及作业区的设计内容，参考本规范第7章交通组织设计的相关内容。

6.1.3 应急养护设计应结合次生灾害的风险评估结果进行设计，并提出预防措施。

6.1.4 应急养护设计应根据施工过程中病害发展和监测情况，动态优化设计方案和工程措施，并在实施后补充完善至设计文件。

6.1.5 应急养护工程实施后，开展的永久修复工程可参照修复养护工程或建设工程的相关标准和技术要求进行设计。

6.2 路基

6.2.1 路基应急养护应对表 6.2.1 中所列病害进行设计。

表 6.2.1 路基应急养护的主要病害类型

分类	病害描述
滑坡	滑坡体堆积阻断交通、路基滑塌、潜在滑坡隐患
泥石流	固体物堆积阻断交通、路基冲毁、潜在泥石流隐患
崩塌	崩塌体阻断交通、潜在崩塌隐患
塌陷	路基坍塌、路基整体沉陷、路基巨大空洞、潜在塌陷隐患

条文说明

路基应急养护的主要灾害类型，参考《地质灾害防治条例》（国务院令第 394 号）第二条中涉及滑坡、泥石流、崩塌等灾（病）害的有关规定。

6.2.2 路基应急养护设计专项检测应满足表 6.2.2 的要求。

表 6.2.2 路基应急养护设计专项检测要求

分类	检测内容	检测方法	检测频率
滑坡	地形地貌、地层岩土性质等地质情况	地质调绘和钻探为主，井探和物探为辅	根据实地情况确定
	滑坡边界、裂缝、位移变形等	实地测量	每处
	地下水分布状态、补给来源、出露位置、地表水径流等水文条件特征	水文调查	—
	病害位置、面积、规模	实地测量	—
泥石流	地形地貌、地层岩土性质等地质情况	地质调绘和钻探为主，井探和物探为辅	根据实地情况确定
	地下水分布状态、补给来源、出露位置、地表水径流等水文条件特征	水文调查	—
	病害位置、移动路径、规模等	目测	每处
崩塌	地层岩性、风化程度、厚度、结构面分布特征、性质及组合关系等地质情况	地质调绘和钻探为主，井探和物探为辅	根据实地情况确定
	病害位置、范围、规模、排水设施等	实地测量	每处
塌陷	地基与路基结构、岩土参数	钻探	—
	病害位置、面积、规模、排水设施等	实地测量	每处
	地下水分布状态、地表水等资料	水文调查	—

6.2.3 滑坡的应急养护设计应符合下列规定：

- 1 滑坡体堆积阻断交通时，应及时清理堆积物恢复通行，必要时可增设钢板桩、钢管桩等临时支挡设施，临时设施的布置应经过计算确定。
- 2 滑坡造成路基损毁时，宜就地取材填筑路基恢复通行，应急保通期间在保证路基安全的前提下，可采取加筋土、石笼挡墙等路基防护措施。
- 3 潜在的滑坡隐患宜进行应急监测，有条件时可进行应急处治。应急监测设计应符合现行《公路滑坡防治设计规范》（JTG/T 3334）的有关规定，应急处治应结合滑坡的类型以及施工条件等，可合理采取截排水、削方减载、回填反压、微型桩等应急措施。
- 4 原路无通行条件时，可增设应急便道抢通，并应明确路线、路基、路面结构等设计内容。

6.2.4 泥石流的应急养护设计应符合下列规定：

- 1 固体物堆积阻断交通时，宜及时清理障碍物恢复通行，必要时可结合泥石流的移动路径增设临时拦挡设施，如钢板桩、钢管桩等。
- 2 泥石流冲毁路基时，宜填筑路基恢复通行，路基技术要求应综合通行需要和场地条件确定。
- 3 存在泥石流隐患的路段，对形成泥石流的水源宜采用导流槽进行调节和分流；对形成泥石流的固体源宜采用拦挡坝或主动防护网进行稳固；对泥石流的流动宜采用被动栅栏或格栅坝进行拦阻和消能。
- 4 原路无通行条件时，可增设应急便道抢通，应明确路线、路基、路面结构等设计内容。

6.2.5 崩塌的应急养护设计应符合下列规定：

- 1 崩塌体堆积阻断交通时，宜及时清理障碍物以恢复通行，可结合崩塌体的移动路径增设临时拦挡设施，如钢板桩、钢管桩等。
- 2 对崩塌隐患，宜采取卸载或主被动防护措施，有条件的宜增设截排水设施。

6.2.6 塌陷的应急养护设计，应符合下列规定：

- 1 临水路段因水流冲刷引起的塌陷，宜采取抛填大块石、石笼或土（砂）袋等应急措施，必要时可在坡脚处设置微型桩稳固抛填物。
- 2 因地基或路基填料强度降低引起的塌陷、沉陷和空洞，宜采取回填或注浆等应急措施。

6.3 桥梁

6.3.1 桥梁应急养护应对表 6.3.1 所列病害进行设计。

表 6.3.1 桥梁应急养护的主要病害类型

分类	病害描述
整体垮塌	因自然灾害或车辆超载、剧烈爆炸、撞击等突发事件引起整体垮塌
主梁损伤	因突发事故造成主梁变形过大、丧失承载力，甚至局部压塌
桥面板损伤	桥面板因超载、桥面火灾造成桥面板出现严重开裂和塌陷
墩台损伤	因突发事故造成局部破损露筋或墩台出现较大变形
基础损伤	因冲刷水毁或基础埋深不足造成的损毁
支座损伤	支座破坏或缺失
拉索吊杆损伤	因撞击、火烧等导致拉索或吊杆体系出现强度降低、断丝、破损等
索塔损伤	索塔环向预应力崩落
异常风振	空气流动导致振幅超出设计范围的异常振动

6.3.2 桥梁应急养护设计专项检测应根据设计目标、病害成因分析评估与应急措施等进行选择，并应满足表 6.3.2 的要求。

表 6.3.2 桥梁应急养护设计专项检测要求

分类	检测内容	检测方法	频率
外观检测	包括损伤位置、范围及程度、裂缝长度、走向、宽度、深度等	目测、超声法	根据实际情况确定
	冲刷深度、不均匀沉降程度	尺量	基础上下游，大小桩号 4 个方向
材质检测	混凝土强度	回弹法、超声法、钻芯取样法	根据实际情况确定
	钢材强度	取样试验	根据实际情况确定
	支座性能	目测、实验室/现场测试	根据实际情况确定
结构检测	包括结构变位	目测、尺量	全部
	索力	索测仪量测	根据实际情况确定

6.3.3 桥梁应急养护设计应符合下列规定：

- 1 应根据现场勘察明确桥梁的破坏部位、程度、通行影响等，结合桥梁结构类型、破坏状况、桥位处的自然条件、抢修时限、可提供的物资、机械等条件，综合确定应急养护方案。
- 2 宜利用原有桥梁的残存结构，减少现场工程量。
- 3 应以临时性保通为设计目标，在保证应急保通时间内结构安全的前提下，宜采取施工简单、修复时间短的处治措施。
- 4 宜采用制式器材或预制构件，无条件时可采用就便器材。

条文说明

4 制式器材主要指国内广泛使用的 321 或 ZB-200 装配式公路钢桥等。就便器材主

要指采用型钢、木材等材料制作的工字钢组合梁、木质列柱式或架柱式桥墩。

6.3.4 桥梁整体垮塌的应急养护设计应符合下列规定：

1 原桥所跨河流水流较小甚至干涸时，宜采用应急便道抢通，应急便道宜设置在垮塌桥梁侧面，与桥梁两端道路顺接。

2 当遇到江河、沟谷等障碍，无条件修建应急便道时，宜架设临时桥梁实现保通。

条文说明

临时桥梁多采用装配式钢桥，常用于道路抢修或者危桥、断桥上架设桥上桥。

6.3.5 主梁损伤的应急养护设计应符合下列规定：

1 因超载或撞击导致混凝土主梁出现损坏或开裂，钢箱梁出现局部变形屈曲时，宜采用粘贴（焊接）钢板或纤维复合材料作为应急措施，快速恢复主梁承载能力。

2 当主梁破损严重，粘贴钢板或纤维复合材料不能满足承载能力要求或主梁存在失稳风险时，宜根据桥位条件采用临时支撑方式防止破损加剧，支撑方式有钢管支撑、支架支撑、贝雷架支撑等。

3 当主梁遭受严重撞击或碾压，导致承载能力不能满足原设计荷载要求时，宜对受损主梁采取拆除更换处理，更换前可根据需要采取临时加固措施防止坍塌。

6.3.6 桥面板损伤的应急养护设计应符合下列规定：

1 当桥面板只是小面积开裂或塌陷时，宜采用钢板覆盖破损部位，以满足暂时行车的需要，防止破损加剧。

2 当桥面板破损开裂面积较大，钢板覆盖已不能满足要求时，宜对受损伤处的桥面板进行临时支撑加固，支撑的方式宜采用钢管支撑或排架支撑，根据现场条件选取。

3 当桥面板破损开裂面积较大，且受空间限制不能用临时支撑时，宜采用桁架支撑。

条文说明

1 在采用钢板覆盖破损部位满足临时行车需要时，需充分考虑钢板因表面抗滑不足造成的安全隐患。常用的解决方式有焊接钢条（筋）或采用糙面的钢板。

6.3.7 墩台损伤的应急养护设计应符合下列规定：

1 墩身出现破口损坏时，宜采用混凝土填补、钢梁支撑等方式。采用支撑方式时，应凿平并顶紧接触面。

2 当墩柱上下端出现错位、混凝土破碎、钢筋鼓出时，宜采用钢筋混凝土套筒或

钢套筒的方式。

3 当墩柱完全断裂或损伤严重时,可采取木制或钢制辅助临时桥墩支撑。

4 当墩台受到撞击或洪水冲刷,造成墩台破损或倾斜、上部结构沉降时,宜用千斤顶顶升,并设置临时支撑。

6.3.8 基础损伤的应急养护设计应符合下列规定:

1 卵石沉积层较厚的河床上修建的桥梁基础,受洪水冲刷造成局部悬空等病害危及构造物安全时,应采取抛石、沉沙袋或柴排等紧急措施进行抢护。但不宜向上游河中直接抛填,以免减少泄水面积而增大冲刷。

2 砖石或刚性基础,基础冲刷导致埋置太浅,宜采用扩大基础法对墩台基础进行加固,以保证其承载能力。

3 基础承载力不足或稳定性较差的,宜采用桩基法在桩基础的周围增加钻孔桩或预制桩,并相应扩大原承台。

4 受洪水冲刷后致使基础外露,为防止基础进一步遭受冲刷破坏,宜采用石笼防护应急处理。

6.3.9 支座损伤的应急养护设计应符合下列规定:

1 针对支座脱空宜采用加垫钢板、灌浆处理等应急措施。

2 当支座发生剪切变形、压缩变形超标或腐蚀破坏时,宜对损坏的支座进行整排更换。

条文说明

2 支座使用一定年限后会有压缩变形,如果只更换同排单个有问题的支座,新支座受力状态会改变,从而影响新支座的使用寿命。

6.3.10 索桥上部结构破坏的应急养护设计应符合下列规定:

1 斜拉索破断位置距离桥面较近时(小于5m),可采用原索搭接的方式。

2 斜拉索破断位置距离桥面较远时(不小于5m),可采用临时连接、临时拉索等方式。

3 悬索桥吊杆破断时可采取临时吊索。

4 索股整体破断可采用原索搭接方式,搭接后应及时采用可靠连接,恢复原有索股力。

5 吊杆因过火、撞击致承载力不足时,应及时进行特殊检查与损伤评估,并采取相应的处治措施。

6.3.11 索塔损伤的应急养护设计应符合下列规定:

1 应避免预应力筋崩落,可采用管道注浆和钢板封锚防护等方式。

2 塔端锚固区预应力筋崩出、坠落后，应及时清理桥面的坠落物和塔端的残留物，并安排专项检查与监测，评估塔端和桥面的受损情况及索塔承载力变化情况。

3 经评估，索塔锚固区存在承载能力不足或抗裂性能不足时，应进行索塔结构的补强。

6.3.12 异常风振的应急养护设计应符合下列规定：

1 应结合养护历史、监测数据等资料，评估风振对桥梁结构的安全影响，分析异常风振的成因。

2 应根据评估结果和异常风振成因合理确定应急处治措施，可采用增设临时扰流板、水箱、吊索减振架等抑振措施。

6.4 隧道

6.4.1 隧道应急养护应对表 6.4.1 所列病害进行设计。

表 6.4.1 隧道应急养护的主要病害类型

分类	病害描述
震害	隧道塌方，局部衬砌垮塌、掉块，有害气体涌出等
火灾	衬砌因火灾造成劣化，混凝土崩落，衬砌局部坍塌等
突涌水	大量涌水，衬砌背后空洞，衬砌局部坍塌等

条文说明

隧道应急养护工程主要有震害、火灾、突涌水、坍塌及泥石流等多种情况，针对结构受损严重的需要考虑应急养护设计。其中震害造成的病害与缺陷基本涵盖了隧道塌方、衬砌掉块、有害气体涌出、障碍物封堵等各类情况，因此这些突发状况可以参考震害的应急养护设计内容。

6.4.2 隧道应急养护设计专项检测应满足表 6.4.2 的要求。

表 6.4.2 隧道应急养护设计专项检测要求

应急分类	检测内容	检测方法	检测频率
震害	裂缝宽度、长度、深度等	裂缝计、超声法、现场调查	裂缝宽度、长度：普查；深度：根据需要确定
	空洞位置和大小	地质雷达法	根据实际情况确定
	混凝土、钢筋材质检测	钻芯取样法	不少于 2 处
火灾	受火区域划分、火场温度推定、裂缝检测、变形检测、材质检测等	目测、室内试验	全部

续表 6.4.2

应急分类	检测内容	检测方法	检测频率
突涌水	地形地貌、地层岩土性质等地质情况	现场调查	根据实际情况确定
	涌水位置、水量、水压、补给水源、结构破损情况等	现场调查、pH 值检测	根据实际情况确定

6.4.3 隧道震害应急养护设计应符合下列规定：

- 1 抢通阶段宜采用型钢钢拱架全断面环向支撑，间距宜为 0.5~1.5m，相邻钢架之间应设置纵向连接筋，通行期间应加强安全巡视。
- 2 保通阶段应在抢通加固的基础上采用加密钢拱架、喷射混凝土、增设锚杆、二次衬砌与初期支护局部恢复等加固措施。
- 3 隧道塌方段应结合塌方规模、处治难度等，对原址通过、侧洞绕避进行评估论证，并制定专项方案。
- 4 瓦斯等有害气体突然涌出时，应采取瓦斯监测和加强通风等措施。

条文说明

1 震后隧道抢通阶段首要目标是“通”，即进行限载限宽限速通行；特点是“快”，因此提出的加固措施往往是简单、快捷的方法，并能在短时间内完成。通常需先判断震害隧道是否适合抢通，如隧道出现较大塌方，则不适宜盲目抢通，当判断隧道塌方规模较小且基本稳定时，才有条件抢通。

2 保通阶段通常需对隧道进行初步检查评估，提出的加固方案尽可能兼顾后期的恢复重建，对震害严重隧道加固一般采取型钢钢架、锚杆加固等措施进行临时处治。

3 对于隧道内塌方规模较大，地质条件较差，且在后续清方过程中出现塌方范围进一步扩大的风险时，在管棚及超前注浆加固的基础上，原址开挖重新修建隧道。若原址重新修建风险大，可以在塌方附近段落修建侧洞，避开塌方段与未塌方段相接，经评估论证后，选用施工风险较小、时间较短的方案。

4 地震可能导致衬砌开裂，甚至破坏，瓦斯隧道洞内瓦斯含量一般也较大，为保证作业人员安全规定此款。

6.4.4 火灾应急养护设计应符合下列规定：

1 应根据衬砌结构混凝土的烧损程度分区域进行处治，分区内容应符合现行《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440)的有关规定。

2 严重烧损的衬砌宜进行套拱、换拱。

3 较重和中度烧损的衬砌宜采取喷射钢纤维混凝土措施。钢筋外露的应进行钢筋强度检测，抗拉强度降低不大于 20% 时，可增设钢筋网补强；钢筋抗拉强度降低大于

20%，无明显变形时，应增设受力钢筋；变形明显时，应替换并截除原钢筋，并牢固连接。

4 轻度损伤的衬砌混凝土层可采用喷射混凝土措施。

条文说明

1 隧道火灾应急养护通常根据火灾损伤情况划分为五个区域：严重损伤、较重损伤、中度损伤、轻度损伤、未损伤。

6.4.5 突涌水的应急养护设计应符合下列规定：

- 1 宜采取增设泄水孔（洞）、疏通排水通道等措施快速降低水压。
- 2 衬砌出现开裂、错台等病害时，应架设钢拱架临时支护，防止局部坍塌。
- 3 采用注浆封堵措施时，应结合地质条件、压注浆位置、水压等情况，在水压受控、衬砌基本稳定后实施。

7 交通组织设计

7.1 一般规定

7.1.1 公路养护工程交通组织应遵循保障安全、通行有序、减少社会影响的原则，保证养护工程实施期间的交通安全和通行。

条文说明

交通组织设计的总原则和要求。首先要保障交通安全和作业安全，在这个基础上考虑通行效率，再次考虑社会影响。

7.1.2 公路养护工程交通组织设计应充分分析相应养护工程的特点，与养护工程设计同步进行。养护工程设计方案变化影响交通组织时，交通组织设计应同步调整。

7.1.3 交通组织设计应结合养护工程总体设计方案进行，考虑区域路网分布及交通状况、养护工程内容、养护工期等影响因素合理确定不同类型、不同阶段养护工程影响范围。针对不同等级公路养护工程的特点，按照功能和技术等级等进行交通组织针对性设计。

条文说明

养护工程包括预防养护、修复养护、应急养护等分类，不同类型养护工程的特点决定了交通组织的内容和形式，因此需结合养护工程特点针对性地做交通组织设计。养护工程总体设计方案会根据养护工程的不同阶段，根据工程进展进行针对性调整，当总体设计方案变动较大，影响交通组织时，交通组织设计也要同步进行调整。

高速公路、国省道公路等不同公路在路网中的作用决定了这些公路养护工程的交通组织和作业区设计内容的不同，因此要根据这些公路的作用、功能及交通特性进行交通组织和作业区设计。

7.1.4 公路养护工程作业区设计应在保障公路使用者通行安全、养护作业人员安全、养护车辆和设备运行安全的前提下，减少养护作业对交通的影响，提高通行效率。

条文说明

作业区设置首先考虑尽量不对正常交通流产生影响，设置在正常通行公路以外或对交通进行改道导流，使养护作业和正常通行交通流物理上分开。如果条件限制，实在不能避免，需尽量减少养护作业对正常交通流的影响。作业区设置首先考虑交通安全，再考虑通行效率，在保障交通安全的前提下，提高通行效率。

7.1.5 公路养护工程作业区设计应符合下列规定：

1 养护工程作业区应预先给驾驶员明确指引，统筹交通标志、标线、交通信号灯、交通广播、网络媒体等设施及信息服务功能设置。情况复杂的养护工程作业区要配备专业人员进行交通引导。

2 养护工程作业区应根据交通组织设计和养护方案，结合原有交通流情况设置合理的限速控制措施。

3 养护工程施工作业时，应针对埋设或架设在公路沿线、桥梁上和隧道内的各种设施，设计针对性防护措施或正常运行保障方案。

4 养护工程作业区位于急弯、陡坡、长下坡、沿线设施、桥梁、隧道、集镇区等处应进行专项设计。

条文说明

1 作业区设置要求：考虑车辆和人员通行的直接要求，设置相关交通安全及交通控制设施。在静态的交通设施不能满足通行安全时要结合动态交通设施，必要时要设置交通管理专门人员，根据作业情况，动态实时地对交通进行引导。

2 作业区的交通通行能力和限速是交通组织和作业区设计需要重点考虑的内容，本条强调作业区设置的速度控制，对保证交通安全和通行效率非常重要。限速控制措施要根据养护工程方案和交通组织设计进行分析确定。

3 调研发现，在养护工程施工作业时，经常发生挖断各种通信管线、上下水管线、电力通信管线等设施的情况，作业车辆和人员与各种跨穿越公路的设施也存在互相干扰的作业实例。作业区设计时需提前调查、核查各类设施，考虑施工作业影响，避免或减少对这些设施正常运行的影响。

4 公路急弯、陡坡、长下坡、沿线设施、桥梁、隧道、集镇区等是交通安全敏感路段、地点，作业区位于这些路段、地点时，要针对安全敏感特点，分析风险源，做好针对性预防和安全措施。

7.1.6 高速公路、一级公路养护工程长期作业区双向通行的隔离护栏应具有适应路段交通流特点的防护等级，且不应低于二级。

条文说明

调查发现,施工作业区安全问题比较突出。高速公路施工作业区双向通行,撞击中央分隔护栏的情况比较多,安全问题突出,现阶段由于没有防护等级要求,造成设计标准不统一,施工区双向通行隔离都是采用没有防护能力的隔离设施。为了施工区交通安全,这里增加了施工区防护栏安全等级的相关规定。

高速公路、一级公路施工区一般限制速度不低于60km/h,参考《公路交通安全设施设计细则》(JTG/T D81—2017)的规定,双向通行二级公路的分隔带护栏防护等级按照二级(B)设置,另外高速公路、一级公路设置的护栏一般不低于三级(A),考虑到施工区的交通及安全风险情况,这里规定不低于二级。

7.1.7 养护工程作业区的交通安全设施应确保整个养护作业期间安全、有效。养护作业未完成前不得擅自改变作业区的交通安全设施布设。

条文说明

调研发现,作业区的交通安全设施,包括临时交通控制设施,前期一般比较完好,但在整个作业时间段,特别是作业后期,容易发生缺失、移位、损坏等情况,影响安全作业,因此需保障交通安全设施在整个作业期间的完整和有效。

在养护作业完全完成前,这些交通安全设施要一直发挥保障交通安全的作用,因此不得擅自移位或撤掉。这些设施在整个作业区间的设置都需有记录和定期检查,有损坏需及时补充或更换。

7.1.8 养护工程夜间应进行照明设计,恶劣不良天气应有针对性的交通管理方案设计。

条文说明

为保障施工安全,一般养护工程作业施工需避免在恶劣不良天气下进行。在应急养护作业情况下,要加强作业区的交通安全和作业安全,在夜间、雨雾天增加作业区的照明,增加现场作业区的交通指挥及作业指挥人员,做好现场管理。

7.2 交通组织

7.2.1 交通组织设计应包括路段交通组织、路网交通组织、交通应急预案及交通保障措施设计。

条文说明

应急预案和保障措施以及临时交通设施设计是交通组织设计的重要内容,调研中发现在一些交通组织设计中容易被忽略或弱化,这里进行强调规定。

7.2.2 交通组织设计应加强交通分流与疏导,保障区域路网路段一定的服务水平,减少对既有公路及区域路网的交通干扰,高速公路和一级公路不应低于四级服务水平。养护工程维持通车路段车辆限制速度,高速公路、一级公路不宜低于 60km/h,二级公路不宜低于 30km/h,三级及以下公路不宜低于 20km/h。

条文说明

公路的养护工程会对公路的通行服务水平造成影响,为最大限度降低对养护施工路段及分流路段的影响,这里规定相关影响公路的服务水平的要求。考虑到高速公路和一级公路在路网中的重要性,一般按照不低于四级服务水平进行控制,进而确定交通组织的范围和方案,已经处于四级及以下服务水平的公路属于特殊情况,需要在交通组织设计中进行专门说明。

7.2.3 路段交通组织设计应符合下列规定:

- 1 二级及以上公路养护工程应制定路段交通组织设计方案。
- 2 路段交通组织设计应按照下列步骤进行:
 - 1) 对养护路段的通行能力及可容纳交通量进行分析,如养护路段的通行能力不能满足实际需求,需进行路网交通组织设计进行分流。
 - 2) 对养护工程与营运的相互干扰程度进行分析,在对养护工程的施工工序方案分析基础上,制定路段的交通指引和交通管理方案。
 - 3) 制定养护路段保通、限速、改道方案和措施。

条文说明

路段养护工程交通组织设计主要针对施工路段的交通组织,相对于区域路网交通组织,路段交通组织设计通常也叫狭义交通组织设计。根据养护工程施工组织设计方案进行交通组织设计,解决正常通行交通和养护工程施工的互相影响,在保障一定的交通安全和通行效率的情况下,尽量减少对养护工程的影响。

7.2.4 路网交通组织设计应符合下列规定:

- 1 应分析既有公路及周边路网养护工程期间分流能力,确定影响区域及合理的路网交通组织,并应进行相关路网及通行能力调查、养护工程对通行能力影响分析。
- 2 高速公路、国省道长期养护工程作业应进行路网交通组织设计。
- 3 路网交通组织设计应按照下列步骤进行:
 - 1) 根据公路养护工程施工总体设计方案,确定养护施工期间的通行交通量。
 - 2) 开展公路通行能力分析,确定养护施工路段的通行能力以及区域路网内承担分流公路的通行能力等。
 - 3) 进行交通组织分流决策,根据养护路段需求交通量,结合养护施工路段的通行

能力,按照不低于四级服务水平的要求,确定应分流交通量。

4) 分析养护施工路段周边区域路网布局及相关公路交通量、交通服务水平等特性。分析相关公路可以利用的通行能力,综合考虑车辆绕行距离、行驶时间、交通干扰等因素,确定交通分流公路,并明确交通诱导点、管制点、强制分流点。设置相应指路标志,确定交通组织设计方案,包括交通分流、应急处置、保障措施等。

5) 根据交通组织设计方案实施情况,特别是交通分流效果和承接转移交通流公路的实际运行情况,确定是否重新调整分流措施,包括加强交通诱导、瓶颈路段改造、增加分流车型、调整分流路线、延长分流时间等。遇有严重交通拥堵时,需要补充完善方案甚至重新拟定交通组织方案,动态调整,使交通分流和路网运行达到最优效果。

4 根据养护工程特点,路网交通组织设计应包含特殊路段交通组织、夜间养护作业交通组织、冬季雨季养护交通组织等设计内容。

条文说明

路网交通组织设计要在维持必要的道路通行能力和服务水平下,尽最大可能保证养护工程施工,减少对区域路网内正常交通的影响。交通组织设计基于区域路网考虑,站在路网全局的角度组织交通,将养护施工路段局部公路通行能力的不足,扩大到区域路网的交通分流来解决,从而使交通量有组织、均衡化进行分流疏散,防止交通流过度集中,形成瓶颈导致拥堵。

根据养护工程施工需要,全面调查并评价路网内分流道路的通行能力及运行状况,结合作业路段和周边道路通行能力,综合判定分流措施。交通组织设计需根据实际运行情况适时动态调整。

做好对养护施工区域的交通参与者的宣传引导和提示告知,广泛发布养护工程施工方案、交通组织方案,告知绕行路段,加强交通诱导和引导。让相关交通参与者全面掌握养护工程施工情况,包括路段、工程进度和途经施工路段注意事项等。加强公路临时交通安全设施的设置和管理,包括临时交通标志标线、临时护栏、反光锥筒、夜间照明、电子信息显示屏等,确保养护工程施工安全。

7.2.5 公路养护工程应针对养护作业期间可能发生的各种情况,进行应急预案及保障措施设计。

条文说明

养护工程施工中突发事件的应急处置,包括通行的危化品车辆出现泄漏、重大交通事故、严重恶劣天气、节假日车流高峰等。受公路养护施工的影响,区域路网交通流处于不稳定状态,这种情况下如遇有突发事件不能果断处置、恢复交通,就会造成交通拥堵甚至影响整个路网正常运行。因此,交通组织设计必须考虑应急处置预案,确保及时

妥善处置，维护区域路网良好通行秩序。

7.3 作业区

7.3.1 养护工程作业区设计包括作业区布置、作业区管理措施、作业区临时设施设置。

7.3.2 公路养护工程作业分为移动作业和固定作业。固定作业又分为临时养护作业（作业时间大于 30min，小于或等于 4h）、短期养护作业（作业时间大于 4h，小于或等于 24h）及长期养护作业（作业时间大于 24h）。作业区设计应根据不同类型养护作业特点进行设计，并应符合下列规定：

1 移动作业用于公路养护的连续慢速移动养护工作，如标线喷涂、路面清扫、树木修剪等短期施工活动，作业时间一般不超过 30min。移动作业车辆和人员如果阻碍了正常交通流、侵占了行车道，则应在前置距离设置移动作业保护车或在移动作业车辆上安装作业标志或可变箭头信号并配备交通引导人员，也可在移动作业车辆上设置车载防撞垫。高速公路及一级公路移动作业宜在前置距离设置移动作业保护车，用于警告和引导交通车辆的变道以及限速。前置距离根据保护车的质量、交通流速度、交通组成、移动作业速度、天气状况、视距等综合分析确定，一般不小于 40m。

2 临时养护作业是作业时间大于 30min 且小于或等于 4h 的固定点养护作业，作业区设置应与移动作业区一致。

3 对于长期养护作业和短期养护作业，作业区应从迎车流向次序设置提前警告区、上游过渡区、养护作业工作区（含上游缓冲区、车辆保护区、作业区）、作业终止区（含下游过渡区、养护终止区）等部分。

4 长期养护作业和短期养护作业的作业区，其交通控制设施应按照提前警告区、上游过渡区、上游缓冲区、养护作业区、下游过渡区、养护终止区设置次序，逐步有序进行布设。施工完毕按照相反的顺序移除交通控制设施。

7.3.3 长期养护工程作业区应区分路肩和路侧养护工作、路面养护作业、桥梁养护作业、隧道养护作业、收费站服务区等进出口养护作业、平面交叉养护作业、交通安全设施及机电工程绿化工程养护作业等不同类型，并分别进行作业区设计。

7.3.4 养护工程作业区设计应考虑各种特殊天气情况下养护作业区设置的不同需求。

7.3.5 养护工程作业区管理措施包括作业区限速、作业区限行和交通流诱导，应根据交通组织设计结合具体养护作业进行作业区管理措施设计。

本规范用词用语说明

1 本规范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“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定”。
- 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《×××××》(×××)的有关规定”。
- 3) 当引用本规范中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”“应符合本规范第×.×节的有关规定”“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。