

公路建设项目质量通病预防指南

2024 - 10 - 08 发布

2025 - 01 - 08 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本原则	1
5 路基质量通病预防措施	2
6 路面质量通病预防措施	7
7 桥涵质量通病预防措施	11
8 隧道质量通病预防措施	17
9 交通安全设施质量通病预防	20
10 后评价	22

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西交通控股集团有限公司、山西交通建设监理咨询集团有限公司。

本文件主要起草人：汪伟、刘瑞斌、张静琼、闫鹏、何晓明、杨军、王荣豪、魏瑞芬、尚渝超、崔鹏飞、王翔、牛振东、刘江龙、高国栋、李飞、梁丽斌、耿新文、闫日、周韶华、马瑞朋。

公路建设项目质量通病预防指南

1 范围

本文件提供了公路建设项目质量通病的术语和定义、基本原则、路基质量通病预防措施、路面质量通病预防措施、桥涵质量通病预防措施、隧道质量通病预防措施、交通安全设施质量通病预防措施及后评价等方面的指南。

本文件适用于公路建设项目的新建、改扩建及养护工程。市政道路可参照执行。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

质量通病

指考虑山西省境内自然条件，结合公路建管养运的实际，公路路基、路面、桥涵、隧道和交通安全设施等在运营期出现的常见工程质量缺陷。

3.2

后评价

对公路建设项目质量通病预防效果分析、总结，验证预防措施是否达到预期目标。

4 基本原则

4.1 预防措施应遵循“安全、耐久、环保、经济”的原则。

4.2 预防措施应结合原材料、施工工艺、周边环境等因素综合考虑。

4.3 预防措施宜推广使用成熟的新技术、新材料、新设备、新工艺等。

4.4 技术原则如下：

- a) 设计单位宜根据项目沿线地质水文、地形地貌、气象、地震、交通状况等因素，收集相关信息，分析判断可能发生病害位置、病害类型等；宜对质量通病的重点部位及关键环节进行技术状况分析，科学制定预防措施。宜将产生质量通病的相关部位和环节作为重点进行交底，进行重点跟踪，动态设计；
- b) 施工单位采用新技术、新材料、新设备、新工艺等质量通病预防措施，宜对其技术参数、施工要求和验收标准进行详细说明；施工组织设计宜将本文件施工预防措施作为重点内容，并进一步优化质量通病相关部位和环节的施工工艺、施工方法，组织技术人员和作业班组对质量通病预防措施进行岗前培训学习；
- c) 监理单位宜详细制定针对质量通病相关部位和环节的监理控制要点；

- d) 运营单位对易产生质量通病的部位加强巡视检查，对出现的质量缺陷及时修复；宜对缺陷的产生与发展进行监测，收集相关数据，建立病害数据库；宜定期对质量缺陷的预防措施进行评价。

4.5 质量通病预防工作流程见图 1。预防措施除宜符合本文件外，尚宜符合国家、行业相关文件、规范的规定。

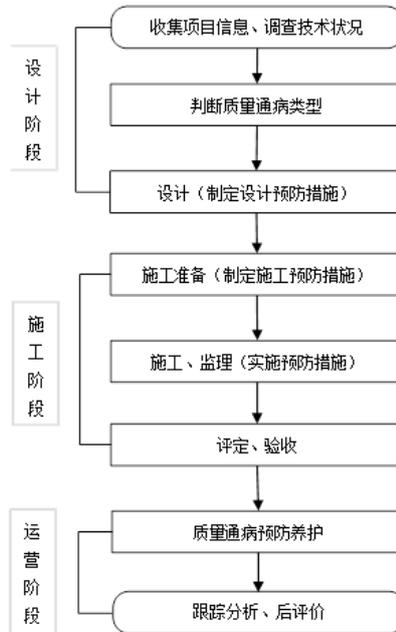


图1 质量通病预防工作流程图

5 路基质量通病预防措施

5.1 一般原则

5.1.1 路基质量通病一般包括：路基沉陷、路基开裂与滑移、土质边坡坡面冲刷与局部坍塌、岩质边坡坡面碎落与崩塌、边坡支挡防护构造物破损、排水设施破损、混凝土护栏根部腐蚀、台背沉陷。

5.1.2 设计阶段，坚持预防为主方针，对路基质量通病采取针对性设计。

5.1.3 施工阶段，加强施工组织设计，科学合理安排工期及施工工序，合理调配资源，严格控制原材料质量和施工工艺；排水设施宜做到永临结合，及时消除公路建设红线范围内的积水、渗水。

5.1.4 运营阶段，重视对路基质量通病重点段落、部位和薄弱环节的巡查，加强冬季、春融期和汛期对路基路面防、排水设施的全面检查，及时处治病害。

5.2 路基沉陷

5.2.1 设计预防措施：

- a) 明确路基填料 CBR 值及最大粒径要求、路基的压实度要求。填料不满足要求时，宜采用改良土作填料；
- b) 路基填料采用软质岩、工业废渣时，宜采用包边土路基形式，设置必要的防排水设施；
- c) 高路堤及陡坡路堤的断面形式宜采用台阶式，必要时宜铺设土工格栅等补强材料；
- d) 填石路基与填土路基之间设置过渡段；

- e) 湿陷性黄土路堤采用透水性材料时，设置上封层和防渗层；
- f) 查明下伏采空区路段采空区的规模和分布规律，对影响路基稳定的采空区进行处治；
- g) 加强半填半挖、填挖结合部的渗、盲沟及中央分隔带防、排水设计；
- h) 针对湿陷性黄土地区的路基宜排查路基边坡坡顶、坡脚影响范围内的落水洞，进行封闭设计；
- i) 沟头填平区需谨慎设置，如必须设置时，要求填平区压实度与主线路基压实度一致，且宜进行排水、防渗专项设计；
- j) 改扩建项目的新老路基结合段路基填料选择宜与既有路基填料性能一致或接近。

5.2.2 施工预防措施：

- a) 选用合格的路基填料，严禁在填料中混入种植土、腐殖土或淤泥质土等劣质土；
- b) 分层填筑路基，每一种填料压实后的连续厚度不宜小于 50cm，同一水平层路基的全宽采用同一种填料，性质不同的填料不得混填；
- c) 路基填挖结合处宜采取挖台阶措施；
- d) 提前安排高填方路基施工，确保路基有足够的沉降、固结时间；
- e) 路基填筑前或路堑开挖后，及时清除沟底、垭口处的坡积残土；
- f) 针对湿陷性黄土地区的路基，施工过程中发现路基边坡坡顶、坡脚影响范围内的落水洞，及时排查，反馈设计单位，进行补充设计；
- g) 处理填石与鸡爪沟地段路基填方宜采用重型、超重型压路机碾压或夯实，提高路基整体强度；
- h) 挖方路段边沟底部设置盲沟时，保证沟底坡度满足要求、土工布铺设正确、碎石填料无污染、盲沟出水口坚固通畅；
- i) 设置临时排水设施，作业面不得积水；
- j) 护栏立柱施工时，对路面结构层采取保护措施，对立柱边缘的缝隙进行封水处理；
- k) 路基填挖过程中发现结合面有渗水时，及时引排水。

5.2.3 运营预防措施：

- a) 排查上下边坡、路面排水设施破损情况。发现路基沉陷、路面变形，检查周围的进水口、落水洞，采取措施阻断水路并封填；
- b) 春融期、汛期来临之前，检查综合排水系统，及时清除排水设施的淤堵，确保排水通畅。针对路面裂缝，根据裂缝特点，分析原因，采取相应处治措施；
- c) 针对黄土地区路基挖方路段，排查路基边坡坡顶、坡脚 50m 范围内的落水洞，及时采取处治措施；
- d) 降雨前后对涵洞进出水口、截水沟、急流槽、边沟、路基坡脚进行检查，及时消除隐患；
- e) 对中央分隔带、边坡附近草木茂盛的区域进行踏勘，消除落水洞和聚水区；
- f) 路面发生变形，重点处治路基空洞和路面结构层脱空；
- g) 针对湿陷性黄土地区公路，应对路基脱空进行专项检查，及时处治；
- h) 对易发生路基沉降路段进行长期性监测，依沉降变化趋势，制定预防养护或专项养护措施。

5.3 路基开裂与滑移

5.3.1 设计预防措施：

- a) 优先选用抗塑性变形能力强的填料，提高路基的抗变形能力；
- b) 对半填半挖填方部分或改扩建路基拓宽部分的土质地基，采取夯实等方法处理地基；对基底陡坡，视自然坡度情况开挖台阶或以不同的坡差过渡，必要时铺设土工格栅或土工格室，坡脚设置支挡措施；
- c) 对于基底为石方与黏土的填挖交界面，宜在结合处设置横向或纵向盲沟。

5.3.2 施工预防措施：

- a) 彻底清除路基填筑前的坡积残土；
- b) 半填半挖、填挖交界处的路基填料宜与原状土性能一致或接近，全幅同步填筑；
- c) 加强软弱地基段落、填挖交界处、路基与桥涵结构物连接处、高填路堤、陡坡路段等重点部位施工质量管控；
- d) 与路基相接的宽填区和反压区的填筑要求和质量标准与主体工程一致，宽填区和反压区顶部有完善的防排水设施，防止出现积水、渗水；
- e) 填方路基施工时，控制边坡坡率，避免边坡过陡，控制边坡刷坡施工流程；
- f) 对高填方路基填筑进行连续沉降观测，控制填筑速率；
- g) 设置临时排水设施，作业面不积水。

5.3.3 运营预防措施：

- a) 检查排水设施破损情况，及时处理坡积残土与路基衔接形成的汇水通道，及时处治宽填区、反压区的渗漏水；
- b) 修复填挖交界处损坏的急流槽、排水沟渠；排水设施断面尺寸不足时，加大截面。必要时增设跌井，消能后再外排；
- c) 对路面裂缝进行分析判断，对贯通裂缝、走向明确的主要裂缝及时封闭；裂缝较宽时，采用挖补工艺处理；
- d) 对易发生开裂和滑移的路段，发现路基有开裂或滑移迹象，及时进行路基位移监测。

5.4 土质边坡坡面冲刷与局部坍塌

5.4.1 设计预防措施：

- a) 综合考虑沿线水文地质、气候环境、边坡高度等因素，选择适当的边坡坡率和防护形式；沿河路基根据河流特性、河床地质、流量和流速等因素，选用适宜的防护、导流或改河工程；
- b) 湿陷性黄土地区路基开挖边坡采用“宽台阶、陡坡率”的设计，同时控制每级边坡高度，降低坡面雨水冲刷。对易风化剥落的砂泥岩、膨胀土坡面，进行封闭或防护；
- c) 针对湿陷性黄土区域，加强排水设施的出水口设计，通过消能或者提高地基强度，保证排水设施及路基边坡稳定；
- d) 根据高边坡坡面汇水量大小，自上而下逐级增加急流槽数量，必要时考虑调整排水设施的断面尺寸，并增设跌井；
- e) 当涵洞进口或出口的水流流速较大时，增设跌井或消能池；
- f) 路基综合排水设计时，加强出水口的消能防护设计，地形复杂时进行配套排水设施的专项设计；
- g) 截水沟与急流槽、拦水带与边沟衔接时，靠上游侧的形状或角度利于水流疏导；
- h) 对病害易发段落的边坡，宜进行沉降和侧向位移监测，依现场条件采取适宜的监测方式。

5.4.2 施工预防措施：

- a) 路基边坡采用植物防护，合理确定种植密度和时间，确保雨季前形成一定的防护能力；
- b) 及时实施边坡防护施工，宜边开挖、边防护、边绿化；
- c) 路基填筑宜“宽填宽压”，削坡后及时实施防护工程，坡面坚实稳固；
- d) 截水沟、边沟、排水沟基底要坚实顺直，防水土工布宜采用“底包帮”工艺施工，贴铺平整，搭接符合要求；
- e) 开挖之前，宜先进行平台截水沟施工，必要时修筑临时防、排水设施；
- f) 及时修补雨水冲刷路基，宜分层填筑、压实，确保路基的整体性。

5.4.3 运营预防措施：

- a) 雨季前，加大对排水设施检查和维护频次，清除排水沟渠中的灌木、杂草等，修补破损排水沟渠；每次雨后，及时清淤、修复；
- b) 对坡面水流冲出的沟槽，阻断水路、及时回填，必要时可根据现场情况优化排水方式；
- c) 在势能较大的沟、槽、涵的出水口，增设跌井，消能后散排；
- d) 加大对泄水孔排水功能的检查频次，及时疏通堵塞的泄水孔，排出墙背和坡体积水。

5.5 岩质边坡坡面碎落与崩塌

5.5.1 设计预防措施：

- a) 坡面防护及支挡设计时以考虑坡体的稳定为目的。综合考虑气候条件、水文地质、环境保护、边坡高度、边坡坡率等因素，选择防护和支挡形式；
- b) 边坡设计时考虑岩层走向与路线坡面展布方向，选择边坡坡率，消除发生碎落、崩塌的地形条件；
- c) 重点预防处治节理发育的硬质岩陡峻边坡，及时清理危岩，采用挂网、锚喷、框架锚杆等防护措施；对砂、泥岩互层边坡，根据泥岩层的分布厚度、长度以及边坡高度，采用全封闭、局部封闭等防护措施；
- d) 重点关注坡面综合排水设计，坡顶截水设施完整，边坡平台宜采用混凝土封闭；
- e) 路基坡面防护坚持动态设计原则，依据施工现场情况及时调整坡面防护类型；
- f) 深挖路堑边坡设置边坡沉降和水平位移监测点，监控边坡变形。

5.5.2 施工预防措施：

- a) 岩质上边坡施工，开挖时宜可采用控制爆破技术，及时清除危石、修整坡面；
- b) 岩质上边坡遇到大岩块，修整边坡困难时，可根据坡体形态和岩层情况，采取支顶、支护和支撑方式稳定加固坡体。危岩悬空时，可在危岩下设置浆砌或混凝土支墩、支踝、支墙等设施；
- c) 岩质坡面裂缝可采用细石混凝土或砂浆填充，防止地表水进入坡体；
- d) 视碎落台宽度，动态调整落石沟、拦石坝、拦石墙等拦截设施的平面位置；
- e) 对边坡沉降和水平位移进行监测，监测数据出现异常时，及时向有关单位反馈，进行综合研判。

5.5.3 运营预防措施：

- a) 检查坡面、坡顶，对出现的裂缝及时采用灌浆、勾缝、嵌补等措施处理，对出现的防排水设施破损和渗漏及时修复；
- b) 检查危岩下的支墩、支柱、支踝、支墙破损情况，出现病害及时处治；
- c) 采取圻工封闭或压注浓稠水泥浆固化的措施处理浅层风化碎落、局部崩塌的坡面；
- d) 重点监测出现异常变形的坡面，跟踪坡面裂隙发展或岩体松动情况。

5.6 边坡支挡防护构造物破损

5.6.1 设计预防措施：

- a) 开展详细的工程地质勘探，合理选择防护及支挡结构类型；
- b) 纵向斜坡自然坡度大于 5%时，支挡结构物基础宜设计为台阶式；
- c) 支挡结构的基底埋深应考虑冲刷线、冰冻线的影响；
- d) 支挡结构与路基或其它构造物连续顺接，支挡结构的墙端伸入路堤或路堑的坡体内；
- e) 整体式墙面的支挡结构按要求设置伸缩缝或沉降缝；
- f) 富水路段的边坡防护及支挡结构增加排（泄）水孔数量、增大孔径，墙背按要求设置反滤层。

5.6.2 施工预防措施：

- a) 对边坡的基准面进行修整，清除边坡上的危石、松土，坡面土体密实，排水顺畅；
- b) 支挡结构基槽开挖宜分段跳槽进行，结合伸缩缝、沉降缝等考虑分段位置，地基承载力满足要求；伸缩缝与沉降缝内两侧壁竖直、平整、无搭叠，缝中填充防水材料；
- c) 控制基底标高，基底宜为内倾斜面，严禁超挖填补；
- d) 墙身砌筑上下层互相咬合、分层错缝，砂浆饱满，勾缝密实；
- e) 支挡结构与路基挖填工程合理衔接，端部伸入路堤或嵌入挖方部分与墙体同时修筑；
- f) 支挡结构混凝土或砌筑砂浆达到设计强度的 75%时，及时进行墙背回填。支挡结构墙背与坡体间的空隙宜采用砂性土夯填封闭；
- g) 基槽不积水，排水设施通畅。

5.6.3 运营预防措施：

- a) 及时修复坡脚泄水管、坡面急流槽、坡顶截水沟的破损；
- b) 清除护坡、支挡结构上的杂物，及时疏通排（泄）水孔；
- c) 及时修复坡面的裂缝、墙体空鼓等病害，并分析原因，采取相应的预防措施；
- d) 宜对湿陷性黄土路段的支挡结构进行沉陷及水平位移监测。

5.7 排水设施破损

5.7.1 设计预防措施：

- a) 坚持综合排水动态设计原则，自上而下完善排水系统，与相邻路段衔接良好，系统收水无遗漏，排水路径连续，出水无聚集、无冲刷；
- b) 排水设计时，考虑系统内排水终端与系统外排水设施的衔接，明确界限；
- c) 排水设施宜考虑采用现浇混凝土，也可采用带榫卯的装配式结构；
- d) 混凝土、砂浆满足一定的抗腐蚀性要求。

5.7.2 施工预防措施：

- a) 及时与设计单位沟通，完善排水设施；
- b) 砌体工程要求分层、错缝、挤浆进行砌筑施工，控制砌筑砂浆配合比，使用片石时，砌筑前清洗除污，严禁灌浆；
- c) 沟渠铺底平整、顺滑，坡度满足要求；
- d) 排水设施节点处的填充材料密实、强度满足设计要求。

5.7.3 运营预防措施：

- a) 加强日常巡查，发现病害及时修复；
- b) 加强春融期和汛前排水系统的检查，及时清除淤塞；
- c) 加强雨后排水设施巡查，发现病害及时处治。

5.8 混凝土护栏根部腐蚀

5.8.1 设计预防措施：

- a) 宜采用高性能混凝土，提高混凝土的抗渗和抗腐蚀性；
- b) 混凝土护栏表面一定高度范围内采取防腐设施；
- c) 加强护栏底部的纵、横向排水设施。

5.8.2 施工预防措施：

- a) 使用整体钢模板，减少接缝；模板底部结合处采取有效封堵，浇筑前在模内检查模底封闭情况，防止护栏根部模板漏浆，确保护栏根部混凝土密实；
- b) 混凝土浇筑前，检查垫块的位置、数量，保证钢筋的保护层厚度满足设计要求和规范规定；
- c) 混凝土浇筑时分层进行，避免下料离析，并采取措施使模板表面的气泡逸出。

5.8.3 运营预防措施:

- a) 宜采用中性融雪材料,减少酸性融雪剂的使用;
- b) 及时清理路面积雪,不堆积在护栏根部;
- c) 涂刷防水界面剂,采用聚合物砂浆对病害部位及时修复。修复完成后在其表面喷涂防腐涂料,防止渗水再次侵蚀。

5.9 台背沉陷

5.9.1 设计预防措施:

- a) 采用透水性材料填筑桥涵两侧台背,必要时设置稳定土结构层,湿陷性黄土路段的桥头台后填料宜采用不透水性填料填筑,提高路堤整体刚度;
- b) 湿陷性黄土路段采用液压夯夯实、灰土桩等措施提高地基承载力。

5.9.2 施工预防措施:

- a) 台背填筑前,清理基底,分层填筑、压实,及时检测压实度;
- b) 台背和路基宜同时填筑。不能同时进行,衔接处宜采取开挖台阶措施;
- c) 台背回填宜采用横向碾压,边角区域可采用小型机械配合人工夯实;
- d) 及时修筑桥头附近排水设施;
- e) 必要时进行桥头路基沉降观测。

5.9.3 运营预防措施:

- a) 定期检查桥头附近路基排水设施;
- b) 定期检查桥头锥坡裂缝、变形、滑移等病害,及时处治;
- c) 观测搭板端头的标高变化,关注伸缩缝周围的变形,发现病害及时处治;
- d) 发生台背下沉、搭板与基底脱空,查明详细原因,采取针对性处治措施。

6 路面质量通病预防措施

6.1 一般原则

6.1.1 路面常见病害分为沥青混凝土路面病害和水泥混凝土路面病害两种情况。沥青路面病害分为裂缝类(包括龟裂、块状裂缝、纵向裂缝、横向裂缝)、变形类(包括车辙、沉陷、波浪、拥包)、表面损坏类(包括坑槽、松散、泛油、唧浆)三种类型;水泥混凝土路面病害分为断裂类(包括纵向裂缝、横向或斜向裂缝、角隅断裂、交叉裂缝和断裂板)、竖向位移类(沉陷、胀起)、接缝损坏类(接缝填缝料损坏、纵向接缝张开、唧泥和板底脱空、错台、接缝碎裂、拱起)、表层损坏类四种类型。

6.1.2 设计阶段,根据当地水文、气候、材料特性和交通荷载等条件确定结构层类型,加强路面结构验算;完善全路域导流、防水、排水设施的配套衔接;加强机电设施检查井防水设计,避免形成渗漏水隐患。

6.1.3 施工阶段,加强对原材料离散性、混合料配合比、摊铺及碾压温度工艺的控制;对沥青混凝土路面,对基质沥青或改性沥青进行专项验收。

6.1.4 运营阶段,加强对机电检查井内部、护栏立柱根部、中央分隔带区域渗漏水的日常检查,并及时处治病害;在雨、雪来临之前,对排水系统进行检查、维修,避免路面和排水设施内长时间积水、结冰、积雪;春融期间发现病害及时修复。对荷载或交通量变化造成的路面损坏、结构强度不足,宜进行补强设计、专项施工。

6.2 沥青混凝土路面裂缝

6.2.1 设计预防措施:

- a) 根据公路等级、气候条件、交通条件、路面类型及在结构层中的层位及受力特点、施工方法等确定沥青标号及等级,明确技术指标;
- b) 宜适当增加沥青结构层厚度、提高沥青与集料粘附性等级;
- c) 对长大纵坡或急弯路段,考虑抗剪性能和抗车辙性能,采用较厚的沥青层;上面层沥青采用高粘度改性沥青,掺加矿物或合成纤维稳定剂;中面层宜选用公称粒径较大的改性沥青混合料;
- d) 在路基填挖交界、半填半挖地段,设置抗拉土工材料;不同填料介质的路段之间,设置过渡段,减少差异沉降;
- e) 当在水泥面板上加铺沥青混凝土时,宜在水泥混凝土面板与沥青混凝土面层间设置应力吸收层。

6.2.2 施工预防措施:

- a) 加强半填半挖、填挖结合部路基施工质量管控;高填方路段、软基处理路段达到容许的工后沉降量后再进行路面施工;
- b) 采用沥青红外光谱仪检测沥青原材料,加大薄膜加热损失和含蜡量指标检测频次;沥青原材料避免长时间存放,在使用前抽样检测;
- c) 半刚性路面结构层采用低水化热水泥及较低的水泥剂量;严格控制水泥稳定粒料类混合料的容许延迟时间;严格控制细集料塑性指数及小于 0.075mm 颗粒含量指标;施工前检查下承层质量,对出现的裂缝提前进行防水抗裂处治;施工环境温度较大时,采取养生保温措施;
- d) 沥青混合料中、下面层在满足层位功能性、满足规范要求的前提下,采用较粗的级配;
- e) 不同路面结构层之间的纵、横向接缝不得重合,接缝处的强度、密实度不低于设计和规范要求,采用冷接缝时,宜增加防水抗裂措施;
- f) 严格控制混合料出厂、摊铺、碾压温度,采用合理的机械组合,控制现场施工工艺;
- g) 合理安排基层与面层的施工间隔,避免跨年施工,以减少开裂。

6.2.3 运营预防措施:

- a) 加强日常巡查,确保排水系统畅通,不积水、不积雪;
- b) 加强日常和预防性养护,合理确定养护时间;
- c) 养护沥青混合料宜选用改性沥青混合料,并掺加矿物或合成纤维稳定剂;
- d) 正确辨识运动型裂缝和非运动型裂缝,分别采取开槽灌缝和贴缝胶处置;
- e) 严格控制灌缝、贴缝材料质量,使用前宜根据相应规范要求进行力学性能检测,缝宽超过 20mm 或者错台超过 10mm 时,对沥青混凝土面层局部进行铣刨重铺,按照修补坑槽方法进行处理。

6.3 沥青混凝土路面变形

6.3.1 设计预防措施:

- a) 采用掺加 SBS 类和橡胶粉等类改性剂而成的高性能改性沥青、添加外掺材料,优化矿料级配,提高沥青混合料高温抗变形能力;
- b) 综合考虑气候、地形、车流、车型等因素,合理调整路线坡度和坡长,科学设置路面结构形式;
- c) 考虑提高路面结构层间粘层的技术要求;在半刚性基层与沥青层间设置封层,宜采用碎石封层或纤维类封层。

6.3.2 施工预防措施:

- a) 控制填挖结合、桥涵台背部位的填料质量和压实质量;

- b) 重点控制粗集料压碎值、针片状含量、软石颗粒含量；采用棱角性好、破碎面较多、颗粒组成均匀且各项指标符合规范要求的优质碱性集料，采用普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥代替部分矿粉作为填料；
- c) 严格检查下承层，及时处理出现的裂缝、松散、积水、污染等，提高结构层间粘结力；
- d) 控制粘层、封层的洒布量和厚度指标，加强封层防水抗渗、层间连结效果；加强粘层、封层防污染措施。控制混合料油石比和矿料级配，加大混合料动稳定度检测频次；
- e) 在山区施工沥青混合料时，考虑失温影响，宜适当增加碾压设备，考虑设置风屏障保证沥青混合料压实温度。

6.3.3 运营预防措施：

- a) 加强道路巡查，必要时设置提示标志或减速装置；
- b) 出现轻微车辙，可采用微表处类进行预防性养护；变形超过 3cm 时宜进行铣刨重铺处理，彻底清除失稳的路面结构层；
- c) 沥青路面施工结束后，控制开放时间。

6.4 沥青混凝土路面表面损坏

6.4.1 设计预防措施：

- a) 适当提高沥青与集料黏附性、沥青混合料水稳定性及沥青面层渗水系数检验指标要求；
- b) 宜在沥青混合料中掺加纤维稳定剂；
- c) 在沥青混合料与其它材料间，宜设置封层，当设置改性沥青应力吸收层时，不再设封层，宜设置透层；
- d) 路基湿度状态为中湿或潮湿时，宜采用粒料类底基层或设置粒料类路基改善层；
- e) 充分考虑防排水设计。

6.4.2 施工预防措施：

- a) 加大沥青薄膜加热损失和含蜡量指标检测；
- b) 提高集料粘附性等级，或在沥青混合料中加入消石灰、水泥或替代部分矿粉或在沥青中加入抗剥落剂，加强集料与沥青的粘结力；
- c) 控制层间粘层油洒布均匀，不得有洒花漏空，也不得有堆积流淌；
- d) 加强沥青拌合和质量管理，严格控制混合料出场温度、运输温度、摊铺温度、碾压温度；
- e) 控制矿料级配、沥青用量，生产配合比与目标配合比的空隙率之差不超过 $\pm 0.2\%$ ；
- f) 使用同类型混合料对结构层钻取芯样后的芯洞及时回填、压实；
- g) 气温较低时，对沥青混合料运输车料斗进行全方位保温包裹，合理配置碾压设备；
- h) 重视施工缝的处理，热接缝时防止料温过低，冷接缝时清除松散料，加强局部防水抗裂处理。

6.4.3 运营预防措施：

- a) 出现坑槽、松散病害时，清理破坏的结构层，在坑槽底部及四周涂刷粘结沥青，在接缝处粘贴防水带；不宜使用封层、罩面类方法处治此类病害；
- b) 保持路面清洁，及时清除垃圾、油料废液等；
- c) 针对局部网裂，及时涂刷热沥青或改性乳化沥青进行封水处理，避免网裂发展形成松散、坑槽；
- d) 处理轻微泛油，宜撒上 3-5mm 粒径的集料，用压路机碾压密实；处理严重泛油，宜撒 5-10mm 的集料，用压路机碾压稳定，再撒 3-5mm 粒径的集料，用压路机碾压密实；
- e) 及时对路面坑槽、裂缝进行维修，使用材料质量、性能不低于原设计标准。

6.5 水泥混凝土路面断裂

6.5.1 设计预防措施:

- a) 季节性多雨地区重视雨季地表水渗入和冲刷的不利影响, 增设排水基层和不透水结构层; 季节性冰冻地区宜考虑滞留水冻胀的不利影响;
- b) 在填挖交界、新老路基结合路段, 采取减少不均匀沉降的技术措施;
- c) 在基层上设置防水层时, 宜提高沥青类封层或防水土工材料的技术要求;
- d) 重视硬路肩与路面接合部位的防水结构设计, 进一步优化路肩下部的渗水疏排设计;
- e) 进行异形板块应力验算, 优化板块结构尺寸、角隅钢筋设计。

6.5.2 施工预防措施:

- a) 夏季炎热天气施工时, 宜选用非早强型低热水泥;
- b) 检查下承层质量, 确保无松散、积水、隆起、空鼓现象; 严格控制标高和平整度; 严格检查施工缝部位、边缘及角隅的压实度;
- c) 查明下承层出现不规则裂缝的原因, 清除严重裂缝部分后重新铺筑; 针对轻微裂缝, 采用热沥青灌缝后再骑缝布设纤维格栅;
- d) 拌合物出料温度宜为 10~35℃, 控制水胶比和现场坍落度; 适当增大中等粒径集料, 严格控制细集料用量;
- e) 加强施工现场布料、振捣、提浆设备的配备组合, 重点控制角隅部位振捣质量和各种钢筋的埋设位置。加强保湿保温养护, 混凝土内外温差不宜过大;
- f) 严格控制切缝时间, 不宜迟切缝。严格控制切缝深度、宽度;
- g) 严格控制隧道路面结构层的横缝位置, 当与隧道二次衬砌的沉降缝、工作缝接近时, 宜对应切缝;
- h) 加强填缝材料的质量技术指标检验; 清理接缝中的杂物和水分, 确保填缝料与混凝土结合紧密、填充饱满。

6.5.3 运营预防措施:

- a) 及时补充、更换灌缝材料, 防止路面水下渗;
- b) 采用压注浓稠水泥浆、水泥粉煤灰浆或水泥砂浆等方法, 处理面板和基层之间出现的板底脱空, 预防断板;
- c) 宜及时采取高压注入环氧树脂高分子材料等方法处理轻微裂缝; 裂缝发展严重时, 对破损面板进行翻新处理。

6.6 水泥混凝土路面竖向位移

6.6.1 设计预防措施:

- a) 加强路基阶段的勘察设计, 避免“软基强面”的设计思维;
- b) 适度超前设计水泥混凝土路面荷载等级;
- c) 针对地质条件复杂的路段或区间, 灵活选用复合路面或沥青混凝土路面的结构设计方案。

6.6.2 施工预防措施:

- a) 科学进行施工组织, 尽早安排高填路基、软基处理路段的开工建设, 预留足够的工后沉降时间;
- b) 控制路床及上路堤的填料质量, 合理制定软弱路床补强措施, 防止相邻区域弯沉值出现较大的差异;
- c) 相邻路段填料不宜差异过大, 以免产生不均匀沉降;
- d) 对填筑后的软土路基进行连续沉降观测, 发现问题及时制定补强措施;
- e) 及时采取临时防排水措施, 防止地基被水浸泡。

6.6.3 运营预防措施:

- a) 加强巡查，保证防排水系统畅通，防止路面长时间积水或基底长期处于潮湿状态；
- b) 当面板发生沉陷尚未破坏时，使用压浆抬高法和面板顶升法处理；当面板沉陷已经形成破坏时，宜对整块面板及下部结构层进行彻底翻修。

6.7 水泥混凝土路面接缝损坏

6.7.1 设计预防措施：

- a) 优化纵、横向接缝的结构设计，胀缝、缩缝设计位置和深度合理，防止后期产生应力集中；
- b) 明确填缝料的有关技术质量要求。

6.7.2 施工预防措施：

- a) 提前规划施工缝的位置和形式，规范设置胀缝、缩缝；纵向缩缝按车道宽度设置，横向缩缝宜等间距布置，设置传力杆；相邻面板的纵向和横向接缝须保持贯通，且不错位；
- b) 采用在基层预定位置上设置钢筋支架固定传力杆和拉杆，确保位置和角度准确；
- c) 及时进行养护和切缝，养生期满清除接缝中杂物和水分，再进行灌缝，确保与混凝土缝壁粘附紧密、填充饱满；
- d) 灌缝施工前严格检验填缝材料的技术指标。

6.7.3 运营预防措施：

- a) 发现填缝料局部脱落宜及时补灌，出现大量老化、失效、破坏时进行全面清除，重新填灌；
- b) 及时清除路面积冰、积水、油污、废液；
- c) 及时处治相邻板面之间的错台。

6.8 水泥混凝土路面表层损坏

6.8.1 设计预防措施：

- a) 宜适当提高水泥混凝土的设计强度，明确抗冻性指标；
- b) 明确粗集料磨光值和磨耗值指标。

6.8.2 施工预防措施：

- a) 选用耐磨耗性能好、碱含量、三氧化硫和氯离子含量较低的道路硅酸盐水泥；采用磨光值高、磨耗值低、无碱活性反应的粗集料；
- b) 采用半干硬性混凝土的配合比设计，控制砂率、水胶比、现场坍落度；
- c) 通过铺筑试验段，验证抗滑构造深度、劈裂强度和抗冻性指标；
- d) 控制混凝土铺筑振捣时间和表层水泥浮浆厚度，适当增加压面、收面工序，严格控制抗滑构造施工工艺，防止出现起皮掉块、构造深度不足等问题；
- e) 重视保温保水覆盖养生，在未达到设计强度前严防表面缺水、受风、磕碰、受冻。

6.8.3 运营预防措施：

- a) 及时清除冰雪，避免在混凝土面板上反复冻融，不宜使用腐蚀性融雪剂；
- b) 对局部掉皮起砂的，可配制环氧树脂+白水泥混合物涂刷表面进行处治；
- c) 对较大面积的水泥混凝土面板起皮宜采用精铣刨+超粘磨耗层进行处理；
- d) 对局部坑槽，使用高标号快硬细粒式混凝土或者环氧树脂砂浆进行填充；
- e) 在破损较为严重路段的适当位置设置提示、警示标志，降低车速。

7 桥涵质量通病预防措施

7.1 一般原则

7.1.1 桥涵质量通病一般包括：桥面铺装及防水层破损，混凝土防撞墙根部破损，伸缩装置损坏，主梁梁体裂缝，梁底渗水、泛碱，钢结构表面锈蚀，墩台混凝土表面缺损，桩基、承台冲刷外露，支座移位、脱空、偏压、破损，涵洞台身不均匀沉降、裂缝、八字墙破损。

7.1.2 设计阶段，根据路线布设、防洪要求、沿线水文、地质等条件，合理选择桥梁结构形式。

7.1.3 施工阶段，科学合理安排工期及施工工序，严格控制原材料质量和施工工艺，整体施工满足安全、耐久、环保和节能减排的要求。

7.1.4 运营阶段，对公路桥涵构造物进行日常巡查、经常检查、定期检查，掌握其技术状况，及时发现病害，制定相应的养护措施；雨季来临之前对桥梁附近排水系统和桥面排水系统进行全面检查，及时清理杂物，保证排水畅通，避免冲刷。

7.2 桥面铺装及防水层破损

7.2.1 设计预防措施：

- a) 加强桥面防水层设计，选择指标满足要求的防水材料；
- b) 桥梁主梁横坡宜与桥面横坡设计一致，保证铺装厚度一致；
- c) 桥梁铺装层掺加矿物纤维材料，提高铺装层的抗裂性和抗渗性。

7.2.2 施工预防措施：

- a) 桥面防水层的层数和采用的材料符合设计要求，材料的性能和质量符合相关规定；
- b) 铺设防水层前清除桥面的浮浆和各种杂物，并使用高分子聚合物对铺装层裂缝进行高压灌缝处理；
- c) 对预应力混凝土梁、板，根据设计提供的理论拱度值，在预制台座上设置相应的预拱度，当预计后张预应力混凝土梁的上拱度值较大，将会对桥面铺装的施工产生不利影响时，在预制台座上设置反拱；
- d) 梁板安装时，进行平面位置和梁顶标高的双控检查和验收，保证桥面混凝土厚度均匀；
- e) 合理确定铺装层混凝土施工配合比，使用非早强型水泥，控制水泥含碱量不大于 0.6%，采用反击破碎石、不宜采用碱活性集料，混凝土总碱含量不大于 $2.1\text{Kg}/\text{m}^3$ ，尽可能降低水胶比；选用聚羧酸类减水剂，高温施工采用引气缓凝（保塑）减水剂，提高混凝土抗渗性和耐腐蚀性；掺加符合设计及规范要求的纤维材料，控制掺拌数量，确保拌和均匀；对不同施工工艺，调整相应坍落度要求，坍落度损失宜小；
- f) 摊铺机配备平板振动机械或配置插排式振动器；铺装减少施工接缝，施工宜采用全断面一次摊铺成型；
- g) 铺装施工前，梁板顶面凿毛处理，凿毛深度最小宜不低于 3mm，清洗干净后按设计要求铺设钢筋网；
- h) 混凝土收面刮去浮浆，至少进行两次顶面压光处理，覆盖养生。

7.2.3 运营预防措施：

- a) 检查纵、横向排水系统，确保桥面排水顺畅；
- b) 及时查明桥面铺装层渗水、积水原因，及时处治；
- c) 对桥面沥青混凝土出现的坑槽和唧泥唧浆，及时进行挖补处治。修补时，需清理到位，用高分子材料先修复铺装层混凝土，再修补沥青混凝土。

7.3 混凝土防撞墙根部破损

7.3.1 设计预防措施：

- a) 宜采用高性能混凝土，提高混凝土的抗渗和抗腐蚀性能；
- b) 防撞墙混凝土表面一定高度范围内采取防腐措施。

7.3.2 施工预防措施:

- a) 采用坍落度较低的混凝土,浇筑时分层进行;振捣时采取措施使模板表面的气泡逸出;
- b) 浇筑前清除防撞墙衔接面松散软弱层、杂物;
- c) 宜使用整体钢模板,减少接缝;桥面铺装预留钢筋与防撞墙模板结合处封堵严密,防止防撞墙根部模板漏浆;
- d) 针对桥面铺装钢筋网片与防撞墙预留钢筋互相干扰位置,采取有效封堵、振捣措施,确保防撞墙根部混凝土密实;
- e) 钢筋与模板之间设置垫块,垫块与钢筋绑扎牢固。混凝土浇筑前,对垫块的位置、数量和紧固程度进行检查,保证钢筋的混凝土保护层厚度满足设计要求和规范规定。

7.3.3 运营预防措施:

- a) 尽量减少融雪剂使用,杜绝超量使用融雪剂,除雪完毕后及时进行清理;
- b) 涂刷防水界面剂,采用聚合物砂浆对病害部位及时修复;
- c) 病害部位修复完成后,宜在其表面喷涂防腐涂料,防止渗水再次侵蚀;
- d) 及时疏通桥面泄水孔。

7.4 伸缩装置损坏

7.4.1 设计预防措施:

- a) 采用结构简单、易施工、易维护保养、耐用的伸缩缝装置,伸缩装置保证能自由伸缩,满足承载和变形要求;
- b) 伸缩缝预留槽口混凝土宜采用高性能混凝土,提高混凝土密实性,提高伸缩缝混凝土承载力;
- c) 伸缩装置具有良好的密水性和排水性;
- d) 明确不同气温下伸缩缝安装的宽度范围。

7.4.2 施工预防措施:

- a) 伸缩装置在工厂进行组装,出厂时附有效的产品质量合格证明文件;
- b) 预制梁梁端角度、长度、伸缩缝预埋钢筋位置准确,梁板安装预留伸缩缝间隙均匀一致、预留缝宽度及纵横断面符合设计要求;
- c) 在桥面铺装施工完成后,采用反开槽的方式进行伸缩装置安装;
- d) 伸缩装置安装前,按现场的实际气温调整其安装定位值;
- e) 伸缩装置固定钢筋和预留钢筋连接牢固,安装平整,伸缩装置顶面与两侧桥面高差符合规范要求;
- f) 混凝土浇筑前整洁无杂物,合理控制伸缩缝混凝土振捣时间,保证混凝土密实,提高强度和耐久性;
- g) 伸缩缝混凝土及时进行覆盖养生,强度未达到要求前严禁开放交通;
- h) 上部结构完成后,全面检查支座、临时支撑等物件,确保梁体伸缩自由。

7.4.3 运营预防措施:

- a) 及时清理伸缩缝内杂物;
- b) 发现锚固混凝土破损,及时凿除修复;
- c) 发现伸缩缝纵梁断裂,及时进行焊接或更换;
- d) 发现伸缩缝胶条破损及时更换。

7.5 主梁梁体裂缝

7.5.1 设计预防措施:

- a) 明确混凝土保护层厚度，加强耐久性设计。存在腐蚀性强的空气、地下水地区适当加大钢筋保护层厚度；
- b) 主梁设计布置适量的构造钢筋，提高梁体结构局部区域的抗裂性能；
- c) 合理布置底板钢筋和预应力钢束的间距。

7.5.2 施工预防措施：

- a) 宜采用高性能混凝土，选择合适的水泥品种和水泥用量、水胶比，改善集料级配，严格控制砂子含泥量，降低混凝土收缩变形；
- b) 预应力筋的性能、质量符合现行国家标准的规定，加强锚具、夹片、垫板等进场质量控制，预应力筋用锚具、夹具、锚垫板、螺旋筋等产品必须配套；
- c) 钢筋骨架绑扎及预应力钢束波纹管安装定位准确、固定牢固，保护层厚度符合要求；
- d) 针对锚垫板下等较难振捣的部位，优化混凝土振捣施工工艺，宜采用小直径振捣设备进行振捣，确保混凝土密实。混凝土未到期或强度，不得提前拆除模板；
- e) 严格按图纸和规范规定的顺序和工艺进行张拉作业，混凝土弹性模量（或龄期）、强度不符合设计要求时，不得进行张拉；
- f) 按照批复的配合比配制浆液，按照规定的压力及持续时间进行压浆，确保预应力孔道注浆密实；
- g) 梁体构件在脱底模、移运、存放和安装时，混凝土强度不低于设计规定的吊装强度；
- h) 梁、板构件移运时的吊点位置符合设计规定，吊移过程中不得对梁、板产生任何冲击和碰撞；
- i) 梁、板构件存放时，其支点符合设计规定的位置，并保证梁、板等构件在存放期间不致因支点沉陷而受到损坏；
- j) 预应力混凝土梁、板的存放时间不宜超过 3 个月，存放时间超过 3 个月时，需对梁、板的上拱度值进行检测，当上拱度值过大将会严重影响后续桥面铺装施工或梁、板混凝土产生严重开裂时，则不得使用；
- k) 根据气温情况控制好拆模时间并采取措施覆盖保温保湿养生，防止因内外温差过大而引起开裂；
- l) 采用移动台座法进行梁板预制施工时，移动台座构造必须严格控制轨道地基不均匀沉降。

7.5.3 运营预防措施：

- a) 对巡查过程中出现的裂缝进行详细调查，科学分析，必要时进行有关试验和测试；
- b) 采取相应的措施，确保结构的强度、安全性和耐久性。

7.6 梁底渗水、泛碱

7.6.1 设计阶段综合考虑梁底排水孔的位置、尺寸和数量设计是十分必要的预防措施。

7.6.2 施工预防措施：

- a) 控制水泥碱含量、集料级配和最大粒径、细集料含泥量、外加剂品质和掺量，粗集料不得有碱活性反应；
- b) 梁板预制时，确保梁体内部底板平整，箱内积水能从排水孔顺畅排出；
- c) 梁板吊装前，检查排水孔，确保排水正常；
- d) 现浇箱梁梁端封闭时及时清理杂物积水、预留排水孔；
- e) 桥面铺装前检查梁体表面孔洞、空隙、防水处理等情况，防止雨水进入；
- f) 泄水管安装时，泄水管顶面不宜高出预制梁顶面，泄水管与预留孔之间空隙采用沥青膏等密封材料填充密实，保障桥面积水全部通过泄水管排出。

7.6.3 运营预防措施：

- a) 及时清理路面杂物积水、防止路面水渗入梁体；

- b) 及时疏通梁底预留排水孔；
- c) 针对梁板混凝土渗水泛碱、腐蚀严重的情况，及时处理。

7.7 钢结构表面锈蚀

7.7.1 设计预防措施：

- a) 选用优质钢材，采取措施降低环境对钢材的影响，提高钢材自身抗腐蚀性；
- b) 根据钢构件耐久性要求，选用不同种类防腐涂层；
- c) 加强构造设计，避免雨水集中腐蚀。

7.7.2 施工预防措施：

- a) 加强涂料抽样检测，性能指标合格后方可使用；
- b) 构件基面必须达到洁净度要求和防锈标准，并根据涂装要求进行涂装配套试验，除锈处理后立即进行涂装；
- c) 采取必要的防护措施进行钢结构的运输、吊装，对漆膜损伤及时进行补漆；
- d) 阴角、转折处、焊缝连接处等的涂装，如机械喷涂不能抵达时，用人工进行补刷、补喷；
- e) 涂装环境温度、相对湿度满足规定要求，露点以下停止作业。风沙天气、雨天、雾天不宜进行涂装施工。

7.7.3 运营预防措施：

- a) 加强日常巡查、检查；
- b) 对漆膜损伤的及时除锈、涂装。

7.8 墩台混凝土表面缺损

7.8.1 设计预防措施：

- a) 针对结构部位的不同，明确混凝土构件保护层厚度；
- b) 重要部位的锚固钢筋规格、间距、预埋长度须明确；
- c) 混凝土增加防裂措施。

7.8.2 施工预防措施：

- a) 设置定位筋及混凝土保护层垫块，控制保护层厚度；
- b) 认真清除模板表面杂物，均匀涂刷脱模剂，不得使用不平整、有缺陷的模板；模板安装牢固，接缝严密，防止涨模，漏浆；
- c) 加强混凝土施工质量控制，防止产生离析导致局部缺浆；
- d) 加强混凝土养护，防止过早拆模；
- e) 大体积混凝土施工根据实际情况，尽量选择水化热低的水泥品种，严格限制水泥用量，降低混凝土拌和物入模温度，降低内外温差，并缓慢降温，必要时采用循环冷却系统进行内部散热，或采用薄层连续浇筑以加快散热；
- f) 蒸汽养护或冬期施工时加强对温度升降速率的控制，避免混凝土内外产生较大的温差；
- g) 防震挡块施工时，放样定位准确，模板牢固且在浇筑混凝土时不产生移位；
- h) 梁板安装施工采取措施防止对墩、台身、挡块成品造成损伤；
- i) 台背、翼墙、耳墙后背回填符合设计规定，填土过程中加强对翼墙、耳墙混凝土的保护；
- j) 挡块混凝土在架梁前浇筑，确保振动密实和养生规范，保障挡块浇筑质量；架梁过程中准确落梁，避免落梁对挡块的撞击形成破损。

7.8.3 运营预防措施：

- a) 加强日常巡查，发现混凝土早期裂缝及时采取措施，防止病害升级；
- b) 针对混凝土破损部位露筋，及时除锈，妥善修复。

7.9 桩基、承台冲刷外露

7.9.1 设计预防措施:

- a) 桥下有被交路及一些特殊需求桥梁,设计径流收集系统,出水口接到桥下排水系统;
- b) 桥下排水系统实施前结合现场实际开展二次设计,以每座桥梁为单元,对综合排水系统进行专项设计;
- c) 桥梁桩基、承台处于山前区、陡坡河谷等特殊部位,进行相应的防护设计;
- d) 合理设置桥面泄水孔的位置,避免桥面排水直接冲刷墩台及基础;
- e) 泄水管设计长度要满足出水口低于主梁底面。

7.9.2 施工预防措施:

- a) 桥台、承台等关键部位以及湿陷性黄土地区选择适宜材料进行回填;
- b) 桥台锥坡、台背、基坑回填分层碾压密实,防护到位;
- c) 及时设置现场临时排水设施,避免施工过程中雨水冲刷;
- d) 桥梁完工后对桥下施工区域进行彻底清理,全面夯实碾压,修复地形地貌。

7.9.3 运营预防措施:

- a) 雨季降水前后全面踏勘检修桥梁排水系统,及时处治存在的病害;
- b) 及时修复桥面集中径流系统,将桥面泄水孔中的雨水引入桥下排水系统中;
- c) 冬季雪融后重点检查泄水孔及汇水管排水结冰情况,及时消雪除冰;
- d) 及时修补破损砌体或混凝土结构,夯填冲刷形成的空洞;
- e) 对桥台冲刷、桩基外露严重的部位及时进行防护。

7.10 支座移位、脱空、偏压、破损

7.10.1 设计预防措施:

- a) 梁底预留钢板设计坡度准确;
- b) 明确设计梁底预留钢板、支座垫石的几何尺寸;
- c) 支座底面保持水平。

7.10.2 施工预防措施:

- a) 支座的规格、性能符合相应产品标准的规定,进场后对产品的规格、数量、质量及产品合格证进行检查;
- b) 预制或现浇梁体前,对梁底预埋钢板的定位进行专项检查,确保其坡度和位置准确;
- c) 支座安装前,对支座垫石强度、平面位置、顶面高程和预埋钢垫板等进行复查,支座安装保持水平,不得有偏斜、不均匀受力和脱空等现象;
- d) 钢板安装采用环氧树脂砂浆精平,确保钢板与垫石密贴;
- e) 安装双向活动或单向活动支座时,保证支座滑板的主要滑移方向符合设计要求;
- f) 进行焊接作业时,在支座周围采取有效的隔热措施,避免损伤支座部件。

7.10.3 运营预防措施:

- a) 加强日常巡查,发现产生病害的支座及时更换;
- b) 及时清理支座周围杂物;
- c) 定期对支座进行清洁,并添加润滑油脂;
- d) 针对脱空的支座可通过加垫钢板或采用高标号环氧树脂砂浆找平修整支座垫石;
- e) 对于车辆行驶时震动明显的梁跨加大支座状况排查频次。

7.11 涵洞台身不均匀沉降、裂缝、八字墙破损

7.11.1 设计预防措施:

- a) 根据涵洞地基的不同, 选用合理的涵洞结构形式;
- b) 明确涵洞地基基底承载力。

7.11.2 施工预防措施:

- a) 基坑开挖后及时进行基础施工, 防止被水浸泡。地基承载力检测点有足够的覆盖范围, 以最低值为控制依据, 基底地质变化较大或承载力不均匀时, 按有关规定进行及时处理;
- b) 根据地基土的情况合理设置洞身和基础沉降缝, 沉降缝防水工艺符合要求, 填缝料具有弹性和不透水性, 并填塞紧密;
- c) 砌体砂浆或混凝土强度达到设计强度的 85% 时, 方可进行台背回填;
- d) 回填选用适宜材料, 两侧同时对称、均衡水平分层碾压密实;
- e) 涵洞进出水口的沟床整理顺直, 与上下游排水设施连接圆顺、稳固, 保证流水通畅。

7.11.3 运营预防措施:

- a) 发现台身沉降缝防水损坏及时修复;
- b) 及时修补涵底、洞口铺砌损坏, 避免积水浸泡基础;
- c) 及时清除集水井、跌水井等设施内沉淀杂物, 及时夯填密实进出水口底部冲刷部位;
- d) 对已发生沉降的结构物基底, 采用合理的措施进行处治。

8 隧道质量通病预防措施

8.1 一般原则

8.1.1 公路隧道常见病害有洞口边仰坡滑塌、坍塌, 洞口排水不畅、路面积水、结冰, 衬砌混凝土损坏、裂缝、错位、剥落, 洞身渗漏水, 隧道路面开裂、变形。

8.1.2 设计阶段, 综合考虑地形、地质、水文、气象、地震和交通量及其构成, 进行多方案的技术、经济、环保比较, 使隧道设计符合安全实用、质量可靠、经济合理、技术先进的要求, 通过动态设计使支护结构适应于围岩实际情况。

8.1.3 施工阶段, 充分体现动态设计、信息化施工的原则, 制定地质观察和监控量测的总体方案, 做好超前地质预报及监控量测工作; 对地质条件复杂的隧道, 制定地质预测方案, 及时评判设计的合理性, 调整支护参数和施工方案; 按照设计要求进行洞身开挖, 严格控制超欠挖, 喷射混凝土与围岩、初期支护与二衬之间回填密实无空洞, 防排水系统完整。

8.1.4 运营阶段, 保持洞口地形与设计相符、隧道内外排水设施完好、排水畅通。对公路隧道进行定期检查, 根据检查结果对隧道技术状况进行评价, 根据隧道交通运营状况、结构和设施技术状况以及病害程度等, 及时实施养护措施。

8.2 洞口边仰坡滑塌、坍塌

8.2.1 设计预防措施:

- a) 合理选定洞口位置, 避免在洞口形成高边坡和高仰坡;
- b) 洞口边仰坡根据实际情况采取加固防护措施;
- c) 结合地形条件设置洞口截排水设施, 拦截有效、排水顺畅;
- d) 结合洞口地形地貌合理设计明洞长度和洞门形式;
- e) 明确明洞和洞门墙基底承载力的具体要求;
- f) 洞口段无法避开不良地质段落时, 边仰坡进行专项设计;

- g) 隧道布设严格执行“早进洞、晚出洞”的设计原则，尽量减小隧道洞门处隧道边仰坡规模，减小对山体的开挖干扰。

8.2.2 施工预防措施：

- a) 洞口工程施工前，清除不稳定的土体及山坡危石，及时进行防护或加固；
- b) 针对洞口偏压，进洞前采取卸载、反压回填、偏压挡墙，偏压明洞等处理措施，及时完成偏压处理；
- c) 及时完善洞口截排水设施，提前完成洞顶截水沟，并采取防止渗漏和变形的措施；
- d) 边仰坡开挖高度及坡率符合规定，开挖后及时完成边仰坡防护施工；
- e) 核实暗洞进洞位置与现场地形是否相符，可根据实际情况进行适当调整，不得大开大挖；
- f) 尽早完成明洞衬砌及洞门端墙施工，确保坡脚稳定；
- g) 严格控制明洞两侧及洞顶回填质量；
- h) 不良地质段采取加固围岩、稳定地层的辅助工程措施，再行进洞。

8.2.3 运营预防措施：

- a) 及时清除洞口边仰坡上的危石、浮土，冬季清除边仰坡上的积雪和挂冰；
- b) 明洞顶的填土，当遇边坡塌方形成局部堆积，或遇暴雨原填土大量流失时，及时采取措施，保证填土状态与原设计相符；
- c) 发现洞口结构物的轻微开裂、变形，及时修复；
- d) 对洞口不稳定边坡、存在变形的支挡结构，采用自动化监测设备进行长期观测。

8.3 洞口排水不畅、路面积水、结冰

8.3.1 设计预防措施：

- a) 考虑隧道内外部各种防排水设施相互连通，形成完整的防排水系统；
- b) 洞口为单向下坡路段，宜设置横向截水沟，避免水流入隧道内，同时宜设置反坡排水；
- c) 中央排水管出水口采取合理的保温设计。

8.3.2 施工预防措施：

- a) 洞口截、排水沟位置、断面尺寸结合地形灵活调整，动态设计；
- b) 洞顶截水沟、边仰坡工程防护及防排水设施提前一次性施工到位；
- c) 重点控制明暗洞交界处、明洞与洞门端墙结合部、明洞洞顶等薄弱部位防排水工程质量；
- d) 按设计要求设置明洞背后纵向排水设施、洞门端墙底部泄水孔。

8.3.3 运营预防措施：

- a) 针对纵坡较小的隧道或隧道的洞口区段，增加水沟清理和疏通的频次；
- b) 路面出现渗漏水时，及时处治，防止路面积水或结冰，采取有效措施消除承压水或降低地下水位；
- c) 及时修复破损的边坡平台排水沟、急流槽，使各种排水设施相互连接，形成完整的排水系统。

8.4 衬砌混凝土损坏、裂缝、错位、剥落

8.4.1 设计预防措施：

- a) 加强地质勘测工作，强化动态设计，提高设计精度，围岩级别划分和支护结构设计 with 地质情况相适应；
- b) 二次衬砌设计满足结构强度、耐久性、抗冻、抗渗的要求；
- c) 对于软质围岩（包括硬质粘土），即使勘探处于无水环境，也要加强支护等级；
- d) 明确土质隧道地基承载力要求。

8.4.2 施工预防措施：

- a) 严格控制超欠挖，超挖部位回填密实，初支喷射混凝土平整，避免局部应力集中造成二衬开裂；
 - b) 确保初期支护与围岩、二次衬砌与初期支护之间密实，对空洞部位回填密实。二次衬砌在围岩和初期支护变形基本稳定后进行施作；浅埋段、围岩稳定性差、变形较大、流变特性明显时，及时进行二次衬砌混凝土的施工；
 - c) 仰拱开挖深度、断面尺寸符合设计要求，拱底无虚渣、积水，仰拱与边墙钢支撑连接牢固；
 - d) 无仰拱部位边墙基底清理彻底，基底承载力符合要求；
 - e) 模板台车进行专门设计，满足强度、刚度和稳定性要求，且长度不宜太长；
 - f) 按设计和规范要求并结合现场及围岩情况，设置洞身沉降缝和伸缩缝；
 - g) 二次衬砌前，对初期支护断面尺寸进行检查，对混凝土结构厚度不足部位及时处理；
 - h) 衬砌钢筋主筋间距、层间距、保护层厚度符合设计要求；
 - i) 拱、墙混凝土一次连续浇筑，混凝土拌合控制水胶比、坍落度、入模温度，灌注过程中加强振捣，提高混凝土的密实性和均质性；
 - j) 加强混凝土养护，拆模时进行强度试验，严禁提前拆模。
- 8.4.3 运营预防措施：
- a) 及时清除出现的衬砌起层、剥离；
 - b) 及时修补衬砌裂缝，并设立标记进行跟踪观测，必要时进行检测；
 - c) 针对严重不良地质地段、重大结构病害或隐患处，对衬砌结构变形、受力和地下水状态等进行长期监测。

8.5 洞身渗漏水

8.5.1 设计预防措施：

- a) 注重隧道防排水设计，妥善处理地表水、地下水，形成完整的防排水系统；
- b) 中央排水沟过水断面、排水管孔径满足排水要求；
- c) 根据不同围岩级别、地下水分布情况，二次衬砌采取适宜的变形缝止水措施；
- d) 隧道中央排水沟在满足防冻要求的前提下，设置在行车道或超车道范围内，避免设置在隧道中心线位置，在富水岩层区加密中央排水沟检查井。

8.5.2 施工预防措施：

- a) 防排水材料规格和性能指标符合设计及规范要求，加强材料进场时的试验检测；
- b) 围岩存在集中渗流水部位，设置排水半管，对围岩渗流水集中引排；
- c) 按设计要求控制排水盲管间距，在地下水较大地段适当加密；
- d) 各种排水管路连接牢固、畅通，安装坡度符合要求；
- e) 中心排水管（沟）施工、泄水孔设置、滤水材料回填满足设计要求，管沟出水口采取保温措施；
- f) 检查防水层铺设基面处理质量，焊缝宽度、搭接宽度、安装松弛度符合设计规范要求；
- g) 止水带（条）长度合理，埋设时位置准确，避免接头，固定牢固。围岩含水量较大地段，仰拱混凝土与二衬边墙混凝土结合部增设纵向止水带，防止接缝处漏水；
- h) 各种机电预留空洞采取防水止水措施；
- i) 覆盖层较薄和渗透性强的地层，对洞顶的各种陷穴、孔洞填实密闭，洞顶地表排水顺畅，不积水；
- j) 围岩含水量大以及初期支护完成后表面存在大面积渗漏水时，根据实际情况进行专项处治。

8.5.3 运营预防措施：

- a) 及时消除洞顶落水洞，引排地表汇水远离隧址；

- b) 针对隧道地下水位较高的情况，在隧底设置盲井，降低周边围岩水位，减轻衬砌结构静水压力；
- c) 保持隧道内外排水设施完好，发现破损或缺失及时修复；
- d) 发现隧道中心排水管（沟）堵塞、排水不畅及时疏通；
- e) 及时清理排水边沟、沉沙池等排水设施中的堆积物；
- f) 及时处治衬砌渗漏水，冬季及时清除洞顶挂冰。

8.6 隧道路面开裂、变形

8.6.1 设计预防措施：

- a) 可采用高性能混凝土，提高路面混凝土的抗裂、抗渗、抗冻性能；
- b) 隧道内路面具有完善的排水系统，能将路表水、地下水尽快排出；
- c) 必要时初期支护仰拱底考虑设置盲沟排水系统；
- d) 重载、超重载路面结合实际情况，考虑采用连续配筋混凝土面层或钢纤维混凝土面层。

8.6.2 施工预防措施：

- a) 仰拱开挖断面形状、尺寸、基底高程符合设计要求、地基承载力满足设计规定；
- b) 仰拱混凝土浇筑前，隧底欠挖部分必须凿除，清理虚渣、杂物、淤泥，并抽干积水，隧底超挖部分采用仰拱同标号混凝土回填；
- c) 仰拱开挖后，隧底发现溶洞、采空区或其它孔穴等及时处治；
- d) 仰拱初期支护喷射混凝土、仰拱混凝土、仰拱填充混凝土必须分层浇筑；
- e) 仰拱混凝土整幅一次浇筑成形，严禁分幅浇筑；
- f) 路面胀缝、缩缝、施工缝结合仰拱沉降缝、伸缩缝设置；
- g) 路面强度未达到设计要求前，不得开放交通；
- h) 膨胀岩、泥岩、页岩等特殊围岩隧道做好施工排水工作，仰拱开挖后，及时封闭，严禁水流浸泡仰拱。

8.6.3 运营预防措施：

- a) 发现路面病害及时分析原因，采取相应处治措施；
- b) 加强洞外山体滑坡观察与整治，防止岩层滑坡引起洞内路面裂缝；
- c) 发现路面局部变形开裂，经钻孔核实仰拱拱底混凝土局部不密实时，采用仰拱钻孔压浆措施改善拱底混凝土、岩体的密实性。

9 交通安全设施质量通病预防

9.1 一般原则

- 9.1.1 交通安全工程质量通病一般包括：金属构件锈蚀，标线脱落，标志反光膜褪色、污染。
- 9.1.2 设计阶段，充分考虑气候环境、植被生长、地形条件、车流车型等因素，做好设计技术交底和跟踪服务。
- 9.1.3 施工阶段，加强施工技术交底和质量管控，重点对半成品及成品的生产加工、质量检测、施工工艺和交工验收等关键环节严格把关。
- 9.1.4 运营阶段，加强对交通安全设施的检查、巡查，强化与交管部门的沟通联系，及时发现、处理相关的问题和隐患。

9.2 金属构件锈蚀

9.2.1 设计预防措施:

- a) 明确交通安全设施主要金属构件使用的防腐形式和材料类型、工艺符合相关规定;
- b) 在污染地区,进行污染物的调查,确定金属构件的防腐形式;
- c) 对金属结构预埋件、附属配件提出防腐要求。

9.2.2 施工预防措施:

- a) 根据设计文件和实际情况,对现场条件和各道工序进行严格检查,发现问题,及时进行处治;
- b) 检查进场材料合格证、出厂质量检测报告、第三方外委检测报告及其它质量证明文件;
- c) 检测进场金属构件的防腐成分,加大对金属构件镀层厚度、附着力的检测频率;
- d) 在运输过程中,采用防护性的缓冲材料对钢构件进行包装,防止出现损伤防腐层;
- e) 金属构件不宜进行现场气焊割孔、现场切割,避免破坏涂层;
- f) 安装作业时,对金属构件进行柔性隔离保护,避免相互刮蹭损伤涂层。

9.2.3 运营预防措施:

- a) 加强对金属构件及附件的定期检查,发现局部防腐层破损或出现锈痕,查明原因,及时处治;
- b) 宜使用环氧树脂、丙烯酸、氯化橡胶、有机氟树脂及高耐蚀性的不饱和聚酯树脂等防腐涂料对局部生锈构件进行防腐处理。涂装前彻底清除氧化层,再进行涂装,处理部位后定期检查。

9.3 标线脱落

9.3.1 设计预防措施:

- a) 对标线材料的耐候性、使用年限提出明确要求;
- b) 优先使用经过验证的、适应当地环境、性能优良的材料和先进的施工工艺。

9.3.2 施工预防措施:

- a) 检查热熔涂料、玻璃珠等材料外观,对进场的原材料、半成品、成品及时委托具有资质的第三方机构进行检测;
- b) 通过标线试验段确定施工工艺;
- c) 标线施划前,加强清洁路面、均匀喷涂底漆;
- d) 热熔涂料加热均匀,搅拌充分,加热至适宜温度开始施划,不宜长时间高温加热和反复加热;
- e) 设置临时风屏障,优先采用全自动热熔划线机,控制行进匀速、厚度一致;
- f) 标线冷却后,开放交通。

9.3.3 运营预防措施:

- a) 采用中性融雪剂,保护标线外形完整、功能有效;
- b) 振荡标线、突起路标等易受损交安设施,出现损毁及时修补;
- c) 保护标线导引功能完好,标线褪色、脱落及时修复。

9.4 标志反光膜褪色、污染

9.4.1 设计预防措施:

- a) 明确标志材料的耐候性、使用年限;
- b) 宜推广使用经验证各项指标符合要求的新型材料。

9.4.2 施工预防措施:

- a) 及时委托具有相应资质的第三方检测机构对进场的反光膜进行检测;
- b) 严格管控反光膜粘贴环境、工艺、搭接尺寸和位置,满足施工规范要求;
- c) 标志运输、吊装,宜加强对板面、滑槽、扣件及防腐涂层的保护;
- d) 反光膜局部更换时,剥离方法和粘贴工艺满足施工规范要求。

9.4.3 运营预防措施:

- a) 及时清理被污染的反光膜、更换反光膜褪色的标志，确保道路通行安全；
- b) 当标志发生遮挡时，应及时调查原因并予以处治。

10 后评价

- 10.1 运营单位宜建立质量通病预防效果评价机制，定期开展预防措施评价，验证预防措施是否满足设计和施工预期要求。
 - 10.2 运营单位宜采用定量和定性相结合的方法，开展预防效果分析和经济性分析，形成后评价报告。
 - 10.3 必要时，运营单位宜组织参建单位及技术专家现场察看病害情况，讨论、分析、总结病害成因和预防措施的可行性。
 - 10.4 收集有关质量通病的过程资料，为下一步修订本文件提供依据。
-