湖南省公路桥梁预防养护技术指南

（试行）

湖南省交通运输厅

2025年8月

**目录**

[1 总则 1](#_Toc847521090)

[2 术语及定义 1](#_Toc859299206)

[2.1 桥梁预防养护 1](#_Toc650375686)

[2.2 桥梁构件 2](#_Toc1128183877)

[2.3 非结构性病害 2](#_Toc895726286)

[2.4 预防养护启动条件 2](#_Toc965743864)

[3 预防养护内容及流程 2](#_Toc663665281)

[3.1 预防养护内容 2](#_Toc1218896149)

[3.2 预防养护流程 4](#_Toc546339190)

[4 预防养护启动条件 5](#_Toc2128715794)

[4.1 一般规定 5](#_Toc1095620390)

[4.2 预防养护启动条件 7](#_Toc1644848539)

[5、预防养护设计 20](#_Toc1932880044)

[6 预防养护施工 22](#_Toc1987910384)

[7 预防养护验收 23](#_Toc975188909)

[8 预防养护后评估 24](#_Toc1476531978)

[附录A 桥梁预防养护工作重点 27](#_Toc807262290)

[附录B 桥梁常见病害预防养护措施 31](#_Toc332505150)

[附录C 桥梁预防养护常用措施技术要求 36](#_Toc10246679)

[C.1 一般规定 36](#_Toc493187401)

[C.2 混凝土裂缝表面封闭修补 36](#_Toc1558373824)

[C.3 混凝土裂缝压力注胶修补 37](#_Toc1178544116)

[C.4 混凝土表观缺陷修复 38](#_Toc1361225780)

[C.5 钢筋锈蚀处理 39](#_Toc1892007710)

[C.6 混凝土表面防腐涂装 40](#_Toc2097313135)

[C.7 钢构件除锈及防腐涂装 44](#_Toc1602422124)

[C.8 墩柱玻纤维套筒 47](#_Toc1833380546)

[C.9 墩台渗漏水处理 51](#_Toc2138332450)

[C.10 泄水管周围渗漏水处理 51](#_Toc2115945324)

[C.11 微表处 52](#_Toc892130546)

[C.12 伸缩缝液体、液态止水带 54](#_Toc847724362)

[C.13 支座更换、复位 55](#_Toc815982766)

[C.14 桥面防水层 57](#_Toc1751429752)

[附录D 桥梁预防养护常见病害典型照片 62](#_Toc1498100048)

# 1 总则

1.1 为规范全省公路桥梁预防养护管理，落实“治早治小，及时主动”的原则，提升桥梁技术状况水平，延长桥梁使用寿命，根据交通运输部《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)、《交通运输部关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》（交公路发〔2020〕127号）、《公路桥涵养护规范》(JTG 5120-2021)等文件及标准规范，结合我省实际，制定本指南。

1.2 本指南适用于我省普通国省干线和高速公路桥梁预防养护，农村公路桥梁可参照执行。

1.3 桥梁预防养护工程实施比例应符合《湖南省公路桥梁养护管理工作制度》的要求。

1.4 桥梁预防养护是依据桥梁检查或技术状况评定结果，基于费用-效益原则进行的有计划的、周期性的、主动性养护策略。

1.5 预防养护应选择安全可靠、经济适用、施工便捷、绿色环保的预防养护技术，鼓励采用新技术、新材料、新工艺和新设备，尚无国家或行业标准依据的，规模化应用前应进行充分论证。

1.6 公路桥梁预防养护，除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

# **2 术语及定义**

## 2.1 桥梁预防养护

桥梁有轻微病害但整体性能良好，为延缓其性能衰减、延长使用寿命而采取的防护工程。

## **2.2 桥梁构件**

组成桥梁结构的最小单元，如一片梁、一个桥墩等。

## **2.3 非结构性病害**

非结构性病害是指桥梁在长期使用过程中出现的各类设施轻微病害，非结构受力引起的结构性病害、环境作用引发的结构材料劣化及造成的其他不利影响等。

**条文说明**

非结构性病害特指桥梁在长期运营中产生的，当前不损害其核心结构承载能力和整体安全性能的各类损伤或缺陷，它主要影响桥梁的使用功能、耐久性、美观及局部构件的性能。

## **2.4 预防养护启动条件**

桥梁构件病害的技术状况标度值的下限值，作为桥梁预防养护启动条件。

**条文说明**

依据《公路养护技术标准》（JTG 5110-2023）的规定，预防养护时机应进行全寿命周期成本分析，采取合适的预防养护措施阻止病害发生或减缓病害发展而确定的养护时间。但根据目前我省国省干线桥梁的特点，桥型多样、修建年代跨度大、结构形式多样等特点，对所有桥梁进行全寿命周期成本分析复杂且困难，为提高本指南的可操作性，故直接给出了预防养护启动条件，管养单位可根据本指南中的各病害启动条件，确定预防养护实施时间。

# **3 预防养护内容及流程**

## **3.1 预防养护内容**

根据《公路养护技术标准》（JTG 5110-2023）的要求，结合我省国省干线的实际情况，桥梁预防养护内容如下：

（1）混凝土构件非结构性裂缝和表观缺损等集中处治，钢筋防锈和防侵蚀等预防处治。

（2）钢构件防腐、防锈和防侵蚀处理等周期性预防处治。

（3）吊杆、拉索两端锚头除锈、锚具锚杯内的防腐油脂定期更换；钢护筒与套管连接处的防水垫圈及阻尼垫圈定期更换。

（4）砌体非结构性开裂和砂浆剥落等集中处治。

（5）桥面铺装层轻微病害集中处治。

（6）伸缩装置和支座等构件维护及更换。

（7）桥面系排水设施不完善、构件防水和防渗漏、箱室等结构内部通风和除湿等预防处治。

（8）桥梁基础抗冲刷防护工程增设或完善，基础冲刷、淘空、冲蚀处治。

（9）结合桥位地形、地貌及水文地质条件，增设或完善桥梁下部构造抗泥石流、洪水等地质灾害冲击防护设施。

（10）结合桥位通车、通航情况，增设或完善桥梁下部构造抗车撞、船撞防护设施。

（11）桥梁防抛网、防眩板等附属设施的维修与更换。

（12）桥梁监测设备的日常维护。

**条文说明**

1 依据《公路养护技术标准》（JTG 5110-2023）的规定，桥面铺装、伸缩缝装置和支座的更换属于修复养护，而伸缩缝装置和支座在桥梁中属于易损构件，根据我省目前国省干线桥梁的养护实际状况，该类构件养护较困难，由于对伸缩缝装置和支座的养护不及时，会导致桥梁结构受力出现失调，从而导致结构受损，降低桥梁承载能力，故将伸缩缝装置和支座的更换纳入到预防养护中。

2 基础的冲刷、淘空、冲蚀严重时，会降低桥梁承载能力，依据《公路养护技术标准》（JTG 5110-2023）的规定，该病害的处治属于修复养护，根据我省实际状况，该病害在年代久远的桥梁中产生的现象较多，若不及时进行处治，将严重影响桥梁的通行安全，故将桥梁基础的冲刷、淘空、冲蚀的处治纳入到预防养护中。

3 桥梁监测设备的日常维护仅针对监测设备的硬件维护，包括清洁、保养，保障设备的正常运行，不包含监测系统和监测设备的升级运维，委托了第三方技术运维团队且在服务期内的，不纳入预防养护范畴。

## **3.2 预防养护流程**

3.2.1应按现行《公路桥涵养护规范》(JTG 5120-2021)、《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）的规定，定期进行桥梁技术状况检测与评定，及时更新桥梁技术状况数据信息，并进行病害成因分析。

3.2.2应按桥梁养护管理要求选择桥梁预防养护措施。

3.2.3预防养护工程设计阶段，应根据需要，在桥梁技术状况评定基础上补充开展有针对性的专项检测、材料检测等。

3.2.4桥梁预防养护工程应加强质量管理，严格控制施工过程的质量。

3.2.5应按现行《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG 5220-2020)的规定，进行桥梁预防养护工程质量的检验评定。

3.2.6桥梁预防养护宜进行后评估，综合评价实施效果，做好技术总结。

3.2.7桥梁预防养护应按图 1 的工作流程进行。

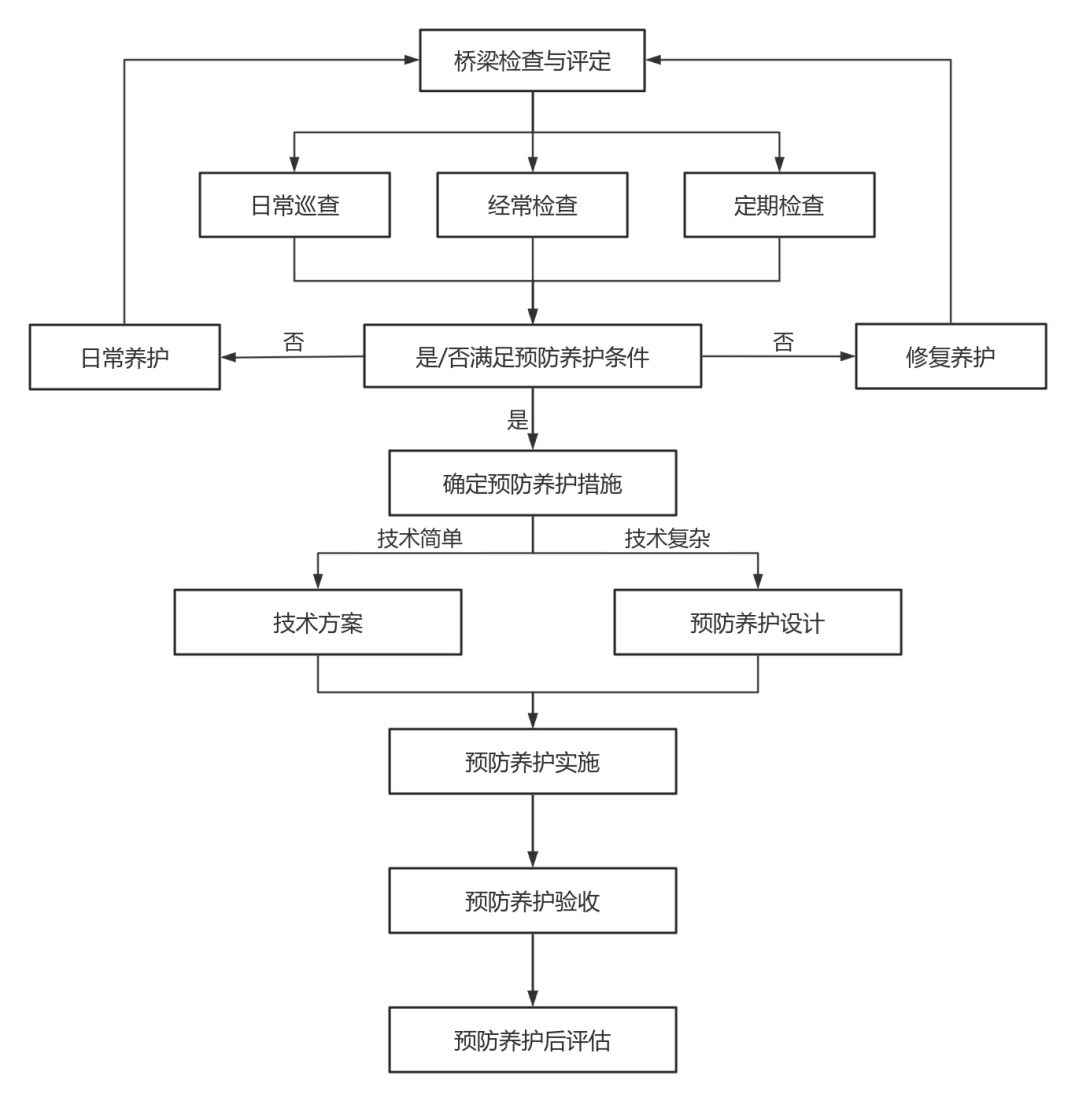


图1 桥梁预防养护工作流程图

# **4 预防养护启动条件**

## **4.1 一般规定**

4.1.1 预防养护一般适用于桥梁构件、部件、部位技术状况良好的在役桥梁。

4.1.2 依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011），当桥梁构件、部件、部位(桥面系、上部结构、下部结构)病害评定标度达到启动条件中最小标度及以上且为非结构性病害，宜进行预防养护。

4.1.3 桥梁构件的技术状况等级达到标度2及以上是指桥梁各个构件的病害严重程度；依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）的要求，达到标度值2、3、4，其中病害类型最大标度为5时，预防养护的标度上限值为标度3。

**条文说明**

1 例如简支梁裂缝病害类型的最大标度为5，则该病害对应的预防养护的标度上限值则为3，若标度达到4，则不能以预防养护进行申报养护工程。

2 依据《公路养护技术标准》（JTG 5110-2023）第6.2.4条，桥梁构件预防养护病害对象为非结构性病害。

4.1.4 应按照《公路桥涵养护规范》（JTG 5120-2021）中要求的检查内容、检查方法和检查频率开展桥梁检査工作。

4.1.5 根据检查结果按照《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对桥梁病害标度及总体技术状况进行评定。

**条文说明**

1 管养单位在进行经常检查时，按照《公路桥涵养护规范》（JTG 5120-2021）进行缺损状况记录。

2 桥梁技术状况评定单位需具有公路工程甲级或桥梁隧道工程专项检测资质。

4.1.6 根据检查结果，分析病害成因，确定预防养护范围，选择预防养护措施。

**条文说明**

在确定预防养护范围时，必须对病害的成因进行分析，例如普通钢筋混凝土梁桥主梁底面的裂缝，需要对裂缝的位置、走向、宽度等进行分析，确定该裂缝是否为结构性病害，若通过成因分析，该裂缝为非结构受力所产生，则可纳入预防养护范畴，反之则不可。

## **4.2 预防养护启动条件**

4.2.1 上部结构构件预防养护启动条件见表4.1所示。

**表4.1 上部结构构件预防养护启动条件**

| 序号 | 桥梁结构类型 | 预防养护病害条件 | | | | 描述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 病害类型 | | | 标度值 |
| 1 | 梁式桥 | 混凝土裂缝 | | | 2 | 局部出现网状裂缝，或主梁出现少量轻微裂缝，缝宽未超限  网状裂缝累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤1.0m2，或主梁裂缝缝长≤截面尺寸1/3 |
| 2 | 蜂窝、麻面 | | | 2 | 较大面积蜂窝麻面  累计面积≤构件面积的50% |
| 3 | 剥落、掉角 | | | 2 | 局部混凝土剥落或掉角  累计面积≤构件面积的5%，或单处面积≤0.5m2 |
| 4 | 空洞、孔洞 | | | 2 | 局部混凝土空洞、空洞  累计面积≤构件面积的5%，或单处面积≤0.5m2 |
| 5 | 钢筋锈蚀 | | | 2 | 承重构件有轻微锈蚀现象；承重构件钢筋锈蚀电位水平位-200~-300mV，或电阻率为15000~20000Ω.cm |
| 6 | 混凝土碳化 | | | 2 | 承重构件有少量碳化现象，且所有碳化深度均小于混凝土保护层厚度 |
| 7 | 钢梁桥 | 涂层劣化 | | 2 | 涂层个别位置出现流痕、气泡、白化、漆膜发黏、针孔、起皱或皱纹、表面粉化、变色起皮、脱落等缺陷  累计面积≤构件面积的10% |
| 8 | 锈蚀 | | 2 | 构件表面发生轻微锈蚀，部分氧化皮或油漆层出现剥落锈蚀  累计面积≤构件面积的5% |
| 9 | 焊缝开裂 | | 2 | 焊缝部位涂层有少量裂纹 |
| 10 | 铆钉（螺栓）损失 | | 2 | 铆钉（螺栓）少量损坏、松动或丢失，造成联结部位铆钉（螺栓）失效  损坏、失效数量≤总量的1% |
| 11 | 支座 | 橡胶支座 | 板式支座老化变质、开裂 | 2 | 轻微老化、表面有脏污，出现裂缝  裂缝宽度≤1.0mm，裂缝长度＞相应边长10% |
| 12 | 板式支座缺陷 | 2 | 有外鼓现象  沿支座一侧外鼓长度≤相应边长的10% |
| 13 | 板式支座位置串动、脱空或剪切超限 | 2 | 支座出现剪切变形或位置略有偏移 |
| 14 | 盆式支座组件损坏 | 2 | 盆底四角翘起，或钢盆出现较多锈蚀，或支座底板局部裂纹、掉角 |
| 15 | 聚四氟乙烯滑板磨损 | 2 | 磨损较少  聚四氟乙烯滑板外漏高度≥0.5mm |
| 16 | 盆式支座位移、转角超限 | 3 | 有位移现象，或有较大转角，转角超出设计值  位移≤10mm，或转角≤设计转角20% |
| 17 | 钢支座 | 组件或功能缺陷 | 2 | 有锈蚀现象；或牙板咬死；或个别锚栓出现剪断现象；或底板与垫石没有密贴，出现较大缝隙  锚栓剪断数量≤5%；或底板与垫石间缝隙宽度≤2.0mm，深度＞50mm |
| 18 | 位移、转角超限 | 3 | 位移大于限值  纵向位移≤5mm，或横向位移≤2mm |
| 19 | 部件磨损、裂缝 | 2 | 钢部件磨损出现凹陷，或出现微裂缝  磨损凹陷≤1.0mm，或裂缝深度≤5.0mm |
| 20 | 混凝土摆式支座 | 混凝土破损 | 2 | 局部混凝土脱皮、露筋、裂纹、剥离、掉角  累计面积≤构件面积的5% |
| 21 | 活动支座滑动面不平整、生锈咬死 | 3 | 滑动面不平整、出现生锈现象 |
| 22 | 轴承有裂纹、切口或偏移 | 3 | 轴承有裂纹、切口或偏移，影响活动能力 |
| 23 | 特殊横向和竖向支座 | 螺纹、螺帽松动或锚螺杆剪切 | 2 | 个别螺纹、螺帽轻微松动，或个别锚螺杆出现轻微剪切变形 |
| 24 | 上下座板（盆）锈蚀 | 2 | 局部出现锈蚀  锈蚀面积≤5% |
| 25 | 纵横线扭转 | 3 | 纵横线发生轻微扭转  纵横线扭转≤1.0mm |
| 26 | 拱式桥 | 圬工拱桥 | 主拱圈裂缝 | | 2 | 有少量纵、横向裂缝  横向裂缝缝长≤截面尺寸的1/8，缝宽≤0.1mm  纵向裂缝缝长≤截面尺寸的1/8，缝宽≤0.5mm |
| 27 | 灰缝脱落 | | 2 | 局部灰缝松散脱落  累计长度≤截面长度的10%，或单处长度≤1.0m |
| 28 | 渗水 | | 2 | 拱圈局部有明显渗水现象 |
| 29 | 风化 | | 2 | 部分位置有风化现象，造成砌体表面剥落  风化面积≤构件面积的20%，或表面剥落面积≤构件面积的10% |
| 30 | 实腹拱的侧墙与主拱圈脱裂 | | 2 | 个别位置出现脱裂，缝宽较小且不连续 |
| 31 | 空腹拱的腹拱或横向联结系变形、错位 | | 3 | 个别腹拱或横向联结系出现变形、错位，但不影响行车 |
| 32 | 拱上结构裂缝 | | 2 | 拱上立柱(立墙)上下端水平裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；拱上立柱(立墙)上下端水平裂缝：缝长≤立柱直径或立墙截面长的1/8  盖梁和横系梁裂缝：少量裂缝,缝宽未超限；盖梁和横系梁裂缝：缝长≤截面尺寸的1/3  腹拱拱顶、拱脚径向裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；腹拱拱顶、拱脚径向裂缝：缝长≤截面尺寸的1/3  梁板跨中竖向裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；梁板跨中竖向裂缝：缝长≤截面尺寸的1/3 |
| 33 | 钢筋混凝土拱桥 | 主拱圈裂缝 | | 2 | 有少量纵、横向裂缝  横向裂缝缝长≤截面尺寸的1/8，缝宽≤0.1mm  纵向裂缝缝长≤截面尺寸的1/8，缝宽≤0.5mm |
| 34 | 板拱桥、肋拱桥、箱拱桥 | 实腹拱的侧墙与主拱圈间脱裂 | | 2 | 个别位置出现脱裂，缝宽较小且不连续 |
| 35 | 空腹拱的腹拱或横向联结系变形、错位 | | 3 | 个别腹拱或横向联结系出现变形、错位，但不影响行车 |
| 36 | 表面缺陷 | | 2 | 出现蜂窝麻面、剥落、掉角、空洞、孔洞、碳化、腐蚀等现象  累计面积≤构件面积的10%，单处面积≤1.0m2 |
| 37 | 拱上结构裂缝 | | 2 | 拱上立柱(立墙)上下端水平裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；拱上立柱(立墙)上下端水平裂缝：缝长≤立柱直径或立墙截面长的1/8  盖梁和横系梁裂缝：少量裂缝,缝宽未超限；盖梁和横系梁裂缝：缝长≤截面尺寸的1/3  腹拱拱顶、拱脚径向裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；腹拱拱顶、拱脚径向裂缝：缝长≤截面尺寸的1/3  梁板跨中竖向裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；梁板跨中竖向裂缝：缝长≤截面尺寸的1/3 |
| 38 | 双曲拱 | 主拱圈、横向联结系变形 | | 2 | 主拱圈无明显变形，或个别横向联结系轻微松动、开裂，或横向联结系出现轻微扭曲变形，拱肋各肋间变形趋于一致 |
| 39 | 主拱圈裂缝 | | 2 | 横向裂缝：有少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  拱波和拱肋结合部位的纵向裂缝：出现开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  跨中截面肋波接合面的环向裂缝：出现少量开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  拱波纵向裂缝：结合面开裂或有纵向裂缝，缝宽未超限；缝长≤结合面长度或跨长的1/8  横向联结系构件裂缝：有少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3 |
| 40 | 拱上结构 | | 同板拱桥、肋拱桥、箱拱桥拱上结构 | |
| 41 | 刚架拱桥 | 横系梁与拱片联结松动、开裂 | | 2 | 个别横系梁与拱片联结松动、开裂 |
| 42 | 微弯板穿孔、塌陷、露筋 | | 2 | 微弯板出现极个别露筋、穿孔 |
| 43 | 拱片裂缝 | | 2 | 竖向裂缝：有少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  微弯板或肋腋板纵向开裂：出现开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/8  横向裂缝：有少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  实腹段、拱腿斜裂缝：有少量裂缝，缝宽未超限；有少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3 |
| 44 | 横向联结系混凝表观缺陷 | | 2 | 混凝土局部裂缝、剥离、掉角 |
| 45 | 连接部钢板锈蚀、断裂 | | 2 | 基本完好，极少量钢板锈蚀，无断裂现象 |
| 46 | 横向联结系裂缝 | | 2 | 较少裂缝，缝宽未超限  缝长≤截面尺寸的1/3，间距＞30cm |
| 47 | 桁架拱桥 | 拱片连接处混凝土断裂 | | 2 | 少量拱片连接处混凝土出现轻微碎裂 |
| 48 | 上弦杆缺陷 | | 2 | 个别上弦杆出现拉裂现象 |
| 49 | 拱片裂缝 | | 2 | 竖向裂缝：有少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  纵向开裂：有少量开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  连接处裂缝：有少量杆件连接处出现开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  横向裂缝：有少量开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  实腹段斜裂缝：有少量开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3 |
| 50 | 横向联结系裂缝 | | 2 | 较少裂缝，缝宽未超限  缝长≤截面尺寸的1/3，间距＞30cm |
| 51 | 钢-混凝土组合拱桥 | 涂层缺陷 | | 2 | 涂层有轻微损坏、裂纹、起皮、剥落  累计面积≤构件面积的10%，单处面积≤1.0m2 |
| 52 | 焊缝开裂 | | 2 | 焊缝部位涂层有少量裂纹，但符合相关规范要求 |
| 53 | 混凝土裂缝 | | 2 | 局部出现网状裂纹，或有少量裂缝，缝宽未超限  网状裂纹累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤1.0m2；或裂缝缝长≤截面尺寸的1/3 |
| 54 | 构件扭曲变形、局部损伤 | | 3 | 构件存在轻微扭曲现象，横向联结件出现松动 |
| 55 | 构件腐蚀、生锈 | | 2 | 构件表面有少量油脂和污垢，且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆层  锈蚀累计面积≤构件面积的5% |
| 56 | 管内混凝土填充不密实或脱空 | | 2 | 管内混凝土存在数量极少的脱空现象 |
| 57 | 立柱混凝土裂缝 | | 2 | 局部出现网状裂缝，或有少量裂缝，缝宽未超限  网状裂缝累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤1.0m2；或裂缝缝长≤截面尺寸的1/2，间距＞30cm |
| 58 | 吊杆渗水 | | 2 | 有轻微渗水现象 |
| 59 | 吊杆锈蚀 | | 2 | 构件表面有少量油脂和污垢，且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆层  锈蚀累计面积≤构件面积的3% |
| 60 | 吊杆锚头损坏 | | 2 | 个别锚头出现轻微破损现象 |
| 61 | 吊杆橡胶老化变质 | | 2 | 吊索端部及减振器部位橡胶轻微老化，表面有脏污，或减振措施有极个别处表面轻微损坏 |
| 62 | 吊杆防护套损坏 | | 2 | 个别防护套以及连接处有轻微松动现象，或防护套油漆变色、轻微损坏、裂纹、起皮、剥落  防护套油漆失效面积≤构件面积的10% |
| 63 | 吊杆的防护层破损 | | 2 | 个别吊杆防护层存在轻微老化或破损现象 |
| 64 | 系杆及防护板锈蚀 | | 2 | 防锈油脂轻微渗漏，但没有继续渗漏迹象，或表面有少量油脂和污垢，但没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆层 |
| 65 | 系杆外部涂层脱落 | | 2 | 油漆变色、轻微损坏、裂纹、起皮或剥落  累计失效面积≤构件面积的10% |
| 66 | 系杆锚头、防护套损坏 | | 2 | 个别防护套轻微老化或破损 |
| 67 | 钢拱桥 | 同钢梁桥 | | | |
| 68 | 悬索桥 | 主缆 | 防护损坏 | | 2 | 主缆防护表面有局部面漆变色起皮，个别位置出现破损、老化、漏水 |
| 69 | 扶手绳及栏杆绳损坏 | | 2 | 检修道上扶手绳及栏杆绳有伤痕并有起丝现象 |
| 70 | 腐蚀或索股损坏 | | 2 | 主缆局部出现轻微脱皮、锈蚀、伤痕或有麻点，或镀锌钢丝出现少量锌腐蚀亮斑，失去光泽 |
| 71 | 涂膜劣化 | | 2 | 构件表面出现轻微起泡、裂纹、脱落现象，或构件表面出现轻微粉化现象  起泡、裂纹、脱落、粉化累计面积≤构件面积的10% |
| 72 | 索夹 | 错位、滑移 | | 3 | 个别索夹有错位、移动；滑移量≤10mm |
| 73 | 面漆起皮 | | 2 | 索夹面漆局部起皮；索夹起皮的数量≤总数量的5% |
| 74 | 密封填料损坏 | | 2 | 索夹填料局部轻微老化，表面有脏污；数量≤总数量的3% |
| 75 | 裂纹和锈蚀 | | 2 | 索夹个别部位出现明显轻微裂纹，或表面有少量点蚀、锈斑 |
| 76 | 吊索 | 渗水 | | 2 | 有轻微渗水现象 |
| 77 | 锈蚀 | | 2 | 表面有少量油脂和污垢，但没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆层，或表面有少量点蚀、锈斑，或镀锌钢丝出现锌腐蚀亮斑 |
| 78 | 锚头损坏 | | 2 | 个别锚头轻微破损 |
| 79 | 橡胶老化变质 | | 2 | 吊索端部及减振器部位橡胶轻微老化，表面有脏污；或减振措施极个别处表面轻微损坏 |
| 80 | 掉漆、起皮 | | 2 | 吊索表面局部面漆变色、起泡  累计面积≤构件面积的5% |
| 81 | 防护套破坏 | | 2 | 个别防护套及连接处轻微松动 |
| 82 | 防护层破坏 | | 2 | 个别吊索防护层轻微老化或破损 |
| 83 | 预应力混凝土加劲梁 | 剥落、露筋 | | 2 | 局部混凝土剥落或露筋；累计面积≤构件面积的3%，单处面积≤0.5m2 |
| 84 | 混凝土裂缝 | | 2 | 网状裂缝：局部网状开裂；累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤0.5m2  竖向裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  纵向裂缝：结合面开裂或有其他纵向裂缝；缝长≤结合面长度或跨长的1/8  斜裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3 |
| 85 | 钢桁架加劲梁 | 锈蚀 | | 2 | 构件表面有少量锈蚀，部分氧化皮或油漆层剥落；  锈蚀累计面积≤构件面积的3% |
| 86 | 裂缝 | | 2 | 钢构件出现极少细小裂缝 |
| 87 | 其它缺陷 | | 同钢梁桥 | |
| 88 | 钢箱加劲梁 | 锈蚀 | | 2 | 构件表面有少量锈蚀，部分氧化皮或油漆层剥落；  锈蚀累计面积≤构件面积的2% |
| 89 | 裂缝 | | 2 | 钢构件出现极少细小裂缝 |
| 90 | 其它缺陷 | | 同钢梁桥 | |
| 91 | 索塔 | 蜂窝、麻面 | | 2 | 局部蜂窝麻面；累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤3.0m2 |
| 92 | 剥落、露筋 | | 2 | 局部混凝土剥落或露筋；累计面积≤构件面积的3%，单处面积≤0.5m2 |
| 93 | 钢筋锈蚀 | | 2 | 有锈蚀现象，混凝土表面有沿钢筋的裂缝或混凝土表面有锈迹 |
| 94 | 混凝土裂缝 | | 2 | 网状裂缝：局部网状裂缝；累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤1.0m2 |
| 95 | 基础冲刷 | | 2 | 基础基本无局部冲刷现象 |
| 96 | 索鞍 | 鞍座螺杆、锚栓状况 | | 2 | 个别螺杆、锚栓连接出现松动 |
| 97 | 锈蚀 | | 2 | 构件表面有轻微锈蚀，但无可见油脂和污垢，且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆层；锈蚀面积≤构件面积的3% |
| 98 | 锚碇 | 锚坑漏水 | | 2 | 锚坑有明显渗漏水现象 |
| 99 | 顶板、侧墙损坏 | | 2 | 顶板、侧墙有局部麻面沉积物 |
| 100 | 表观病害 | | 3 | 锚碇个别部位出现明显表观病害如裂缝、剥落、露筋、钢筋锈蚀、空洞等 |
| 101 | 锚杆 | 掉皮 | | 2 | 较小范围涂层有轻微损坏、裂纹、起皮或剥落 |
| 102 | 锈蚀 | | 2 | 构件表面有轻微锈蚀，但无可见油脂和污垢，且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆层；锈蚀面积≤构件面积的5% |
| 103 | 裂纹 | | 2 | 锚杆存在轻微裂纹，但符合相关规范要求 |
| 104 | 斜拉桥 | 斜拉索 | 拉索锈蚀、断丝 | | 2 | 钢丝有极少量锈蚀 |
| 105 | 涂层损坏 | | 2 | 涂层有轻微损坏、裂纹、起皮或剥落；累计面积≤构件面积的10%，单处面积≤0.5m2 |
| 106 | 护套内的材料老化变质 | | 2 | 护套内的材料轻微老化，表面有脏污 |
| 107 | 锚固区损坏 | | 2 | 个别锚头或锚拉板出现轻微破损 |
| 108 | 斜拉索护套 | 漆膜损坏 | | 2 | 油漆变色、轻微损坏、裂纹、起皮或剥落；累计失效面积≤构件面积的10% |
| 109 | 护套裂缝 | | 2 | PE管或金属管轻微胀裂，未造成渗水等；或热挤PE护套轻微开裂，未造成其他影响，符合相关要求 |
| 110 | 护套锈蚀 | | 2 | 护套表面发生轻微锈蚀，并且少部分氧化皮或油漆层已经剥落 |
| 111 | 防护层破损 | | 2 | 个别防护层轻微老化或破损 |
| 112 | 渗水 | | 2 | 个别护套轻微渗水 |
| 113 | 主梁 | 同悬索桥预应力混凝土加劲梁 | | | |
| 114 | 钢桁架主梁 | 同悬索桥钢桁架加劲梁 | | | |
| 115 | 钢箱梁 | 同悬索桥钢箱加劲梁 | | | |
| 116 | 索塔 | 裂缝 | | 2 | 网状裂缝：局部网状裂缝；累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤1.0m2 |
| 117 | 锚固区渗水 | | 2 | 锚固区有轻微渗水 |
| 118 | 锚具 | 锚杯积水 | | 2 | 锚杯积水极少，空气湿度较大 |
| 119 | 锚具内潮湿 | | 2 | 锚具内有少量水汽，空气较潮湿；湿度≤40% |
| 120 | 防锈油结块 | | 2 | 防锈油有少量结块 |
| 121 | 锚具锈蚀 | | 2 | 个别锚具轻微锈蚀 |
| 122 | 减震装置 | 减震装置损坏 | | 2 | 减震装置极个别处轻微损坏 |

4.2.2 下部结构构件预防养护条件见表4.2所示。

**表4.2 下部结构构件预防养护条件**

| 序号 | 预防养护病害条件 | | | | 描述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 病害类型 | | | 标度值 |
| 1 | 桥墩 | 墩身 | 蜂窝麻面 | 2 | 轻微蜂窝、麻面；累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤1.0m2 |
| 2 | 剥落、露筋 | 2 | 局部混凝土剥落、露筋  累计面积≤构件面积的3%，单处面积≤0.5m2 |
| 3 | 空洞、孔洞 | 2 | 局部空洞、孔洞  累计面积≤构件面积的3%，单处面积≤0.5m2 |
| 4 | 钢筋锈蚀 | 2 | 有锈蚀现象 |
| 5 | 混凝土碳化、腐蚀 | 2 | 有少量碳化或腐蚀现象，且所有碳化深度均小于混凝土保护层厚度 |
| 6 | 磨损 | 2 | 有磨损现象，个别部位表面磨耗，粗集料显露  累计面积≤构件面积的5% |
| 7 | 圬工砌体缺陷 | 2 | 砌体局部出现灰缝脱落现象，或砌体局部出现破损、剥落等现象  灰缝脱落累计长度≤构件截面长度的10%，或破损、剥落累计面积≤构件面积的3% |
| 8 | 裂缝 | 2 | 网裂裂缝：局部网状裂缝；累计面积≤构件面积的20%，单处面积≤1.0m2  水平裂缝：较少裂缝，缝宽未超限；缝长≤墩身直径或墩身宽度的1/8  竖向裂缝：较少裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/5  不等高的墩盖梁上的竖向裂缝：较少裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  悬臂桥墩角隅处的裂缝：较少裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  镶面石突出的裂缝：局部开裂；累计面积≤构件面积的10%，单处面积≤0.5m2 |
| 9 | 盖梁和系梁 | 裂缝 | 2 | 网状裂缝：局部网状裂缝；累计面积≤构件面积的 20%，单处面积≤1.0m2  墩帽顶面水平裂缝：少量裂缝，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  由支承垫石从下向上发展的裂缝：缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  自上而下的垂直裂缝：缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/5，间距>80cm |
| 10 | 其它病害 | 同墩身 | |
| 11 | 桥台 | 台身 | 剥落 | 2 | 局部混凝土剥落  累计面积≤构件面积的5%，单处面积≤0.5m2 |
| 12 | 空洞、孔洞 | 2 | 局部空洞、孔洞  累计面积≤构件面积的5%，单处面积≤0.5m2 |
| 13 | 磨损 | 2 | 出现磨损，个别部位表面磨耗，粗集料显露  累计面积≤构件面积的10% |
| 14 | 混凝土碳化、腐蚀 | 2 | 有少量碳化或腐蚀现象，且所有碳化深度均小于混凝土保护层厚度 |
| 15 | 圬工砌体缺陷 | 2 | 砌体局部出现灰缝脱落现象，或砌体局部出现破损、剥落等现象  灰缝脱落累计长度≤构件截面长度的10%，或破损、剥落累计面积≤构件面积的3% |
| 16 | 桥头跳车 | 2 | 台背路面轻微沉降，有轻度跳车现象  沉降值≤2.0cm |
| 17 | 台背排水状况 | 2 | 台背排水不良，造成桥台被渗水污染 |
| 18 | 裂缝 | 2 | 网状裂缝：局部网状裂缝；累计面积≤构件面积的 20%，单处面积≤1.0m2  从基础向上发展至台身的裂缝：缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/5  台身的水平裂缝：缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/8  竖向裂缝：缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  翼墙和前墙断裂的裂缝：出现开裂，缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的1/3  镶面石突出的裂缝：局部开裂；累计面积≤构件面积的10%，单处面积≤0.5m2 |
| 19 | 台帽 | 破损 | 2 | 局部混凝土剥落、磨损等  累计面积≤构件面积的10%，单处面积≤0.5m2 |
| 20 | 混凝土碳化、腐蚀 | 2 | 有少量碳化或腐蚀现象，且所有碳化深度均小于混凝土保护层厚度 |
| 21 | 裂缝 | 2 | 由支承垫石从下向上发展的裂缝：缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的2/3  台帽自上而下的垂直裂缝：缝宽未超限；缝长≤截面尺寸的2/3，间距>20cm |
| 22 | 其它病害 | 同台身 | |
| 23 | 基础 | 冲刷、淘空 | | 2 | 基础无冲蚀现象，表面长有青苔、杂草 |
| 24 | 剥落、露筋 | | 2 | 承台出现少量剥落、露筋、锈蚀现象，或基础少量混凝土剥落  累计面积≤构件面积的3%，单处面积≤0.25m2 |
| 25 | 冲蚀 | | 2 | 基础或承台有轻微磨损、腐蚀现象，个别部位表面磨耗，粗骨料显露  累计面积≤构件面积的3% |
| 26 | 河床铺砌损坏 | | 2 | 河底铺砌局部轻微冲刷、损坏 |
| 27 | 锥坡、护坡 | 缺陷 | | 2 | 铺砌面局部隆起、凹陷、开裂，砌缝砂浆脱落;或局部铺砌面下滑、坡角损坏  缺陷面积≤10% |
| 28 | 冲刷 | | 2 | 局部冲成浅坑 |
| 29 | 翼墙、耳墙 | 破损 | | 2 | 局部混凝土出现空洞、孔洞、剥落，或砖石表面小块脱落  累计面积≤构件面积的5%，单处面积≤0.5m2 |
| 30 | 位移 | | 3 | 存在明显的永久变形，但无明显的外倾、下沉，或出现填料损失，但仍可起到挡土的作用 |
| 31 | 鼓肚、砌体松动 | | 2 | 局部鼓肚，砌体松动 |
| 32 | 裂缝 | | 2 | 较多网裂。出现个别裂缝，缝宽超限  网裂总面积＞10% |
| 33 | 调制构造物 | 损坏 | | 2 | 构造物局部断裂，砌体松动、鼓肚、凹陷或灰浆脱落 |
| 34 | 冲刷、变形 | | 2 | 边坡局部下滑，基础局部冲空 |

4.2.3 桥面系结构预防养护条件见表4.3所示。

**表4.3 桥面系预防养护条件**

| 序号 | 预防养护病害条件 | | | | 描述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 病害类型 | | | 标度值 |
| 1 | 桥面铺装 | 沥青混凝土桥面铺装 | 变形 | 2 | 局部出现波浪拥抱；波浪拥抱面积≤10%，波峰波谷高差≤25mm  局部有高低不平的现象；高低差≤25mm  局部出现车辙，深度较浅；铺装层出现车辙的面积≤10%，深度≤25mm |
| 2 | 泛油 | 2 | 局部出现泛油；面积≤10% |
| 3 | 破损 | 2 | 面层局部松散、露骨；松散、露骨累计面积≤10%  局部浅坑槽；坑槽深度≤25mm，累计面积≤3%，单处面积≤0.5m2 |
| 4 | 裂缝 | 2 | 局部龟裂，裂缝区无变形、无散落;龟裂缝宽≤2.0mm，部分裂缝块度≤5.0m  局部块裂，裂缝区无散落；块裂缝宽≤3.0mm，大部分裂缝块度>1.0m  有纵横裂缝，裂缝壁无散落，无支缝；纵横裂缝缝长≤1.0m，缝宽≤3.0 mm |
| 5 | 水泥混凝土铺装 | 磨光、脱皮、露骨 | 2 | 局部出现磨光、脱皮、露骨  面积≤10% |
| 6 | 错台 | 2 | 局部接缝两侧出现高差现场  高差≤10mm |
| 7 | 坑洞 | 2 | 局部出现坑洞  深度≤1cm，直径≤3cm，或累计面积≤3% |
| 8 | 剥落 | 2 | 局部接缝处出现浅层边角剥落，局部出现层状剥落  层状剥落累计面积≤10% |
| 9 | 拱起 | 2 | 接缝两侧出现轻微太高  接缝拱起条数≤总数的10% |
| 10 | 接缝填料损坏 | 2 | 接缝处填料老化、漏水，但尚未出现剥落、脱空，或被杂物填塞现象  填料老化、漏水≤整条缝的10% |
| 11 | 裂缝 | 2 | 局部存在横向裂缝、纵向裂缝或斜裂缝，但未贯通；裂缝宽度＜3mm  板角处裂缝与纵横接缝相交，交点距角点≤1/2板块边长，裂缝缝宽＜3mm  局部出现破碎板，但未发生松动、沉陷等病害；每块板被分成2~3块 |
| 12 | 伸缩缝装置 | 凹凸不平 | | 2 | 略有凹凸不平；差值≤1cm |
| 13 | 锚固区缺陷 | | 2 | 锚固构件松动，或锚固螺栓松脱；数量≤10%  或混凝土轻微损坏，出现裂缝、剥落现象；面积≤10% |
| 14 | 破损 | | 2 | 锚固构件松动、缺失，或焊缝开裂；数量≤10%  橡胶条轻微损坏、老化；面积≤20%  排水管发生轻微破损，但不影响功能 |
| 15 | 失效 | | 2 | 上层槽口堵塞、卡死等原因，造成伸缩缝伸缩异常，车辆行驶时出现冲击和噪声 |
| 16 | 人行道 | 破损 | | 2 | 出现少量坑槽、孔洞、裂缝、剥落、松动等现象；面积≤10% |
| 17 | 缺失 | | 2 | 人行道出现少量缺失现象；面积≤3% |
| 18 | 栏杆、  护栏 | 撞坏、缺失 | | 2 | 局部收到车辆冲撞，不影响功能，或构件脱落、缺失；损坏长度≤3% |
| 19 | 破损 | | 2 | 个别构件出现蜂窝麻面、剥落、锈蚀、裂缝、变形错位等；累计面积≤10% |
| 20 | 防排水系统 | 排水不畅 | | 2 | 局部排水不畅，桥下出现漏水现象，或桥台支撑面、翼墙面等平面受到污水污染 |
| 21 | 泄水管、引水槽缺陷 | | 2 | 较少泄水管、引水槽、排水孔出现堵塞，或排水设施构件破损、缺件、管体脱落、漏留泄水管；数量≤5% |
| 22 | 照明、标志 | 污损或损坏 | | 2 | 个别设施松动、锈蚀、损坏，或出现污损标志不清现象 |
| 23 | 照明设施缺失 | | 2 | 少量照明设施缺失 |
| 24 | 标志脱落、缺失 | | 2 | 个别标志脱落、缺失，或需要标志的位置没有相应标志 |

**条文说明**

1 表4.1~表4.3中的标度值表示含义与《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）中的标度值一致。

2 表4.1~表4.3中，病害描述包含定性描述和定量描述，定量描述是指对该病害定性描述下的量化，非该病害进行预防养护的上限值。

3 依据表4.1~表4.3中，各个病害的标度及病害描述（含定性描述和定量描述）是该病害启动预防养护的下限值，即当病害达到表4.1~表4.3中的规定时，即可启动预防养护。

4 本条表4.1和表4.3中，由于支座及伸缩装置类别较多，在不同的结构形式中，支座及伸缩装置还存在不同的要求，故表中仅列出常用支座及伸缩装置的常见病害，未列出的支座及伸缩装置类别，养护及维修条件依据《公路桥梁支座和伸缩装置养护与更换技术规范》（JTG/T 5532-2023）执行。

5 表4.1~表4.3中，启动标度为3的是由于该病害在《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）中无标度2的定义。

# **5、预防养护设计**

**5.1 一般规定**

5.1.1预防养护措施选择前应对桥梁的技术状况、病害及材质状况进行全面的调查。

5.1.2 预防养护措施选择应考虑桥梁技术状况、桥梁结构类型、通车年限、交通量、交通组成、技术成熟度、施工影响、养护资金等，选择最佳的预防养护措施。

5.1.3 预防养护常用措施的技术应满足现行规范及设计的要求，常见病害预防养护措施见附录B。

5.1.4 预防养护设计应进行方案比选和费用效益分析。

5.1.5 预防养护设计应参考历年桥梁检测数据，并进行总结分析。

**条文说明**

在进行预防养护设计时，当已有的桥梁检测或评估资料深度不足时，管养单位应当及时开展专项调查，根据公路技术状况、病害情况、发展趋势，综合考虑技术、经济、安全、环保等因素，合理确定养护技术方案。

**5.2 预防养护设计流程**

5.2.1 预防养护方案设计应对桥梁检测数据及病害原因进行分析。

5.2.2 预防养护方案设计流程见图2所示，主要内容包括:

①通过桥梁检查，确定预防养护范围。

②分析检测数据，根据桥梁结构、周边环境条件、技术适用性等形成初步的预防养护专项方案，结合经济效益、交通组织、预防养护效果等，确定最终的预防养护专项方案。

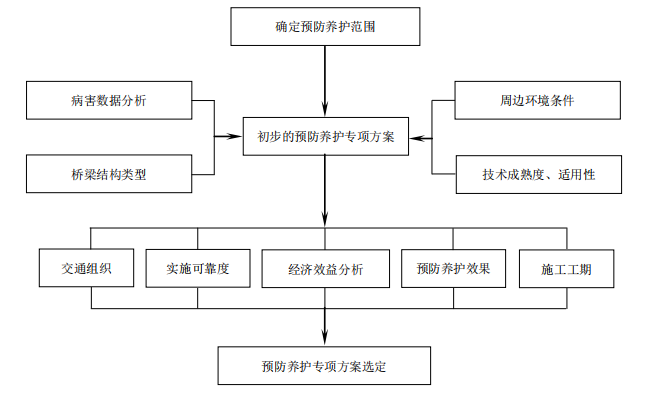


图2 预防养护方案设计流程

**5.3 预防养护设计文件要求**

5.3.1 预防养护工程一般采用一阶段施工图设计，对技术简单的预防养护工程可以按照技术方案组织实施。

5.3.2 预防养护工程设计文件应当符合法律、法规和强制性标准要求，并遵循以下原则：

①因地制宜、就地取材、循环利用、绿色环保；

②做好交通保障方案设计，降低养护工程施工对交通影响，保障运行安全、畅通；

③做好养护安全作业方案设计，保障养护作业安全；

④做好附属设施设计。

5.3.3 预防养护工程设计文件应当对施工工艺、验收标准和预期目标进行详细说明。

5.3.4 预防养护工程的设计文件，须严格履行审查或审批管理程序。

高速公路预防养护工程设计文件由各高速公路经营管理单位自行审定。

5.3.5 设计单位应当保证养护工程设计文件质量，做好设计交底，及时解决施工中出现的设计问题，并对设计质量负责。

5.3.6 预防养护工程设计实行动态设计，设计单位应当及时追踪病害发展情况，结合施工过程中的条件变化，及时进行设计变更。

# **6 预防养护施工**

6.1 预防养护工程施工前，管养单位应当根据设计文件和相关要求，组织对交通保障、养护安全作业方案进行审查，并按规定报有关部门批准。

6.2预防养护工程参建单位应严格履行国家和省相关的施工规定、程序，配备相应的技术人员及施工、检测设备，正确使用安全生产费，保证施工安全。

6.3 预防养护工程施工应严格按照规范、标准和技术指南及省办法进行施工，对进场材料严格把关，加强各项工艺流程控制，强化质量管控，严格落实工程质量责任制。

6.4管养单位应当建立、健全养护工程质量检查管理制度，通过自查、抽查或委托专业机构检查等方式确保工程质量。

6.5 预防养护工程施工应严格执行国家规范、标准和环境保护的各项规定，强化安全环保管理。

6.6 预防养护工程施工应当严格执行有关技术规范和操作规程，保证安全；按照交通运输部《公路交通阻断信息报送制度》、省交通运输厅《公路交通阻断信息报送工作实施细则》及时报送相关信息。

施工时应当选择交通流量较小的时段，按照有关规定向社会公告，做好交通组织保障，确保路网正常运行；鼓励利用智能交通引导设施定位施工作业区，采取移动网络导航技术提前将养护施工作业信息上传告知相关公路电子导航服务企业，为社会公众出行做好服务。

# **7 预防养护验收**

7.1 预防养护项目按一阶段验收执行，在完工交付使用后6个月内完成验收。

7.2 预防养护工程质量缺陷责任期一般为6个月，最长不超过12个月；预防养护工程验收及质量缺陷责任期具体时限应当在养护合同中约定，并符合有关要求。

7.3 预防养护工程完工后未通过验收的，由施工单位承担养护责任，超出验收时限无正当理由未验收的除外。验收不合格的，由施工单位负责返修。

在质量缺陷责任期内，发生施工质量问题的，施工单位应当履行保修义务，并对造成的损失承担赔偿责任。

7.4 预防养护工程验收依据主要包括：

①养护工程计划文件；

②养护工程合同；

③设计文件及图纸；

④变更设计文件及图纸；

⑤养护工程有关标准、规范及规定。

7.5 预防养护工程验收应当具备下列条件：

①完成设计文件和合同约定的各项内容；

②完成全部技术档案和施工管理资料整理归档；

③施工单位按相关标准、规范和规定对工程质量自检合格；

④工程质量缺陷问题已整改完毕；

⑤参与养护工程的相关单位完成工作总结报告；

⑥开展了监理咨询的，监理单位对工程质量评定为合格；

⑦按规定需进行专业检测的，检测机构对工程质量鉴定完毕并出具检测报告；

⑧完成财务决算；

⑨法律、法规、规章规定的其他条件。

# **8 预防养护后评估**

8.1 对采用新技术、新材料、新工艺养护措施的，宜建立桥梁预防养护后评估机制，跟踪观测预防养护桥梁的实施效果，对比预防养护实施前后桥梁技术状况变化，为本地区同类预防养护工程的预防养护时间确定、预防养护对策选择、预防养护工程实施等提供基础数据和参考依据。可根据需要通过后评估实现下列全部或部分目标:

①总结预防养护技术的效果，形成符合实际的桥梁养护技术清单；

②修正桥梁预防养护决策方法；

③建立符合实际的桥梁衰变模型，确定预防养护技术预期寿命。

8.2 预防养护后评估应开展下列工作:

①定期检查桥梁外观质量；

②定期对实施预防养护后的桥梁进行技术状况检测；

③进行预防养护的养护效果分析、经济性分析；

④总结预防养护决策、设计、施工经验。

8.3 预防养护后评估周期应满以下要求：

①对桥梁表观缺陷养护后评估周期宜与定期检查周期一致，且不宜低于三年一次；

②对支座、基础、伸缩缝装置等易损构件养护后评估周期不宜低于三年一次；

③对钢结构涂层劣化修复养护后评估周期不宜低于三年一次；

④对斜拉索、吊杆钢护筒防水垫圈等缆索体系耐久性构件养护后评估周期不宜低于三年一次。

8.4根据预防养护效果分析，形成后评估报告，尤其对于预防养护效果不达标的，应分析原因和影响因素，提出对策建议。

**条文说明**

预防养护效果不达标是指桥梁通过预防养护工程，桥梁的总体技术状况等级未提升、病害的发展和范围未得到有效控制，对延长桥梁使用寿命无明显帮助。

**附录A 桥梁预防养护工作重点**

**A.1 上部结构构件**

**A.1.1 预防养护的主要病害**

A.1.1.1 混凝土表面缺陷有蜂窝、麻面、渗水、水蚀、胀裂剥落、掉角、空洞、孔洞等。

A.1.1.2 混凝土构件局部露筋、钢筋锈蚀。

A.1.1.3 梁体（混凝土构件）表层裂缝，影响桥梁构件、部件材质的耐久性，进而引起材质状况的劣化，导致构件或部件产生功能性损伤。

A.1.1.4 板式橡胶支座串动、老化、开裂、剪切超限，盆式支座钢组件锈蚀、损坏。

A.1.1.5 钢构件表面锈蚀、涂层劣化（气泡、裂纹、起皮、脱落）、焊缝开裂。

A.1.1.6 斜拉索及吊杆钢护筒防水垫圈失效。

A.1.1.7 圬工砌体结构风化、渗水、剥落。

A.1.1.8 拱桥拱上结构裂缝、排水不畅、脱裂。

A.1.1.9 双曲拱拱波及横向联结系裂缝。

**A.1.2 预防养护工作重点部位**

A.1.2.1 边梁外侧翼板、腹板、底板易与外界水接触的部位；边梁预防养护的实施可结合桥梁养护工程开展。

A.1.2.2 分联或桥台支座，由于分联或桥台上方支座更容易被雨水或杂物侵蚀，往往比其它桥墩支座更容易产生病害及损伤。

A.1.2.3 泄水管周边由于长期渗漏水，易造成梁体产生混凝土缺陷；泄水管过短，泄水管内流出的水侵蚀梁体，造成混凝土缺陷。

A.1.2.4 伸缩缝处梁端部位，伸缩缝处止水带失效会引起桥面积水沿伸缩缝处下渗至梁端部位，引起混凝土产生缺陷。

A.1.2.5 铰缝、湿接缝等接缝部位梁体，因为接缝处长期渗水造成两侧梁体产生混土缺陷。

A.1.2.6 斜拉索及吊杆钢护筒与索套管连接处的防水垫圈在长期振动情况下易被挤压破坏，同时在外界环境下易发生老化失效。

A.1.2.7 圬工拱桥砌体结构，由于修建年代久远，砌体材质状况及耐久性能下降。

A.1.2.8 拱上结构腹拱裂缝，由于拱桥的受力特性，拱上腹拱在荷载及结构内力作用下易产生纵、横向裂缝，降低桥梁承载能力及使用寿命。

A.1.2.9 双曲拱拱波及横向联结系，由于双曲拱的受力特性及修建年代的原因，横向联结系属于薄弱受力构件，易产生沿桥纵向裂缝。

**A.2 下部结构构件**

**A.2.1 预防养护的主要病害**

A.2.1.1 混凝土表面缺陷有蜂窝、渗水、水蚀、胀裂剥落、掉角、空洞、孔洞等。

A.2.1.2 局部露筋、钢筋锈蚀。

A.2.1.3 桥台、墩柱、盖梁、翼墙、耳墙等混凝土表层裂缝。

A.2.1.4 钢构件表面锈蚀、涂层劣化(气泡、裂纹、起皮、脱落)。

A.2.1.5 基础冲刷（淘空、缩径、剥落、露筋）。

**A.2.2 预防养护工作重点部位**

A.2.2.1 桥梁下部结构，长期与外界直接接触，长期用水侵蚀及温度影响，易产生混凝土缺陷；同时，由于桥位地形、地貌、水文地质条件、通航及通车等特点，存在泥石流、洪水、船舶、车辆撞击风险。

A.2.2.2 伸缩缝处墩台，伸缩缝处止水带失效会引起桥面积水沿伸缩缝处下渗至墩台顶部，引起墩台产生混凝土缺陷。

A.2.2.3 水中的墩柱，水中墩柱干湿交接部位易产生混凝土缺陷；水质污染严重区域或水中酸性离子会加速混凝土缺陷的发展。

A.2.2.4 水下基础，由于水下基础的检测难度较高，且在平时的经常检查及定期检查中较难以发现水下基础的病害，同时若基础存在严重病害，将在很大程度的降低桥梁承载能力。

**A.3 桥面系构件**

**A.3.1 预防养护的主要病害**

A.3.1.1 桥面铺装缺陷，如车辙、裂缝、局部坑槽、松散、坑洞等。

A. 3.1.2 伸缩缝止水带损伤。

A.3.1.3 混凝土护栏蜂窝麻面、剥落、露筋锈蚀、裂缝。

A.3.1.4 泄水孔堵塞等。

**A.3.2 预防养护工作重点部位**

A.3.2.1 沥青混凝土铺装缺陷部位，尤其是网裂、坑槽、松散部位，要及时査明是否由防水及混凝土铺装层损坏引起，并及时进行维修。

A.3.2.2 伸缩缝止水带破损部位，伸缩缝止水带失效一方面会造成桥面积水下渗造成梁体及墩台产生水蚀等混凝土缺陷；另一方面桥面杂物不断掉落堆积在梁端部位，会影响梁体伸缩，产生次生病害。

A.3.2.3 混凝土护栏，由于桥面横坡的原因，雨水易在混凝土护栏内侧汇集，冬季融雪剂中的氯离子更加剧造成护栏内侧根部混凝土水蚀、松散、剥落；对于跨线桥部位混凝土护栏外侧的混凝土缺陷易造成混凝土掉落，影响桥下行人及车辆安全。

**附录B 桥梁常见病害预防养护措施**

常见病害预防养护措施应符合表B.1、表B.2和表B.3的相关规定。

**表B.1 桥面系预防养护措施**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 桥梁构/部件 | | 病害特征 | | 预防养护基本措施 |
| 铺  装 | 沥青桥面铺装 | 开裂 | | 表面封闭法（聚合物密封胶、裂缝贴）、局部凿除修复 |
| 松散 | | 凿除、冷补料修复、热再生 |
| 坑槽 | | 切割开挖、冷补料修复 |
| 混凝土铺装 | 开裂 | | 表面封闭法（沥青或环氧），电动压浆压注环氧灌注料、局部凿除修复（环氧混凝土） |
| 磨光、脱皮 | | 刻槽或薄层铣刨，薄层修复 |
| 露骨、剥落、坑洞 | | 快干混凝土、环氧混凝土修补表面缺陷；局部凿除修复 |
| 伸缩装置 | | 伸缩装置混凝土破损 | | 局部凿除、快干或环氧混凝土修复 |
| 胶条凹槽内充有杂物 | | 道桥多功能养护机清除杂物、砂石 |
| 橡胶条老化、破损、脱落、渗水、 | | 1更换橡胶条  2更换为伸缩缝液体/液态止水带 |
| 漏水 | |
| 钢板、角钢变形，螺栓脱落、型钢边梁变形、中梁断裂 | | 局部或全部更换伸缩装置 |
| 伸缩异常、卡死失效、跳车 | | 局部或全部更换伸缩装置 |
| 防撞墙护栏 | | 结构表面污垢、腐蚀 | | 高压水射流清洗，抗碱封闭材料涂装、防腐防水材料涂装、高耐污材料涂装、瓷化类材料、反光类材料涂装 |
| 构件缺失 | | 增设补齐 |
| 构件破损 | | 粗型聚合物砂浆、环氧砂浆修复，严重的更换 |
| 混凝土护拦开裂 | 构件开裂 | 填充薄型环氧砂浆或聚合物砂浆 |
| 裂缝 | 封闭或灌注环氧树脂胶 |
| 混凝土鼓胀、剥落 | | 聚合物砂浆修复表面缺陷或局部凿除修复、薄型砂浆表面批刮 |
| 钢护栏和外露钢构件脱焊、锈蚀 | | 加固焊接、永久性锈转化、防锈涂层涂刷 |
| 桥面排水 | | 泄水管、排水管堵塞 | | 清洗、疏通；安装篦子 |
| 泄水管、排水管破损 | | 更换、安装下弯式排水管或集中排水改造 |
| 桥面积水 | | 增设泄水孔、安装排水管或扩大泄水孔口径 |
| 泄水管下口出露长度不足 | | 接长、安装下弯式排水管或集中排水改造 |
| 泄水管周围渗漏水 | | 封口胶封闭、柔性嵌缝材料填充，涂刷混凝土抗渗封闭材料 |
| 铸铁泄水管锈蚀 | | 永久性锈转化处理或更换泄水管材质 |
| 注：桥梁预防养护措施不仅限于上述方法。 | | | | |

**表B.2 桥梁上部结构预防养护措施**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 桥梁构/部件 | 病害特征 | | 预防养护基本措施 |
| 混凝土  梁桥 | 结构表面污垢、涂装损坏 | | 清除结构表面污垢、薄层修复、防腐涂装、有机硅烷色差修复剂 |
| 裂缝 | 裂缝宽度＜0.15mm | 表面封闭法（环氧封闭胶）、微裂缝专用封闭材料 |
| 裂缝宽度≥0.15mm | 电动压力注浆法（环氧灌注胶） |
| 蜂窝、麻面、风化、剥落、掉块、空洞、孔洞 | | 聚合物砂浆修补表面缺陷，防腐涂装 |
| 钢筋外露、锈蚀 | | 清除锈蚀、涂刷锈转化剂或设置阴极保护，聚合物砂浆修复结构表面，防腐涂装 |
| 渗水、漏水、白华 | | 打孔引排、清除表面泛白、涂刷砼防冲刷材料 |
| 混凝土碳化且保护层厚度不足 | | 表面防碳化涂层防护(聚合物砂浆)、防腐涂装 |
| 铰缝底部勾缝脱落，铰缝失效 | | 清除缝内杂物、填充填缝剂、高强型聚合物砂浆勾缝、引排缝内积水、涂刷砼防腐抗渗封闭涂层；剪力钢筋法；横向预应力法；压浆注胶法 |
| 箱梁通气孔堵塞 | | 疏通或补设通气孔 |
| 箱梁内积水 | | 打孔引排 |
| 圬工结构 | 风化、渗水、砌缝脱落 | | 采用表面防风化、防水材料进行涂装 |
| 双曲拱 | 横向联结系开裂 | | 增大横向联结系截面或增强横向联结 |
| 拱上结构 | 裂缝 | | 采用表面封闭法或注浆法进行封闭 |
| 增大腹拱截面 |
| 支座 | 支座周围杂物 | | 清除支座周围杂物 |
| 板式支座 | 局部脱空 | 加垫钢板 |
| 偏位、偏压、剪切变形过大 | 恢复支座受力要求或更换支座 |
| 开裂、外鼓 | 更换支座 |
| 盆式支座 | 限位装置未拆除 | 拆除限位装置 |
| 固定螺栓剪断 | 更换固定螺栓或支座 |
| 活动方向不正确 | 调整活动方向 |
| 防尘罩破损 | 修复或更换防尘罩 |
| 钢支座 | 锈蚀 | 涂刷永久性锈转化剂、涂刷金属封闭耐磨材料 |
| 接合螺栓松动 | 拧紧接合螺栓 |
| 滚动支座 | 滚动面粗糙、干涩 | 涂抹润滑油 |
| 注：桥梁预防养护措施不仅限于上述方法。 | | | |

**表B.3 桥梁下部结构预防养护措施**

| 桥梁构/部件 | 病害特征 | 预防养护措施 |
| --- | --- | --- |
| 墩台盖梁 | 结构表面污垢，涂装损坏 | 清洗、防腐涂装 |
| 裂缝宽度＜0.15mm | 表面封闭法（环氧封闭胶） |
| 裂缝宽度≥0.15mm | 电动压力注浆法（环氧灌注胶） |
| 蜂窝、麻面、风化、剥落、 | 聚合物或环氧砂浆修补表面缺陷、防腐涂装 |
| 掉块、空洞、孔洞 | 聚合物或环氧砂浆修补表面缺陷、防腐涂装 |
| 钢筋外露、锈蚀 | 人工打磨、涂刷锈转化剂或阴极保护；表面缺陷修复、防腐涂装 |
| 渗水、漏水、白华 | 打孔引排、电动压浆机压注防水材料、增设挡水檐、集中排水、表面清洗、涂刷砼防腐抗渗封闭涂层 |
| 混凝土碳化且保护层厚度  不足 | 表面防碳化涂层防护(聚合物砂浆)、防腐涂装 |
| 车辆、船只、流冰、漂浮物  等撞击 | 加设防撞设施、并增设警示标志 |
| 台背沉降、桥头跳车 | 压力注浆 |
| 挡块顶死、开裂 | 环氧胶泥修复结构缺陷、挡块砼切割、填充柔性缓冲材料 |
| 砌缝、灰缝脱落 | 清除缝内杂物、重新勾缝、聚合物砂浆包覆 |
| 翼墙 | 局部鼓肚、砌体松动 | 局部凿除、重新砌筑、聚合物砂浆修补 |
| 耳墙 | 开裂 | 表面封闭、手动压浆机压力灌浆 |
| 基础 | 桥下杂物及违建 | 清除桥下杂物、拆除违建、确保桥下净空和通行能力 |
| 外露 | 分层回填土石并压实 |
| 冲刷、掏空 | 抛石防护（砌石、块石、片石、砼预制块、铅丝石笼、镀锌钢丝石笼）、玻纤套筒 |
| 锥坡护坡 | 风化、剥落 | 碎石混凝土或砂浆修复表面缺陷 |
| 冲刷、脱空、沉陷、坍塌 | 拆除后分层回填土石并压实然后重新砌筑锥坡、护坡 |
| 砌缝、灰缝脱落 | 清除缝内杂物、聚合物砂浆重新勾缝、勾缝涂刷防水防盐保护剂、喷涂石材保护剂 |
| 注：桥梁预防养护不仅限于上述方法。 | | |

**附录C 桥梁预防养护常用措施技术要求**

## C.1 一般规定

桥梁预防养护措施技术要求除满足现行规范外，还应符合以下条文要求。

## **C.2 混凝土裂缝表面封闭修补**

混凝土裂缝表面封闭修补适用于裂缝宽度小于0.15mm 的裂缝处理，施工流程为：定位→裂缝缝处理→配胶→封缝→成品保护。

**C.2.1** 材料技术指标

裂缝封闭采用环氧树脂材料，其材料性能应满足现行《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）的相关规定，具体见表C.2.1。

**表 C.2.1 裂缝修补用胶安全技术指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 性能项目 | | 性能指标 |
| 浆体  性能 | 抗拉强度（MPa） | ≥20 |
| 抗拉弹性模量（MPa） | ≥ 1500 |
| 抗压强度（MPa） | ≥50 |
| 抗弯强度（MPa） | ≥30 ，且不得呈脆性破坏 |
| 钢-钢拉伸抗剪强度标准值（MPa） | | ≥ 10 |
| 不挥发物含量（固体含量）（%） | | ≥99 |

**C.2.2** 施工工艺

1 定位：确定需要进行作业裂缝位置。

2 裂缝表面处理：沿裂缝走向，用喷砂机或砂轮机对裂缝两侧各30mm-50mm 范围内的原构件混凝土表面平整打磨，至露出坚实的骨料新面，清除表面尘土、浮浆、污垢、油渍、原有涂装、抹灰层或其他饰面层；除去裸露钢筋表面的锈迹及油污；清除裂缝内的灰尘等杂物，采用工业丙酮擦拭构件表面。

3 配胶：按配比和用量配制环氧树脂胶。

4 封缝：用小铲将环氧树脂胶刮抹至裂缝，厚度1～2mm，宽度4～5cm，抹胶时要刮抹平整，保证封闭可靠。

**C.2.3** 质量检验与验收

质量检验与验收应符合现行《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG 5220-2020）的规定。

## **C.3 混凝土裂缝压力注胶修补**

混凝土裂缝注胶修补适用于裂缝宽度大于等于0.15mm 的裂缝处理，施工流程为：裂缝缝口处理→粘贴注胶底座→封缝→密封检查→配胶→灌胶→成品保护。

**C.3.1** 材料技术指标

裂缝修补用胶采用改性环氧胶黏剂，其填料必需在工厂制胶时添加，严禁在施工现场掺入。裂缝修复胶应进行毒性检验，对完全固化的胶黏剂，其检验结果应符合无毒卫生等级的规定。胶黏剂性能应满足现行《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）性能要求，具体见表 C.3.1。

**表 C.3.1 裂缝修补用胶安全技术指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 性能项目 | | 性能指标 |
| 浆体  性能 | 抗拉强度（MPa） | ≥20 |
| 抗拉弹性模量（MPa） | ≥ 1500 |
| 抗压强度（MPa） | ≥50 |
| 抗弯强度（MPa） | ≥30 ，且不得呈脆性破坏 |
| 钢-钢拉伸抗剪强度标准值（MPa） | | ≥ 10 |
| 不挥发物含量（固体含量）（%） | | ≥99 |
| 可灌注性 | | 在规定的压力下，能注入宽度为0.1mm |

**C.3.2** 施工工艺

1 裂缝缝口处理：用钢丝刷或砂轮等工具，清除裂缝表面的灰尘、浮渣及松散层等污物；用压缩空气吹出裂缝内的灰尘；沿裂缝两侧用棉丝沾丙酮擦洗干净并保持干燥。处理范围沿裂缝走向宽30mm~50mm。处理后工作面应平顺、干燥、无油污。

2 粘贴注胶底座：底座底部周边均匀涂抹一层封缝胶，底座出胶孔对准裂缝处粘贴安装。底座安装间距一般为200～300mm 。涂抹封缝胶时不得封堵底座的处胶孔。

3 封缝：用小铲将封缝胶刮抹到裂缝上，厚度 1mm左右，宽度20～30mm，抹胶时应防止产生小孔和气泡，要刮平整，保证封闭可靠。

4 密封检查：裂缝封闭后应进行压气试漏，待封缝胶达到强度时，沿裂缝涂一层肥皂水，从注胶底座通入压缩空气，若有气泡冒出说明该处漏气，作好标记。用密封胶对漏气的区域进行封闭，待达到强度时再气检，如此反复直至不漏气为止。

5 配胶：按配比和用量分别提取双组份原料，将双组分原料倒入干净容器，混合搅拌至颜色均匀后使用。一次配胶量不宜过多，以40min~50min用完为宜。

6 灌胶：将配制好的灌缝胶装入注射器，竖向裂缝、斜向裂缝按从下向上顺序，水平裂缝按从一端向另一端顺序灌胶。灌胶时从第一个底座开始注入，待第二个注胶底座流出胶后为止，然后将第一个底座进胶嘴堵死，再从第二个注胶底座注入，如此顺序进行。最后一个注胶底座为排气用，可不注胶。注胶应根据胶液流动性选择注胶压力，一般为0.1MPa~0.4MPa。

7 成品保护：灌胶结束后，在24h内不得扰动注胶底座，3～5天后可拆除底座。

**C.3.3** 质量检验与验收

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》（JTG5220） 的规定。

## **C.4 混凝土表观缺陷修复**

混凝土表观缺陷修复适用于构件表面蜂窝麻面、空洞、水蚀，胀裂剥落、露筋以及小面积破损等缺陷的修补。

**C.4.1** 材料技术指标

混凝土表面缺陷修复用材料可选择无收缩水泥加固料、聚合物水泥修补砂浆、改性环氧混凝土（砂浆）等可靠的修补材料，材料应满足与原混凝土基面粘结密实等要求，其性能指标应符合现行《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728）中相关要求，具体见下表 C.4.1。

**表 C.4.1 混凝土表观缺陷修复材料技术指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 性能项目 | | | 性能指标 |
| 材料性  能 | 劈裂抗拉（MPa） | | ≥5.5 |
| 抗折强度（MPa） | | ≥ 10 |
| 抗压强度（MPa） | 7d | ≥30 |
| 14d | ≥45 |
| 粘结能  力 | 与钢丝绳粘结抗剪强度（MPa） | 标准值 | ≥5 |
| 与混凝土正拉粘结强度（MPa） | | ≥2.5，且为混凝土内聚破坏 |
| 性能项目 | | | 性能指标 |
| 耐环境  作用能  力 | 耐湿热老化性能 | | 短期试验结果对比，与其钢丝绳粘结抗剪强度降低率不大于 15% |
| 耐冻融性能 | | 经受 50 次循环，与其钢丝绳粘结抗剪强度降低率不大于 10% |
| 耐水性能 | | ≥ 1.5 ，且为混凝土内聚破坏 |
| 收缩率（%） | | 28d | ≤0.1 |

**C.4.2** 施工工艺

施工工艺除应符合现行《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23-2008）的规定外，还应符合下列规定：

1 基面处理：采用人工机械打磨或高压水射流冲洗，清除待修复混凝土表面污垢和腐蚀、松动表皮，露出密实混凝土骨料，并清除外露钢筋锈蚀表皮；

2 涂刷界面剂：为确保修复层与原凝土结构的粘结性能，应涂刷界面剂；

3 修复缺陷：当缺陷深度不超过1cm时，应一次性修复完成；当缺陷深度超过1cm时，应分次修复，每次修复厚度不应超过1cm，间隔时间应在6h以上，并洒水养护，保持表面湿润；

4 修复后养护：缺陷修复后应及时进行养护。阳光照射强烈或易风干的部位，应使用表面封闭材料（如湿布料薄膜等）进行覆盖。

**C.4.3** 质量检验与验收

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 5220-2020）的规定。

## **C.5 钢筋锈蚀处理**

**C.5.1** 钢筋锈蚀处理方法适用于既有混凝土结构钢筋锈蚀的维修处理，包括混凝土表面缺陷修复中钢筋锈胀引起的混凝土脱落、露筋的维修处治。

**C.5.2** 一般构件钢筋，宜采用涂锈转化剂作为防锈措施；重要构件钢筋，宜采用牺牲阳极的阴极保护法作为防锈措施。

**C.5.3** 处于侵蚀性环境桥梁钢筋防锈宜采用渗透型阻锈剂，其质量及性能指标应符合现行国家、行业标准的相关规定；不得采用亚硝酸盐类为主要成分的阳性阻锈剂。

**C.5.4** 施工工艺

1 采用人工凿除方法清除结构表面因钢筋锈蚀而损坏的混凝土，使钢筋锈蚀段完全露出；

2 用喷砂枪或钢丝刷等工具清除钢筋锈迹；

3 喷涂阻锈剂或阴极保护；

4 修复结构表面。

**C.5.5** 质量检验与验收

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 5220-2020）的规定。

## **C.6 混凝土表面防腐涂装**

**C.6.1** 混凝土表面防腐涂装适用于边梁、接缝处梁体、泄水管周边及附近梁体、伸缩缝位置墩台及盖梁、腐蚀环境中墩柱干湿交接处、防撞护栏内侧（尤其是根部）等易受水侵害部位的表面防腐。

**C.6.2** 材料技术指标

常用防腐抗渗封闭涂层有：有机硅改性水泥聚合物（混凝土）腻子/防护涂料、硅烷浸渍剂、表面涂层（环氧富锌底漆+环氧云铁中间漆+氟碳树脂漆+氟碳面漆）、 薄层砂浆+氟硅涂料及聚脲涂料等。防腐涂装材料性能指标应符合现行《混凝土桥梁结构表面用防腐涂料》（JT/T 821. 1）中相关性能指标要求，见下表 C.6.2-1~C.6.2-6。

**表 C.6.2-1 有机硅改性水泥聚合物（混凝土）腻子技术指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术指标 |
| 外观 | 干粉状产品均匀无结块，液状产品搅拌后均匀无块状沉淀 |
| 施工性 | 刷涂无障碍 |
| 干燥时间（表干） | ≤4h |
| 与混凝土表面粘结强度 | ≥ 1.5MPa |
| 涂层耐碱性(48h) | 不起泡、不龟裂、不剥落 |
| 抗老化性能 | 老化试验 1000h 后，不粉化、不起泡、不龟裂、不剥落 |
| 抗氯离子侵入性 | 抗氯离子侵入试验 30d 后，氯离子穿过涂层片的透过量在  5.0×103mg/(cm2.d)以下 |

**表 C.6.2-2 硅烷浸渍材料技术指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 性能 | | 单位 | 技术要求 |
| 纯度 | 膏体 | % | ≥80 |
| 液体 | ≥98 |
| 硅氧烷含量 | | % | ≤0.3 |
| 可水解的氯化物含量 | | % | ≤0.01 |
| 活性 | | % | 100 |
| （不得以溶剂或其他液体）稀释 |
| 浸渍深度 | C45 以下 | mm | ≥3mm |
| C45 以上 | ≥2mm |
| 耐碱性试验（30d） | | / | 未出现起泡，龟裂，脱落现象 |
| 抗冻性（25 次） | | / | 外观无明显变化 |
| 吸水率平均值 | | mm/min½ | ≤0.01 |

**表 C.6.2-3 氟碳面漆技术指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术指标 |
| 1 | 不挥发物含量（%） | ≥55 |
| 2 | 细度 (μm） | ≤35 |
| 3 | 溶剂可溶物氟含量（%） | ≥24 |

**续表 C.6.2-3 氟碳面漆技术指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 4 | 干燥时间 | 表干(h)：≤ 1 ；实干(h)：≤ 12 |
| 5 | 弯曲性（mm） | ≤2 |
| 6 | 耐冲击性（kg.cm） | ≥50 |
| 7 | 耐磨性 500r/500g | ≤0.05 |
| 8 | 硬度 | ≥0.6 |
| 9 | 附着力（划圈法）（级） | 1 |
| 10 | 耐水性，24h | 涂膜无失光、变色、气泡等现象 |
| 11 | 耐酸性，H2SO4 ，240h |
| 12 | 耐碱性 |
| 13 | 适用期（h） | ≥5 |
| 14 | 重涂性 | 重涂无障碍 |

**表 C.6.2-4 聚脲弹性体涂料技术指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 技术指标 |
| 拉伸强度（MPa） | | ≥ 15 |
| 拉伸强度保持率 | 加热处理（%） | ≥ 100 |
| 碱处理（%） | ≥80 |
| 酸处理（%） | ≥80 |
| 紫外线老化（%） | ≥80 |
| 断裂伸长率 | 无处理（%） | ≥450 |
| 加热处理（%） | ≥450 |
| 碱处理（%） | ≥450 |
| 酸处理（%） | ≥450 |
| 紫外线老化（%） | ≥450 |
| 低温弯折性 | 无处理 | ≤-40℃ , 无裂纹 |
| 加热处理 |
| 碱处理 |
| 酸处理 |
| 紫外线老化，1500h |
| 耐碱性 | | 饱和 Ca(OH)2 溶液 500h 无开裂、无起皮剥落 |
| 凝胶时间 | | ≤45s |
| 表干时间 | | ≥45s ，≤ 10min |
| 实干时间 | | ≥60s ，≤30min |
| 不透水性 | | 0.4MPa，2h 不透水 |
| 加热伸缩率（%） | | ≥-4.0 ，≤ 1.0 |
| 固体含量（%） | | ≥98 |
| 与混凝土粘结强度（MPa） | | ≥2.5 或基材破坏 |
| 与潮湿基面粘结强度（MPa） | | ≥ 1.5 或基材破坏 |
| 撕裂强度（N/mm） | | ≥50 |
| 硬度 | | ≥90 |
| 冲击强度（kg.cm） | | ≥60 |
| 耐磨性（750g/500r）/mg | | ≤40 |

**表 C.6.2-5 环氧富锌底漆技术指标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 技术指标 | |
| 普通型 | 高固体分型 |
| 1 | 容器中状态 | | 淡黄色或其他透明均一液体 | |
| 2 | 细度 (μm） | | ≤ 15 | |
| 3 | 不挥发物含量（%） | | 40~50 | 70~90 |
| 4 | 干燥时间 | 表干（h） | ≤2 | ≤6 |
| 实干（h） | ≤ 12 | ≤24 |
| 5 | 黏度（涂-4 杯）（s） | | ≤25 | ≤35 |
| 6 | 柔韧性（mm） | | ≤2 | |
| 7 | 附着力（划圈法）（级） | | 1 | |
| 8 | 耐冲击性（cm） | | 50 | |

**表 C.6.2-6 环氧富锌云铁中间漆技术指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术指标 | |
| 普通型 | 高固体分型 |
| 1 | 容器中状态 | 搅拌混合后无硬块，呈均匀状态 | |
| 2 | 细度 (μm） | ≤90 | |
| 3 | 不挥发物含量（%） | ≥75 | ≥85 |

**续表 C.6.2-6 环氧富锌云铁中间漆技术指标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 4 | 密度（g/ml） | | 1.7~ 1.9 | |
| 5 | 干燥时间 | 表干（h） | ≤ 1 | ≤4 |
| 实干（h） | ≤8 | ≤24 |
| 6 | 流动挂性 (μm） | | ≥ 150 | ≥250 |
| 7 | 柔韧性（mm） | | ≤2 | |
| 8 | 附着力（划圈法）（级） | | 1 | |
| 9 | 耐冲击性（cm） | | 50 | |

**C.6.3** 施工工艺

施工工艺除应符合现行《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/T J23-2008）外，应符合下列规定：

1 施工前表面应坚实、清洁、无油污和其他污染物，对已老化疏松及表面油污染严重的结构要彻底凿除直到清洁坚固的基层，并用修补砂浆补强，以确保结构表面坚固完好，涂刷前基层应表面干燥；

2 在雨天、大风、暴晒等恶劣气候条件下禁止施工。

**C.6.4** 质量检验与验收

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 5220-2020）的规定。

## **C.7 钢构件除锈及防腐涂装**

**C.7.1** 钢构件除锈及防腐涂装适用于钢构件表面的锈蚀处理和表面防腐。

**C.7.2** 材料技术指标

常用防腐抗渗封闭涂层有：环氧富锌底漆+环氧云铁中间漆+丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆。防腐涂装材料性能指标应符合现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722-2023）中相关性能指标要求，具体见下表 C.7.2-1~C.7.2-4。

**表 C.7.2-1 钢结构外露部位油漆涂装表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 油漆名称 | 涂层道数 | 干膜厚度 (µm） |
| 1 | 环氧锌黄底漆 | 2 | 80 |
| 2 | 环氧云铁中间漆 | 1 | 40 |
| 3 | 丙烯酸聚氨酯面漆 | 2 | 80 |
| 4 | 干膜总厚合计 |  | 200 |

**表 C.7.2-2 环氧富锌底漆技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 技术指标 |
| 1 | 容器中状态 | | 搅拌均匀后无硬块，呈均匀状态；粉料呈微小  均匀粉末状态 |
| 2 | 不挥发物中的金属锌含量（%） | | ≥70 |
| 3 | 耐热性 (℃) | | 250℃ , 1h 漆膜完整，允许变色 |
| 4 | 不挥发物含量（%） | | ≥75 |
| 5 | 干燥时间 | 表干（h） | ≤2 |
| 实干（h） | ≥24 |
| 6 | 附着力（拉开法）（MPa） | | ≥5 |
| 7 | 耐冲击性（kg.cm） | | ≥50 |

**表 C.7.2-3 环氧富锌云铁中间漆技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 技术指标 |
| 1 | 容器中状态 | | 搅拌后无硬块，呈均匀状态 |
| 2 | 不挥发物含量（%） | | ≥75 |
| 3 | 干燥时间 | 表干（h） | ≤4 |
| 实干（h） | ≤24 |
| 4 | 附着力（拉开法）（MPa） | | ≥5 |
| 5 | 耐冲击性（kg.cm） | | ≥50 |

**表 C.7.2-4 丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 技术指标 |
| 1 | 不挥发物含量（%） | | ≥60 |
| 2 | 细度 (μm） | | ≤35 |
| 3 | 干燥时间 | 表干（h） | ≤2 |
| 实干（h） | ≤24 |
| 4 | 弯曲性（mm） | | ≤2 |
| 5 | 附着力（拉开法）（MPa） | | ≥5 |
| 6 | 耐冲击性（cm） | | 50 |
| 7 | 耐磨性 500r/500g,g | | ≤0.06 |
| 8 | 硬度 | | ≥0.6 |
| 9 | 适用期（h） | | ≥5 |
| 10 | 重涂性 | | 重涂无障碍 |

**C.7.3** 施工工艺

1 表面预处理

（1）喷砂前钢材表面沾污的油脂必须清除干净（推荐用清洗剂进行清洗）；

（2）抛丸/喷砂过程中和施工后，钢材表面必须避免油脂重新沾污。

2 抛丸/喷砂除锈

（1）环境条件：环境温度应高于大气露点3℃；相对湿度应小于或等于 85%， 遇下雨、结露等气候时，严禁进行桥面抛丸/喷砂除锈作业；

（2）磨料：抛丸所用磨料应采用符合国家标准要求的铸钢丸和铸钢砂，粒度宜为0.7～1.0mm，磨料必须保持干燥、清洁，不得使用被油脂等污染了的磨料；

（3）钢砂/丸配比：考虑到施工效率和除锈质量的要求，抛丸时所用磨料应在现场用钢丸和钢砂掺混使用，磨料型号与配比建议为：S330 型钢丸与 G25 型钢砂的掺混比为 7:3；

（4）抛丸机行走速度要调节适当，最好走1~2遍即达到粗糙度和清洁度要求；

（5）抛丸处理后的表面应注意保护，避免二次污染。油漆涂装前应对检验合格的除锈表面进行吹灰；

（6）喷砂除锈后应尽快施涂环氧富锌涂料，一般不应超过4h 。可分块进行表面处理，经自检和监理检验合格后，尽决进行油漆涂装。

3 涂层涂装

（1）涂装环境要求：施工环境温度5℃~38℃ , 空气相对湿度不大于85％，钢材表面温度大于露点3℃；在雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下，禁止户外施工；

（2）涂料配制和使用时间：涂料应充分搅拌均匀后方可施工，推荐采用电动或气动搅拌装置。双组分或多组分涂料应先将各组分分别搅拌均匀，再按比例配制并搅拌均匀。混合好的涂料按照产品说明书规定熟化。涂料使用时间按规定的适用期执行；

（3）涂覆方法：大面积喷涂应采用高压无气喷涂施工；细长、小面积以及复杂形状构件可采用空气喷涂或刷涂施工；不易喷涂到的部位应采用刷涂法进行预涂装或第一道底漆后补涂；

（4）涂覆间隔：按照设计要求和材料工艺进行底涂、中涂和面涂施工。每道涂层间隔时间应符合材料有关技术要求。超过最大重涂间隔时间时，进行拉毛处理后涂装。

**C.7.4** 质量检验与验收

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 5220-2020）的规定。

## **C.8 墩柱玻纤维套筒**

**C.8.1** 现有基础受水侵蚀严重，为保证结构设计寿命、提高结构耐久性，对破损桩基进行表面处理后使用水下玻纤防腐套筒进行防护，也可用于水下墩柱的预防养护。

**C.8.2** 材料技术指标

墩柱玻纤维套筒养护需要的材料主要有玻璃纤维和灌浆材料；材料性能指标应符合表 C.8.2-1~表 C.8.2-5及现行国家规范要求。

**表 C.8.2-1 玻纤套筒耐老化性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检验项目 | | 合格指标 |
| 拉伸强度 | 老化前（MPa） | ≥400 |
| 1000h（UV）老化后下降率（%） | ≤7.5 |
| 弯曲强度 | 老化前（MPa） | ≥200 |
| 1000h（UV）老化后下降率（%） | ≤7.5 |
| 弯曲弹性模量 | 老化前（MPa） | ≥20000 |
| 1000h（UV）老化后下降率（%） | ≤ 10 |

**表 C.8.2-2 玻纤套筒性能指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | | 合格指标 | 备注 |
| 拉伸强度（MPa） | 横向 | ≥400 | 玻纤套筒厚度为3-6mm |
| 纵向 | ≥400 |
| 弯曲强度（MPa） | 横向 | ≥200 |
| 纵向 | ≥200 |
| 弯曲弹性模量（MPa） | 横向 | ≥20000 |
| 纵向 | ≥ 15000 |
| 巴氏硬度 | | ≥35 |
| 吸水率（%） | | ≤0.7 |

**表 C.8.2-3 水下环氧灌浆料性能指标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | | | 检验条件 | 合格指标 |
| 拉伸强度（MPa） | | | 浇注完毕，养护 7d，到期立即在  （23±2）℃（50±5）%RH 条件下  测试 | ≥ 14 |
| 弯曲强度（MPa） | | | ≥50 |
| 压缩强度（MPa） | | | ≥85 |
| 静力受压弹 性模量 | 轴心抗压强度（MPa） | | ≥80 |
| 弹性模量（MPa） | | ≥ 10000 |
| 与混凝土基材的正拉粘接强度（MPa） | | | 浇注完毕，（23±2） ℃ ,  45%-70%RH 条件下养护 7d，到 期立即在（23±2）℃（50±5）%RH | ≥3.0 ，且为混凝土内聚破坏 |
| 与玻纤套筒基材的正拉粘接强度（MPa） | | | ≥ 1.5 ，且为界面破坏 |
| 收缩率（%） | | | 浇注完毕，养护 7d，到期立即在 （23±2）℃（50±5）%RH 条件下 | ≤0.05 |
| 苯（g/kg） | | | GB18583-2008 | 0 |
| 乙二胺（g/kg） | | | GB/T9722-2006 | 0 |
| 流动度（mm） | | 初始流动度 | —— | 130 |
| 20min 流动度 | —— | 130 |

**表 C.8.2-4 水下环氧封口胶性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检验项目 | 检验条件 | 合格指标 |
| 拉伸强度（MPa） | 浇注完毕，水下养护 7d， 到期立即在（23±2） ℃ （50±5）%RH 条件下测试 | ≥35 |
| 压缩强度（MPa） | ≥60 |
| 受拉弹性模量（MPa） | ≥2400 |
| 压缩弹性模量（MPa） | ≥ 1300 |
| 粘接强度（拉伸剪切强度 14d 潮湿固化）  （MPa） | 在（23±2） ℃（50±5）%RH 条件下测试 | ≥ 10 |

**表 C.8.2-5 水下环氧封顶胶性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检验项目 | 检验条件 | 合格指标 |
| 拉伸强度（MPa） | 浇注完毕，水下养护 7d， 到期立即在（23±2） ℃ （50±5）%RH 条件下测试 | ≥30 |
| 压缩强度（MPa） | ≥60 |
| 受拉弹性模量（MPa） | ≥4000 |
| 压缩弹性模量（MPa） | ≥ 1500 |
| 粘接强度（拉伸剪切强度 14d 潮湿固化）  （MPa） | 在（23±2） ℃（50±5）%RH 条件下测试 | ≥ 10 |

**C.8.3** 施工工艺

1 表面处理

清除原结构表面的尘土、浮浆、污垢、油渍、表面附着物、原有涂装或其他饰面层。对混凝土结构还应剔除风化、剥落、疏松、蜂窝、麻面、腐蚀等缺陷至露出骨料新面。对钢构件和钢筋，还应除锈、脱脂并打磨至露出金属光泽，增加与灌浆料的粘结力，基层处理范围应根据设计加固范围尺寸外扩 10cm。

2 玻纤套筒安装

（1）水下玻纤维套筒需根据桥墩桩基实际尺寸、形状进行定制加工。水下玻纤维套筒进场后需进行复测。安装前，根据处理后的桥墩桩基基面尺寸（最大尺寸为准）对水下玻纤维套筒进行裁剪或加长；

（2）清理水下玻纤维套筒表面污渍、灰尘等其他杂质，按照配比将搅拌好的水下环氧封口胶均匀涂抹在水下玻纤维套筒的锁扣槽内；

（3）根据设计加固高度，将水下玻纤维套筒撑开并包裹墩柱，水下玻纤维套筒内部需根据设计加固间隙配置限位器，限位器需采用菱形布置，保证水下玻纤维套筒与结构之间的间隙，水下玻纤维套筒需将一头插入到锁扣槽内不小于3cm。

3 水下玻纤维套筒的固定

（1）水下玻纤维套筒安装完毕后，需采用紧固带固定水下玻纤维套筒，通过紧固带张紧束缚，增加水下玻纤维套筒与结构间的摩擦力，紧固带安装完成后，水下玻纤维套筒不得出现滑移、变形、错位、脱落等现象，施工过程中应严密观察水下玻纤维套筒安装状况；紧固带安装需根据加固范围进行设置，当加固范围高度≤2m时，紧固带可在顶部及底部进行布置；当加固范围高度在2～5m范围内需在水下玻纤维套筒顶部、中部、底部布置三条紧固带；当加固范围高度＞5m 时，可根据项目实际情况增加紧固带用量；

（2）待紧固带安装完毕后，应对水下玻纤维套筒加固范围、安装情况（卡扣插入至少3cm)进行检查，待检查完毕无异议后，采用M8～M12外六角螺丝每隔10~ 15cm进行锚固固定。

4 水下玻纤维套筒底部密封

（1）底部密封材料选用可压缩材料进行密封安装；

（2）根据设计间隙，底部密封条厚度需大于设计间隙1.5～2.0倍进行密封安装，密封条安装完毕后水下玻纤维套筒与原结构之间不允许有空隙；

（3）按照合适的配比搅拌水下环氧灌浆料，并采用高位漏斗重力灌浆法，灌注水下环氧灌浆10~ 15cm后封底暂停，灌注完毕后需检查底部密封情况，如有泄漏需及时采取补救措施；

（4）水下密封浇筑材料需采用环氧基类灌浆料，环氧基类材料与原结构、水下玻纤维套筒应具有良好的粘接性能。

5 灌浆料灌注施工

（1）依据设计要求灌注水下灌浆料，加固材料宜采用水下环氧类灌浆料、水下不离析类水泥基灌浆料；

（2）采用水下环氧灌浆料进行灌注施工时，水下环氧灌浆料应具备在水下自流平、自密实、可在潮湿基面粘接固化；

（3）采用水下不离析类水泥基灌浆料，水下玻纤维套筒与原结构间隙不小于 5cm ，并采用导管插入玻纤维套筒底部进行灌注施工，灌注至顶部15cm后停止，并采用水下环氧类灌浆料进行顶部 15cm 封顶施工；

（4）灌注施工时需根据设计加固范围一次或分多次进行灌注施工，当加固范围高度≤2m时可一次性灌注至顶部；当加固范围高度＞2m时，需分多次进行灌注，每次灌注时间间隔不小于8小时（即常温 23℃时）；当温度低于23℃时，每次灌注时间间隔需依据厂家材料技术要求与厂家进行确定；

（5）灌注口的布置需根据桥墩桩基直径进行布置，通常布置2～4个灌注口。

6 顶部封顶胶密封

（1）待水下灌注材料施工完毕后，水下环氧封顶胶密封水下玻纤套筒与桥墩桩基连接处的顶部成斜截面；

（2）待全部施工完成后，常温下23℃时，灌浆料至少固化24小时后，方可拆除紧固带；当温度低于23℃时，依据厂家材料技术要求与厂家进行确定。

**C.8.4** 质量检验与验收

质量检验与验收应符合表 C.8.4 要求。

**表 C.8.4 水下玻纤维套筒安装及材料尺寸容许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检查项目 | | 合格标准 | 检查方法 | 频率 |
| 1 | 基面处理情况 | | 裸露钢筋除锈，松散混凝土清除，  磨毛、干净 | 目测或采用水下摄像头 | 全部 |
| 2 | 玻纤套筒尺寸误差 | | 尺寸偏差≤30mm | 钢尺测量 | 全部 |
| 3 | 玻纤套筒厚度误差 | | 厚度偏差≤0.5mm | 钢尺测量 | 全部 |
| 4 | 灌浆料厚度误差 | | 设计厚度±3.0mm | 钢尺测量 | 每构件3 处 |
| 5 | 灌注质量 | 空鼓面积 | 小于 1% | 小锤敲击法 | 全部或抽样 |
| 用量 | 大于 1.05 倍的理论用量 | 台秤 | 全部 |

## **C.9 墩台渗漏水处理**

**C.9.1** 施工工艺应符合下列规定：

在墩台顶部渗漏水流集中处应安裝埋设 PVC引排管将渗漏水集中引排，然后凃刷混凝土防腐抗渗封闭涂层。

**C.9.2** 质量检验与验收应符合下列规定：

墩台应无水流，PVC引排管周边应无渗漏水。

## **C.10 泄水管周围渗漏水处理**

**C.10.1** 施工工艺应符合下列规定：

1 泄水管破损，应进行更换处理；

2 泄水孔周围存在腐蚀或剥落混凝土，应对周围混凝土进行修复，并涂刷混凝土抗滲封闭涂层；

3 泄水孔周围存在缝隙，应沿泄水孔周围开槽，灌注聚合物水泥砂浆或环氧树脂胶进行封堵，并涂刷混凝土抗渗封闭涂层。

**C.10.2** 质量检验与验收应符合下列规定：

1 泄水管应无破损；

2 泄水孔应无堵塞、无渗漏水。

## **C.11 微表处**

**C.11.1** 微表处适用于结构性能良好、不存在结构性病害的桥面，应用前必须修复原桥面裂缝、坑槽病害。微表处可修复桥面车辙、松散、泛油病害，显著提高桥面的抗滑能力。

**C.11.2** 材料技术指标

微表处沥青采用BCR 改性乳化沥青，集料应选择坚硬、粗糙、耐磨、洁净的集料，其中粗集料采用玄武岩，细集料宜选择碱性石料生产的机制砂，并对超粒径颗粒筛除。微表处集料通过4.75mm 筛的合成矿料的砂当量不得低于65% 。材料技术指标应符合表 C.11.2-1~表 C.11.2-5 的规定。

**表 C.11.2-1 细集料性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测试项目 | 单位 | 技术要求 |
| 表观相对密度 | / | ≥2.50 |
| 坚固性（＞0.3mm 部分） | % | ≤ 12 |
| 含泥量（小于 0.075mm 的含量） | % | ≤3 |
| 砂当量 | % | ≥60 |
| 亚甲蓝值 | g/g | ≤25 |
| 棱角性（流动时间） | s | ≥30 |

**表 C.11.2-2 微表处混合料技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试项目 | | 单位 | 技术要求 |
| 可拌合时间 | | s | >120 |
| 粘聚力试验 | 30min（初凝时间）  60min（开放交通时间） | N.m  N.m | ≥ 1.2  ≥2.0 |
| 负荷轮碾压试验（LWT） | 粘附砂量轮迹宽度变化率 | g/m2 % | <450  <5 |
| 湿轮磨耗试验的磨耗（WTAT） | 浸水 1h 、浸水 6h | g/m2 | <540  <800 |

**表 C.11.2-3 粗集料性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测试项目 | 单位 | 技术要求 |
| 石料压碎值 | % | ≤26 |
| 洛杉矶磨耗损失 | % | ≤28 |
| 表观相对密度 | / | ≥2.60 |
| 吸水率 | % | ≤2.0 |
| 坚固性 | % | ≤ 12 |
| 针片状颗粒含量（混合料） | % | ≤ 15 |
| 其中粒径大于9.5mm | % | ≤ 12 |
| 其中粒径小于9.5mm | % | ≤ 18 |
| 水洗法<0.075mm 颗粒含量 | % | ≤ 1 |
| 软石含量 | % | ≤3 |
| 粗集料的磨光值 PSV | -- | ≥40 |

**表 C.11.2-4 BCR 改性乳化沥青性能指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试项目 | | 单位 | 技术要求 |
| 破乳速度 | | - | 慢裂 |
| 粒子电荷 | | - | 阳离子（+） |
| 筛上（1.18mm ）剩余量 | | % | 0.1 |
| 粘度 | 恩格尔拉粘度 E25 | - | 3～30 |
| 沥青标准粘度 C25 ，3 | s | 12～60 |
| 蒸发残留物 | 含量 | % | ≥60 |
| 针入度(100g，25℃,5s) | 0.1mm | 40～100 |

**表 C.11.2-4 BCR 改性乳化沥青性能指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 蒸发残留物 | 软化点 | ℃ | ≥53 |
| 延度（5℃) | Cm | ≥20 |
| 溶解度（三氯乙烯） | % | ≥97.5 |
| 贮存稳定性 | 1d | % | ≤ 1 |
| 5d | % | ≤5 |

**表 C.11.2-5 微表处矿料级配**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 筛孔尺寸(mm) | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| 通过率(%) | 100 | 70～90 | 45～70 | 28～50 | 19～34 | 12～25 | 7～18 | 5～15 |

**C.11.3** 施工工艺

施工工艺除应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的规定外，应符合下列规定：

1 微表处施做前，应对原路面的坑槽及裂缝等病害进行处治；

2 应在干燥情况下进行施工，且施工时气温不应低于 10℃;

3 封层铺筑机工作时应匀速前进，达到厚度均匀、表面平整的要求；

4 微表处铺筑后，必须待乳液破乳、水分蒸发、干燥成形后方可开放交通。固化成型前禁止一切车辆驶入，行人不得踏入，严格管制交通；

5 在进行桥面微表处施工时，桥梁伸缩缝处微表处摊铺后应立即由专人沿原缝位置进行清缝，缝的位置应与原缝位置相对应。

**C.11.4** 质量检验与验收

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 5220-2020） 的规定。

## **C.12 伸缩缝液体、液态止水带**

**C.12.1** 伸缩缝液体、液态止水带适用于伸缩缝原有橡胶止水带完好或老化、轻微破损。

**C.12.2** 材料技术指标液体、液态止水带材料具体技术指标见下表 C.12.2 所示。

**表 C.12.2 伸缩缝液体、液态止水带性能指标**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | | 技术指标 | |
| 25LM | 20LM |
| 1 | 外观 | | | 细腻、均匀膏状物或粘稠体，不应有气泡、结皮或凝胶 | |
| 2 | 流 动 性 | 下垂度（N 型）/mm | 垂直 | ≤3 | |
| 水平 | 无变形 | |
| 流平性（S 型） | | 光滑平整 | |
| 3 | 表干时间/h | | | ≤8 | |
| 4 | 挤出性/（mL/min） | | | ≥80 | |
| 5 | 弹性恢复率/% | | | 定伸 100%时 | 定伸60%时 |
| ≥70 | |

**C.12.3** 施工工艺

1 清缝：清除缝内垃圾，将残留于接口内的旧橡胶止水带清除干净；

2 清洁：清洁型钢内侧，清除锈渍及灰尘，用高压气喷将细沙及其他杂质吹净；

3 填嵌衬条：背衬材料要有压缩弹性、不吸水、不与胶体粘接，建议选用闭孔聚乙烯泡沫条。背衬材料应大于型钢间距约20%的比例，放置于缝内时，嵌稳压平，避免出现空洞；

4 注胶：将胶嘴伸入接口内，以确保胶体能由下往上灌满整个接口，胶内无气泡；

5 风干：注胶完成后应进行检查，以确保无缺胶、气泡等现象，如若发现应及时处理。胶体风干即可开放交通。

## **C.13 支座更换、复位**

**C.13.1** 施工工艺

1 搭设支架、施工平台

（1）桥台支座更换、复位利用桥台作为施工平台，对空间不够部位采用支架措施，以确保施工的安全实施；

（2）桥墩支座的更换、复位，采用特制钢挂架固定于墩身或盖梁上作为施工平台。

2 台帽、盖梁顶面清理

（1）清理台帽或盖梁顶面沉积的土石块及混凝土块，必要时可采用钢钎进行清理；

（2）用钢丝刷对台帽、盖梁顶面进行清洁，保证支座更换时作业面干净整洁；

（3）清理伸缩缝内沉积的垃圾和杂物，以防止顶升内梁体间互相挤压；

3 支座调查与复检

（1）对需更换、复位的支座部位进行确认和检查，现场记录支座位置、编号、病害情况，并拍照记录，照片应拍摄完整的施工工序即原状、更换、复位过程及更换完成情况，妥善保存检查记录，作为交工文件之一。

（2）根据支座的设计承载力及上部结构的布置等确定顶升重量及千斤顶的型号和数量。

（3）根据测量记录确定支座垫石顶面标高的调整高度。对于需要将普通支座更换、复位为四氟滑板支座的情况，应根据要更换的四氟滑板支座的型号、高度确定支座垫石改造后的顶面标高，以保证支座更换后桥面标高符合设计要求。

4 千斤顶、百分表安放与设置

（1）每个需更换、复位的支座处需设 2 个千斤顶（千斤顶型号应根据桥梁实际情况选用）。

（2）布设百分表：为精确测量顶升高度并在梁体顶升过程中控制梁体姿态，需在梁台两侧布设百分表，顶升过程中应有专人负责记录百分表读数。

5 顶升系统调试

6 试顶

1）试顶前的检查

（1）千斤顶安装是否垂直牢固；

（2）影响顶升的设施是否已全部拆除；

（3）顶升部分结构与其它结构的连接是否已全部去除。

2）顶升系统启动后现场各组人员各就各位，密切观察[桥梁](http://www.cnbridge.cn/)是否有异常状况出现，设备、仪表是否正常工作，显示读数是否在合理范围内。

3）控制顶升速度不超过1mm/分钟，最大顶升高度不超过5mm。

4）顶升就位后，持荷10分钟，观察梁体及设备状况。如有异常情况，应立即回油、落梁，问题解决后再进行试顶，直至梁体受力及设备运行正常。

5）顶升就位后，根据控制系统显示的顶升重量复核支座型号及各支座承受的压力，如有异常，则应考虑调整支座型号。

6）试顶正常后，应平稳落梁。

7 支座更换、复位

（1）用铁勾或人工移动旧支座，如旧支座已与垫石粘结而较难取出可用钢钎、铁锤敲击松动后再移动；

（2）用人工配合钢丝刷清洁支座垫石表面，如有支座下钢板，则应打磨除锈；

（3）测量垫石顶面标高，如顶不平整，则用环氧砂浆抹平。垫石顶面如需加高，则应采用环氧砂浆加高至设计标高并抹平；垫石顶面如需降低，则应钢钎凿除部分混凝土至设计标高并用环氧砂浆抹平。支座垫石顶面高程允许偏差不超过±2mm，顶面四角高差不超过1mm，轴线偏位不超过5mm；

（4）在支承垫石上根据设计标出支座位置中心线，同时在橡胶支座上也标出十字交叉中心线，将新的橡胶支座安放在垫石上，使支座的中心线与墩台的设计位置中心线重合，支座就位准确；

（5）所有支座更换完成后，再对安装的支座进行全面检查，确保各项指标满足设计及规范要求。

8 落梁

（1）落梁前在梁体两侧的桥台或桥墩挡块与梁体间加塞木板，防止落梁时梁体发生水平位移；

（2）开启同步顶升系统，平稳降落梁体；

（3）梁体就位后检查支座上下钢板与垫石、梁底之间的密贴情况，应尽量保证支座上下面全部密贴。如果支座出现偏心受压、不均匀支承或脱空的现象，则应重新顶升梁体，并在支座下钢板下加设钢板进行微调（厚度规格为1mm～3mm），直至支座上下面全部密贴；

（4）支座检查合格后拆除千斤顶、临时支承钢板等顶升设备；

（5）取出梁体与挡板间木板，清理施工废物及垃圾。

**C.13.2** 质量检验与验收

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 5220-2020）的规定。

## **C.14 桥面防水层**

**C.14.1** 材料技术指标

常用的桥面防水层材料有：热撒布沥青防水材料和水性环氧改性乳化沥青防水涂料。具体见下表 C.14.1-1~C.14.1-3。

**表 C.14.1-1 热撒布沥青防水材料防水层改性沥青性能指标要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试验项目 | | 性能指标 |
| 针入度（25℃ , 100g ，5s）（0.1mm） | | 40～60 |
| 软化点（环球法） (℃) | | ≥82 |
| 延度（5℃ , 5cm/min）（cm） | | ≥30 |
| 针入度指标 PI | | 实测记录 |
| 离析，软化点差 (℃) | | ≤2.5 |
| 25℃弹性恢复（%） | | ≥82 |
| 薄膜烘箱加热试验 | 质量损失（%） | ≤ 1.0 |
| 25℃针入度比（%） | ≥65 |
| 5℃延度（cm） | ≥ 15 |
| 闪点 (℃) | | ≥230 |
| 溶解度（%） | | ≥99.0 |
| 试验项目 | | 性能指标 |
| 沥青胶结料性能等级试验 | | |
| 初始沥青 76℃车辙因子 G×sinδ（kPa） | | ≥ 1.00 |
| 短期老化后 76℃车辙因子 G×sinδ（kPa） | | ≥2.20 |
| PAV 后 31℃疲劳因子 G×sinδ（kPa） | | ≤5000 |
| PAV 后-15℃弯梁蠕变劲度（MPa） | | ≤300 |
| PAV 后-15℃弯梁蠕变速率 | | ≥0.3 |

**表 C.14.1-2 热撒布沥青防水材料防水层施工机械要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 机具名称 | 用途 | 备注 |
| 高压除尘机、小铲、笤帚、 耙子、钢丝刷等 | 清理基层，清理多余石料 |  |
| 保护板、保护毡 | 保护护栏等，防止被污染 |  |
| 喷砂凿除设备或旋转、冲击凿除设备 | 凿除浮浆 |  |

**续表 C.14.1-2 热撒布沥青防水材料防水层施工机械要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 智能型沥青撒布车 | 喷洒沥青 | 具备计算机控制的加热保温、计量及 循环压力喷射系统等 |
| 碎石撒布车 | 撒布碎石 | 撒布、压平碎石 |
| 运输设备 | 运输材料 |  |
| 刷子等 | 人工涂刷防水材料 |  |

**表 C.14.1-3水性环氧改性乳化沥青水层改性沥青性能指标要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 类型 | |
| Ⅰ型 | Ⅱ型 |
| 干燥性，25℃ | 表干，h | ≤ 1 | ≤ 1 |
| 实干，h | ≤6 | ≤6 |
| 固含量，% | | ≥50 | ≥50 |
| 沥青标准粘度 C25.3 ，S | | 10~20 | 10~20 |
| 断裂延伸率，% | 标准条件 | ≥600 | ≥200 |
| 碱处理 | ≥600 | ≥ 160 |
| 盐处理 | ≥600 | ≥ 160 |
| 热处理 | ≥600 | ≥ 160 |
| 拉伸断裂强度，MPa | 标准条件 | ≥0.60 | ≥ 1.00 |
| 碱处理 | ≥0.45 | ≥0.75 |
| 盐处理 | ≥0.45 | ≥0.75 |
| 热处理 | ≥0.45 | ≥0.75 |
| 涂料与水泥混凝土粘结强度，MPa，23℃±2℃ | | ≥0.50 | ≥0.55 |
| 涂料在沥青混凝土与水泥混凝土间粘 结强度，MPa，23℃±2℃ | | ≥0.60 | ≥0.70 |
| 涂料在沥青混凝土与水泥混凝土间剪 切强度，MPa，23℃±2℃ | | ≥0.50 | ≥0.70 |
| 低温柔性，℃ | 标准条件 | -15 | -15 |
| 碱处理 | -10 | -10 |
| 盐处理 | -10 | -10 |
| 热处理 | -10 | -10 |
| 无裂纹 | | |
| 不透水性 | | 0.3MPa，30min 不透水 | 0.3MPa ，30min 不透水 |
| 耐热度，℃ | | 160 | 160 |
| 无流淌、滑动、滴落 | |
| 耐腐蚀性 | 耐碱20℃ | Ca(OH)2 中浸泡 15 天无异常 | |

沥青混凝土所用粗集料、细集料、填料和外加剂的技术要求应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的有关规定。

**C.14.2** 施工工艺

1 凿除桥面混凝土铺装层浮浆

1）防水层施工前，应利用具有旋转、冲击能力或喷砂技术的设备凿除桥面浮浆， 凿除深度应符合以下要求：

（1）凿除深度控制在 3～6mm；

（2）浮浆凿除后表面应露出混凝土骨料面，露出的骨料面积经目测约占全部面积的 40%以上；

（3）使用喷砂技术设备处理桥面浮浆，应认真选择磨料，磨料直径 350～840μm， 莫式矿物硬度不低于6.5级；

（4）施工人员应带口罩等必要防护用具，避免粉尘吸入影响身体健康。

2）浮浆凿除后应进行粉尘、石屑等杂物清理。

2 防水层施工

1）确定准确的满足要求的沥青撒布量。

2）阴角、转角等部位处理：

（1）应在地袱、防撞墙的阴角、转角等部位人工涂刷改性沥青或乳化沥青，涂刷残留沥青膜厚度 1.0～1.5mm ，涂刷高度 5cm；

（2）用改性沥青或乳化沥青涂刷泄水孔边缘和内部，内部处理深度 10cm以上， 沥青厚度 2～2.5mm。

（3）泄水孔周围应做泛水坡，保证孔口低于桥面铺装表面。

3 其它未尽事宜应按设现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）执行，设计文件如有特殊要求，应按设计文件执行。

**C.14.3** 质量检验与验收

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 5220-2020）的规定。

**附录D 桥梁预防养护常见病害典型照片**

**表D.1 桥梁上部结构常见病害典型照片**

|  |  |
| --- | --- |
| **图片2** | |
| 泄水管周边由于长期渗漏水，梁体混凝土剥落、露筋锈蚀 | |
| 图片5 | 图片6 |
| 现浇梁（板）混凝土剥落、破损、 露筋锈蚀 | |
| 图片11 | 图片10 |
| 图片9 | 图片8 |
| 空心板梁腹板及翼板混凝土剥落、锈胀、露筋锈蚀 | |
| 图片14 | 图片15 |
| 图片16 | 图片17 |
| T梁翼板混凝土剥落、露筋锈蚀 | |
|  |  |
|  | 图片18 |
| T梁马蹄表面纵向裂缝 | |
|  |  |
|  |  |
| 现浇箱梁混凝土表面裂缝 | |
|  | 图片25 |
| 图片23 | 图片24 |
| 现浇箱梁混凝土破损、剥落、露筋锈蚀 | |
|  |  |
| 现浇箱梁浇筑不密实、蜂窝麻面 | |
|  | |
| 现浇箱梁混凝土表面网状裂缝 | |
|  | DSC02281 |
| 钢管混凝土拱填充不密实、脱空 | |
| IMG_5705 | IMG_5722 |
| IMG_5698 | IMG_5699 |
| 斜拉索钢护筒锈蚀、防水橡胶圈老化、开裂 | |
| IMG_5703 | IMG_5704 |
| IMG_5767 | IMG_5772 |
| 斜拉索PE套管局部开裂、脏污 | |
| DSCN3724 | DSCN3733 |
| DSCN3751 | DSCN3801 |
| 吊杆锚头黄油乳化 | |
| 图片10 | 图片11 |
| 斜拉索下锚头表面锈蚀 | 斜拉索下锚头表面锈蚀 |
| 图片7 | 图片9 |
| 吊索橡胶减震块老化开裂 | 斜拉索下锚头钢防护罩油漆层起皮剥落 |
| DSC00368 | DSC00373 |
| 钢构件（索塔巡检通道）锈蚀 | |
| 图片1 | 图片2 |
| 悬索桥主索鞍室内积水 | 悬索桥索塔内积水 |
| 图片3 | 图片4 |
| 悬索桥钢桁梁高强螺栓锈蚀 | |
| 图片5 | 图片6 |
| 悬索桥钢桁梁高强螺栓缺失 | |
| 图片19 | 图片26 |
| 图片22 |  |
| 上部一般构件（横隔板）混凝土破损、空洞、孔洞、露筋锈蚀、表面裂缝 | |
| 图片12 | 图片13 |
| 板式橡胶支座脱空、破损 | |
| 图片1111 | 图片 |
| 盆式支座钢组件锈蚀 | |
|  | **图片7** |
|  |  |
| 主拱圈风化、渗水、砌缝脱落 | |
| 图片27 | 图片29 |
| 双曲拱拱波纵向裂缝 | |
| 图片30 | 图片32 |
| 双曲拱拱波与拱肋结合处纵向开裂、析白 | |
| 图片3 | 图片4 |
| 拱上侧墙脱裂 | |
| 图片5 | 图片6 |
| 拱上腹拱纵向裂缝 | |

**表D.2 桥梁下部结构常见病害典型照片**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
| 桥墩盖梁竖向裂缝 | |
| 图片34 | 图片35 |
| 图片38 | 图片39 |
| 图片36 | 图片37 |
| 桥墩盖梁及墩身立柱混凝土剥落、露筋锈蚀 | |
| 图片1 | 图片2 |
| 砌体墩台砌缝脱落、剥落 | |
| 图片40 | 图片41 |
| 护坡破损 | |

**表D.3 桥面系常见病害典型照片**

|  |  |
| --- | --- |
| 图片7 | **图片8** |
| 沥青桥面铺装车辙 | |
| 图片9 |  |
|  |  |
| 沥青混凝土铺装龟裂、裂缝、坑洞、破损 | |
|  |  |
| 桥面铺装粗骨料外露 | |
|  |  |
|  |  |
| 混凝土铺装破损、裂缝 | |
|  |  |
|  |  |
|  | 图片43 |
| 伸缩缝堵塞、橡胶条破损、型钢缺失、锚固混凝土破损 | |
|  |  |
|  |  |
| 混凝土护栏破损、锈胀露筋、裂缝 | |