

DB\*\*

陕西省地方标准

DB \*\*/ \*\*\*\*—\*\*\*\*

# 公路混凝土桥梁预防性养护技术规范

Code for preventive maintenance technical of Highway Concrete Bridges

(征求意见稿)

\*\*\*\*\_\*\*\_\*\*发布

\*\*\*\*\_\*\*\_\*\*实施

陕西省质量技术监督局 发布

## 目次

1	范围.....	1
2	规范性引用文件.....	1
3	术语和定义.....	1
4	基本规定.....	1
5	预防性养护检查与评定.....	2
6	预防性养护条件与时机.....	2
7	预防性养护设计.....	5
8	预防性养护施工.....	7
9	预防性养护质量检验与评价.....	9
附 录 A	.....	12
附 录 B	.....	13

## 前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由陕西省公路局提出并归口。

本标准起草单位：陕西省公路局，西安公路研究院有限公司

本标准主要起草人：乔娟、石雄伟、杨敏、许冰、王茜茜、苗建宝、张杰、王宣懿、景宏伟、  
王玥、刘颜滔、雷浪、赵庭、李京、王剑飞、魏程

本标准由陕西省公路局负责解释。

本标准为首次发布。

联系信息如下：

单位：

电话：

地址：

邮编：

# 公路混凝土桥梁预防性养护技术规范

## 1 范围

本文件规定了公路混凝土桥梁预防性养护的基本规定、检查与评定、条件与时机、设计、施工、质量检验与评价等方面的要求。

本文件适用于各等级公路混凝土桥梁预防性养护，其他桥梁可参考使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG 5120	公路桥涵养护规范
JTG 5220	公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JTG D60	公路桥涵设计通用规范
JTG/T H21	公路桥梁技术状况评定标准
JTG/T J22	公路桥梁加固设计规范
JTG/T J23	公路桥梁加固施工技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**桥梁预防性养护** **bridge preventive maintenance**

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。

[来源：JTG 5120，2.0.7，有修改]

### 3.2

**预防性养护检查** **preventive maintenance detection**

在经常检查、定期检查及特殊检查结果基础上，为进一步预判病害发展而进行的补充检查。

### 3.3

**预防性养护时机** **maintenance demand timing**

根据桥梁构件及材质状况的衰减情况，采用多目标优化方法确定桥梁预防性养护合理时间点。

## 4 基本规定

4.1 公路桥梁预防性养护应按照“预防为主、防治结合”的养护理念，通过修复桥梁非结构性损伤及提升材料耐久性的方式保持和改善桥梁技术状况，延缓桥梁结构性损伤的发生、发展，降低桥梁全寿命周期养护总费用。

4.2 应按照JTG 5120和相关规范规定对桥梁技术状况进行检测评定, 预测病害发展趋势, 基于费用-效益原则制定计划的、周期性的、主动性养护策略; 特大、特殊结构和特别重要桥梁宜制定预防性养护计划。

4.3 当桥梁主要或次要部件技术状况评定标度为2类时, 宜进行预防性养护; 评定为3类时应进行预防性养护、修复养护、加固或更换较大缺陷构件, 必要时可进行交通管制。

4.4 桥梁预防性养护倡导应用新技术、新材料、新设备、新工艺, 提高预防性养护的技术水平; 但应该做好相应预防性养护设计和施工方案的论证、审查工作。

4.5 施工前, 应对预防性养护桥梁的技术状况和病害情况进行复查; 并在预防性养护施工过程中加强观测与检查, 及时反馈信息指导施工。

4.6 桥梁预防性养护工作流程见图 1 所示。

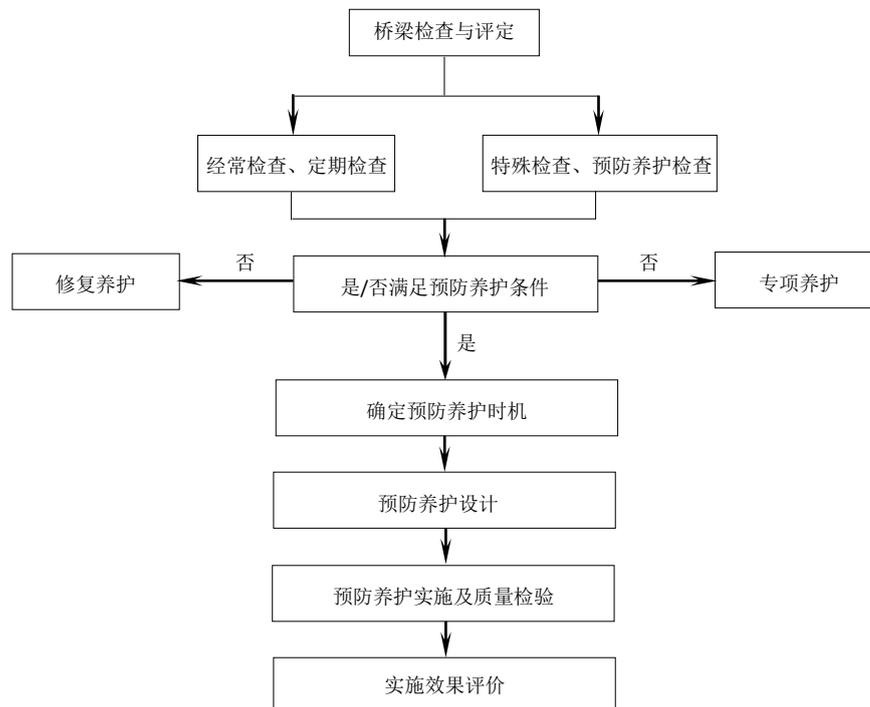


图1 桥梁预防性养护工作流程图

## 5 预防性养护检查与评定

5.1 按照JTG 5120中 I、II、III级要求检查内容和检查频率开展桥梁检查工作, 检查结果对桥梁技术状况进行评定, 评定应包括技术状况评定和适应性评定。

5.2 预防性养护检查以经常检查及定期检查为基础, 结合特殊检查, 根据预防性养护设计需求为进一步预判病害发展而开展针对性检查。全面、持续的掌握桥梁结构状态, 为判断养护时机和选择养护方法提供依据。

5.3 预防性养护检查宜采用精确、快速的无损检测仪器(设备)结合人工调查的方法。

5.4 桥梁预防性养护检查评定以桥梁构件和部件为主, 评定应符合 JTG/T H21 的规定。

5.5 确定预防性养护范围时, 主要以桥梁构件、部件、部位的评定结果为依据。

## 6 预防性养护条件与时机

### 6.1 桥梁结构预防性养护条件

6.1.1 上部结构构件典型病害预防性养护条件见表 1 所示。

表1 上部结构构件预防性养护条件

桥梁构件		预防性养护条件
混凝土梁式桥(钢筋混凝土、预应力混凝土)		蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2；混凝土保护层厚度评定标度为2~3；钢筋锈蚀评定标度为2~3；混凝土碳化评定标度为2；混凝土强度评定标度为2；跨中挠度评定标度为2~3；结构变位评定标度为2~3；预应力构件损伤评定标度为2~3；简支梁(板)桥、刚架桥裂缝评定标度为2；连续梁桥、连续刚构桥、悬臂梁桥和T形刚构桥裂缝评定标度为2。
支座	橡胶支座	板式支座老化变质、开裂评定标度为2~3；板式支座缺陷评定标度为2~3；板式支座位置串动、脱空或剪切超限评定标度为2；盆式支座组件损坏评定标度为2；聚四氟乙烯滑板磨损评定标度为2~3；盆式支座位移、转角超限评定标度为2~3。
	钢支座	钢支座组件或功能缺陷评定标度为2；钢支座位移、转角超限评定标度为2~3；钢支座部件磨损、裂缝评定标度为2。
	混凝土摆式支座	混凝土缺损评定标度为2；活动支座滑动不平整、咬死评定标度为2~3；轴承有裂纹、切口或偏移评定标度为2~3。

表2 拱式桥上部结构构件预防性养护条件

桥梁构件		预防性养护条件
钢筋混凝土拱桥	板、肋、箱拱桥主拱圈	主拱圈变形评定标度为2~3；主拱圈裂缝评定标度为2~3；渗水评定标度为2；拱铰功能受损评定标度为2~3；拱脚位移评定标度为2~4；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2；混凝土保护层厚度评定标度为2~3；钢筋锈蚀评定标度为2~3；混凝土碳化评定标度为2；混凝土强度评定标度为2。
	板、肋、箱拱桥拱上结构	实腹拱的侧墙与主拱圈脱裂评定标度为2；侧墙变形评定标度为2~3；拱上填料沉陷或开裂评定标度为2；空腹拱的腹拱或横向联结系变形、错位评定标度为2~3；立墙或立柱倾斜评定标度为2~3；表面缺陷评定标度为2；拱上结构裂缝评定标度为2；拱上填料排水不畅评定标度为2。
	刚架拱桥的刚架拱片及微弯板	跨中挠度评定标度为2~3；横系梁与拱片联结松动、开裂评定标度为2；微弯板穿孔、塌陷、露筋评定标度为2；裂缝评定标度为2；拱脚位移评定标度为2~4；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2。
	刚架拱桥横向联结系	混凝土压碎评定标度为2；连接部钢板锈蚀、断裂评定标度为2~3；裂缝评定标度为2；变形评定标度为2~3；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2。
	桁架拱桥的桁架拱片及微弯板	构件变形评定标度为2~3；拱片连接处混凝土断裂评定标度为2~3；上弦杆缺陷评定标度为2；裂缝评定标度为2；微弯板穿孔、塌陷、露筋评定标度为2；拱脚位移评定标度为2~4；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2。
	桁架拱桥的横向联结系	变形评定标度为2~3；裂缝评定标度为2；混凝土压碎评定标度为2；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2。
	拱肋、横向联结系	涂层缺陷评定标度为2；焊缝开裂评定标度为2；混凝土裂缝评定标度为2；杆件扭曲变形、局部损伤评定标度为2~3；构件腐蚀生锈评定标度为2；管内混凝土填充不密实或脱空评定标度为2；主拱圈评定标度为2~3；拱肋位移评定标度为2~4。
	立柱	混凝土裂缝评定标度为2；涂层缺陷评定标度为2；焊缝开裂评定标度为2；杆件扭曲变形、局部损伤评定标度为2~3；构件腐蚀生锈评定标度为2；管内混凝土填充不密实或脱空评定标度为2；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2；钢筋锈蚀评定标度为2~3。
	吊杆	渗水评定标度为2；锈蚀评定标度为2；锚头损坏评定标度为2；橡胶老化变质评定标度为2；防护套损坏评定标度为2；吊杆保护层破坏评定标度为2；断丝评定标度为2~3；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2。
	系杆及防护板	锈蚀评定标度为2；系杆外部涂层脱落评定标度为2；系杆连接松动评定标度为2~3；锚头、防护套损坏评定标度为2~3；断丝评定标度为2~3；混凝土裂缝评定标度为2；蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、掉角评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2。

6.1.2 下部结构构件典型病害预防性养护条件见表3所示。

表3 下部结构构件预防性养护条件

桥梁构件		预防性养护条件
桥墩	墩身	蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、露筋评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2；钢筋锈蚀评定标度为2；混凝土碳化、腐蚀评定标度为2；磨损评定标度为2；位移评定标度为2~3；裂缝评定标度为2。
	盖梁和系梁	蜂窝、麻面评定标度为2；剥落、露筋评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2；钢筋锈蚀评定标度为2；混凝土碳化、腐蚀评定标度为2；裂缝评定标度为2。
桥台	台身	剥落评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2；磨损评定标度为2；混凝土碳化、腐蚀评定标度为2；桥头跳车评定标度为2~3；台背排水状况评定标度为2；位移评定标度为2~3；裂缝评定标度为2。
	台帽	破损评定标度为2；混凝土碳化、腐蚀评定标度为2；裂缝评定标度为2；空洞、孔洞评定标度为2。
基础		冲刷、淘空评定标度为2~3；剥落、露筋评定标度为2~3；冲蚀评定标度为2；河底铺砌损坏
翼墙、耳墙		破损评定标度为2；位移评定标度为2~3；鼓肚、砌体松动评定标度为2；裂缝评定标度为2。
锥坡、护坡		缺陷评定标度为2；冲刷评定标度为2。
河床及调治构造物	河床	堵塞评定标度为2；冲刷评定标度为2；河床变迁评定标度为2。
	调治构造物	损坏评定标度为2；冲刷、变形评定标度为2。

6.1.3 桥面系结构典型病害预防性养护条件见表4所示。

表4 桥面系结构预防性养护条件

桥梁构件	预防性养护条件
沥青混凝土桥面铺装	变形评定标度为2；泛油评定标度为2；破损评定标度为2；裂缝评定标度为2。
水泥混凝土桥面铺装	磨光、脱皮、露骨评定标度为2；错台评定标度为2；坑洞评定标度为2；剥落评定标度为2；拱起评定标度为2；接缝料损坏评定标度为2；裂缝评定标度为2。
伸缩装置	凹凸不平评定标度为2；锚固区缺陷评定标度为2；破损评定标度为2；失效评定标度为2。
栏杆、护栏	破损评定标度为2。
防排水系统	排水不畅评定标度为2；泄水管、引水槽缺陷评定标度为2。

## 6.2 构件材料性能预防性养护条件

6.2.1 针对一般大气环境混凝土碳化导致钢筋锈蚀的预防性养护，应符合下列规定：

- a) 当混凝土碳化深度超过保护层厚度的 1/2 且碳化前沿距离钢筋表面大于 10mm 时，宜进行预防性养护。
- b) 当混凝土碳化前沿距离钢筋表面不足 10mm 且钢筋未出现明显锈蚀时，应进行预防性养护。

6.2.2 针对氯化物环境氯盐腐蚀导致钢筋锈蚀的预防性养护，应符合下列规定：

- a) 当混凝土中临界氯离子浓度侵蚀深度超过保护层厚度的 1/2 且距离钢筋表面大于 10mm 时，宜进行预防性养护。
- b) 当混凝土中临界氯离子浓度侵蚀深度距离钢筋表面不足 10mm 且钢筋未出现明显锈蚀时，应进行预防性养护。

6.2.3 针对硫酸盐腐蚀环境中混凝土构件预防性养护，应符合下列规定：

- a) 当构件表面存在白色析出物时，宜进行预防性养护。

- b) 当构件表面局部有起砂脱落时, 应进行预防性养护。
  - c) 当构件表面有露石现象、且面积不大于遭受侵蚀面积的 10%时, 应进行预防性养护。
  - d) 当构件抗硫酸盐侵蚀剩余耐久年限在 5-10 年时, 应进行预防性养护。
- 6.2.4 针对冻融环境中混凝土构件的预防性养护, 应符合下列规定:
- a) 当构件表面存在灰浆掉皮、起砂时, 应进行预防性养护。
  - b) 当构件表面有露石、且露石面积不大于构件遭受冻融面积的 30%时, 应进行预防性养护。
  - c) 对于受冻雨影响突出的构件, 应进行预防性养护。
- 6.2.5 针对混凝土构件磨蚀的预防性养护, 应符合下列规定:
- a) 当构件表面存在灰浆掉皮、起砂时, 宜进行预防性养护。
  - b) 当构件表面有露骨料现象时, 应进行预防性养护。

### 6.3 桥梁预防性养护时机

- 6.3.1 预防性养护的时机应是在桥梁整体性能尚处于良好状况, 或在病害出现先兆之时, 如出现结构性损坏, 则应进行修复性养护。
- 6.3.2 可采用物理模型或数据驱动模型模拟桥梁退化, 以技术状况、可靠度、费用效益比及寿命周期养护总费用最低等参数采用多目标优化方法确定桥梁预防性养护时机。详见附录A。
- 6.3.3 经评估结构病害继续发展将导致结构抗力、刚度、横向整体性和基础变位等性能快速退化, 则应采取预防性养护、修复养护等措施, 详见附录B。
- 6.3.4 预防性养护时机还需综合考虑适合预防性养护的时间范围, 可与养护工程一并实施。
- 6.3.5 可通过对预防性养护的跟踪观测, 为后续的养护时机确定提供依据。
- 6.3.6 对可能影响结构安全的病害未采取措施前, 应对构件进行跟踪监测; 主要监测内容包括构件异常变形、变位和典型裂缝等; 监测出现异常应立即进行应急处置。

## 7 预防性养护设计

### 7.1 预防性养护设计流程

- 7.1.1 预防性养护设计前应对桥梁的技术状况及病害进行复核, 根据历年桥梁检测结果掌握桥梁病害变化状况。
- 7.1.2 对典型病害进行原因分析, 根据病害情况进行必要的计算与理论分析, 进一步预判病害发展, 并确定预防性养护范围。
- 7.1.3 根据病害可能的发展情况, 结合桥梁结构类型、环境条件、技术适用性等形成初步的预防性养护方案; 并从经济效益、交通组织、养护效果等方面进行比选确定预防性养护方案。
- 7.1.4 预防性养护设计流程见图2所示。
- 7.1.5 预防性养护材料要求及设计要求应符合JTG/T J22的规定。

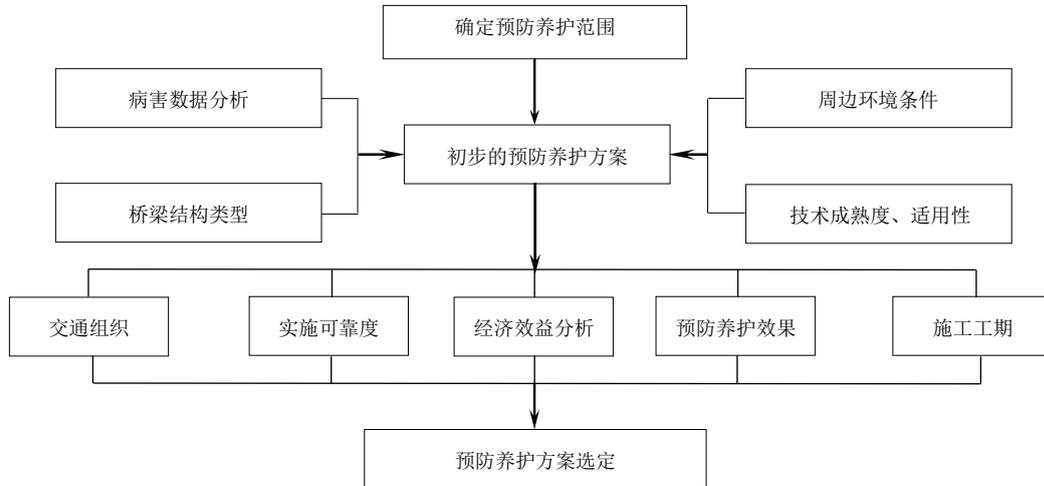


图2 预防性养护设计流程

## 7.2 常用养护措施

7.2.1 桥梁预防性养护措施梁式桥上部结构常用预防性养护措施见表5。

表5 梁式桥上部结构常用预防性养护措施

构件	梁式桥病害类型	养护措施
承重构件	裂缝	裂缝封闭
	蜂窝、麻面；剥落、掉角；空洞或孔洞	表面涂抹（水泥混凝土、聚合物混凝土、树脂混凝土、高抗渗混凝土及砂浆）、贴碳纤维布、贴玻璃纤维布、粘结界面胶
	混凝土碳化、混凝土保护层厚度不足	耐久性封闭防护、阴极保护
	钢筋锈蚀	高抗渗混凝土或砂浆修补，涂层防护（喷保护剂、阻锈剂、表面憎水浸渍、硅烷涂层）
	碳化深度超限、氯离子浓度侵蚀深度	表面防护涂层、表面薄层替换、涂刷渗透型钢筋阻锈剂
	冻融或磨蚀导致掉皮、起砂	表面薄层修复并涂刷防护涂层
	冻融或磨蚀导致骨料外露	更高强度等级耐磨细石混凝土或砂浆修复
一般构件	跨中变形；构件变形；结构位移	加强监测，必要时采取加固措施
支座	横向联系减弱	空心板铰缝注胶；装配式箱梁或者T梁修复或增设横隔板；重新铺筑并加厚混凝土厚度
	板式支座老化变质、开裂，位置串动、脱空或剪切超限	更换支座
	盆式支座组件损坏、聚四氟乙烯滑板磨损，位移、转角超限	
	钢支座位移、转角超限	
	混凝土摆式支座不平整、咬死	更换锚螺杆
横（竖）向支座锚螺杆剪切变形		

7.2.2 桥梁下部结构常用预防性养护措施见表6。

表6 桥梁下部结构常用预防性养护措施

构件	病害类型	处理措施
盖梁、墩台	剥落、露筋、胀裂	表面涂抹、贴碳纤维布、贴玻璃纤维布、粘结界面胶
	裂缝	裂缝封闭
	过渡墩渗漏水	引排
墩台基础	冲刷、掏空	填土、石压实，混凝土修补
	基础沉降	注浆处理；基础沉降监测
	基础裂缝	裂缝封闭
翼墙、台后挡土墙	鼓肚、砌体松动	1) 因台后填土膨胀，换填并修复 2) 因砌体质量问题，重新修复
锥坡、护坡	位移	夯实填土
	冲刷	填土、石压实

7.2.3 桥面系常用预防性养护措施见表7。

表7 桥面系常用预防性养护措施

构件	病害类型	处理措施
桥面铺装 (混凝土)	磨光、脱皮、露骨	修补、铣刨重铺
	错台	
	坑洞	
桥面铺装 (沥青)	变形(车辙、推移)	
	波浪拥包	
	泛油	
	坑槽	
桥面连续	墩顶横桥向裂缝	弹性材料灌缝
伸缩缝	橡胶止水条破损	更换橡胶止水条
	锚固混凝土开裂、破损	封闭裂缝、破损修补、凿除修复
	钢构件破损、松动	修复或更换
栏杆护栏	栏杆锈蚀	除锈处理
排水系统	泄水孔堵塞、缺失	疏通、更换

## 8 预防性养护施工

### 8.1 混凝土裂缝封闭

8.1.1 当裂缝区的钢筋锈蚀时，或由于钢筋锈胀引起的混凝土开裂，应先对钢筋进行除锈和防锈处理，再进行裂缝封闭。

8.1.2 对裂缝进行全面的调查，现场核实裂缝数量、长度、宽度等，并对裂缝编号，做好记录，绘制裂缝分布图。

8.1.3 混凝土裂缝封闭材料选用及施工要求应符合JTG/T J23的规定。

## 8.2 混凝土缺陷修复

- 8.2.1 桥梁混凝土表层缺陷一般包括：蜂窝、麻面；剥落、掉角；空洞、孔洞；混凝土表面锈迹及钢筋锈胀。
- 8.2.2 表层缺陷区的有钢筋锈蚀时，应先对钢筋除锈后，再进行表层缺陷修补。
- 8.2.3 混凝土表层缺陷修补方法：
- 直接涂抹法：适用于表层缺陷区表面无松散且无钢筋锈蚀。如较小的蜂窝、麻面、剥落、空洞等。
  - 凿除后涂抹法：适用于表层缺陷区表面松散、缺陷区有钢筋锈蚀、混凝土表面锈迹及钢筋锈胀。
  - 压力注浆法：适用于较深或表层松散清除困难的表层缺陷。
- 8.2.4 采用水泥砂浆、聚合物水泥砂浆及改性环氧砂浆修补的施工要求应符合JTG/T J23的规定。

## 8.3 混凝土耐久性防护

- 8.3.1 耐久性防护材料应具有良好的耐酸性、耐碱性、耐盐性和耐水性，并应具有良好的附着力和抗冲击性。
- 8.3.2 施工温度为5℃~40℃，空气相对湿度为85%以下，混凝土结构应干燥，表面应清洁。在雨、雾、雪、风和较大灰尘的条件下，避免户外施工。
- 8.3.3 混凝土耐久性防护施工方法：
- 刷涂：用于难以涂装部位的预涂装和补涂，如蜂窝、凹角和凸沿等。
  - 辊涂：辊子的类型和尺寸应与工作面相适应。
  - 喷涂：包括低压空气喷涂、无气喷涂、空气辅助型无气喷涂等。涂料黏度、喷涂压力、喷嘴类型、喷嘴与工作面距离以及喷涂扇面等参数应按说明书进行核对验证。

## 8.4 钢筋锈蚀处理

- 8.4.1 混凝土表层缺陷处理前应对生锈钢筋进行除锈，缺陷处理后宜在修补范围及周边涂刷渗透型阻锈剂。
- 8.4.2 阻锈剂的质量及性能指标应符合有关现行国家、行业标准的相关规定。
- 8.4.3 新浇筑混凝土采用阻锈剂溶液时，混凝土拌和物的搅拌时间应延长1min；采用阻锈剂粉剂时，应延长3min。

## 8.5 墩台渗漏水处理

- 8.5.1 施工流程应符合下列规定：在墩台顶部渗漏水集中处应安装埋设引排管，将渗漏水集中引排。
- 8.5.2 质量检验与验收应符合下列规定：墩台应无水流，引排管周边应无渗漏水。

## 8.6 桥台及基础防护

- 8.6.1 桥台下沉时，可采用的预防性养护措施包括裂缝封闭、灌浆处理，更换损坏的砌块、地基加固等。
- 8.6.2 基础冲蚀或轻微磨损时，可使用的预养护措施是聚合物砂浆修复、回填或抛石防护等。

## 8.7 更换支座

- 8.7.1 新支座的构造应符合设计要求及相关行业规定。
- 8.7.2 整体更换支座施工方案，应通过计算，确定更换支座的批次，顶、落梁的位移量及工序。
- 8.7.3 测量原支座和新支座的高度差，调整施工确保梁体、桥面高程符合设计要求。
- 8.7.4 施工流程应符合 JTG/T J23 的规定。

## 9 预防性养护质量检验与评价

### 9.1 质量检验

#### 9.1.1 混凝土裂缝封闭

##### a) 基本要求

- 裂缝表面封闭和灌注所用的材料类别及质量应符合设计要求，固化后不应遗留有害化学物质。
- 采用表面封闭法处理裂缝时，应对缝口表面处理，使处理面平顺、干燥、无油污，处理范围沿裂缝走向宽30mm~50mm。
- 采用压力灌缝法处理裂缝时，应按设计要求程序施工，压浆嘴数量、规格和持压时间应符合设计要求。

##### b) 实测项目

表 8 裂缝表面封闭实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	处理长度 (mm)	符合设计要求	尺量：全部
2	裂缝表面封闭宽度 (mm)	≥20	尺量：2 点/条，抽查 20%
3	裂缝表面封闭厚度 (mm)	≥1	测厚仪：2 点/条，抽查 20%

表 9 裂缝注浆封闭实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 Δ	抗压强度	≥设计要求	GB2569-95
	抗拉强度	≥设计要求	GB2569-95
	抗弯强度	≥设计要求	GB7124-86
2	表面封闭	表面封闭不漏胶	目测：100%
3	布压浆嘴	在裂缝较窄处和交叉处布置，间距<30cm	现场抽检
4	补胶状况	记录补胶次数，统计进胶量	检查施工记录
5	持压	持压 20min 时，观察胶囊是否有压力	检查施工记录
6 Δ	含胶饱满情况	缝宽≥0.05mm 处有胶为合格	每 100 条裂缝取 1 条裂缝芯样评定

##### c) 外观质量

- 封缝表面颜色应与原结构混凝土颜色基本一致。
- 表面封缝材料固化后应均匀、平整，不得出现裂缝、脱落、鼓包、露孔等现象。

——灌浆裂缝表面不应遗留注胶器、注胶嘴、胶泥等施工残留物。

### 9.1.2 混凝土缺陷修复

#### a) 基本要求

——所用的砂、石、水泥、水、外掺剂及混合材料的质量和规格，应符合行业相关设计、施工规范要求。

——缺陷修补前应对混凝土表面蜂窝、空洞等缺陷进行处理，对锈蚀钢筋进行除锈处理，并使混凝土表面保持湿润、清洁。

——新旧混凝土结合处应进行凿毛处理，保证修补部分与原混凝土粘结良好。

——新浇混凝土应及时采取养生保护措施，保证修复质量。

#### b) 实测项目

**表 10 混凝土缺陷修复工程实测项目**

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 Δ	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG 5220 检查
2	空鼓率 (%)	≤5	锤敲、尺量: 100%
3	新旧混凝土结合面外观	无裂缝	目测: 30%
4	与原构造物高差 (mm)	<2	尺量: 3 处

**表 10 修补材料实测项目**

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1 Δ	强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG 5220 检查
2	空鼓率 (%)	≤5	锤敲、尺量: 100%
3	新旧面结合状况	无裂缝	目测: 30%
4	表观质量	平顺, 无明显凹凸, ±2mm	尺量: 3 处

#### c) 外观质量

表面平整, 色泽协调一致, 表面如有蜂窝、麻面, 应修复, 无裂纹。

### 9.1.3 混凝土耐久性防护

#### a) 基本要求

——所用耐久性防护材料 (包括现场配制的) 的品种、规格、技术性能和涂装工艺应符合设计要求。

——防护前应将混凝土的灰尘、油渍等清除干净, 并且整平处置。

——耐久性防护过程中的环境条件、各层时间间隔以及所使用的机具设备均应满足材料特性和工艺的要求。

#### b) 实测项目

**表 11 混凝土耐久性防护实测项目**

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	基底清洁度	表面无污垢	目测: 100%
2	附着力	1 级	画格法
3 Δ	涂层厚度 (mm)	符合设计要求	测厚仪: 每 50m <sup>2</sup> 5 处

#### c) 外观质量

涂层应牢固, 无脱皮, 涂层应无裂纹、起泡、流挂, 涂层应无返锈和露底。

### 9.1.4 钢筋锈蚀处理

- a) 锈转化剂应涂刷均匀，无遗漏。如果存在漏涂现象，应及时补涂。
- b) 施工过程中，应确保牺牲阳极与结构钢筋形成通路，必要时可采用万用表进行检测。

### 9.1.5 更换支座

#### a) 基本要求

- 支座底板调平砂浆应灌注密实，不得留有空洞。
- 支座上下各部件纵轴线应对正。
- 支座位置正确，不应发生偏斜、不均匀受力和脱空现象。

#### b) 实测项目

表12 更换支座实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差		检查方法和频率
1	支座中心横桥向偏位 (mm)	±2		经纬仪或钢尺；每支座
2	支座顺桥向偏位 (mm)	±10		经纬仪或拉线；每支座
3	支座高程 (mm)	符合设计规定；设计未规定时±5		水准仪；每支座
4	支座四角高差 (mm)	承压力≤500kN	±1	水准仪；每支座
		承压力>500kN	±2	

#### c) 外观质量

支座表面应保持清洁，支座附近杂物及灰尘应清除。

### 9.1.6 预防性养护质量检验其他要求应符合JTG 5220的规定。

## 9.2 效果评价

9.2.1 可对预防性养护的目标及实施过程进行评价，对加固效果从技术性、效益性、影响性、持续性进行综合评价。

9.2.2 可采用逻辑框架法、德尔菲评分法、成功度评价法、层次分析法及模糊评估方法等方法进行效果评价。

9.2.3 评估后如不能满足相应长期性能的要求，则应及时调整预防性养护措施。

## 附录 A

## (规范性附录)

## 桥梁预防性养护时机确定

桥梁运营期由于自身材料劣化、外界环境及荷载等因素影响，会发生性能退化，导致服役状态变差。需在桥梁结构寿命周期内进行性能评估，把握桥梁结构劣化规律，并在合适时机进行养护维修，保障桥梁运营安全。

## A.1 退化预测

A.1.1 结构性能退化预测可采用基于物理模型的退化机理方法及数据驱动模型分析方法。

A.1.2 物理模型通过模拟各因素及其耦合效应对桥梁结构退化的影响情况，建立钢筋锈蚀、混凝土碳化、氯离子渗透等长期劣化、损伤因素与结构承载力、刚度等性能参数间的定量关联模型，进而对桥梁结构性能退化趋势进行预测。

A.1.3 数据驱动模型通过历史统计数据来预测结构的状态，历史统计数据主要是桥梁检测和监测信息，其中蕴含着大量的结构状态信息，结合大数据分析技术、人工智能算法为检测信息的合理利用提供了科学技术手段，从而有效地预测桥梁退化情况。

A.1.4 数据驱动模型包含了回归模型、随机模型及人工智能模型，优先采用随机模型及人工智能模型。

## A.2 最佳预防性养护时机确定

A.1.1 桥梁防养护时机确定一般采用多目标优化考虑多个竞争目标的最佳平衡，形成一组用于目标之间的权衡分析的最佳预防性养护时机。

A.1.2 多目标优化的目标包括技术状况、可靠度等技术参数，处置效果以及全寿命周期养护总费用最低等。

A.1.3 预防性养护时机优化算法可采用遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等。

A.1.4 根据结构性能退化预测结果，结合多目标优化确定最佳预防性养护时机。

A.1.5 最佳养护时机确定流程见图A.1。

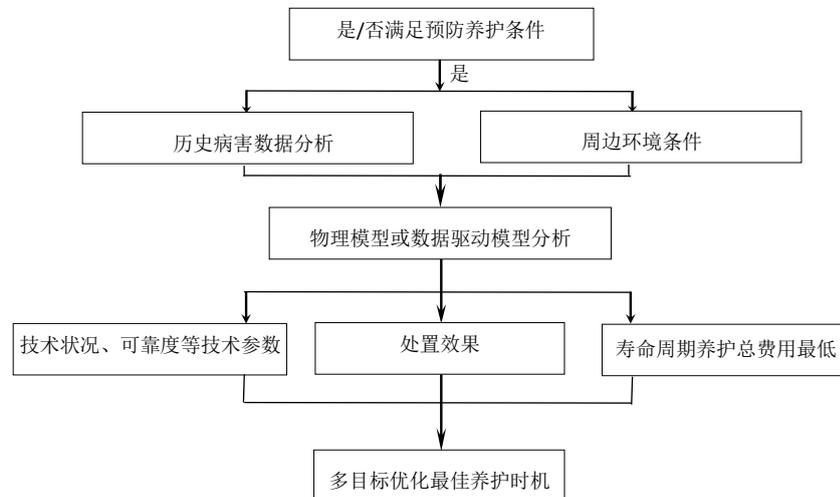


图 A.1 最佳养护时机确定流程图

**附 录 B**  
**(规范性附录)**

**结构常见病害预防性养护时机**

B.1 对于病害影响结构抗力，应在早期开展预防性养护进行处治：

**附B.1 结构承载能力危害处置时机**

序号	部件	病害	危害程度	处治时机
1	钢筋混凝土空心板梁	支点处八字开裂、跨中底板横向开裂	大	判定为受力裂缝
2	预应力混凝土空心板梁	支点处八字开裂、跨中底板横向开裂	大	出现裂缝
3	钢筋混凝土 T 梁	腹板开裂	大	判定为受力裂缝
4	预应力混凝土 T 梁	腹板开裂、马蹄底横向开裂	大	出现裂缝
5	预制小箱梁	底板横向开裂	大	出现裂缝
6	现浇箱梁	跨中或支点横向开裂	大	判定为受力裂缝
7	大跨径箱梁	开裂或跨中下挠	大	超出设计预期
8	拱肋	拱脚或拱顶开裂或变形（位）	大	超过设计预期
9	墩柱或桥塔	根部横向裂缝	大	判定为受力裂缝

B.2 对于病害或缺损将导致结构刚度快速下降，应在早期开展预防性养护进行处治：

**附B.2 结构刚度危害处置时机**

序号	部件	病害	危害程度	处治时机
1	大跨径箱梁	腹板开裂	大	超出设计预期
2	预应力 T 梁	腹板开裂	大	判定为受力裂缝
3	非预应力梁	底部横向开裂	大	缝宽超过设计规定
4	预应力结构	预应力损失或损伤	大	损失超过 10%

B.3 预制装配式结构横向联系部件病害将导致结构横向整体性变弱，应在早期开展预防性养护进行处治：

**附B.3 结构横向整体性危害处置时机**

序号	部件	病害	对横向整体性危害程度	处治时机
1	空心板梁	铰缝渗水、开裂	大	影响结构横向分布
2	T 梁/小箱梁	横隔板、湿接缝开裂	大	影响结构横向分布
3	板拱等	纵向开裂	大	缝宽评定为 3 类及之前

B.4 因地基沉降、承载力下降、变形或流水冲刷等将导致基础变位，应在早期开展预防性养护进行处治：

**附B.4 基础危害处置时机**

序号	部件	病害	危害程度	处治时机
1	桩基	冲刷	大	接近设计冲刷线
		地基软化/弱化	大	小于设计承载力
2	扩大基础	冲刷	次	影响结构承载力
		不均匀沉降	大	影响结构承载力
3	沉井基础	冲刷	大	影响结构承载力
		不均匀沉降	大	影响结构承载力