

JTG

中华人民共和国行业标准

JTG/T 51××-202×

公路钢结构桥梁养护技术规范

Technical Specifications of Maintenance for
Highway Steel Bridges

(征求意见稿)

202×-××-×× 发布

202×-××-×× 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“关于下达 2018 年度公路工程标准制修订项目计划的通知”（厅公路字【2018】244 号），中交第一公路勘察设计研究院有限公司作为第一主编单位组织有关专家承担《公路钢结构桥梁养护技术规范》的编制工作。

在编制过程中，编写组进行了国内多个地区钢结构桥梁养护管理调研，开展了各项专题调查与研究，吸取了国内外研究成果和相关钢结构桥梁养护经验，并借鉴了日本、美国等钢结构桥梁应用广泛的发达国家标准规范，与交通运输部《公路养护工程管理办法》（交公路发[2018]33 号）及国内相关规范作了比较和协调。通过召开技术交流会、座谈、工程现场交流等方式征求了有关单位和个人意见，经过反复讨论、修改，形成本规范。

本规范共分 11 章和 5 个附录，主要包括：

总则、钢结构桥梁养护基本规定、检查与评定、预防养护、通用养护、梁桥、拱桥上部结构、钢结构桥墩、桥面系及附属设施养护、养护技术管理等。

请各有关单位将执行本标准中所发现的问题和意见及时函告第一主编单位中交第一公路勘察设计研究院有限公司，联系人：于利存（地址：西安市雁塔区科技四路 205 号，邮政编码：710065，联系电话：029-88853000，电子邮箱：727705858@qq.com），以便修订时参考和研用。

主 编 单 位：

参 编 单 位：

主 编：

主要编写人员：

主 审：

参与审查人员：

目 录

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	钢结构桥梁养护基本规定.....	4
3.1	一般规定.....	4
3.2	养护工程分类.....	4
3.3	养护等级及质量标准.....	6
3.4	养护对策.....	7
4	钢结构桥梁检查与评定.....	8
4.1	一般规定.....	8
4.2	初始检查.....	9
4.3	日常巡查.....	10
4.4	经常检查.....	11
4.5	定期检查.....	13
4.6	结构监测.....	16
4.7	专项检查.....	18
4.8	钢结构桥梁评定.....	22
5	钢结构桥梁预防养护.....	24
5.1	一般规定.....	24
5.2	预防养护工作内容.....	24
5.3	预防养护决策.....	26
5.4	预防养护措施.....	27
6	钢结构桥梁通用养护.....	30
6.1	一般规定.....	30
6.2	防腐涂层养护.....	30
6.3	焊缝养护.....	33
6.4	螺栓养护.....	34
6.5	铆钉养护.....	36

6.6	裂纹维修.....	38
6.7	变形维修.....	39
7	钢结构梁桥上部结构养护.....	42
7.1	一般规定.....	42
7.2	钢板梁及钢—混凝土组合梁养护.....	46
7.3	钢箱梁养护.....	47
7.4	钢桁梁养护.....	50
8	钢结构拱桥上部结构养护.....	52
8.1	一般规定.....	52
8.2	拱肋及横撑养护.....	53
8.3	主梁养护.....	56
8.4	吊杆养护.....	56
8.5	系杆养护.....	60
9	钢结构桥墩养护.....	61
9.1	一般规定.....	61
9.2	钢盖梁及系梁养护.....	62
9.3	钢—混组合墩身养护.....	63
9.4	钢墩身养护.....	64
9.5	浪溅区钢桥墩养护.....	64
10	桥面系及附属设施养护.....	66
10.1	一般规定.....	66
10.2	支座养护.....	66
10.3	伸缩装置养护.....	67
10.4	钢桥面铺装养护.....	69
10.5	钢护栏、栏杆养护.....	71
10.6	排水系统养护.....	72
10.7	其它附属设施养护.....	72
11	养护技术管理.....	75
11.1	一般规定.....	75

11.2	桥梁检查管理.....	76
11.3	养护工程管理.....	77
11.4	养护技术档案管理.....	78
11.5	养护信息系统管理.....	79
11.6	监测系统管理.....	80
附录 A	日常巡查记录表.....	83
附录 B	钢结构桥梁典型病害检查记录表.....	84
附录 C	常用焊缝检测方法.....	89
附录 D	超高韧性混凝土桥面铺装修复正交异性钢桥面疲劳裂纹的方法.....	91
D.1	一般规定.....	91
D.2	修复方法.....	91
附录 E	钢结构桥梁养护技术资料清单.....	93
	本标准用词说明.....	94

1 总则

1.0.1 为加强公路钢结构桥梁养护工作，统一和规范钢结构桥梁养护技术标准，提高养护质量和服务水平，制订本规范。

1.0.2 本规范适用于公路钢结构桥梁及钢—混组合结构桥梁的养护工作，不适用于缆索体系结构桥梁涉及的斜拉索、主缆、吊索等内容的养护工作。

【条文说明】

本规范内容主要针对公路钢结构梁桥、拱桥及缆索体系桥梁中的钢梁养护，对于缆索体系结构桥梁涉及的斜拉索、主缆、吊索等构件的养护可按《公路缆索体系结构桥梁养护技术规范》执行。

1.0.3 公路钢结构桥梁养护工作应遵循“安全至上、预防为主、防治结合、经济耐久、绿色环保”的原则，并应符合下列要求：

- 1 保障结构完好、外观整洁和附属设施齐全完好。
- 2 配备必要的检测和养护设施。
- 3 推广应用先进的养护技术和科学的管理方法，适时实施预防养护。
- 4 重视资源节约和环境保护，积极推行绿色养护材料及施工技术。
- 5 保证养护作业安全，减少对交通的影响。

1.0.4 公路钢结构桥梁养护工作除应遵守本规范规定外，尚应符合国家其他现行有关标准、规范的规定。

2 术语

2.0.1 钢构件防腐涂层 anticorrosive coating for steel component

钢构件防腐涂层是指涂敷在钢构件表面上使之与周围介质隔离,以控制钢构件腐蚀的一种覆盖层。

2.0.2 疲劳裂纹 fatigue crack

疲劳裂纹是指经历一定次数的应力循环后,因损伤累积而由裂纹源发展成的宏观裂纹。

2.0.3 止裂孔 hole drilling

止裂孔是指钢构件出现裂纹后,为消除局部的应力集中,阻止裂纹的继续扩展,在裂纹端部或延伸方向钻打一定直径的圆孔。

2.0.4 热矫正 heat straightening

通过钢材局部加热,配合相应的机械方法进行钢构件变形矫正的方法。

2.0.5 冷矫正 cold straightening

在常温下用机械进行钢构件变形矫正的方法。

2.0.6 除湿 dehumidify

在密闭空间内注入干燥的空气,将钢体内部空气的相对湿度控制在较低范围,从而降低钢结构腐蚀的可能性。

2.0.7 超声波探伤 ultrasonic testing

利用超声波的发射、透射及衍射原理,检测钢结构缺陷的方法。

2.0.8 射线探伤 radiographic testing

利用 X、 γ 等射线检测钢结构缺陷,并在记录介质上显示其图像的方法。

2.0.9 磁粉探伤 magnetic particle testing

通过磁粉在缺陷附近漏磁场中的堆积以检测铁磁性材料表面或近表面处缺陷的探伤方法。

2.0.10 渗透探伤 penetrant testing

利用渗透液来检测构件表面缺陷的探伤方法。

征求意见稿

3 钢结构桥梁养护基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 公路钢结构桥梁养护应在全寿命周期内采用成本-效益最优的养护策略，维护其保持良好的技术状况、服务功能、安全水平和应急保障能力，延长使用寿命。

3.1.2 公路钢结构桥梁养护工程应按前期工作、计划编制、工程设计、工程施工、工程验收、监督检查的流程执行。

【条文说明】

本条从六个方面规定了公路钢结构桥梁养护的流程，与交通运输部颁发的《公路公路养护工程管理办法》的要求一致。

3.1.3 养护验收包括日常养护的定期验收和养护工程验收，并应符合养护设计要求。

3.1.4 公路钢结构桥梁养护应加强全过程安全管理，采取生产安全和交通安全等措施，加强环境保护工作。

3.1.5 公路钢结构桥梁养护鼓励采用新技术、新材料、新工艺、新设备，养护工程宜采用信息化管理平台进行全过程管理。

【条文说明】

对涉及工程质量和安全的新技术、新材料、新工艺、新设备，尚无相关标准可参照的，应当经过试验论证审查后方可规模化使用。

3.2 养护工程分类

3.2.1 按照养护目的和养护对象，公路钢结构桥梁养护工程分为预防养护、修复养护、专项养护和应急养护。

3.2.2 公路钢结构桥梁应建立日常养护和预防养护制度，根据需求和养护决策及时实施修复养护、专项养护或应急养护工程。

3.2.3 公路钢结构桥梁日常养护应包括日常巡查、保养和小修等工作，有条件时宜纳入系统管理工作，并应符合下列规定：

- 1 在公路钢结构桥梁养护年度内，应进行日常巡查和保养。
- 2 当公路钢结构桥梁出现局部轻微损坏时，应实施小修工程予以修复，修复时限应符合下列规定：
 - 1) 可能危及安全的损坏，应限时修复。
 - 2) 可能迅速发展的损坏，应限期修复。
 - 3) 对安全无明显影响且发展缓慢的损坏，可选择适宜施工的季节限期修复。
- 3 系统管理应包括对公路养护信息化管理系统和监测系统等的运行管理和维护，实时录入动态数据，监控运行状况，定期进行数据分析。
- 4 日常养护应及时做好相关记录。

【条文说明】

小修工程规定时限，主要根据病害特征、发育程度、发育速度、对安全影响程度、施工季节等因素综合确定。

3.2.4 当公路钢结构桥梁整体性能良好，尚未发生损坏但为预防病害的发生，或有轻微损坏和病害迹象时，应适时实施预防养护。

【条文说明】

预防养护是指桥梁技术状况等级为 1 或 2 类、有轻微病害，为延缓性能过快衰减、延长使用寿命而预先采取的主动防护工程，日常保养和小修等也属于预防养护工程。

3.2.5 当公路钢结构桥梁局部出现明显损坏，或局部丧失服务功能时，应实施修复养护工程。

【条文说明】

修复养护是指桥梁技术状况等级为 3 或 4 类、有明显病害，为恢复技术状况而进行的功能性、结构性修复或定期更换，包括大修、中修。

3.2.6 当出现下列情况时，应实施完善增设、加固改造或拆除重建等专项养护工程：

- 1 公路钢结构桥梁出现结构性较大损坏时。
- 2 公路钢结构桥梁通行能力和抗灾能力明显不足时。
- 3 公路钢结构桥梁因自然灾害和事故灾难等引发突发性损毁经抢修、抢通后，需恢复重建时。

【条文说明】

是指桥梁技术状况等级为 4 或 5 类，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。

3.2.7 修复养护和专项养护工程应及时实施并限期完成，病害发展缓慢的可择机实施。

3.2.8 当公路钢结构桥梁因突发自然灾害和事故灾难等造成损毁或引发重大安全隐患时，应及时实施应急养护进行抢通、抢修和保通。抢修后尚未达到损毁前的技术状况时，应进一步实施专项养护工程修复或重建。

3.2.9 各类养护工程主要作业内容应根据各类养护工程定义、养护对象工程特征、环境特征、技术状况等级、病害类型和程度等确定，宜符合表 3.2.8 的规定。

表 3.2.8 各类养护工程主要作业内容

养护类别	主要作业内容
日常养护	清除桥面杂物、积水、积雪和积冰，维护和保养桥面系、上部结构和下部结构各项设施，疏通桥面泄水孔，疏导桥下河槽等日常保养；修理桥面系、上部结构、下部结构的局部轻微损坏，修补河床铺底、防护圯工和调治构造物的轻微损坏等小修工程。
预防养护	钢桥面铺装，钢结构防腐、防锈、防侵蚀处理、吊杆油脂更换、支座添加润滑油、除湿系统等周期性预防处治，螺栓松动补拧、疲劳裂纹钻止裂孔，集中维护或更换伸缩缝、支座、排水系统、附属设施等构件。
修复养护	上部结构、下部结构、调治构造物等加固及修复，桥梁加宽、加高、重建、增设等。
专项养护	针对特定病害或阶段性重点养护而实施专项养护工程。
应急养护	因自然灾害或突发事故造成桥梁损毁、中断、产生重大安全隐患等而实施的应急性抢通、保通、抢修项目。

3.3 养护等级及质量标准

3.3.1 公路钢结构桥梁技术状况按 1 类、2 类、3 类、4 类、5 类划分，其评定分类按现行《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）执行。

3.3.2 公路钢结构桥梁养护检查分级划分为 I 级、II 级、III 级，划分标准应符合表 3.3.2 的规定。特别重要或技术状况等级为 4 类的桥梁养护检查等级应采用 I 级；技术状况为 3 类的大、中、小桥养护检查等级应在表 3.3.2 基础上提高一级。

表 3.3.2 公路钢结构桥梁养护等级划分标准

公路等级	养护等级划分		
	特大桥	大桥	中、小桥
高速公路，一、二级公路	I 级	II 级	II 级
三、四级公路	I 级	II 级	III 级

注：表中特大桥指单跨跨径 $L_k > 150\text{m}$ 的桥梁。

3.3.3 公路钢结构桥梁养护质量应保持良好的，不同等级道路上桥梁技术状况均不应低于 2 类。

【条文说明】

根据现行《公路桥涵养护规范》（JTG H11）、《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）并参照《城市桥梁养护技术标准》（CJJ 99）对应养护要求，不同等级道路上桥梁技术状况应不低于 2 类的要求是恰当的。

3.4 养护对策

3.4.1 根据公路钢结构桥梁日常巡查、经常检查发现的轻微病害，应及时采取日常养护或预防养护措施。

3.4.2 根据公路钢结构桥梁技术状况评级、病害情况和对结构安全影响程度等，及时组织专项检查和评定，分别采取不同的养护对策：

- 1 技术状况等级为 1 类时，进行日常养护。
- 2 技术状况等级为 2 类时，进行预防养护处理轻微损坏或病害迹象。
- 3 技术状况等级为 3 类时、或构件出现明显病害、局部丧失功能时，应实施修复养护工程，及时修复。
- 4 技术状况等级为 4 类时、或主要构件出现结构性损坏时，应根据病害严重程度，实施修复养护或专项养护工程，及时修复或加固。
- 5 技术状况等级为 5 类，或整体强度、刚度和稳定性不足时，应实施专项养护工程，及时加固、改建或重建。

3.4.3 对承载能力、通行能力和抗灾害能力中的任一项不能满足适应性评定的公路钢结构桥梁，应立即采取有效措施，提高其适应能力，使其满足适应性评定要求。

4 钢结构桥梁检查与评定

4.1 一般规定

4.1.1 钢结构桥梁检查类型分为初始检查、日常巡查、经常检查、定期检查和专项检查。

【条文说明】

钢结构桥梁检查根据其内容、周期及评估要求进行划分，检查类型和名称与《公路桥涵养护规范》（修编报批稿）保持一致。

4.1.2 各等级公路钢结构桥梁应按要求进行初始检查、日常巡查、经常检查和定期检查，必要时进行专项检查。

【条文说明】

钢结构桥梁各类检查应按本规范规定的频率、内容及方法执行。

4.1.3 现场检查前，应进行必要的资料收集，资料收集宜包括下列工作内容：

- 1 收集被检查钢结构桥梁的竣工图纸、施工记录、交、竣工、历史检查记录及报告、荷载试验报告、历史养护记录及图纸等资料；
- 2 调查被检查钢结构桥梁的现状、环境条件、历史检测、养护及改扩建等情况。

4.1.4 钢结构桥梁检查宜采用无损检测方法，积极采用新技术、新方法、新设备；若采用破损检查，检查后应及时修复破损处。

4.1.5 钢结构桥梁检查应持续跟踪检查历史病害，同一病害的多次检查数据应具有连续性。

【条文说明】

针对目前普遍存在同一桥梁的多次检查结果差异性大、连续性差，无法对病害的发展趋势分析提供有效的数据支撑，导致病害成因分析困难，故对检查数据连续性提出要求。

4.1.6 钢结构桥梁检查过程应采取措施保证检查人员和设备安全，对特殊环境下的检查应做专项安全作业控制方案。

【条文说明】

对通车桥面、高空、水下、密闭箱内等特殊环境下的检查作业的安全风险较高，应根据现行《公路养护安全作业规程》（JTG H30）制订专项安全作业控制方案。

4.1.7 钢结构桥梁各项检查均应进行判定或评定，并提出相应的桥梁养护需求或进一步的检查要求或必要的交通管制措施。

【条文说明】

钢结构桥梁各项检查结果应按《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）进行判定或评定。

4.1.8 钢结构桥梁中混凝土构件的检查应按现行《公路桥涵养护规范》（JTG H11）执行。

4.1.9 钢结构桥梁检查和评定的技术资料应归入桥梁养护技术档案和桥梁养护信息系统。

4.2 初始检查

4.2.1 新建、改扩建或重大加固后桥梁应进行初始检查。初始检查宜与交工验收同时进行，最迟不得超过交付使用后6个月。

4.2.2 初始检查应包含下列内容：

1 定期检查需测定的项目，并按现行《公路桥涵养护规范》（JTG H11）要求设置永久观测点。

2 测量桥面线形、桥梁长度、桥宽、净空、跨径等；测量主要承重构件尺寸，包括钢构件的长度、截面尺寸、钢板厚度、切孔表面切割精度、钢板拼接、定位精度、焊缝外形尺寸等；测定桥面铺装层厚度。

3 静载试验测试桥梁结构控制截面的应变、挠度等静力参数，计算结构校验系数；动载试验测定桥梁结构的基频、振型、冲击系数、阻尼比等动力参数。

4 检测钢结构焊缝的裂纹、防腐涂层厚度、高强度螺栓的扭矩。

5 量测或依据施工监控资料确认拱桥吊杆索力。

6 检测钢管混凝土构件的钢管脱空状况。

7 检查防落梁装置、检修平台、防船撞装置等附属结构。

8 水中基础应进行水下检测。

9 当交、竣工验收资料中已经包含上述检查项目或参数的实测数据时，可参考引用。

【条文说明】

定期检查需测定的项目可参见 4.5 节。钢板厚度、焊缝裂纹、防腐涂层厚度、高强度螺栓扭矩等参数的现场检测方法宜按现行《钢结构现场检测技术标准》进行。

4.2.3 初始检查后应提交初始检查报告，并包含下列内容：

- 1 桥梁基本状况卡片、桥梁初始检查记录表、桥梁技术状况评定表。
- 2 典型缺损和病害的照片、文字说明及缺损分布图，缺损状况的描述应采用专业标准术语，说明缺损的部位、类型、性质、范围、数量和程度等。
- 3 三张总体照片。一张桥面正面照片，两张桥梁两侧立面照片。桥梁改扩建后应重新拍照，并标注清楚。
- 4 本规范第 4.2.2 条规定的检查内容的成果。
- 5 提出养护建议。

4.3 日常巡查

4.3.1 日常巡查包括日巡查和夜巡查。所有道路等级桥梁均应开展日巡查，高速公路桥梁宜开展夜巡查。

【条文说明】

高速公路桥梁发生事故或破坏后果很严重，为保证高速公路夜间行车安全，建议高速公路桥梁定期开展夜间巡查。

4.3.2 养护检查等级为 I、II 级的桥梁日巡查频率应为 1 次/1 天，夜巡查频率宜为 1~2 次/1 月；养护检查等级为 III 级的桥梁日巡查频率每周不应少于 1 次。恶劣天气条件下应增加日常巡查频率。

【条文说明】

恶劣天气条件是指大雪、冰冻、低温、大风（扬沙）、高温炎热、强降雨、连续降雨和大雾等天气。

4.3.3 日常巡查以目测为主，辅助结合视频监控系统、无人机扫描等进行，并应做好巡查记录，记录内容应包括各项检查的缺损情况、一般性判定，以及处理措施建议等。

【条文说明】

若乘车巡查时，目测及记录人员各不少于 1 人，行车速度不大于 30km/h，必要时停车检查。为提高桥梁养护智能化及检查效率，安装视频监控系统或无人机扫描可作为巡查的辅助手段。日常巡查记录表应按附表 A.1 和 A.2 记录。

4.3.4 日巡查应包括下列内容：

- 1 桥路连接处是否异常。
- 2 桥面铺装、伸缩缝是否有明显破损。
- 3 栏杆或护栏等有无明显缺损。
- 4 标志、标线、标牌是否完好。
- 5 桥面排水是否顺畅。
- 6 桥梁结构是否存在明显异响或变形。

4.3.5 夜巡查应包括下列内容：

- 1 标志、标线、标牌的完整性和反光性能是否良好。
- 2 桥面照明系统是否正常。

4.3.6 日常巡查应对桥面及以上部分的构件缺损及结构异常变位或振动情况进行判定，发现明显缺损或结构异常变位、振动，影响车辆和行人安全时，应立即设置警示标志，并及时上报。对难以判定缺损原因及程度的桥梁，应提出开展定期检查或专项检查的建议。

【条文说明】

依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）对异常情况进行判定，并提出处理措施建议。

4.4 经常检查

4.4.1 经常检查的频率应符合下列规定：

- 1 养护检查等级为 I 级的桥梁，经常检查每月不应少于 1 次。
- 2 养护检查等级为 II 级的桥梁，经常检查每两个月不应少于 1 次。
- 3 养护检查等级为 III 级的桥梁，经常检查每季度不应少于 1 次。
- 4 在汛期、台风、冰冻等自然灾害频发期应提高经常检查频率。

5 养护检查等级为Ⅱ、Ⅲ级的桥梁，如在定期检查中发现存在4类构件，加固处治前应提高经常检查频率。

4.4.2 经常检查应以抵近检查为主，可采用目测与仪器和工具量测相结合的方法。

4.4.3 特大桥梁检查宜采用自动化、智能化检查与人工检查相结合的手段。

【条文说明】

经常检查是根据桥梁实际状况，检查人员可直接到达构件位置采用目测检查，或采用望远镜、移动摄像头、无人机等辅助设备检查构件的表观状况。

4.4.4 经常检查应包括下列内容：

- 1 桥梁钢结构或钢构件有无异常变形或异常振动。
- 2 钢构件外观是否整洁，是否有积水、积灰、污染物。
- 3 钢构件涂层有无损坏、开裂、剥落、起皮、表面有无锈蚀等。
- 4 钢构件有无裂纹、螺栓或铆钉有无松动。
- 5 吊杆、系杆、体外预应力索等索结构锚固区的密封设施是否完好，有无积水或渗水痕迹。
- 6 伸缩缝是否堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、局部破损。
- 7 支座有无偏位、脱空、异常位移、钢组件锈蚀。
- 8 钢桥面铺装是否存在裂缝、车辙、脱层、坑槽等缺陷。
- 9 人行道有无破损、缺损和松动。
- 10 钢栏杆、护栏是否缺失、锈蚀、变形、移动或错位。
- 11 排水设施有无堵塞和破损。
- 12 墩台有无明显的倾斜、损伤、锈蚀、开裂及是否受到车、船或漂流物撞击而受损；基础有无冲刷、损坏、悬空；墩台与基础是否受到生物腐蚀。
- 13 翼墙（侧墙、耳墙）、锥坡、护坡、调治构造物有无缺损、开裂、沉降和塌陷。
- 14 交通信号、标志、标线、照明设施以及桥梁其他附属设施是否完好、正常工作。
- 15 检查永久观测点及标志点的状况。
- 16 除湿系统、检修通道、检查车、防撞设施、监测系统外场设备等桥梁其他附属设施是否完好、正常工作。

【条文说明】

本条规定了钢结构梁桥经常检查的常规内容，实际根据养管单位需求，可适当补充检查内容。

4.4.5 经常检查应包括所有不采取临时措施、目测所及的桥梁构件。

4.4.6 经常检查应现场填写“经常检查记录表”，对缺损情况应摄像或摄影，记录应包括各类破损情况的详细描述、一般性判定、养护措施或进一步检查的建议等。

4.4.7 经常检查结果应对构件损伤做出定性判断：判定为一般异常情况时，应进行日常养护；判定为严重异常情况时，应及时上报，进行修复养护；对难以判定缺损原因及程度的桥梁，应提出开展定期检查或专项检查的建议。

【条文说明】

经常检查结果应依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）对破损情况进行判定，并提出处理措施建议。

4.5 定期检查

4.5.1 养护检查等级为 I 级的桥梁，定期检查周期不得超过 1 年；养护检查等级为 II 级的桥梁，定期检查周期不得超过 2 年；养护检查等级为 III 级的桥梁，定期检查周期不得超过 3 年。

4.5.2 定期检查应采取措施接近各部件仔细检查其缺损情况，检查宜采用仪器和工具量测与目测相结合的方法。

【条文说明】

定期检查前必须创造接近各部件的条件，如使用桥梁检查车、桥梁临时支架等，实现全结构的可接近、可到达、可检查。对于部分结构考虑采用临时检修平台方式可能存在较大安全隐患或影响交通的情况时，可考虑采用高清摄像、智能检测平台等替代方式。

4.5.3 定期检查应对所有构件或连接部位逐个检查，对发现的病害应逐项详细描述和记录。

4.5.4 定期检查的工作内容和深度除本规范 4.5.5~4.5.7 规定的内容外，其它结构和部位应按《公路桥涵养护规范》（JTG H11）的规定执行。

4.5.5 钢结构梁桥上部结构定期检查应包括下列内容：

- 1 构件涂层缺陷情况。
- 2 构件锈蚀、裂缝、变形、局部损伤。
- 3 焊缝是否开裂或脱开。
- 4 螺栓（铆钉）缺陷情况。
- 5 结构整体变形、变位情况。
- 6 钢箱梁内部湿度是否符合要求，如设置除湿系统，应检查其是否工作正常。
- 7 检修通道、检查车、防撞设施、监测系统外场设备等桥梁其他附属设施是否完好、正常工作。

【条文说明】

本条规定了钢结构梁桥上部结构定期检查内容，其他部位或混凝土构件的定期检查内容应按现行《公路桥涵养护规范》（JTG H11）执行。本条前5款的检测内容是结合桥梁技术状况评定指标确定。定期检查可在本条基础上，根据养管单位实际需求，补充检查内容。

4.5.6 钢结构梁桥上部结构定期检查重点检查部位应包括下列内容：

- 1 钢箱梁重点检查部位：重车道作用下的U肋与盖板的角焊缝，横隔板与U肋的T形焊缝，顶板与底板的对接焊缝，U肋对接的嵌补段裂缝。
- 2 钢桁梁重点检查部位：工字型连接节点焊缝；箱型连接节点焊缝；节点板螺栓或铆钉。

4.5.7 钢结构梁桥上部结构定期检查主要方法如下：

- 1 涂层劣化的检查主要通过目测的方法进行。对于涂层漆膜较厚的情况，可利用涂层测厚仪检测涂层剩余厚度，磁性、超声、涡流涂层测厚仪均可使用，但其最小分辨率不应大于 $2\mu\text{m}$ 。
- 2 锈蚀检查主要通过目测的方法进行，并借助钢尺或激光测距仪等简单工具，测量钢材锈蚀面积。对于锈蚀严重区域还应参照《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（GB8923-2011）测量锈蚀深度。
- 3 焊缝裂纹检查应结合重点检查部位，辅以放大镜等简单工具进行目测检查，并注意现场照明情况。以往检查报告已记录的重要裂纹，应对裂纹的发展情况进行重点检查。

1) 焊缝处漆膜有明显痕迹或流锈等裂纹指征, 应洗除漆膜进行目视检查, 裂纹起止位置判断困难, 可借助渗透检测或磁粉检测的技术手段进行检测, 磁粉检测可以近表面裂纹和表面开口裂纹, 渗透检测只能检测表面开口裂纹, 但操作简单。

2) 焊缝处漆膜有轻微裂纹痕迹, 可用超声探伤仪进行扫查。

3) 对结构安全性有重大影响的裂纹(比如: 引起杆件断裂的裂纹), 应采用超声波衍射时差法或超声相控阵的技术手段对裂缝深度进行定量检测。

4 铆钉和螺栓现场检测时, 首先贴近观察螺栓和铆钉是否有脱落、漆膜开裂现象, 多为松动, 进一步可采用锤击的方法检测锚栓和铆钉的断裂和松动。

4.5.8 钢结构拱桥上部结构定期检查应包括下列内容:

1 本规范 4.5.3 条 1~7 款规定的检查内容。

2 主拱圈变形情况, 拱脚位移情况。

3 钢主梁、横向联结变形、变位、开裂、松动、断裂、锈蚀等。

4 吊杆防护套有无开裂、鼓包、破损、渗水、断裂; 钢丝有无锈蚀、断丝; 钢套管有无锈蚀、损坏, 内部有无积水; 吊杆导管端密封减振设施和其他减振装置有无病害及异常等。

5 吊杆锚头是否渗水、锈蚀、开裂、松动, 墩头或夹片是否异常, 是否有锈水流出的痕迹, 锚头螺母有无异常, 锚固区是否开裂。必要时抽查锚头内是否积水、潮湿, 防腐油脂是否结块、变质或缺失。6 系杆外部涂层有无缺陷, 系杆连接有无松动, 锚头、防护罩、钢箱有无锈蚀、损坏。

6 钢管混凝土是否不密实或脱空。

【条文说明】

本条规定了钢结构拱桥上部结构定期检查内容, 其他部位或混凝土构件的定期检查内容应按现行《公路桥涵养护规范》(JTG H11) 执行。

4.5.9 钢结构拱桥上部结构定期检查重点检查部位应包括: 钢管拱、钢箱拱对接焊缝、部分熔透角焊缝、拱上立柱焊缝。

4.5.10 钢结构拱桥上部结构定期检查主要方法如下:

1 吊杆护套的外观检查, 通过目测或望远镜进行初步检查, 护套损伤处需借助吊篮或支架进行人工靠近检查。

1) 对于远离桥面的难于接近检测的吊杆,可采用吊杆自动检测装置等辅助设备来进行检测。

2) 对吊杆上锚头渗水或吊杆上部已老化开裂或损伤,有水渗入可能的吊杆,在桥面或其他适当位置将吊杆 PE 套管开窗,使吊杆钢丝外露,检查吊杆内潮湿、积水、钢丝锈蚀情况,开窗部位应采取有效措施封闭,避免后期开裂进水。

2 吊杆上、下锚头均应进行靠近目测检查。

1) 封锚混凝土破损、开裂、渗水的混凝土锚头,需凿开封锚混凝土检查。

2) 防护罩有滴油、渗水等表观病害,应打开锚头防护罩,对锚头进行检查。

3 其他涂层、焊缝、裂纹等检查方法可参照本规范 4.5.7 条执行。

4.5.11 钢结构桥墩定期检查应包括下列内容:

1 构件涂层缺陷情况。

2 构件锈蚀、裂缝、变形、局部损伤。

3 焊缝是否开裂或脱开。

4 螺栓(铆钉)缺陷情况。

5 桥墩顶面是否清洁,有无杂物堆积,是否受水侵蚀。

6 桥墩墩身变形、基础变位情况。

7 钢管混凝土墩柱是否不密实或脱空。

4.5.12 定期检查中对有缺损情况的部位应现场做好记录,并在构件上做出标记,同时做好影像记录。

【条文说明】

定期检查应现场校核桥梁基本数据、现场填写“定期检查记录表”、绘制病害分布图、摄像或摄影等。定期检查中发现的各种缺损应在现场将其范围、程度及检测日期在构件上标记清楚。

4.5.13 定期检查结果应依据《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21)进行技术状况等级评定,提交的报告应符合《公路桥涵养护规范》(JTG H11)规定。

4.6 结构监测

4.6.1 公路钢结构桥梁的长期监测以结构监测为主,辅以地质灾害监测、气象灾害监测、环境监测等。

4.6.2 特大、特殊、特别重要的钢结构桥梁、发生过严重损坏，经加固后恢复使用的钢结构桥梁应实施结构监测。

【条文说明】

根据《公路桥梁养护管理工作制度》（交公路发[2007]336号）、2013年交通运输部《交通运输部关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》和《交通运输部关于建立公路桥梁安全运营长效机制的若干意见》中均要求“特大、特殊结构和特别重要桥梁的养管单位，要利用现代信息和物联网技术，建立符合自身特点的养护管理系统和健康监测系统”。特别重要的钢结构桥梁是指桥梁所在位置极为重要或该桥具有重要的政治经济意义或文物价值，如武汉长江大桥、南京长江大桥、中山大桥等代表性桥梁。

4.6.2 监测系统宜兼顾施工控制和成桥荷载试验的功能要求，宜与桥梁检查和养护管理相结合，并与桥梁养护管理系统相兼容。

【条文说明】

监测系统的设计应立足于长期规划，结合实际桥梁的结构特点和使用环境，考虑不同时期对结构安全监控的需求，为结构设计验证、损伤识别、养护管理提供支持。

4.6.3 监测系统的硬件和软件应稳定可靠、操作方便、经济实用，便于维护更换及扩展升级。

【条文说明】

监测系统的硬件和软件系统设计中应充分考虑后期养护工程师的检查和维护便利性，同时系统应具有较好的通用性，避免不同监测单位接手旧系统时，需全部废除重建。

4.6.4 结构监测应以钢结构桥梁设计、施工、竣工、地质和气象等资料为依据，编制监测方案、明确监测目的、监测项目、监测方法、测点布置、数据采集频率、预警值和预警方案等。必要时，对监测方案应进行专门论证。

4.6.5 结构监测内容应根据桥梁的建设规模、重要性、服役环境及其服役期内性能退化情况进行分级设置，并应符合下列规定：

1 主跨跨径不小于 150m 钢结构梁桥、200m 钢结构拱桥和特别重要钢结构桥梁的结构监测内容应满足现行《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T 1037）的要求。

2 其他监测桥梁可根据实际监测目的及结构易损构件，适当简化监测内容。

【条文说明】

目前国内很多大而全的桥梁监测系统花费了大量的养护资金，积累了海量数据，但并未给桥梁养护管理带来有效指导作用，为提高养护资金的利用度，在本条 1 款以外钢结构桥梁实施结构监测时，其监测内容可在现行《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T 1037）的基础上，适当简化监测内容。

4.6.6 结构监测期间，应做好日常和特殊情况下的监测工作，并应符合下列规定：

1 结构监测宜为实时在线监测，数据采集频率应满足监测要求，并应符合有关标准的规定。

2 应适时分析和评价监测数据，定期对监测对象进行安全评估，编制或自动生成监测报表，并应建立监测和信息技术档案。

3 当监测数据出现预警时，应及时对监测系统进行核查，对监测桥梁进行现场检查，对监测数据发展趋势进行分析，必要时应进行专项检查和评定，适时启动应急预案。

4 结构监测宜继承施工期间获取的监控数据，监测系统参数应根据阶段性监测结果适时更新。

4.6.7 应加强监测系统及各类外场设备、部件的检查和维护等工作，并应符合本规范 11.6 节的有关规定。

4.7 专项检查

4.7.1 专项检查是在特定情况下对桥梁特定构件采取的专门检查评定工作，下列情况应作专项检查：

【条文说明】

《公路桥涵养护规范》（JTG H11）中对专项检查的含义进行了明确表述，其主要对象是“桥梁特定构件”。在实际工作中，需要专门检查评定的往往不限于构件层面，有时会是构件组成的部件或部位，甚至是全桥，具体检查中应根据实际需要进行相应的安排。

专项检查的时间和频率可按照《公路桥涵养护规范》（JTG H11）或根据需要确定。

- 1 日常巡查或经常检查中，在难以判明损伤原因、程度或发展趋势的情况时。
- 2 定期检查难以判明损伤原因、程度或发展趋势的情况时。
- 3 对设有结构监测系统的桥梁，可根据系统设置的预警阈值或实际监测评定结果，安排相应的专项检查。
- 4 桥梁遭受突发自然灾害或突发事故灾害后，通过应急检查，认为需要进一步做专项检查时。

【条文说明】

应急检查指桥梁在遭受突发自然灾害或事故灾害后第一时间进行的现场检查。检查的人员应该包括养护工程师和相关专业的技术专家。

桥梁遭受的突发自然灾害一般有：地震灾害、台风灾害、洪水灾害、漂流物撞击、泥石流冲击、山体滑坡冲击、山体落石撞击等。

桥梁遭受的突发事故灾害一般有：船舶或车辆撞击、爆炸冲击、桥面或桥下火灾、腐蚀性液体渗漏、超重车辆破坏、其他人为破坏等。

应急检查主要目的在于宏观掌握灾害对桥梁结构整体安全及运营安全的影响程度，为下一步的工作提供技术支持。根据应急检查的基本判断，必要时应安排专项检查工作。

桥梁钢构件的耐火能力较差，当发生爆炸或火灾后，应立即进行交通管制并进行专项检查，必要时可辅以荷载试验对桥梁的安全性进行评估。

受腐蚀性液体渗漏影响的桥梁钢构件，在彻底清理完渗漏物后，应对可能受腐蚀的钢构件进行专项检查。

- 5 桥梁评定分析认为水下基础存在问题时，应进行专项检查，且应同时检查相应的防撞设施。

【条文说明】

水下基础的专项检查工作，《公路桥涵养护规范》（JTG H11）中进行了强调，应严格遵守相关规定。

当水下基础中采用钢管桩等钢构件时，除了《公路桥涵养护规范》（JTG H11）中规定的检查内容外，还应重点检查钢管桩等钢构件的抗腐蚀性能。

- 6 冻土区桥梁因气候变化对下部基础造成不利影响时、桥梁下部基础因后期堆载造成不利影响时、河道变迁或河床严重冲刷影响下部基础安全时、地下水位大幅度降低造成地基沉降、交通量急剧增加等桥梁使用环境发生较大变化时。

7 因工程需要，拟改变桥梁原设计使用条件时。

【条文说明】

改变桥梁原设计使用条件主要指：提高桥梁原设计使用年限，提高桥梁原设计荷载等级，提高桥梁原抗震、抗风、抗洪及防撞等级，提高桥梁原耐腐蚀等级等。

目前我国已经进入了大规模的公路改扩建时期，为了保证既有桥梁的科学合理利用，应在工可阶段，根据需要开展专项检查工作。

8 在桥梁实施重大加固或改造工程后，认为有必要进行专项检查时。

【条文说明】

在实施重大改造工程后，如果需要通过专项检查来对工程进行质量验收或技术状况评定，则可根据需要安排专项检查工作，在完成检查后，应对桥梁技术档案进行更新。例如：在桥梁改造中，混凝土梁更换为钢梁等情况。

4.7.2 实施专项检查前，应准备下列资料：

- 1 桥梁的设计资料、变更资料、竣工资料、施工及监理相关资料等。
- 2 桥梁的初始检查、日常巡查、经常检查、定期检查及其他相关检查资料。
- 3 桥梁以往的养护、维修及加固资料。
- 4 其他专项检查需要的资料等。

【条文说明】

本条强调了专项检查前应进行的资料准备。

设计资料一般包含：地勘和测量资料、设计图纸、结构计算文件等，有些桥梁还可能涉及抗震、抗风及水文研究报告、模型试验报告等相关资料。

能够对专项检查提供有用信息的初始检查、日常巡查、经常检查或定期检查等资料也应包含在内。

对设有监测或监控系统的桥梁，应注意收集有用的监测或监控资料。

前述资料不仅包括纸质资料，还包括有价值的视频或影像资料。

资料如有不全或存疑时，可根据实际情况现场进行补充测绘、测试、测量等勘察或复核工作。

4.7.3 实施专项检查前，应根据检查工作的需要，制定专项检查实施方案，并在上报主管部门评审批复后方可实施。

【条文说明】

对于安全风险较大、技术复杂、周期较长或环境影响因素较多的专项检查项目，应根据需要制定详细实施方案，经主管单位组织原设计、原施工、养管单位及技术专家评审通过后，方可实施。

专项检查实施方案应包括：检查原理和方法、规范标准、仪器设备、人员配备、检查时间、交通组织、安全环保措施、应急预案及预期成果等内容。当采用局部破损方式进行检查且需要修复时，应制定修复方案并提前准备材料及设备。

4.7.4 专项检查应根据检测对象、检测目的，采用专用仪器设备进行现场测试或实施其他辅助试验，必要时应进行检算分析或模型试验，并形成专项检查评定报告。

【条文说明】

专项检查应采用满足技术要求的专用仪器设备进行检查工作，对检查人员有资格认证要求的项目，必须持证上岗。除现场测试外，对需要进行室内辅助试验的，应按照相关技术标准执行。

4.7.5 桥梁钢构件专项检查的主要内容有：

- 1 钢质材料的物理、化学性能及退化程度的测试鉴定。
- 2 钢构件防腐蚀、防火等保护涂层的检查。
- 3 钢构件节点的检查。包括螺栓、铆钉的破损和松动、节点板及焊缝的开裂、节点板的变形等。
- 4 钢结构拱桥的吊杆、系杆检查。
- 5 体外预应力索检查。

【条文说明】

钢结构桥梁在养护和检查工作中，可根据病害程度、技术要求、检查仪器、检查设施、工作量及工期等各方面条件，合理规定专项检查和定期检查的技术要求、检查范围及检查深度等，尽量规划统筹，提高检查效率，节约检查成本，总体以实现检查工作的科学全面、安全经济、资源共享为原则。例如：对可通过目测和简单工具（放大镜、钢尺、裂缝宽度仪、游标卡尺等）快速检查并定性判定的内容，可纳入定期检查范畴；而对需要借助专用设备（扭矩扳手、超声波检测仪等）并定量判定的内容，可纳入专项检查范畴。

钢结构构件材料方面的专项检查主要可分为钢材和保护涂层两大部分，当构件采用耐候钢时，仍需检查其表面保护锈层的技术状况。

钢构件的检查中，受力复杂的节点（包括吊耳、锚箱等）应进行专项检查，在现场检查板件、管件的变形和开裂、螺栓、铆钉的破损和松动后，如有必要可采用有限元或模型试验等手段进行分析判别。

吊杆、系杆是桥梁最重要的承重构件之一，根据桥梁建设年代和使用功能的不同，其构造形式也存在较大差异，在进行检查时，需要根据具体的情况采取不同的技术手段。以锚头为例：很多吊杆、系杆的锚固系统属于埋置式，一般设有锚窝防护罩（盖板）、钢护筒、密封油脂、减震块、防水罩及密封胶等，如果需要全面检查，往往涉及到对原构件的拆除和恢复，如果没有安全的检查平台、专用的仪器设备及匹配的备用配件，则难以达到检查目的，且会损坏构件原有的使用或防护功能。因此，对该类构件的检查和评定应按照专项检查的技术要求进行，同时应该对索力进行测量，便于全面系统地对吊杆、系杆进行评定。具体的检查内容可参照现行《公路桥涵养护规范》和《公路桥梁技术状况评定标准》相关规定实施。

钢构件的现场检查可参照《钢结构现场检测技术标准》（GB/T 50621）及其他相关规范的规定和要求执行。

4.7.6 专项检查后应提交专项检查报告，一般应包含下列内容：

- 1 更新后的桥梁基本状况信息。
- 2 专项检查的总体情况概述，包括桥梁的基本情况、检查的原因和目的、检查的依据、工作的时间、过程及组织等。
- 3 现场调查的内容、检查与试验的项目及方法。
- 4 检查对象的状况描述，损伤的原因分析。
- 5 检查对象的评定结果。
- 6 检查对象的养护、加固或改建的相关建议。

4.8 钢结构桥梁评定

4.8.1 钢结构桥梁评定应按照现行《公路桥涵养护规范》（JTG H11）、《公路桥梁承载能力检测评定规程》（JTG/T J21）和《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）执行。

4.8.2 钢结构桥梁应根据不同检查类型开展相应的评定工作：

- 1 日常巡查主要以定性判定为主，判定结果为两种：情况正常和情况异常。

2 经常检查主要以定性判定为主，判定结果为三种：情况正常、一般异常和严重异常。

3 定期检查应采用采用分层评定与单项控制指标相结合的方法，进行桥梁技术状况等级评定。

4 专项检查应根据检查的目的，对检查的对象作出相应的评定。

【条文说明】

钢结构桥梁的检查主要包括：日常巡查、经常检查、定期检查、专项检查等四项，其评定根据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21）的规定执行。

当某次定期检查难以判明损伤原因、程度或发展趋势时，应安排针对性的专项检查工作，专项检查完成后的评定结果，将归入定期检查的评定体系，最终形成整个桥梁总体技术状况的评定。

当专项检查的执行前提不属于前述情况时，该次专项检查应形成单独的评定结果，并提出养护、维修、加固或改建的相关建议。后期的定期检查评定工作，在前述专项检查时效性满足要求的前提下，可部分或全部采用其技术评定资料，也可根据实际情况和需要开展新的专项检查评定工作。总体以实现检查工作的科学全面、安全经济、资源共享为原则。

4.8.3 钢结构桥梁的适应性评定可根据需要进行。评定工作可与定期检查、专项检查结合进行。适应性评定主要包括：承载能力评定、通行能力评定和抗灾害能力评定。

- 1 承载能力评定主要包括：强度、刚度、稳定性、动力性能、抗疲劳性能等方面。
- 2 通行能力评定，主要可参考桥位处的路网交通量调查评估报告等相关资料进行。

【条文说明】

通行能力的评定，宜参考专门的路网交通量调查评估报告，必要时还应搜集路网升级改造等中远期规划。缺乏资料时，可根据日常巡查的相关内容，给予定性评定。

- 3 抗灾害能力评定，应按照现行《公路桥涵养护规范》（JTG H11）执行。

5 钢结构桥梁预防养护

5.1 一般规定

5.1.1 预防养护适用于整体性能良好的公路钢结构桥梁。在尚未发生破坏或有轻微损害、病害迹象的某个时机，采取主动的预防养护措施。

5.1.2 公路钢结构桥梁预防养护的目的是使钢桥全生命周期内的投资效益最大化，降低维护和运行成本，减少出现事故的概率。

【条文说明】

服务周期长意味着较低的年修复费用或更换费用。预防养护可减缓老化，延长使用寿命。钢桥的养护成本和更换费用低，是桥梁在整个生命周期内投资效益最大化的保证。

5.1.3 预防养护应尽可能采用已验证的新材料、新技术、新设备、新工艺。

5.1.4 预防养护时机以钢结构桥梁各部件或构件的运营周期或技术状况为基准，达到或接近预防养护条件时即为预防养护时机。

【条文说明】

根据钢结构桥梁各部件或构件的设计使用寿命以及病害状况，确定钢结构桥梁预防养护是否按照周期维修和状态维修来进行预防养护。对于钢桥面铺装的封层类或磨损层类等设计使用寿命较短的部件或构件，具有固定的使用寿命，一般为使用周期进行控制；对于主梁、支座等使用寿命较长的部件或构件，一般为技术状况进行控制。

5.1.5 根据定期检查结果对桥梁状况进行评定，编制预防养护计划，制定预防养护方案和措施。

5.2 预防养护工作内容

5.2.1 公路钢结构桥梁预防养护的工作内容根据养护时机可分为：周期性预防养护和状态性预防养护。

【条文说明】

周期性预防养护项目包括：钢桥清洁、排水系统冲洗、伸缩缝清洁、桥面板密封、

裂缝密封等。状态性预防养护项目包括：排水系统修复或更换；伸缩缝密封、维修或更换；桥面板接缝密封；电化学萃取(ECE)/阴极保护(CP)；桥面铺装（薄环氧聚合物，防水膜沥青，刚性覆盖层）修理/更换；桥头搭板修复；局部/整体的钢结构涂装；钢构件维修；疲劳裂纹延缓(销-吊架更换，改造断裂关键构件)；支座修复(清洗、润滑、复位、更换)；移动式桥梁机械清洗/润滑等。

5.2.2 公路钢结构桥梁的预防养护项目主要包括：

- 1 钢支座预防养护；
- 2 钢桥面铺装预防养护；
- 3 钢结构防腐、防锈和防侵蚀；
- 4 连接螺栓、铆钉预防养护；
- 5 伸缩缝预防养护；
- 6 人行道、栏杆等附属设施预防养护；
- 7 钢结构疲劳病害预防养护；
- 8 排水系统预防养护；
- 9 吊杆防腐油脂更换；
- 10 除湿系统、氯离子控制系统；
- 11 吊索减震装置预防养护；
- 12 反光件、照明、绿化等易损件修复。

5.2.3 要对符合预防养护条件的典型预防养护时机进行费用效益分析，根据钢结构桥梁寿命周期内养护成本-效益最佳的条件，确定预防养护时机。

【条文说明】

预防养护存在最佳时机，预防养护实施太晚将失去预防养护的意义，达不到预计的效果；预防养护实施太早，将会造成养护资金浪费。目前确定钢结构桥梁养护时机有钢结构桥梁状况触发法和最佳费用效益法两种。

钢结构桥梁状况触发法：以钢结构桥梁检测指标为依据，当技术状况指标下降到预定的标准时，就要进行钢桥预防养护，在此时实施预防养护能达到较好的效果。

最佳费用效益法：对选定的不同时间的钢桥预防养护方案进行费用效益分析，费用效益最大的时间为预防养护最佳时机。最佳费用效益法包括效益评估法、排序法、生命周期费用评估法等。

5.2.4 预防养护决策应综合考虑桥梁状况、气候条件、通车年限、交通量、养护资金、桥面环境等，通过综合评定选择最佳的预防养护方案。

5.2.5 预防养护设计包括方案比选和费用-效益分析。

5.3 预防养护决策

5.3.1 当钢桥支座出现下列其中两项及以上情况时，宜对其实施预防养护：

- 1 支座滑动面干涩。
- 2 钢支座固定螺栓松动。
- 3 橡胶支座出现老化。
- 4 混凝土支座上有剥落、露筋、锈蚀现象。

【条文说明】

支座滑动面干涩或橡胶老化等病害对钢结构桥梁的边界条件造成改变，导致钢结构桥梁结构的受力情况变化，可能引起结构的其他病害发生。对于支座轻微腐蚀、螺栓松动和尘土堆积等情况，同样要引起重视，进行预防养护，增加支座的使用寿命。考虑到预防养护成本，当病害同时存在两项以上时，宜考虑预防养护。

5.3.2 当钢桥面铺装的损坏或使用周期达到下列任一条件时，宜开展预防养护：

- 1 钢桥桥面铺装接近 10% 的面积产生车辙、松散、沉陷、波浪。
- 2 钢桥面铺装发现裂缝、坑槽、表面破损等病害。
- 3 钢桥面铺装的雾封层或含砂雾封层的预防养护条件为：路表渗水系数为 (200-400) mL/min，或沥青 15 摄氏度延度下降 < 30%。
- 4 钢桥面铺装通车运营满 4 年。

【条文说明】

对于钢桥面铺装的变形类病害，当有 10% 的面积存在此类病害时，以及对于松散类和裂缝类等显性病害出现时，对桥面铺装进行预防养护，能延缓其大面积的破坏状况。雾封层施工质量验收标准指出施工后渗水系数 < 50 mL/min，表面应均匀、不应有漏洒、剥落等现象，当路表渗水系数达到 (200-400) mL/min 时，雾封层的力学性能将快速劣化。

5.3.3 当钢结构表面防腐涂层起泡、裂纹或脱落面积超过 5% 时，或防腐涂层粉化等级为 2 级，或生锈面积达到 0.3% 时，宜对钢结构防腐涂层进行预防养护。

【条文说明】

在钢结构使用过程中因超荷载使用而遭到破坏的几率很小。大多数钢结构损坏都是由锈蚀造成结构力学性能和物理性能降低产生的，要求钢结构外部的防腐涂层保护应当满足钢结构的使用要求，一般情况下钢结构需 3 年进行一次维护保养（清理钢结构中灰尘、锈蚀及其他污物后再刷涂料）。

5.3.4 当钢结构桥梁连接螺栓、铆钉出现积水、积灰、积污、表面涂层起皮、剥落、积水时，应及时进行预防养护。当螺栓、铆钉出现松动变形，且其损坏在 10% 以内时，应对其采取预防养护。

5.3.5 当伸缩缝出现缝内积土、垃圾堵塞等情况，应及时进行预防养护。当伸缩缝出现异响或桥头跳车明显，台背路面下沉 2~5cm 时，宜对其实施预防养护。

【条文说明】

当台背路面下沉 2~5cm 时，桥头跳车明显。跳车冲击力导致钢结构桥梁受力显著增大，诱发疲劳病害和钢构件变形等。

5.3.6 当人行道、栏杆等超过 10% 破损、脱落，宜对其实施预防养护。

5.3.7 当钢桥面板出现疲劳裂纹时，宜立刻钻止裂孔进行预防性处治。

5.3.8 钢结构桥梁漏水或排水管堵塞情况，应及时进行预防养护。

5.3.9 根据吊杆防腐油脂的类型，定期更换或补注防护油脂，并堵塞渗漏部位。

5.3.10 除湿系统、氯离子控制系统等环境系统仪器设备，应加强检查，一旦出现异常，应及时进行维修或更换。

5.3.11 吊索减震装置，发现异常应及时进行维修。

5.3.12 反光件、照明等附属设施的缺损，应及时维修或更换。

5.4 预防养护措施

5.4.1 钢桥支座的预防养护包括：清除支座尘土和堆积物，擦干净支座油污、杂物，添加润滑油等。对于支座轻微腐蚀、螺栓松动等情况，应及时除锈涂装或螺栓补拧。

5.4.2 钢桥面铺装出现裂缝和松散时，应及时采取灌缝、贴缝、带状挖补或其他组合措施，采用微表处、表面封层、薄层罩面、铣刨罩面和就地热再生等养护方案；对

于钢桥面铺装的坑槽，采用日常坑槽处治法、复合有机水硬性（MOH）材料修补路面坑槽，就地热再生等方法；对于钢桥面铺装的沉陷，采用高分子材料注浆；对于车辙、波浪拥包采用铣刨、微表处等方法。

【条文说明】

钢桥面铺装的表面封层包括：稀浆封层、碎石封层、橡胶沥青同步碎石封层、纤维碎石封层、复合封层、精细抗滑保护层等。

钢桥面铺装的微表处包括：纤维微表处，低噪声微表处等。

罩面包括薄层热拌沥青混凝土罩面、铣刨罩面等。

5.4.3 钢结构防腐旧涂层完整，仅有轻微退化，但没有锈蚀，应及时清洁表面，清除掉烟灰、盐份以及其他助长锈蚀的杂质。钢结构防腐旧涂层劣化等级评定为轻微劣化或粉化为2级，但没有锈蚀，则清洁表面，涂上底漆和1-2道面漆。钢构件防腐涂层的预防养护宜采用原设计的防腐涂装方案。

5.4.4 钢结构桥梁的连接螺栓、铆钉出现积水、积灰、积污时，应及时清除；当表面涂层起皮、剥落时，应采用及时进行防腐涂装。当螺栓、铆钉出现松动变形，应及时拧紧至标准拉力。

5.4.5 梳齿板、橡胶板或异型钢类伸缩缝表面，应每月进行清理，伸缩装置下方的梁端缝隙，应每年清理不少于两次。

5.4.6 梳齿板和橡胶板式伸缩装置的固定螺栓应每季度保养一次，检查螺栓松动情况，对松动螺栓应及时拧紧。

5.4.7 在结构构件上发现裂纹时，可在板件裂纹的端外0.5~1.0倍板厚处钻止裂孔，孔径应符合本规范公式6.6.4的要求，以防止其进一步急剧扩展，并及时根据裂纹性质及扩展情况再采取合理的修复措施。

【条文说明】

钢结构疲劳裂纹的预防养护，在设计和制造工艺方面应遵循下列原则：降低应力集中程度，避免和减少各类加工缺陷，选择不产生较大残余拉应力的制作工艺和构造形式，以及采用厚度尽可能小的轧制板件等。

5.4.8 定期检查内部空间积水情况，当有积水时应查清原因，并及时排水和进一步维修。

5.4.9 钢结构拱桥吊杆及系杆系统的预防养护应符合下列规定：

- 1 定期检查吊索两端锚头漏水、渗水、积水状况，一旦发现应及时将雨水排出，并用防水材料封堵水源。
- 2 定期更换吊索两端锚具锚杯内的防腐油脂。
- 3 定期更换钢护筒与套管连接处的防水垫圈及阻尼垫圈，做好搭接处的防水处理。
- 4 定期对钢护筒涂漆防锈。
- 5 定期检查吊索护套开裂、漏水、渗水情况，一旦发现应及时处理。可剥开已损坏的护套，将已潮湿的钢索吹干，对已生锈的钢索做防锈处理，再涂刷防护漆及防护油，并用玻璃丝布或其他防护材料包扎严密。
- 6 定期对系杆钢束的防锈保护层进行养护、更换防腐油脂等，定期检查系杆支承点标高，如有下沉，及时调整。

5.4.10 其他通用性养护措施可参照本规范其他章节执行。

6 钢结构桥梁通用养护

6.1 一般规定

6.1.1 钢结构桥梁通用养护应包括下列内容：

- 1 防腐涂层的局部修补、重新涂装。
- 2 焊缝病害的维修。
- 3 螺栓及铆钉的涂油、拧紧、修理、补充和更换。
- 4 裂纹、变形等维修。

【条文说明】

通用养护是为了保证钢结构的刚度、强度、稳定性和耐久性符合设计要求。运营中根据钢结构形式，应对各部分连接节点及杆件、螺栓、铆钉、焊缝、防腐涂层进行检查、养护，存在承载能力或刚度低于限值等问题的钢结构，应加固或改造。

6.1.2 在进行日常养护的基础上，应根据不同的评定结果采取不同的养护措施，且应在后期养护中对相应的构件或部位加强观察、追踪。

6.1.3 高温、高湿或严寒地区，应根据不同部位及构件对自然及运营环境的敏感程度，随季节及环境的变化，制定养护重点，加强养护力度。

【条文说明】

对老龄化桥梁，特别需要注意严寒季节可能引起的杆件裂纹和断裂；夏季应对高强度螺栓加强检查。

6.2 防腐涂层养护

6.2.1 防腐涂层应具有满足设计要求的厚度、硬度和附着力。

6.2.2 防腐涂层表面应清洁、美观、完整，当外观检查发现病害时，应查明原因。防腐涂层表面积水、污渍、尘土应及时清除。

【条文说明】

钢桥的腐蚀问题突出，钢材的锈蚀使得钢材的厚度减小或者使节点等关键部位的连接强度减小，因此，防腐涂层的日常养护、维修尤其重要。钢桥除定期做好防锈等表面防护工作以外，还应力求防腐涂层表面的清洁、干燥，防止水或其他对钢材有腐

蚀作用的液体长期滞留腐蚀钢材。

6.2.3 钢结构防腐涂层的检查方法

- 1 外观检查：通过目测、手摸并借助于放大镜，观察涂层表面的损坏情况。
- 2 涂层硬度检查：用巴柯尔硬度计，测试涂膜硬度保持情况或用少量溶剂擦拭表面，观察涂层是否变软。
- 3 涂层厚度检查：采用电磁测厚仪和电阻漏电测量仪，检查涂膜厚度变化情况和老化。

6.2.4 经常检查宜进行外观检查；定期检查及专项检查宜进行外观检查、硬度检查及厚度检查。

6.2.5 防腐涂层检查包括对应下列 5 类涂层病害的检查：

- 1 褪色——涂层由于紫外线、热、酸、碱和污染物影响导致颜色改变。
- 2 粉化——涂膜表面出现粉状物。
- 3 龟裂——涂膜表面出现网状或条状裂纹。
- 4 起泡——涂膜表面出现分布直径不等的膨胀隆起。
- 5 剥落——涂膜的表层和底层间，新旧涂层间失去粘结力，表面出现鳞片状脱落。

6.2.6 防腐涂层检查的重点位置

- 1 突出主体、易擦伤的构件，如箱内人孔附近的加劲肋、养护桁车轮轨等。
- 2 结构中可能漏水、积水或积灰的构造部位，如排水管四周、梁下翼板等。
- 3 焊缝、螺栓等连接件附近。
- 4 受火灾或严重撞击的部位。

6.2.7 当发现外观病害时，应采用油漆做出明显的标记并作记录，注明日期，并观察其发展状况，必要时应进行维修涂装或重新涂装。

6.2.8 涂层劣化的评定

涂层投入使用后，应按照桥梁运行管理单位的规定进行检查，并进行涂层劣化的评定，评定方法依据现行《色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识》（GB/T 30789.1~9）。根据涂层劣化情况，选择合适的维修涂装或重新涂装方式。

6.2.9 维修涂装应符合下列规定：

1 当面漆出现 3 级以上粉化, 且粉化减薄的厚度大于初始厚度的 50%, 或由于景观要求时, 彻底清洁面涂层后, 涂装与原涂层相容的配套面漆 (1~2) 道。

2 当涂层处于 (2~3) 级开裂, 或 (2~3) 级剥落, 或 (2~3) 级起泡, 但底涂层完好时, 选择相应的中间漆、面漆, 进行维修涂装。

3 当涂层发生 $Ri_2 \sim Ri_3$ 锈蚀时, 彻底清洁表面, 涂装相应中间漆、面漆。

6.2.10 栓接结构连接面维修涂装应符合下列规定:

1 栓接板的搭接缝隙部位可分以下两种情况处理:

1) 缝隙小于等于 0.5mm 时, 采用油漆调制腻子密封处理。

2) 缝隙大于 0.5mm 时, 采用密封胶密封处理。

2 栓接部位外露底涂层、螺栓, 维修涂装前应进行必要的清洁处理。首先对螺栓头部打磨处理, 然后涂刷 (1~2) 道底漆, 再按相邻部位的配套体系涂装中间漆和面漆。

6.2.11 重新涂装应符合下列规定:

1 当涂膜发生 Ri_3 以上锈蚀时, 应彻底的除去旧涂层、重新进行表面处理后, 按照完整的涂装规格进行重新涂装。

2 当涂膜处于 3 级以上开裂, 或 3 级以上剥落, 或 3 级以上起泡时, 如果损坏贯穿整个涂层, 应彻底的除去旧涂层、重新进行表面处理后, 按照完整的涂装规格进行重新涂装。

6.2.12 根据损坏的面积大小, 钢桥外表面可分为以下三种处理方式:

1 小面积维修涂装。先清理损坏区域周围松散的涂层, 延伸至未损坏区域 50mm~80mm, 并应修成坡口, 表面处理至 GB/T 8923 规定的 Sa2 级或 St3 级。

2 中等面积维修涂装。表面处理至 Sa2.5 级。

3 整体重新涂装。表面处理至 Sa2.5 级, 按照设计要求的涂装体系进行重新涂装。

【条文说明】

钢结构表面处理应符合现行《涂覆涂料前钢材表面处理》(GB/T 8923) 的相关规定。

6.2.13 海洋大气腐蚀环境和工业大气腐蚀环境下的旧涂层应采用高压淡水清洁后, 再喷砂除锈。

【条文说明】

海洋大气腐蚀环境和工业大气腐蚀环境含有大量盐分及酸碱粘附性杂质,应首先进行高压淡水清洁处理。

6.3 焊缝养护

6.3.1 经常检查应包含主要受力构件和附属构件的焊缝,检查内容为是否有明显可见的焊缝开裂和锈蚀。当存在疑义时,应采用辅助探伤手段检查,常用焊缝检测方法见本规范附录 C。

6.3.2 定期检查应包括主要受拉构件的对接焊缝、受压构件的侧面角焊缝及现场拼接焊缝。

6.3.3 检测焊缝时,宜按焊缝的重要程度选择不同的检测方案:主要受力构件上传递拉力的焊缝等重要焊缝应采用无损检测方法全面检测,其他次要焊缝可根据检测目的的进行抽样检测或全面检测。

【条文说明】

应根据焊缝位置和受力特点,对焊缝的重要程度进行划分。如 I 级焊缝、主要受力构件上传递拉力的焊缝等为重要焊缝。

6.3.4 发现重要焊缝开裂应先做出标记,立即报告桥梁主管部门及时采取必要的后续维修工作。其他焊缝开裂应先做出标记并加强监测,如发现裂缝继续扩展应报告桥梁主管部门采取必要的维修工作。

6.3.5 焊缝修复前,应对焊缝的缺陷形式、损伤程度等进行确认与记录。

6.3.6 焊缝修复方案应进行专门设计,并进行审批。主体结构的焊缝开裂不宜采用动焊、动火等热处理方法进行修复,宜采用高强度螺栓栓接、粘贴钢板、碳纤维板等冷处理方法进行加固。

6.3.7 附属结构的焊缝处若有裂纹、未融合、夹渣、未填满、弧坑等缺陷时,可采用返修焊或其他方法修复,焊后的焊缝应随即铲磨匀顺。

【条文说明】

可根据现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG T F50-2011)表 19.6.1 的要求对不满足焊缝外观质量标准的焊缝进行修复。

6.3.8 焊缝采用冷处理或热处理加固施工时,应按照《公路桥梁加固施工技术规范》

(JTG TJ 23) 中相应的要求进行。

6.3.9 焊缝表面存在的焊瘤等焊接缺陷，可用扁铲去除。

6.3.10 返修焊后的焊缝与原焊缝的质量要求相同。修复后的焊缝应进行 100% 检查，其中焊缝内部质量检验应在修复完成 24 小时后进行。

6.3.11 同一部位的缺陷修复不宜超过两次，否则应经桥梁主管部门研究批准后方可进行。

6.4 螺栓养护

6.4.1 螺栓的日常养护应每月进行一次，且符合下列规定：

- 1 螺栓的积水、积灰、积污应及时进行清除，保持表面涂层密封、清洁、干燥。
- 2 螺栓松动应及时紧固，高强螺栓紧固力必须满足设计要求。
- 3 螺栓除锈、涂层防护。

6.4.2 根据定期检查及专项检查的结果，对螺栓进行除锈、涂层防护及更换等修复养护或专项养护。

6.4.3 螺栓施拧时，应符合下列规定：

- 1 高强度螺栓施拧分两部分进行：初拧、终拧。
- 2 初拧完毕的高强度螺栓逐个用敲击法检查。初拧检查合格后，用白色油漆在螺栓、螺母、垫圈及构件上作划线标志。
- 3 终拧后检查有无漏拧、欠拧和超拧以及垫圈或螺栓是否随螺母转动。欠拧值和超拧值均不应超过规定值的 10%。
- 4 温度和湿度变化较大时，可利用施拧当天在扭轴仪上标定电动扳手时所得的扭矩系数调整终拧扭矩。
- 5 当天穿入节点板中的螺栓必须当天初拧或终拧完毕。终拧扭矩检查应在 4h 以后，24h 以内进行。
- 6 雨天、大雾天气和夏日烈日下不得进行高强度螺栓施拧。

【条文说明】

3 螺栓、螺母、垫圈之划线均未错动者，为漏拧；螺栓、螺母的划线未错动者未螺栓随螺母转动；螺母、垫圈的划线未错动者为垫圈随螺母转动。

各种型号的高强度螺栓的设计预拉力应符合表 6.4.2 的规定。

表 6.4.3 高强度螺栓的设计预拉力 (kN)

高强度螺栓性能等级	螺栓公称直径 (mm)					
	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8S	80	125	150	175	280	280
10.9S	100	155	190	225	290	355

6.4.4 对锈蚀及涂层剥落的螺栓应及时除锈补漆，其施工方法及技术要求应参照本规范 6.2 节的相关规定进行。

6.4.5 在下列情况下，应对螺栓进行更换：

- 1 经检查判定有严重锈蚀（肉眼可见的锈蚀麻面者）、裂纹或折断的高强度螺栓。
- 2 经检查判定有严重欠拧、漏拧或超拧的高强度螺栓。

【条文说明】

如卸下的高强度螺栓无严重锈蚀、无严重变形（指不能自由插入栓孔）和无裂纹者，以及超拧未超过设计预拉力 15% 以上者，则除锈涂油后，可以再用。否则应予更换。

6.4.6 更换高强度螺栓，应符合下列规定：

- 1 对于大型节点，每次更换数量不得超过该节点处每根杆件上高强度螺栓总数的 10%；
- 2 对于螺栓数量较少的节点，则要逐个更换，以防止节点滑动。如板面（摩擦面）不满足要求，应进行处理。
- 3 更换的高强度螺栓、螺母及垫圈应符合规范的有关规定，其强度级别、规格及尺寸应与原螺栓相同。
- 4 更换高强度螺栓的施工方法及技术指标应按照现行《公路桥涵施工技术规范》的相关要求。
- 5 高强度螺栓更换时，应将栓孔内壁及孔口处的锈蚀污物清除干净，节点板四周的缝隙应采用腻子封闭。
- 6 高强度螺栓、螺母和垫圈的外露部分应在高强度螺栓拧紧后涂以底漆和面漆，防止锈蚀。
- 7 螺栓更换后，应检查是否符合要求，同时应检查相邻未更换螺栓是否受影响或松动，如发现松动，也应拆除更换。

6.5 铆钉养护

6.5.1 铆钉的日常养护应每月进行一次，且符合下列规定：


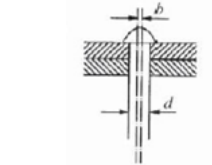
- 1 铆钉的积水、积灰、积污应及时进行清除，保持表面涂层密封、清洁、干燥；
- 2 铆钉检查出现松动、钉头裂纹、烂头、浮高、钉头偏心、钉头过小缺陷时，应采用油漆标记并做记录；
- 3 铆钉除锈、涂层防护。

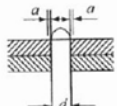
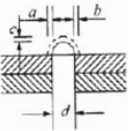
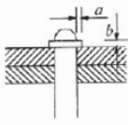
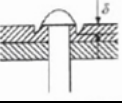
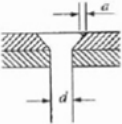
6.5.2 根据定期检查及专项检查的结果，对铆钉进行除锈、涂层防护及更换等修复养护或专项养护。

6.5.3 对锈蚀及涂层剥落的铆钉应及时除锈补漆，其施工方法及技术要求应参照本规范 6.2 节的相关规定进行。

6.5.4 不良铆钉的容许限度超过表 6.5.4 的规定时，应进行更换。

表 6.5.4 不良铆钉的容许限度

序号	不良名称	形状	容许限度	原因
1	松动铆钉		无	(1) 铆合不良 (2) 铆合前钢板未夹紧
2	钉头裂纹		无	(1) 铆钉加热过度 (2) 铆钉钢质不良
3	烂头		$D \geq d + 8\text{mm}$ $h \geq 0.7$ 倍钉头高	年久锈蚀
4	钉头部分或全周浮高（用厚 0.2mm 检查）		无	(1) 钉头和钉杆连接处有圆角 (2) 钉头未用顶把顶紧或顶把未对正
5	钉头偏心（拉绳检查钉头与铆钉线位置或观察铆钉两头）		$b \leq 0.1d$	铆合不良
6	钉头局部缺边		$a \leq 0.15d$	(1) 钉杆过短 (2) 顶压不正确

序号	不良名称	形状	容许限度	原因
7	钉头全周缺边		$a < 0.1d$	(1) 钉杆过短 (2) 顶压不正确
8	钉头过小 (用样板检查)		$a+b < 0.1d$ 或 $c < 0.05d$	(1) 铆钉壳和钉杆都小 (2) 钉杆过短或铆钉孔过大
9	铆钉周围有飞边		$a < 3\text{mm}$ 或 $b = 1.5 \sim 3\text{mm}$	钉杆过长
10	铆钉壳打伤钢板		$\delta \leq 0.5\text{mm}$	铆合不良
11	埋头铆钉钉头全部或局部缺边		$a \leq 0.1d$	(1) 铆合不良 (2) 钉杆过短

6.5.5 更换铆钉时，应符合下列规定：

- 1 拆除铆钉时，应避免相邻铆钉受振动或损伤到钢材，禁止使用剁子铲除钉头或用大锤猛击杆件。
- 2 在有活载情况下更换铆钉时，应拆除一个铆钉，同时上紧一个铆钉或螺栓，必要时可使用不超过 30% 的冲钉。
- 3 当拆除原有受力铆钉或增加、扩大钉孔时，除应设计计算结构原有和加固连接件的承载力外，还应校核板件的净面积的强度。
- 4 当有缺陷的铆钉仅位于连接杆件纵向对称轴的一侧时，应同时更换对称排列的无缺陷铆钉。
- 5 全部更换的铆钉从节点板边缘计起，不得少于 2 个边排。
- 6 必须清除螺栓垫圈下杆件表面上妨碍垫圈同结构基材密贴的旧油漆、铁锈及其他脏物；
- 7 在同板面不平行的轧制型材的连接处更换铆钉时，应使用楔形垫圈。在狭窄的地方，允许使用切去一边的垫圈；
- 8 铆钉更换修复范围应及时进行与全桥相同的涂层防护。

【条文说明】

5 全部更换的铆钉包括有缺陷的和无缺陷的铆钉。本条规定是为了提高铆接的疲劳强度。

6.5.6 当采用高强螺栓代替铆钉时，高强螺栓的承载力应与所更换的铆钉相同。

【条文说明】更换松动连接的步骤如下：

- 1 设置保障操作安全的工作台和栅栏。暂时中止行人通过，并尽量减少活载。
- 2 铲除铆钉或螺栓，可采用直径 3~4mm 的钻头先由钉头中心钻除，然后轻轻铲除钉头剩余部分，或使用能保证不烧伤钢料的配有平口的特制的焰割工具割除钉头（平常所用的焰割工具不能使用），再用手锤轻轻取出钉杆，操作中应避免伤及主板。
- 3 用相同规格的螺栓或铆钉更换，当更换铆钉数量较多，也可以采用高强度螺栓代替铆钉，但铆合面应经现场喷砂处理后安装，保证摩擦系数在 0.35~0.45 之间或以上。
- 4 更换铆钉时必须具备专用铆钉烧炉、铆枪、风顶把、接钉筒、夹钉钳及过孔锥枢等，并需要熟练铆钉技工操作。铆合时，应使钉杆切实填满钉孔，每只铆钉一般应在 20s 时间内完成铆合，越快越好
- 5 螺栓或铆钉重换后，应检查是否符合要求，同时还要检查相邻的不更换螺栓或铆钉有否受影响而松动，如发现松动，也应拆除更换。
- 6 对修复范围加以与全桥相同的涂装防护。
- 7 销子周围应勤涂润滑油，防止雨水进入销孔缝隙；外露的螺杆亦应涂油，防止锈蚀。如发现销钉和栓钉有裂缝、脱皮、弯曲、压损等，应予更换，涂抹润滑油。

6.6 裂纹维修

6.6.1 钢结构桥梁出现裂纹后，应对裂纹位置、尺寸、出现时间等信息进行记录并加强监测和检测，综合考虑裂纹位置、尺寸及扩展性能等因素，制定相应的维修方案。

6.6.2 裂纹修复的方案设计和施工应遵循下列原则：降低应力集中程度、避免或减少各类施工缺陷、选择残余应力较小的施工工艺、降低对原结构的损伤、利于后续二次或多次修复等。

6.6.3 具有扩展性或脆断倾向性的裂纹，应进行修复；对不宜修复的构件，应拆除更换。

6.6.4 钻孔止裂法可以作为疲劳裂纹修复的应急措施。可在裂纹扩展方向上、距离

裂纹端点 $0.5t \sim 1.0t$ (t 为板厚) 处钻止裂孔, 以延缓或暂时阻止裂纹继续发展; 再进一步查明其扩展过程和裂纹性质并采取修复措施。

止裂孔直径 D 可按式 6.6.4 确定, 且不应小于 25mm。

$$D = \frac{S_r \pi a}{55 f_y} \quad (6.6.4)$$

其中, S_r 为裂尖位置名义应力幅; a 为裂纹半短轴长度, f_y 为钢材的屈服强度。

【条文说明】

参考美国联邦公路署《Manual for Repair and Retrofit of Fatigue Cracks in Steel Bridges》中关于止裂孔修复方法的规定, 止裂孔直径可按照式 6.6.4 确定, 并要求止裂孔直径不应小于 25mm。

6.6.5 对于尺寸较小、扩展能力较弱的疲劳裂纹, 可采用气动冲击、超声锤击等方法改善裂纹区域应力状态, 阻止裂纹进一步扩展。

6.6.6 对于尺寸相对较大、扩展能力较强的裂纹, 或裂纹位于关键受力部位时, 可采用粘贴加固材料等冷维护方法、或加焊钢板、重熔等热维护方法进行修复, 宜优先选用冷维护方法。

【条文说明】

冷维护方法指在钢桥疲劳损伤修复过程中不引入新的焊接疲劳细节, 修复工作对原结构无损伤或微损伤, 且不影响再修复工作的维护方法。冷维护材料以钢材、纤维板和各种高性能混凝土为主, 冷连接型式包括粘贴、栓接和粘-栓混合连接等。

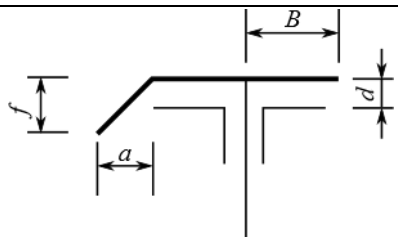
6.6.7 裂纹修复后应加强对修复区域的运营监测, 开展修复效果及长期性能的评估, 并确定下一步的检修周期。

6.7 变形维修

6.7.1 公路钢结构桥梁杆件变形的限值应符合表 6.7.1 的规定, 对变形超限的构件应进行修复或更换。

表 6.7.1 钢结构桥梁构件变形容许值

序号	变形类别		容许限值
1	竖向弯曲		弯曲矢度小于跨度的 1/1000
2	板梁	横向弯曲	弯曲矢度小于自由长度的 1/5000, 并且在任何情况下不超过 20mm

序号	变形类别	容许限值
3	 上盖板局部垂直弯曲	$f < d$ 或 $a > B/4$ d —钢板或钢板束的厚度 B —由腹板至盖板边缘的宽度
4	盖板上孔洞	孔洞直径小于 30mm
5	腹板上孔洞	工字梁的孔洞直径小于 30mm, 板梁小于 50mm, 边缘完好
6	腹板受拉部位有弯曲	凸出部分直径小于断面高度的 0.2 倍或深度不大于腹板厚度
7	同上, 但在受压部位	凸出部分直径小于断面高度的 0.1 倍或深度不大于腹板厚度
8	主梁压力杆件弯曲	弯曲矢度小于杆件自由长度的 1/1000
9	主梁拉力杆件弯曲	弯曲矢度小于杆件自由长度的 1/500
10	主梁腹杆或联接杆件弯曲	弯曲矢度小于杆件自由长度的 1/300
11	孔洞	孔洞直径小于杆件高度的 0.15 倍并不大于 30mm

6.7.2 钢结构桥梁变形维修可采用热矫正、冷矫正、热-机械矫正方法。

6.7.3 变形维修前, 应进行变形检查。变形检查主要包括以下内容:

1 通过人工或仪器对桥梁的变形进行检测, 对变形部位进行标记, 并记录病害所在位置及构件的变形程度。变形检测指标包括构件弯曲矢度、板件表面变形突出部分高度、孔洞直径及孔洞边缘外观。

2 对于变形数量多但未超过限值的, 应收集被检查桥梁的制造图纸、竣工图纸、施工记录、交、竣工资料、历史检查记录、历史养护记录等资料, 通过其他检查手段或桥梁验算, 判断是否需要开展变形养护。

6.7.3 对未超限值的结构变形, 若变形轻微且变形部位未发生涂装破损, 则仅需记录变形位置及变形值, 保持对变形部位的跟踪监测; 若变形部位涂装发生破损, 则应清除表面锈层, 清理污渍, 重新涂装。

6.7.4 冷矫正宜应用于附属构造、非受力构件或微小变形受力构件的变形修复。

【条文说明】

冷矫正利用机械力的作用来矫正钢结构变形, 消耗钢材的塑性储备, 包括捶打法、

千斤顶反力顶推等。冷矫正后应注意检查是否产生裂纹、涂装层破坏等。

6.7.5 冷矫正施工应符合下列要求：

- 1 对冷矫正最低环境温度应进行限制，碳素结构钢进行冷矫正不得低于 -16°C ，低合金结构钢不得低于 -12°C 。
- 2 钢构件在矫正过程中，矫正设备和吊运对钢构件表面的划痕深度不得大于 0.5mm ，且深度不得大于该钢材厚度负偏差值的 $1/2$ 。
- 3 冷矫正的最小曲率半径和最大弯曲矢高应根据钢材的特性、工艺的可行性以及成形后外观质量的限制制定。

6.7.6 热-机械矫正宜应用于附属结构以及主体结构非受力构件的变形修复。校正应尽可能在自然冷却后立即进行，并应采取措施消除残余应力。

【条文说明】

热-机械矫正过程中可能发生构件断裂、材料性能改变或结构表面皱褶，因此，不宜应用于主要受力构件的变形修复。

6.7.7 热矫正宜应用于主体结构受力构件的变形修复，也可用于附属结构的变形修复。

6.7.8 热矫正施工应符合下列要求：

- 1 热矫正中钢材温度不应超过以下两个温度的最低值：
 - 1) 钢材的临界温度。
 - 2) 淬硬钢和回火钢的回火极限。
- 2 热矫正应采用线状加热和三角加热的组合方式加热。
- 3 矫正过程中由施加外力产生的应力不超过钢结构在受热状态下的屈服应力。
- 4 只有塑性变形区附近的区域被加热。
- 5 带载钢桥不宜进行热矫正。
- 6 热矫正后应对损坏的涂层重新按照原设计技术标准补涂。

【条文说明】

钢材的临界温度指的是发生分子变化的最低温度。

7 钢结构梁桥上部结构养护

7.1 一般规定

7.1.1 钢结构梁桥上部结构养护应符合下列规定：

- 1 钢结构梁的刚度、强度和稳定性应符合设计要求。承载能力或刚度不满足时，应进行加固或改造。
- 2 外观应清洁、干燥。
- 3 钢结构防腐涂层应外观完好，厚度和硬度符合设计要求。
- 4 构件应完好，铆钉或螺栓无失效和缺损，焊缝或板件无影响结构安全的裂纹，构件变形不超限值。
- 5 钢-混凝土组合梁桥面板不得有纵向劈裂裂纹。钢梁与混凝土桥面板之间的剪力连接件应完好无损，不得有纵向滑移及掀起。压型钢板组合桥面板支撑处及肋板不得变形，肋板与连接件附近的混凝土不得有疲劳裂缝。
- 6 纵、横向联结系的连接应完好有效，杆件变形应满足规范要求。
- 7 采用节点板连接的杆（板）件，拼接板与主板缝隙应满足规范要求。
- 8 检查设施应完整、功能使用正常。

【条文说明】

钢-混凝土组合梁桥是通过剪力连接件把钢梁和混凝土桥面板连成整体而共同受力，剪力连接件传递钢梁与混凝土面板之间的剪力。剪力连接件对混凝土桥面板的作用相当于对桥面板产生纵向劈裂效应。如果出现混凝土纵向劈裂，就会导致整体工作性能降低甚至失去组合作用。桥面板掀起时会表现出混凝土铺装层鼓出、破损等现象，会导致组合作用降低，应做好定期检测，否则应予以修复加固。钢-混凝土组合梁桥的混凝土面板的养护按《公路桥涵养护规范》（JTG H11）执行。

采用高强度螺栓拼接连接部位，如果拼接板与主板缝隙超出规范要求，会形成缝隙腐蚀，缝隙腐蚀是一种严重的局部腐蚀，常存在于有溶液积留的孔隙、密封垫片表面、螺栓和铆钉下的缝隙内，也可存在金属表面覆盖的泥沙，灰尘等非实际的缝隙中，含氯离子的溶液是最敏感的介质，滨海环境应引起重视。

7.1.2 钢结构梁桥上部结构养护应根据不同类型主梁的关键部位，开展有针对性的

养护。

1 钢板梁及钢-混凝土组合梁养护主要应包括下列内容：

1) 钢主梁构件的变形，包括腹板局部屈曲变形，腹板纵、横向加劲肋的变形，支撑加劲肋的变形等。

2) 主要受力焊缝：正交异性钢桥面板连接焊缝、工字型或箱型连接节点焊缝等。

3) 混凝土桥面板与主梁或横梁之间的连接。

4) 纵、横向联结系与主梁的连接。

5) 支座处支撑加劲肋与底板、腹板的连接。

6) 梁端伸缩缝区域及附近杆件。

【条文说明】

钢板梁及钢-混凝土组合梁腹板纵、横向加劲肋，由于过载或外力撞击易变形，若存在较大变形可能会引起主梁的整体失稳，养护检查时对构件的变形同样应引起足够的重视。

钢板梁及开口截面的钢-混凝土组合梁通常支撑处加劲肋外露，易积灰尘、凝露、积雪、淋雨，加劲肋与底板不密贴或裂缝开裂容易加重病害，应作为重点养护部位。

纵、横向联结系起到联系各主梁的作用，增强其整体性，若联结系与主梁的连接能力变差甚至失效，影响主梁的整体受力性能。

伸缩缝端由于频繁的冲击作用，较易出现疲劳破坏，引起疲劳裂纹；同时，伸缩缝容易漏水，使伸缩缝下方构件的使用环境变差，引起母板和焊缝锈蚀，对疲劳裂纹会促进锈蚀，应作为重点养护部位。

钢板梁采用正交异性桥面板的重点养护部位详见本条第 2 款。

2 钢箱梁养护主要应包括下列内容：

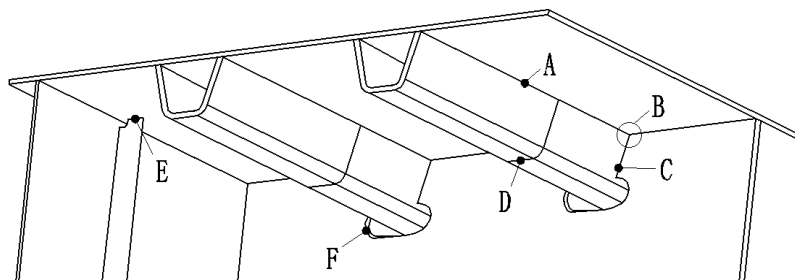
1) 正交异性钢桥面板各板件间的连接焊缝，主要包括桥面板加劲肋与桥面板焊缝、桥面板加劲肋与横隔板（梁）及面板交叉部位的焊缝、桥面板加劲肋与横隔板（梁）间焊缝、桥面板加劲肋嵌补段连接焊缝，腹板竖向加劲肋与桥面板连接焊缝；以及横隔板（梁）弧形开口部位。如图 7.1.2 所示。

2) 腹板局部屈曲变形，包括腹板纵、横向加劲的变形。

3) 桁架式横隔板、纵隔板杆件连接及变形。

4) 钢锚箱、锚拉板的连接焊缝。

- 5) 梁端伸缩缝区域及附近板件。
- 6) 开孔部位，如过人孔、电缆电线开孔等。
- 7) 钢箱内部检修设施及除湿系统。
- 8) 阻尼器功能及与主梁的连接。
- 9) 防震、减隔震措施的功能及与主梁的连接。



A-桥面板加劲肋与桥面板焊缝；B-桥面板加劲肋与横隔板（梁）及面板交叉部位的焊缝；
C-桥面板加劲肋与横隔板（梁）间焊缝；D-桥面板加劲肋嵌补段连接焊缝；
E-腹板竖向加劲肋与桥面板连接焊缝；F-横隔板（梁）弧形开口部位

图 7.1.2 闭口加劲肋正交异性钢桥面板易产生裂纹位置示意图

【条文说明】

正交异性钢桥面板病害较多，主要原因为疲劳破坏，尤其早期桥梁，认识和设计经验不足，构造细节欠合理。英国、荷兰、日本、巴西、美国等多个国家均出现了钢桥面板疲劳开裂的事例。钢桥面板的疲劳问题已成为影响钢桥安全和耐久运营的突出问题之一。

早期设计的桥梁存在腹板竖向加劲肋与桥面板焊接连接的情况，该构造引起焊缝开裂现象也较常见，应作重点养护，目前该连接构造弃用，腹板竖向加劲肋不与桥面板相连。

腹板纵、横向加劲肋，由于超载或设计刚度不足，随着运营期增长及病害的发生，主梁刚度降低、变形加大，腹板受压处及剪力较大部位的腹板加劲肋易出现较大变形，进而失稳，影响主桥承载力及整体稳定，养护时应引起重视。

钢锚箱、锚拉板作为拱桥吊杆或系杆的主要传力构件，锚固区的可靠与否直接关系到桥梁的安全度。

伸缩缝端由于频繁的冲击作用，较易出现疲劳破坏，引起疲劳裂纹；同时，伸缩缝容易漏水，使伸缩缝下方构件的使用环境变差，引起母板和焊缝锈蚀，对疲劳裂纹会促进锈蚀，应作为重点养护部位。

钢箱梁内部良好的密闭空间可以延长结构耐久性，密封门是否关好，抽湿系统运行是否正常关系到钢箱内部的环境。

对有防震、减隔震需求的大跨钢箱梁桥，应对防震、减隔震构造措施，如防落梁构件、阻尼连接器、减隔震支座、TMD 等的使用功能及与主梁的连接性能作为重点养护部位。

3 钢桁梁养护主要应包括下列内容：

- 1) 杆件插入式连接时杆件板件间缝隙、对接式连接时拼接板与杆件间缝隙。
- 2) 铆钉、螺栓、节点板、连接板。
- 3) 纵、横向联结系与主桁杆件的连接。
- 4) 杆件泄水孔部位。
- 5) 梁端伸缩缝区域及附近板件。
- 6) 检修设施及其与主梁的连接。

【条文说明】

钢桁梁桥应重点检查和养护易积水、积污部位、连接部位及易失稳的杆件。

纵、横向联结系失效或部分杆件的失稳会严重降低桁梁桥的稳定性。

钢桁梁桥采用正交异性桥面板的重点养护内容详见本条第 2 款。

7.1.3 钢结构梁桥上部结构的日常养护应符合下列规定：

- 1 保持外观清洁，及时清除积水、积灰、积雪、杂物等。
- 2 清除钢结构表面污垢时，应重点清理节点、转角、钢板搭接处等易积污的部位。
清除的污垢不得扫入泄水孔或排水槽中。
- 3 检查防腐涂层的完好性，对日常检查中发现的微小涂层损坏应及时补涂。
- 4 对除湿系统、箱内照明系统进行巡视维护，确保其正常工作。
- 5 对检修通道进行定期维护，确保其正常通行。
- 6 钢结构梁桥上部结构的日常养护应每月不少于一次。

【条文说明】

对表面进行清洁养护时应注意保护防腐涂层不被破坏。

7.1.4 防腐涂层、铆钉、螺栓及焊缝等通用养护按本规范第 6 章执行。

7.1.5 对主要受力构件不宜使用焊接修复方法，确需使用时，应通过临时支撑卸载，必要时临时中断桥面交通，并应通过方案评审后方可实施。

7.2 钢板梁及钢—混凝土组合梁养护

7.2.1 组合梁结合面的养护应符合下列规定：

- 1 钢梁与混凝土桥面板之间的剪力键应完好无损，不得有纵向滑移及掀起。
- 2 钢结构组合面支撑处桥面板及钢梁上翼缘不应有损坏或变形。
- 3 连接件附近的混凝土不得有损坏。

7.2.2 组合梁结合面的养护宜采用下列方法：

1 连接件附近混凝土的修复可采用剔除损坏混凝土，重新浇筑不低于原桥混凝土标号的混凝土补强。

2 剪力连接件的修复可用凿眼修复的方法，并将剪力键重新焊接在钢梁翼缘之上，维修时应在无活载情况下，凿开断面进行。

【条文说明】

剪力连接件修复方法可以在桥面板原连接件位置处凿眼，直到能够将剪力连接件补焊到钢梁的翼缘上为止，然后用不低于桥面板混凝土强度等级的细石混凝土将凿眼灌实。

7.2.3 检查出铆钉及螺栓松动等不良状况时，应予以及时更换，并本规范 6.4 节和 6.5 节的要求。

7.2.4 钢板梁及钢—混凝土组合梁中钢构件的变形容许值应符合本规范表 6.7.1 规定。超过规定容许限值时，应及时进行矫正、修复或更换。

7.2.5 钢板梁有下列状态之一时，应进行维修：

- 1 下承式横梁与纵梁连接处下端裂纹长度超过 50mm。
- 2 受拉翼缘焊接一端裂纹长度超过 20mm。
- 3 主梁、纵横梁受拉翼缘边裂纹长度超过 5mm；焊缝处裂纹长度超过 10mm。
- 4 纵梁上翼缘角钢裂纹。
- 5 纵横梁连接松动。
- 6 纵梁受压翼缘、上承板梁上翼缘板件断面削弱大于 20%。

7.2.6 钢板梁的维修应符合下列规定：

1 钢板梁由于穿孔或破裂削弱断面时，可补贴钢板或用钢夹板夹紧并栓接来加固，这时钢板的边缘应挫平，使之结合紧密。如钢板受到了较短和较深的创伤，宜用电焊填补。

2 采用增设水平加劲肋、竖向加劲肋的方法补强钢板梁。

3 钢杆件受到冲击造成局部弯曲时，可用撬棍、弓形螺旋顶或油压千斤顶等机械进行冷矫正。

7.2.7 恢复和提高整桥承载力时，可采用下列方法：

1 在原梁之间或边梁外侧增加新纵梁，使新旧梁形成整体。

2 混凝土板与钢梁间增加剪力连接件，可采用加焊栓钉或螺栓连接。

3 在钢—混凝土组合梁的既有混凝土板上浇筑一层新的混凝土，将原混凝土板做为新浇筑混凝土的模板，同时增设连接件。

4 通过增设普通的加劲杆或体外预应力钢筋加固钢板梁。

7.3 钢箱梁养护

7.3.1 当钢箱梁涂层出现开裂、剥落、生锈等缺陷时，应根据劣化等级和锈蚀等级采取局部维护涂装或整体重新涂装。防腐涂层修复按本规范第 6.2 节的要求执行。

7.3.2 当钢箱梁正交异性桥面板出现少量疲劳裂纹时，可采用裂纹焊合法，手工钨极氩弧焊重熔（TIG）法，冲击裂纹闭合修复（ICR）法等对裂纹进行修复。

【条文说明】

裂纹焊合法是一种常用的疲劳裂纹修复方法，主要用于原有焊缝中穿透裂纹的修复，一般建议用碳弧气刨将裂纹边缘加工成坡口，坡口直至裂纹尖端，然后用焊缝焊合。裂纹焊合法虽然可以修复疲劳裂纹，消除裂纹尖端应力集中，但焊接过程将影响焊缝金属和热影响区钢材的断裂韧性，焊接质量缺陷可能造成新的疲劳裂纹萌生和扩展，必须采用合理的焊接工艺和质量控制措施，必要时和其它方法结合使用。

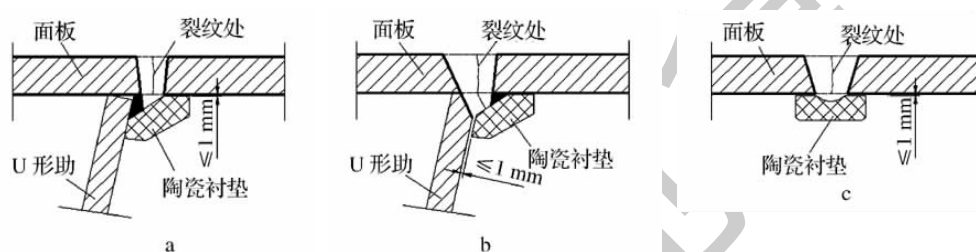
手工钨极氩弧焊（TIG）重熔法是通过表面有限深度的重熔，改变了接头表面的几何形状使之圆滑过渡，因而减少了应力集中，提高抗疲劳性能。当疲劳裂纹发生在角焊缝焊趾处，裂纹深度小于 6mm 时，可采用 TIG 重熔法进行修补，然后对重熔焊缝外观进行检查。

冲击裂纹闭合修复（ICR）法是通过高速冲击，使母材表面产生较大的塑性变形，

能够使裂纹的开口产生闭合，同时引入较大的残余压应力。疲劳裂纹经 ICR 修复后，在修复区域内的扩展会产生明显的开展迟滞效应，能够提高构件的疲劳剩余寿命，并且，焊趾附近应力产生重分布，可降低裂纹尖端附近的应力幅，对延缓疲劳裂纹扩展起到促进作用，改善开裂后的疲劳性能，提高疲劳剩余寿命。

根据桥梁的已使用年限、桥梁重要性和交通量发展等情况，综合考虑桥梁养护目标，选择一种或多种裂纹修复技术。

7.3.3 当桥面板纵向加劲肋与面板连接焊缝处裂纹贯通桥面板时，根据加劲肋与面板连接焊缝的疲劳开裂位置，裂纹铣削或碳弧气刨开坡口可采用图 7.3.3 所示的方式进行处理。



a-焊趾裂纹；b-焊根裂纹；c-U 肋外面板裂纹

图 7.3.3 加劲桥面板不同位置贯通疲劳裂纹修复开坡口示意

7.3.4 当横隔板（梁）在桥面板纵向加劲肋通过的弧形开口处母板出现疲劳裂纹时，应先钻止裂孔，然后宜采用粘贴碳纤维板或钢板进行补强修复，如图 7.3.4 所示，粘贴应采用双面粘贴。

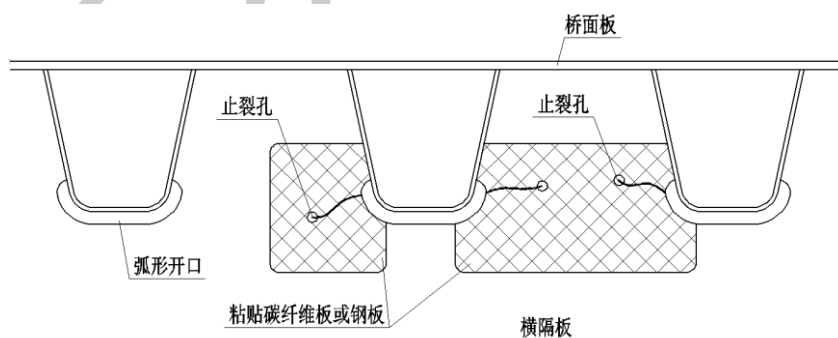


图 7.3.4 横隔板（梁）弧形开口母板疲劳裂纹修复示意

7.3.5 当腹板加劲肋与桥面板顶板焊接处出现疲劳裂纹时，可对腹板横向加劲肋上段 35mm~50mm 切除，彻底与桥面板断开，将切除部分打磨平整，修复焊缝或母板裂纹，改善此处桥面板疲劳开裂的问题，如图 7.3.5 所示。

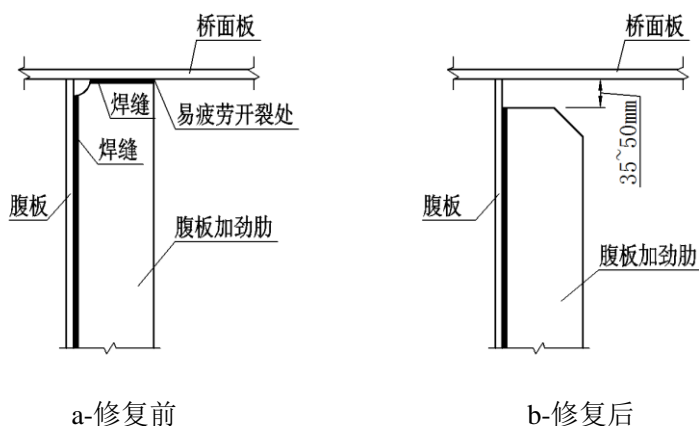


图 7.3.5 腹板竖向加劲肋与面板焊接处疲劳裂纹修复示意

【条文说明】

腹板横向加劲肋与顶板焊接为早期设计采用的方法，随着对桥面板疲劳裂纹现象的逐步认识，腹板横向加劲肋不再与顶板焊接。该修复方法同时可作为预防养护措施，在桥面板出现此类疲劳裂纹前对该设计构造进行优化，避免后期出现疲劳裂纹。

7.3.6 对因裂纹扩展而造成结构断面削弱较大的部位，可采用增加拼接钢板，然后用高强度螺栓连接的方法进行补强修复，或采用粘贴碳纤维板补强修复。

7.3.7 当钢箱梁构件局部屈曲变形，应及时矫正。若由于构件强度、刚度不足或稳定性差等原因引起的弯曲，矫正后应进行加固处理。

【条文说明】

矫正可采用撬棍、弓形螺旋顶或油压千斤顶进行冷矫正，禁止随意使用烧材方法矫正；构件如有不同方向的弯曲，应对导致弯曲的原因做调查分析以确定矫正的方法，矫正时按不同的弯曲方向分别进行，如构件同时有扭转和弯曲，应先矫正弯曲，再矫正扭转。

7.3.8 当钢箱梁连接处高强度螺栓松动、锈蚀、脱落，应及时补拧、替换，并做好标记，以便后期重点养护。螺栓修复养护按本规范第 6.4 节的要求执行。

【条文说明】

高强度螺栓连接指钢箱节段采用栓焊结合的连接、纵向加劲肋的高强度螺栓连接、桁架式横（纵）隔板的杆件间的连接等。

7.3.9 当钢箱梁承载能力降低、刚度变小，变形超出规范限值时，可采取粘贴钢板、粘贴碳纤维板、组合混凝土板或增设体外预应力等措施提高结构的承载力或刚度。进行提高结构承载力修复工作时应卸载或施加反向荷载，并应限制桥面交通。

【条文说明】

通过在支座范围附近的底板上焊接剪力连接件后浇筑混凝土形成组合截面可提高负弯矩区段的承载力。

7.3.10 当钢箱梁出现大量疲劳裂纹，采用常规修复工作未能阻止裂纹继续扩展或未取得预期修复效果时，应进行专项养护。

7.3.11 钢箱梁进行专项养护时，应通过专项检查，进一步查明裂纹形成机理，制订相应专项养护方案。

7.3.12 钢箱梁桥面板疲劳裂纹专项养护可通过替换现有铺装层，改进铺装层结构，加强结构整体刚度来实现。采用 UHPC 桥面铺装修复正交异性钢桥面疲劳裂纹的方法详见附录 D。

【条文说明】

通过改进桥面铺装层结构，目的是增强桥面板局部刚度，改善整个桥面板所有部位的应力幅，从而提高桥面板的抗疲劳性能，延长桥梁的使用寿命，提高行车安全性和舒适性。

7.3.13 改进铺装层结构前应对已发生的疲劳裂纹和连接缺陷进行修复。

7.3.14 采用改进铺装层修复方案时，不得随意增加桥面铺装荷载，应对修复方案进行全面评估验算。

7.4 钢桁梁养护

7.4.1 钢桁梁构件的变形容许限值应符合本规范表 6.7.1 规定。超过规定容许限值时，应及时进行矫正、修复或更换。

7.4.2 钢桁梁有下列状态之一时，应进行维修：

- 1 桁腹杆铆接接头处裂纹长度超过 50mm。
- 2 主桁节点和板拼接接头铆钉或螺栓失效率大于 10%。
- 3 主桁构件、板梁结合铆钉或螺栓松动连续 5 个及以上。

7.4.3 钢桁梁的养护宜采用下列方法：

1 桁架构件因锈蚀或腐蚀导致截面减小，构件承载力不足时，可采用粘贴钢板或碳纤维板法进行加固。

2 桁架构件因碰撞局部损坏, 受损受压构件可使用支柱进行临时加固, 受损受拉构件则应使用转扣加固。若构件因碰撞断裂, 则应更换构件或更换桁架。

3 断裂销接眼杆可使用钢丝绳进行临时性修复, 永久性修复应对眼杆进行更换。

7.4.4 钢桁梁常用的维修方法有构件局部粘贴补强、对构件施加预应力、更换连续梁支撑位置、对结构卸载、改变桁梁体系、更换构件、增加构件等。

【条文说明】

加固上承式钢桁梁叠合梁桥时, 可将原桥面板拆除, 设置抗剪连接件并重新浇筑钢筋混凝土或预应力混凝土桥面板, 形成钢-混凝土组合结构桥梁。

沿钢桁梁桥的杆件施加体外预应力时, 应验算钢桁梁的每一个杆件。施加预应力的方法分为沿钢桁梁的主要受拉杆件施加预应力以及施加体外预应力加固方法。加固设计中, 应尽量避免杆件截面及连接中心附加产生的偏心, 并使加固杆件拆卸的铆钉数量达到最小。

7.4.5 恢复和提高整桥承载力时, 宜采用下列方法:

1 不通航的桥孔或桥下净空足够的小型桥梁可采用加劲梁加固法, 将加劲梁安装在原主梁的下缘或下弦杆上。

2 桥下净空受限的桥梁可采用预应力加固法, 将体外预应力施加在下挠后的下弦杆截面上。

3 下部结构和基础承载力较大时, 可采用改变结构体系法:

1) 梁—拱组合结构受力法, 拱式桁架结构装在原主梁的上面, 拱脚和原主梁固接或铰接。

2) 梁—索组合结构受力法, 采用斜拉或悬索结构加在原主梁上面, 可使被加孔的恒载转移到缆索上, 以改善结构的受力。

4 在不影响排洪和通航的情况下, 可在桥孔中间增设桥墩。为了承受新增支点处的剪力, 在新桥墩墩顶处需加设支撑杆件。

5 对于多孔简支桁架可采用简支变连续的方法, 可分联将简支桁架转变为连续桁架, 并结合体外预应力法, 进一步补强墩顶处被连接的主桁上弦杆。

8 钢结构拱桥上部结构养护

8.1 一般规定

8.1.1 钢结构拱桥上部结构养护的内容包括：拱肋、横撑、立柱、主梁、除湿系统、吊杆、系杆、支座、桥面系、附属结构。

【条文说明】

以构件为单元对上部结构进行分类，实现养护范围无遗漏；其中立柱按本规范第 9 章钢桥墩养护的相关执行，支座、桥面系、附属设施等按本规范第 10 章有关规定执行。

8.1.2 钢结构拱桥的养护应符合下列规定：

- 1 整体结构外观整洁，结构完整，功能良好。
- 2 钢结构涂层完好、持续有效。
- 3 连接部位连接良好，无损伤及缺陷。
- 4 桥面线形、铺装平整、行车通畅。
- 5 主梁强度、刚度、稳定性满足要求，线性顺畅，无明显歪曲、变形。
- 6 吊杆、系杆等防护体系持续有效，索力符合设计要求及使用标准。
- 7 交通安全及检查维修设施、设备结构完好，功能齐全。
- 8 结构无异常变形、振动等情况。

【条文说明】

整体结构或构件包括 8.1.2 条中所明确的养护结构。

8.1.3 钢结构拱桥上部结构日常养护的工作内容包括：

- 1 清理桥面的垃圾杂物，保持桥面的干净整洁，车辆及行人通行通畅。
- 2 清除结构表面的污渍，保持结构表面干燥洁净。
- 3 观察结构防腐涂层情况，对出现的轻微涂层损坏及时补涂。
- 4 对检修设施、除湿系统等附属结构进行日常结构及功能维护。
- 5 检查并疏通泄水孔、排水管道等排水系统结构，保持排水通畅。

8.1.4 钢结构拱桥上部结构日常养护的频率应符合下列规定：

- 1 养护检查等级为 I、II 级的钢结构拱桥，日常养护的频率不低于 1 次/天。

- 2 养护检查等级为III级的钢结构拱桥，日常养护的频率不低于1次/周。
- 3 发生交通事故时，应临时加强日常巡查频率。
- 4 恶劣天气下应增加日常养护的频率。

8.2 拱肋及横撑养护

8.2.1 不同类型的拱肋及横撑养护的共有养护内容包括结构表面防腐涂层修复，焊缝开裂处置，非焊缝裂纹处理、拱肋变形处置，螺栓、铆钉等连接结构损坏修复，拱顶合龙段的密封及连接修复，拱肋拱脚区域清污排水。

8.2.2 结构表面防腐涂层修复、螺栓、铆钉等连接结构损坏修复应符合本规范第6章的有关规定。

8.2.3 焊缝开裂的处理应符合下列规定：

- 1 发现焊缝开裂应先做出明显标记，做好记录并持续观测，然后报告桥梁主管部门。
- 2 如焊缝开裂发展缓慢且对结构无影响，经批准后可暂不处理。
- 3 如焊缝变化明显，应根据具体情况进行修复设计，应尽量避免采用补焊、焊接补强等热修复方式。

8.2.4 疲劳裂纹修复可根据裂纹发展情况进行表面处理、钻孔止裂或补强处理。

- 1 表面处理主要针对焊趾处，包括打磨及冲击处理。
- 2 钻孔止裂的钻孔位置应在疲劳裂纹尖端处，止裂孔的孔径应满足的要求。

【条文说明】

钻孔止裂法的止裂孔直径影响孔边应力集中程度，从而影响疲劳裂纹再生寿命和钻孔止裂的效果，孔径不宜过小，同时也应避免孔径多大削弱构件截面。

- 3 补强处理主要采用钢板补强，推荐在技术成熟的条件下使用碳纤维材料补强。

8.2.5 拱肋或横撑变形应先做出明显标记，分析其原因后根据不同变形原因制定专项的修复技术方案。

- 1 因外力作用导致局部变形时，可采用冷矫修复；
- 2 因外力作用导致拱轴线偏位或非外力作用导致拱圈变形时，应立即进行交通管制，进一步评估桥梁承载力后，进行专家论证，委托专业单位进行专项修复设计和施工。

【条文说明】

- 1 钢桁拱杆件变形时，参考进行修复。
- 2 冷矫修复选可用撬棍、弓形螺旋顶或油压千斤顶等方式进行冷矫，禁止随意使用烧材方法矫正。
- 3 构件如有不同方向弯曲，可按不同的弯曲方向分别进行。如构件有扭转和弯曲，应先矫正弯曲，再矫正扭转。

8.2.6 拱顶合龙段的密封及连接修复应符合下列规定：

- 1 发现主拱合龙段渗水应在拱肋外部采取必要的密封措施，并对渗水位置进行局部重新涂装。
- 2 主拱肋合龙段高强螺栓松动、损坏应及时更换，同时拆卸的高强螺栓数目不宜超过 3 个。
- 3 主拱肋合拢段焊缝开裂时，应立即上报桥梁主管部门，分析原因，针对性采取修复措施。

8.2.7 拱脚区域的主要病害类型为拱脚积水、积杂物，其养护应符合下列规定：

- 1 及时清理积水及其他杂物，保持拱脚混凝土与拱肋连接处的清洁干燥，避免积水或垃圾进入钢管与混凝土之间的空隙。
- 2 拱脚处长期积水时，可通过修筑斜坡构筑物的形式排除予以排除。

8.2.8 钢管混凝土拱肋养护的关键部位还应包括腹杆、弦杆与主拱钢管的连接以及钢管内混凝土。

- 1 腹杆、弦杆与主拱钢管的连接处的主要养护内容为焊缝开裂的修复，其修复应满足本规范第 8.2.3 条的相关规定。
- 2 钢管内混凝土养护主要是脱空和不密实的处置。
 - 1) 钢管内混凝土脱空和拱内混凝土不密实时，可灌注无收缩砂浆或环氧树脂胶。
 - 2) 灌注料的强度应大于原混凝土强度，可灌浆环氧树脂胶，完成后及时封闭灌浆孔。

【条文说明】

管内灌注环氧树脂胶，需要在钢管上钻孔，钻孔直径不应超过 $\phi 20\text{mm}$ ，同一脱空区域内至少布置 2 个以上孔位，其中一个孔位在最低处。灌注时应从低处孔位向高

处进行，灌注压力不超过 0.4MPa。

8.2.9 钢箱拱拱肋的养护尚应包括箱内除湿系统、排水系统及照明系统等箱内附属结构的养护，并应符合下列规定：

- 1 除湿系统、排水系统及照明系统各部件结构完整，保持箱内清洁、干燥。
- 2 箱内相对湿度低于 45%。

【条文说明】

经调查研究，钢表面暴露在相对湿度小于 60%的空气中不会腐蚀。实际应用中，一般控制钢箱内相对湿度不超过 45%。

8.2.10 除湿系统、排水系统或照明系统结构损坏、功能不全时，应及时查明原因，进行修复。

8.2.11 养护过程中，应针对排水孔口、结构凹陷等易积水或易损坏的部位进行重点检查。

8.2.12 钢桁拱拱肋的养护尚应包括钢桁拱杆件的变形，节点或杆件脱焊养护。

8.2.13 钢桁拱杆件的变形养护应符合下列规定：

- 1 发现杆件变形后，应及时采取临时保护措施，并组织专业人员分析原因，确定修复技术方案，进行详细专项方案设计。
- 2 修复实施前，应逐个工况验算结构安全性。
- 3 修复实施过程中，应采取安全保护措施。
- 4 若构件由于强度、刚度不足或稳定性差等原因引起弯曲，矫正后应进行加固处理。
- 5 如需拆卸构件修理，应安装临时构件代替拆卸构件。

8.2.14 节点或杆件脱焊的养护应符合下列规定：

- 1 发现节点或杆件的脱焊时应先做出明显标记，应先进行分析并查明原因，做好记录并持续观测，然后报告桥梁主管部门。
- 2 如脱焊部位和发展情况对结构无影响，经批准后可暂不处理。
- 3 如脱焊部位和发展变化明显，应立即安装临时构件代替脱焊部位构件，或采用碳纤维材料加固措施，临时加强构件。再根据具体情况进行专项修复设计，应尽量避免采用补焊、焊接补强等热修复方式。

8.3 主梁养护

8.3.1 主梁的养护应符合下列规定：

- 1 外观干净、整洁，结构完整，线性良好。
- 2 涂层完好，无明显病害，无涂层病害引起的构件锈蚀。
- 3 主梁与吊杆的连接部位、主梁与拱肋的交叉部位以及纵、横梁的连接部位外观良好、连接可靠。
- 4 防排水系统良好，无堵塞及漏水现象。

8.3.2 横、纵梁及主梁的养护内容包括涂层修复、局部变形、裂纹、焊缝开裂及主梁与吊杆的连接部位，主梁与拱肋的交叉部位，纵、横梁的连接部位的病害处置。

8.3.3 发现局部变形应先做出明显标记并及时上报桥梁主管部门，针对不同的原因及变形程度采取不同的技术措施。

1 因外力偶然作用引起非主要承力位置发生局部凹陷等小范围变形，经专家论证不影响桥梁正常使用时，可加强监测。

2 非主要承力位置发生较大范围变形或主要承力位置发生变形时，应进行必要的矫正或修复处理。

8.3.4 主梁与吊杆的连接部位应做好密封措施，出现渗水、漏水时，应及时进行排水并疏导，避免积水。

8.3.5 主梁与拱肋的交叉部位应保持有一定的间隙，出现一侧接触时，应加垫橡胶等保护装置，同时做好记录并持续观测，报告桥梁主管部门。

8.3.6 涂层修复裂纹、焊缝开裂的处理方法应满足本规范第 6 章通用养护的相关规定。

8.4 吊杆养护

8.4.1 吊杆养护应符合下列规定：

- 1 索体、锚头结构完好，外观清洁、干燥，无污渍；
- 2 吊杆整体几何位置及尺寸符合设计及使用要求；
- 3 防护体系防护效果良好，无异常；

4 锚固区锚固稳定、可靠，索力在设计范围内。

8.4.2 吊杆养护的内容包括锚固区域养护，索体养护、附属设施养护、索力调整、振动异常及吊杆更换。

8.4.3 锚固区域养护内容包括锚头的防腐、除锈、下锚头的防排水、锚固区域裂纹处置。

1 锚头的防腐防护应符合下列要求：

- 1) 及时清除老化失效的涂层并重新涂装。
- 2) 定期更换锚具锚杯内的防护油脂。
- 3) 防护油脂渗漏时，应对渗漏部位实施封堵，并补注防护油脂。

2 锚具锈蚀应及时除锈，可按“表面处理-除锈-涂刷防锈油脂”的工艺流程进行。

3 下锚头的防排水应符合下列要求：

- 1) 保持下锚头排水设施结构完好，排水通畅；
- 2) 及时排除渗水或积水，并查明原因，封堵源头。
- 3) 必要时新增下锚头排水设施或除湿装置。

4 锚固区域裂纹一经发现应立即上报桥梁主管部门，并采取应急措施。

【条文说明】

锚头防护是吊杆养护的重要内容，特别是下锚头防护，发现渗水、漏油、裂纹等现象应及时处理。

8.4.4 索体养护内容包括护套修复、钢丝锈蚀、断丝检查及修复。

1 索体护套修复应符合下列规定：

- 1) 护套破损应及时组织修补。
- 2) 修补的材料应与原材料保持一致。
- 3) 护套破损可采用缠包带临时密封，密封长度应超过破损位置两端各 2 倍索径。

径。

4) 因材料老化导致的网状裂纹宜采用缠绕 PVF 缠包带修复。

【条文说明】

PE 护套修复可参考下列步骤进行：

- 1 用机械方法剔除破损部分，直至露出完好聚乙烯，并作出坡口。
- 2 用丙酮清洗待修复部分。

3 采用专业设备将 PE 材料热熔至修复部位。

4 用抛光机对焊接部位进行抛光。

2 钢丝锈蚀、断丝检查及修复应符合下列规定：

1) 钢丝锈蚀可采用开窗检查的方法。若无锈蚀，应立即对护套进行修复。若有锈蚀，必须组织相关论证，确定修复方案后再进行处理。

2 钢丝锈蚀修复可参照：“表面处理——除锈——防腐涂装——护套修复”的工艺流程进行。

【条文说明】

1 开窗过程中做好防护，避免对钢丝造成损伤。

2 开窗应纵向切割，建议不超过 $5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 。

3 开窗处理可参考下列工艺流程：

1) 选定位置，切割 PE，切割时应缓慢操作，不得伤及钢丝。

2) 在切割缝隙处用工具撬开 PE，在一字批端头缠绕棉布等，避免撬 PE 时注意对钢丝造成破坏。

3) 取下 PE 块，剥除索体内纤维缠包带，观察钢丝表面情况，做好记录。

4 钢丝锈蚀修复可下列步骤进行：

1) 将护套与绕包带剥除，露出严重锈蚀的钢丝。

2) 用钢丝刷将钢丝表面浮锈刷除并用鬃刷将浮锈清扫干净，使钢丝表面达到

St1.0。

3) 在钢丝表面涂防锈漆。

4) 用防锈油脂填充钢丝间缝隙。

5) 参考护套修复的方式修复护套。

3 钢丝断丝的检查及断丝修复应符合下列规定：

1) 断丝检查优先采用无损检测的方法。

2) 可由专业机构通过专业的设备仪器进行分析判断。

3) 经检查确定断丝数量超过 1%或截面削弱面积超过 1%，应进行吊杆更换。

8.4.5 附属设施的养护内容包括索体防水罩、保护套管等的修复。

1 锚头防水罩防水失效时，立即进行密封处理。

2 可在防水罩端口填充密封材料，或在防水罩端口加装 PE 护套。

3 保护套管损坏应及时维修，无法维修时应先采取临时措施保障其正常通行，待

换索时再实施更换。

8.4.6 索力调整应符合下列规定：

1 观察认为桥面线形可能存在异常时，应立即桥面线形及索力进行检测并进行数据分析；当索力变化超过 10% 或者桥面线形变化超过设计要求或经专家论证后认为索力或桥面线形需要调整时，宜进行吊杆索力调整。

【条文说明】

依据《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）中 8.8.7 节吊杆的制作与安装实测项目（表 8.8.7-1）的要求：吊杆索力偏离极值 10%。

2 调索设计应经过设计单位的计算复核。

3 索力调整量值应按规定进行，并测定桥面线形和索力，同步控制。

8.4.7 吊杆振动异常，应立即采取临时减振措施，查明原因后针对性修复。

8.4.8 吊杆更换应符合下列规定：

1 达到设计寿命或经检查评估认为需要更换的，宜进行更换。

2 吊杆更换应进行专项设计，并由相应资质的单位实施及独立的第三方过程监控。

3 吊杆更换的设计标准不应低于原设计标准。

4 吊杆更换时应有临时吊杆系统，应采用分级的方式逐步加、卸载实现体系转换，严禁采用突然释放应力的方式拆除旧吊杆。

5 吊杆更换过程中应进行交通管制，严格控制桥面或横梁标高变化和拱圈线性变化。

【条文说明】

1 吊杆更换属于重要结构的养护施工，应组织专家进行专项论证，同时应注意做好原有结构的防护、工具吊杆的专项设计、体系的平缓转换等工作。

2 临时吊杆系统应进行专门设计，其安全系数不得低于新吊杆的安全系数。

3 吊杆更换过程中，将旧吊杆索力转移至临时吊杆系统时，为第一次体系转换；将临时吊杆系统索力转移至新吊杆时，为第二次体系转换；两次体系转换时，应分级同步进行。

4 吊杆更换工艺可按照：“施工准备—确定新吊杆长度—安装临时吊杆系统—旧吊杆拆除—新吊杆安装—附属施工—临时设施拆除及现场清理”进行。

8.5 系杆养护

8.5.1 系杆养护应符合下列要求：

- 1 系杆箱内清洁干燥。
- 2 锚固区域构件完好，无损伤。
- 3 可见的结构外观良好。

8.5.2 系杆的养护包括防护体系修复、系杆锈蚀、损坏等缺陷修复。

8.5.3 系杆防护体系修复应符合下列规定：

- 1 当发现油脂渗漏或者油脂达到使用年限时，应更换系杆防护油脂，更换时应同时检查可见部分系杆的外观及防护情况。
- 2 发现防护油脂渗漏时应先打开系杆箱盖板，检查箱内的防护油脂情况。
- 3 对防护油脂存在渗漏时，应及时补注或更换新的防护油脂，并堵塞渗漏部位。
- 4 防腐涂层剥落应及时处置，重新涂装。

8.5.4 系杆是拱桥的重要构件，经检查发现系杆锈蚀、损坏等缺陷应及时上报，并组织专家论证，采取对应的修复措施。

【条文说明】

系杆对拱桥的结构安全至关重要，需要对其进行全面、专业的专项检查，并组织专家论证，由专业单位进行专项设计和专项维修。

9 钢结构桥墩养护

9.1 一般规定

9.1.1 钢结构桥墩养护包含钢桥墩和钢—混组合桥墩养护。

9.1.2 钢结构桥墩的养护的范围包括：钢盖梁、钢系梁、钢墩身、立柱之间的剪刀撑、防撞设施等。

【条文说明】

本条以构件为单元，对钢桥墩的养护内容进行分类，实现养护内容的全覆盖。

9.1.3 钢结构桥墩的养护工作应包括以下内容：

1 日常养护及预防养护—对桥墩的各个部位，进行预防性保养和修补，对基础冲刷进行防护，使之经常保持完好状态。

2 修复养护工程—对桥墩的各个部位的一般性自然磨损和局部损坏进行维修加固，以恢复原状。

3 专项养护工程—包含大修工程和改善工程。

【条文说明】

大修工程指对钢结构桥墩的各个部位的较大损坏进行周期性的综合修理，以全面恢复到原设计标准，以提高其通行能力。大修工程应由相关养护部门提出申请，报政府有关部门批准，必要时还应邀请专家论证。大修工作应由监理工程师对质量、进度和费用进行综合监督管理。改善工程指对钢结构桥墩的各个部位，因不能适应交通量的增加而提高技术等级，或改善后，能显著提高桥梁通行能力的较大工程项目。此项工作应由专业养护单位来完成。

9.1.4 钢结构桥墩的日常养护应由公路管理机构的专职桥梁养护工程师(或技术员)负责，宜每个月检查一次，汛期加强检查频率。

【条文说明】

桥墩的养护的工作条件比较困难，在一般情况下将其检查周期定位一个季度。日常养护工作应按规范程序进行。检查前，主持检查的专职桥梁养护工程师要认真查阅有关技术资料以及上次定期检查的报告，做好人力、设备等各种准备，落实安全保障措施。

9.1.5 钢结构桥墩的日常养护应符合下列规定：

- 1 检查钢结构外表面是否清洁，应及时去除表面的垃圾、灰尘、积水、积雪、青苔、杂草等。
- 2 检查桥墩墩台是否受到船只或漂浮物的撞击而受损，如有受损，及时进行修复。
- 3 检查基础是否受到冲刷破坏、外露、悬空、下沉，墩台及基础是否受到生物侵蚀。
- 4 检查桥墩有无沉降位移。当桥墩的不均匀沉降值超过设计允许变形时，应查明原因，并进行加固和调整高程。
- 5 日常养护的频率根据桥梁的技术状况而定，一般每月不少于 1 次。

【条文说明】

对钢结构桥墩日常养护的要求做出了规定，日常养护以目测为主，检查外表可见到的病害和缺陷，针对缺陷做出相应的处理措施。钢结构桥墩出现频率最高的病害为腐蚀破坏、撞击破坏，不及时进行日常养护会危害到桥梁的整体安全。

9.1.6 宜在墩、台身底部（距地面或常水位 0.5~2m 内）的上、下游两侧设置各 1~2 个位移永久观测点。

9.1.7 混凝土墩台与基础的养护可按现行《公路桥涵养护规范》（JTG H11）5.1 节和 5.2 节相关规定执行。

9.2 钢盖梁及系梁养护

9.2.1 若钢盖梁表面出现锈蚀，宜使用中性溶液清洁破损区域，以确保没有油渍残留，彻底干燥清洁面。若有必要，可以用锉刀或砂纸打磨锈蚀区域，并及时涂装。盖梁最易腐蚀部位为盖梁与立柱交界处，应重点检查和养护。

9.2.2 防腐涂层的养护应按本规范 6.2 节执行，涂料的技术指标应符合设计要求及相关规范的规定。

【条文说明】

涂料必须是正规厂家生产，有相应的产品合格证书、有国家认可的质检机构出具的检验报告、有供应产品的技术手册、所用涂料必须具有丰富的实践应用以及在我国同类气候条件中的应用案例。

9.2.3 钢系梁与墩身立柱交界处是系梁最易腐蚀、开裂的位置，应重点检查和养护。

9.2.4 钢系梁的强度、刚度、稳定性应符合设计要求，系梁与桥墩之间的焊缝主要以目测为主，必要时可采用磁粉探伤检查。

【条文说明】

当系梁与桥墩之间出现疲劳裂纹时，应采用钻止裂孔、钢板补强、碳纤维补强技术等冷加固方法，不宜使用裂纹焊合等热处理措施，并且应持续跟踪其裂纹的发展情况，防止出现贯穿裂纹。

9.3 钢—混组合墩身养护

9.3.1 钢—混组合桥墩防腐涂装的养护可按本规范 6.2 条执行，新涂层应与旧涂层采用相同的涂装体系，新旧涂层间应有一定过渡段。

9.3.2 钢管的局部变形应按下列要求进行处理：

- 1 施工阶段产生的局部变形（褶皱），可不予处理。
- 2 钢管管内混凝土脱空引起的局部变形，可采取压浆方式予以修补。
- 3 因薄管壁引起的局部变形，如后续没有进一步发展，可不予处理，但在检查中需加强观测。

9.3.3 钢管内的混凝土脱空应按下列要求进行处理：

- 1 脱空检测方法可采用人工敲击法、钻芯取样法、超声波检测法、表面波法等。
- 2 应堵塞和封闭一切可能向管内进水和渗水的通道，设置良好的管壁防水措施。
- 3 可在管壁上按一定距离和布置方式设置排水通气孔，以利于管内积水的排出，消除管内真空吸水的可能，防止管内形成冻胀。
- 4 可采用碳纤维缠绕加固，提高钢管的环向强度。

【条文说明】

常见的脱空检测方法有人工敲击法、钻芯取样法、超声波检测法、表面波法等。钻芯法只适用于抽样检查，对于组合桥墩内混凝土的质量检测，应以超声波检测为主。超声波检测设备简单，测试方法灵活，测试结果可靠的优点，是目前组合桥墩脱空检测的常用检测方法。

钢管混凝土在气温低于 0℃时，集中在钢管与混凝土脱开缝隙中的水分开始结冰、膨胀，在钢管内形成环向拉应力，最终会导致钢管膨胀开裂。因此，对脱开缝隙部位的养护应做防排水工作，防止管内形成冻胀。

9.4 钢墩身养护

9.4.1 应一季度检查一次钢桥墩是否有异常变形、有无撞坏、断裂、松动、错位、缺件、剥落等情况发生。检查内容如下：

- 1 结构状况：桥墩的结构形式及钢材种类、钢材板厚、使用年限等。
- 2 焊缝：焊缝的形式和尺寸，焊缝处是否有裂纹、未熔合、夹渣、未填满、弧坑等缺陷。
- 3 涂层：涂层表面是否有脱皮、泛锈、龟裂和起泡等缺陷，涂层与钢基材之间和各涂层之间是否粘结牢固，是否有空鼓、脱层、明显凹陷、粉化松散和浮浆等缺陷。
- 4 铆钉：铆钉是否松动、脱落和损坏，钉孔位置是否正确。
- 5 螺栓：螺栓有无松动、脱落或断裂，节点是否滑动，错列等。

9.4.2 运营中钢桥墩防腐涂层起泡、开裂或脱落的面积达到 10% 时，应进行整桥墩重新涂装。

【条文说明】

大量数据统计，当构件涂层的锈蚀面积达到 10% 时，构件涂层可视为失效，需要进行周期涂漆防锈，以延长使用寿命。

9.4.3 在有活载情况下更换铆钉时，应拆除一个铆钉，同时上紧一个高强度承压型螺栓。严禁使用大锤铲除钉头。

【条文说明】

铆钉可用高强度承压型螺栓代替。

9.4.4 若出现疲劳裂纹，应进行专项检查并评估其承载能力。可采用钻孔止裂法、裂纹冲击闭合等疲劳开裂修复技术来修复或延缓疲劳裂纹的开展，不宜采用补焊等热处理措施。

9.5 浪溅区钢桥墩养护

9.5.1 处于腐蚀环境下的浪溅区钢结构应采用防腐性能、耐老化性能、耐冲刷性能优良的防腐涂料进行防护。

【条文说明】

目前浪溅区钢结构常用的重防腐涂料有无机富锌涂料、玻璃鳞片涂料、聚脲弹性

体涂料等。

9.5.2 可采用阴极保护、金属热喷漆防护、包覆层保护等对浪溅区钢结构进行防护。

【条文说明】

阴极保护可以在钢结构表面引入一层电解质膜。金属热喷涂技术是将加热到熔融或半熔融状态的金属材料（如锌-铝复合涂层）高速喷射到基体表面，在表面形成保护层的一种技术。包覆层保护可以采用复层矿脂包覆防腐技术或不锈钢护套进行包覆。

9.5.3 当空心钢管桥墩浪溅区壁厚腐蚀减薄厚度已影响到桥墩使用年限时，可在空心钢管内浇筑混凝土进行补强加固。

【条文说明】

可在钢管混凝土桥墩靠近盖梁的墩表面处开孔自下而上浇筑自密实膨胀混凝土。

10 桥面系及附属设施养护

10.1 一般规定

10.1.1 桥面系的养护应加强日常巡查工作，及时清除桥面积水、积雪、积冰和杂物等，及时疏通排水系统，及时修复各类设施相关构件的缺陷，及时更换损坏的附属设施。

10.1.2 对钢结构桥梁桥面铺装检查中发现的病害应及时进行养护处治。

【条文说明】

桥梁管理、养护单位应结合桥面铺装的特点，预先制订有效的维修处理措施，当发生病害或损伤时，能及时处理。

10.1.3 管养部门应制订详细的应急预案处理桥面受燃油或化学物污染、火灾等引起的突发灾害。

【条文说明】

桥梁管理、养护单位为了能够及时处理桥面受燃油或化学物污染、火灾等引起的病害，必须制订详细的应急预案。

发现各类病害应及时养护维修，并尽可能按照原设计标准维修，使用的材料和施工质量须符合养护要求。

10.2 支座养护

10.2.1 支座各部位应保持完整、清洁，每季度至少清扫一次。清除支座周围的油污、垃圾、积水、积灰、积雪等。

【条文说明】

日常养护应保证支座的正常功能，防止垃圾、杂物将支座卡死。

10.2.2 滚动支座和滑动支座的滚动面或滑动面宜每年一次，定期涂润滑油。涂抹前，应保持界面清洁。

10.2.3 根据检查结果，对钢支座进行除锈防腐，除销轴和滚动面外，其余部分均应涂刷防锈油漆。防腐涂装每两年不少于一次。

【条文说明】

检查发现钢支座产生锈蚀时，应及时采取措施进行除锈防腐，特别注意对螺栓缝隙处的除锈，涂装油漆性能应与原结构涂装相符，涂装体系可适当优化。

10.2.4 钢支座与结构连接螺栓松动或缺失时，应及时拧紧或更换。

【条文说明】

钢支座与钢梁若采用螺栓连接时，因钢梁不断的变形伸缩，连接螺栓会出现松动及断裂现象，应加强检查，及时补拧或更换。

10.2.5 支座钢构件产生裂纹，应及时采取修复措施，支座钢板与基层钢板焊缝脱焊时，应及时补焊。

10.2.6 支座的防尘罩应维护完好，如出现破损，应及时修补或拆除更换。

10.2.7 支座如有缺陷或产生故障不能正常工作时，应及时予以修复或更换。

【条文说明】

调整、更换支座可采用如下办法：

将原钢支座与连接部位的螺栓拧松拆除，在支座旁边的梁底设置千斤顶，将上部结构适当顶起，使支座脱空不受力，然后进行调整更换。调整完毕或新支座安装到位后，落梁至使用位置，将连接螺栓拧紧。

10.3 伸缩装置养护

10.3.1 伸缩装置应保持清洁、干燥，缝内积水、积土、垃圾等杂物清理每月不少于一次，特殊环境下，应加大清理频率。

【条文说明】

日常养护应保证伸缩缝的正常位移。在暴雪、暴雨、风沙天等恶劣使用环境下，应加大清理频率。

10.3.2 伸缩缝出现渗漏水、变形、开裂、行车有异常声响时，应加强检查并及时维修。

【条文说明】

伸缩缝出现异常变形时，应加大检查频率，若发现结构有进一步的损坏或者影响通车安全时，应采取修复措施。

10.3.3 伸缩缝钢构件产生锈蚀时,应对其进行除锈防腐;伸缩缝表面防滑层脱落时,应及时维修。

10.3.4 梳齿板伸缩缝连接高强度螺栓断裂或缺失时,应更换同型号的螺栓。梳形钢板缺失或损坏时,应及时拆除旧钢板并重新更换符合设计要求的新钢板。

10.3.5 模数式伸缩缝中间梁断裂时,应拆除滑动支座和滑动弹簧,移除损坏的梁,更换新梁。

10.3.6 模数式伸缩缝型钢对接焊缝出现裂纹,应及时补焊;中间梁与承载梁的机械连接应稳固牢靠。

10.3.7 钢梁与伸缩缝脱焊时,应及时补焊。

10.3.8 伸缩缝日常养护及修复养护已不能满足其正常工作时,应进行整体更换。伸缩装置应在工厂进行组装。组装构件时应进行防腐处理,吊装位置应用明显颜色标示,出厂时应附带有效的产品质量合格证明文件。

10.3.8 伸缩缝整体更换施工工艺应符合下列规定:

1 模数式伸缩缝整体更换施工工艺应符合下列规定:

1) 安装伸缩缝装置的槽口预留尺寸应符合设计要求;预埋钢筋的间距、深度、外露部分的尺寸符合规定要求;预埋钢筋不得出现裂缝和折断,若出现应及时补焊或钢筋补植。

2) 按照伸缩装置承载箱位置切割干涉钢筋,不可齐根切断。

3) 清除预留槽内杂物。

4) 应按设计要求调整伸缩装置的位置,伸缩装置纵向中心线应与桥梁结构的纵向中心线重合,边梁严禁悬空。

5) 应使用大于伸缩装置预留槽宽的直尺对桥面进行调平,调平后将伸缩装置与钢箱梁点焊,保证伸缩装置不再发生移动。

6) 伸缩装置与预埋钢筋的焊接环境温度必须与设计温度相符,焊接牢固后,应切断预先设定的伸缩缝装置间隙的专用卡具。

7) 混凝土模板必须牢固严密,防止混凝土流入伸缩装置的承载箱内,混凝土浇筑后,及时养生,强度未满足设计要求时,严禁开放交通。

2 梳齿板伸缩缝整体更换施工工艺应符合下列规定:

- 1) 安装伸缩装置的槽口预留尺寸应符合设计要求，清除预留槽内杂物；
- 2) 对伸缩装置的螺母螺帽进行清理，清理时保护锚栓，避免螺纹损坏；
- 3) 钢齿板拆除后，清理表面及锚栓孔内杂物，量测平整度，不符合设计要求更换新板；
- 4) 维修前应确保基础混凝土完好，若存在裂缝及碎裂，应及时修复；
- 5) 根据梳形钢板孔距尺寸，结合环境温度对螺栓埋设孔进行横向定位，锚固螺栓及预埋钢筋必须与铺装层钢筋焊接，焊缝满足设计要求。
- 6) 梳齿钢板安装之前，铺设不锈钢，应清洁不锈钢表面，对应放置梳齿钢板，应及时量测顺直度及平整度。
- 7) 混凝土浇筑应严格控制高度，梳齿板伸缩缝混凝土浇筑分两步，第一步浇筑至梳齿板底面，待养生后梳齿板进行安装，安装结束后进行第二步混凝土浇筑。

10.4 钢桥面铺装养护

10.4.1 钢桥面铺装应经常清扫、排除积水，清除泥土、杂物、冰棱和积雪，保持桥面清洁和平整。加强路面巡查，白天每天不少于一次。

【条文说明】

钢桥面铺装层通常采用双层SMA、美国或日本环氧沥青、浇筑式等结构形式，其日常养护应依据《公路桥涵养护规范》（JTG H11-2004）4.1节的要求，加强日常巡查、路面保洁、积水清理等工作。

10.4.2 钢桥面铺装出现病害时，应及时处治。当损坏面积较小时，可局部进行修复性养护。一般不应在原钢桥面铺装层上直接加铺，以免增加桥梁恒载。

【条文说明】

钢桥面铺装的常见病害包括坑槽、拥包、龟裂、车辙、推移、脱空和纵向、横向裂缝等。钢桥面坑槽修补应按照圆洞方补、湿洞干补的原则，凿除时严控切割深度，避免损坏原钢桥面板，修复后钢桥面新老连接部位采取密封措施进行封闭；钢桥面铺装裂缝修补应根据其产生位置及原因，采取灌缝或者开槽灌缝处理，灌缝材料应与原桥面良好粘合，固化速度快、变形能力高、渗透性好。钢桥面铺装脱空处治的材料应与原钢桥面材料性能相容，处治后按照设计要求频率进行取芯验证。

10.4.3 钢桥面铺装损坏面积较大时，应开展专项性养护，可将铺装层凿除，重铺新

的铺装层。铺装层原材料性能应符合设计规范要求，铺装施工前，应完成目标配合比和生产配合比设计，并应开展试验段铺筑工作。

【条文说明】

钢桥面铺装修复养护不能满足路面安全行车要求时，必须采取专项性养护工作。环氧沥青原材料中环氧树脂、基质沥青、粗、细集料、矿粉等技术指标均应满足设计要求；浇筑式沥青原材料中聚合物复合改性沥青、高弹改性沥青、粗、细集料、矿粉、聚酯纤维等技术指标均应满足设计要求；试验段的铺筑，可检验和完善施工技术细则、检验和完善施工组织设计、检验和调试施工设备与机具，确定施工技术参数，因此，重新铺装前应提前开展试验段铺筑。

10.4.4 钢桥面铺装凿除应严格控制厚度，严禁凿除过程中损伤钢桥面板，凿除须确保钢桥面板表面无焊瘤、飞溅物、针孔、飞边和毛刺。

【条文说明】

原钢桥面在施工及后期运营养护后，沥青层厚度存在不均匀，铣刨机凿除应以铣刨到原铺装层剩余厚度 $10\pm 5\text{mm}$ 为宜，其余残留沥青和防水粘结层应由人工凿除。

10.4.5 钢桥面板应及时进行除锈防腐，涂刷防腐防水粘结层，要求均匀、连续，养生时间由现场环境确定。

【条文说明】

钢桥面板在去盐分去油污后，采用真空无尘打砂的除锈方法，要求喷砂除锈后钢板表面光洁度达到Sa2.5级，粗糙度达到40~80um。环氧沥青铺装钢桥面板应及时喷涂环氧富锌底漆、环氧沥青粘结层，宜在桥面整体铺装施工前一天完成，若因故不能按时进行铺装，则需在铺装施工前重喷粘结层；浇筑式沥青钢桥面板应及时喷涂丙烯酸防腐底漆，待底涂层固化后，喷涂甲基丙烯酸树脂防腐涂料，分两层施工，固化完成后，涂刷甲基丙烯酸树脂胶粘剂，进行碎石撒布，待其固化后完成防水粘结层施工。

10.4.6 混合料运输及摊铺应符合设计要求，摊铺和碾压应根据施工工艺确定，尽量避免横向施工缝设置。

【条文说明】

环氧沥青混合料的摊铺温度应符合设计要求，摊铺时摊铺机应匀速行驶，速度控制在2~4m/min，应安排专人处理局部缺料、混合料明显离析、表面不平整、死料等

问题，应及时跟进碾压，初压宜选择胶轮压路机，复压宜采用钢轮压路机，重压宜采用轮胎压路机，对碾压遍数及碾压温度，应设专岗检查和记录。

浇筑式沥青混合料采用专用摊铺机，现场沥青混合料应进行流动性试验，摊铺过程中应采用工具及时将产生的气泡刺破，排除内部空气，使其充分致密，若上面层是SMA，待下面层铺筑完毕后，设置改性乳化沥青粘结层，宜在上面层铺装前一天施工（面层混合料摊铺前8h完工），洒布均匀，不得漏撒，上面层摊铺碾压工艺要求可参照SMA沥青施工。应尽量避免横向施工缝设置。因故无法避免时，横向施工缝必须设置在钢箱梁相邻横隔板的中间附近，且相邻两幅及上、下层的横缝应错开1m左右。

10.4.7 混合料养生时间由现场的环境温度确定，强度未达设计要求时，严禁开放交通。

10.5 钢护栏、栏杆养护

10.5.1 钢护栏和栏杆应经常保持完好状态，每月至少清洁一次。若有损坏应及时修理或更换。

【条文说明】

为保证行人和车辆的安全，护栏和栏杆必须处于完好的状态，如有缺损、变形、裂纹或腐蚀，应采取相应措施进行修复。反光膜脱落，应及时补贴。

10.5.2 修复或更换完成的护栏应满足相关的设计标准。

10.5.3 钢护栏和栏杆若无法及时修复时应采取可靠的临时防护措施，并设置警示标志。

10.5.4 伸缩装置处的钢护栏或栏杆应满足结构的变形需要。

【条文说明】

伸缩装置处的钢栏杆或护栏维修后应确保桥梁结构的变形要求，不得将钢板连接构件焊牢。

10.5.5 钢护栏的外露钢构件应根据环境条件定期涂装。

【条文说明】

应避免钢护栏和护栏出现锈蚀，对已锈蚀的应及时处理。钢护栏的涂漆周期应根据涂装类型和病害情况综合确定。

10.5.6 钢护栏涂料性能应符合设计要求，施工时表面涂层应均匀，无漏刷、流淌。

【条文说明】

管养单位应重视钢护栏、栏杆等附属钢结构的防腐养护。

10.5.7 钢护栏上反光膜脱落，应及时补贴。

10.5.8 钢护栏养护维修应符合下列规定：

1 护栏缺损或变形应及时修复缺失位置或更换，锈蚀严重的金属护栏应及时更换。

2 由于标高调整，原护栏高度不符合规定时，应对护栏进行改造。

10.6 排水系统养护

10.6.1 桥面排水管系统应完好、畅通，每两个月疏通清理一次。如有损坏应及时维修或更换，如有堵塞应及时疏通。

10.6.2 进行桥面维修时应保证桥面纵、横坡度，以利于桥面排水。

10.6.3 应保持导水设施、集水设施和连接构件的完好，确保桥梁排水系统正常工作。

【条文说明】

桥梁上设置的排水系统可防止桥面积水，避免雨水渗入梁体而影响结构耐久性，应经常进行养护，使其处于正常状态。

雨季前应对桥面排水系统进行全面检查和疏通，出现堵塞、缺损应及时疏通和更换。

泄水孔改造位置应设置在积水部位，平坡段应加密，并与泄水管连接。排水管安装方向以及伸出桥下的长度应一致。管口应低于铺装层，管口周围应做防水处理。

10.6.4 排水管焊接处出现裂纹应采用焊接修理，锈蚀、破损严重处应及时更换。

10.7 其它附属设施养护

10.7.1 钢结构桥梁检查车的养护与维修应符合以下规定：

1 检查车应定期进行检查与保养，保证检查车的传动系统、电气系统、轨道系统

及连接构造等安全可靠。

- 2 各传动机构连接螺栓和各部件的紧固螺栓应紧固、无锈蚀。
- 3 各电气设备接线、限位开关应工作正常。
- 4 车体的金属构件出现变形、开焊、开裂、脱漆等病害时，应及时修复。
- 5 轨道出现变形、连接构件松动、焊接部位开裂时，应立即查明原因并修复。

【条文说明】

对于成品购置安装的检查车使用和维护可根据生产厂家的技术手册进行。具有电动驱动或制动的系统装置应由专业维修人员进行维修。

对于检查车出现各种病害应引起足够重视，必须修复、消除安全隐患后才能使用。

10.7.2 检查电梯养护与维修应符合以下规定：

- 1 电梯应定期保养，包括除锈、涂漆、修理损坏的构件等。
- 2 钢结构桥梁的检查电梯应由专业单位进行定期维修保养。

【条文说明】

应坚持以电梯经常性的维修保养为主，对于专业性需要专检的设备和部件应委托具有资质的维修保养单位进行，并按照国家相关标准执行。

10.7.3 检修通道养护与维修应符合以下规定：

- 1 检修通道的检查应与定期检查同步。
- 2 要加强检修通道栏杆、踏步、盖板、承重构件的涂装养护，出现涂装脱落、失效的，应立即重新涂装。
- 3 检修通道的钢构件连接部位是检修通道的薄弱部位，应特别重视对其进行检查和保养。
- 4 使用检修通道前应检查其可靠性，严禁非检修人员登梯。

【条文说明】

检修通道主要包括拱肋检修通、主缆检修道、塔内爬梯、墩顶检修道、锚碇内外检修通道等，应保证其安全性。对于长期未使用的检修通道，在使用前根据安全需要进行严格的检查、养护。

10.7.4 除湿系统养护与维修应符合以下规定：

- 1 除湿设备应保持正常工作状态，出现故障后应立即维修。
- 2 应经常检查梁体、鞍室、锚室等的密封条和密封门，保证除湿空间的密闭性。

3 宜对除湿设施的工作状况进行实时监控。

【条文说明】

除湿系统的养护维修应由受过培训的专业人员进行，其他人员不得进行操作。

除湿空间的密闭性是保证除湿效果的前提条件，应经常检查梁体、鞍室、锚室等的密封条和密封门的密闭性。

桥梁管理、养护单位应根据设备的使用情况专门制定除湿系统的养护手册。

10.7.5 防撞设施养护与维修应符合以下规定：

- 1 应经常保养防船撞设施（如钢套筒、防撞墩等），保持其始终处于良好状态。
- 2 对于钢结构应进行防腐处理，不得出现锈蚀，应定期除锈、刷漆。
- 3 对于混凝土结构，不得出现钢筋锈蚀、露筋、混凝土缺损等病害。如有病害应及时按照混凝土结构的维修养护要求进行修复。

10.7.6 避雷装置养护与维修应符合以下规定：

- 1 避雷装置应由专业人员进行检查和维修。
- 2 避雷装置应保持完好，避雷针接地线附近严禁堆放物品和修建任何设施，严禁对地线的覆土开挖，并应采取必要的防冲刷措施。
- 3 雷雨季节前应检测避雷装置的防雷性能，如发现防雷性能降低时，必须及时修理。

10.7.7 照明系统养护与维修应符合以下规定：

- 1 应保持桥面所有照明系统处于良好的工作状态，如有损坏应及时维修和更换，确保夜间行车安全。
- 2 灯柱应保持完好状态，如有缺损和歪斜，应及时修理矫正，灯具(含箱梁及索塔内)损坏应及时更换。
- 3 照明控制系统及供电系统应由专业单位定期检查和维修。

11 养护技术管理

11.1 一般规定

11.1.1 公路钢结构桥梁应按公路行业的政策法规、技术标准建立健全桥梁养护管理制度，规范钢结构桥梁的养护管理。

11.1.2 公路钢结构桥梁应编制中长期养护规划和落实好年度养护计划。

【条文说明】

钢结构桥梁的养护具有较强的周期性特点，做好中长期养护规划既有利于养护资金的统筹，又利于保障养护质量；要做好桥梁养护应计划先行，养护单位既要编制中长期养护规划，又要根据实际情况修正养护规划和落实好年度养护工程计划。

11.1.3 特殊钢结构桥梁和设计有特别养护要求的桥梁构件，应编制桥梁养护管理技术手册，明确桥梁养护管理中的技术标准和养护要求。

【条文说明】

针对特殊钢结构桥梁，现行养护技术规范中没有明确养护对策和方法；针对特殊桥梁构件，设计提出了应特别注意的养护要求；针对此种情况，桥梁建设单位或养护管理机构应组织有技术经验的设计人员、建设管理人员、养护管理人员编制有针对性的桥梁养护管理技术手册，明确桥梁养护管理过程中的技术标准和养护要求。

11.1.4 公路钢结构桥梁应重视钢结构耐久性及防污染防腐蚀养护，加强桥面铺装、钢结构、钢混结合等结构的预防性养护。

【条文说明】

桥梁养护过程中，应尽量避免对钢结构的污染和长期腐蚀，保证结构的耐久性和使用寿命；钢结构桥面铺装是世界级难题，绝大多数钢结构桥梁的车流量较大，加强预防性养护可以改善行车条件、延长使用寿命、减少路面维修对交通影响。

11.1.5 公路钢结构桥梁应依靠现代技术和信息化手段，大力推行技术创新，建立信息化管理制度，不断提高养护工作质量和服务水平。

【条文说明】

随着现代技术和信息化手段的创新，养护技术也在不断的更新，在使用新的养护技术中既要大力推广使用新材料、新工艺、新技术，又要谨慎使用不成熟的新材

料、新工艺、新技术产品；公路钢结构桥梁的信息化管理制度和手段应符合公路行业管理的相关规定和要求。

11.1.6 公路钢结构桥梁养护从业人员应具备钢结构桥梁相关知识和资格。

【条文说明】

从事钢结构桥梁定期检测人员、专项检测、技术状况评估人员应具备相应检测资质和钢结构从业经验；从事钢结构桥梁日常巡查、经常性检查人员应培训后上岗，并具备一定钢结构桥梁养护管理经验；钢结构桥梁维修加固技术人员应具有钢结构专业资格和经验。

11.2 桥梁检查管理

11.2.1 公路钢结构桥梁的行政主管部门或委托管理机构应定期组织相关人员对钢结构桥梁的技术状况、日常养护情况、养护工程实施情况、养护计划和养护管理制度执行情况等进行检查和考核评价。

【条文说明】

公路钢结构桥梁的养护检查和考核评价的时间和频率应符合交通运输部和各省（区、市）桥梁养护考核的具体要求。

11.2.2 钢结构桥梁的养护管理单位应按交通运输部和地方《公路桥梁养护管理工作制度》、《交通运输部关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》的规定，按养护类别、养护需求，配设日常巡查和经常检查人员，对桥梁设施的日常巡查、经常检查应形成检查报表；桥梁结构定期检查和专项检查应依法委托有资质的专业机构进行。

【条文说明】

桥梁检查的频率和人员配备应按《公路桥梁养护管理工作制度》和相关规范的要求执行。桥梁结构定期检查和专项检查应编制检查方案，经批准后方可实施。

11.2.3 日常巡查和经常检查，发现桥梁结构损坏和异常状况，应建立跟踪检查台账，做好相应检查和量测记录；影响安全且不能确定原因的，应组织桥梁专家召开桥梁安全咨询会。

11.3 养护工程管理

11.3.1 钢结构桥梁养护应确保安全营运、保证结构耐久性、保持桥梁外观整洁层级落实养护工程计划，按分轻重缓急的原则有序组织实施。

【条文说明】

养护工程计划涉及桥梁养护工作质量的好坏，钢结构桥梁养护首先要保障桥梁的安全运营，其次是桥梁结构的耐久性，然后再是桥梁结构的外观整洁。桥梁计划批准后，应按轻重缓急的原则分步实施。

11.3.2 钢结构桥梁养护方案选择除满足结构安全外还应重视其耐久性；技术难度较大和使用四新技术的养护工程项目应组织专家进行技术论证；涉及桥梁结构安全和对原结构影响较大的，养护设计单位的资质不得低于原结构设计单位的资质，其设计方案应征求原设计单位意见。

11.3.3 日常养护和修复养护工程宜采用成熟的技术方案；应急养护工程宜按专家咨询意见制定相应养护技术方案；钢结构桥梁预防性养护工程、专项养护工程应进行多方案论证和比选。

【条文说明】

养护技术方案的内容包括：工程概况、结构病害调查和原因分析、技术标准、施工工艺方法和工序、主要材料控制指标、质量要求及质量控制措施、安全施工保障措施、环保要求、交通组织措施等内容。

11.3.4 养护工程实施应引入竞争机制，推行招投标制度、工程监理制度、合同管理制度。养护工程合同应针对施工工期、技术标准及质量要求、桥梁保护、环保保护、交通组织、施工安全等提出明确的要求和考核标准。

【条文说明】

养护工程技术标准包括：执行规范标准、主要材料技术指标、施工工序及工艺要求及质量评定指标、耐久性指标等。

11.3.5 养护工程应安排在对交通影响较小的时间段实施，涉及对区域交通影响较大、施工影响运营安全和施工危险性较大的工程项目，实施前应编制专项论证报告，报经相关行政主管部门批准后方可实施。

【条文说明】

区域交通影响较大的工程项目，应委托有资质的单位进行交通影响评价分析，并提出疏导分流交通组织措施；涉及危险性较大的分部分项时参照《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》进行安全论证。

11.3.6 养护工程使用的材料、配套材料、配套设备等应有出厂合格证明；设计图纸、技术要求和相关规范有复查、抽检要求的，应按相关要求进行复查、检测，检测合格后才能投入使用；严禁使用低于设计指标的材料和三无产品。

【条文说明】

外观复查宜采用现场检查，抽样检测应委托第三方检测机构，设计指标不明确的应由设计单位明确。

11.3.7 桥梁养护工程施工前，应针对既有桥梁结构的保护措施和安全施工技术措施进行技术交底；施工过程中，应加强旁站管理和严格控制工序质量验收，核实相关指标是否达到规定要求，上道工序不合格，不得进行下道工序的施工。

【条文说明】

为了保护既有桥梁设施的安全和掌握相关施工技术，熟悉相关安全措施，施工前，应进行针对性的技术交底，交底过程应按三级交底制度执行。未委托监理的养护工程应由业主代表履行质量监管职责，负责施工过程中的旁站管理和各道工序质量的验收。

11.3.8 养护工程验收前，应检查合同约定的工作内容是否完成、施工各项技术指标和现场质量评定是否到达设计及相关规范的要求、竣工资料是否验收组卷，养护工程的验收程序宜按合同约定执行。

11.4 养护技术档案管理

11.5.1 养护管理单位应建立档案管理制度，由专人负责桥梁养护档案的管理，做好档案的收集、分类、归档等工作。

【条文说明】

代建单位提供的工程资料（工程技术文件、来文、图纸、资料）宜由资料员或专人统一接收，对接收的工程资料应及时建立工程资料接收总登记台账和分类台账。

11.5.2 养护技术档案包括：基础资料、检查和养护资料，养护技术资料清单详见本规范附录 E。

11.5.3 桥梁建设竣工档案、养护技术档案等资料应长期保存。

【条文说明】

按照国家档案局 10 号令《企业文件材料归档范围和档案保管期限规定》，企业档案的保管期限定为永久、定期两种，定期一般分为 30 年，10 年。除日常巡查记录外，其他档案宜为永久保存。

11.5.4 钢结构桥梁养护技术档案应一桥一档，并逐步实现数据采集、管理、提取和应用的电子化、信息化管理。

11.5 养护信息系统管理

11.5.1 钢结构桥梁养护管理单位应按上级主管机构的有关数据库标准建立桥梁数据库系统。有条件的应依靠现代科技手段，建立桥梁养护信息化管理平台。

11.5.2 钢结构桥梁养护管理系统的定义及编码应满足《公路桥涵养护规范》(JTG H11)、《交通信息基础数据元》(JT/T697)、《公路数据库编目编码规则》(JT/T132)和《公路养护统计报表制度》等的要求。

11.5.3 钢结构桥梁养护信息系统管理应包括数据管理、系统使用、系统维护、系统安全等四方面内容。

【条文说明】

为实现钢结构桥梁养护管理信息化，需建立相应的桥梁养护管理系统，来规范和管理钢结构桥梁养护工作，从而提升全行业桥梁养护技术水平，确保桥梁养护工程质量。

11.5.4 钢结构桥梁养护信息系统的管理应包括数据采集、数据录入、数据核查和建立数据库，应符合《公路养护技术标准》(JTG H10)的规定。

1 数据采集内容需含基础数据、桥况数据、管理数据等。桥梁信息应根据检查、养护情况及时更新。

2 录入的数据应对完整性、异常值和拓扑关系等进行核查，有条件时，宜由数据库自动运行核查功能。对发现的问题，应进行甄别和修改处理。

3 应建立数据采集、更新和管理制度，以保证数据库中数据的及时性和有效性。

【条文说明】

钢结构桥梁养护管理系统的管理可基于建设期已构建的 BIM 平台，以期查证、对比相应数据的变化过程。

11.5.5 系统使用

1 系统使用就是对系统中的长期大量信息数据统计、加工分析，进行长期性能预测、养护需求分析、养护决策分析。

【条文说明】

钢结构桥梁养护管理系统应根据桥梁基础数据、病害数据、养护数据、检查数据、评定数据等对桥梁养护决策者提供决策参考依据，主要包括：桥梁病害统计分析，桥梁技术状况预测、桥梁养护措施建议、桥梁养护资金需求分析、桥梁养护资金优化分配等。

2 钢结构桥梁养护信息系统可采用回归分析、统计学习、深度学习等方法进行数据分析。

3 桥梁长期性能预测、养护需求分析、养护决策分析的方法、要求按相应的规范执行。

11.5.6 系统维护

1 钢结构桥梁养护信息系统数据库应定期备份，增量备份频率不低于 1 次/周，容灾备份频率不低于 1 次/月，容灾备份数据保留时间应不短于 5 年。

2 备份宜采用网络备份、异地备份等措施。

3 动态数据（含技术状况、病害信息、检查以及养护信息等）更新不超过 1 个月。

11.5.7 系统安全

1 钢结构桥梁养护信息系统的安全等级应不低于《信息安全技术信息系统安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）中的第二级安全基本要求进行建设和部署。

2 钢结构桥梁养护信息系统中涉密数据的管理和使用应遵循国家相关法律法规的要求。

11.6 监测系统管理

11.6.1 监测系统的主要功能

1 应以工程设计、施工、竣工、地质气候和养护资料等为依据，编制钢结构桥梁监测方案，明确监测目的、监测项目、监测方法、测点布置、数据采集频率、预警值和预警方案等。必要时，对监测方案进行专门论证。

2 监测系统应包括监测传感、数据采集与传输、数据处理与管理、结构状态预警、

数据分析与结构状态评估、用户交互界面等功能。

【条文说明】

各个系统具体配置要求、技术参数要求执行《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T1037-2016）规定。

3 监测系统应能监测应力应变、变形、结构温湿度、动力响应、疲劳参数的变化情况，特大跨径钢结构桥梁宜进行风参数、雨量、船撞击等监测；

【条文说明】

钢结构桥梁疲劳监测宜结合动态称重系统，建立车辆荷载与钢结构疲劳的关系。

11.6.2 监测系统日常管理与维护要求

1 桥梁管养单位应建立监测系统的日常管理与维护制度。

【条文说明】

监测系统的日常管理与维护制度应明确管理与维护目标，各项管理与维护工作的责任人与具体职责，系统日常检查与维护工作的频次与要求等。

2 桥梁管养单位应设专人负责管理监测系统，明确职责要求。

【条文说明】

管理人员既可以是专职，也可以是兼职，但必须按照制度要求履行管理职责。管理人员可以协调养护、机电、专业机构等相关人员开展系统的日常检查、定期检查、系统维护等工作。

3 现场监测应结合桥梁日常巡查工作开展，监控中心应设专人负责检查运行情况，发现系统故障应立即通知系统专项负责人安排维修。

【条文说明】

养护巡查人员应具备对现场监测设备的日常检查常识，能够在日常巡查工作中按照监测系统维护手册中规定的日常检查注意事项开展检查工作；监控中心的日常维护人员应对系统线路连通情况及服务器、UPS 等设备的运行情况进行检查。

4 应建立监测系统日常检查与维护台账，记录系统运行与维护情况。

【条文说明】

监测系统日常检查与维护台账应作为一种制度执行，台账中至少应包括检查时间、检查人、检查内容、发现问题、维护情况。

5 桥梁管养单位委托专业机构开展监测系统的定期检查与维护工作，每年不少于2次。

【条文说明】

系统定期检查与维护至少应包括传感器、采集与传输设备、数据服务器等硬件设备运行状态的检查，系统采集软件、数据库管理软件、综合软件等运行情况的检查，监测数据完好性检查，数据库状态检查，现场传感器、采集传输及防护设备、服务器机柜等的除尘，以及上述检查中出现问题的解决。

11.6.3 监测系统的使用要求

- 1 桥梁管养单位应建立监测系统操作手册与使用制度。
- 2 桥梁管养单位应专人负责监测系统的底层操作，操作人员定期查看系统采集软件、综合软件等的运行情况，发现问题及时处理。

【条文说明】

监测系统底层操作人员应经过专业培训。

- 3 桥梁管养单位养护部门应专人定期查看监测预警情况及监测数据分析报表，发现问题应结合养护工作及时做出处理。

- 4 桥梁管养单位应委托专业机构根据监测数据定期出具专业数据分析报告，每年不少于1次。

【条文说明】

专业数据分析报告应包括监测系统概况、系统运行情况、监测数据分析、主要结论与建议等内容，桥梁管养单位宜每年组织专家对数据分析报告进行评审，并以评审通过的报告指导养护工作。

附录 A 日常巡查记录表

表 A.1 日巡查记录表

管理单位:							
路线编号		路线名称		桥位桩号			
桥梁编码		桥梁名称		养护单位			
有无缺损		是否上报					
序号	检查内容	缺损描述		照片(编号/时间)	异常情况判定	处理建议	
1	桥路连接处						
2	桥面铺装、伸缩缝						
3	栏杆或护栏						
4	标志、标牌						
5	桥面排水						
6	桥梁异响或变形						
负责人		检查人		检查日期		天气	

表 A.2 夜巡查记录表

管理单位:							
路线编号		路线名称		桥位桩号			
桥梁编码		桥梁名称		养护单位			
有无缺损		是否上报					
序号	检查内容	缺损描述		照片(编号/时间)	异常情况判定	处理建议	
1	标志、标牌						
2	照明系统						
负责人		检查人		检查日期		天气	

注：本附录表格适用于日常巡查记录，基本状况卡片、初始检查、经常检查、定期检查、专项检查记录表参见《公路桥涵养护规范》附表 A~E。

附录 B 钢结构桥梁典型病害检查记录表

表 B.1 防腐涂层检查记录表

检查时间:		温度:	天气:
部位:		部件:	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
	1	粉化	
	2	气泡	
	3	裂纹	
	4	脱落	
	5	生锈	
		
检查人:			记录人:

表 B.2 焊缝检查记录表

检查时间:		温度:	天气:
部位:		部件:	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
	1	气孔	
	2	咬边	
	3	漏焊	
	4	裂纹	
	5	脱开	
		
检查人:			记录人:

表 B.3 螺栓检查记录表

检查时间:		温度:	天气:
部位:		部件:	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
	1	锈蚀	
	2	机械损伤	

	3	松动	
	4	裂纹	
	5	剪断	
	6	缺失	
		
检查人:			记录人:

表 B.4 铆钉检查记录表

检查时间:		温度:	天气:
部位:		部件:	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
	1	松动	
	2	钉头裂纹	
	3	钉头浮高	
	4	钉头偏心	
	5	钉头过小	
	6	烂头	
	7	缺失	
		
检查人:			记录人:

表 B.5 裂纹检查记录表

检查时间:		温度:	天气:
部位:		部件:	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
钢箱梁	1	U 肋过焊孔处横隔板裂纹	
	2	U 肋过焊孔处 U 肋裂纹	
	3	U 肋过焊孔处顶板焊缝开裂	
	4	嵌补段焊缝开裂	
	5	横隔板间顶板焊缝开裂	
	6	裂透的顶板裂缝	

钢板梁	1	下承式横梁与纵梁连接处下端裂纹	
	2	受拉翼缘焊接一端裂纹	
	3	主梁、纵横梁受拉翼缘边裂纹	
	4	纵梁上翼缘角钢裂纹	
钢桁梁	1	节点盖板裂纹	
	2	桁腹杆接头处裂纹	
	3	弦杆受拉翼缘边裂纹	
		
检查人:		记录人:	

表 B.6 钢构件变形检查记录表

检查时间:		温度:	天气:
部位:		部件:	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
	1	碰撞变形	
	2	杆件屈曲变形	
	3	平面弯曲变形	
	4	扭转变形	
	5	局部鼓肚或凹陷	
	6	构件下挠	
		
检查人:		记录人:	

表 B.7 吊杆及系杆检查记录表

检查时间:		温度:	天气:
部位:		部件:	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
	1	钢丝锈蚀	
	2	断丝	
	3	连接松动	
	4	锚具渗水	
	5	锚具锈蚀	

	6	锚头损坏	
	7	涂层缺陷	
	8	护套破损	
	9	护套开裂	
	10	护套锈蚀	
	11	防锈油结块、变质或缺失	
		
检查人：			记录人：

表 B.8 钢桥面铺装检查记录表

检查时间：		温度：	天气：
部位：		部件：	
构件名称	序号	病害类型	病害描述
	1	纵、横向裂缝	
	2	脱壳、鼓包和坑洞	
	3	局部裂缝	
	4	错台	
	5	变形（车辙、搓板、泛油等）	
	6	崩坏（小坑洞、剥离、老化等）	
	7	伤痕（表面机械划伤或化学损伤）	
		
检查人：			记录人：

表 B.9 附属设施检查记录表

检查时间：		温度：	天气：	
部位及部件	设施名称	序号	病害类型	病害描述
	检查车	1	传动系统异常	
		2	电气系统异常	
		3	轨道系统异常	
		4	连接件松动	
		5	构件锈蚀	
		6	构件变形	
		7	构件缺失	

《公路钢结构桥梁养护技术规范》征求意见稿

	检查电梯	1	电气系统异常		
		2	构件锈蚀		
		3	构件变形		
		4	构件缺失		
	检修通道	1	连接件松动		
		2	构件锈蚀		
		3	构件变形		
		4	构件缺失		
	除湿系统	1	除湿设备功能异常		
		2	除湿设备老化、锈蚀		
		3	除湿空间不密闭		
	防撞系统	1	连接件松动		
		2	构件锈蚀		
		3	构件变形		
		4	构件缺失		
		5	功能异常		
	避雷装置	1	连接件松动		
		2	构件锈蚀		
		3	构件变形		
		4	构件缺失		
		5	接地线裸露		
		6	接地线位置堆放物品或修建其他设施		
		7	防雷功能异常		
				
检查人：				记录人：	

附录 C 常用焊缝检测方法

常用焊缝检测方法见表 C, 采用不同方法检测的焊缝, 应达到其对应的质量要求。其中, 超声探伤检测等级和验收等级应满足《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》(GB/T 11345)、《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》(GB/T 29721) 的规定。射线探伤检测等级和验收等级应满足《金属熔化焊焊接接头射线照相》(GB/T 3323) 的规定。磁粉探伤检测等级和验收等级应满足《焊缝无损检测 磁粉检测》(GB/T 26951)、《焊缝无损检测 焊缝磁粉检测验收等级》(GB/T 26952) 的规定。

表 C 常用焊缝检测方法表

检测方法	焊缝位置		质量等级	检测等级	探伤部位
超声探伤	横向对接焊缝 (顶板、底板、腹板、横隔板等)		I 级	B (单面双侧)	焊缝全长
	纵向对接焊缝 (顶板、底板、腹板等)				端部 1m 范围内为 I 级, 其余部位为 II 级
	T 形接头和角接接头熔透角焊缝			B	焊缝全长
	横隔板纵向对接焊缝		B	焊缝全长	
	部分熔透角焊缝		II 级	B	焊缝两端各 1m
	焊脚尺寸 $\geq 12\text{mm}$ 的角焊缝			A	焊缝两端各 1m
射线探伤	纵向对接焊缝	顶板	I 级	A、B	中间 250~300mm
		底板、腹板			焊缝两端各 250~300mm
	横隔板横向对接焊缝				下部 250~300mm
	横向对接焊缝 (顶板、底板、腹板等)				两端各 250~300mm, 长度大于 1200mm 中间加探 250~300mm
	梁段间对接焊缝	顶板十字交叉焊缝			纵、横向各 250~300mm
		底板十字交叉焊缝			
腹板		焊缝两端各 250~300mm			
磁粉探伤	连接锚箱或吊耳板的熔透角焊缝		II 级		焊缝全长
	U 形肋对接焊缝				焊缝全长
	横隔板与腹板角焊缝				焊缝两端各 500mm

检测方法	焊缝位置	质量等级	检测等级	探伤部位
磁粉探伤	U形肋与顶(底)板角焊缝	II级		每条焊缝两端各1000mm,其中行车道范围的顶板角焊缝两端各2000mm
	横隔板与顶(底)板角焊缝			行车道范围总长的20%
	腹板与底板角焊缝			焊缝两端各1000mm,中间每隔2000mm探1000mm

征求意见稿

附录 D 超高韧性混凝土桥面铺装修复正交异性钢桥面疲劳裂纹的方法

D.1 一般规定

D.1.1 UHPC 与钢桥面形成的组合桥面一般构造如图 D.1.1 所示：

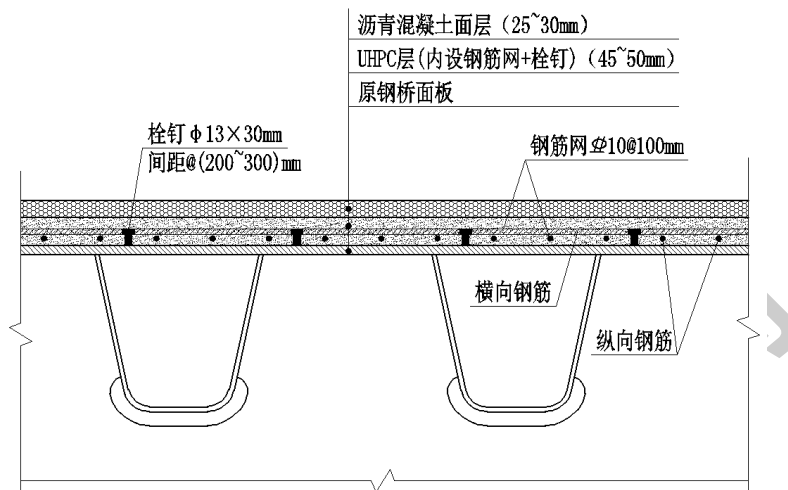


图 D.1.1 UHPC 组合桥面一般构造示意图

D.1.2 UHPC 组合桥面所使用材料及与各材料相关的施工工艺应满足相应规范的要求。

D.2 修复方法

D.2.1 采用 UHPC 桥面铺装修复正交异性钢桥面疲劳裂纹的步骤如下：

- 1 清除原铺装层，修复正交异性桥面板的疲劳裂纹，随后对桥面进行喷砂除锈。
- 2 按设计的栓钉间距和位置在钢桥面板上划线定位出栓钉位置。栓钉焊接前钢桥面应清洁干燥，无水、氧化皮、锈蚀、非可焊涂层、油污、灰尘等杂质。栓钉宜采用电弧螺柱焊机焊接。
- 3 栓钉焊接完成后，在 UHPC 覆盖的钢桥面四周 0.5m 宽范围内进行防腐涂装，防腐涂装体系应符合设计要求。
- 4 按设计的要求布置钢筋网。
- 5 浇筑 UHPC 混凝土层，UHPC 混凝土性能应满足设计和相应标准的技术要求。
- 6 UHPC 层养护。
- 7 面层铺筑，铺筑前应对 UHPC 层表面进行糙化和清洁。

【条文说明】

采用 UHPC 桥面铺装的施工工艺及要求可参照《钢-超高韧性混凝土轻型组合结构桥面技术规范》（DB43/T 1173-2016）执行。

征求意见稿

附录 E 钢结构桥梁养护技术资料清单

E.0.1 基础资料

- 1 桥梁设计施工图及竣工图，结构计算分析报告；
- 2 施工过程中的试验检测及科研资料；
- 3 工程事故处理资料；
- 4 施工全过程监控资料；
- 5 永久观测点及监测系统方案资料；
- 6 交（竣）工验收资料。
- 7 桥梁基本状况卡片。
- 8 桥梁检查与养护手册。
- 9 桥梁养护信息化系统及监测系统资料。

E.0.2 检查资料

- 1 初始检查结果及报告；
- 2 经常检查结果及报告；
- 3 定期检查结果及报告；
- 4 专项检查结果及报告；
- 5 初始检查、日常巡查、经常检查、定期检查、专项检查记录表；
- 6 结构监测结果及报告。

E.0.3 养护资料

- 1 养护规划或计划资料。
- 2 日常养护形成的技术文件。
- 3 预防养护、修复养护、专项养护工程项目技术方案设计文件、施工图设计文件以及相关的勘测资料等。
- 4 预防养护、修复养护、专项养护工程项目的施工文件、监理文件、质量检验评定文件和交（竣）工验收文件。

本标准用词说明

1 对执行条文严格程度的用词采用以下写法：

1) 表示很严格，非这样不可的用词：

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，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

2 条文中应按指定的其他有关标准、规范的规定执行，其写法为“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。如非必须按指定的其他有关标准、规范的规定执行，其写法为“可参照……”。