

T/TMHIA

团 体 标 准

T/TMHIA 0XX—2024

环渤海地区钢结构桥梁养护技术指南

Technical guide for the maintenance of steel structure bridge in the Bohai Rim region

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

天津市市政公路行业协会发布

团 体 标 准

环渤海地区钢结构桥梁养护技术指南

Technical guide for the maintenance of steel structure bridge in the Bohai Rim region

T/TMHIA 0XX—2024

主编单位：天津远大市政科技咨询有限公司

批准部门：天津市市政公路行业协会

实施日期：2024 年 XX 月 XX 日

天津市市政公路行业协会

2024·天津

前 言

钢结构桥梁的养护管理不仅关系到桥梁的安全运行，还直接影响到其使用寿命和经济效益。环渤海地区属于温带季风气候，四季分明，冬季寒冷干燥，夏季温暖湿润；地质构造演化历史复杂，活动性强。有效的养护管理可以及时发现和处理桥梁的病害，防止小问题演变成大事故，从而保障交通安全，减少维修成本。根据天津市市政公路行业协会下达的《环渤海地区钢结构桥梁养护技术指南》编制任务要求，由天津远大市政科技咨询有限公司编制《环渤海地区钢结构桥梁养护技术指南》，以进一步指导桥梁养护施工。编制组经广泛调研，认真总结实践经验基础上，制定了本指南。

本指南共分 8 章，其主要内容包括：总则，术语，钢结构桥梁养护基本规定，钢结构桥梁检查，钢结构桥梁通用养护，钢结构桥梁上部结构养护，钢结构桥墩养护，桥面系及附属设施养护。

本指南由天津市市政公路行业协会负责管理，天津远大市政科技咨询有限公司负责具体技术内容的解释。本指南在执行过程中如有修改和补充之处，请及时反馈天津远大市政科技咨询有限公司（地址：天津市和平区新兴街何兴村大街 168 号；邮编：300000；电话：88694988）。

主 编 单 位：天津远大市政科技咨询有限公司

主要起草人：任 鸿 刘翊印 张 钰 毛 雪 赵翊舟

主要审查人：

目 录

1 总 则	1
2 术 语	2
3 钢结构桥梁基本规定	3
4 钢结构桥梁检查	4
4.1 一般规定	4
4.2 初始检查	4
4.3 日常检查	4
4.4 经常检查	5
4.5 定期检查	5
4.6 钢结构桥梁检查新技术	6
5 钢结构桥梁通用养护	8
5.1 一般规定	8
5.2 日常保洁	8
5.3 防腐涂层	8
5.4 高强螺栓	9
6 钢结构桥梁上部结构养护	11
6.1 一般规定	11
6.2 应力变形	12
6.3 钢板梁及钢—混凝土组合梁养护	13
6.4 钢桁梁养护	14
6.4 斜拉桥养护	15
6.4 悬索桥养护	16
6.4 钢管拱桥养护	17
7 钢结构桥墩养护	18
7.1 地质结构特点	18
7.2 桥墩养护	18
8 桥面系及附属设施养护	20
8.1 一般规定	20
8.2 支座养护	20
8.3 伸缩装置养护	21
8.4 钢护栏、栏杆养护	22
8.5 排水系统养护	22
8.6 其它附属设施养护	22
附录 A 钢结构桥梁病害检查相关表格	24
引用标准名录	27
本指南用词说明	28

1 总 则

1.0.1 为加强钢结构桥梁养护工作，提高养护技术水平，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于环渤海地区各等级钢结构桥梁的养护工作。

1.0.3 钢结构桥梁养护应遵循“安全至上、预防为主、防治结合、科学养护、绿色环保”的原则，保障桥梁结构完好、保证养护作业安全，减少对交通的影响。

1.0.4 钢结构桥梁养护除本指南的内容外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 钢结构件防腐涂层 anti-corrosion coating for steel structural parts

是指涂覆在钢构件表面保护层，主要是防止空气中的氧、二氧化碳、水蒸汽形成酸气环境对钢材的锈蚀。

2.0.2 止裂孔 hole drilling

是指钢构件出现裂纹后，在应力容易集中的地方防止裂纹延伸，在裂纹顶端或裂纹方向钻打一定直径的圆孔。

2.0.3 信息化管理 information management

是指借助信息化手段，实现桥梁基础数据存储、档案管理查询、结构状态评估及辅助养护决策。

2.0.4 日常养护 daily maintenance

对桥梁及其附属设施进行的维护保养和修补轻微缺损的工作。

2.0.5 通用养护 general maintenance

指各类钢构件共性病害的日常养护、防护、修复、加固或更换等工作。包括日常保洁、防腐涂层养护、高强螺栓养护、钢—混组合结构养护。

2.0.6 桥梁应力变形 strains and stresses on a bridge.

是指桥梁在各种荷载（如车辆荷载、自重、风荷载、地震荷载等）以及环境因素（如温度变化、湿度变化等）的作用下，内部产生应力并进而发生形状改变的现象。

3 钢结构桥梁养护基本规定

3.0.1 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功能。

3.0.2 应加强钢结构桥梁管养技术培训,定期开展钢结构桥梁养护的专项监管工作。

3.0.3 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。

3.0.4 钢结构桥梁养护管理内容应包括检查检测管理、养护工程管理、信息化管理和养护档案管理。

4 钢结构桥梁检查

4.1 一般规定

4.1.1 钢结构桥梁养护检查等级分为一、二级，分级标准应符合下列规定：

1 单孔跨径大于 150m 的特大桥、特别重要桥梁、上跨高速公路的钢结构桥梁的养护检查等级为 I 级。

2 其余钢桥的养护检查等级为 II 级。

3 技术状况评定为 3 类的大、中、小桥应提高一级进行检查。

4 技术状况评定为 4 类的桥梁在加周维修前应接学级进行检查。

4.1.2 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。

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。

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。

4.1.6 钢结构桥梁检查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 新建或改建桥梁交付使用后，对桥梁结构及其附属构件的技术状况进行的首次全面检测，其成果是后期桥梁检查和评定工作的基准。

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 检测钢结构焊缝防腐涂层厚度、高强度螺栓的扭矩。

5 检测钢管混凝土构件的钢管脱空状况。

6 检查防落梁装置、检修平台、防撞装置等附属结构。

7 水中基础应进行水下检测。

4.3 日常巡查

4.3.1 日常巡查宜分为日巡查和夜巡查。所有钢结构桥梁均应开展日巡查和夜巡查。日常巡查的频次应符合下列要求：

1 钢桥的日巡查每天不应少于 1 次。

2 钢桥的夜巡查每周不应少于 1 次。

3 恶劣天气条件下仍维持通车的桥梁宜适当增加日常巡查频率。

4.3.2 日常巡查是对桥面及附属设施、行车道安全隐患的检查。检查桥面及附属设施的完好程度，发现各类桥梁病害及可能诱发病害的因素，发现可能妨碍交通的障碍。日巡查内容包括：

- 1 桥面是否有污染，有无路障等；
- 2 桥面沥青铺装有无裂缝、坑槽、鼓包、车辙等；
- 3 伸缩装置有无杂物填塞，是否松动现象等；
- 4 桥面泄水孔有无堵塞；
- 5 交通标志标线、标牌是否损坏、污染等。

4.4 经常巡查

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、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。

4.4.4 钢主梁的经常检查应包括下列内容：

- 1 防腐涂层是否有不清洁、粉化、起泡、开裂、剥落、锈蚀。
- 2 焊缝是否锈蚀、开裂或脱开。
- 3 螺栓或铆钉是否有锈蚀、松动、脱落或断裂。
- 4 构件是否有异常变形、开裂、断裂、缺失。
- 5 钢桁梁节点是否有节点板变形、节点间隙积水、积污。

4.4.5 钢-混凝土组合结构主梁的经常检查应包括下列内容：

- 1 桥面板与梁的结合部位有无相对滑移、开裂与掀起。
- 2 预制桥面板之向的接头处混凝土有无脱开、错位或渗水。
- 3 混凝土梁段与钢梁段结合处构造功能是否正常、结合面有无脱开、渗水、错位、混凝土开裂、承压钢板变形等现象。

4.4.6 钢桥桥面系的经常检查应包括下列内容：

- 1 桥面铺装是否有修补不良、污染：沥青坑槽、开裂、车辙、鼓包、混凝土破碎、裂缝。
- 2 桥面排水是否有泄水孔堵塞、集中排水管破损、管节脱落。
- 3 伸缩装置是否有填塞、密封橡胶老化破损，型钢或梳齿断裂、缺失，梳齿板伸缩装置螺栓松动、脱落，横梁与支撑松动、异常变形；滑动部件脱落，磨损；底部钢构件锈蚀；过车异响。
- 4 支座是否有异常位移、错位、变形、脱空等现象；支座钢构件锈蚀、裂缝、变形；滑动面磨损；固定螺栓剪断，螺母松动、锈蚀学防尘罩破损；垫石破损。

5 塔梁阻尼器是否有漏油，螺栓松脱断裂：阻尼器的行程是否在设计范围内；与主塔、墩及主梁连接、紧固件有无锈蚀、松动、缺失。

4.5 定期检查

4.5.1 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。

4.5.2 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。

4.5.3 钢结构桥梁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。
- 4.5.4 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。
- 4.5.5 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 μ 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，进一步可采用籍击的方法检测锚栓和铆钉的断裂和松动。
- 4.5.6 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。
- 4.5.7 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。

4.6 钢结构桥梁检查新技术

4.6.1 无人机技术在钢结构桥梁检查中的应用

- 1 全面监测：无人机可以到达一些难以人工检测的位置，如桥梁的高空部分、桥塔等结构。它能够在不影响桥梁正常交通运营的情况下，对桥梁的外观进行全面拍摄和数据采集，包括桥梁的表面结构、连接部位等是否存在裂缝、变形等问题。
- 2 快速响应：在应对突发情况，如自然灾害（地震、洪水等）后对桥梁的快速检查方面，无人机可以迅速出动。相比传统的人工检查方式，它能够更快地到达现场并获取初步的桥梁状态信息，为后续的进一步评估和维修决策提供快速的基础数据。

4.6.2 人工智能技术在钢结构桥梁检查中的应用

1 自动分析和评估：人工智能算法可以对采集到的桥梁结构数据（如无人机拍摄的图像、传感器监测的数据等）进行自动分析。对于图像数据，通过深度学习算法能够识别出图像中的桥梁结构部件，并且检测出是否存在裂缝、锈蚀等损伤情况。这种自动分析大大减少了人工分析的工作量，提高了分析的准确性和效率。

2 对于传感器采集到的结构健康监测数据（如应变、振动等数据），人工智能技术可以构建结构健康监测模型。利用机器学习算法，模型可以实时分析数据，预测结构的性能变化趋势，提前发现潜在的安全隐患。如果发现数据异常，能够及时发出预警，以便采取相应的维修措施。

4.6.3 新型无损检测技术在钢结构桥梁检查中的应用

1 TOFD（衍射时差法超声检测）技术：TOFD 技术在检测钢结构桥梁焊缝方面具有独特优势。它基于超声波在缺陷端部的衍射现象来检测和定位缺陷。相比传统的超声波检测技术，TOFD 技术能够提供更准确的缺陷尺寸测量，特别是对于焊缝内部的微小缺陷检测效果更好。在一些重要的钢结构桥梁焊接部位检测中，TOFD 技术可以清晰地检测出未焊透、未熔合以及裂纹等缺陷的深度和长度等信息，为焊接质量评估提供可靠依据。

2 超声相控阵技术：超声相控阵技术通过控制超声换能器阵列中各个阵元的激励时间和相位，实现对超声波束的灵活控制。这种技术可以对钢结构桥梁的复杂形状部件和焊缝进行有效检测。例如，在检测桥梁结构中的弧形构件或者多方向焊缝时，超声相控阵技术能够根据构件的形状和检测要求调整超声波束的方向，从而更全面、准确地检测出缺陷的位置和形状。与传统超声检测技术相比，超声相控阵技术具有更高的检测分辨率和检测灵活性。

3 电磁超声技术：电磁超声技术是一种非接触式的无损检测技术。它利用电磁感应原理在被检测的钢结构表面产生超声波，然后接收超声波的反射信号来检测缺陷。在钢结构桥梁检测中，电磁超声技术对于表面存在涂层、油污等情况的构件检测具有优势。因为它不需要与被检测表面直接接触，避免了耦合剂的使用，同时也不会对涂层造成破坏。这种技术可以快速检测出钢结构桥梁表面和近表面的缺陷，如裂纹、腐蚀坑等。

5 钢结构桥梁通用养护

5.1 一般规定

5.1.1 钢结构桥梁通用养护指各类钢构件共性病害的日常养护、防护、修复、加固或更换等工作，包括日常保洁、防腐涂层养护、高强螺栓养护、钢-混组合结构养护。

5.1.2 本指南主要针对日常养护中的通用养护工作，预防养护、修复养护、专项养护和应急养护工作应委托具备专业资质的设计单位进行专项设计。

5.2 日常保洁

5.2.1 桥梁日常保洁是指对主要构件及设施的清扫和保洁，包括墩身墩顶、桥面系及附属设施等。

5.2.2 桥面铺装的日常保洁应包括 列王要工作内容：

- 1 清除桥面泥土杂物、污染物、散落物等。
- 2 疏通排水系统，排除桥面积水。
- 3 清除桥面积雪、积冰、积沙等。
- 4 钢桥面板夏季洒水降温作业。

5.2.3 桥面清扫作业应符合下列规定：

1 清扫频率应保持 1 天 1 次，桥面冲洗宜每季度 1 次，遇突发污染事件应及时开展桥面特殊清扫作业。

2 应以机械清扫方式为主，宜配备洒水及除尘设备，对机械无法清扫的桥面边角，应进行人工辅助清洁。

3 机械清扫作业应避开交通量大的时段，不宜在影响正常交通的中间行车道和变换车道进行。

5.2.4 桥面系附属设施保洁

1 伸缩装置清洁的频率每月不应少于 1 次。伸缩装置的清洁宜采用机械清理的方式，对缝间清理出的杂物妥善收集并集中处理。

2 每季度应至少完成 1 次全桥交安设施的保洁工作。此外，在发现交通安全设施受到明显污染、影响其识别或正常使用功能时应立即进行保洁清理工作。

3 交安设随保洁主要包括护栏清洗和交通标志牌清洗。交安设施清洗应利用冲洗车配合人工清洗进行。

5.3 防腐涂层

5.3.1 防腐涂层是保护钢结构的重要手段。然而，随着时间推移，防腐涂层会出现各种问题，如涂层降解、脱落、龟裂等，从而降低对钢结构的保护作用。因此，对钢结构桥梁防腐涂层进行养护是十分必要的，这有助于延长钢结构的使用寿命、保证桥梁的安全性、减少维修和更换的成本等。

5.3.2 养护措施

1 定期检查

整体外观检查：定期对钢结构桥梁的防腐涂层进行目视检查，查看涂层是否有变色、褪色、起泡、剥落、龟裂等现象。这可以及时发现涂层表面的初期损伤，以便采取相应的措施。例如，小面积的起泡或剥落如果及时处理，可防止腐蚀进一步扩散到钢结构表面。

局部重点检查：针对容易发生腐蚀的部位，如桥梁的连接部位、支座附近、水位变动区域等进行重点检查。这些部位由于应力集中、水汽聚集或者经常受到水流冲刷等原因，更容易出现涂层损坏和钢结构腐蚀的情况。

2 清洁维护

去除污垢灰尘：钢结构桥梁表面会积累污垢和灰尘，应定期进行清洁。可以采用高压水枪冲洗或者软毛刷清扫等方式，去除表面的杂质。这样能够减少污垢灰尘对涂层的侵蚀，防止其影响涂层的透气性和防水性，从而维持涂层的防护性能。

清除腐蚀产物：一旦发现涂层表面有腐蚀产物出现，要及时清除。轻微的腐蚀产物可以用机械方法（如砂纸打磨）去除，然后对该区域进行修补；严重的腐蚀可能需要对钢结构进行表面处理后再重新涂装。

3 涂层修补

确定修补范围：当检查发现涂层有损坏时，要准确确定修补的范围。一般要比损坏区域稍大一些，以确保修补的效果。例如，如果发现一处直径为 5 厘米的涂层剥落区域，可能需要将周边外延 5 - 10 厘米的涂层一并处理后进行修补。

表面处理：在修补之前，要对修补区域的钢结构表面进行处理。这包括除锈（如采用喷砂除锈或者手工除锈的方法，使钢结构表面达到规定的除锈等级）、清洁（去除锈渣、灰尘等杂质）等操作，以保证修补涂层能够良好地附着在钢结构表面。

选择修补材料：根据原涂层的类型和实际使用环境选择合适的修补材料。如果原涂层是环氧涂层，修补时也应尽量选用环氧类修补材料，以保证修补后的涂层与原涂层的兼容性和整体防护性能。

修补施工：按照修补材料的施工要求进行操作，如控制涂层的厚度、干燥时间、施工环境温度和湿度等。一般来说，修补涂层的厚度要与原涂层相近，施工环境温度应在材料要求的适宜范围内，以确保修补涂层的质量。

4 环境管理

控制湿度：高湿度环境容易导致涂层吸水、起泡等问题。在湿度较大的季节或地区，可以采取除湿措施，如在桥梁内部设置除湿设备，或者在涂层表面涂抹防潮剂等。

减少化学物质接触：避免钢结构桥梁接触到化学腐蚀性物质，如果无法避免，可以在涂层表面增加防护层，或者对周边环境进行改善，如设置隔离带、增加绿化等，减少化学物质对涂层的侵蚀。

5 建立养护档案

记录养护信息：对每次的养护工作进行详细记录，包括养护的时间、地点、养护措施、发现的问题及处理结果等。这有助于对桥梁防腐涂层的状况进行长期跟踪，为后续的养护决策提供依据。

分析数据趋势：通过对养护档案数据的分析，可以了解涂层的性能变化趋势，预测可能出现的问题，提前制定相应的养护计划。

涂刷时，首先对边角、棱角处、夹缝处进行预涂，必要时采用长杆毛笔进行点涂，以保证漆膜厚薄均匀无漏涂。尽量减少涂层的往复次数，以免将底层漆膜拉起，按纵横交错方式涂漆以保证漆膜的涂刷质量。

所有涂层不得漏涂，涂层表面应光滑平整，颜色一致无针孔、气泡、流挂、剥落、粉化和破损等缺陷，无明显的刷痕、纹路及阴影条纹。每道厚度及总干膜厚度完全满足该涂料的技术指标要求。

5.4 高强螺栓

5.4.1 钢结构桥梁的高强螺栓在长期使用过程中，会受到各种环境因素的影响，导致其性能下降。因此，定期的养护和检查是确保桥梁安全运行的重要措施。

5.4.2 常见的高强螺栓养护方法：

1 螺栓紧固

终拧角度检测：采用划线工装在螺栓表面涂画一条直线，终拧作业完成后，通过图像识别技术识别螺栓图像中的划线部分，计算终拧角度，确保螺栓紧固到位。

预紧力检测：使用超声波法检测螺栓的预紧力，对预紧力不合格的螺栓进行替换或补拧处理。

2 防腐处理

表面清理：清除螺栓表面的污垢和锈蚀，确保螺栓表面干净。

防腐涂装：对螺栓进行防腐涂装，防止腐蚀，提高螺栓的使用寿命。

3 记录与管理

编号管理：对螺栓节点进行编号，记录螺栓的终拧角度和施工信息，便于后续的管理和维护。

信息化管理：利用信息化手段，实现桥梁基础数据存储、档案管理查询、结构状态评估、性能退化预测及辅助养护决策。

4 预防性养护

定期培训：对养护人员进行定期的技术培训，提高其专业技能和管理水平。

科学决策：建立科学的养护决策和预防养护制度，积极开展钢结构桥梁的科学决策和预防养护工作。

6 钢结构梁桥上部结构养护

6.1 一般规定

6.1.1 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，构件变形不超过限值。

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 亚用节点板连接的杆（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。

6.1.2 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

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-混凝土组合梁的养护主要包括以下几个方面：

检查：包括对结构的定期检查，评估其损坏程度和剩余寿命。

评定：根据检查结果，对结构的技术状况进行评定。

养护：包括日常维护、修复和加固等措施，以确保结构的安全性和耐久性。

2) 钢板梁的养护可能涉及到以下几个方面：

防腐处理：使用涂层或其他防腐材料保护钢板免受腐蚀。

结构检查：定期检查钢板梁的结构完整性，包括焊缝、连接件等。

加固措施：发现结构损伤，可能需要采取加固措施，如增加支撑或更换受损部件。

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。

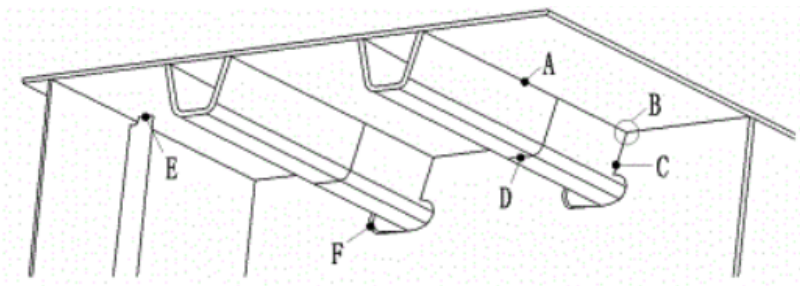
3) 桁架式横隔板、纵隔板杆件连接及变形。

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 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、减隔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

6.1.3 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。

6.2 应力变形

6.2.1 桥梁应力变形分析的内容

1 应力分析方面

长期可靠性监测中的应力应变监测在大中跨度混凝土桥梁的长期可靠性监测中，应力应变长期监测是重要内容之一。它对仪器设备要求精度高、长期稳定性好且受外界干扰小。测点位置需要妥善布置并保护，以减小外界不利因素影响，这有助于监测桥梁控制截面、特定构件的长期应力应变情况。

不同荷载作用下的应力分析以某钢桁架桥为例，运用有限元分析软件建立三维有限元模型，通过施加约束荷载，可以分析在不同外界温度（如 20 和 40）情况下钢桁架桥的应力差异。这表明温度变化等外部荷载因素会对应力产生影响。

2 变形分析方面

桥梁变形监测内容在桥梁长期可靠性监测里，变形监测主要是跟踪测试桥跨结构控制截面、特定构件位置以及桥梁墩台的几何变位情况及其随时间的发展情况。像公路、铁路混凝土桥梁等存在各种病害时，变形监测对于桥梁的安全使用意义重大。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/978064054125006142>