JTG

中华人民共和国推荐性行业标准　　JTG/T 5231—2026

公路桥梁耐久性检测评定规程

Specifications for Durability Inspection and Evaluation of Highway Bridges

交通运输部信息公开
浏览专用

2026-10-08 发布　　2026-12-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

前　言

根据交通运输部公路工程行业标准制修订项目计划的要求，由交通运输部公路科学研究院承担《公路桥梁耐久性检测评定规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

在本规程编制过程中，编制组深入调查研究，总结了我国公路桥梁耐久性检测评定实践经验，吸取了已有研究成果，参考借鉴了国内外相关标准，广泛征求设计、施工、养护、检测、建设和管理等有关单位及专家的意见。

本规程共分7章和18个附录。第1章为总则，规定了编制目的、适用范围、共性技术要求及其与现行标准的关系；第2章为术语和符号，规定了常用的术语和符号含义；第3章为基本规定，规定了桥梁耐久性检测评定的方法步骤和养护建议，以及耐久性检测评定过程中桥梁调查、构件类别与评定单元划分、检测和评定的总体要求；第4～7章分别规定了梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥的构件类别和评定单元划分以及外观耐久状态和剩余耐久年限检测评定的技术要求。附录A规定了桥梁调查内容，附录B、附录C规定了涂层和阴极保护的检测指标和评定方法，附录D～附录M规定了混凝土结构构件耐久性有关指标的现场检测、试验测试和数据处理方法，附录N、附录P规定了钢结构构件外观耐久状态指标和厚度等的现场检测、试验测试和数据处理方法，附录Q、附录R规定了斜拉索及吊杆（索）外观耐久状态指标和断面损失率的现场检测要求、试验方法和数据处理方法，附录S规定了系杆外观耐久状态指标的检测方法，附录T规定了主缆外观耐久状态指标的检测方法。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规程日常管理组，联系人：赵尚传（地址：北京市海淀区西土城路8号，交通运输部公路科学研究院；邮政编码：100088；传真：010-62079556；电子邮箱：sc.zhao@rioh.cn），以便修订时参考。

主编单位：交通运输部公路科学研究院
参编单位：浙江大学
同济大学
长安大学

主　　编：赵尚传
主要参编人员：张劲泉　金伟良　陈艾荣　徐　岳　申　林　王来永
李承昌　王少鹏　郭　洁　刘龙龙　建宏赫

交通运输部公路局组织公开浏览专用

主　　审：张建东

参与审查人员：袁　洪　宋　宁　聂玉东　姚国文　牛荻涛　王胜年
谢永江　徐继欣　荆玉才

参 加 人 员：程寿山　李万恒　左新黛　白　冰

交通运输部信息公开
浏览专用

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 3
3　基本规定 …… 6
3.1　一般规定 …… 6
3.2　桥梁调查 …… 9
3.3　构件类别和评定单元划分 …… 10
3.4　耐久性检测 …… 10
3.5　耐久性评定 …… 12
4　梁桥耐久性检测评定 …… 16
4.1　一般规定 …… 16
4.2　钢筋混凝土梁 …… 16
4.3　预应力混凝土梁 …… 26
4.4　钢结构梁 …… 28
4.5　钢-混凝土组合梁 …… 31
4.6　桥墩、桥台和基础 …… 32
5　拱桥耐久性检测评定 …… 35
5.1　一般规定 …… 35
5.2　钢筋混凝土拱 …… 35
5.3　钢结构拱 …… 36
5.4　钢-混凝土组合拱 …… 37
5.5　圬工拱 …… 37
5.6　吊杆 …… 38
5.7　系杆 …… 41
5.8　主梁 …… 42
5.9　拱上结构 …… 42
5.10　桥墩、桥台和基础 …… 42
6　斜拉桥耐久性检测评定 …… 43
6.1　一般规定 …… 43
6.2　斜拉索 …… 43

交通运输部信息公开
浏览专用

6.3 索塔 …… 44
6.4 主梁 …… 45
6.5 桥墩、桥台和基础 …… 45
7 悬索桥耐久性检测评定 …… 46
7.1 一般规定 …… 46
7.2 主缆 …… 46
7.3 吊索 …… 49
7.4 索塔 …… 51
7.5 锚碇 …… 51
7.6 加劲梁 …… 51
7.7 桥墩、桥台和基础 …… 51
附录 A 桥梁调查 …… 53
附录 B 混凝土结构和钢结构表面防护涂层劣化检测与评定 …… 55
附录 C 钢结构阴极保护效果检测与评定 …… 57
附录 D 钢筋混凝土构件外观耐久状态检测 …… 60
附录 E 混凝土保护层厚度检测与数据处理 …… 61
附录 F 混凝土碳化深度检测和碳化系数计算 …… 63
附录 G 一般环境中混凝土保护层锈胀开裂时间估算 …… 65
附录 H 混凝土中氯离子有效扩散系数、表面氯离子浓度及氯离子侵蚀系数检测与计算 …… 67
附录 J 混凝土结构中钢筋腐蚀电流密度检测 …… 70
附录 K 氯离子诱发混凝土中钢筋锈蚀导致保护层胀裂时间估算 …… 72
附录 L 混凝土构件表面损伤层厚度检测 …… 73
附录 M 混凝土里氏硬度检测 …… 75
附录 N 钢结构梁外观耐久状态检测 …… 76
附录 P 钢构件厚度、局部腐蚀深度和面积检测 …… 77
附录 Q 斜拉索及吊杆（索）外观耐久状态检测 …… 79
附录 R 斜拉索及吊杆（索）断面损失率检测 …… 80
附录 S 系杆外观耐久状态检测 …… 81
附录 T 主缆外观耐久状态检测 …… 82
本规程用词用语说明 …… 83

交通运输部信息公开浏览专用

1 总则

1.0.1 为统一公路桥梁耐久性检测评定技术要求，指导耐久性检测评定工作，提高养护水平，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于已建公路桥梁混凝土结构、钢结构、缆索体系和圬工结构等主体结构构件的耐久性检测评定。

1.0.3 采用不锈钢、轻集料混凝土、聚合物混凝土等工程材料建造或维护加固的公路桥梁耐久性检测评定应制定专项技术要求。

条文说明

对于采用不锈钢、轻集料混凝土、聚合物混凝土等工程材料建造或维修加固的公路桥梁结构，由于其劣化机理、外观耐久状态和耐久性指标参数不一定完全符合本规程的规定，需要制定专门的耐久性检测评定技术要求对其进行耐久性评定。

1.0.4 公路桥梁耐久性检测评定除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

交通运输部信息公开浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 主体结构 major structure

在桥梁组成体系中起到承担荷载骨架作用的构件或由其组成的整体。

2.1.2 耐久性 durability

在正常使用和维护条件下，结构或构件在设计使用年限或目标使用年限内保持其安全性和适用性的能力。

2.1.3 耐久性极限状态 durability limit state

结构或构件因耐久性劣化而达到某项规定限值的状态。

2.1.4 耐久性检测评定 durability inspection and evaluation

为检验公路桥梁结构或构件耐久性是否满足要求而开展的检查、测试和判定等工作。

2.1.5 设计使用年限 design service life

在正常设计、正常施工、正常使用和正常养护条件下，桥梁结构或构件无须进行大修或更换即可按其预定目的使用的年限。

2.1.6 目标使用年限 expected service life

在正常使用和正常养护条件下，在用公路桥梁结构或构件无须进行大修或更换即可按其预定目的继续使用的期望年限。

2.1.7 剩余耐久年限 residual durability life

在正常使用和正常养护条件下，桥梁结构或构件从检测时刻起至达到耐久性极限状态的年限。

2.1.8 评定周期 evaluation period

相邻两次耐久性检测评定工作的时间间隔。

交通运输部信息公开浏览专用

2.1.9 构件类别 component category

桥梁结构中材质、截面形式和受力特点相同或相似的构件的集合。

2.1.10 评定单元 evaluation element

在耐久性检测评定过程中，根据外观状态和环境作用效应将某构件类别构件划分成的一个或若干个可以独立进行评定的构件集合。

2.1.11 外观质量缺陷 initial defect of appearance

结构构件本身存在的影响耐久性的外观缺陷。

2.1.12 外观劣化度 deterioration degree of appearance

在物理或化学作用下，结构构件或材料的性能劣化程度在外观的表现。

2.1.13 外观耐久状态 appearance condition of durability

影响结构构件耐久性的外观质量缺陷及外观劣化度的综合表征。

2.1.14 劣化模型法 deterioration model method

利用机理分析得到的指标值－时间劣化模型，计算指标劣化到目标值的时间的方法。

2.1.15 时间外推法 time extrapolation method

利用对检测结果综合分析得到的指标值－时间关系，估算指标劣化到目标值的时间的方法。

2.1.16 环境作用 environmental action

桥梁所处环境对结构构件产生的导致结构材料性能劣化的物理和化学等作用。

2.2 符号

2.2.1 年限有关符号：

t_m——构件剩余耐久年限平均值；

t_{PE}——聚乙烯（PE）护套的剩余老化年限；

$t_{S,e}$——钢结构、斜拉索及吊杆（索）、系杆和缆索的锈蚀剩余耐久年限；

t_{Zn}——镀锌层消耗年限；

t_{an}——阳极剩余年限；

$t_{e,l}$——构件剩余耐久年限区间下限值；

$t_{e,u}$——构件剩余耐久年限区间上限值；

交通运输部信息公开浏览专用

$t_{C,e}^{CA}$——混凝土碳化导致的钢筋锈蚀的剩余耐久年限；

$t_{C,I}^{CA}$——混凝土碳化至钢筋表面的年限；

$t_{C,Cr}^{CA}$——从混凝土碳化至钢筋表面到构件表面出现锈蚀开裂的年限；

$t_{C,e}^{CL}$——氯离子侵蚀导致钢筋锈蚀的剩余耐久年限；

$t_{C,I}^{CL}$——钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度的年限；

$t_{C,Cr}^{CL}$——从钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度至构件表面出现锈蚀开裂的年限；

$t_{C,e}^{SA}$——混凝土遭受硫酸盐侵蚀的剩余耐久年限；

t_0——桥梁结构构件已使用年限；

t_1——防腐蚀措施有效工作时间；

t_2——防腐蚀措施失效至调查时的使用年限；

σ_t——构件剩余耐久年限标准差。

2.2.2 材料性能与结构构造有关符号：

c——混凝土保护层厚度；

$f_{cu,t}$——混凝土抗压强度检测值；

μ_c——混凝土保护层检测平均值；

δ_c——保护层厚度变异系数。

2.2.3 混凝土碳化有关符号：

k_c——混凝土碳化系数；

m_e——局部环境影响系数；

μ_{hc}——混凝土碳化深度检测值的平均值；

δ_{hc}——混凝土碳化深度检测值的变异系数。

2.2.4 氯离子侵蚀有关符号：

D——混凝土有效扩散系数；

D_t——结构使用年限为 t 年时的实测氯离子扩散系数；

C_s——混凝土表面氯离子浓度；

C_{cr}——氯离子临界浓度；

m——扩散系数衰减值；

γ_s——氯离子表面浓度系数。

2.2.5 混凝土冻融损伤有关符号：

T_d——损伤混凝土的超声波发射和接受换能器的测点声时；

T_n——未损伤混凝土的超声波发射和接受换能器的测点声时；

h_d——混凝土表层损伤层厚度特征值；

交通运输部信息公开浏览专用

l_d——损伤混凝土的超声波发射和接受换能器的测点测距；

l_n——未损伤混凝土的超声波发射和接受换能器的测点测距。

2.2.6 混凝土遭受硫酸盐侵蚀有关符号：

HL——混凝土里氏硬度值；

HL_D——混凝土临界里氏硬度值；

HL_i——第 i 个测点的混凝土里氏硬度值；

HL_S、HL_W——受侵蚀和未受侵蚀区域的混凝土里氏硬度值；

$\mu_{HL,j}$——检测区域中第 j 个测区的平均混凝土里氏硬度值；

μ_{HL_S}、μ_{HL_W}——受侵蚀和未受侵蚀区域测区混凝土平均里氏硬度值；

σ_{HL_S}、σ_{HL_W}——受侵蚀和未受侵蚀区域测区混凝土里氏硬度值标准差。

2.2.7 钢筋锈蚀有关符号：

H_0——钢结构初始厚度；

H_1——根据实测腐蚀深度数据得到的钢构件厚度；

d——钢筋公称直径；

v——钢构件腐蚀速率特征值；

β——防腐效率；

λ——保护层锈胀开裂前年钢筋锈蚀速率；

δ_{cr}——保护层锈胀开裂时的临界钢筋锈蚀深度。

2.2.8 环境温湿度有关符号：

T——年平均温度；

RH——年平均相对湿度。

2.2.9 计算系数及其他符号：

$k_{0.5}$——指标平均值推定区间具有 90% 保证率的系数；

t_{n-1}——与样本容量 n 相关的系数；

erf（·）——误差函数。

交通运输部信息公开浏览专用

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 公路桥梁耐久性检测评定根据养护需求开展，有下列情况之一时应开展检测评定：

1 定期检查难以判明耐久性劣化原因和程度；

2 达到设计使用年限拟继续使用；

3 实施耐久性提升工程或防腐蚀预防养护工程。

3.1.2 公路桥梁耐久性检测评定宜采用外观耐久状态和剩余耐久年限相结合的方法。

条文说明

影响桥梁结构构件耐久性的缺陷和病害可以分为两类：一是目视可以发现的，二是目视不能发现的。其中，目视可以发现的主要有两种情况：一是结构构件的有关初始缺陷或防护措施劣化在结构构件外观的表现，二是耐久性病害导致的结构构件外观发生明显可视的变化。这两种情况统称为外观耐久状态，需通过外观检查，根据其对结构耐久性的影响程度和外观劣化程度进行外观耐久状态评定。目视不能发现的，是结构构件材质和环境侵蚀程度的潜在变化，反映了结构构件在使用过程中内在的劣化程度。劣化程度达到可接受极限状态的使用年限用剩余耐久年限进行表征。剩余耐久年限需要通过现场检测和计算分析才能得出正确的判断。

3.1.3 公路桥梁宜结合初始检查开展第一次耐久性检测评定；对于尚未开展过耐久性检测评定的，可根据养护需求开展第一次耐久性检测评定。

条文说明

第一次耐久性检测评定主要目的是及早确定桥梁耐久性初始状态、为桥梁使用期间进行耐久性劣化评定和桥梁养护决策提供可比对分析的基准；初始检查是《公路桥涵养护规范》（JTG 5120—2021）中规定的第一次检查，在交工验收时进行，其中检测项目，如材质强度、钢筋保护层厚度、钢管内混凝土密实度等，也是耐久性检测评定的指

交通运输部信息公开 试点专用

标，两者结合进行，既可保障相同指标数据信息的一致性，又可避免重复性工作。由于我国一直没有关于桥梁耐久性检测评定的标准，以前建造的桥梁基本没有开展耐久性评定。对于这些桥梁，可以根据运营过程中的养护需求确定开展耐久性检测评定工作的时间。

3.1.4 公路桥梁应通过第一次耐久性检测评定建立耐久性检测指标数据库，并将后期耐久性检测结果按时间序列依次入库。

3.1.5 耐久性检测评定宜在已有历史资料的基础上开展，并在检测评定报告中对已有历史资料的利用情况加以说明。

条文说明

公路桥梁耐久性检测评定是与其使用年限密切相关的工作。通过多次检测、数据积累，可以得到长时间序列的数据，能够进一步完善耐久性检测评定指标参数的取值，不断改进和提高评定结果的合理性和准确性。

3.1.6 公路桥梁耐久性检测评定宜按下列步骤进行：

1 进行桥梁调查；
2 划分桥梁结构构件类别，确定评定单元，选择测试构件及所处孔跨；
3 开展测试构件外观耐久状态相关参数检测；
4 开展测试构件剩余耐久年限相关参数检测；
5 进行评定单元外观耐久状态和剩余耐久年限评定；
6 进行评定单元耐久性评定，并给出处置建议和下一次检测评定的时间建议。

3.1.7 耐久性评定结果宜采用等级表示，各等级耐久性状况应符合表3.1.7的规定。

表3.1.7 评定等级及其对应的耐久性状况

评定等级	耐久性状况
Ⅰ级	在目标使用年限内，耐久性满足要求
Ⅱ级	在目标使用年限内，耐久性基本满足要求
Ⅲ级	在目标使用年限内，耐久性不满足要求

3.1.8 耐久性评定结果对应的养护措施应符合下列规定：

1 Ⅰ级宜进行正常养护；
2 Ⅱ级宜及时开展预防养护；
3 Ⅲ级应立即开展预防养护。

交通运输部信息公开 浏览专用

条文说明

本规程中预防养护对应《公路养护技术标准》（JTG 5110—2023）中相应的养护工程分类。

不同耐久性等级对应结构构件耐久性病害的不同劣化程度，根据全寿命周期养护成本最优的原则，规定不同耐久性等级采取不同的养护措施。对评为Ⅱ级的构件，耐久性状况一般，病害相对轻微，以预防养护为主，减缓结构构件劣化速度。此处规定的“及时”，通常指在一个评定周期内；在耐久性病害不影响结构承载能力的情况下，也可对其发展变化持续观测一段时间，一般不超过2个评定周期。对于局部已经明显出现的耐久性病害，需要立即进行修复，以避免过快劣化。

对评为Ⅲ级的构件，耐久性状况差，构件的性能保持能力已明显不足，需要立即进行预防养护，提升其性能保持能力，以防止构件性能过快劣化。否则，有可能降低结构承载能力，影响安全性和适用性。因此，规定立即开展预防养护。

3.1.9 当公路桥梁周期性开展耐久性检测评定时，检测评定周期宜根据环境作用等级和上一次最严重的构件耐久性评定等级确定，且不宜大于表3.1.9的规定。处于非常严重和极端严重环境作用中的桥梁应周期性开展耐久性检测评定。

表3.1.9 公路桥梁耐久性检测评定周期（年）

环境作用等级	上一次耐久性评定等级	
	Ⅰ级	Ⅱ级
轻微、轻度	15	10
中度、严重	10	5
非常严重、极端严重	5	3

条文说明

公路桥梁检测评定是合理养护决策的基础。桥梁结构耐久性是一个长期劣化的过程，通过周期性开展检测评定，可以将桥梁结构和材料劣化速度、劣化程度、劣化趋势等客观地展现出来，尤其对处于非常严重和极端严重环境作用中的桥梁，遭受环境侵蚀的程度强，周期性检测评定可以为实施全寿命周期养护决策提供重要支撑和依据。同时，周期性开展桥梁耐久性检测工作，获得桥梁使用过程中的劣化信息和规律，也有利于积累在用桥梁结构、材料劣化信息时间序列数据，为我国桥梁设计、建造和养护技术提升提供数据支撑。由于本规程要求耐久性等级为Ⅲ级的结构构件需要立即进行预防养护，表3.1.9中仅给出Ⅰ级和Ⅱ级的检测周期要求。

桥梁结构耐久性检测周期主要与环境作用情况和当前的耐久性状态有关。耐久性检测周期参考了现行《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）中的规定，检测评估周期一般在5~10年，使用10年以上的结构为3~5年。本规程按照环境作用等级和结构耐久性状况对检测评定周期进行了细化，做出以上规定。

交通运输部信息公开浏览专用

混凝土结构的环境作用类别按《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310—2019）确定，分为一般环境、冻融环境、近海或海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境、盐结晶环境、化学腐蚀环境和磨蚀环境。根据对结构侵蚀作用的严重程度，JTG/T 3310—2019 将环境作用等级划分为 A～F 六个等级，分别为“轻微、轻度、中度、严重、非常严重和极端严重”，不同环境作用类别分别对应不同的环境作用等级。

钢结构的环境作用类别和等级参照《色漆和清漆　防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护　第 2 部分：环境分类》（GB/T 30790. 2—2014）和《色漆和清漆　防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护　第 2 部分：环境分类》（ISO 12944-2：2017）中关于钢结构腐蚀环境的分类确定。GB/T 30790. 2—2014 针对大气腐蚀环境分别规定了 C1～C5 五个环境种类，分别表示腐蚀程度很低、低、中、高、很高，对应的环境作用等级分别为“轻微、轻度、中度、严重和非常严重”。针对水和土壤腐蚀环境分别规定了 Im1（淡水）、Im2（海水或盐水）和 Im3（土壤）三个环境种类，对应的环境作用等级分别为“轻度”、“严重或非常严重”、“中度”。另外，ISO 12944-2：2017 针对大气腐蚀环境增加了 CX 环境，表示环境侵蚀极端严重，环境作用等级对应本规程中的“极端严重”。

环境作用等级越严重，说明对结构构件的侵蚀强度越大，单位时间内的侵蚀破坏越严重，耐久性退化速度快且不确定性强。因此，对处于海洋环境等非常严重和极端严重作用下的桥梁，需要定期开展检测。

3. 1. 10　公路桥梁耐久性检测评定报告应包括但不限于下列内容，并应附有必要的原始资料、数据图表和现场照片：

1　桥梁概况；

2　评定目的；

3　评定的范围、内容及依据，当有相关耐久性检测评定的历史资料时，需说明对历史资料的参考利用情况；

4　桥梁调查情况；

5　桥梁结构构件类别和评定单元划分情况；

6　桥梁结构构件外观检测情况及外观耐久状态评定；

7　桥梁结构构件剩余耐久年限指标参数检测情况与剩余耐久年限评定；

8　桥梁结构构件耐久性评定结论及处置建议；

9　下一次开展耐久性检测评定的时间建议。

3. 2　桥梁调查

3. 2. 1　桥梁调查内容应包括资料调查、桥位环境调查和外观初步调查。资料调查和桥位环境调查内容宜按本规程附录 A 的规定执行；必要时应进行构件材料成分分析。

交通运输部信息公开浏览专用

3.2.2 在桥梁调查过程中，应确定桥梁耐久性主要劣化形式、劣化机理和劣化发展情况；在第一次耐久性检测评定中，应通过桥梁调查收集耐久性相关资料、明确公路桥梁所处的环境作用类别和作用等级。

3.3 构件类别和评定单元划分

3.3.1 宜根据桥梁结构特点确定主体结构构件。协作、组合和混合体系桥梁应首先明确桥梁结构体系特点，然后根据各个组成部分的特点分别确定主体结构构件。

3.3.2 构件类别应根据构件的截面形式、受力特点和建造材料等进行划分，吊杆（索）、斜拉索尚应分别根据其所锚固的主拱圈、主缆和索塔位置进行划分。

3.3.3 构件评定单元宜根据环境条件和表观特征等划分。同一构件类别中环境作用效应、材料性能和表观特征一致的构件宜作为一个评定单元。

3.3.4 构件耐久性劣化程度比其他构件明显严重的或构件耐久性劣化形式与其他构件不同的，应单独划分评定单元，并查清劣化原因、历程、发展速度以及对结构的危害。

3.4 耐久性检测

3.4.1 公路桥梁耐久性检测内容应根据其材质和环境条件确定，并符合下列规定：

1 钢筋混凝土及预应力混凝土构件耐久性检测内容宜按表3.4.1的规定执行。其中，钢筋锈蚀机理应满足下列规定：

1）一般环境和冻融环境，为混凝土碳化。

2）海洋氯化物环境和除冰盐等其他氯化物环境，为氯离子侵蚀。

3）化学腐蚀环境，通过桥梁调查确定。

表3.4.1 钢筋混凝土及预应力混凝土构件耐久性检测内容

环境作用	耐久性检测内容				
	钢筋锈蚀	混凝土冻融损伤	混凝土腐蚀	混凝土盐结晶破坏	混凝土磨蚀
一般环境	●	×	○	×	○
冻融环境	●	●	○	×	○
近海或海洋氯化物环境	●	○	○	○	○
除冰盐等其他氯化物环境	●	●	○	○	○
化学腐蚀环境	●	○	●	▲	○

注：●表示必检；○表示调查后确定；×表示不检；▲表示硫酸盐化学腐蚀环境中，盐结晶破坏必检。

2 钢结构构件和缆索构件应分别检测板材和筋（丝）材的锈蚀。

交通运输部信息公开浏览专用

3　石材圬工宜检测石材风化、冻融等以及砌块间接缝砂浆劣化情况。

4　其他材质的桥梁结构应通过桥梁调查和劣化机理分析确定检测内容。

条文说明

其他如不锈钢、轻集料混凝土、聚合物混凝土等材质建造的桥梁结构，由于工程数量少、耐久性劣化机理和表现形式尚不明确，本规程仅对其耐久性检测评定提出原则性要求。

3.4.2　开展外观耐久状态评定时，评定单元中构件宜全数检测；开展剩余耐久年限评定时，评定单元中构件可全数检测，也可抽样检测，并应符合下列规定：

1　当评定单元中的构件数量不超过3个时，应全数检测。

2　当评定单元中的构件数量超过3个时，可抽样检测，抽样检测的构件最少数量应符合表3.4.2的规定。

表3.4.2　抽样检测的构件最少数量

构件数量	抽检最少数量	构件数量	抽检最少数量
4～15	3	151～280	32
16～25	5	281～500	50
26～50	8	501～1 200	80
51～90	13	1 201～3 200	125
91～150	20	3 201～10 000	200

条文说明

上表引自现行《混凝土结构现场检测技术标准》（GB/T 50784）和《钢结构现场检测技术标准》（GB/T 50621）。为与构件数量不超过3时应全数检测的规定相协调，对上述标准中构件数量4～8和9～15的最少抽检数量进行了合并，并以数量较多的9～15个构件对应的3个最少抽检数量作为合并后的抽检最少数量。

3.4.3　外观耐久状态测区宜布设在病害较为严重、应力较大或复杂的部位。

3.4.4　剩余耐久年限测区应布设在表征构件耐久性总体状况的部位；必要时，可布设在结构病害较为严重、应力较大或复杂的部位。

3.4.5　公路桥梁耐久性检测评定数据来源为依据现行《公路桥涵养护规范》（JTG 5120）和《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T 5230）检查的结果，不足部分应开展专项检测。

3.4.6　测区和测点应有明晰的标注和编号，并结合需要保留一定时间。

交通运输部信息公开
浏览专用

3.4.7 当发现检测数据数量不足或检测数据出现异常情况时，应进行补充检测或复检，并附必要的说明。

3.4.8 水下区检测宜在枯水期进行，必要时可进行潜水检测。在检测过程中，应做好人员和仪器设备等的安全防护。

3.5 耐久性评定

3.5.1 钢筋混凝土及预应力混凝土构件与钢结构构件的外观耐久状态评定宜包括外观质量缺陷评定和外观劣化度评定，并以两者中差者等级作为外观耐久状态评定等级；圬工石材构件和缆索构件外观耐久状态评定宜为外观劣化度评定，并以外观劣化度等级作为外观耐久状态评定等级。

3.5.2 当构件有表面防护涂层或阴极保护等防腐措施时，宜对涂层劣化状态或阴极保护效果进行检测评定。检测评定应符合下列规定：

1 混凝土结构表面防护涂层劣化状态检测评定方法应按本规程附录B的规定执行。涂层劣化评定结果可不计入构件耐久性评定；当涂层有效性评为2级或3级时，应及时修复或缩短检测评定周期。

2 钢结构表面防护涂层劣化及阴极保护效果检测评定应分别按本规程附录B、附录C的规定执行，评定结果宜计入构件耐久性评定中。

条文说明

混凝土结构的涂层防护体系一般是作为保障构件耐久年限的附加措施，其防护作用是提高混凝土构件耐久性保障的安全裕度，其防护年限不与主体结构的耐久年限叠加。在防护体系失效后，相当于混凝土构件面临的环境条件发生了变化，涂层失效部位的混凝土构件由受涂层保护变为直接遭受环境作用，环境作用等级提高，侵蚀加快，在不能及时修复的情况下，需要缩短耐久性检测评定周期，以便明晰混凝土构件的耐久性劣化情况。对钢结构而言，钢结构涂层及阴极保护通常记入耐久年限设计中，因此，其评定结果通常需要计入到结构耐久性评定中。

3.5.3 构件外观耐久状态等级及其对应状况应符合表3.5.3的规定。

表3.5.3 构件外观耐久状态等级及其对应状况

外观耐久状态等级	对应状况描述
Ⅰa级	完好或局部存在轻微的外观缺陷，无耐久性病害
Ⅱa级	存在轻微的外观缺陷或出现轻微的耐久性病害
Ⅲa级	存在严重的外观缺陷或出现严重的耐久性病害

交通运输部信息公开 浏览专用

条文说明

外观耐久状态评价的是目视可见病害或防护性能降低的程度。本规程采用Ⅰa级、Ⅱa级和Ⅲa级来划分桥梁结构构件外观耐久状态评定等级。Ⅰa级表示目视看不出劣化现象，虽然外观局部存在轻微质量缺陷，但总体良好；Ⅱa级表示结构构件总体耐久性病害尚未发生，但目视可看到轻微质量缺陷或局部轻微耐久性病害；Ⅲa级表示耐久性病害已经发生且表现的比较明显，表明耐久性已经接近或达到耐久性极限状态，或防护损伤非常严重，已基本失去对结构性能的保护能力。

3.5.4 构件评定单元的外观耐久状态等级应以评定单元中数量占2/3及以上的构件评定等级为准。当各评定等级的构件数量均不足2/3时，应重新划分评定单元。

3.5.5 构件剩余耐久年限宜采用极限状态法进行估算，并应符合下列规定：

1 构件耐久性极限状态宜符合下列规定：

1）钢筋锈蚀耐久性极限状态可分为两种：混凝土保护层失去对钢筋的保护性能、混凝土构件表面开始出现钢筋锈蚀裂缝。

2）混凝土冻融耐久性极限状态为混凝土冻融损伤层厚度达到规定限值。

3）混凝土遭受硫酸盐侵蚀耐久性极限状态为混凝土强度降低到规定限值。

4）钢结构及斜拉索、主缆、吊杆（索）等锈蚀耐久性极限状态可分为两种：板材或筋（丝）材失去防护或锈蚀程度达到规定值。

5）其他材质构件耐久性极限状态宜通过分析其耐久性劣化机理及对结构性能的影响后确定。

2 构件剩余耐久年限宜采用劣化模型法进行估算；当无合适的劣化模型时，可采用时间外推法估算。

3 从桥梁第二次耐久性检测评定开始，剩余耐久年限估算方法的相关参数宜利用本次和以前检测的数据进行修正，也可采用统计、拟合等方法构建符合耐久性劣化趋势的计算公式。

条文说明

虽然耐久性研究成果很多，但是由于耐久性影响因素的复杂性和多样性，研究成果的成熟度不太一致。对机理明确和计算方法成熟的耐久性劣化过程，可利用现有劣化模型进行评估；对机理不太明确或计算方法不太成熟的耐久性劣化过程，一般需要通过多次检测的数据积累，建立耐久性劣化与时间的相关关系，通过时间外推法进行评估。

3.5.6 当评定单元中测试构件数量多于1个且估算的剩余耐久年限不一致时，评定单元的剩余耐久年限取值宜采用区间的形式表达，并应符合下列规定：

1 当评定单元中有2个或3个测试构件时，取测试构件计算年限的最大值和最小

交通运输部信息公开 浏览专用

值作为剩余耐久年限区间上下限。

2 当评定单元中含有4个及以上测试构件时，评定单元剩余耐久年限区间上下限按式（3.5.6-1）、式（3.5.6-2）计算：

$$t_{e,u} = t_m + k_{0.5}\sigma_t \tag{3.5.6-1}$$

$$t_{e,l} = t_m - k_{0.5}\sigma_t \tag{3.5.6-2}$$

式中：$t_{e,u}$——评定单元剩余耐久年限区间上限值（a）；

$t_{e,l}$——评定单元剩余耐久年限区间下限值（a）；

t_m——评定单元测试构件剩余耐久年限平均值（a）；

σ_t——评定单元测试构件剩余耐久年限标准差（a）；

$k_{0.5}$——指标平均值推定区间具有90%保证率的系数，不同样本容量对应的$k_{0.5}$见表3.5.6。

表3.5.6 剩余耐久年限平均值推定区间具有90%保证率的系数

样本容量	$k_{0.5}$	样本容量	$k_{0.5}$	样本容量	$k_{0.5}$	样本容量	$k_{0.5}$
4	1.176 68	11	0.546 48	18	0.410 03	25	0.342 18
5	0.953 39	12	0.518 43	19	0.397 82	26	0.334 99
6	0.822 64	13	0.494 32	20	0.386 64	27	0.328 25
7	0.734 45	14	0.473 30	21	0.376 36	28	0.321 89
8	0.669 83	15	0.454 77	22	0.366 86	29	0.315 89
9	0.619 85	16	0.438 26	23	0.358 05	30	0.310 22
10	0.579 68	17	0.423 44	24	0.349 84	31	0.304 84

3.5.7 构件评定单元剩余耐久年限应根据目标使用年限判定是否满足要求。当构件评定单元剩余耐久年限的区间下限值大于桥梁结构的目标使用年限时，可判定构件剩余耐久年限满足要求；否则，宜判为不满足要求。

条文说明

目标使用年限通常根据预期的养护需求确定。对新桥而言，目标使用年限通常不低于设计使用年限。对在用桥梁，当有明确的目标使用年限时，通常要求剩余耐久年限不低于目标使用年限；当没有明确的目标使用年限时，可用桥梁结构的设计使用年限减去已使用年限作为目标使用年限。剩余耐久年限一般用于支撑桥梁结构在目标使用年限内的预防养护和修复养护等养护决策。

3.5.8 构件评定单元耐久性应按下列规定进行评定：

1 当构件剩余耐久年限能定量估算时，应根据外观耐久状态和剩余耐久年限的评定结果按表3.5.8的规定进行评定。

交通运输部信息公开浏览专用

表 3.5.8　构件评定单元耐久性等级评定

外观耐久状态	剩余耐久年限	
	满足要求	不满足要求
Ⅰa级	Ⅰ级	Ⅱ级
Ⅱa级	Ⅱ级	Ⅱ级
Ⅲa级	Ⅱ级	Ⅲ级

2　当构件剩余耐久年限不能定量估算时，宜采用外观耐久状态的评定等级作为其耐久性等级。

3.5.9　当桥梁结构构件遭受多种环境作用或出现多种耐久性病害时，宜分别评定耐久性状况，以最差等级作为耐久性评定结果，并在检测评定报告中注明其对应的环境条件和耐久性病害。

条文说明

桥梁结构通常会遭受多种环境作用，例如：海洋环境中的混凝土桥梁结构构件，除遭受氯离子侵蚀外，还遭受空气中 CO_2 的碳化作用；如果其处于北方寒冷的海洋环境中，那么，也遭受冻融作用。这些环境作用不仅会分别导致混凝土结构耐久性降低，而且还存在一定的复合作用。针对最早出现、劣化严重的耐久性病害，本规程规定以最不利的耐久性状况作为评定结果。

交通运输信息公开
浏览专用

4 梁桥耐久性检测评定

4.1 一般规定

4.1.1 梁桥耐久性检测评定的主体结构构件宜包括梁、桥墩、桥台和基础。

4.1.2 当梁桥跨数不超过3跨时，各跨应全数检测；当梁桥跨数超过3跨时，测试跨数量应符合下列规定：

1 对于特大桥和大桥，测试跨数应不少于30%，且不少于3跨。

2 对于中桥和小桥，测试跨数应不少于20%，且不少于3跨。

条文说明

为保证检测构件的代表性，使其尽量多地分布在桥梁孔跨中，提出了以上对各种规模梁桥的测试孔跨数量的规定。

4.2 钢筋混凝土梁

4.2.1 钢筋混凝土梁构件类别划分除应满足本规程第3.3.2条的要求外，尚宜符合下列规定：

1 简支梁应按孔跨中的每根梁划分构件类别。

2 连续梁宜按每联梁构件划分构件类别。

3 横隔板宜根据主梁形式和横隔板形式划分构件类别，一座桥梁中同类横隔板宜划分为一个构件类别。

条文说明

梁桥中不同孔跨可能有很多种结构形式或材料类别，结构形式、材料相同的通常划分为一个构件类别；对一根连续梁，虽然跨越不同孔跨，但属于同一构件，通常按每联梁构件划分构件类别。

4.2.2 外观质量缺陷指标宜包括非锈蚀裂缝、蜂窝、麻面、孔洞，检测方法宜按本规程附录D的规定执行，等级评定标准应符合表4.2.2的规定，以最差等级作为外观

交通运输部信息公开
浏览专用

质量缺陷的评定等级。

表 4.2.2　钢筋混凝土梁外观质量缺陷等级评定标准

评定等级	等级评定标准			
	非锈蚀裂缝	麻面	蜂窝	孔洞
$Ⅰ_{ai}$级	缝宽不大于 0.1mm，累计面积不大于所在面面积的 1%	累计面积不大于所在面面积的 2%	累计面积不大于所在面面积的 1%	无
$Ⅱ_{ai}$级	缝宽大于 0.1mm 的数量不超过半数，累计面积不大于所在面面积的 5%	累计面积占所在面面积的 2%～50%	累计面积占所在面面积的 1%～20%	局部存在孔洞，单处面积不大于 0.04m^2，且累计面积不大于所在面面积的 1%
$Ⅲ_{ai}$级	半数以上缝宽大于0.1mm，或累计面积大于所在面面积的 5%	累计面积大于所在面面积的 50%	累计面积大于所在面面积的 20%	单处面积大于 0.04m^2，或累计面积大于所在面面积的 1%

条文说明

网状裂缝、规则裂缝、蜂窝、麻面、孔洞等外观质量缺陷示意一般如图 4-1 所示。

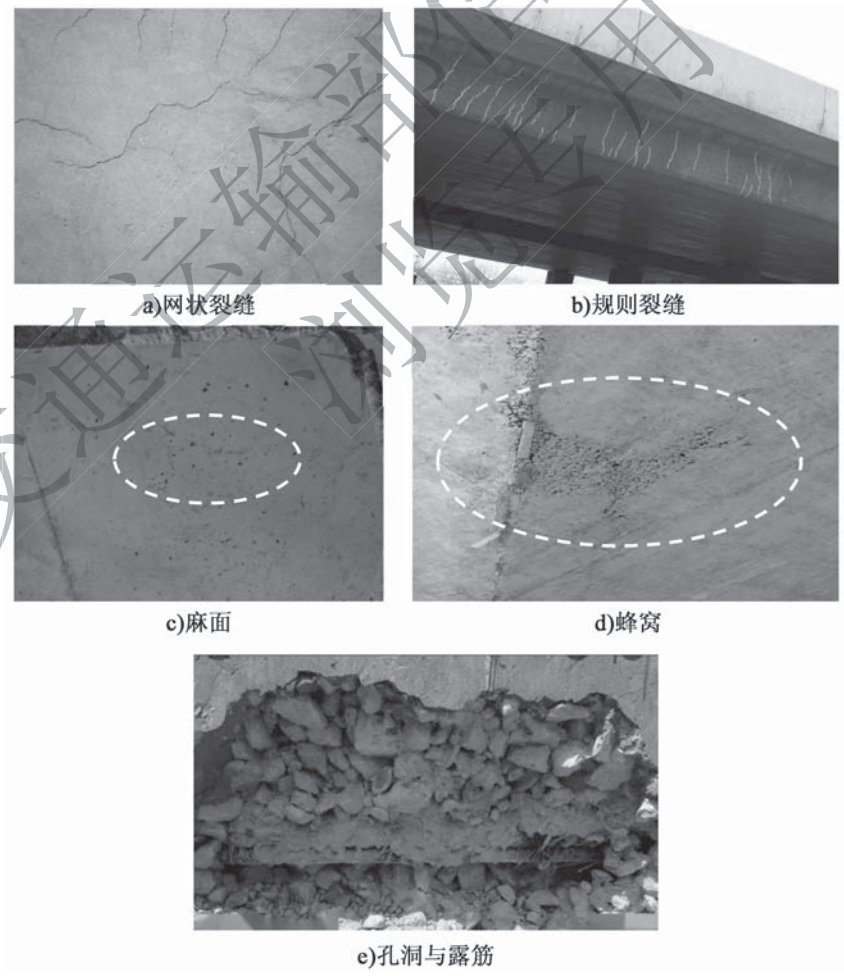


图 4-1　混凝土构件外观质量缺陷示意图

交通运输部信息公开浏览专用

4.2.3 钢筋锈蚀外观劣化度检测指标宜包括锈蚀裂缝、剥落露筋和表面析出物，检测方法宜按本规程附录 D 执行，指标等级评定标准应符合表 4.2.3 的规定，以最差等级作为钢筋锈蚀外观劣化度的评定等级。

表 4.2.3　钢筋锈蚀外观劣化度等级评定标准

评定等级	等级评定标准		
	锈蚀裂缝	剥落露筋	表面析出物
$Ⅰ_{ad}$级	无	无	无
$Ⅱ_{ad}$级	产生顺筋锈蚀裂缝的箍筋数量不大于 10%，缝宽不大于 0.1mm，无主筋锈蚀导致的锈蚀裂缝	个别部位有箍筋外露或锈蚀导致的砂浆层剥落现象	析出物面积不大于所在面面积的 30%
$Ⅲ_{ad}$级	产生顺筋锈蚀裂缝的箍筋数量大于 10%，或存在主筋锈蚀导致的锈蚀裂缝	箍筋锈蚀导致的剥落面积大于所在面面积的 1%，或个别部位有主筋锈蚀导致的剥落	析出物面积大于所在面面积的 30%

条文说明

锈蚀裂缝、剥落露筋、表面析出物等耐久性病害示意一般如图 4-2 所示。

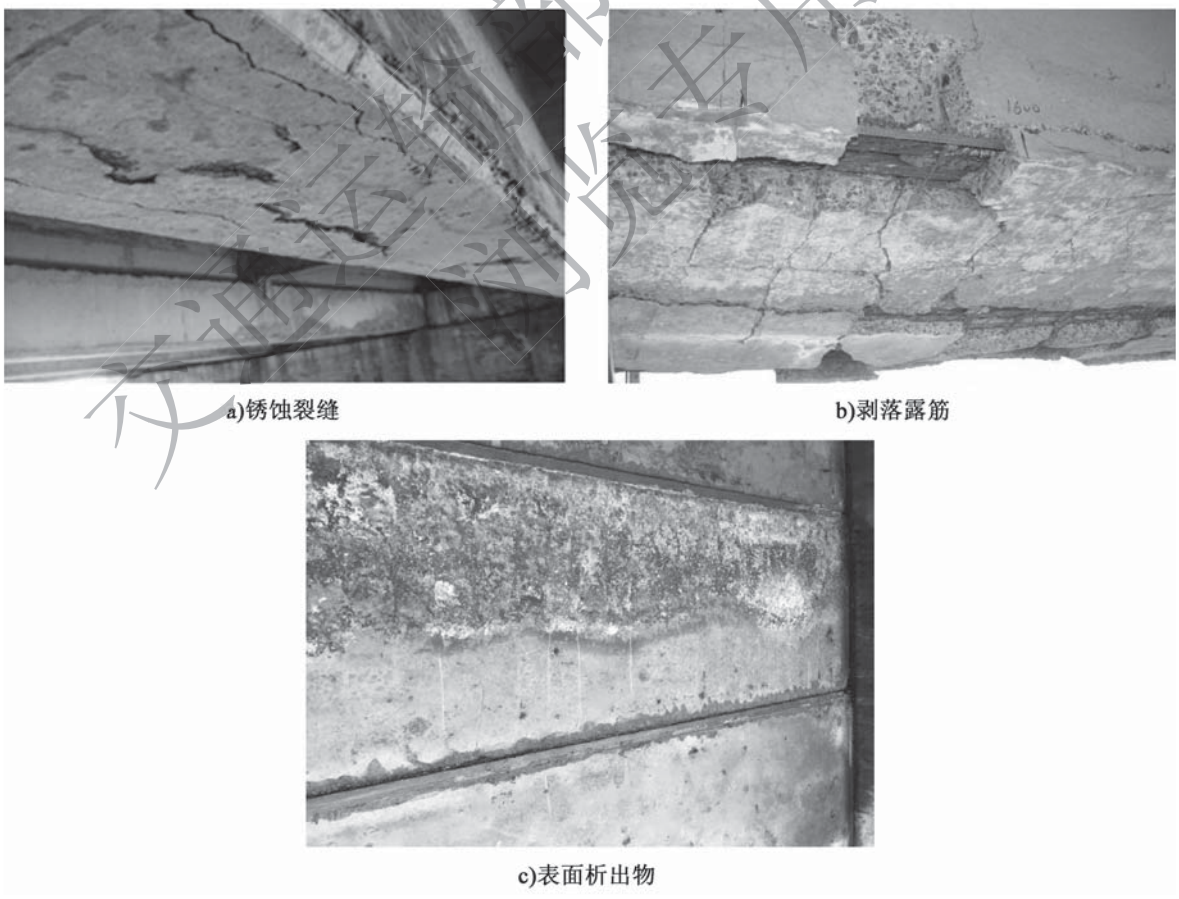


图 4-2　混凝土构件钢筋锈蚀耐久性病害示意图

交通运输部信息公开
仅供查阅信息专用

4.2.4 当钢筋锈蚀外观劣化度评为Ⅱ_{ad}或Ⅲ_{ad}时，宜检测钢筋锈蚀电位和混凝土电阻率，并评估钢筋锈蚀的可能性。当评估结果表明钢筋锈蚀可能性较大时，应适当缩短检测评定周期。钢筋锈蚀电位和混凝土电阻率的检测宜按现行《混凝土结构现场检测技术标准》（GB/T 50784）的规定执行。

4.2.5 混凝土碳化导致的钢筋锈蚀剩余耐久年限估算应符合下列规定：

1 耐久性极限状态宜结合公路桥梁的重要性按下列要求确定：

1）特大桥、大桥以及高速公路和一级公路上的中桥和小桥，宜以构件混凝土碳化至钢筋表面作为耐久性极限状态。

2）二级、三级和四级公路上的中桥和小桥，宜以构件表面出现顺筋锈蚀裂缝作为耐久性极限状态。

2 检测指标宜包括主筋和箍筋的混凝土保护层厚度、碳化深度、混凝土强度和钢筋公称直径。

3 混凝土保护层厚度和碳化深度的检测应分别按本规程附录E和附录F的规定执行，混凝土强度和钢筋公称直径的检测宜按现行《混凝土结构现场检测技术标准》（GB/T 50784）的规定执行。

4 板梁、箱梁和T梁的保护层厚度和碳化深度的测区布设部位宜符合表4.2.5-1～表4.2.5-3的规定，必要时可布设在外观耐久状态较差或出现耐久性病害的部位。

表4.2.5-1 板梁测区布设

结构体系	保护层厚度	碳化深度
简支	装配式：边板的1/4跨腹板、跨中板底和中板的跨中板底，主筋和箍筋各不少于3个测区； 整体现浇：1/4跨腹板主筋和箍筋各不少于3个测区，跨中板底主筋和箍筋各不少于9个测区	装配式：边板的1/4跨腹板、跨中板底和中板的跨中板底，各不少于2个测区； 整体现浇：1/4跨腹板不少于2个测区，跨中板底不少于4个测区
连续	装配式：边板的中支点位置腹板、1/4跨腹板、跨中板底和中板的跨中板底，主筋和箍筋各不少于3个测区； 整体现浇：中支点位置腹板和1/4跨腹板主筋和箍筋各不少于3个测区，跨中板底主筋和箍筋各不少于9个测区	装配式：边板的中支点位置腹板、1/4跨腹板、跨中板底和中板的跨中板底，各不少于2个测区； 整体现浇：中支点位置腹板和1/4跨腹板各不少于2个测区，跨中板底不少于4个测区

表4.2.5-2 箱梁测区布设

结构体系	保护层厚度	碳化深度
简支	装配式：边梁的1/4跨腹板外缘、跨中底板下缘和中梁的跨中底板下缘，主筋和箍筋各不少于3个测区； 整体现浇：1/4跨腹板外缘主筋和箍筋各不少于3个测区，跨中底板下缘主筋和箍筋各不少于9个测区	装配式：边梁的1/4跨腹板外缘、跨中底板下缘和中梁的跨中底板下缘，各不少于2个测区； 整体现浇：1/4跨腹板外缘不少于2个测区，跨中底板下缘不少于4个测区

交通运输部信息公开
预览专用

续表 4.2.5-2

结构体系	保护层厚度	碳化深度
连续	装配式：边梁的中支点位置腹板外缘、1/4 跨腹板外缘、跨中底板下缘和中梁的跨中底板下缘，主筋和箍筋各不少于 3 个测区； 整体现浇：中支点位置腹板外缘和 1/4 跨腹板外缘主筋和箍筋各不少于 3 个测区，跨中底板下缘主筋和箍筋各不少于 9 个测区	装配式：边梁的中支点位置腹板外缘、1/4 跨腹板外缘、跨中底板下缘和中梁的跨中底板下缘，各不少于 2 个测区； 整体现浇：中支点位置腹板外缘和 1/4 跨腹板外缘各不少于 2 个测区，跨中底板下缘不少于 4 个测区

表 4.2.5-3　T 梁测区布设

结构体系	保护层厚度	碳化深度
简支	边梁的 1/4 跨腹板、跨中梁底和中梁的跨中梁底，主筋和箍筋各不少于 3 个测区	边梁的 1/4 跨腹板、跨中梁底和中梁的跨中梁底，各不少于 2 个测区
连续	边梁的中支点位置腹板、1/4 跨腹板、跨中梁底和中梁的跨中梁底，主筋和箍筋各不少于 3 个测区	边梁的中支点位置腹板、1/4 跨腹板、跨中梁底和中梁的跨中梁底，各不少于 2 个测区

条文说明

本规程所列测点位置主要针对梁构件典型受力部位，测区数量的规定考虑了数据统计可靠性要求和测试过程中对构件的破损情况。保护层厚度测试一般采用无损检测方法，操作简单，对结构无损伤，因此规定的测区数量较多；而碳化测试需要对结构表层进行轻微破损，因此规定的测区数量较少。

5　构件剩余耐久年限应以最不利部位为准，剩余耐久年限估算应按下列规定执行：

1）混凝土碳化至钢筋表面的剩余耐久年限宜按式（4.2.5-1）估算：

$$t_{C,e}^{CA} = t_{C,I}^{CA} - t_0 \tag{4.2.5-1}$$

式中：$t_{C,e}^{CA}$——混凝土碳化导致的钢筋锈蚀的剩余耐久年限（a）；

t_0——构件已使用年限（a）；

$t_{C,I}^{CA}$——混凝土碳化至钢筋表面的年限（a），宜按式（4.2.5-2）所示的劣化模型法估算，并通过实测混凝土碳化数据进行修正；

$$t_{C,I}^{CA} = \left(\frac{c}{k_c}\right)^2 \tag{4.2.5-2}$$

c——混凝土保护层厚度（mm），应按本规程附录 E 的规定进行检测和计算；

k_c——混凝土碳化系数（mm/$\sqrt{a}$），应按本规程附录 F 的规定进行检测和计算分析。

2）构件表面锈蚀开裂的剩余耐久年限宜按式（4.2.5-3）估算：

$$t_{C,e}^{CA} = \left(t_{C,I}^{CA} + t_{C,Cr}^{CA}\right) - t_0 \tag{4.2.5-3}$$

交通运输部信息公开
测试专用

式中：$t_{C,Cr}^{CA}$——从混凝土碳化至钢筋表面到构件表面出现锈蚀开裂的年限（a），应按本规程附录 G 的规定估算。

4.2.6 混凝土碳化导致钢筋锈蚀的耐久性评定宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第 3.5.8 条进行评定。

4.2.7 氯离子侵蚀导致钢筋锈蚀的剩余耐久年限估算应符合下列规定：

1 耐久性极限状态宜结合公路桥梁的重要性按下列要求确定：

1）特大桥、大桥以及高速公路和一级公路上的中桥和小桥，宜以构件中钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度作为耐久性极限状态。

2）二级、三级和四级公路上的中桥和小桥，宜以构件表面出现顺筋锈蚀裂缝作为耐久性极限状态。

2 检测指标宜包括结构混凝土的氯离子有效扩散系数、表面氯离子浓度、临界氯离子浓度、主筋和箍筋的混凝土保护层厚度、混凝土强度、钢筋公称直径和腐蚀电流密度。

3 氯离子有效扩散系数和表面氯离子浓度检测宜按本规程附录 H 的规定执行；新建桥梁混凝土氯离子有效扩散系数可通过取芯按现行《混凝土结构现场检测技术标准》（GB/T 50784）的规定进行检测；腐蚀电流密度检测宜按本规程附录 J 的规定执行。

4 板梁、箱梁和 T 梁保护层厚度的测区布设部位宜符合本规程表 4.2.5-1 ~ 表 4.2.5-3的规定；氯离子有效扩散系数和表面氯离子浓度的测区布设宜符合表 4.2.7 的规定，必要时可布设在外观耐久状态较差或出现耐久性病害的部位。

表 4.2.7 氯离子有效扩散系数和表面氯离子浓度的测区布设

结构体系	板梁	箱梁	T 梁
简支	装配式：边板的 1/4 跨腹板、跨中板底和中板的跨中板底，各不少于 1 个测区； 整体现浇：1/4 跨腹板不少于 1 个测区，跨中板底不少于 3 个测区	装配式：边梁的 1/4 跨腹板外缘、跨中底板下缘和中梁的跨中底板下缘，各不少于 1 个测区； 整体现浇：1/4 跨腹板外缘不少于 1 个测区，跨中底板下缘不少于 3 个测区	边梁的 1/4 跨腹板跨中梁底和中梁的跨中梁底，各不少于 1 个测区
连续	装配式：边板的中支点位置腹板、1/4 跨腹板、跨中板底和中板的跨中板底，各不少于 1 个测区； 整体现浇：中支点位置腹板和 1/4 跨腹板各不少于 1 个测区；跨中板底不少于 3 个测区	装配式：边梁的中支点位置腹板外缘、1/4 跨腹板外缘、跨中底板下缘和中梁的跨中底板下缘，各不少于 1 个测区； 整体现浇：中支点位置腹板外缘和 1/4 跨腹板外缘各不少于 1 个测区；跨中底板下缘不少于 3 个测区	边梁的中支点位置腹板、1/4 跨腹板、跨中梁底和中梁的跨中梁底，各不少于 1 个测区

条文说明

规程所列测点位置主要针对梁构件典型受力部位，测区数量的规定考虑了数据统计

交通运输部信息公开浏览专用

可靠性要求和测试过程中对构件的破损情况。氯离子扩散系数测试对结构表层的破损程度比混凝土碳化测试严重，因此规定的测区数量比碳化测区少。

5 构件剩余耐久年限应以最不利部位为准，剩余耐久年限估算应按下列规定执行：

1）钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度的剩余耐久年限宜按式（4.2.7-1）估算：

$$t_{C,e}^{CL} = t_{C,I}^{CL} - t_0 \tag{4.2.7-1}$$

式中：$t_{C,e}^{CL}$——氯离子侵蚀导致钢筋锈蚀的剩余耐久年限（a）；

t_0——构件已使用年限（a）；

$t_{C,I}^{CL}$——钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度的年限（a），宜按式（4.2.7-2）所示的劣化模型法估算：

$$t_{C,I}^{CL} = \left(\frac{c}{k_D}\right)^2 \tag{4.2.7-2}$$

c——混凝土保护层厚度（mm），应按本规程附录E的规定进行检测和计算；

k_D——氯离子侵蚀系数（mm/$\sqrt{a}$），应按本规程附录H的规定进行计算。

2）构件表面锈蚀开裂的剩余耐久年限宜按式（4.2.7-3）估算：

$$t_{C,e}^{CL} = \left(t_{C,I}^{CL} + t_{C,Cr}^{CL}\right) - t_0 \tag{4.2.7-3}$$

式中：$t_{C,Cr}^{CL}$——从钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度至构件表面出现锈蚀开裂的年限（a），应按本规程附录K的规定计算。

4.2.8 氯离子侵蚀导致钢筋锈蚀的耐久性评定宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条进行评定。

4.2.9 混凝土冻融的耐久性检测评定应首先调查确定遭受冻融破坏的构件或构件部位及范围。对于不遭受冻融破坏的构件，混凝土冻融的耐久性等级可评定为Ⅰ级。

4.2.10 对于遭受混凝土冻融的构件，其外观劣化度等级评定标准应符合表4.2.10的规定，检测方法宜按本规程附录D的规定执行。

表4.2.10 混凝土冻融外观劣化度等级评定标准

评定等级	等级评定标准
$Ⅰ_{ad}$级	无冻融破坏现象
$Ⅱ_{ad}$级	掉皮、起砂面积不大于所在面遭受冻融面积的50%，有露石，露石面积不大于所在面遭受冻融面积的5%
$Ⅲ_{ad}$级	起砂面积大于所在面遭受冻融面积的50%；遭受冻融区域露石较严重，露石面积大于所在面遭受冻融面积的5%，或露石平均剥落深度大于混凝土保护层厚度的50%或10mm二者中的较小值

交通运输部信息公开浏览专用

条文说明

混凝土冻融破坏的外观耐久性病害示意一般如图 4-3 所示。混凝土冻融破坏的耐久性极限状态可以参照《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T 50476—2019）中关于混凝土表面轻微损伤的极限状态进行规定：不影响结构外观、不明显损害构件的承载力和表层混凝土对钢筋的保护。混凝土抗冻性能主要体现在砂浆层的防护，一旦砂浆层失效，露出混凝土粗集料，则混凝土冻融破坏非常迅速。本规程认为，出现粗集料剥落即为混凝土冻融的耐久性失效。Ⅱ_{ad}级和Ⅲ_{ad}级中关于露石面积的规定参照了《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355—2019）中表 7.2.1 关于混凝土构件表面剥落率的规定。Ⅲ_{ad}级中关于露石平均剥落深度的规定参照了《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355—2019）中表 7.2.1 关于混凝土构件平均剥落深度以及混凝土表层砂浆厚度和粗集料粒径的规定。混凝土砂浆层厚度一般在 5mm 左右，粗集料最小公称粒径为 9.5mm，两者之和为 14.5mm，本规程取 10mm，给粗集料剥落留有一定的富裕度。



图 4-3　混凝土冻融耐久性病害示意图

4.2.11　混凝土冻融的剩余耐久年限宜根据混凝土表层冻融损伤厚度与使用年限之间的相关关系进行估算，并应符合下列规定：

1　混凝土冻融的耐久性极限状态应为混凝土表层冻融损伤厚度达到混凝土保护层厚度的 50% 或 10mm 二者中的较小值。

2　检测指标应为混凝土表层冻融损伤厚度，测区应布设在易遭受冻融区域，测点布设和检测方法宜按本规程附录 L 的规定执行。

3　宜通过周期性检测确定混凝土表层冻融损伤厚度与使用年限之间的相关关系，混凝土冻融的剩余耐久年限可根据建立的相关关系利用时间外推法进行估算。

4.2.12　混凝土冻融的耐久性评定宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第 3.5.8 条进行评定。在第一次耐久性检测或周期性检测过程中，混凝土冻融损伤层变化不明显、不能定量估算剩余耐久年限时，可采用外观耐久状态等级作为冻融耐久性评定等级。

交通运输部信息公开 浏览专用

4.2.13 当公路桥梁处于硫酸盐侵蚀环境、镁盐含量较高的盐湖与海水等环境、酸雨环境和酸性污染环境等化学腐蚀环境，或混凝土中含有碱活性集料时，应进行混凝土腐蚀的耐久性检测评定。

4.2.14 混凝土腐蚀的耐久性等级宜根据构件外观耐久状态进行评定，并符合下列规定：

1 当构件外观无腐蚀现象时，评为Ⅰ级。

2 当构件外观局部出现轻微腐蚀现象时，评为Ⅱ级。

3 当构件外观出现明显的腐蚀破坏现象时，评为Ⅲ级。

条文说明

混凝土腐蚀对于构件承载能力和耐久性影响非常严重，一旦出现，基本上是不可逆的。当构件外观出现明显的腐蚀破坏现象时，不仅性能保持能力严重降低，甚至可能影响到构件的承载能力。因此，本规程将构件外观出现明显的腐蚀破坏确定为Ⅲ级。此时，需要立即进行预防养护，抑制混凝土腐蚀进一步发展，防止混凝土构件性能持续恶化。

4.2.15 当构件处于其他腐蚀环境或出现其他机理尚不明确的混凝土腐蚀现象时，宜开展混凝土腐蚀对结构性能影响的专项论证，结合构件现状评定其耐久性，并通过周期性检测评定进行验证和修正。

4.2.16 在硫酸盐侵蚀环境中，宜通过桥梁调查确定遭受盐结晶侵蚀的构件及其部位与范围。调查不能确定的，遭受盐结晶侵蚀范围可取为构件地面线或水面线至其以上300mm以内。

4.2.17 混凝土盐结晶破坏的外观劣化度等级评定标准应符合表4.2.17的规定，检测方法宜按本规程附录D执行。

表4.2.17 混凝土盐结晶破坏外观劣化度等级评定标准

评定等级	等级评定标准
$Ⅰ_{ad}$级	无盐结晶破坏现象
$Ⅱ_{ad}$级	白色析出物面积不大于所在面遭受侵蚀面积的30%，起皮、脱落和露石面积不大于遭受侵蚀面积的5%
$Ⅲ_{ad}$级	白色析出物面积大于所在面遭受侵蚀面积的30%；起皮、脱落和露石面积大于所在面遭受侵蚀面积的5%

交通运输部信息公开 试览专用

条文说明

混凝土盐结晶破坏的外观耐久性病害示意一般如图 4-4 所示。



图 4-4　混凝土盐结晶破坏外观耐久性病害示意图

4. 2. 18　混凝土抵抗硫酸盐盐结晶破坏的剩余耐久年限估算宜符合下列规定：

1　耐久性极限状态宜为混凝土强度降低至原极限强度的 75%。受检混凝土强度可采用里氏硬度值表征，里氏硬度值与混凝土强度的关系宜通过试验确定。当无足够的试验资料时，混凝土强度降低至 75% 对应的里氏硬度值可按式（4. 2. 18-1）计算。

$$HL_{\mathrm{D}} = 0.75HL_{\mathrm{W}} + 84.88 \tag{4.2.18-1}$$

式中：HL_{D}——受检混凝土强度降低至 75% 时对应的临界里氏硬度值；

HL_{W}——未受侵蚀区域的里氏硬度值，检测方法应按本规程附录 M 的规定执行。

2　混凝土抵抗盐结晶破坏的剩余耐久年限可采用时间外推法按式（4. 2. 18-2）估算，并宜通过周期性检测评定进行修正。

$$t_{\mathrm{C,e}}^{\mathrm{SA}} = \frac{HL_{\mathrm{S}} - HL_{\mathrm{D}}}{\Delta N} \tag{4.2.18-2}$$

式中：$t_{\mathrm{C,e}}^{\mathrm{SA}}$——硫酸盐侵蚀剩余耐久年限（a）；

ΔN——年当量侵蚀值，当无足够资料时，可按式（4. 2. 18-3）估算：

$$\Delta N = （HL_{\mathrm{W}} - HL_{\mathrm{S}}）/ t_0 \tag{4.2.18-3}$$

HL_{S}——受侵蚀区域的里氏硬度值，检测方法应按本规程附录 M 的规定执行；

t_0——构件已使用年限（a）。

4. 2. 19　混凝土抗盐结晶破坏的耐久性评定宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第 3. 5. 8 条进行评定。当混凝土构件尚未发生盐结晶破坏时，其抗盐结晶破坏的耐久性等级可按外观耐久状态等级进行评定。

交通运输行业标准信息公开 试读本用

条文说明

4.2.18、4.2.19　规程编制单位根据《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082—2024）中规定的抗硫酸盐侵蚀试验方法，通过专项试验研究，得到了图4-5的试验结果，建立了混凝土抗压强度与里氏硬度的对应关系，见式（4-1）。

$$HL = 2.946\,3 f_{cu,t} + 339.53 \tag{4-1}$$

式中：HL——里氏硬度；

$f_{cu,t}$——受检混凝土抗压强度（MPa）。

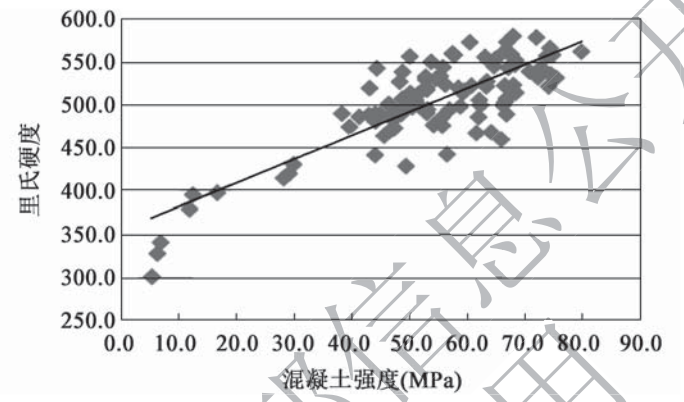


图4-5　混凝土里氏硬度与抗压强度的关系

根据式（4-1）可以得到混凝土遭受侵蚀前的里氏硬度值与临界里氏硬度值的关系式，即式（4.2.18-1）。

4.2.20　当混凝土梁构件遭受冲刷、磨损作用而出现混凝土磨蚀破坏时，应定期检测混凝土表层磨蚀厚度。在构件耐久性评定时应考虑混凝土磨蚀对构件保护层厚度的影响。

4.3　预应力混凝土梁

4.3.1　预应力混凝土梁耐久性检测评定内容除应符合本规程第4.2节的规定外，尚应进行预应力体系耐久性检测评定。

4.3.2　预应力混凝土梁构件类别划分应按下列规定执行，并应结合耐久性劣化形式和程度确定评定单元：

1　简支梁和连续梁应符合本规程第4.2.1条的规定。

2　连续刚构桥宜将各孔跨的梁作为一个构件，宜将跨径与结构形式相同的中跨梁作为一个构件类别，跨径与结构形式相同的边跨梁作为一个构件类别。

3　T形刚构桥宜按T构梁和挂孔梁划分构件类别。

交通运输部信息公开
试览专用

4　采用节段预制拼装的后张预应力混凝土梁构件，宜按预制节段形式划分构件类别；墩顶块和合龙段宜单独划分构件类别。

条文说明

连续刚构桥的梁构件通常采用同一类材料、同一种工艺，且为一个整体，但是由于属于多个孔跨，作为单一构件不确切，可以将其作为一个构件类别进行耐久性检测评定。

4.3.3　先张法预应力混凝土梁耐久性检测评定方法应按本规程第4.2节的规定执行。其中，耐久性极限状态宜为混凝土碳化至预应力筋表面或预应力筋表面氯离子浓度达到临界氯离子浓度。

4.3.4　后张预应力体系耐久性检测评定内容宜包括预应力筋防护、预应力筋锈蚀、转向结构和锚固端防护，其等级评定标准应按表4.3.4的规定执行，并以等级最差者为准。

表4.3.4　后张预应力体系耐久性等级评定标准

评定等级	后张预应力体系耐久性等级评定标准									
	预应力筋防护				预应力筋锈蚀	转向结构①	锚固端防护			
	体内预应力		体外预应力				埋入式锚头		暴露式锚头	
	填充物②	管道内部环境	套管	填充物②			封罩填充	锚端封层	封罩填充	锚端封罩
Ⅰ级	密实	干燥	完好	密实	无锈蚀	Ⅰa级	密实	完好	密实	完好
Ⅱ级	不密实	潮湿或有积水	局部破损	不密实	—	Ⅱa级	不密实	局部开裂	不密实	局部开裂
Ⅲ级	—	—	大面积破损	—	局部锈蚀，或个别断丝③	Ⅲa级	—	大面积开裂、脱落	—	大面积开裂、脱落

注：①转向结构按照混凝土结构或钢结构的外观耐久状态进行评定。

②体外预应力体系若设计中不考虑填充物，则可不检测该指标。

③当对预应力筋锈蚀程度有疑问或结构出现异常变形、振动等时，应采用构件表层局部破损方式对预应力筋锈蚀面积或断丝数量进行检测。局部破损过程中应保证结构安全，严禁降低结构安全性。

4.3.5　预应力体系耐久性应根据材质、受力特性等分类检测，各类的检测数量不宜少于测试构件中该类总数的30%，且不少于2根。

4.3.6　填充物密实性、后张预应力筋锈蚀等可采用声波、雷达等无损检测技术进行检测；当无合适的无损检测方法时，可采用局部破损与内窥镜相结合的方法进行检测。

交通运输部信息公开浏览专用

破损时，不应对结构构件造成不可逆的结构性损伤，检测后必须立即进行修复。

4.3.7 后张预应力筋体系耐久性应以预应力筋防护、预应力筋锈蚀、转向结构和锚固端防护的最差等级作为评定等级。

4.3.8 对于节段预制拼装的预应力混凝土梁，当节段间预应力管道对接位置出现开裂时，预应力管道对接无有效密封措施的，后张预应力体系耐久性应评定为Ⅲ级。

4.3.9 后张预应力混凝土梁耐久性的评定等级应以钢筋混凝土和后张预应力体系的耐久性差者等级为准。

4.4 钢结构梁

4.4.1 钢结构梁应根据梁的结构形式和组成部件划分构件类别，并宜符合下列规定：

1 钢板梁宜按主梁、联结系和钢桥面板等划分构件类别。

2 钢箱梁宜按顶板、底板、腹板、横隔板和肋板等划分构件类别。

3 钢桁梁宜按上弦杆、下弦杆、腹杆和横向联系等划分构件类别。

4.4.2 钢结构梁外观质量缺陷指标宜包括涂层气泡、流挂、漏涂和误涂，检测方法宜按本规程附录N的规定执行。外观质量缺陷等级评定标准应符合表4.4.2的规定，以最差等级为准。

表4.4.2 钢结构梁外观质量缺陷等级评定标准

评定等级	等级评定标准	
	气泡和流挂	漏涂和误涂
$Ⅰ_{ai}$级	涂层有极少量气泡和个别流挂现象，单处流挂面积不大于900mm^2，累计面积不大于所在面涂层面积的1%	无
$Ⅱ_{ai}$级	涂层有少量气泡和流挂现象，累计面积占所在面涂层面积的1%～10%	在构件非受力部位个别存在，单个面积不大于0.01m^2
$Ⅲ_{ai}$级	涂层有较多气泡和流挂现象，累计面积大于所在面涂层面积的10%	累计面积大于所在面涂层面积的0.5%

条文说明

钢结构涂层的气泡、流挂等外观质量缺陷示意如图4-6所示。

交通运输部信息公开浏览专用

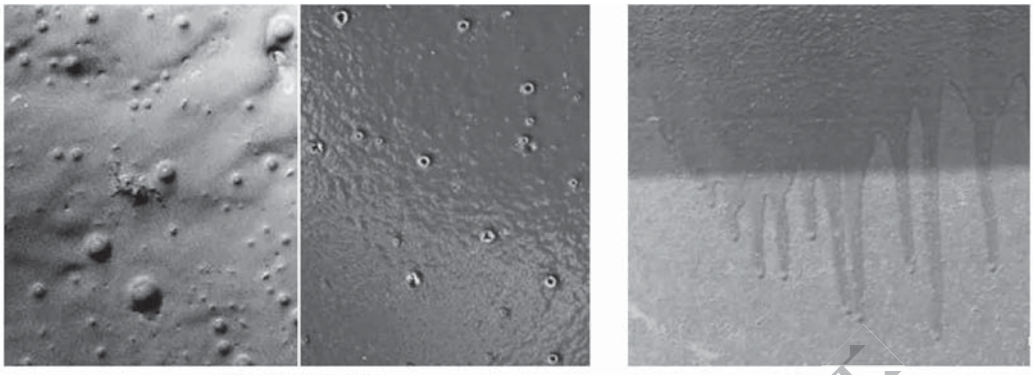


图 4-6　钢结构外观质量缺陷示意图

4.4.3　钢结构梁构件外观劣化度宜检测涂层劣化状况、外观锈蚀状态、铆钉（螺栓）失效状况。涂层劣化状况检测与评定应按本规程附录 B 的规定执行；外观锈蚀状态和铆钉（螺栓）状况检测方法应按本规程附录 N 的规定执行。钢结构梁构件外观劣化度等级评定标准应符合表 4.4.3 的规定，以最差等级为准。

表 4.4.3　钢结构梁构件外观劣化度等级评定标准

评定等级	等级评定标准		
	涂层劣化状况	外观锈蚀状态	铆钉（螺栓）状况
I_{ad}级	1 级	无	无
II_{ad}级	2 级	构件表面有轻微锈迹，部分油漆层出现剥落，锈迹和剥落累计面积不大于所在面面积的 1%	部分铆钉（螺栓）有锈迹；少量损坏、松动或丢失，失效数量不大于所在部位数量的 1%
III_{ad}级	3 级	构件表面有大量点蚀，氧化皮、油漆层因锈蚀而大范围剥离，局部有锈蚀成洞现象，表观锈蚀累计面积大于所在面面积的 1%	大量铆钉（螺栓）锈蚀严重，漆层因锈蚀而剥落；较多损坏、松动或丢失，失效数量大于所在部位数量的 1%

交通运输部信息公开浏览专用

条文说明

钢结构涂层开裂及外观锈蚀状态的示意如图 4-7 所示。

铆钉（螺栓）是钢结构外观检查中常检项目，铆钉（螺栓）松动或缺失，不仅会影响到结构承载力，而且会形成缝隙或暴露面，甚至破坏周边的防护涂层。因此，本规程将铆钉（螺栓）状况列为钢结构梁构件外观耐久状态的检测指标。

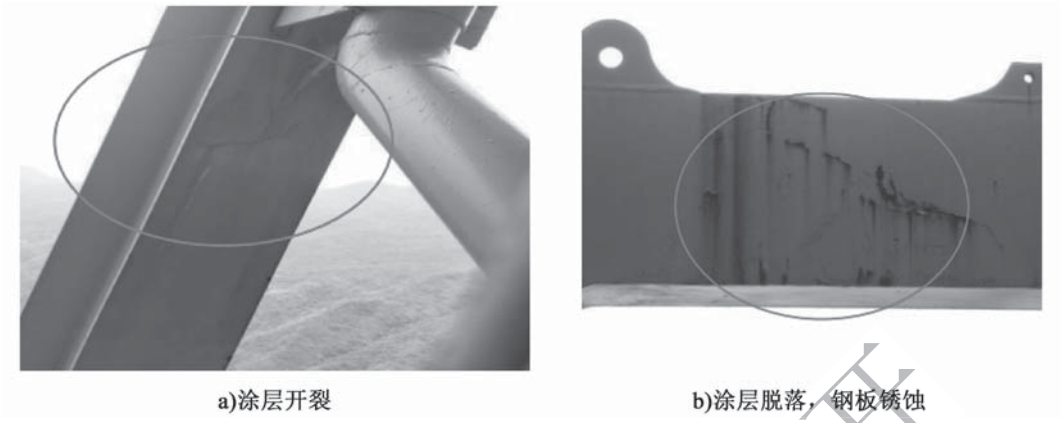


图 4-7　钢结构外观劣化度示意图

4.4.4　钢结构梁构件锈蚀剩余耐久年限估算应检测钢构件厚度、局部腐蚀深度和局部腐蚀面积，测区应布设在可表征钢结构梁总体锈蚀特征的部位；必要时，可布设在涂层破损较大、锈蚀严重或主要受力部位，检测方法宜按本规程附录 P 的规定执行。

4.4.5　钢结构梁构件锈蚀耐久性极限状态宜为构件钢板厚度锈蚀减小至初始厚度的 95%。

4.4.6　钢结构梁构件剩余耐久年限估算宜符合下列规定：

1　检测时防腐措施防护效果评为 1 级或 2 级的钢构件，剩余耐久年限宜按式（4.4.6-1）估算。

$$t_{S,e}=\frac{5\%H_0}{v}+\beta\left(t_1-t_0\right) \tag{4.4.6-1}$$

式中：$t_{S,e}$——钢构件锈蚀剩余耐久年限（a）；

H_0——钢构件初始厚度（mm）；

v——钢构件腐蚀速率（mm/a），宜根据现场实测确定，当现场实测数据不充分时，可按表 4.4.6 取值；

β——防腐效率，对于涂层防腐且在涂层设计使用年限内宜取 0.5～0.95，涂层状况为 1 级时可取较大值，2 级时可取较小值；对于外加电流阴极保护防腐，宜按本规程附录 C.1 的规定计算；对涂层与阴极保护联合防腐，可按本规程附录 C.1 的规定计算，当无足够计算资料时，可取 0.85～0.95；

t_1——防腐蚀措施有效工作时间（a），对于牺牲阳极阴极保护宜按本规程附录 C.2 的规定估算；

t_0——钢结构已使用年限（a）。

交通运输部信息公开
浏览专用

表 4.4.6　钢构件腐蚀速率

环境条件	腐蚀速率（mm/a）	
	单面腐蚀	双面腐蚀
海洋大气	0.05～0.10	0.1～0.2
一般大气	0.06	0.12

注：表中腐蚀速率适用于 pH＝4～10 的环境条件，对有严重污染的环境，应适当增大。

2　检测时防腐措施防护效果已评为 3 级的钢构件，剩余耐久年限宜按式（4.4.6-2）估算。其中，钢构件腐蚀速率 v 宜按式（4.4.6-3）计算：

$$t_{S,e}=\frac{H_1-95\%H_0}{v} \tag{4.4.6-2}$$

$$v=\frac{H_0-H_1}{(1-\beta)\ t_1+t_2} \tag{4.4.6-3}$$

式中：H_1——根据实测腐蚀深度数据得到的钢构件厚度（mm）；

t_2——防腐蚀措施失效至调查时的使用年限（a）。

条文说明

钢结构梁一般位于大气区，参考现行《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153—2015）关于大气区和水上区的规定，提出了钢结构梁腐蚀速率取值要求。当单面腐蚀时，采用现行《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）的规定；当双面均遭受腐蚀时，腐蚀速率则取单面腐蚀速率的 2 倍。按现行《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304）规定了防腐效率取值。

4.4.7　钢结构梁构件锈蚀耐久性评定宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第 3.5.8 条进行评定。

4.5　钢-混凝土组合梁

4.5.1　钢-混凝土组合梁宜分别针对组合梁的钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢结构和连接部位或连接段划分构件类别，并满足本规程第 4.2.1、4.3.2 和 4.4.1 条的规定。

4.5.2　钢-混凝土组合梁中钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和钢结构的耐久性检测评定宜分别按本规程第 4.2～4.4 节的规定执行；连接部位和连接段的耐久性宜根据外观耐久状态进行检测评定。

4.5.3　钢-混凝土组合梁连接部位和连接段外观耐久状态等级评定标准应符合表 4.5.3 的规定，以最差等级为准。

交通运输部信息公开 试览专用

表 4.5.3　组合梁连接部位和连接段的外观耐久状态等级评定标准

评定等级	等级评定标准			
	混凝土表面裂缝	局部缺损	表面锈痕	表面水迹或析出物
Ⅰa级	非锈蚀裂缝为I_{ai}级，锈蚀裂缝为I_{ad}级	无	无	无
Ⅱa级	结合段混凝土出现规则裂缝，或局部存在顺筋锈蚀裂缝，缝宽不大于0.1mm	局部存在小面积混凝土缺损或锈蚀导致的空鼓	混凝土表面可见局部锈迹，锈痕面积不大于所在面面积的10%	水迹或析出物面积不大于所在面面积的30%
Ⅲa级	结合段混凝土顺筋锈蚀裂缝较多，大部分缝宽大于0.1mm	混凝土局部有剥落或破碎，长度之和大于构件长度的1%	锈痕多，锈痕面积超过所在面面积的10%	水迹或析出物面积大于所在面面积的30%

条文说明

钢-混凝土组合梁通过连接部位或连接段组合而成，一旦腐蚀物质从钢结构和混凝土的结合面侵入，会造成钢结构和埋在混凝土中钢构件腐蚀，导致钢结构与混凝土结构或钢梁与混凝土梁的组合作用弱化，甚至使组合梁发生破坏。连接部位和连接段构造非常复杂，剩余耐久年限很难通过现场检测指标进行估算。本规程以连接部位和连接段的外观耐久状态等级作为其耐久性等级。

4.5.4　当钢-混凝土组合梁连接部位或连接段易遭受水分侵蚀且无防水设施或防水设施效果较差时，宜及时增设或维修防水设施，否则应适当缩短耐久性检测周期。

4.6　桥墩、桥台和基础

4.6.1　钢筋混凝土及预应力混凝土桥墩、桥台耐久性检测评定宜根据材质和结构特点按桥墩、桥台、盖梁（台帽）、横梁或系梁等划分构件类别；钢结构桥墩、桥台宜根据部件组成和结构特点划分构件类别；圬工桥墩、桥台宜按桥墩、桥台结构特点划分构件类别。

4.6.2　桥墩、桥台评定单元除应满足本规程第3.3.3条和第3.3.4条的要求外，尚应符合下列规定：

1　海水中桥墩、桥台沿垂直方向可按现行《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）分为大气区、浪溅区、水位变动区和水下区，宜重点检测大气区、浪溅区和水位变动区；淡水中桥墩、桥台可分为水上区、水位变动区和水下区，各部位划分宜符合表4.6.2的规定，宜重点检测水上区和水位变动区；必要时，尚应对水中桥墩、桥台的水下区进行检测评定。

交通运输部信息公开浏览专用

表 4.6.2　淡水环境结构部位划分

水上区	水位变动区	水下区
设计高水位以上	设计高水位和设计低水位之间	设计低水位以下

2　土中桥墩、桥台沿垂直方向可分为大气区和埋置区。大气区测区宜布设在地面线至其以上 1m 的范围内。土中桥墩、桥台耐久性检测评定宜重点针对大气区，必要时，可开挖桥墩、桥台周边土体对埋置区进行耐久性检测评定。土体开挖严禁降低结构安全性。

3　主通航孔桥梁的桥墩、桥台构件宜全数检测评定。

4.6.3　桥墩和桥台的外观耐久状态评定应符合下列规定：

1　钢筋混凝土及预应力混凝土构件、钢构件和钢-混凝土结合段的外观耐久状态等级评定宜分别按本规程第 4.2 ~ 4.5 节的规定执行。

2　石材砌块圬工桥墩和桥台的外观耐久状态评定宜检测砌块外观劣化情况和砌块间接缝砂浆状况，等级评定宜按表 4.6.3 的规定执行，以最差等级为准。

表 4.6.3　石材砌块圬工桥墩和桥台的外观耐久状态等级评定标准

评定等级	等级评定标准	
	砌块外观劣化情况	砌块间接缝砂浆状况
Ⅰa 级	无劣化	完好
Ⅱa 级	存在弱风化或中度风化现象，手搓构件表面，有砂粒滚动摩擦的感觉；局部存在小范围剥落、冻裂等轻微的冻融破坏	局部有渗水现象，或勾缝有局部松散脱落现象，渗水或松散脱落的累计换算面积不大于所在面面积的 1.5%
Ⅲa 级	大范围较强或严重风化现象，风化面积大于所在面面积的 50%；局部出现风化或冻融等导致的表面剥落，面积大于所在面面积的 1%	多处有渗水现象，或勾缝多处有松散脱落现象，渗水或松散脱落的累计换算面积大于所在面面积的 1.5%

3　现浇混凝土圬工结构外观耐久状态检测评定宜按本规程第 4.2 节的相关规定执行。

4　混凝土砌块圬工桥墩和桥台的外观耐久状态检测评定宜包括混凝土砌块外观耐久状态和砌块间接缝砂浆情况，以差者等级为准。混凝土砌块外观耐久状态检测评定宜按本规程第 4.2 节的相关规定执行，砌块间接缝砂浆情况宜按表 4.6.3 的规定执行。

条文说明

对于石材圬工结构，现存大量桥梁的现状表明，石材的劣化主要是风化、冻融等，劣化时间相对于现有标准规定的桥梁使用年限而言，非常漫长。因此，石材圬工结构的耐久性一般不进行剩余耐久年限评估，而主要由外表耐久状态来体现。砌块间接缝砂浆渗水或脱落情况反映了圬工结构的整体性能的好坏，表 4.6.3 中渗水或松散脱落的累计换算面积参照《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T 5230—2026）确定。

4.6.4　钢筋混凝土及预应力混凝土桥墩和桥台剩余耐久年限估算方法宜按本规程第 4.2、4.3 节的规定执行，测区数量尚应满足下列要求：

交通运输部信息公开测试专用

1　当评定混凝土碳化导致的钢筋锈蚀剩余耐久年限时，单个构件的保护层厚度测区总数应不少于6个，评定单元的碳化深度测区总数不少于6个。

2　当评定氯离子侵蚀导致的钢筋锈蚀剩余耐久年限时，单个构件的保护层厚度测区总数应不少于6个，评定单元的氯离子扩散系数测区总数不少于6个。

4.6.5　钢结构桥墩、桥台的剩余耐久年限估算方法宜按本规程第4.4节的规定执行。其中，钢结构的阴极保护防腐效率β宜按表4.6.5-1选取；当防腐措施未失效时，在没有足够的现场实测数据的情况下，钢结构桥墩、桥台腐蚀速率尚宜按表4.6.5-2选取。

表4.6.5-1　阴极保护防腐效率

水位变动区	水下区
$0.2 \leqslant \beta < 0.9$	$0.9 \leqslant \beta \leqslant 1.0$

表4.6.5-2　钢结构桥墩、桥台腐蚀速率

环境条件	部位		腐蚀速率（mm/a）	
			单面腐蚀	双面腐蚀
海水环境	大气区		0.05～0.10	0.10～0.20
	浪溅区	有掩护条件	0.20～0.30	0.40～0.60
		无掩护条件	0.40～0.50	0.80～1.00
	水位变动区、水下区		0.12	0.24
淡水环境	水上区		0.06	0.12
	水位变动区、水下区		0.03	0.06

4.6.6　钢筋混凝土及预应力混凝土结构、混凝土砌块圬工结构和钢结构的桥墩、桥台耐久性宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条进行评定；石材砌块圬工桥墩、桥台耐久性可按外观耐久状态等级进行评定。

4.6.7　基础耐久性检测评定除宜按本规程第4.6.2～4.6.6条的规定执行外，尚应符合下列规定：

1　对于有承台的基础，应将承台和基础分别作为不同的构件类别。

2　基础测区布设位置及范围宜根据现场条件确定。

3　对于有钢围堰的基础，应考虑钢围堰对基础耐久性的影响。

4.6.8　当桥墩、桥台和基础存在明显冲蚀现象时，应按本规程第4.2.20条的规定进行耐久性检测评定。

4.6.9　当桥墩、桥台和基础表面存在较多附着物时，宜检测分析附着物对于结构耐久性的影响。

交通运输部信息公开浏览专用

5　拱桥耐久性检测评定

5.1　一般规定

5.1.1　拱桥耐久性检测评定的主体结构构件应根据拱桥类型确定，宜包括主拱圈、吊杆、系杆、主梁、拱上结构以及桥墩、桥台和基础。

5.1.2　大跨拱桥耐久性检测评定宜包括所有孔跨结构；连拱桥的测试孔应不少于总孔数的30%，且不少于2孔。

5.2　钢筋混凝土拱

5.2.1　钢筋混凝土拱构件类别划分应符合下列规定：

1　箱拱和板拱由多条拱片组成时，宜按边拱片和中拱片划分构件类别。

2　肋拱宜按拱肋划分构件类别。当拱肋间采用横撑联系时，应将横撑作为一个构件类别。

3　刚架拱宜按主拱腿、次拱腿、主梁、次梁和横系梁划分构件类别，桥面系可根据其构件组成特点划分构件类别。

4　桁架拱宜按拱肋上弦杆、拱肋下弦杆、腹杆、实腹段以及连接拱片的系梁、剪力撑划分构件类别，桥面系可根据其构件组成特点划分构件类别。

5　双曲拱可将每个孔跨的拱肋、拱波、拱板和横向联系组成的整体作为一个构件划分构件类别。

条文说明

双曲拱的一个拱单元由拱肋、拱波、拱板和横向联系组成，拱肋、拱波、拱板和横向联系通常以串联方式形成一个整体，每个部分损坏都会导致整个拱单元的损坏，因此将拱肋、拱波、拱板和横向联系作为一个整体构件来划分构件类别。

5.2.2　钢筋混凝土拱外观耐久状态检测评定宜按本规程第4.2节的规定执行。

5.2.3　钢筋混凝土拱剩余耐久年限评定应重点检测构件应力大、施工工艺复杂和外

交通运输部信息公开浏览专用

观病害严重的部位。测区布设宜符合下列规定：

1 箱拱、板拱和肋拱测区宜布设在拱脚的拱背和侧面、拱顶的底面和侧面；当存在吊杆时，宜在1/4跨和3/4跨部位吊杆锚固处各增加1处代表性检测区域。

2 刚架拱的主拱腿、次拱腿、主梁、次梁和横系梁测区宜均匀布设在构件的中部和端部附近区域。

3 桁架拱的上弦杆、下弦杆、腹杆、实腹段以及连接拱片的系梁、剪力撑测区宜均匀布设在构件的中部和端部附近区域。

4 双曲拱应重点检测拱肋的拱顶、拱脚和外观病害严重的部位。

5.2.4 钢筋混凝土拱剩余耐久年限的检测指标、测试方法和估算方法宜按本规程第4.2节的规定执行，测区数量应符合下列规定：

1 当评定混凝土碳化导致的钢筋锈蚀剩余耐久年限时，单个构件的保护层厚度测区总数应不少于6个，评定单元中碳化深度测区总数应不少于6个。

2 当评定氯离子侵蚀导致的钢筋锈蚀剩余耐久年限时，单个构件的保护层厚度测区总数应不少于6个，评定单元中氯离子扩散系数测区总数应不少于6个。

5.2.5 钢筋混凝土拱耐久性宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条进行评定。

5.3 钢结构拱

5.3.1 钢结构拱构件类别划分宜符合下列规定：

1 钢桁架拱宜按上弦杆、下弦杆、横撑和腹杆划分构件类别。

2 钢箱拱宜按拱肋和横撑划分构件类别。

3 钢管拱和钢管混凝土拱宜按拱肋、横撑和腹杆划分构件类别。

5.3.2 钢结构拱外观耐久状态检测评定应按本规程第4.4节的规定执行。

5.3.3 钢结构拱锈蚀剩余耐久年限评定应重点检测钢构件厚度、局部腐蚀深度和局部腐蚀面积。测区布设应符合下列规定：

1 钢桁架拱测区宜均匀布设在具有代表性的上弦杆、下弦杆、横撑和腹杆上，单个构件应不少于3个测区，每个测区的测点数应不少于3个。

2 钢箱拱测区宜布设在拱顶和拱脚处的顶板、底板和腹板上，各代表性部位布设应不少于3个测区，每个测区的测点数应不少于3个；吊杆钢箱拱宜在1/4跨和3/4跨部位的吊杆锚固处各增加不少于1个测区。当钢箱拱肋之间有横撑连接时，横撑的测区宜均匀布设，代表性构件的测区应不少于3个，每个测区的测点数应不少于3个。

3 钢管拱和钢管混凝土拱测区宜布设在拱肋焊接部位等代表性区域，应不少于3

交通运输部信息公开 测试专用

个测区，每个测区的测点数应不少于3个；当拱肋有腹杆和横撑时，腹杆和横撑的测区宜均匀布设，代表性构件的测区应不少于3个，每个测区的测点数应不少于3个。

5.3.4 钢桁架拱构件厚度检测应按本规程附录P的规定执行；钢箱拱、钢管拱和钢管混凝土拱肋厚度检测宜采用超声等无损方法进行检测，必要时可开孔检测和验证。

5.3.5 钢结构拱锈蚀剩余耐久年限检测评定应按本规程第4.4节的规定执行。

5.3.6 钢结构拱耐久性宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条进行评定。

5.3.7 钢管混凝土拱肋宜检测管内混凝土的填充密实性和水分积聚情况，检测部位宜选择在拱顶、拱脚和吊杆锚固区。当填充不密实或有水分积聚时，应适当缩短检测周期。

5.4 钢-混凝土组合拱

5.4.1 钢-混凝土组合拱宜分别对组合拱的钢筋混凝土及预应力混凝土结构、钢结构和连接段划分构件类别，并满足本规程第5.2.1和5.3.1条的规定。

5.4.2 钢-混凝土组合拱中钢筋混凝土及预应力混凝土结构、钢结构和连接段的耐久性检测评定应按本规程第4.5、5.2和5.3节的规定执行。

5.5 圬工拱

5.5.1 圬工拱耐久性检测评定宜按结构特点划分构件类别。

5.5.2 石材砌块圬工拱外观耐久状态检测评定宜按本规程第4.6.3条的规定执行，可不进行剩余耐久年限评估。

5.5.3 混凝土砌块圬工拱外观耐久状态检测评定宜包括混凝土砌块外观耐久状态和砌块间接缝砂浆情况，以差者等级为准。混凝土砌块外观耐久状态检测评定宜按本规程第4.2节的规定执行，砌块间接缝砂浆情况宜按本规程第4.6.3条的规定执行。剩余耐久年限宜按本规程第4.2节的规定进行评估。

5.5.4 石材砌块圬工拱耐久性等级宜根据外观耐久状态等级评定；混凝土砌块圬工拱耐久性宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条

交通运输部信息公开浏览专用

进行评定。

5.6 吊杆

5.6.1 吊杆宜将杆体和锚固区作为一个整体构件划分构件类别，可将同一拱肋上的吊杆作为一个构件类别。

5.6.2 钢筋混凝土及预应力混凝土吊杆耐久性检测评定宜按本规程第4.2、4.3节的规定执行。

5.6.3 高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆的外观耐久状态检测内容宜包括杆体防护、杆体筋材、锚固区和减振装置，检测方法应符合本规程附录Q的规定。

5.6.4 高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆外观耐久状态等级评定标准宜按表5.6.4的规定执行，以差者等级为准。

表5.6.4 吊杆外观耐久状态等级评定标准

评定等级	等级评定标准				
	杆体防护	杆体筋材	锚固区		减振装置
			上下锚具	防护装置	
Ⅰa级	完好	无锈蚀	完好	完好	完好
Ⅱa级	PE护套油漆存在变色、起皮、剥落等老化现象； 钢管护套表面出现少量锈迹，锈迹面积不大于所在面面积的10%	无锈蚀	有渗水痕迹，存在个别点蚀现象，油漆层局部脱落	橡胶密封圈轻微老化，或护套开裂、松动	出现不影响减振功能的老化、损坏
Ⅲa级	PE护套老化破损、裸露钢丝，或划伤深度大于3mm，或受撞击后开裂，或火损后表面焦化； 钢管护套表面出现大量锈迹，锈迹面积大于构件面积的10%	护套破损处的杆体筋材普遍锈蚀，或护套外观出现由于杆体筋材锈蚀而渗出的锈迹	渗水明显，出现大量点蚀	橡胶密封圈老化严重；或护套开裂、松动，造成渗水	功能异常或失效

条文说明

吊杆杆体防护和锚固区锚具的耐久性病害示意如图5-1所示。

交通运输部信息公开浏览专用

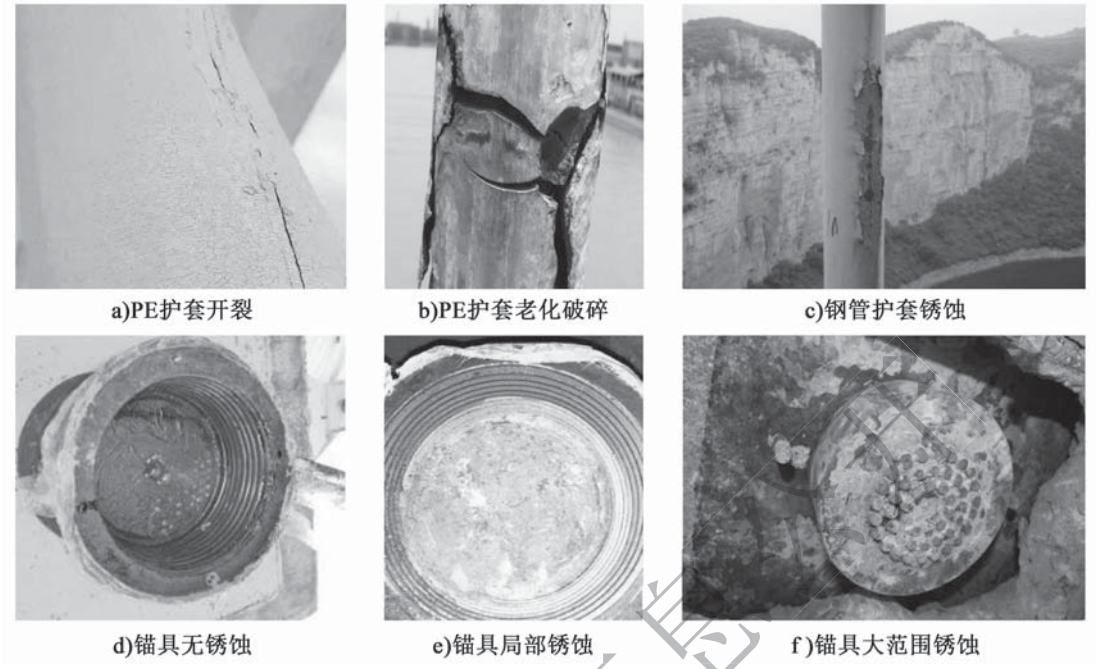


图 5-1　吊杆部分耐久性病害示意图

5.6.5　高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆剩余耐久年限宜对杆体锈蚀进行检测评定，检测指标和检测方法应符合下列规定：

1　检测指标宜包括锌层厚度、断面损失率、护套老化和钢管护套锈蚀。

2　锌层厚度检测的测区布设和检测方法应按本规程附录 R 的规定执行；断面损失率宜采用磁致伸缩导波法和漏磁法相结合的无损检测方法，应按本规程附录 R 的规定执行，并应对检测结果进行现场局部破损验证和校正；PE 护套老化检测宜采用紫外线老化试验方法；钢管护套锈蚀深度检测宜按本规程第 4.4 节的规定执行。

5.6.6　高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆的耐久性极限状态宜为镀锌层消耗至钢丝表面。

条文说明

对于筋材表面有镀锌层的吊杆，锌层锈蚀过程中，尤其锌层锈蚀到一定程度后，筋材锈蚀情况具有一定的不确定性。因此，以镀锌层锈蚀完毕作为杆体锈蚀的耐久性极限状态相对较为安全。

5.6.7　当高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆的杆体外观耐久状态评定为Ⅰa 级或Ⅱa 级且筋材镀锌层无锈蚀时，杆体剩余耐久年限宜按式（5.6.7-1）估算：

$$t_{S,e} = t_P + t_{Zn} \tag{5.6.7-1}$$

式中：$t_{S,e}$——杆体剩余耐久年限（a）；

交通运输部信息中心 试阅专用

t_{Zn}——镀锌层消耗年限（a），可根据资料调查或试验结果确定；

t_P——防护套的防护年限（a），应按下列规定估算：

1　对于 PE 护套，t_P 宜通过资料调查或现场取样采用老化试验确定；当无足够资料时，可按式（5.6.7-2）进行估算：

$$t_P = 20 - t_0 \tag{5.6.7-2}$$

式中：t_0——杆体已使用年限（a）。

2　对于钢管护套，t_P 宜按式（5.6.7-3）估算：

$$t_P = \frac{H_1}{v} \tag{5.6.7-3}$$

式中：H_1——根据实测腐蚀深度数据得到的钢管护套的厚度（mm）；

v——钢管护套的腐蚀速率（mm/a），宜根据其涂层防护状况按本规程第 4.4.6 条的规定计算。

条文说明

现有文献资料表明桥梁吊杆（索）常用的护套使用年限一般为 20～30 年，《公路工程技术标准》（JTG B01—2014）规定斜拉索、吊索和系杆等可更换构件的设计使用年限为 20 年，PE 护套是最重要的防护，使用年限一般是通过 PE 护套来保障。在无足够资料的情况下，本规程建议 PE 护套的防护年限为 20 年。

5.6.8　当高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆的杆体外观耐久状态评定为Ⅲa 级且筋材镀锌层尚未发生腐蚀时，宜取镀锌层的消耗时间 t_{Zn} 作为杆体剩余耐久年限。

5.6.9　当高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆的杆体外观耐久状态评定为Ⅲa 级且筋材镀锌层存在腐蚀时，杆体剩余耐久年限宜按式（5.6.9）估算：

$$t_{S,e} = \left(\frac{L_{Zn1}}{L_{Zn0} - L_{Zn1}}\right)(t_0 - t_1) \tag{5.6.9}$$

式中：$t_{S,e}$——杆体剩余耐久年限（a）；

t_1——杆体筋材镀锌层上的防护措施有效工作时间（a）；

t_0——杆体已使用年限（a）；

L_{Zn0}——筋材镀锌层初始厚度（μm），应根据资料调查确定；

L_{Zn1}——镀锌层当前检测厚度（μm）。

5.6.10　高强钢丝、钢绞线和钢棒吊杆耐久性宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第 3.5.8 条进行评定。当吊杆存在断面损失时，宜缩短检测评定周期。

交通运输部信息公开 浏览专用

5.7 系杆

5.7.1 系杆宜将杆体和锚固区作为一个整体构件划分构件类别。每根系杆宜作为一个评定单元。

5.7.2 钢筋混凝土及预应力混凝土系杆的耐久性检测评定宜按本规程第4.2、4.3节的规定执行，钢系杆的耐久性检测评定宜按本规程第4.4节的规定执行。

5.7.3 柔性系杆测区应沿杆体均匀分布，刚性系杆测区应重点布设在杆梁连接区域；当行车道设横向断缝时，宜将测区布设在横向断缝附近区域。

5.7.4 采用钢结构防护的系杆，外观耐久状态检测内容宜包括杆体防护、杆体筋材、锚具、防护装置和连接件。杆体防护、锚具和防护装置的检测方法应符合本规程附录S的规定。

5.7.5 采用钢结构防护的系杆，外观耐久状态等级评定标准宜符合表5.7.5的规定，以差者等级为准。

表5.7.5 采用钢结构防护的系杆外观耐久状态等级评定标准

评定等级	等级评定标准				
	杆体防护	杆体筋材	锚具	防护装置	连接件
Ⅰa级	完好	无锈蚀	完好	完好	完好
Ⅱa级	钢箱油漆变色、轻微损坏、裂纹、起皮或剥落，累计失效面积不大于所在面面积的10%，表面有轻微锈蚀；防锈油脂轻微渗漏，但没有继续渗漏迹象	无锈蚀	有渗水痕迹，存在个别点蚀现象，油漆层局部脱落	橡胶密封圈轻微老化，或护套开裂、松动	钢结构连接件出现少量锈迹，面积不大于所在面面积的5%；混凝土连接件出现少量裂缝，缝宽不大于0.1mm
Ⅲa级	钢箱大范围涂层有损坏、裂纹、起皮或剥落，累计失效面积大于所在面面积的10%，锈蚀较为严重；防锈油脂渗漏数量较多，渗漏速度较快	出现由于系杆筋材锈蚀而渗出的锈迹	渗水明显，出现大量点蚀	橡胶密封圈老化严重；或护套开裂、松动，造成渗水	钢结构连接件出现大量锈迹，面积大于所在面面积的5%；混凝土连接件出现部分锈蚀裂缝，缝宽大于0.1mm

5.7.6 采用钢结构防护的系杆，杆体锈蚀剩余耐久年限评定的检测指标宜按本规程第5.6.5条的规定执行；剩余耐久年限估算方法宜按本规程第5.6.6~5.6.9条的规定执行。

条文说明

系杆主体受力结构主要是预应力钢丝或钢绞线。预应力体系的防护类型通常有混凝

交通运输部信息公开浏览专用

土保护和钢结构+油脂保护两类。在系杆剩余耐久年限评估中需要根据其防护体系类型确定检测内容和评定方法。

5.7.7 采用钢结构防护的系杆耐久性宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条进行评定。

5.8 主梁

5.8.1 拱桥主梁构件类别划分宜符合下列规定：

1 上承式拱桥主梁构件类别宜按本规程第4章的相关规定进行划分。

2 中承式拱桥主梁构件类别划分宜考虑吊杆拉吊和立柱支承的受力模式。

3 下承式拱桥主梁构件类别划分宜考虑纵梁和横梁的受力模式。

5.8.2 拱桥主梁耐久性检测评定宜按本规程第4.2～4.5节的规定执行。

5.9 拱上结构

5.9.1 上承式拱桥的拱上结构构件类别划分宜符合下列规定：

1 空腹式梁式拱上结构宜按拱上立柱、盖梁和横梁划分构件类别。

2 空腹式拱式拱上结构宜按腹拱、腹孔墩划分构件类别。

3 实腹式拱上结构宜按侧墙划分构件类别。

5.9.2 中承式拱桥的拱上立柱宜按本规程第4.6.1条的规定划分构件类别。

5.9.3 钢筋混凝土及预应力混凝土构件、钢构件的耐久性检测评定应按本规程第4.6节的规定执行；圬工结构的耐久性检测评定应按本规程第5.5节的规定执行。

5.10 桥墩、桥台和基础

5.10.1 拱桥桥墩、桥台和基础宜全数检测评定。

条文说明

拱桥桥墩、桥台对于拱结构整体的稳定性和安全性非常敏感，而且拱桥桥跨数量一般不多，因此规定每个桥墩、桥台和基础均需检测。

5.10.2 拱桥桥墩、桥台和基础耐久性检测评定应按本规程第4.6节的规定执行。

交通运输部信息公开浏览专用

6　斜拉桥耐久性检测评定

6.1　一般规定

6.1.1　斜拉桥耐久性检测评定的主体结构构件宜包括斜拉索、索塔、主梁、桥墩、桥台和基础等。

6.1.2　斜拉桥耐久性检测评定应包含所有主跨结构和边跨结构。

6.2　斜拉索

6.2.1　斜拉索宜将索体和锚固区作为一个整体构件，可将同一索塔上的斜拉索作为一个构件类别。当索塔有 2 个及以上塔肢时，斜拉索宜按其锚固的塔肢划分构件类别。

6.2.2　钢筋混凝土及预应力混凝土斜拉索耐久性检测评定应按本规程第 4.2、4.3 节的规定执行。

6.2.3　高强钢丝和钢绞线斜拉索外观耐久状态检测内容宜包括索体防护、索体筋材、锚固区和减振装置，检测方法应按本规程附录 Q 的规定执行。必要时，可采用局部破损的方式检测。

6.2.4　高强钢丝和钢绞线斜拉索外观耐久状态评定宜符合表 6.2.4 的规定，以差者等级为准。

表 6.2.4　斜拉索外观耐久状态等级评定标准

评定等级	等级评定标准					
	索体防护	索体筋材	锚固区			减振装置
			上下锚具	锚垫板或锚拉板	防护装置	
Ⅰa 级	完好	无锈蚀	完好	完好	完好	完好

交通运输部信息公开浏览专用

续表 6.2.4

评定等级	等级评定标准					
	索体防护	索体筋材	锚固区			减振装置
			上下锚具	锚垫板或锚拉板	防护装置	
Ⅱa级	PE护套油漆存在变色、起皮、剥落等老化现象； 钢管护套表面出现少量锈迹，锈迹面积不大于所在面面积的10%	无锈蚀	有渗水痕迹，存在个别点蚀现象，油漆层局部脱落	局部脱漆、点蚀	橡胶密封圈轻微老化，或护套开裂、松动	出现不影响减振功能的老化、损坏
Ⅲa级	PE护套老化破损、裸露钢丝，或划伤深度大于3mm，或受撞击后开裂，或火损后表面焦化； 钢管护套表面出现大量锈迹，锈迹面积大于所在面面积的10%	护套破损处的索体筋材普遍锈蚀，或出现由于索体筋材锈蚀而渗出的锈迹	渗水明显，出现大量点蚀	严重锈蚀	橡胶密封圈老化严重；或护套开裂、松动，造成渗水	功能异常或失效

6.2.5 高强钢丝和钢绞线斜拉索索体锈蚀剩余耐久年限估算宜按本规程第5.6.6～5.6.9条的规定执行。

6.2.6 高强钢丝和钢绞线斜拉索耐久性等级宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条进行评定。

6.3 索塔

6.3.1 斜拉桥索塔宜全数检测评定。

6.3.2 混凝土索塔宜按塔柱、塔冠和横梁划分构件类别，钢结构索塔宜按结构形式和组成部件划分构件类别。

6.3.3 索塔测区应合理布设，宜重点布设在索-塔锚固区附近、索塔内部主梁以下的不通风区域或耐久性病害严重区域。

6.3.4 钢筋混凝土及预应力混凝土索塔和钢索塔的耐久性检测评定宜按本规程第4.6.3～4.6.6条的规定执行。

交通运输部信息公开浏览专用

6.4 主梁

6.4.1 斜拉桥主梁的构件类别划分和测区布设、耐久性检测评定宜按本规程第4.2～4.5节的规定执行；当主梁有风嘴时，风嘴宜单独作为一个构件类别，检测评定方法可按本规程第4.4节的规定执行。

6.4.2 宜在索梁锚固区附近区域选择测试构件和检测部位。

6.5 桥墩、桥台和基础

6.5.1 斜拉桥桥墩、桥台和基础宜全数检测评定。

条文说明

斜拉桥桥墩、桥台和基础对于其整体的稳定性和安全性非常重要，而且斜拉桥桥跨数量一般不多，因此规定每个桥墩、桥台和基础均需检测评定。

6.5.2 斜拉桥桥墩、桥台和基础的耐久性检测评定宜按本规程第4.6节的规定执行。

交通运输部信息公开
浏览专用

7 悬索桥耐久性检测评定

7.1 一般规定

7.1.1 悬索桥耐久性检测评定的主体结构构件宜包括主缆、吊索、锚碇、索塔、加劲梁、桥墩、桥台和基础。

7.1.2 悬索桥耐久性检测评定应包含所有主跨结构和边跨结构。

7.2 主缆

7.2.1 主缆宜全数检测评定。

7.2.2 主缆外观耐久状态检测项目宜包括主缆防护、主缆钢丝、锚固系统和索鞍，检测方法应符合本规程附录T的规定。必要时，可对主缆外防护进行局部破损检查。

7.2.3 主缆外观耐久状态等级评定宜符合表7.2.3的规定，以差者等级为准。

条文说明

悬索桥锚碇锚固系统主要包含预应力锚固系统、型钢锚固系统和刚性拉杆锚固系统。不同锚固系统包含不同构件，预应力锚固系统包含索股锚固连接中的拉杆组件和连接器，预应力钢束锚固中的管道、预应力钢绞线及锚具、防腐油脂、锚具防护帽等；型钢锚固系统包含锚梁和锚杆等；刚性拉杆锚固系统包含前、后锚固钢板和刚性拉杆等。锚固体系形式多样，各种形式的构件组成也比较多，而耐久性评定所需检测的内容总体上由连接构件、防护体系和内环境组成。

主缆防护的耐久性病害示意如图7-1所示。

7.2.4 当主缆有除湿系统时，应保障除湿系统运行可靠，并满足除湿要求。否则，应缩短主缆检测周期。

交通运输部信息公开
浏览专用

表 7.2.3　主缆外观耐久状态等级评定标准

评定等级	等级评定标准									
	主缆防护			主缆钢丝	锚固系统			索鞍		
	外涂装	缠丝	腻子		连接构件	防护体系	内环境	钢构件	座板	锚固螺栓
Ⅰa级	完好	完好	完好	无锈蚀	完好	完好	湿度满足设计要求	完好	完好	完好
Ⅱa级	表面漆局部破损，累计面积不大于所在面面积的10%	部分外露，面积不大于所在面面积的3%	局部破损	无锈蚀	预应力锚固系统：混凝土结构外观耐久状态为Ⅱa级，预应力锚具、锚垫板存在局部轻微锈蚀； 型钢锚固系统：混凝土结构外观耐久状态为Ⅱa级，锚梁和锚杆存在局部轻微锈蚀； 刚性拉杆锚固系统：刚性拉杆和前、后锚固钢板存在局部轻微锈蚀	预应力锚固系统：防护体系为Ⅱ级[①]； 型钢锚固系统：混凝土结构外观耐久状态为Ⅱa级，锚杆周围填充物基本完好，无明显渗水； 刚性拉杆锚固系统：拉杆周围注浆基本密实，无明显渗水；前、后锚固钢板防护基本完好	潮湿，积水、漏水明显	轻微点蚀，部分油漆脱落，锈蚀面积不大于所在面面积的1%	—	个别螺栓出现轻微松动
Ⅲa级	表面漆较多破损，累计面积大于所在面面积的10%	外露面积大于所在面面积的3%，出现大量腐蚀麻坑，存在断丝现象	较多破损	钢丝局部外露，出现少量锌腐蚀，失去光泽，或存在钢丝锈蚀现象	预应力锚固系统：混凝土结构外观耐久状态为Ⅲa级，或预应力拉杆存在锈蚀，锚具和锚垫板锈蚀较为严重； 型钢锚固系统：混凝土结构外观耐久状态为Ⅲa级，或锚梁和锚杆锈蚀较为严重； 刚性拉杆锚固系统：刚性拉杆或前、后锚固钢板锈蚀较为严重	预应力锚固系统：防护体系为Ⅲ级[①]； 型钢锚固系统：混凝土结构外观耐久状态为Ⅲa级，锚杆周围填充物存在局部缺损，存在渗水现象； 刚性拉杆锚固系统：拉杆周围注浆存在局部缺损，存在渗水现象	—	表面锈蚀，部分油漆脱落，锈蚀面积大于所在面面积的1%	—	大部分螺栓松动、破损

注：①该项目检测评定按本规程第4.3节中表4.3.4有关筋材防护和锚固端防护的规定执行。

交通行业标准 征求意见稿

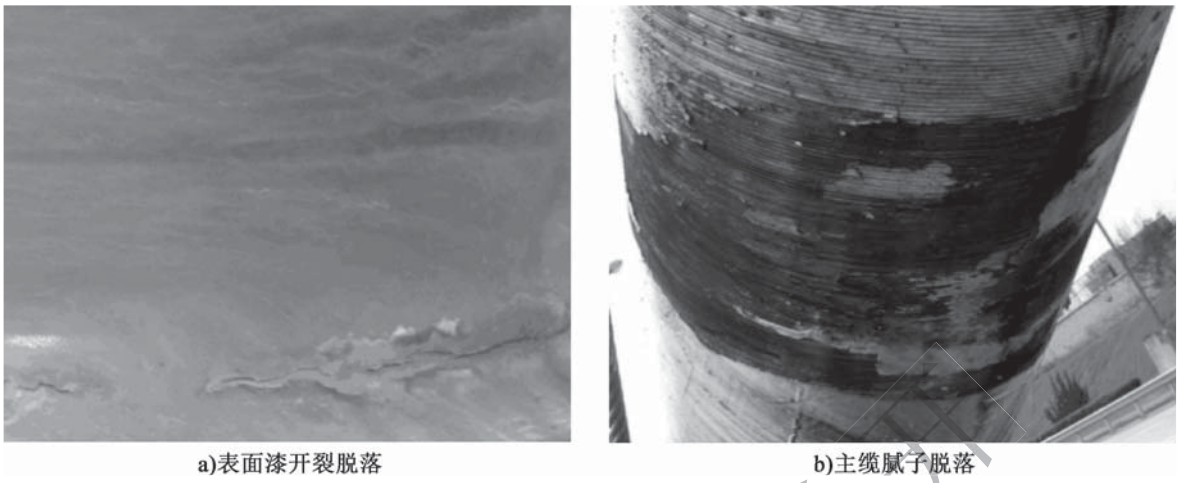


图 7-1　主缆防护的耐久性病害示意图

7.2.5　当主缆防护和钢丝锈蚀评为Ⅲa 级或主缆使用年限达到 30 年时，宜进行主缆内部检查。

7.2.6　内部检查应在外部表观差、出现内部退化迹象的位置开展。检查时应解除缠丝、去除腻子和钢丝外层油脂充填物，利用楔子楔开主缆钢丝，量测、记录主缆钢丝锈蚀和断丝情况、孔隙水 pH 值等。

7.2.7　主缆索体锈蚀剩余耐久年限评定宜结合内部检查开展，并应根据钢丝表层防护类型确定检测指标。对钢丝表面有镀锌层的主缆，应检测钢丝镀锌层厚度和镀锌层腐蚀量。

7.2.8　剩余耐久年限测区宜布设在主缆主跨低点、四分点和边跨低点。

7.2.9　镀锌层厚度和镀锌层腐蚀量宜采用主缆内部检查的数据。当无主缆内部检查数据时，可在主缆外观破损处或出现锈迹的部位进行开窗检测。检测完成后应立即对开窗处进行修复。

7.2.10　钢丝表面采用镀锌层防护的主缆，索体锈蚀耐久性极限状态宜为镀锌层厚度消耗完毕。索体锈蚀剩余耐久年限宜按下列规定估算：

1　当主缆索体外观耐久状态评定为Ⅰa 或Ⅱa 且镀锌层无锈蚀时，主缆索体剩余耐久年限宜按式（7.2.10-1）估算：

$$t_{S,e} \geqslant t_{Zn} \tag{7.2.10-1}$$

式中：$t_{S,e}$——主缆索体剩余耐久年限（a）；

t_{Zn}——镀锌层消耗年限（a），可按本规程第 5.6 节的规定估算。

交通运输部信息公开浏览专用

2　当主缆索体外观耐久状态评定为Ⅲa且镀锌层无锈蚀时，宜取镀锌层消耗的时间 t_{Zn} 作为主缆索体剩余耐久年限。

3　当主缆钢丝镀锌层出现消耗时，主缆索体剩余耐久年限宜按式（7.2.10-2）估算：

$$t_{S,e}=\left(\frac{L_{Zn1}}{L_{Zn0}-L_{Zn1}}\right)(t_{Zn0}-t_{Zn1}) \tag{7.2.10-2}$$

式中：t_{Zn1}——主缆镀锌层上防护措施有效工作时间（a）；

t_{Zn0}——主缆已使用年限（a）；

L_{Zn0}——钢丝镀锌层初始厚度（μm），应通过资料调查确定；

L_{Zn1}——钢丝镀锌层当前检测厚度特征值（μm）。

4　主缆剩余耐久年限应以各测区估算的最小值为准。

条文说明

对于表面有镀锌层的主缆，在锌层锈蚀过程中，尤其锌层锈蚀到一定程度后，主缆钢丝的锈蚀具有不确定性。本规程偏于安全地以镀锌层锈蚀完毕作为主缆耐久性极限状态。

7.2.11　钢丝表面有镀锌层的主缆，耐久性等级宜根据外观耐久状态和剩余耐久年限评定；当不能定量估算剩余耐久年限时，宜按外观耐久状态等级确定。

7.2.12　钢丝表面没有镀锌层的主缆，耐久性等级宜按外观耐久状态等级确定。

7.3　吊索

7.3.1　吊索宜将索体、索夹和索梁锚固区作为一个整体构件划分构件类别，可将同一主缆上的吊索作为一个构件类别。

7.3.2　吊索外观耐久状态检测内容宜包括索体防护、索体筋材、索夹体系、索梁锚固区和减振装置，检测方法应符合本规程附录Q的规定。

7.3.3　吊索外观耐久状态等级评定宜符合表7.3.3的规定。

7.3.4　吊索索体锈蚀剩余耐久年限评定宜按本规程第5.6节的规定执行。

7.3.5　吊索耐久性等级宜根据外观耐久状态等级和剩余耐久年限是否满足要求，按本规程第3.5.8条进行评定。当吊索筋材采用环氧涂层防护时，吊索耐久性等级宜以外观耐久状态等级确定。

交通运输部信息公开浏览专用

表 7.3.3　吊索外观耐久状态等级评定标准

评定等级	等级评定标准							
	索体防护	索体筋材	索夹体系			索梁锚固区		减振装置
			索夹	螺栓	连接件（悬吊式）	锚具	防护装置	
Ⅰa级	表观完好	无锈蚀	完好	完好	完好	完好	完好	完好
Ⅱa级	PE护套油漆存在变色、起皮、剥落等老化现象； 钢管护套表面出现少量锈迹，锈迹面积不大于所在面面积的10%	无锈蚀	面漆局部起皮，填料轻微老化，无滑移	存在少量点蚀	存在少量点蚀	有渗水痕迹，存在个别点蚀现象，油漆层局部脱落	橡胶密封圈轻微老化，或防护套劣化	出现不影响减振功能的老化、损坏
Ⅲa级	PE护套老化破损、裸露钢丝，或划伤深度大于3mm，或受撞击后开裂，或火损后表面焦化； 钢管护套表面出现大量锈迹，锈迹面积大于所在面面积的10%	护套破损处的索体筋材普遍锈蚀，或出现由于索体筋材锈蚀而渗出的锈迹	索夹部件表面普遍点蚀、锈斑，填料老化开裂，无滑移	较多螺栓出现轻微锈蚀；个别螺栓出现松动或丢失，松动或丢失数量之和大于总量的1%	普遍出现锈蚀	渗水较为明显，出现局部锈蚀现象，锚具出现大量点蚀	橡胶密封圈老化严重；或防护套劣化，造成渗水	功能异常或失效

交通运输部信息公开
试行完毕用公开

7.4 索塔

7.4.1 悬索桥索塔宜全数检测评定。

7.4.2 混凝土索塔宜按塔柱和横梁划分构件类别，钢结构索塔宜按结构形式和组成部件划分构件类别。

7.4.3 索塔测区应合理布设，宜重点布设在索塔内部加劲梁以下等不通风区域或耐久性病害严重区域。

7.4.4 钢筋混凝土及预应力混凝土索塔和钢索塔的耐久性检测评定宜按本规程第4.6.3～4.6.6条的规定执行。

7.5 锚碇

7.5.1 悬索桥锚碇宜全数检测评定。

7.5.2 隧道锚宜检测混凝土锚体和系统锚杆。混凝土锚体耐久性检测评定应按本规程第4.2、4.3节的规定执行；系统锚杆宜检测锚杆防护与锈蚀情况，可按本规程第4.3节中体外预应力的相关规定执行；隧道锚耐久性等级宜以混凝土锚体和系统锚杆耐久性差者等级为准。

7.5.3 重力式锚碇宜检测混凝土锚体，可按本规程第4.2、4.3节的规定执行。

7.5.4 锚室应保持整洁、干燥。当锚室潮湿或存在漏水等现象时，应适当缩短锚碇和主缆锚固系统的检测周期。

7.6 加劲梁

7.6.1 悬索桥加劲梁的构件类别划分和测区布设、耐久性检测评定宜按本规程第4.2～4.5节的规定执行。

7.6.2 测试构件和测试部位宜选择在索梁锚固区附近。

7.7 桥墩、桥台和基础

7.7.1 悬索桥桥墩、桥台和基础宜全数检测评定。

交通运输部信息公开浏览专用

条文说明

悬索桥桥墩、桥台和基础对于其整体的稳定性和安全性非常重要，而且悬索桥桥跨数量一般不多，因此规定每个桥墩、桥台和基础均需检测评定。

7.7.2 悬索桥桥墩、桥台和基础的耐久性检测评定应按本规程第4.6节的规定执行。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 A　桥梁调查

A. 1　资料调查

A. 1. 1　资料调查宜包括下列内容：

1　桥梁设计文件和竣工资料；

2　桥梁服役历史；

3　桥梁检查和维护资料。

A. 1. 2　设计文件和竣工资料调查宜包括下列内容：

1　地质勘察报告，包括地下水、土质及水质化学成分和含量等；

2　设计资料，包括结构设计方案、材料组成、耐久性设计方案等；

3　竣工资料，包括结构材料组成、施工工艺、与耐久性相关的实测资料等。

A. 1. 3　桥梁服役历史调查宜包括下列内容：

1　用途变更及改扩建情况；

2　历年使用维修加固情况；

3　事故、灾害及处理情况；

4　其他异常情况。

A. 1. 4　桥梁检查和维护资料调查宜包括下列内容：

1　经常性检查资料；

2　定期检查资料；

3　特殊检查资料；

4　维修养护资料；

5　历次耐久性检测评定资料。

A. 2　桥位环境调查

A. 2. 1　检测评定前宜进行桥位现场使用环境调查，并确定影响桥梁耐久性的主要原因。

交通运输部信息公开浏览专用

A. 2. 2 现场使用环境调查宜包括桥梁所处环境作用类别、作用等级和结构构件局部环境以及交通流量等，指标宜包括但不限于下列内容：

1 大气年最高温度、最低温度，月平均温度、最冷月平均温度，日气温低于0℃的天数；

2 大气年平均相对湿度、日平均相对湿度；

3 结构或构件的温湿度及干湿交替情况，对于最低温度低于0℃的地区需要调查混凝土结构遭受的冻融情况；

4 大气污染情况，包括主要侵蚀性气体种类及浓度等；

5 水污染情况，包括酸、碱、盐含量等；

6 土壤中侵蚀性物质；

7 除冰盐使用情况；

8 海中桥梁面临的潮汐及海水中的氯离子含量；

9 江河中桥梁的水位变动区范围；

10 桥梁冲刷、磨损情况。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 B　混凝土结构和钢结构表面防护涂层劣化检测与评定

B. 0. 1　涂层劣化检测宜包括下列内容：

1　涂层的粉化、变色、裂纹、起泡和脱落等外观变化；

2　涂层的干膜厚度；

3　涂层与基体的附着力。

B. 0. 2　涂层劣化外观检测方法可采用目测、读数显微镜量测、摄影和录像等。

B. 0. 3　涂层劣化检测前应清除检测部位的附着物。

B. 0. 4　涂层干膜厚度和附着力的测区应根据涂层外观整体劣化情况布设在有代表性的部位。每个构件各指标的测区数量不宜少于 3 个，并应符合下列规定：

1　测试构件宜按本规程第 3. 4. 2～3. 4. 4 条的规定选择；

2　对桥墩、桥台和塔柱等构件，应按沿垂直方向的分区分别布设测区；

3　异常结构构件或部位应适当增加测区。

B. 0. 5　涂层干膜厚度和附着力检测方法可按现行《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）和《公路桥梁混凝土结构防腐涂装》（JT/T 695）的规定执行。

B. 0. 6　结构表面防护涂层评定结果可分为 3 个等级，评定等级和评定标准应符合表 B. 0. 6的规定。

表 B. 0. 6　涂层劣化评定等级和评定标准

评定等级	评定标准			
	粉化、变色	裂纹、起泡、脱落	干膜厚度	附着力
1 级	无	无	不小于原设计的 90%	不小于 1. 5MPa
2 级	明显	面积不大于所在面面积的 0. 3%	在原设计的 75% ～90%	1. 0～1. 5MPa
3 级	严重	面积大于所在面面积的 0. 3%	小于原设计的 75%	小于 1. 0MPa，容易剥离

交通运输部信息公开
浏览专用

条文说明

综合现行《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304）和《公路工程质量检验评定标准　第一册　土建工程》（JTG F80/1）中的相关规定而提出。由于涂层的主要作用是保护结构不受外界环境侵蚀，其损坏对结构性能几乎无影响，规定涂层最严重的评定等级为3级。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 C　钢结构阴极保护效果检测与评定

C.1　外加电流阴极保护

C.1.1　外加电流阴极保护检测宜包括下列内容：

1　保护电位；

2　直流电源装置的输出电压和输出电流；

3　辅助阳极的电流；

4　线路的绝缘阻抗；

5　预先安置的试片腐蚀情况；

6　防腐蚀系统运行不正常时被保护钢结构的厚度。

C.1.2　保护电位检测可采用内阻大于 10MΩ 的高内阻数字万用表检测直流电源装置的输出电压。

C.1.3　直流电源装置的运行状况检测宜将检测结果与规定值和前次检测结果作比较。输出电压和电流值不符合规定值或与前次检测结果有较大差异时，应对电路进行详细检查。

C.1.4　辅助阳极检查宜测定各电极的电流。电流值不符合设计规定值时，应通过目视检查同一回路内电极并测定通电电流，还应查明故障部位及原因并及时进行处理。

C.1.5　线路的绝缘阻抗宜检查直流电源接地和回路的绝缘情况，并测定线路绝缘阻抗。绝缘不良部位应查明原因并及时进行处理。

C.1.6　试片腐蚀情况检测应将试片取出，经处理后称重，腐蚀速率和防腐效率可按下列规定计算：

1　腐蚀速率可按式（C.1.6-1）计算：

$$v = \frac{G_{\text{loss}}}{\rho s t} \tag{C.1.6-1}$$

式中：v——腐蚀速率（mm/a）；

G_{loss}——腐蚀引起的质量损失（g）；

交通运输部信息公开浏览专用

ρ——试片密度（g/mm^3）；

s——试片表面积（mm^2）；

t——暴露年限（a）。

2 防腐效率可按式（C.1.6-2）计算：

$$\beta = \frac{G_b - G_e}{G_b} \tag{C.1.6-2}$$

式中：β——防腐效率（%）；

G_b——不通电试片的质量损失（g）；

G_e——通电试片的质量损失（g）。

C.1.7 外加电流阴极保护效果评定等级和评定标准应符合表C.1.7的规定。

表C.1.7 外加电流阴极保护效果评定等级和评定标准

评定等级	评定标准
1级	保护电位①在 −1.05 ~ −0.8V
2级	保护电位在 −0.8V ~ $\varphi_0$②之间
3级	保护电位为φ_0或小于 −1.05V

注：①保护电位为相对于Ag/AgCl海水电极测得的电位。

②φ_0为钢结构的自然保护电位。

C.2 牺牲阳极阴极保护

C.2.1 牺牲阳极阴极保护检测宜包括下列内容：

1 保护电位；

2 牺牲阳极的安装状况、阳极残余尺寸及消耗量；

3 预先安置的试片腐蚀情况；

4 防腐蚀系统运行不正常时被保护钢结构的厚度。

C.2.2 保护电位检测宜符合下列规定：

1 保护电位可采用内阻大于10MΩ的高内阻数字万用表、Ag/AgCl参比电极进行测定。

2 保护电位测定宜在电位测定装置及其中点位置设置测点，且测点沿水平方向间隔不宜大于20m，在水中深度方向间隔不宜大于3m，并应保证电位测定装置离阳极最近和最远处均有测点。

3 检测时，万用表的正极应与参比电极相连，负极应与电位测定装置相连。

C.2.3 牺牲阳极阴极保护效果评定等级和评定标准应符合表C.2.3的规定。

交通运输部信息公开浏览专用

表 C.2.3　牺牲阳极阴极保护效果评定等级和评定标准

评定等级	评定标准
1 级	保护电位①在 −1.05 ~ −0.8V
2 级	保护电位在 −0.8V ~ $\varphi_0$②之间
3 级	保护电位为 φ_0或小于 −1.05V

注：①保护电位为相对于 Ag/AgCl 海水电极测得的电位。
②φ_0为钢结构的自然保护电位。

C.2.4　阳极的安装状况检测宜由潜水员检查阳极数量、安装连接状态和阳极溶解消耗情况，水下录像或水下摄影检查的阳极数量不得少于阳极总数的 5%。

C.2.5　阳极残余尺寸测量时应除去附着在阳极表面的腐蚀生成物，并应测量阳极两端部各 100mm 处的周长、阳极中部周长和阳极的长度。

C.2.6　阳极残余尺寸应由潜水员水下测量，检测数量应随机选取阳极总数的 5% ~ 10%，必要时应取出适量阳极进行称重校核。

C.2.7　阳极的剩余质量可按式（C.2.7）计算：

$$Q_e = \left[\left(\frac{D_1 + D_2 + D_3}{12} \right)^2 L_a - V_a \right] \rho_a \times 10^{-3} \tag{C.2.7}$$

式中：Q_e——阳极的剩余质量（kg）；
D_1、D_3——残余阳极两端距端部各 100mm 处的周长（mm）；
D_2——残余阳极中部的外周长（mm）；
L_a——剩余阳极的长度（mm）；
V_a——阳极芯棒的体积（mm^3）；
ρ_a——阳极材料密度（g/mm^3）。

C.2.8　阳极剩余年限可按式（C.2.8）估算：

$$t_{an} = \left(\frac{Q_e}{Q_0 - Q_e} \right) t_{an0} \tag{C.2.8}$$

式中：t_{an}——阳极剩余年限（a）；
Q_0——阳极的初始质量（kg）；
Q_e——阳极的剩余质量（kg）；
t_{an0}——结构中阳极已使用年限（a）。

交通运输部信息公开 浏览专用

附录 D　钢筋混凝土构件外观耐久状态检测

D. 0. 1　钢筋混凝土构件外观耐久状态检测应按下列规定执行：

1　钢筋混凝土构件外观质量缺陷检测宜包括非锈蚀裂缝、蜂窝、麻面和孔洞；

2　混凝土钢筋锈蚀外观劣化度检测宜包括锈蚀裂缝、剥落露筋和表面析出物；

3　混凝土冻融外观劣化度检测宜包括灰浆掉皮、起砂、露石和剥落；

4　混凝土硫酸盐侵蚀外观劣化度检测宜包括表面析出物、起砂、露石和剥落。

D. 0. 2　裂缝检测宜符合下列规定：

1　单处网状裂缝的面积计算宜以包含该处网状裂缝区域的最小矩形面积为基准，矩形边长可采用尺量。

2　非锈蚀的规则裂缝所占面积可按裂缝长度（单位以 m 计）乘以宽度（0. 03 ~ 0. 05m）进行计算；横向规则裂缝的单缝长度宜采用垂直于构件轴线方向的投影长度，纵向规则裂缝的单缝长度宜采用在轴线上的投影长度；投影长度可采用尺量。

3　裂缝宽度测试范围宜取裂缝中段 1/3 ~ 1/2 长度，均匀布设不少于 3 个测点，取平均值作为该条裂缝宽度的检测值。裂缝宽度宜采用最小刻度不大于 0. 02mm 的测试仪器。

D. 0. 3　混凝土构件其他外观缺陷的相关指标参数检测宜符合下列规定：

1　单处蜂窝、麻面面积宜以包含该处出现较多蜂窝、麻面区域的最小矩形面积为基准计算，可用钢尺或卷尺测量；必要时，可通过剔凿、成孔等方法量测蜂窝深度。

2　单个孔洞面积宜以包含孔洞的最小矩形面积为基准计算，可用钢尺测量；深度可用游标卡尺测量。

3　剥落露筋长度和宽度宜去除钢筋表面松散混凝土，可用钢尺或卷尺测量。

4　单处表面析出物、锈痕和水迹的面积宜以包含该处出现较多该类病害的区域最小矩形面积为基准计算，可采用钢尺或卷尺测量。

5　单处掉皮、起砂面积宜以包含该处出现较多掉皮、起砂区域的最小矩形面积为基准计算，可用钢尺或卷尺测量。

6　单处露石、剥落面积宜以包含该处出现较多露石或剥落区域的最小矩形面积为基准计算，可采用钢尺或卷尺测量。

D. 0. 4　主要缺陷宜记录并绘制在构件表面展开图上。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 E　混凝土保护层厚度检测与数据处理

E. 0. 1　混凝土保护层厚度宜采用钢筋探测仪进行无损检测并宜通过剔凿原位检测法进行验证。对于因冻害、化学侵蚀、磨蚀等造成表层损伤的，应清除损伤层。

E. 0. 2　混凝土保护层厚度应选择有代表性的部位量测，测区位置和数量宜符合本规程第 4 ~ 7 章的规定，每个测区的测点数量不宜少于 10 个。

E. 0. 3　混凝土保护层厚度无损检测结果可采用剔凿原位检测法验证并修正，并符合下列规定：

1　宜采用钢筋探测仪确定钢筋的位置，并在钢筋位置上垂直于混凝土表面成孔。

2　应以钢筋表面至构件混凝土表面的垂直距离作为该测点的保护层厚度测试值。

3　应在已测定保护层厚度的钢筋上进行剔凿验证，验证点不宜少于 3 点；构件上能直接量测混凝土保护层厚度的点可计为验证点。

4　应将剔凿原位检测结果与对应位置钢筋探测仪检测结果进行比较，当两者的差异不超过 ±2mm 时，可判定两个测试结果无明显差异。

5　当检验批有明显差异的校准点数在表 E. 0. 3 控制范围之内时，可直接采用钢筋探测仪检测结果。

表 E. 0. 3　检验批的符合性判定

样本容量	3 ~ 5	8	13	20	32	50	80	125
不合格判定数	2	3	4	6	8	11	15	22

6　当检验批有明显差异的校准点数超过表 E. 0. 3 控制范围时，应对钢筋探测仪量测的保护层厚度进行修正；当不能修正时，应采用剔凿原位检测的结果。

E. 0. 4　混凝土保护层厚度检测数据处理宜符合下列规定：

1　检测数据宜按每个测试构件的同部位同类钢筋进行处理。

2　各测试构件同部位同类钢筋混凝土保护层厚度检测均值的推定区间应按下列公式计算：

$$\mu_{c,u} = \mu_c \left(1 + k_{0.5}\delta_c\right) \qquad \text{(E. 0. 4-1)}$$

$$\mu_{c,l} = \mu_c \left(1 - k_{0.5}\delta_c\right) \qquad \text{(E. 0. 4-2)}$$

式中：$\mu_{c,u}$、$\mu_{c,l}$——单个构件同部位同类钢筋的混凝土保护层均值推定区间的上限值和

交通运输部信息公开浏览专用

下限值；

μ_c——单个构件同部位同类钢筋的混凝土保护层检测值的均值，$\mu_c = \sum_{i=1}^{n} c_i / n$；

c_i——混凝土保护层第 i 个检测值；

n——样本容量，此处为单个构件同部位同类钢筋的混凝土保护层测点数量；

$k_{0.5}$——指标平均值推定区间具有 90% 保证率的系数；

δ_c——混凝土保护层变异系数，宜通过现场实测数据统计分析得到。

3　在计算保护层厚度平均值时，应去除不符合式（E. 0. 4-3）的检测值；去除不符合检测值后，剩余检测值数量不足 12 个时，应补充检测。

$$c_i > \mu_c \left(1 - t_{n-1} \cdot \delta_c\right) \tag{E. 0. 4-3}$$

式中：t_{n-1}——与样本容量 n 相关的系数，按表 E. 0. 4 的规定取值。

表 E. 0. 4　t_{n-1}取值表

样本容量 n	t_{n-1}值	样本容量 n	t_{n-1}值	样本容量 n	t_{n-1}值
6	2. 015	12	1. 796	18	1. 740
7	1. 943	13	1. 782	19	1. 734
8	1. 895	14	1. 771	20	1. 729
9	1. 860	15	1. 761	21	1. 725
10	1. 833	16	1. 753	22	1. 721
11	1. 812	17	1. 746	23	1. 717

E. 0. 5　构件混凝土保护层厚度检测值宜符合下列规定：

1　当均值推定区间上限值与下限值的差值不大于其均值的 10% 时，该类钢筋混凝土保护层厚度检测值可按平均值确定。

2　当均值推定区间上限值与下限值的差值大于均值 10% 时，宜补充检测。当不具备补充检测条件时，应以下限值作为该类钢筋混凝土保护层厚度检测值。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 F　混凝土碳化深度检测和碳化系数计算

F. 0. 1　混凝土碳化深度可采用酚酞试剂变色法进行检测。

F. 0. 2　混凝土碳化深度测区布设和数量应符合本规程第 4 ~7 章的规定，并应符合下列规定：

1　评定单元中构件数量不超过 2 个时，同部位测区数量不少于 3 个；

2　评定单元中构件数量多于 2 个时，同部位测区数量不少于 6 个。

F. 0. 3　每个测区宜按“品”字形布设 3 个测孔，单个测孔的碳化深度检测宜符合下列规定：

1　测孔可采用适当的工具在测区表面形成直径约 15mm 的孔洞，其深度应大于混凝土的碳化深度。

2　孔洞中的粉末和碎屑应除净，并不得用水擦洗。

3　宜采用浓度为 1% ~2% 的酚酞酒精溶液滴在孔洞内壁的边缘处。

4　当已碳化与未碳化界线清楚时，宜采用深度测量工具测量交界线到混凝土表面的垂直距离，测量不应少于 3 次，每次读数宜精确至 0. 1mm。

5　宜取 3 次测量的平均值作为该测孔混凝土碳化深度。

F. 0. 4　宜取 3 个测孔的平均值作为该测区混凝土碳化深度平均值。

F. 0. 5　混凝土碳化深度检测数据处理宜符合下列规定：

1　混凝土碳化深度宜按评定单元中构件同部位进行处理。

2　评定单元构件同部位混凝土碳化测区数量少于 6 个时，混凝土碳化深度检测值取各测区检测值的平均值；

3　评定单元中构件同部位混凝土碳化测区数量不少于 6 个时，混凝土碳化深度检测均值的推定区间宜按下列公式计算：

$$\mu_{hc,u} = \mu_{hc}\ (1 + k_{0.5}\delta_{hc}) \qquad \text{(F. 0. 5-1)}$$

$$\mu_{hc,l} = \mu_{hc}\ (1 - k_{0.5}\delta_{hc}) \qquad \text{(F. 0. 5-2)}$$

式中：$\mu_{hc,u}$、$\mu_{hc,l}$——评定单元混凝土碳化深度均值推定区间的上限值和下限值；

μ_{hc}、δ_{hc}——评定单元混凝土碳化深度检测值的均值和变异系数；

$k_{0.5}$——指标平均值推定区间具有 90% 保证率的系数。

交通运输部信息公开浏览专用

4　在计算评定单元碳化深度平均值时，应去除不符合式（F.0.5-3）的检测值；去除不符合检测值后，当剩余检测值数量不足6个时，应补充检测。

$$h_{ci} > \mu_{hc}\ (1 - t_{n-1} \cdot \delta_{hc}) \qquad \text{(F.0.5-3)}$$

式中：h_{ci}——第 i 个测区的混凝土碳化深度；

t_{n-1}——与样本容量 n 相关的系数，按本规程附录E表E.0.4取值。

F.0.6　评定单元的混凝土碳化深度检测值宜符合下列规定：

1　当均值推定区间上限值与下限值的差值不大于其均值的10%时，该批混凝土碳化深度检测值可按平均值确定。

2　当均值推定区间上限值与下限值的差值大于其均值的10%时，宜补充检测。当不具备补充检测条件时，应以上限值作为该批混凝土碳化深度检测值。

F.0.7　混凝土碳化系数 k_c 宜根据碳化深度检测值按式（F.0.7）计算：

$$k_c = \frac{h_c}{\sqrt{t_0}} \qquad \text{(F.0.7)}$$

式中：k_c——混凝土碳化系数（mm/$\sqrt{a}$）；

h_c——碳化深度检测值（mm）。

F.0.8　当桥梁结构混凝土碳化深度≤1mm时，混凝土碳化系数可按现行《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355）中规定的方法进行估算。必要时，可取芯检测。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 G　一般环境中混凝土保护层锈胀开裂时间估算

G. 0. 1　从混凝土碳化至钢筋表面到构件表面出现锈蚀开裂的年限可按式（G. 0. 1）估算：

$$t_{C,Cr}^{CA}=\frac{\delta_{cr}}{\lambda} \tag{G. 0. 1}$$

式中：$t_{C,Cr}^{CA}$——从混凝土碳化至钢筋表面到构件表面出现锈蚀开裂的年限（a）；

δ_{cr}——保护层锈胀开裂时的临界钢筋锈蚀深度（mm）；

λ——保护层锈胀开裂前年平均钢筋锈蚀速率（mm/a）。

G. 0. 2　临界钢筋锈蚀深度 δ_{cr} 可按式（G. 0. 2）估算：

$$\delta_{cr}=a_1+a_2\frac{c}{d}+a_3 f_{cu,t} \tag{G. 0. 2}$$

式中：c——混凝土保护层厚度（mm）；

d——钢筋公称直径（mm）；

$f_{cu,t}$——混凝土抗压强度检测值（MPa）；

a_1——锈蚀深度修正系数，无统计资料时可取 0. 018；

a_2——结构影响系数，无统计资料时可取 0. 012；

a_3——混凝土强度修正系数，无统计资料时可取 0. 000 84。

条文说明

混凝土保护层锈胀开裂时间计算方法参照现行《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355）中的相关规定。考虑到桥梁实体结构混凝土质量、结构构造等影响结构耐久性的不确定性因素较多，本规程取用了角部混凝土结构的锈蚀开裂估算方法。

G. 0. 3　保护层锈胀开裂前年平均钢筋锈蚀速率 λ 可按式（G. 0. 3）估算：

$$\lambda=12.048m_e(0.75+0.012\,5T)(RH-0.45)^{0.67}c^{-0.675}f_{cu,t}^{-1.8} \tag{G. 0. 3}$$

式中：m_e——局部环境影响系数，可按表 G. 0. 3 取值；

T——年平均温度（℃）；

RH——年平均相对湿度，当 $RH>0.8$ 时，取 $RH=0.8$。

交通运输部信息公开浏览专用

表 G.0.3　桥梁局部环境影响系数

环境等级	环境条件	结构构件示例	局部环境影响系数
I-A	不淋雨	中梁、盖梁等	1.0
I-B	偶尔接触雨水	干燥地区的边梁、大气区墩柱等	3.5～4.0
I-C	干湿交替	埋置于土中的基础、承台等	4.0～4.5
		多雨地区的边梁、大气区墩柱等	
		水位变动区和浪溅区墩柱、承台等	

条文说明

本表中环境条件和结构构件示例是结合桥梁结构特点而列。中梁、盖梁处于一般室外、不淋雨环境；干燥地区的边梁、大气区墩柱等处于干燥地区室外环境、偶尔淋雨；埋置于土中的基础、承台，多雨地区的边梁、大气区墩柱，以及水位变动区和浪溅区墩柱、承台等，均处于干湿交替环境，相当于室外淋雨环境。参考《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355—2019）中对于局部环境系数的规定而提出。

交通运输部信息公开
浏览专用

附录 H　混凝土中氯离子有效扩散系数、表面氯离子浓度及氯离子侵蚀系数检测与计算

H. 0. 1　混凝土中氯离子含量宜采用硝酸银滴定法检测。

H. 0. 2　氯离子含量检测的测区布设应符合本规程第 4～7 章的有关规定，每个评定单元的测区数量不应少于 4 个；测区中宜按“品”字形布设 3 个取样点。

H. 0. 3　混凝土现场取样应符合下列规定：

1　取样位置应选在钢筋附近并避开混凝土裂缝和明显缺陷；

2　混凝土粉样应分层钻取，每一取样点不得少于 5 层，各层粉样不得相混；

3　同一测区取样点相同深度段的粉样可混合为一个试样，单个试样质量不宜少于 20g。

H. 0. 4　当结构使用 10 年及以上年限时，混凝土中氯离子扩散系数和混凝土表面氯离子浓度宜为实测值。实测值可按式（H. 0. 4）进行拟合计算。

$$C_{x,t} = C_0 + (C_s - C_0)\left[1 - \mathrm{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4D_t t}}\right)\right] \qquad (H.0.4)$$

式中：$C_{x,t}$——龄期 t 时在 x 深度处的氯离子浓度（%，占混凝土质量）；

C_0——混凝土中初始氯离子浓度（%，占混凝土质量）；

C_s——表面氯离子浓度（%，占混凝土质量）；

erf（·）——误差函数；

x——距离结构表面的深度（mm）；

D_t——结构暴露于环境时间为 t 年时的实测氯离子扩散系数（mm^2/a）；

t——混凝土暴露于环境的时间（a）。

H. 0. 5　当结构暴露时间小于 10 年或无足够可靠数据时，混凝土中氯离子扩散系数和表面氯离子浓度宜按下列规定确定：

1　表面氯离子浓度可按表 H. 0. 5-1 的规定取值。

交通运输部信息公开浏览专用

表 H. 0. 5-1　表面氯离子浓度取值（%，占混凝土质量）

大气区		浪溅区	水位变动区
轻度盐雾区	重度盐雾区		
0. 20	0. 45	0. 60	0. 60

2　混凝土有效扩散系数可按式（H. 0. 5）计算：

$$D = D_t \left(\frac{t}{10}\right)^m \tag{H. 0. 5}$$

式中：D_t——结构使用年限为 t 年时的实测氯离子扩散系数（mm^2/a），对混凝土中氯离子含量很低的构件，可按现行《水运工程结构耐久性设计标准》（JTS 153）的规定检测；

m——扩散系数衰减值，可按表 H. 0. 5-2 选取。

表 H. 0. 5-2　扩散系数衰减值 *m* 取值

混凝土类型	扩散系数衰减值
普通硅酸盐混凝土、掺加硅灰的混凝土	0. 2
掺加粉煤灰或矿渣的混凝土	0. 2 + 0. 4（$F/50 + K/70$）

注：F、K 分别为粉煤灰和矿渣掺量占胶凝材料的百分比。

H. 0. 6　氯离子临界浓度宜根据建筑物所处实际环境条件和工程调查资料确定，在无上述可靠资料的情况下，可按表 H. 0. 6 取值。

表 H. 0. 6　氯离子临界浓度取值（%，占混凝土质量）

大气区	浪溅区			水位变动区
	$W/B > 0.4$	$0.35 < W/B \leqslant 0.40$	$W/B \leqslant 0.35$	
0. 10	0. 06	0. 07	0. 08	0. 10

注：W/B 为混凝土的水胶比。

条文说明

H. 0. 5、H. 0. 6　表 H. 0. 5-1、表 H. 0. 5-2 和表 H. 0. 6 中指标值是根据欧洲、日本和我国港口工程相关标准规范的规定得到。

H. 0. 7　氯离子侵蚀系数应按式（H. 0. 7）进行计算：

$$k_D = 2\sqrt{D}\,\mathrm{erf}^{-1}\left(1 - \frac{C_{cr}}{\gamma_s C_s}\right) \tag{H. 0. 7}$$

式中：k_D——氯离子侵蚀系数（$mm/\sqrt{a}$）；

D——混凝土有效扩散系数（mm^2/a）；

交通运输部信息公开浏览专用

C_{cr}——氯离子临界浓度（%，占混凝土质量）；

γ_s——氯离子表面浓度系数，角部取1.2，非角部取1.0。

H.0.8 混凝土氯离子侵蚀系数宜按评定单元进行计算，评定单元的混凝土氯离子侵蚀系数宜为各测区检测值的平均值。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 J　混凝土结构中钢筋腐蚀电流密度检测

J. 0. 1　钢筋腐蚀电流密度宜采用线性极化法检测。

J. 0. 2　线性极化法的测区及测点布置宜符合下列要求：

1　应根据构件的环境差异及外观检查的结果来确定测区，测区应能代表不同环境条件和不同的锈蚀外观表征，每种条件的测区数量不宜少于 3 个；

2　在测区上布置测试网格，网格节点为测点，网格间距可为 200mm × 200mm、300mm × 300mm 或 200mm × 100mm 等；

3　测区中的测点数不宜少于 20 个，测点与构件边缘的距离应大于 50mm；

4　测区应统一编号，注明位置，并描述其外观情况。

J. 0. 3　钢筋腐蚀电流密度检测操作应遵守所使用检测仪器的操作规定，并应符合下列规定：

1　电极铜棒应清洁、无明显缺陷；

2　混凝土表面应清洁，无涂料、浮浆、污物或尘土等；

3　保证仪器连接点钢筋与测点钢筋连通；

4　测点读数应稳定；

5　应避免各种电磁场的干扰；

6　应注意环境温度对测试结果的影响，必要时应进行修正。

J. 0. 4　钢筋腐蚀电流密度宜通过现场检测得到，并应按全年平均气温对现场检测值进行温度修正。温度修正系数宜符合表 J. 0. 4 的规定。当全年平均气温在表中相邻两个温度值之间时，可按线性插值计算修正系数。

表 J. 0. 4　实测钢筋腐蚀电流密度温度修正系数

全年平均气温（℃）	检测时温度（℃）	修正系数	全年平均气温（℃）	检测时温度（℃）	修正系数
-20	-20	1. 0	-10	-10	1. 0
	-10	0. 6		0	0. 7
	0	0. 4		10	0. 4
	10	0. 3		20	0. 3

交通运输部信息公开浏览专用

续表 J. 0. 4

全年平均气温（℃）	检测时温度（℃）	修正系数	全年平均气温（℃）	检测时温度（℃）	修正系数
0	-10	1. 5	20	10	1. 4
	0	1. 0		20	1. 0
	10	0. 7		30	0. 7
	20	0. 5		40	0. 5
10	0	1. 5	30	10	2. 0
	10	1. 0		20	1. 4
	20	0. 7		30	1. 0
	30	0. 5		40	0. 7

条文说明

钢筋腐蚀电流密度受现场实体结构环境温度影响而变化。通常情况下，以每年作为时间计量单位，在进行结构耐久年限分析时，腐蚀电流密度一般采用年平均气温对应的腐蚀电流密度，而检测时温度可能与年平均气温不一致，因此，需要进行修正。表 J. 0. 4修正系数是根据现行《既有混凝土结构耐久性评定标准》（GB/T 51355）的规定计算分析得到。

J. 0. 5 当不具备现场检测条件时，混凝土保护层锈胀开裂前的钢筋腐蚀电流密度可按表 J. 0. 5 选取。

表 J. 0. 5 钢筋腐蚀电流密度（$\mu A/cm^2$）

混凝土品种	大气区	浪溅区	水位变动区
普通混凝土	0. 5	1. 0	0. 5
高性能混凝土	0. 25	0. 5	0. 25

条文说明

表 J. 0. 5 是参照现行《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304）规定的。处于海洋环境中的桥梁结构与港口工程结构所处环境条件基本相同，混凝土材料在桥梁工程和港口工程具有通用性。

交通运输部信息公开 内部专用

附录 K　氯离子诱发混凝土中钢筋锈蚀导致保护层胀裂时间估算

K. 0. 1　从钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度至构件表面出现锈蚀开裂的年限可按式（K. 0. 1）估算：

$$t_{C,Cr}^{CL}=\frac{\delta_{cr}}{\lambda} \tag{K. 0. 1}$$

式中：$t_{C,Cr}^{CL}$——从钢筋表面氯离子浓度达到临界浓度至构件表面出现锈蚀开裂的年限（a）；

δ_{cr}——保护层锈胀开裂时的临界钢筋锈蚀深度（mm）；

λ——保护层锈胀开裂前年平均钢筋锈蚀速率（mm/a）。

K. 0. 2　保护层锈胀开裂时的临界钢筋锈蚀深度 δ_{cr} 宜按本规程第 G. 0. 2 条的规定计算。

K. 0. 3　保护层锈胀开裂前年平均钢筋锈蚀速率 λ 可按下式计算：

$$\lambda=0.0116i \tag{K. 0. 3}$$

式中：i——钢筋腐蚀电流密度（$\mu A/cm^2$），可按本规程附录 J 的规定进行检测和取值。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 L　混凝土构件表面损伤层厚度检测

L. 0. 1　混凝土构件表面损伤层厚度可采用超声波法进行检测。

L. 0. 2　测区测点布置应符合下列规定：

1　测区宜布设在易遭冻融破坏的区域，测区数量不宜少于 3 个；

2　每个测区不宜少于 10 个测点。

L. 0. 3　超声波换能器宜选用频率较低的平面换能器，发射和接受两个换能器应耦合在同一测试面，间距宜为 30 ~ 100mm；当损伤层厚度不均匀时，应适当扩大测试区域。

L. 0. 4　测试时，发射换能器应耦合好并保持不动，接受换能器应依次耦合在所选择的 30 ~ 100mm 间等间距测点 1、2、3…位置上，如图 L. 0. 4 所示。

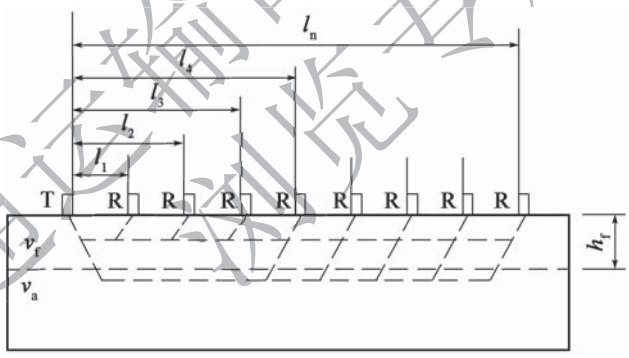


图 L. 0. 4　表面损伤层厚度测试示意图

L. 0. 5　测试过程中，应读取和记录相应声时值 T_1、T_2、T_3…，并测量和记录每次发射和接受换能器内边缘之间的距离 l_1、l_2、l_3…。

L. 0. 6　混凝土表面损伤层厚度可采用声速转折点法计算。声速转折点法应按下列步骤进行：

1　可采用声时值作为横坐标，以测距作为纵坐标，将按本规程第 L. 0. 4 条测得的数据绘制坐标图，得到声速改变形成的转折点，如图 L. 0. 6 所示。该点前后可分别代表损伤和未损伤混凝土的测距 l 和声时 T 的相关直线。

交通运输部信息公开浏览专用

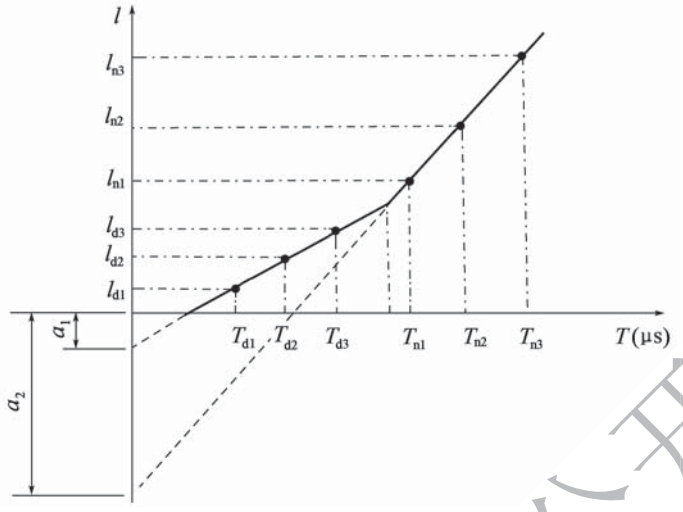


图 L.0.6　声时值-测距示意图

2　可采用回归分析法分别求出损伤、未损伤混凝土的测距 l 和声时 T 的回归方程和回归系数，如式（L.0.6-1）和式（L.0.6-2）所示。

损伤混凝土

$$l_d = a_1 + b_1 T_d \tag{L.0.6-1}$$

未损伤混凝土

$$l_n = a_2 + b_2 T_n \tag{L.0.6-2}$$

式中：l_d、l_n——拐点前、后损伤和未损伤混凝土的测点测距（mm）；

T_d、T_n——拐点前、后损伤和未损伤混凝土的测点声时（μs）；

a_1、b_1 和 a_2、b_2——回归系数，分别代表拐点前、后损伤和未损伤混凝土的截距和斜率。

3　混凝土表层损伤层厚度应按式（L.0.6-3）计算：

$$h_d = \frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{2\sqrt{(b_2 - b_1)\ (b_2 + b_1)}} \tag{L.0.6-3}$$

式中：h_d——混凝土表层损伤层厚度（mm）。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 M　混凝土里氏硬度检测

M. 0. 1　混凝土里氏硬度检测宜包括下列内容：

1　混凝土侵蚀区里氏硬度；

2　混凝土未侵蚀区里氏硬度。

M. 0. 2　侵蚀区的测区应布设在桥梁结构与水或者土壤接触面之上 300mm 范围内；未侵蚀区的测区应布设在同构件硫酸盐侵蚀范围以外的部位。当该构件全范围均遭受到硫酸盐侵蚀时，测区可布设在材料、施工工艺、荷载条件等相同或相似的其他构件上未受硫酸盐侵蚀的部位。

M. 0. 3　每个测区宜采用 100mm × 100mm 大小的区域，测区表面应清洁、平整，不应有疏松层、浮浆、油垢、涂层以及蜂窝麻面。

M. 0. 4　侵蚀区和未侵蚀区的里氏硬度测区数量均不应少于 12 个。每个测区宜均匀划分为 16 个小格，每个小格可作为一个测点。

M. 0. 5　测区的里氏硬度值计算应符合下列规定：

1　宜从该测区的 16 个里氏硬度值中剔除 3 个最大值和 3 个最小值，取其余 10 个里氏硬度值的平均值作为该测区的里氏硬度值，可按式（M. 0. 5-1）计算：

$$\mu_{\mathrm{HL},j}=\frac{\sum_{i=1}^{10}HL_i}{10} \tag{M. 0. 5-1}$$

式中：$\mu_{\mathrm{HL},j}$——区域中第 j 个测区平均里氏硬度值，精确至 0. 1；

HL_i——第 i 个测点的里氏硬度值。

2　侵蚀区和未侵蚀区的混凝土里氏硬度值可分别按式（M. 0. 5-2）和（M. 0. 5-3）计算：

$$HL_{\mathrm{S}}=\mu_{\mathrm{HL_S}}-1.645\sigma_{\mathrm{HL_S}} \tag{M. 0. 5-2}$$

$$HL_{\mathrm{W}}=\mu_{\mathrm{HL_W}}-1.645\sigma_{\mathrm{HL_W}} \tag{M. 0. 5-3}$$

式中：HL_{S}、HL_{W}——受侵蚀区域和未受侵蚀区域的里氏硬度值，精确至 0. 1；

$\mu_{\mathrm{HL_S}}$、$\mu_{\mathrm{HL_W}}$——受侵蚀和未受侵蚀区域测区平均里氏硬度值；

$\sigma_{\mathrm{HL_S}}$、$\sigma_{\mathrm{HL_W}}$——受侵蚀和未受侵蚀区域测区里氏硬度值标准差。

交通运输部信息公开
浏览专用

附录 N　钢结构梁外观耐久状态检测

N. 0. 1　钢结构梁外观耐久状态检测宜包括下列内容：

1　外观质量缺陷检测；

2　外观锈蚀检测；

3　铆钉或螺栓失效检测。

N. 0. 2　现场检测时，宜对评定单元中受检构件的外观缺陷进行全数检查；当不具备全数检查条件时，应注明未检查的构件或区域。

N. 0. 3　钢结构外观质量缺陷中，气泡和流挂可采用 5 ~ 10 倍放大镜观察，漏涂和误涂可目视观察。单处气泡缺陷面积宜为包含该处气泡的最小矩形区域面积。矩形的边长可采用钢尺或卷尺测量。

N. 0. 4　钢结构外观锈蚀宜采用目测、钢尺和游标卡尺量测，锈蚀情况应记录并绘制在构件表面展开图上。

N. 0. 5　铆钉、螺栓宜采用目测、普通扳手、尺量检查和小锤敲击等方法检查。

交通运输部信息公开
浏览专用

附录 P　钢构件厚度、局部腐蚀深度和面积检测

P. 0. 1　钢构件厚度检测应选择构件应力大的部位和腐蚀严重部位，对各代表性部位的检测值宜采用数理统计方法计算厚度最大值、最小值、平均值和标准差。

P. 0. 2　对于受腐蚀的构件，应将腐蚀层除净、露出金属光泽后再进行厚度测量。

P. 0. 3　钢构件厚度宜采用钢尺和游标卡尺测量。应在构件的 3 个不同部位布设测区，每个测区不应少于 3 个测点，宜取 3 个测点的平均值作为测区厚度值，宜以 3 个测区的平均值作为钢构件厚度检测值。

P. 0. 4　当不具备尺量条件时，可采用钢结构超声测厚仪测量，并应符合下列规定：

1　超声测厚仪的主要技术指标应符合表 P. 0. 4 的要求。

表 P. 0. 4　超声测厚仪的主要技术指标

项目	技术指标
显示最小单位	0. 1mm
测量范围	板材：1. 2 ~ 200mm　管材下限：ϕ20mm × 3mm
测量误差	± （δ/100 + 0. 1） mm

注：δ 为被测构件的厚度（mm）。

2　检测前应预设声速，并应采用标准块对仪器进行校准，经校准后方可进行测试。

3　应将耦合剂涂于被测处；在测量小直径管壁厚度或钢构件表面较粗糙时，可选用黏度较大的甘油。

4　测量时应将探头与被测材料接触耦合，时间宜保持 1 ~ 2s。在同一位置宜将探头转过 90°后做二次测量，取二次的平均值作为该部位的代表值。

P. 0. 5　钢构件的局部腐蚀深度应以设计图纸规定的原始尺寸为基准，结合检测时对应部位钢构件腐蚀后的厚度进行计算。

P. 0. 6　钢构件的局部腐蚀面积宜采用目测、钢尺和游标卡尺量测，在点状腐蚀区

交通运输部信息公开
浏览专用

域，腐蚀面积可按包裹腐蚀区域的最小矩形面积计。

P. 0. 7 钢构件厚度和锈蚀情况宜记录并绘制在构件表面展开图上，并反映外观缺陷在受检范围内的分布特征。

交通运输部信息公开浏览专用

附录Q　斜拉索及吊杆（索）外观耐久状态检测

Q.0.1　斜拉索及吊杆（索）外观劣化检测宜包括下列内容：

1　斜拉索及吊杆（索）杆体防护状况；

2　斜拉索及吊杆（索）锚固区状况；

3　斜拉索和吊杆（索）减振装置状况。

Q.0.2　对斜拉索及吊杆（索）杆体防护损伤情况，在端部目力可及、人工可达的区段，宜采用人工目检、钢尺和游标卡尺量测相结合的方式检测；在目力不可及和人工不可达的区段，可采用高倍数望远镜、爬索机器人或其他辅助方式检测。

Q.0.3　斜拉索及吊杆（索）锚固区状况检测应符合下列规定：

1　锚具的锈蚀、渗水和裂纹等现象，可打开防护装置，采用目测或钢尺、游标卡尺测量；

2　保护装置的老化、开裂等现象，可采用目测或钢尺、游标卡尺测量。

Q.0.4　减振装置应检测组成部件的损伤情况和正常工作情况。

交通运输部信息公开浏览专用

附录R　斜拉索及吊杆（索）断面损失率检测

R.0.1　斜拉索及吊杆（索）断面损失率检测宜包括下列内容：

1　镀锌层厚度检测；

2　断面损失率检测。

R.0.2　镀锌层厚度测区宜布设在外观损伤较严重、出现锈迹外渗等位置，宜对拉吊索护套进行开窗，并通过锌层测厚仪进行镀锌层厚度检测。

R.0.3　斜拉索及吊杆（索）锈蚀位置和范围可采用磁致伸缩超声导波法进行定位、采用漏磁法检测断面损失率。

R.0.4　磁致伸缩超声导波法应满足现行《无损检测　超声导波检测　第2部分：磁致伸缩法》（GB/T 31211.2）要求，并宜符合下列规定：

1　检测方法宜选用《无损检测　超声导波检测　第2部分：磁致伸缩法》（GB/T 31211.2）中的直接法。

2　斜拉索及吊杆（索）表面不应有液体、污垢等可能影响检测结果的残留物。

3　检测过程中宜安装仪器牵引提升系统。

4　锚固区之间的索体宜进行全面检测。

5　必要时，可对斜拉索及吊杆（索）防护外罩进行开窗，验证和修正无损检测结果。

R.0.5　漏磁法检测应满足现行《无损检测　漏磁检测　总则》（GB/T 31212）的要求，并宜符合下列规定：

1　漏磁检测仪器的精度应满足检测要求。

2　漏磁检测仪器应现场标定。

3　检测过程中宜安装仪器牵引提升系统。

4　必要时，可对斜拉索及吊杆（索）防护外罩进行开窗，验证和修正无损检测结果。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 S　系杆外观耐久状态检测

S. 0. 1　系杆外观耐久状态检测应包括下列内容：

1　系杆杆体防护状况；

2　系杆锚固区锚具状况；

3　系杆防护装置状况；

4　系杆连接件状况。

S. 0. 2　系杆杆体防护外观劣化的相关指标参数可根据缺陷的情况按下列方法检测：

1　防锈油脂的渗漏宜采用目视检测，漏油位置及扩散范围可用钢尺或卷尺测量。

2　钢箱的锈蚀宜采用目测、钢尺和游标卡尺量测。

S. 0. 3　系杆锚固区锚具渗水与锈蚀、保护装置老化与开裂可采用目视观测。

S. 0. 4　系杆保护装置老化与开裂可采用目视观测。

S. 0. 5　钢连接件的锈蚀范围可采用目测、钢尺或游标卡尺测量，混凝土连接件的锈蚀裂缝宽度可采用游标卡尺或裂缝测宽仪测量。

交通运输部信息公开
浏览专用

附录 T　主缆外观耐久状态检测

T. 0. 1　主缆外观耐久状态检测项目宜包括下列内容：

1　主缆防护状况；

2　主缆钢丝锈蚀状况；

3　锚固系统状况；

4　索鞍状况。

T. 0. 2　主缆防护状况可采用下列方法检测：

1　外涂装劣化检测可采用目测、读数显微镜量测、锤击、摄影和录像等。

2　缠丝劣化检测可采用目测、钢尺和游标卡尺量测。

3　腻子劣化检测可采用目测、钢尺和游标卡尺量测。

T. 0. 3　主缆钢丝锈蚀中的锈迹、锌层损坏和钢丝锈蚀等的劣化可采用目测、钢尺或游标卡尺量测。

T. 0. 4　锚固系统状况可采用下列方法检测：

1　连接构造劣化检测宜采用目测、普通扳手、尺量和小锤敲击检查。

2　防护体系劣化检查宜采用目测、尺量、读数显微镜、小锤敲击、摄影和录像等。

3　内环境检查宜采用空气湿度测试仪，除湿系统应检测除湿系统组成部件的损伤情况和功能是否正常。

T. 0. 5　索鞍状况可采用下列方法检测：

1　钢构件的油漆脱落和锈蚀等，宜采用目测和尺量。

2　上、下座板位移宜采用目测和尺量，并与原设计值进行比较。

3　锚固螺栓检查方法宜采用目测、普通扳手、尺量和小锤敲击等。

交通运输部信息公开浏览专用

本规程用词用语说明

1　本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

1）表示很严格，非这样做不可的用词，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，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2　引用标准的用语采用下列写法：

1）在标准总则中表达与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2）在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，表述为“应符合《××××××》（×××）的有关规定”。

3）当引用本标准中的其他规定时，表达为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。

交通运输部信息公开 浏览专用