ICS 93.040.01
CCS P 28

T/CS

团 体 标 准

T/CS 458—2026

既有桥梁承载能力剩余寿命评估技术规范

Technical specification for residual life assessment of bearing capacity of existing bridges

2026-06-30 发布 2026-06-30 实施

中国商品学会 发布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 基本规定 2
5 评估所需技术资料 2
6 结构技术状况检测与评定 3
7 承载能力校核 4
8 剩余寿命预测 4
9 评估报告 6
10 验证方法 6

前　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国商品学会提出并归口。

本文件起草单位：四川建筑职业技术大学、成武县公路事业发展中心、黑龙江龙煤双鸭山矿业有限责任公司、桐乡市公路与运输管理服务中心、山东港通工程管理咨询有限公司、西安市市政设施管理中心、潍坊达远路桥工程有限公司、山东佳山阁装饰工程有限公司、烟台卓实房地产开发有限公司、上海市建筑科学研究院有限公司、浙江公科固桥工程有限公司、浙江嘉维桥隧有限公司、呼伦贝尔市交通运输事业发展中心、山东汇科工程检测有限公司、奈曼旗鼎信投资集团有限公司、浙江科路核工程服务有限公司山东省分公司、库车市交通运输局、烟台新水源水处理有限公司、新疆泽强工程项目管理咨询有限公司、周口智晨建筑工程有限公司、浙江交科供应链管理有限公司、烟台国团标准化服务有限公司。

本文件主要起草人：曹洪梅、王庆珍、闫德松、陆燕、俞哲渊、于晓飞、周政、刘金起、盛晓非、战俊青、邢云、吴华勇、李琦、杨露、孙梦瑾、陈海鑫、任冠磊、刘兵、邵浩杰、侯钦国、胡明辉、钟治博、黄朝杰、葸剑峰、徐雪慧。

既有桥梁承载能力剩余寿命评估技术规范

1 范围

本文件规定了既有桥梁承载能力剩余寿命评估的基本规定、评估所需技术资料、结构技术状况检测与评定、承载能力校核、剩余寿命预测、评估报告编制及验证方法。

本文件适用于公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁、圬工桥梁和钢桥的承载能力剩余寿命评估。

本文件不适用于铁路桥梁、管线桥梁及其他有特殊用途的桥梁。

2 规范性引用文件

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

GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定

GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测

GB/T 50152 混凝土结构试验方法标准

GB/T 50344 建筑结构检测技术标准

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准

GB/T 50784 混凝土结构现场检测技术标准

JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程

JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准

JGJ/T 23 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程

JTG D60 公路桥涵设计通用规范

JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范

JGJ/T 136 贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术规程

JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术标准

JGJ/T 322 混凝土中氯离子含量检测技术规程

JGJ/T 384 钻芯法检测混凝土强度技术规程

JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

既有桥梁承载能力剩余寿命 residual service life of bearing capacity for existing bridge

在规定的荷载模式、运营环境及正常维护条件下，桥梁结构或构件自当前时刻起，至承载能力极限状态或正常使用极限状态不再能满足现行标准要求所经历的时间。

3.2

检算系数 inspection coefficient

考虑结构实际技术状况与理想设计状态之间差异，用于修正承载能力极限状态设计表达式的系数。

3.3

截面折减系数 section reduction coefficient

考虑构件有效截面因损伤、剥落、腐蚀等引起的几何削弱，对截面抗力进行折减的系数。

4 基本规定

4.1 评估时机

4.1.1 出现下列情况之一时，应对既有桥梁进行承载能力剩余寿命评估：

a) 桥梁技术状况等级评定为四类或五类；
b) 已达到设计使用年限，拟延长服役期；
c) 拟实施永久性荷载变更（如加铺桥面、变更护栏等）或用途改变；
d) 遭受地震、洪水、撞击、火灾等灾害后，结构出现显著损伤；
e) 定期检查或特殊检查表明结构存在显著退化缺陷或存在退化缺陷。

4.1.2 评估应以桥梁整体为对象；当退化规律差异明显时，应按检测单元分别评估，综合确定全桥剩余寿命。

4.2 评估流程

承载能力剩余寿命评估应遵循以下程序：

a) 收集并审查技术资料；
b) 制定检测方案并实施结构技术状况检测；
c) 依据检测结果评定构件技术状况；
d) 进行承载能力极限状态和正常使用极限状态校核；
e) 建立退化模型，预测承载能力剩余寿命；
f) 编制评估报告。

4.3 评估机构与人员

承担评估的机构应具备相应的检验检测或设计资质。评估人员应具有桥梁工程或结构工程专业背景，且掌握本文件规定的检测与分析方法。

4.4 安全管理

现场检测与评估作业应遵守高处作业、临边临水作业、交通疏导及电气安全等现行安全生产法规的相关规定。检测作业不应中断桥梁正常使用功能，当必须中断时，应征得运营管理单位批准。

5 评估所需技术资料

5.1 评估前应收集下列资料：

a) 桥梁竣工图、设计变更文件及施工记录；
b) 历次定期检查、特殊检查及荷载试验报告；
c) 历次维修、加固与改造记录；
d) 运营期内交通量、车辆荷载构成及超限运输记录；
e) 桥址区域环境类别及作用等级资料（大气、水、土质等腐蚀性介质数据）。

5.2 当上述资料不完整时，应通过现场测绘、补充调查或专项检测获取关键信息，并在评估报告中进行说明。

6 结构技术状况检测与评定

6.1 一般规定

6.1.1 检测与评定前应根据桥梁结构型式、材料、环境类别及退化迹象，编制检测方案。检测方案应明确检测项目、测区布置、样本数量、检测方法及合格判定标准。

6.1.2 检测应符合 GB/T 50344、GB/T 50784 及相关专用检测标准的规定。

6.2 混凝土桥梁检测项目与要求

6.2.1 混凝土强度检测应符合下列规定：

a) 采用钻芯法直接推定混凝土强度时，芯样数量应根据检测批容量或单个构件确定，并应符合 JGJ/T 384 的规定；

b) 采用回弹法时，测区数每检测单元不应少于 10 个，并应按 JGJ/T 23 的规定进行测试；当需用钻芯法对回弹法进行修正时，芯样数量每检测单元不应少于 6 个，且应符合 JGJ/T 384 的规定。

6.2.2 碳化深度检测：应在每个混凝土强度检测测区布置碳化深度测试点，测试方法应符合 GB/T 50784 的规定。碳化深度测量精度为 0.5 mm。

6.2.3 保护层厚度及钢筋定位：采用电磁感应法或雷达法，测区数每检测单元不应少于 10 个。检测应符合 GB/T 50784 的规定。

6.2.4 钢筋锈蚀检测：应检测半电池电位或混凝土电阻率。半电池电位检测的测点布置、网格间距及最少测点数应符合 JGJ/T 152 的规定；对锈蚀电位异常区域应剔凿验证。

6.2.5 氯离子含量检测：在可能遭受除冰盐或海水环境的桥梁中，应分层取样测定混凝土中游离氯离子浓度，取样深度应覆盖保护层厚度范围。取样与测试方法应符合 JGJ/T 322 的规定。

6.2.6 裂缝检测：对宽度大于或等于 0.15 mm 的裂缝应测定其位置、形态、长度、宽度及深度，绘制裂缝分布图。裂缝宽度检测精度为 0.02 mm。典型受力裂缝应监测其活动性。

6.2.7 混凝土内部缺陷检测：对存在渗水、泛碱、层裂、空洞可疑的区域，应采用超声法或冲击回波法探测缺陷范围。检测方法应符合 GB/T 50784 的规定。

6.3 钢桥检测项目与要求

6.3.1 涂层与腐蚀检测：应测量涂层干膜厚度及附着力，检测点每构件不应少于 5 处。对涂层损伤、基材锈蚀部位，应测量钢板剩余厚度，测点数应能表征腐蚀状况。

6.3.2 焊缝与连接检测：对主要受力焊缝和摩擦型高强螺栓连接节点，应实施外观检查，并根据检查结果确定无损检测部位。超声检测操作应符合 GB/T 11345 的规定，磁粉检测操作应符合 GB/T 26951 的规定；桥梁结构焊缝无损检测的抽样原则、检测比例及合格判定应符合 JTG/T J21 的规定。

6.3.3 疲劳裂纹检测：对承受频繁动力荷载的构件细节（如横隔板与纵肋连接、正交异性板闭口肋与横梁连接等），应采用磁粉或渗透法检测表面裂纹，重点检查已有裂纹扩展或萌生情况。

6.3.4 几何变形检测：应测定杆件直线度、板件平整度及整体线形，判定是否存在屈曲、失稳或碰撞变形。

6.4 圬工桥梁检测项目与要求

6.4.1 应检测砌体风化深度、灰缝饱满度、裂缝分布及水损害状况。

6.4.2 风化深度采用贯入阻力法或取样法测定。贯入法操作应符合 JGJ/T 136 的规定，取样法应符合 GB/T 50344 的规定。测区及测点数量应根据构件表面积和风化不均匀程度确定，应能反映全构件的风化状况；对于风化严重或明显不均匀的区域，应加密测点。

6.4.3 对贯穿性裂缝及渗水部位，应评估其对抗压和抗倾覆承载力的削弱程度。

6.5 技术状况评定

6.5.1 各检测单元及构件的技术状况评定应按 JTG/T H21 的规定执行，逐跨、逐墩台给出技术状况等级。
6.5.2 对影响承载能力的关键构件（如主梁、墩柱、索、拱肋），当任一构件技术状况等级达到 5 类时，应立即启动限载或封闭措施，并在评估报告中单独提出警示。

7 承载能力校核

7.1 一般规定

7.1.1 承载能力极限状态校核应按 JTG/T J21 的规定进行；正常使用极限状态校核应包括变形及裂缝宽度验算，其中荷载组合应符合 JTG D60 的规定，裂缝宽度及变形限值应符合 JTG 3362 的规定。
7.1.2 荷载标准值与荷载组合应依据桥梁实际运营荷载状况和现行 JTG D60 选取，当存在可靠的实测荷载数据时，可进行荷载模型修正，修正过程应详述并在报告中说明。

7.2 承载能力检算系数

7.2.1 混凝土桥梁承载能力检算系数应按 JTG/T J21 的规定，根据构件技术状况评定标度、混凝土强度推定值及结构损伤程度综合确定。
7.2.2 钢桥承载能力检算系数应根据腐蚀失重率、杆件变形及焊缝或节点损伤等级，按 JTG/T J21 的规定取值。

7.3 恶化系数

7.3.1 混凝土桥梁恶化系数应按 JTG/T J21 的规定，根据环境类别、碳化深度、氯离子含量及混凝土电阻率等检测结果，查表取值。
7.3.2 钢桥承载能力时变折减应考虑腐蚀引起的截面损失和材料性能劣化。截面折减系数应根据实测钢板剩余厚度和蚀坑深度，按 JTG/T J21 的规定确定。当需建立腐蚀深度随时间演化的关系时，可依据实测年腐蚀速率和已服役年限，按线性或已有充分依据的非线性模型外推。

7.4 截面折减系数

截面折减系数应依据混凝土剥落深度、钢筋锈蚀截面损失率、钢板均匀腐蚀及点蚀深度实测值，按 JTG/T J21 的规定确定。

7.5 承载能力判定

完成承载能力检算后，当抗力与荷载效应的比值满足 JTG/T J21 的评定要求时，判定承载能力满足要求；否则判定承载能力不满足，并应量化当前承载能力缺损程度。当承载能力满足要求但需进行剩余寿命预测时，应以本次检算所得抗力值作为退化的初始状态，退化模型的选取应符合本标准第 8 章的规定。

8 剩余寿命预测

8.1 一般规定

8.1.1 剩余寿命预测应以检测评定的当前承载能力为起点，建立时变退化模型，计算出承载能力降至规定限值的年限。

8.1.2 承载能力限值应取现行设计标准规定的承载能力极限状态和正常使用极限状态的限值，或由养管部门按安全等级确定并批准的警戒值。

8.1.3 当同一构件存在多种退化机制时，应分别预测各机制对应的寿命，取最短值作为该构件的剩余寿命。

8.2 基于耐久性退化的剩余寿命预测

8.2.1 碳化诱导的钢筋锈蚀剩余寿命，可按下述步骤预测：

a) 依据实测碳化深度和保护层厚度，按 GB/T 50476 附录给出的碳化深度时变模型（$x_c=K\sqrt{t}$）反演碳化速率系数 K；

b) 碳化前沿到达钢筋表面所需时间 t_0，按公式 $t_0=(c/K)^2$ 计算，其中 c 为保护层厚度检测值；

c) 自钢筋开始锈蚀至裂缝宽度或锈胀超过限值的劣化时间 t_1，应根据环境类别按 GB/T 50476 给出的劣化发展期模型确定；

d) 当已服役年限小于 t_0 时，剩余寿命取 t_0+t_1 与当前已服役年限的差值；当已服役年限大于或等于 t_0 时，剩余寿命取 t_1 与已服役年限超出 t_0 部分的差值，且不应小于 0。当计算结果小于 0 时，取 0。

8.2.2 氯离子侵蚀诱导的钢筋锈蚀剩余寿命，应依据实测自由氯离子浓度分布，采用 GB/T 50476 给出的扩散模型预测钢筋表面氯离子浓度达到临界值的时间，扣除已服役年限后确定。当已服役年限超过该时间时，应转入锈蚀发展阶段评估。扩散系数、表面氯离子浓度及其时变参数应根据实测剖面反演求取；临界氯离子浓度根据实测或 GB/T 50476 的规定确定。

8.2.3 冻融、硫酸盐腐蚀等造成的劣化，应通过实测损伤深度及强度衰减规律，结合室内快速试验或长期暴露数据，建立强度-时间关系，预测因截面削弱和强度降低导致承载能力不足的时间。

8.3 基于疲劳累积损伤的剩余寿命预测

8.3.1 对承受频繁动力荷载的钢桥构件和疲劳敏感细节，应以实测车辆荷载谱为基础，采用 Miner 线性累积损伤准则计算疲劳损伤度。S-N 曲线及细节类别应按 JTG D64 的规定选用。

8.3.2 混凝土桥梁受弯构件疲劳剩余寿命，应采用实测应力谱，基于 Miner 线性累积损伤准则和钢筋疲劳 S-N 曲线进行预测。钢筋疲劳强度参数应按 JTG 3362 的规定取值；当 JTG 3362 未涵盖所涉钢筋类型或应力状态时，应按 GB/T 50152 的规定通过专项疲劳试验确定。对预应力混凝土构件，预应力筋的疲劳特性应单独评估，其应力幅和锚固区疲劳影响应符合 JTG 3362 的规定。

8.3.3 疲劳剩余寿命预测中所采用的应力幅，应通过实测动应变或符合实际荷载的有限元分析获取，并应对冲击系数、截面削弱效应进行修正。

8.4 承载能力退化曲线与寿命终值

8.4.1 以当前耐久性或疲劳退化速率为基础，逐年折减承载能力，绘制承载能力随时间衰减曲线。折减关系可采用线性或已有充分依据的非线性模型。

8.4.2 当曲线上承载能力首次触及限值时，对应的时间坐标即为预测剩余寿命。应同时给出剩余寿命预测值的中位值及其 90%置信下限。

8.5 预测结果表达

8.5.1 剩余寿命预测结果应以年为单位，按桥梁类型分别给出中位值和 90%置信区间：

a) 混凝土桥梁：应分别给出碳化诱导钢筋锈蚀、氯离子侵蚀钢筋锈蚀及冻融/硫酸盐等耐久性退化机制下的剩余寿命预测值，取各项预测值中的最短值作为混凝土桥梁的最终预测结果；

b） 钢桥：应分别给出基于腐蚀截面损失的耐久性退化剩余寿命和基于疲劳累积损伤的疲劳剩余寿命，取两者中的较短值作为钢桥的最终预测结果；

c） 圬工桥梁：应给出基于砌体风化、灰缝劣化等耐久性退化机制下的剩余寿命预测值。

8.5.2 当任一预测结果低于 5 年时，应在评估报告中专项提出警示，说明受限的构件或部位及对应的退化机制。

8.5.3 预测结果的表达应附具退化曲线图，标明当前承载能力位置、承载能力限值及预测剩余寿命对应的时间节点。

9 评估报告

9.1 评估报告应包括下列内容：

a） 桥梁概况与评估依据；

b） 技术资料清单与审核结论；

c） 检测项目、方法、测区布置及检测结果；

d） 技术状况评定过程和结果；

e） 承载能力校核采用的参数、模型及判断结论；

f） 退化模型选取依据、参数反演过程和剩余寿命预测结果；

g） 结论与建议，包括是否需限载、加固、持续监测或报废重建。

9.2 评估报告应加盖评估单位公章及相关资质印章，由项目负责人、技术负责人及审核人分别签字，并注明评估报告有效期。

9.3 评估报告应附具完整的检测数据、计算过程及图表示例，确保过程可追溯。

10 验证方法

10.1 技术资料完整性验证

通过对照桥梁档案目录和现场实物比对，核查第 5 章所要求的竣工图、检查报告、维修记录及环境资料的完整性；资料缺失项目应在方案中注明替代信息的获取途径。

10.2 检测数据有效性验证

检测仪器的检定或校准证书在有效期内，检测过程记录与测区、测点布置图一致。混凝土强度钻芯芯样照片、尺寸及破坏形态记录可追溯。碳化深度、氯离子含量等化学分析数据具有原始记录和试验室出具的分析报告。

10.3 技术状况评定一致性验证

构件技术状况评定应符合 JTG/T H21 的规定。评定过程执行本项目招标文件（或本单位质量管理体系）要求的双人独立评定与复核程序，比对评定结果；当独立评定的构件标度差异较大时，应对该构件进行复核检测。

10.4 承载能力校核过程验证

承载能力检算所用几何参数、材料参数均与检测报告一致。检算系数、恶化系数及截面折减系数取值均在 JTG/T J21 规定的取值区间内且留有原始查表记录。荷载取值、组合系数及计算模型说明可追溯。当计算采用商业软件时，校验算例的输出与手工核算结果一致。

10.5 剩余寿命预测模型验证

耐久性退化模型的验证可通过以下方式进行：

a) 碳化速率系数 K 和氯离子扩散系数的反演过程基于实测数据，回归分析的拟合优度指标、原始数据及回归曲线在评估报告中予以记录；

b) 劣化模型参数的选取依据 GB/T 50476 的环境类别与作用等级确定，并在报告中注明引用页码和条款编号；

c) 疲劳荷载谱的推导依据为连续交通荷载监测数据，监测方案、监测时长、采集的有效车辆数据量及统计方法在报告中载明；

d) 当存在多种预测模型计算结果时，验证选取其中偏于安全的值作为最终预测结果。

剩余寿命预测的计算脚本、电子表格或软件输入文件应作为评估报告的技术附件留存，确保计算过程可复现。

10.6 评估报告合规性验证

报告所含章节与第 9 章条款一一对应，结论依据见于前文的检测数据与计算过程。剩余寿命中位值和置信区间的计算方法可复现，程序脚本或电子表格公式经核实可重复执行并得出相同数值结果。