



T/CECS 1232—2023

中国工程建设标准化协会标准

景区玻璃桥检测评定标准

Standard for inspection and evaluation of
glass bridges in tourist attractions

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

景区玻璃桥检测评定标准

Standard for inspection and evaluation of
glass bridges in tourist attractions

T/CECS 1232—2023

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2023年6月1日

中国计划出版社

2023 北 京

中国工程建设标准化协会标准
景区玻璃桥检测评定标准

T/CECS 1232—2023



中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座3层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 2.125印张 50千字

2023年5月第1版 2023年5月第1次印刷

印数1—500册



统一书号:155182·1165

定价:30.00元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

中国工程建设标准化协会公告

第 1403 号

关于发布《景区玻璃桥检测评定标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2018〕015 号)的要求,由中国建筑科学研究院有限公司等单位编制的《景区玻璃桥检测评定标准》,经协会混凝土结构专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS 1232—2023,自 2023 年 6 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇二三年一月六日

前 言

《景区玻璃桥检测评定标准》(以下简称本标准)是根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2018〕015 号)的要求进行编制。编制组经深入调查研究,认真总结实践经验,参考国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分 6 章和 3 个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、检查与检测、检算和评定、荷载试验等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利,本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理,由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中,如有意见或建议,请反馈给中国建筑科学研究院有限公司(地址:北京市朝阳区北三环东路 30 号主楼 C 座,邮编:100013,邮箱:liuliqu@126.com)。

主编单位:中国建筑科学研究院有限公司

参编单位:国家建筑工程质量检验检测中心

建研院检测中心有限公司

国家建筑幕墙门窗质量检验检测中心

中国建设基础设施有限公司

福建省建筑科学研究院有限责任公司

中路高科交通检测检验认证有限公司

建研科技股份有限公司玻璃中心

中冶建筑研究总院有限公司

国家工业建构筑物质量安全检验检测中心

中国特种设备检测研究院
大连民族大学
北京交科公路勘察设计研究院有限公司
安徽马仁奇峰文化旅游股份有限公司
广西建宏工程科技有限公司
江西华建栈道工程有限公司
辽宁亘垣路桥建设工程有限公司
中国建筑技术集团有限公司
晟景文化旅游发展(北京)有限公司
北京清凉谷风景区

主要起草人：刘立渠 石 清 曾银枝 谭志催 赖苍林
刘 强 李 刚 王永焕 王昊伟 姜震宇
程小燕 张 峰 孙 斌 鄂立军 王 振
王俊洋 刁 硕 张狄龙 干小东 周 浩
赵 锋 俞乃平 蒋玉松 黄国华 陈兴起
李春雷 杜洪波 周 芮
主要审查人：高小旺 石民祥 张天申 崔江余 申敏凯
闫秋实 成 勃 朱三凡 李结全

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	基本规定	(5)
4	检查与检测	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	桥梁结构几何形态	(9)
4.3	材料强度和密封胶	(10)
4.4	玻璃地板和栏杆	(11)
4.5	构件耐久性检测	(11)
4.6	索力检测	(14)
4.7	玻璃桥技术状况评估	(15)
5	检算和评定	(16)
5.1	一般规定	(16)
5.2	检算	(18)
5.3	承载能力评定	(21)
6	荷载试验	(22)
6.1	一般规定	(22)
6.2	静力荷载试验	(22)
6.3	自振特性测试	(24)
附录 A	栏杆水平荷载试验	(26)
附录 B	索力振动法测试	(28)
附录 C	玻璃面板相关计算方法	(30)

用词说明	(32)
引用标准名录	(33)
附:条文说明	(35)

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic requirements	(5)
4	Inspection and test	(8)
4.1	General requirements	(8)
4.2	Geometric form of bridge structure	(9)
4.3	Material strength and sealant	(10)
4.4	Glass floors and handrails	(11)
4.5	Durability parameter test of components	(11)
4.6	Cable tension test	(14)
4.7	Appraisal technical condition evaluation of glass bridges	(15)
5	Check and evaluation	(16)
5.1	General requirements	(16)
5.2	Structural check	(18)
5.3	Evaluation of load-bearing capacity	(21)
6	Load test	(22)
6.1	General requirements	(22)
6.2	Static load test	(22)
6.3	Natural vibration characteristic test	(24)
Appendix A	Horizontal load test of handrails	(26)
Appendix B	Cable vibration test	(28)

Appendix C	Related calculation method of	
	glass panel (30)
Explanation of wording	 (32)
List of quoted standards	 (33)
Addition : Explanation of provisions	 (35)

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

1 总 则

- 1.0.1 为规范景区玻璃桥的检测评定,保障检测评定工作质量,制定本标准。
- 1.0.2 本标准适用于景区内以玻璃为主要桥面材料的桥梁检测评定。
- 1.0.3 景区玻璃桥的检测评定除应符合本标准规定外,尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 景区玻璃桥 glass bridges in tourist attractions

建造于景区,具有景区人行游览功能,且以玻璃为主要桥面材料的桥梁。

2.1.2 玻璃地板 glass floor

由玻璃面板、龙骨及连接件等组成,承受景区玻璃桥竖向荷载的构件。

2.1.3 栏杆 handrail

由扶手、立柱、横杆或栏板、连接件等组成,承受景区玻璃桥水平荷载的构件。

2.1.4 技术状况评估 technical condition evaluation

采用目测与仪器相结合的方法,对景区玻璃桥的完好状态、结构状况进行综合评估,为桥梁承载能力评定或养护决策提供依据。

2.1.5 承载能力检测评定 inspection and evaluation of load-bearing capacity

针对景区玻璃桥结构构件承受各种作用应具备的承载能力,以及在偶然事件时结构保持必要的整体稳固性,所实施的检查、检测、检算及荷载试验等一系列工作,并给出评定结论。

2.2 符号

2.2.1 抗力、作用效应:

R_d ——结构构件的抗力;

R_{de} ——结构构件的抗力评定值;

S_d ——作用组合的效应设计值;

S_{de} ——作用组合的效应评定值。

2.2.2 系数及其他：

A_j ——计入损伤影响后索的实际面积；

A_s ——钢筋的截面面积；

a ——矩形玻璃板短边边长；

a_e ——构件几何尺寸的检测值；

b ——矩形玻璃板长边边长；

C ——结构构件达到正常使用要求的规定限值；

C_{cl} ——氯离子含量；

D ——玻璃的刚度；

d_f ——在垂直于玻璃面板的荷载标准组合值作用下最大挠度值；

E ——玻璃的弹性模量；

EI ——索的抗弯刚度；

f_d ——缆索的抗拉强度设计值；

f_e ——材料强度的检测值；

f_n ——索的第 n 阶自振频率；

g ——重力加速度；

K_c ——碳化深度与保护层厚度的比值；

K_s ——索力偏差率；

L ——索的计算长度；

m ——四边支承玻璃面板的弯矩系数；

n ——振动阶数；

q ——作用在玻璃上荷载基本组合设计值；

q_i ——分配到第 i 片夹层玻璃上的荷载基本组合设计值；

$S_{e,c}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变位或应变计算值；

$S_{e,m}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变位或应变实测值；

S_k ——控制荷载作用下控制截面的最不利内力或变位计算值；

- S_p ——试验荷载作用下控制测点的残余变位或残余应变实测值；
- S'_p ——测点的相对残余变位或相对残余应变；
- S_{stat} ——在静力试验的实际工况荷载作用下，控制截面的最大内力或变位计算值；
- S_t ——试验荷载作用下控制测点的总变位或总应变实测值；
- T ——索力；
- T_c ——采用基本组合的最大索力计算值；
- T_d ——成桥索力值；
- T_m ——实测索力值；
- t_e ——夹层玻璃的等效厚度；
- t_i ——第 i 片夹层玻璃的厚度；
- V_r ——钢筋半电池电位；
- \bar{W} ——单位索长索的质量；
- γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
- γ_0 ——结构重要性系数；
- ζ ——结构变位或应变校验系数；
- η_s ——静力荷载试验效率；
- μ ——挠度系数，根据玻璃短边与长边的长度之比；
- ν ——泊松比；
- ξ_c ——截面折减系数；
- ρ ——混凝土电阻率；
- σ_i ——第 i 片玻璃的最大应力。

3 基本规定

3.0.1 当遇到下列情况之一时,景区玻璃桥应进行工程质量检测评定:

- 1 施工或验收过程中发现工程质量问题;
- 2 采用新技术或新工艺,相关技术指标或参数在相应标准中未作规定的;
- 3 缺少验收资料;
- 4 停建1年以上复工前;
- 5 既有景区玻璃桥存在不易修复的质量问题。

3.0.2 当遇到下列情况之一时,景区玻璃桥应进行承载能力检测评定:

- 1 出现改变用途、改造或扩建等情况;
- 2 停用1年以上的景区玻璃桥恢复使用前;
- 3 当遭遇人为或自然原因出现损坏时;
- 4 按本标准第3.0.1条规定所列情况,检测结果不满足设计要求或标准规定;
- 5 构件耐久性检测不符合国家现行有关标准的规定;
- 6 既有景区玻璃桥存在影响正常使用的损伤或缺陷。

3.0.3 新建景区玻璃桥工程竣工后投入使用前应进行荷载试验,既有景区玻璃桥宜定期进行荷载试验,且荷载试验的时间间隔不应超过3年。

3.0.4 景区玻璃桥投入使用后每年应进行技术状况评估,每隔3年应进行承载能力检测评定。

3.0.5 检测评定工作应采用下列程序:

- 1 委托;

- 2 现场调查、资料收集；
- 3 编制检测评定方案并经委托方确认；
- 4 现场检查与检测,包括方案要求的现场试验；
- 5 相关的结构检算；
- 6 给出检测评定结论；
- 7 出具检测评定报告。

3.0.6 现场调查、资料收集应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 相关技术资料；
- 3 既有景区玻璃桥的养护、检测、维修与加固资料等；
- 4 调查结构环境、用途或荷载等实际状况；
- 5 委托目的以及调查中未能显现的问题。

3.0.7 检测评定方案应根据景区玻璃桥的工程概况、委托目的与现场条件进行编制。对于主跨跨度为 200m~500m 的景区玻璃桥,宜对检测评定方案进行论证。

3.0.8 对于主跨跨度大于 500m 的景区玻璃桥应做专门研究评估。

3.0.9 对缺乏岩土工程勘察资料的景区玻璃桥,宜在贴近墩台或桥塔基础处对地基岩土进行勘探或原位测试,查明岩土层类型、分布和工程特性,相关勘察工作应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

3.0.10 检测评定报告应数据准确、用词规范、信息全面、结论明确。

3.0.11 检测评定报告应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 委托目的、检测范围及历次检查与检测情况；
- 3 检测项目、检测方法及依据的标准；
- 4 抽样方法、检测数量与检测位置；
- 5 检测数据及结果；

- 6 相关结构检算分析及结果；
- 7 检测评定结论；
- 8 现场检测日期,报告完成日期；
- 9 主检、审核和批准人员的签名；
- 10 检测评定机构的有效印章。

3.0.12 根据景区玻璃桥的检测评定结论,并结合工程特点、使用条件和环境情况等,在报告中可给出相关建议及运营维护要求。

4 检查与检测

4.1 一般规定

4.1.1 对于景区玻璃桥,应根据委托目的,选择下列检查或检测项:

- 1 恒荷载变化情况;
- 2 外观缺损状况;
- 3 结构几何形态参数;
- 4 构件材料强度;
- 5 密封胶粘结及密封状况;
- 6 构件耐久性状况;
- 7 玻璃地板及连接状况;
- 8 桥面栏杆及连接状况;
- 9 索力;
- 10 支座状况;
- 11 结构自振特性等。

4.1.2 恒荷载变化情况宜根据设计资料及历次检查、检测报告进行检查,结构体系中构件布置应与竣工图进行对照检查。

4.1.3 外观缺损状况应按现行行业标准《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的有关规定执行,应包括与承载能力有关的结构构件及连接节点。

4.1.4 玻璃应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃 第 2 部分:钢化玻璃》GB 15763.2、《建筑用安全玻璃 第 3 部分:夹层玻璃》GB 15763.3、《建筑用安全玻璃 第 4 部分:均质钢化玻璃》GB 15763.4 和《半钢化玻璃》GB/T 17841 的有关规定。

4.1.5 支座状况宜采用外观检查方式,应确认支座型号和工作状

态的符合情况。

4.1.6 新建景区玻璃桥工程的地基检测应符合现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340 的有关规定,既有景区玻璃桥的地基基础检测应符合现行行业标准《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422 的有关规定。

4.1.7 检测评定的抽检数量应符合下列规定:

- 1 外观缺损,宜全数检查;
- 2 构件尺寸、材料强度、涂层厚度的抽检样本容量宜符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定;
- 3 玻璃地板的连接、缆索节点、构件连接、构件变形、位移、振动效应、悬索、钢索索力及主索线形等,宜进行重点部位检测。

4.1.8 斜拉桥、悬索桥的检查与检测应符合现行行业标准《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的有关规定。

4.2 桥梁结构几何形态

4.2.1 几何形态参数检测应包括下列内容:

- 1 桥梁的跨径、宽度、净空、拱矢高等;
- 2 构件的长度与截面尺寸;
- 3 玻璃面板的尺寸及厚度;
- 4 结构检算需要的其他参数。

4.2.2 结构断面测量应符合下列规定:

- 1 中、小跨径桥梁单跨测量断面不得少于 3 个,大跨径桥梁单跨测量断面不得少于 5 个;
- 2 桥梁墩柱、桥塔的测量断面不宜少于 3 个,截面突变处应布设测量断面。

4.2.3 结构线形与变位检测应符合下列规定:

- 1 斜拉桥和悬索桥应检测桥面结构纵向线形和塔顶的水平变位;悬索桥尚应检测主缆线形和锚碇变位;梁式结构应测量主梁的纵向线形和墩台顶的变位,主梁的纵向线形可采用测量桥面结

构纵向线形的方式；拱结构应检测拱轴线、桥面结构纵向线形和墩台顶的变位。

2 桥梁结构纵向线形测量时，测点应沿桥纵向在桥轴线和两侧边缘线上分别布设，且宜布设在桥跨结构的特征点截面上；对等截面桥跨结构，可布设在桥跨或桥面结构的跨径等分点截面上。中、小跨径桥梁单跨测量截面不宜少于 5 个，大跨径桥梁单跨测量截面不宜少于 9 个。

3 结构纵向线形应按现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 规定的水准测量等级进行闭合水准测量。

4 测量时应记录环境参数。

4.3 材料强度和密封胶

4.3.1 承重构件的材料强度检测宜采用无损检测方法。

4.3.2 玻璃材料强度宜根据施工或验收资料中的玻璃出厂质量证明文件确定。

4.3.3 钢材强度检测宜采用下列方式：

1 可根据桥梁施工或验收资料中的钢材出厂质量证明或进场检验合格报告确定钢材强度的标准值；

2 宜按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的有关规定进行检测。

4.3.4 当对无损检测方法推定的混凝土强度有怀疑时，宜采用钻芯法对混凝土推定强度进行修正或验证，钻取芯样的数量应符合下列规定：

1 强度修正时，应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的有关规定；

2 强度验证时，不应少于 3 个标准芯样或 9 个小芯样。

4.3.5 新建景区玻璃桥采用硅酮建筑密封胶或硅酮结构密封胶时，应与其相接触材料进行相容性及剥离粘结性测试，密封胶的性能应符合现行国家标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T

14683、《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的有关规定。

4.3.6 既有景区玻璃桥的玻璃与结构胶的粘结节点部位应进行现场检查,对结构胶颜色有明显变化的粘结单元,宜进行拆卸检测结构胶与基材的粘结性。

4.3.7 景区玻璃桥的中性硅酮结构胶应进行拉伸粘结强度和粘结破坏面的现场检测,并应符合现行行业标准《玻璃幕墙粘结可靠性检测评估技术标准》JGJ/T 413 的有关规定。

4.4 玻璃地板和栏杆

4.4.1 玻璃地板现场检测应包括下列项目:

- 1 外观状况;
- 2 玻璃面板的支承连接;
- 3 尺寸偏差;
- 4 玻璃构造;
- 5 玻璃表面应力;
- 6 玻璃面板的静载试验。

4.4.2 栏杆的现场检测应包括下列项目:

- 1 外观状况;
- 2 节点与连接;
- 3 尺寸偏差;
- 4 涂层厚度;
- 5 栏杆水平荷载试验,试验方法应按本标准附录 A 执行。

4.4.3 栏杆性能的检测应符合现行行业标准《建筑防护栏杆技术标准》JGJ/T 470 和现行协会标准《玻璃栈道工程技术规程》T/CECS 896 的有关规定。

4.5 构件耐久性检测

4.5.1 混凝土碳化深度检测及碳化深度对钢筋锈蚀的影响评价应符合下列规定:

1 被测构件或部位的测区数量不应少于混凝土强度测区数量的 30%；

2 碳化深度检测应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的有关规定；

3 碳化深度对钢筋锈蚀的影响,应根据测区混凝土碳化深度平均值与实测保护层厚度平均值之比确定,可按表 4.5.1 进行评价。

表 4.5.1 混凝土碳化深度对钢筋锈蚀的影响评价

碳化深度与保护层厚度的比值 K_c	$K_c < 0.5$	$0.5 \leq K_c < 1.0$	$1.0 \leq K_c < 1.5$	$1.5 \leq K_c < 2.0$	$K_c \geq 2.0$
影响程度	无影响	影响较小	有影响	影响较大	保护层失效

4.5.2 混凝土中钢筋半电池电位的检测及钢筋半电池电位对钢筋锈蚀的影响评价应符合下列规定：

1 检测方法宜采用半电池电位法,参考电极应采用铜-硫酸铜半电池。

2 当构件的受力部位有锈迹时,应在有锈迹区域检测钢筋半电池电位;测区数量应根据锈迹面积确定,每 $3\text{m}^2 \sim 5\text{m}^2$ 可设一个测区,一个测区的测点数不宜少于 20 个。

3 钢筋半电池电位对钢筋锈蚀的影响可按表 4.5.2 进行评价。

表 4.5.2 钢筋半电池电位对钢筋锈蚀的影响评价

钢筋半电池电位 V_r (mV)	钢筋锈蚀状况的可能性
$V_r > -200$	无锈蚀活动性或锈蚀活动性不确定,锈蚀概率小于 10%
$-350 < V_r \leq -200$	可能存在坑蚀现象
$V_r \leq -350$	钢筋发生锈蚀的概率大于 90%

4.5.3 混凝土中氯离子含量的检测及氯离子含量对钢筋锈蚀的影响评价应符合下列规定：

1 应根据构件工作环境及质量状况,选定构件进行氯离子含量检测,每个被测构件的测区数量不宜少于 3 个；

2 用于氯离子含量测定的试样制备及试样化学分析,应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的有关规定,化学分析用混凝土试样可在测区不同深度部位取样;

3 氯离子含量对钢筋锈蚀的影响可按表 4.5.3 进行评价。

表 4.5.3 氯离子含量对钢筋锈蚀的影响评价

氯离子含量 C_{Cl}	诱发钢筋锈蚀的可能性
$C_{Cl} < 0.15$	很小
$0.15 \leq C_{Cl} < 0.40$	不确定
$0.40 \leq C_{Cl} < 0.70$	可能诱发
$0.70 \leq C_{Cl} < 1.00$	诱发
$C_{Cl} \geq 1.00$	钢筋锈蚀活化

注: C_{Cl} 是指水泥中氯离子含量的百分比。

4.5.4 混凝土电阻率的检测以及混凝土电阻率对钢筋锈蚀的影响评价应符合下列规定:

- 1 每一被测构件的测区数量不宜少于 30 个;
- 2 混凝土电阻率检测宜采用四电极法;
- 3 测区混凝土的电阻率应采用最小值,混凝土电阻率对钢筋锈蚀速率的影响可按表 4.5.4 进行评价。

表 4.5.4 混凝土电阻率对钢筋锈蚀速率的影响评价

混凝土电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	可能的钢筋锈蚀速率
$\rho \geq 20\,000$	很慢
$15\,000 \leq \rho < 20\,000$	慢
$10\,000 \leq \rho < 15\,000$	一般
$5\,000 \leq \rho < 10\,000$	快
$\rho < 5\,000$	很快

4.5.5 钢筋保护层的检测及结果的评定应符合下列规定:

1 钢筋保护层检测应包括钢筋位置和钢筋保护层厚度的检测,并应选择下列部位:

- 1) 构件受力最大的部位；
- 2) 钢筋锈蚀电位测试结果表明钢筋可能锈蚀活化的部位；
- 3) 发生钢筋锈蚀胀裂的部位；
- 4) 布置混凝土碳化测区的部位。

2 钢筋位置和钢筋保护层厚度的检测方法应符合国家现行标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 和《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 的有关规定。

3 钢筋保护层最小厚度应符合设计要求以及现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定。

4.5.6 钢构件、锚具及节点锈蚀程度检测应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定,根据钢材锈蚀损伤进行耐久性等级评定时,应符合表 4.5.6 的规定。

表 4.5.6 基于锈蚀损伤的钢材耐久性等级评定

评定项目	评定等级		
	a_d	b_d	c_d
锈蚀损伤	钢材表面无锈蚀损伤	涂装底层有腐蚀,钢材表面呈麻面状腐蚀,平均腐蚀深度超过 $0.05t$ 但小于 $0.1t$,可不考虑对构件承载力的影响	钢材大面积锈蚀,发生层蚀、坑蚀现象,平均腐蚀深度超过 $0.1t$,对构件承载力有影响

注: t 为板件厚度。

4.5.7 钢构件、锚具及节点的耐久性等级评定应满足下列要求:

- 1 a_d 级:在正常维护条件下,符合耐久性要求,不必采取措施。
- 2 b_d 级:在正常维护条件下,尚符合耐久性要求,可不采取措施。
- 3 c_d 级:在正常维护条件下,不符合耐久性要求,应采取措施。

4.6 索力检测

4.6.1 当在拉索、吊索、系索的锚下或索上安装测力传感器且工作正常时,索力可直接利用测力传感器测量。拉索、吊索、系索的

索力检测可采用索力振动法或磁通量法,索力振动法测试应按本标准附录 B 执行。

4.6.2 抗风主索可根据设计要求进行索力检测。

4.6.3 索力偏差率应按下式计算:

$$K_s = \frac{T_m - T_d}{T_d} \times 100\% \quad (4.6.3)$$

式中: K_s ——索力偏差率(%);

T_m ——实测索力值(N);

T_d ——成桥索力值(N),当无成桥索力值时,可采用设计索力值或理论计算值。

4.7 玻璃桥技术状况评估

4.7.1 景区玻璃桥的技术状况评估应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的有关规定,评估内容应包括构件、部件、桥面系、上部结构、下部结构和全桥评估。

4.7.2 景区玻璃桥的技术状况评估宜给出下列等级:

1 合格级:桥梁结构完好或结构构件有损伤,但不影响桥梁安全。

2 不合格级:桥梁结构构件损伤,影响结构安全。

4.7.3 当景区玻璃桥的技术状况评估为不合格级时,应立即修复。

5 检算和评定

5.1 一般规定

5.1.1 景区玻璃桥的结构检算宜采用空间模型,既有景区玻璃桥还应利用玻璃桥的荷载试验、运营监测及监测已有成果对结构检算结果进行复核。

5.1.2 结构检算宜根据竣工资料或设计资料,搜集相关技术资料,并应通过实地调查、检查与检测,确定检算技术参数。

5.1.3 结构检算采用的荷载或作用应符合下列规定:

1 永久作用应包括支撑结构构件、玻璃地板、围护构件的自重荷载等,可变荷载或作用应包括人群荷载、风荷载、雪荷载、裹冰荷载、温度作用等;

2 人群荷载标准值不应低于设计要求,人群荷载与雪荷载可不同时考虑;

3 栏杆的竖向荷载标准值不应小于设计要求,水平荷载标准值不应小于 1.6kN/m 并满足设计要求;两者应分别计算,且不应与其他可变荷载叠加;

4 风荷载的地形修正应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定,对结构形式复杂或大跨径玻璃桥,宜做风荷载模拟计算或风洞试验;

5 温度作用应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11的有关规定,对大跨径桥梁或受力复杂的结构,可根据实测的结构温度场进行检算;

6 地震作用应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002的有关规定;

7 基础变位最终值和基础变位作用产生的结构附加内力的

计算应根据桥梁墩台与基础变位以及形态参数的检测结果确定。

5.1.4 当玻璃桥聚集人群产生的荷载效应大于该桥的设计荷载效应时,应取聚集人群的实际荷载作为检算荷载。

5.1.5 对于预应力混凝土玻璃桥,实际有效预应力应根据预应力锚固、压浆、漏张、断丝或滑丝等检测情况以及主体结构几何参数变化情况,结合结构拟合计算分析结果确定。对于预应力钢结构玻璃桥,实际有效预应力应根据钢索实际内力的检测情况以及主体结构几何参数变化情况,结合结构拟合计算分析结果确定。

5.1.6 对已发生钢筋锈蚀的混凝土构件进行承载力计算时,应计入钢筋锈蚀导致的钢筋截面减少和粘结力退化的综合影响,应按现行行业标准《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的有关规定进行钢筋缺损程度的评定,并按表 5.1.6 确定锈蚀钢筋的截面折减系数。

表 5.1.6 钢筋混凝土锈蚀钢筋截面折减系数

缺损程度评定	截面折减系数 ξ_c
完好	$0.98 < \xi_c \leq 1.00$
轻微	$0.95 < \xi_c \leq 0.98$
中等	$0.90 < \xi_c \leq 0.95$
严重	$0.80 < \xi_c \leq 0.90$
危险	$\xi_c \leq 0.80$

5.1.7 当钢构件存在钢材腐蚀情况时,应按下列规定计入钢材腐蚀对钢构件承载力的影响:

1 当腐蚀损伤量不超过初始厚度的 25% 且残余厚度大于 5mm 时,可不考虑腐蚀对钢材强度的影响;对于普通钢结构,当腐蚀损伤量超过初始厚度的 25% 或残余厚度不大于 5mm 时,钢材强度应乘以 0.8 的折减系数;对于冷弯薄壁钢结构,当截面腐蚀大于 10% 时,钢材强度应乘以 0.8 的折减系数。

2 进行强度和整体稳定性验算时,构件截面面积和截面模量

的取值应考虑腐蚀对截面尺寸的削弱。

5.1.8 当实测索力偏差率超过±10%时,应进行桥梁结构检算。

5.1.9 当结构变位对结构安全或正常使用功能有影响时,应进行桥梁结构检算。

5.2 检 算

5.2.1 景区玻璃桥结构安全等级不应低于二级,结构重要性系数 γ_0 不应小于1.0;当跨度不小于100m时,结构安全等级应为一级,结构重要性系数 γ_0 不应小于1.1。

5.2.2 景区玻璃桥的结构或构件按承载能力极限状态评定时,应满足下式要求:

$$\gamma_0 S_{de} \leq R_{de}(f_e, a_e, A_s \dots) \quad (5.2.2)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数;

S_{de} ——作用组合的效应评定值,应符合现行行业标准《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69的有关规定;

R_{de} ——结构构件的抗力评定值;

f_e ——材料强度的检测值(N/mm²);

a_e ——构件几何参数的实测值(mm);

A_s ——钢筋的截面面积(mm²)。

5.2.3 景区玻璃桥结构或构件按正常使用极限状态评定时,应满足下式要求:

$$S_{de} \leq C \quad (5.2.3)$$

式中: C ——结构构件达到正常使用要求的规定限值。

5.2.4 景区玻璃桥结构或构件的抗震验算应满足下式要求:

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (5.2.4)$$

式中: S_d ——作用组合的效应设计值;

R_d ——结构构件的抗力;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。

5.2.5 缆索的抗拉承载力检算应满足下式要求:

$$T_c/A_j \leq f_d \quad (5.2.5)$$

式中： T_c ——采用基本组合的最大索力计算值(N)，当恒载作用下计算的索力值小于实测索力值时，恒载作用下的计算索力值应取实测索力值；

A_j ——计入损伤影响后索的实际面积(mm²)；

f_d ——缆索的抗拉强度设计值(MPa)。

5.2.6 斜拉和悬索结构检算应包括下列内容：

- 1 以索力、桥面及主缆线形的实测数据作为结构检算的基本状态；
- 2 桥塔的结构承载力、稳定性；
- 3 主索和其他承重索及连接件、锚固件的承载力；
- 4 索以外的承重构件及连接件的承载力和稳定性；
- 5 结构或构件的变形或挠度。

5.2.7 梁式钢结构检算应包括下列内容：

- 1 结构整体和构件的承载力及稳定性；
- 2 节点和螺栓、铆钉、焊缝等连接件的承载力；
- 3 对外观缺损较严重的构件，应根据缺损处截面的受力特性，检算该截面的承载力；
- 4 主体结构和构件的变形或挠度。

5.2.8 混凝土梁检算应包括下列内容：

- 1 构件承载力、裂缝宽度或抗裂性，对预应力梁尚应补充检测锚固件的锚固性能；
- 2 对外观缺损较严重的构件，应根据缺损处截面的受力特性，检算该截面的承载力；
- 3 主体结构和构件的变形或挠度。

5.2.9 玻璃面板的相关计算方法应按本标准附录 C 执行，玻璃地板检算应包括下列内容：

- 1 玻璃地板的受弯承载力，并对夹层玻璃中任意一片玻璃发生意外破损后的承载力进行检算；

- 2 玻璃地板的变形和挠度；
- 3 玻璃地板的龙骨抗弯、抗剪承载力以及当龙骨受扭时的抗扭承载力；
- 4 玻璃地板的龙骨变形和挠度；
- 5 应根据硅酮结构密封胶粘结厚度和宽度的实测结果进行承载力检算；
- 6 支承龙骨连接或锚固件的拉、压承载力。

5.2.10 栏杆构件检算应包括下列内容：

- 1 栏杆底部受弯、受剪承载力；
- 2 栏杆与主受力构件的连接或锚固承载力；
- 3 栏杆平面外、平面内的变形。

5.2.11 基础与地基检算应包括下列内容：

- 1 基础承载力；
- 2 基础的差异沉降、倾斜和滑移的检算,宜按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的有关规定执行；

3 当基础已发生不均匀沉降、倾斜或滑移时,除应对地基承载力进行检算外,尚应检算不均匀沉降对结构内力的影响；

4 当检算基础截面应力、基底应力及偏心距、倾覆稳定时,对已出现倾斜或水平位移的基础,应按实际出现的斜度或偏心进行检算；

5 对经多年压实且未受扰动的地基土,地基承载力可按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 的有关规定进行修正。

5.2.12 对于遭受洪水、泥石流、地震、撞击等的景区玻璃桥结构,应根据下部结构可见部分和上部结构的缺损检测结果,结合下列评估结果进行检算：

- 1 下部结构隐蔽部分的缺损评估；
- 2 通过实地调查和探查给出的地基条件评估。

5.3 承载能力评定

5.3.1 应对景区玻璃桥结构承载能力的实际状况进行评定,承载能力评定应包括下列内容:

- 1 地基与基础承载力评定;
- 2 结构构件承载能力评定。

5.3.2 正常使用极限状态评定应采用短期效应组合或长期效应组合的挠度值和裂缝宽度检算,并应符合现行行业标准《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 中规定的限值。

5.3.3 缆索的疲劳性能评定宜符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。

5.3.4 当缆索、锚具发生腐蚀时,承载能力应评定为不符合要求。

6 荷载试验

6.1 一般规定

6.1.1 景区玻璃桥的荷载试验宜包括静力荷载试验和自振特性测试。

6.1.2 静力荷载试验类型可分为验收性荷载试验和鉴定性荷载试验,并应根据试验类型确定试验内容和控制荷载。

6.1.3 试验前应制订试验方案,试验方案应包括下列内容:

- 1 测试内容;
- 2 试验荷载;
- 3 仪器设备;
- 4 试验程序;
- 5 组织与分工;
- 6 安全措施。

6.1.4 试验加载过程中结构位移或变形的增长超过相应限值,或混凝土构件裂缝急剧开展,且对玻璃桥结构使用寿命造成不确定影响时,应终止加载。

6.2 静力荷载试验

6.2.1 验收性荷载试验宜根据玻璃桥的结构形式进行荷载试验的控制截面及控制测点的选定。

6.2.2 鉴定性荷载试验的控制截面及控制测点的选定应符合下列规定:

- 1 根据结构形式选择荷载作用下内力或变形最大值的部位或截面;
- 2 根据使用状况选择受力集中部位或连接节点等;

- 3 选择验算不满足要求或存疑的部位或截面；
- 4 玻璃桥已存在缺损情况的部位。

6.2.3 静力荷载试验的控制荷载选用应符合下列规定：

1 验收性荷载试验的控制荷载应采用人群荷载标准值或按设计要求进行取值；

2 特大桥或结构体系复杂玻璃桥的验收性荷载试验，其控制荷载宜通过内力或变形计算核验后确定；

3 鉴定性荷载试验的控制荷载应按原设计荷载或目标荷载选用，试验前应进行控制荷载下的承载力计算。

6.2.4 静力荷载试验效率应按下列式计算：

$$\eta_s = \frac{S_{\text{stat}}}{S_k} \quad (6.2.4)$$

式中： η_s ——静力荷载试验效率，对验收性荷载试验应取 $0.85 \leq \eta_s \leq 1.05$ ，对鉴定性荷载试验应取 $0.95 \leq \eta_s \leq 1.05$ ；

S_{stat} ——在静力试验的实际工况荷载作用下，控制截面的最大内力或变形计算值；

S_k ——控制荷载作用下控制截面的最不利内力或变形计算值。

6.2.5 试验测点的布置应符合下列规定：

1 控制测点应布设为试验测点；

2 挠度测点应考虑加载位置及荷载横向分布的影响，且横向不得少于 2 个测点；

3 应变测点应设置在局部应力较大的部位；

4 测点布置应便于仪器安装和观测读数，并应保证观测人员和仪器设备的安全。

6.2.6 检验荷载施加和量测应符合下列规定：

1 应分级加载，每级荷载不宜超过最大荷载的 20%，在每级加载后应保证足够的静止时间，且静止时间不宜少于 3min，并检查结构构件是否存在开裂、屈曲或屈服迹象；

2 达到最大荷载后，应持荷至少 30min，且每隔 10min 测取

1次荷载和变形值,直到变形值在10min内不再增加为止;

3 加载完成后,应分级卸载,应在每一级荷载和卸载全部完成后量测残余变形值。

6.2.7 荷载试验宜选择昼夜温差小的阴天或温差小的时段;对不具有温度补偿能力的传感器测点,应在同一温度场中设置无应力补偿测点,在加载过程中应扣除无应力补偿测点的测值变化。

6.2.8 结构变形或应变校验系数应按下式计算:

$$\zeta = \frac{S_{e,m}}{S_{e,c}} \quad (6.2.8)$$

式中: ζ ——结构变形或应变校验系数;

$S_{e,m}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变形或应变实测值;

$S_{e,c}$ ——试验荷载作用下控制测点的弹性变形或应变计算值。

6.2.9 测点的相对残余变形或相对残余应变应按下式计算:

$$S'_p = \frac{S_p}{S_t} \times 100\% \quad (6.2.9)$$

式中: S'_p ——测点的相对残余变形或相对残余应变;

S_p ——试验荷载作用下控制测点的残余变形或残余应变实测值;

S_t ——试验荷载作用下控制测点的总变形或总应变实测值。

6.2.10 荷载试验符合下列规定时,应评定为符合设计要求:

1 加载或持荷过程中,结构构件未出现较大变形或失稳,玻璃地板的锚栓、螺栓等连接件未发现松动或滑移等情况;

2 荷载-变形曲线宜为线性关系;

3 结构变形或应变校验系数不应大于1.0;

4 卸载后相对残余变形不应大于20%。

6.3 自振特性测试

6.3.1 自振特性测试应包括桥梁结构的自振频率、振型和阻尼比的测试。

6.3.2 自振特性测试宜采用跳梁法或力锤敲击法,大跨径桥梁的自振特性测试宜采用环境激励法。

6.3.3 自振特性测试工作应符合下列规定:

1 测试前应对结构振型进行预分析;

2 测试时应在预分析的结构振型曲线的波峰、波谷处布置传感器;

3 测试结构振型的最少阶数应根据桥型特点和分析需求进行选择。

6.3.4 景区玻璃桥结构的振型可根据记录的振动波形分析确定。当采用环境激励法测得桥梁上各振动测点处的振动时域波形时,宜采用专门的模态分析软件分析振型、频率和阻尼比。

6.3.5 景区玻璃桥结构的阻尼比可采用波形分析法、半功率带宽法或模态分析法获得,结构的阻尼比宜取多次试验结果的算术平均值。

6.3.6 采用实测自振频率评价景区玻璃桥结构的刚度变化时,应符合下列规定:

1 在桥梁结构体系和恒载不变的情况下,宜采用既往实测自振频率的初次值作为基准频率值;当实测自振频率小于基准频率值的90%时,应分析结构刚度退化的原因。

2 在桥梁结构体系或恒载发生改变的情况下,可通过实测自振频率与基准频率值的比较,分析目前结构刚度与结构体系或恒载改变的关联程度。

3 基准频率值应采用改变前的最近一次实测自振频率值;当缺少成桥时基准频率值时,应采取其他方法并结合结构刚度退化进行评价。

附录 A 栏杆水平荷载试验

A. 0. 1 栏杆水平荷载试验应选取人流集中的最不利或最典型跨段进行。栏杆水平荷载试验的荷载大小应为荷载标准值或按设计要求取值。

A. 0. 2 栏杆水平荷载试验应测试栏杆立柱、扶手的最不利位置水平变形位移,测试方法和仪器设备应能模拟实际荷载的分布及大小,且能反映栏杆体系的实际工作状态。

A. 0. 3 栏杆水平荷载试验可选择单跨栏杆检测,宜选取连续 2 跨栏杆同时进行检测,施加荷载可采用拉力法或推力法。

A. 0. 4 试验荷载的施加和量测应符合下列规定:

1 应分级加载,每级荷载不宜超过最大荷载的 20%,在每级加载后应保持足够的持荷稳定时间,持荷稳定时间不应少于 3min,并检查构件是否出现终止加载条件;

2 达到最大荷载后,应持荷不少于 30min,且每隔 10min 测取 1 次荷载和变形值,直到变形值在 10min 之内不再增加为止;

3 加载完成后应分级卸载,应在每一级荷载和卸载全部完成后测取变形值;

4 试验加载过程中栏杆位移或变形突然增长、构件裂缝急剧开展或发生较大异响等情况时,应终止加载。

A. 0. 5 栏杆水平荷载试验结果满足下列规定时,应评定为符合设计要求:

1 加载或持荷过程中,栏杆的立柱和扶手未出现较大变形或失稳,锚栓、螺栓等连接件未发现松动或滑移,支座未出现裂缝或局部损伤等情况;

2 荷载-变形曲线宜为线性关系,且栏杆顶点水平变形不大于高度的 $1/120$;

3 卸载后相对残余变形不应大于 20% 。

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

附录 B 索力振动法测试

B.0.1 振动法测试应明确索两端的约束条件,否则应通过现场试验确定换算索长。

B.0.2 振动法测试仪器设备应符合下列规定:

1 传感器、放大器系统应有足够的灵敏度,可测量索的自然环境随机振动微弱信号;

2 测试系统应满足不同索长自振频率对仪器频率响应特性的精度要求,宜有 0.3Hz~100Hz 的带宽;

3 信号采集与分析装置应有频率分析功能,可获得索前 3 阶~5 阶自振频率;

4 测量时应同时监测记录信号的质量。

B.0.3 测量与记录应符合下列规定:

1 索的自振频率可采用随机环境振动或人工激振的测量方法,测量索振动信号的同时应注意观察信号质量;

2 测量时应临时解除索的阻尼器;

3 按随机信号处理的规定选择分析参数;

4 谱分析时频率分辨率不应大于 0.01Hz。

B.0.4 索力计算应符合下列规定:

1 索的抗弯刚度可忽略,索力应按下式计算:

$$T = \frac{4\bar{W}L^2}{n^2 g} \cdot f_n^2 \quad (\text{B.0.4-1})$$

2 考虑索的抗弯刚度,索力应按下式计算:

$$T = \frac{4\bar{W}L^2}{n^2 g} \cdot f_n^2 - \frac{n^2 EI \pi^2}{L^2} \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中: T ——索力;

\bar{W} ——单位索长索的质量 (kg/m)；

L ——索的计算长度 (m)；

n ——振动阶数；

g ——重力加速度，取 9.8N/kg；

f_n ——索的第 n 阶自振频率 (Hz)；

EI ——索的抗弯刚度 ($N \cdot m^2$)。

B.0.5 减小振动法测量误差宜采取下列措施：

1 宜采取低阶频率，用前 5 阶频率计算结果的平均值作为索力的实测值；

2 可按长度将索分成若干组，对不同长度组，选取 1 根 ~ 2 根索在其锚下或索股上安装传感器，通过振动频率法和传感器直接测量法进行对比测量修正；

3 可在试验索上设置一定标距的两个基准点，安装引伸仪，通过在一定荷载增量下测量的索伸长量，求得索受荷后的索力增量，并与加载前后振动频率法测得的索力增量进行对比分析，确定索力修正系数。

附录 C 玻璃面板相关计算方法

C.0.1 夹层玻璃的等效厚度应按下式计算：

$$t_e = \sqrt[3]{\sum_i t_i^3} \quad (\text{C.0.1})$$

式中： t_e ——夹层玻璃的等效厚度(mm)；

t_i ——第*i*片夹层玻璃的厚度(mm)。

C.0.2 作用在夹层玻璃中单片玻璃上的荷载应按下式计算：

$$q_i = \frac{t_i^3}{t_e^3} q \quad (\text{C.0.2})$$

式中： q_i ——分配到第*i*片夹层玻璃上的荷载基本组合设计值(N/mm²)；

q ——作用在玻璃上荷载基本组合设计值(N/mm²)。

C.0.3 夹层玻璃中单片玻璃的最大应力应按下式计算：

$$\sigma_i = \frac{6mq_i a^2}{t_i^2} \quad (\text{C.0.3})$$

式中： σ_i ——第*i*片玻璃的最大应力(N/mm²)；

m ——四边支承玻璃面板的弯矩系数，按表 C.0.3 取值；

q_i ——作用于第*i*片玻璃上的荷载基本组合设计值(N/mm²)；

a ——矩形玻璃板短边边长(mm)。

表 C.0.3 四边支承玻璃面板弯矩系数 m

a/b	m	a/b	m	a/b	m	a/b	m
0.00	0.1250	0.50	0.1000	0.70	0.0742	0.90	0.0528
0.25	0.1230	0.55	0.0934	0.75	0.0683	0.95	0.0483
0.33	0.1180	0.60	0.0868	0.80	0.0628	1.00	0.0442
0.40	0.1115	0.65	0.0804	0.85	0.0576	—	—

注： a/b 是玻璃面板短边与长边的长度之比。

C.0.4 玻璃面板的最大挠度应按下列公式计算：

$$d_f = \frac{\mu q a^4}{D} \quad (\text{C.0.4-1})$$

$$D = \frac{Et_e^3}{12(1-\nu^2)} \quad (\text{C.0.4-2})$$

式中： d_f ——在垂直于玻璃面板的荷载标准组合值作用下最大挠度值 (mm)；

μ ——四边支承玻璃面板的挠度系数，按表 C.0.4 选用；

q ——垂直于该片玻璃面板的荷载标准组合值 (N/mm^2)；

D ——玻璃的刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

E ——玻璃的弹性模量 (N/mm^2)，可按 0.72×10^5 取值；

ν ——泊松比，可按 0.2 取值。

表 C.0.4 四边支承玻璃面板挠度系数 μ

a/b	μ	a/b	μ	a/b	μ
0.00	0.01302	0.55	0.00940	0.80	0.00603
0.20	0.01297	0.60	0.00867	0.85	0.00547
0.25	0.01282	0.65	0.00796	0.90	0.00496
0.33	0.01223	0.70	0.00727	0.95	0.00449
0.50	0.01013	0.75	0.00663	1.00	0.00406

注： a/b 是玻璃面板短边与长边的长度之比。

用词说明

为便于在执行本标准条款时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1 表示很严格,非这样做不可的:
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:
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:
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,采用“可”。

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中,注日期的,仅对该日期对应的版本适用本标准;不注日期的,其最新版适用于本标准。

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
- 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476
- 《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621
- 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784
- 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683
- 《建筑用安全玻璃 第2部分:钢化玻璃》GB 15763.2
- 《建筑用安全玻璃 第3部分:夹层玻璃》GB 15763.3
- 《建筑用安全玻璃 第4部分:均质钢化玻璃》GB 15763.4
- 《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776
- 《半钢化玻璃》GB/T 17841
- 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2
- 《城市桥梁设计规范》CJJ 11
- 《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69
- 《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99
- 《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233
- 《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152
- 《建筑地基检测技术规范》JGJ 340
- 《玻璃幕墙粘结可靠性检测评估技术标准》JGJ/T 413
- 《既有建筑地基基础检测技术标准》JGJ/T 422

《建筑防护栏杆技术标准》JGJ/T 470
《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64
《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363
《玻璃栈道工程技术规程》T/CECS 896

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

中国工程建设标准化协会标准

景区玻璃桥检测评定标准

T/CECS 1232—2023

条文说明

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

制定说明

本标准制定过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究、检测验证和工程试用,总结了我国景区玻璃桥工程建设的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准并结合中国建筑科学研究院有限公司的技术积累,通过研究和试验给出了适合景区玻璃桥工程检测评定的具体方法与规定。

由于景区玻璃桥前期投入少、施工周期短以及经济回报高等因素,致使我国景区玻璃桥项目数量在不断高速增加,但目前缺少专门针对景区玻璃桥的检测评定标准,因此为了对景区玻璃桥项目进行安全管理和监控,保证景区玻璃桥工程质量的安全合理、科学管理,促进景区玻璃桥工程的健康发展,编制本标准。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定,《景区玻璃桥检测评定标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

目 次

1	总 则	(41)
2	术语和符号	(42)
2.1	术语	(42)
3	基本规定	(43)
4	检查与检测	(46)
4.1	一般规定	(46)
4.2	桥梁结构几何形态	(46)
4.3	材料强度和密封胶	(47)
4.4	玻璃地板和栏杆	(47)
4.7	玻璃桥技术状况评估	(50)
5	检算和评定	(51)
5.1	一般规定	(51)
5.2	检算	(51)
5.3	承载能力评定	(52)
6	荷载试验	(53)
6.1	一般规定	(53)
6.2	静力荷载试验	(54)
6.3	自振特性测试	(54)
附录 B	索力振动法测试	(55)

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

1 总 则

1.0.2 本标准适用于景区玻璃桥的检测评定工作。因玻璃栈道或观景玻璃平台通常选用悬挑式或非悬挑式钢桁架结构、悬索结构,与桥梁结构类型不同,其检测评定工作的思路、内容及要求也有较大区别。因此,玻璃栈道或观景玻璃平台的检测评定工作可参见现行协会标准《玻璃栈道工程技术规程》T/CECS 896 的有关规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.5 结构的整体稳固性参考现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的有关规定,当发生偶然事件时,结构整体能保持稳固且不出现与起因不相称的破坏后果。

3 基本规定

3.0.1、3.0.2 为了避免景区玻璃桥由于无地质勘察、非正规设计、非正规施工等引起的安全隐患,有必要对在本标准颁布之前的景区玻璃桥进行工程质量检测或承载能力检测评定,也包括工程质量保险要求实施的检查或检测。人为或自然灾害包括火灾、撞击、强风雪、洪水、地质灾害等。针对施工或验收过程中某个不符合项,可仅对该项进行检测;向建设主管单位申报停建手续停建时间为1年以上的,复工前应进行工程质量检测,并明确相关工程质量的责任划分。对于景区玻璃桥的复杂环境情况,如长时间停用(停止运营及相应维护工作)1年以上,可能会出现胶材老化开裂、漆膜氧化开裂、钢材生锈等问题,再次投入使用前,务必对此类景区玻璃桥进行承载能力检测;玻璃桥在使用过程中如出现玻璃爆裂、局部掉漆、局部胶材老化开裂等易修复的问题,可由专业单位直接进行修复,且务必保留过程资料。

当有相邻或周边工程施工,导致景区玻璃桥主体结构出现损伤或破坏,安全防护范围内施工对景区玻璃桥主体结构产生影响,桥梁结构修复、更换、重建等改变了景区玻璃桥初始状态等情况时,均应进行玻璃桥的承载能力评定。

3.0.3 对于新建景区玻璃桥,在工程验收投入使用前且在试运营期前要做现场荷载试验;参考现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的有关规定应定期进行静载试验检测,结合景区玻璃桥的使用特点及环境复杂情况,宜定期进行荷载试验确保玻璃桥的结构安全。

3.0.4 依据现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的有关规定,景区玻璃桥每年要进行技术状况评估。《既有建筑幕墙安

全维护管理办法》(建质〔2006〕291号文)、现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102考虑了幕墙的危险性和胶材易老化等缺陷,规定每5年进行安全评定,使用10年后要每3年进行安全评定,景区玻璃桥结构形式与玻璃幕墙部分相似,安全性要求比玻璃幕墙高,且我国旅游业发展迅猛,有必要加强其安全监督,除了日常巡查和定期检查外,本条明确规定了需定期对景区玻璃桥进行承载能力评定,通过专业评定以确保景区玻璃桥的安全可靠。

3.0.5 根据委托目的,现场试验包括玻璃面板的静载试验、栏杆水平试验,玻璃桥的静力荷载试验及自振特性测试等。

3.0.6 工程概况需包括项目设计信息、参建和管理各方单位信息等,设计信息包含项目名称、地址、开竣工时间、地质地貌状况、桥梁基本指标参数等;相关技术资料包括桥位地质钻探资料及水文勘测资料、设计计算书及有关图纸、变更设计计算书及有关图纸、材料试验资料、施工记录、监理资料、监测资料、地基与基础试验资料、竣工图纸及其说明、交工验收资料、交工验收荷载试验报告、竣工验收有关资料等;既有玻璃桥还要桥梁检查与检测、荷载试验资料、历次桥梁维修及加固资料、历次事件记载资料等。

3.0.7 检测评定方案需包括下列主要内容:

(1)工程概况,包括景区玻璃桥建设、勘察设计、施工及监理单位名称、建造时间、桥梁类型、检测时工程进度、检测单位信息和环境状态等;

(2)委托目的、检测范围及历次检查与检测情况;

(3)检测项目、检测方法及依据的标准;

(4)检测批的划分、抽样方法和检测数量;

(5)检测人员和仪器设备情况;

(6)检测工作进度计划;

(7)委托方配合的工作内容;

(8)不具备现场检测条件的说明;

(9)检测中的安全与环保措施等。

3.0.8 目前景区桥梁的玻璃面板仍以全隐框为主,此种玻璃连接形式不合理,随着景区桥梁的主跨跨度越来越大,玻璃面板经风吹脱落的风险增加。因此,对于主跨跨度大于500m的景区桥梁需根据结构形式、工作性能和损伤特征开展专门的研究评估。

3.0.11 为了更好地让景区桥梁的业主及管理单位了解检测评定报告内容及格式,保证检测评定报告的质量及检测评定工作的完整性和有效性,本条规定了检测评定报告包括的内容。承载能力检测评定时在报告中需给出索、支座和夹具的检算分析过程及结果,如有荷载试验也应包括相关试验结果。

4 检查与检测

4.1 一般规定

4.1.1 构件耐久性状况检测包括钢筋锈蚀电位的检测、氯离子含量的检测、电阻率的检测、碳化状况的检测等,景区玻璃桥地基基础检测的具体要求需符合本标准第 4.1.6 条的有关规定。

4.1.7 当现场条件不允许时,外观缺损要对重点部位进行检查。对于一般施工质量的检测可按照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 中的抽样类型 A 类进行抽检,对于外观质量较差,已出现明显变形、缺损、漏筋、节点松动滑移等缺陷或有灾损的桥梁结构,可按照 C 类进行抽检,其余可按照 B 类进行抽检,A、B、C 检测类别的划分原则与抽检方法、数量、评定原则要符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定。重点部位指景区玻璃桥受力构件的应力较大区域,包括连接节点的相连区域。

4.2 桥梁结构几何形态

4.2.1 结构检算需要的其他参数包括连接件、桥面系构件、栏杆等相关几何参数。

4.2.2 中小跨径、大跨径桥梁分类需符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定,中小跨径桥梁单跨测量断面至少包含支点、 $1/2$ 桥跨截面,大跨径桥梁单跨测量断面至少包含支点、 $1/4$ 桥跨截面、 $1/2$ 桥跨截面。桥梁墩柱、桥塔的测量断面至少包含柱(塔)底部、 $1/2$ 柱(塔)高、柱(塔)顶部截面。

4.2.3 悬索桥主缆线形建议在索夹位置处的主缆顶面布设测点。拱轴线建议按桥跨的 8 等分点或其倍数分别在拱背和拱腹布设测

点。环境参数包括温度、日照情况、风向和风速等。

4.3 材料强度和密封胶

4.3.2 景区玻璃桥采用的玻璃面板通常为钢化玻璃、均质钢化玻璃制成的夹层玻璃产品,可通过检查其出厂质量证明文件确定其玻璃强度。

4.3.3 可采用里氏硬度检测法推定钢材强度,有怀疑时可在结构上截取试件进行试验。当主要构件截面的厚度与截取试样构件的厚度不同且大于 16mm 时,可按现行国家标准《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917 规定的钢材强度设计值折减比例对钢材强度代表值进行折减。

4.3.4 混凝土标准芯样是高径比不小于 1:1、直径为 100mm 的芯样,允许使用小直径芯样,但直径不能小于 70mm。

4.3.6 现场目测检查结构胶颜色变化可参考现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的有关规定。

4.3.7 不允许使用酸性胶,中性硅酮结构胶现场检测需满足现行行业标准《玻璃幕墙粘结可靠性检测评估技术标准》JGJ/T 413 中切割拉拔法的有关规定。

4.4 玻璃地板和栏杆

4.4.1 本条对玻璃地板现场检测做出规定。

1 外观状况:玻璃面板不能有肉眼可见的气泡、杂质、裂纹等缺陷,划伤需符合现行国家标准《悬空地板、踏步、步道及栈道玻璃》GB/T 38784 的有关规定,密封胶胶缝要均匀、饱满、无空隙,支承龙骨不能存有锈蚀、开裂破损、弯曲或扭曲变形的情况,连接焊缝不能有裂纹、未焊透、未熔合、夹渣等缺陷,螺栓不能有脱落或松动、缺失等情况。

2 玻璃面板的支承连接:支承龙骨的连接件、垫片、绝缘片、紧固件的规格与数量需符合设计要求,连接件需安装牢固;螺栓需

有防松脱措施,连接件的可调节构造需与螺栓牢固连接并有防滑措施;衬垫材料与玻璃需平整结合、紧密牢固,不能存有空隙。

3 尺寸偏差:选择对支承龙骨安全性影响较大的部位及有代表性的部位进行检测,涵盖玻璃面板和支承龙骨的全部尺寸。玻璃面板长宽尺寸的允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$,玻璃面板平整度的允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$,支承龙骨部件尺寸允许偏差需符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的有关规定。同一部位选取 3 个测点,并取 3 个测试值的平均值作为代表值。

4 玻璃构造:采用玻璃构造测量仪检测玻璃构造,玻璃构造需符合设计要求。面板夹层玻璃的单片厚度不能小于 8mm ,且各层单片玻璃厚度相差不能大于 3mm ,中间层胶片厚度不得小于 1.14mm ,玻璃面板之间的接缝不得小于 6mm ,玻璃面板及连接需采用便于更换的构造措施。

5 玻璃表面应力:采用玻璃应力测量仪检测玻璃应力,应力值需符合设计要求。

6 玻璃面板的静载试验:采用逐一增加单个重量为 $50\text{kg}\pm 0.1\text{kg}$ 配重的试验方法,直至达到荷载基本组合的设计值,记录玻璃面板的变形值,检查玻璃面板在荷载标准组合值下的变形值是否满足设计要求,在荷载基本组合值下玻璃是否破碎、密封胶是否开裂。

4.4.2 栏杆类别分为现场加工制作和成品两种,栏杆主体结构包括立柱、扶手、栏板、护栏、爪件以及垫片等。本条对栏杆的现场检测做出规定。

1 外观状况:栏杆表面不能有裂纹、折叠、夹层、锈蚀等,涂层不能有漏涂,表面不能存在脱皮、锈蚀开裂和空鼓等缺陷;栏杆不能存有弯曲或扭曲变形、杆件开裂破损情况;杆件连接焊缝不能有裂纹、未焊透、未熔合、夹渣等缺陷,螺栓不能有脱落或松动、缺失等情况;栏杆涂层要均匀、无明显皱皮、流坠、乳突、针眼和气泡,涂层与材料之间或各涂层之间需粘结牢固。

2 节点与连接:钢栏杆的连接质量与性能的检测可分为焊接连接、焊钉连接、栓钉连接、螺栓连接、高强螺栓连接等项目。栏板与立柱连接件、垫片、绝缘片、紧固件的规格、数量应符合设计要求,连接件应安装牢固;螺栓应有防松脱措施,连接件的可调节构造应与螺栓牢固连接,并应有防滑动措施;栏杆节点连接的做法和检验指标要符合现行行业标准《建筑用玻璃与金属护栏》JG/T 342 的有关规定。

3 尺寸偏差:需按设计资料或产品标准进行检验,需涵盖栏杆杆件的尺寸,需选择对栏杆安全性有影响的部位及有代表性的部位进行检测。同一部位要选取 3 个测点,并需取 3 个测试值的平均值作为代表值;钢材的厚度可用超声测厚仪测定;尺寸偏差的允许值和钢构件安装偏差,要符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

4 涂层厚度:防腐涂层的厚度检测需在涂层干燥后进行,检测时构件表面不能有结霜或脱层脱开;抽检最小样本容量不少于 3 件,每件需选取 5 个测点,需取 3 处相距 50mm 测点测试值的平均值作为代表值,且不能小于设计厚度,当设计对涂层厚度无要求时,涂层干漆膜总厚度需为 $150\mu\text{m}$,允许偏差需为 $-25\mu\text{m}$;栏杆防护涂料的质量要按照国家现行相关产品标准对涂料质量的规定进行检测;涂装前钢材表面的除锈等级,可按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 规定的图片对照观察来确定;使用涂层测厚仪时,需避免电磁干扰;防腐涂层厚度检测需在外观检测合格后进行,相关涂层检测的设备、步骤及方法按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的有关规定执行。涂层的厚度值、偏差值以及涂装外观质量的检测要按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定执行。

5 栏杆水平荷载试验:要委托具有相关检测资质及能力的专业机构进行。试验前需制定试验方案,并需在试验前经过有关各

方的同意,试验方案可参考现行行业标准《建筑用玻璃与金属护栏》JG/T 342 和现行协会标准《玻璃栈道工程技术规程》T/CECS 896 的有关规定。

4.4.3 栏杆性能包括抗水平荷载性能、抗垂直荷载性能、抗软重物撞击性能、抗硬物撞击性能、抗风压性能及抗水平反复荷载性能等。

4.7 玻璃桥技术状况评估

4.7.1 现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 规定单孔跨径大于 100m 的桥梁及特殊结构的桥梁为 I 类养护的城市桥梁,考虑景区玻璃桥结构特殊性、使用特点及环境复杂情况,本条规定景区各类型的玻璃桥均按 I 类养护的桥梁进行技术状况评估,检测评级具体工作按现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的有关规定执行。

4.7.3 当景区玻璃桥的技术状况评估为合格级时,可按桥梁养护要求进行保养小修。

5 检算和评定

5.1 一般规定

5.1.2 检算前要搜集有关桥梁勘察设计、施工、监理、运营、荷载试验、监测、养护以及维修加固等方面的技术资料。结构检算时,要根据玻璃桥调查、检查和检测确定所采用的技术参数与桥梁实际的符合性。必要时,要根据玻璃桥结构的恒载分布情况、几何线形、结构尺寸和开裂状况等方面的检测评定结果,对模型的边界条件、结构初始状态等进行调整。

5.1.3 栏杆的水平荷载标准值来源于中国建筑科学研究院有限公司的相应课题研究成果,并符合现行协会标准《玻璃栈道工程技术规程》T/CECS 896 的有关规定;如设计文件对栏杆的竖向荷载标准值没有明确要求,按现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的有关规定,取值不低于 1.2kN/m 。根据桥梁墩台与基础变位以及形态参数的检测结果,综合确定基础变位最终值,计算基础变位产生的结构附加内力。

5.1.4 人群荷载不均匀分布需按桥面宽度考虑人群密集效应,荷载试验方案中也应考虑。

5.1.7 腐蚀对钢构件承载力影响的折减系数见现行国家标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008 的有关规定。

5.1.8 与现行行业标准《公路桥梁承载能力检测评定规程》JTG/T J21 要求一致,索力偏差还需分析原因。

5.2 检 算

5.2.1 按照现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 划分景区玻璃桥的结构安全等级。

5.2.2 既有景区玻璃桥的检算也要考虑现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定,对风、雪荷载进行符合实际情况的调整。

5.2.6 必要时对承受动力荷载重复作用的构件及连接部位的疲劳性能进行验算分析。

5.2.7 本条中梁式钢结构包括钢桁架。

5.2.8 本条中混凝土梁包括预应力混凝土梁。

5.2.11 主要包括但不限于景区玻璃桥锚块、桥塔的基础与地基检算。

5.3 承载能力评定

5.3.1 具体要求需符合现行行业标准《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的有关规定,结构构件还包括栏杆构件。

5.3.4 景区玻璃桥不允许缆索、锚具发生腐蚀,发现腐蚀建议立即采取更换措施。

6 荷载试验

6.1 一般规定

6.1.1 景区玻璃桥与市政或公路桥梁不同,设计一般不采用车辆荷载,不需要进行动力荷载试验,一般通过自振特性测试获得结构自振频率、阻尼比和振型。

6.1.2 验收性荷载试验是指试验控制荷载按标准值或设计要求确定,通过加载或等效加载评定结构承载能力是否满足设计要求的静力荷载试验。鉴定性荷载试验是指结构检测和检算后认定承载力不足的桥梁或实施试验研究的桥梁,为评估其实际承载水平,并鉴定其结构承载能力的静力荷载试验。

6.1.3 本条对试验方案做出规定。

1 测试内容包括试验区域、控制截面及控制测点的布置,由委托方或设计单位指定时要在试验方案中注明。

2 试验荷载包括加载方式、加载值。

3 仪器设备包括相关设备、辅助设备及传感器等,在检定或校准有效期内,需满足测量准确度、分辨力、量程等性能要求,以及气候环境、机械环境和电磁环境的适应性要求。

4 试验程序包括加载、卸载程序与测试程序,试验终止条件。

5 组织与分工包括试验组织框架,人员分工职责,具体协调要求。

6 安全措施包括明确试验期间人员、设施、仪器设备等安全保障措施。

6.1.4 试验前,需按加载分级计算确定各荷载工况下控制截面测点的应力(应变)或变位值、裂缝宽度值,计算结果是现场加载控制的主要依据之一。当试验加载过程中玻璃桥结构位移或变形突然

增长,混凝土构件裂缝宽度开展超过 2.0 倍计算值或限值时,需综合分析并终止加载。

6.2 静力荷载试验

6.2.1 验收性荷载试验的控制截面和测试内容需符合现行行业标准《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 的有关规定。控制测点应选定不同试验加载工况下产生内力或变形最不利效应值的点,控制截面也包括控制杆件。

6.2.6 检验荷载施加前要进行预压,卸载全部完成后可在 30min 后量测残余变形值。

6.2.8 结构变形或应变校验系数不可以接近 1.0,实际试验应根据桥梁特点按 0.8~0.9 控制,如果超过 1.0,需分析原因。

6.3 自振特性测试

6.3.3 建议结构振型测试的最少阶数为:悬索桥、斜拉桥不少于 9 阶,连续梁、刚构、拱桥不少于 3 阶,简支梁不少于 1 阶。

6.3.6 实测自振频率的历史数据可反应桥梁结构历史各阶段整体刚度状况,因此通过对比实测频率历史数据可评价桥梁结构实际刚度的变化情况,从而初步判断桥梁的技术状况是否出现劣化。其他方法包括采用计算频率值、结构构件质量检查及专家论证等。

附录 B 索力振动法测试

B.0.1 振动法测量索力原理是在一定条件下索股拉力与索的振动频率存在对应的关系,在已知索的长度与质量分布时,通过索股的振动频率计算索的拉力。

B.0.3 合理选择分析参数,包括采样频率、频率分辨率和滤波器的截断频率等,可减少信号处理误差。

B.0.5 影响振动法测量索股张力结果的主要因素有两点:索两端约束条件以及索长的取值与理论假设的差异,索抗弯刚度的影响。

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21



7155182116506

统一书号:155182·1165

定价 :30.00 元

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21