

T/CECS XXXX-20XX

**中国工程建设标准化协会标准**

景区游乐设施结构安全检测技术规程

Technical specification for safety inspection of amusement facilities in scenic spots

（征求意见稿）

**中国工程建设标准化协会标准**

景区游乐设施结构安全检测技术规程

CECS ××：××

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

批准日期：2 0 ×× 年 × 月 1 日

202× 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会印发《2018年第二批工程建设协会标准制订、修订计划》（建标协字[2018]030号）的要求，编制组经专题研究，检测验证和工程试用，并参考有国内外先进成熟技术，在广泛征求意见的基础上制定本标准。

本标准共分7章和5个附录，主要内容包括总则，术语与符号，基本规定，检测、计算分析、安全性评定、检测评定报告等。

 本规程由中国工程建设标准化协会检测与试验专业委员会归口管理，由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市海淀区西土城路33号，邮政编码：100088），以供修订时参考。

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

参编单位：中国特种设备检测研究院

 国家建筑工程质量监督检验中心

 北京中冶设备研究设计总院有限公司

中国京冶工程技术有限公司

 国家工业建构筑物质量安全监督检验中心

 湖南中大检测技术集团有限公司

中冶检测认证有限公司

国家钢结构质量监督检验中心

北京市建筑工程研究院有限责任公司

青岛职业技术学院

江西华建栈道工程有限公司

首都师范大学

天津大学

主要起草人：谭志催 鄂立军 李志鹏 刘立渠 。。。

主要审查人：...

**目 录**

[1 总 则 1](#_Toc3004)

[2 术语和符号 3](#_Toc922)

[2.1 术语 3](#_Toc29744)

[2.2 符号 3](#_Toc12947)

[3 基本规定 6](#_Toc15595)

[4 检测 12](#_Toc11148)

[4.1 一般规定 12](#_Toc23579)

[4.2 检测内容 13](#_Toc9420)

[5 计算分析 16](#_Toc3212)

[5.1 一般规定 16](#_Toc23814)

[5.2 荷载与作用 16](#_Toc11479)

[5.3 计算分析 17](#_Toc12377)

[6 安全性评定 18](#_Toc26849)

[6.1 一般规定 18](#_Toc25170)

[6.2 项目和分部安全性评定 18](#_Toc2133)

[6.3 单元安全性评定 21](#_Toc11509)

[6.4 处理要求 22](#_Toc21004)

[7 检测评定报告 23](#_Toc25879)

[附录A 运维管理要素（资料性附录） 24](#_Toc13171)

[附录B 荷载试验 26](#_Toc18070)

[B.1 一般规定 26](#_Toc5238)

[B.2 荷载试验方法 27](#_Toc20267)

[附录C 自振频率测试 29](#_Toc17277)

[C.1 一般规定 29](#_Toc1255)

[C.2 测试方法 29](#_Toc626)

[附录D 疲劳测试和寿命评估（资料性附录） 30](#_Toc11688)

[D.1 一般规定 30](#_Toc17652)

[D.2 疲劳测试方法 30](#_Toc26361)

[D.3 疲劳寿命评估 31](#_Toc28958)

[附录E 安全性评定工作表格 35](#_Toc19010)

[本标准用词说明 39](#_Toc16270)

[引用标准名录 40](#_Toc26421)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc3004)

[2 Terms and Symbols 3](#_Toc922)

[2.1 Terms 3](#_Toc29744)

[2.2 Symbols 3](#_Toc12947)

[3 Basic Rules 6](#_Toc15595)

[4 Inspection 12](#_Toc11148)

[4.1 General rules 12](#_Toc23579)

[4.2 Inspection content 13](#_Toc9420)

[5 Calculation and analysis 16](#_Toc3212)

[5.1 General rules 16](#_Toc23814)

[5.2 Load and effect 16](#_Toc11479)

[5.3 Calculation and analysis 17](#_Toc12377)

[6 Safety assessment 18](#_Toc26849)

[6.1 General rules 18](#_Toc25170)

[6.2 Project and division safety assessment 18](#_Toc2133)

[6.3 Unit safety assessment 21](#_Toc11509)

[6.4 Processing Requirements 22](#_Toc21004)

[7 Inspection and assessment Report 23](#_Toc25879)

A[ppendix A Elements of Operation and Maintenance Management (Informative Appendix) 24](#_Toc13171)

[Appendix B Load test 26](#_Toc18070)

[B.1 General rules 26](#_Toc5238)

[B.2 Load test method 27](#_Toc20267)

A[ppendix C Natural vibration frequency test 29](#_Toc17277)

[C.1 General rules 29](#_Toc1255)

[C.2 Testing methods 29](#_Toc626)

A[ppendix D Fatigue testing and life assessment (informative Appendix) 30](#_Toc11688)

[D.1 General rules 30](#_Toc17652)

[D.2 Fatigue test method 30](#_Toc26361)

[D.3 Fatigue life assessment 31](#_Toc28958)

A[ppendix E Safety Assessment Work Form 35](#_Toc19010)

[Description of terms in this standard 39](#_Toc16270)

[List of quoted standards 40](#_Toc26421)

## 1 总 则

**1.0.1** 为完善游乐设施固定结构安全性的检测和评定工作，做到方法先进、数据准确、评定合理，制定本规程。

【说明】：在我国，大型游乐设施为特种设备，其归口管理部门为国家市场监督管理总局，常用材料为钢材、有色金属，和木材、工程塑料等非金属材料。大型游乐设施按照产品进行监管，监管范围包含设计、制造、安装、使用、维修、改造和检验等活动。大型游乐设施一般包含结构、机械传动、乘人设施、电气设施、安全防护、其他设备等组成部分，结构部分按照特点可分为固定结构和非固定结构。固定结构起到传力支承和连接作用，是大型游乐设施极其重要的组成部分，国内尚无专用的安全性检测和评定方法。

近年来，国内景区新兴建造混凝土滑道、玻璃-钢组合结构滑道、观景步道等游乐设施，这类游乐设施与大型游乐设施有明显区别，材料为混凝土、钢材、玻璃等，固定结构为钢结构或混凝土结构，该类游乐设施目前尚无合适的监管和标准体系。

对于大型游乐设施和混凝土滑道、玻璃-钢组合结构滑道、观景步道等游乐设施而言，固定结构是该类游乐设施的承载主体，其结构特征、材料特性等靠近于建筑结构范畴。在建筑结构领域，钢结构和混凝土结构的检测评定技术已较为完善和成熟，故本规程将汲取大型游乐设施和建筑结构检测评定领域的优点和特长，制定方法先进、数据准确、评定合理的专用标准，用以检测和评定游乐设施固定结构的安全性。

**1.0.2** 本规程游乐设施指以钢结构或混凝土结构作为固定结构的游乐设施。

【说明】： (1)固定结构为钢结构的游乐设施，包含大型游乐设施和钢结构作为支撑结构的玻璃-钢组合结构滑道等，其中：大型游乐设施包含观览车类、滑行类、架空游览车类、陀螺类、飞行塔类、蹦极等;(2)固定结构为混凝土结构的游乐设施，包含混凝土滑道，混凝土观景步道、平台等；（3）固定结构为其他结构类型的游乐设施或小型游乐设施尚不适用于本规程。

**1.0.3** 本规程适用于游乐设施固定结构的结构安全性检测和评定工作。

【说明】：本规程涉及的结构安全性主要考虑结构工程专业角度，不包含机械、乘人、防护、电气等其他专业。本规程内容可单独作为游乐设施中固定结构的检测评定工作，也可作为游乐设施检验工作的一个组成部分。检测工作包含检查、检测和试验。

**1.0.4** 游乐设施固定结构安全性的检测和评定除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1 游乐设施 amusement ride**

用于人们游乐（娱乐）的设备或设施。

**2.1.2 大型游乐设施 large-scale amusement ride**

用于经营目的，承载乘客游乐的设施，其范围规定为设计最大运行线速度大于或等于2m/s，或者运行高度距地面高于或者等于2m的载人大型游乐设施。

**2.1.3 固定结构** **fixed****structure**

固定结构指游乐设施中固定不动的支撑结构部分，包含上部支撑结构和地基基础。主要承担设施支撑、悬吊、拉撑、连接等作用，是指由基础、支（立）柱、梁、板、臂、杆件、索、桁架、塔架等组成的固定支撑体系，不包含轨道、轴承、面板、侧板、防护结构。当游乐设施建于某些建构筑物之上时，基础即为连接部分。

**2.1.4 重要构件 important components**

游乐设施固定结构的主要受力构件和连接节点，如支（立）柱、横梁、塔架、悬臂、基础等。

**2.1.5 一般构件 common components**

 游乐设施固定结构的次要受力构件和连接节点。

### 2.2 符号

**2.2.1** 安全性评定结果类别

a、b、c类——项目的安全性评定结果类别；

A、B、C类——分部的安全性评定结果类别；

I、II、III类——单元的安全性评定结果类别。

**2.2.2** 承载力性能检验参数

$γ\_{u,i}^{0}$ ——构件的承载力检验系数实测值；

$[γ\_{u}]\_{i}$——构件的承载力检验系数允许值；

$R\_{i}\left（∙\right）$——根据实配钢筋确定的构件第i类承载力标志所对应承载力的计算值；

 $S\_{i}$——构件第i类承载力标志对应的承载能力极限状态下的内力组合设计值；

$Q\_{u,i}^{o}$、$F\_{u,i}^{o}$——以均布荷载、集中荷载形式表达的承载力检验荷载实测值；

$ Q\_{d}$、$F\_{d}$——以均布荷载、集中荷载形式表达的承载力状态荷载设计值。

**2.2.3** 疲劳测试参数

 *n*——应力变化循环次数；

$σ\_{1}$——材料第一主应力；

$Δσ$——实测应力幅；

$[Δσ]$ ——循环次数为2×106次的容许应力幅；

——应力幅；

——平均应力；

——材料强度极限；

——材料持久极限，若无参考数据，可取；

**2.2.4** 疲劳寿命评估参数

——剩余疲劳寿命内工作循环数或运行次数；

——总的疲劳寿命内总工作循环数或运行次数；

——已使用的工作循环数或运行次数；

*k*——零部件在一个工作循环历程中含有*k*级的应力水平,...；

——各级应力水平对应的循环次数；

——各级应力单独作用下的疲劳寿命；

、——构件和连接的相关参数；

——循环次数*N*为5×106的容许正应力幅*（N/mm2）*；

——循环次数*N*为1×108的正应力幅（*N/mm2*）的疲劳截止限，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 500017取值。

## 3 基本规定

**3.0.1** 游乐设施固定结构在下列情况下，应进行结构安全性检测和评定：

**1** 游乐设施安装完成之后、投入使用之前；

**2** 遭受灾害或事故后；

**3** 达到设计使用年限拟继续使用时；

**4** 游乐设施改造前；

**5** 其他需要进行检测和评定的情况。

【说明】：本条规定游乐设施固定结构进行安全性检测和评定的几种情况：

（1）已经安装完成的游乐设施，在投入使用之前有必要进行完整的结构检测评定，取得游乐设施的初始结构参数，以便于后期对游乐设施固定结构的安全性进行评价和管理；

（2）当游乐设施遭遇灾害或事故后，应委托有资质的单位对固定结构进行安全性检测评定；

（3）大型游乐设施的设计使用寿命较短，当游乐设施需要延长使用寿命时，必须先对固定结构的安全性进行检测和评定，明确固定结构的安全状况，便于后续工作；

（4）游乐设施改造前，应对固定结构进行安全性检测评定（我国民用和工业建筑改造前，均需对原结构进行安全性鉴定工作）；

（5）其他情况：当游乐设施运维过程中出现不明隐患时，应对游乐设施固定结构进行安全性检测评定工作（参见资料性附录A）；其他出于管理或安全目的需要对游乐设施固定结构进行安全性检测和评定时。

**3.0.2** 游乐设施上部支撑结构为钢结构时，应按照大型游乐设施型式试验要求进行荷载试验；游乐设施上部支撑结构为混凝土结构时，应按照附录B进行荷载试验。

【说明】：大型游乐设施需按照国务院颁发的《特种设备安全监察条例》和相关标准要求进行整机型式试验，包含结构安全性方面的荷载试验。参照1.0.2条解释，玻璃-钢组合结构滑道上部支撑结构为钢结构，建议参照大型游乐设施规定对上部支撑结构进行荷载试验。经检测单位核查，当游乐设施固定结构已做过荷载试验，提供资料真实、有效，且固定结构性状未发生改变时，可不再进行荷载试验。

**3.0.3** 游乐设施固定结构宜按附录C进行自振频率测试。

**3.0.4** 游乐设施上部支撑结构为钢结构时，可参考附录D进行疲劳测试和寿命评估。

【说明】：疲劳性能为高频次钢结构构件的重要参数，但目前测试手段尚不成熟，且针对固定结构整体的疲劳测试较为复杂，建议条件具备的情况下，可选取固定结构重要构件进行疲劳测试和寿命评估。

**3.0.5**  游乐设施固定结构安全性检测和评定工作时间间隔宜为3年，海边、山区等特殊环境下应缩短间隔时间。

【说明】：《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99规定I类桥梁定期检测周期宜为3-5年，考虑大型游乐设施的重要性及本规程规定的其他游乐设施标准体系尚不完善，本条规定建议对固定结构安全性检测评定的时间间隔为3年。特殊环境下，如沿海、山区等地，结构构件耐久性较差，在这种环境下应缩短检测评定间隔时间。

**3.0.6**  游乐设施固定结构的检测和评定工作应按以下程序开展：

**1** 受理委托；

**2** 资料检查和现场调查；

**3** 编制检测评定方案；

**4** 检查、检测、试验；

**5**  计算分析；

**6**  安全性评定；

**7** 出具检测评定报告。

**3.0.7** 游乐设施固定结构检测评定工作受理委托之前，应明确检测评定目的、范围和内容。

**3.0.8**  资料检查和现场调查应包括下列内容：

**1** 查阅游乐设施固定结构的图纸资料，包括设计图纸、计算书、岩土勘察报告和其他相关材料试验报告、施工安装记录、验收报告等资料；

**2** 调查游乐设施固定结构的使用环境、用途或荷载等实际状况；

**3** 调查游乐设施固定结构的运行情况和现有结构缺陷、损伤等；

**4** 查阅游乐设施固定结构使用期间的运维记录、已有检测评定和改造的资料；

**5**  向有关人员调查委托检测的原因以及资料调查和现场调查未能显现的问题。

**3.0.9**  当检测所需资料不齐全、且影响安全性评定结果时，委托方应补充提供相关资料；当委托方不能提供该资料时，检测单位宜采取适用的检测方法、并增加检测抽检量。

【说明】：游乐设施固定结构的检测评定工作应先进行资料检查和现场调查，当资料不齐全、且影响结果判定时，委托方应补齐相关资料。例如委托方无法提供设计图纸、计算书等关键资料时，委托方应向原设计单位索取设计资料或证明该游乐设施经正规设计，检测单位可根据委托方提供的补充资料进行结果判定。

**3.0.10** 游乐设施固定结构检测评定应根据结构类别、特征等参照本规程内容制定方案；其中大型游乐设施固定结构应参考设计鉴定、型式试验、监督检验和定期检验等已有成果，并参照本规程内容制定检测方案。

【说明】：本规程应充分利用已有特种设备检验结果，在已有结果基础上对结构进行科学的检测检验工作，力求更完善的保障游乐设施安全。制定的检测评定方案宜包括下列主要内容：

1. 工程概况，包括游乐设施各参建单位，设施类别，建造安装时间，固定结构类型，环境状态等；
2. 检测依据，包括检测所依据的标准及有关的技术资料等；
3. 检测目的、检测范围、检测项目和选用的检测方法等；
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；
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。

**3.0.11** 游乐设施固定结构进行的检测工作，应满足现行国家检测标准的要求。

【说明】：相关检测标准包括游乐设施现行检测检验标准和建筑类检测标准，如《游乐设施监督检验规定（试行）》、《游乐设施安全技术监察规程》、《大型游乐设施安全规范》GB 8408、《游乐设施检验和验收》GB/T 20050、《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784，《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621、《游乐设施无损检测》GB/T 34370等。检测方法的适用性应符合上述相关检测标准的规定，当存有怀疑时宜采用直接法验证。

**3.0.12** 游乐设施固定结构或构件的计算分析方法应符合现行国家标准的规定，并应计及第3.0.11条检测结果进行计算分析，其中上部支撑结构计算分析应符合《游乐设施安全规范》GB 8408或国家建筑标准要求，地基基础结构计算分析应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007和《建筑桩基技术规范》JGJ 94等标准要求。

【说明】：检测结果符合标准和设计要求、且设计文件有效时，可不进行计算分析。

**3.0.13** 游乐设施固定结构应结合检测和计算结果，按表3.0.13进行结构安全性评定工作，并应符合下列规定：

**1** 游乐设施固定结构的安全性评定工作划分三个层次，第一层次为项目安全性评定，第二层次为分部安全性评定，第三层次为单元安全性评定；

**2** 评定工作次序依次为第一层次、第二层次、第三层次；

**3** 各层次评定结果分为3个类别；

**4** 应根据第一层次评定结果，确定第二层次评定结果；应根据第二层次评定结果，确定第三层次评定结果；

**5**  根据第三层次评定结果给出处理要求。

**表3.0.13 游乐设施固定结构安全性评定工作的层次、类别划分和内容**

| 层次 | 一 | 二 | 三 |
| --- | --- | --- | --- |
| 层名 | 项目 | 分部 | 单元 |
| 评定结果类别 | a、b、c | A、B、C | I、II、III |
| 安全性评定工作内容 | 材料性能试验 | 性能试验 | 游乐设施固定结构（或某一区段）安全性 |
| 自振频率测试 |
| 疲劳测试 |
| 荷载试验 | 上部支撑结构 |
| 承载能力 |
| 构造和连接 |
| 变形与损伤 |
| 地基变形 | 地基基础 |
| 承载能力 |
| 场地稳定性 |

【说明】：本规程参考国家建筑结构可靠性评定层级和等级划分工作内容的方法，结合游乐设施和建筑结构标准体系内容，按照结构检测、评定工作特征将游乐设施固定结构涉及的全部检测评定项目划分为三个分部，确立的分部为第二层次工作内容，对应的每个项目为第一层次工作内容，固定结构整体单元（或某一区段）的评定为第三层次工作内容。项目、分部和单元的安全性评定结果类别划分标准详见第本规程第6章。

**3.0.14** 游乐设施固定结构地基基础的检测和评定工作，应着重检查既有资料和上部结构反应情况，以综合判定地基基础的结构安全性，或结合计算分析确定地基基础的结构安全性。

【说明】：一般建筑结构可根据既有资料和上部结构反应情况推断地基基础安全性能，对游乐设施地基基础结构安全性进行检测评定也可采用此类方法。既有资料包含地勘、设计、施工过程、沉降观测等资料，上部结构反应包含结构构件的倾斜变形、位移、不均匀沉降、沉降开裂等。当既有资料不齐全、影响判定结果，或怀疑地基基础安全性能时，有必要结合检测结果对地基基础进行计算分析（需委托方提供相关参数并补齐检验所需相关资料），参考计算结果对地基基础安全性进行评定。

**3.0.15** 对既有结构上建造或安装的游乐设施固定结构进行检测时，应提供既有结构可靠性评估报告。

【说明】：根据国家可靠性鉴定标准，对既有结构进行改造、安装游乐设施的，应在改造前对结构进行可靠性评估，根据评估报告进行后续设计、安装、改造等工作。

## 4 检测

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 游乐设施固定结构检测工作项目可采用全数检测或抽样检测。当抽样检测时，宜随机抽取样本。

**4.1.2** 当遇到下列情况之一时，宜采用全数检测：

 **1** 外观缺陷或表面损伤的检查；

**2** 受检范围较小或构件数量较少；

**3** 检测指标或参数变异性大或构件状况差异较大；

**4** 灾害发生后对结构受损情况的识别；

**5** 委托方要求进行全数检测。

**4.1.3** 抽样检测可根据检测项目的实际情况采取计数抽样方法、计量抽样方法进行检测；当产品质量标准或施工验收规范的规定适用于现场检测时，也可按相应的规定进行抽样。

【说明】：计数抽样为以样本中个体不合格数或不合格点的数量对检验批总体的符合性做出判定的抽样方法；计量抽样为以样本中个体数据的统计量对检验批总体的符合性作出判定或对检验批总体参数进行推定的抽样方法。

**4.1.4** 计数抽样和计量抽样规则、符合性判定和检测结论应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344规定要求。其中，大型游乐设施固定结构在资料齐全、监督检验、定检齐备的情况下，检测项目抽检数量不应少于检测类别A要求的最小样本数量；本规程规定的其他游乐设施固定结构在资料齐全的情况下，检测项目抽检数量不宜少于检测类别B要求的最小样本数量；检测类别C一般用于结构质量性能的严格检测。

【说明】：《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344规定的检测项目按特点划分为计数检测、计量检测和材料性能检测（试验），计数检测项目抽检最小样本量按从小到大划分为A、B、C三个类别。当检测标的问题较多时，可按照检测类别C进行严格检测，必要时可采取全数检测的方法。

**4.1.5** 游乐设施固定结构试验应符合国家现行相关标准要求，并符合下列规定：

**1** 检测单位根据材料性能可靠程度、按照本规程及相关现行国家标准要求，对游乐设施固定结构材料性能试验项目进行试验；

**2** 荷载试验、自振频率测试和疲劳测试均应选取游乐设施固定结构的重要构件（或结构）。

【说明】：材料性能是结构安全的基本组成，按照现行国家标准，材料性能包含内容较多，因而试验内容的选取和实施应科学、合理，应符合本规程第3.0.9条及本条规定，当材料性能表征正常，且不怀疑某项材料性能时，可不进行该项试验。

荷载试验、自振频率测试和疲劳测试是反映固定结构或构件承载性能、特征的重要手段，进行该类试验时，应选取重要构件或结构进行试验。

**4.1.6** 游乐设施固定结构检测工作应具备以下条件：

**1** 现场检测环境应满足仪器使用需求和各类游乐设施通用技术条件需求；

**2** 现场应设置隔离带，不应有与游乐设施工作无关的物品和设备；

**3**  具备开展检测工作的安全作业设施；

**4** 检测仪器设备精度应满足相关标准和使用要求，属于法定计量检定范畴的，必须经检定合格，且在有效期内。

**4.1.7** 现场检测人员应满足现行国家相关标准要求，参与检测检验人员宜具备本专业工程师以上职称或同等能力。

【说明】：《大型游乐设施检验检测 通用要求》GB/T20050对于检测检验人员有具体要求，针对大型游乐设施的检测评定人员要求应符合大型游乐设施标准体系要求；本规程规定的其他类型游乐设施现场检测人员应符合国家或行业相关检测、检验标准和管理规定要求，且现场不宜少于2名本专业工程师或以上职称人员。

**4.1.8** 对不具备现场检测条件的游乐设施，或者继续检验可能造成安全和健康损害时，可终止检验，并且向受检单位书面说明原因。

### 4.2 检测内容

**4.2.1** 游乐设施固定结构为钢结构时，检测内容宜包含如下内容：

**1** 连接；

**2** 节点；

**3** 尺寸与偏差；

**4** 变形与损伤；

**5** 构造与稳定；

**6** 涂装防护等。

**4.2.2** 游乐设施固定结构为混凝土结构时，检测内容宜包含如下内容：

**1** 构件材料强度；

**2** 构件几何参数；

**3** 构件变形；

**4** 构件缺陷与损伤；

**5** 钢筋配置等。

**4.2.3** 游乐设施固定结构试验内容宜包含如下内容：

**1** 荷载试验；

**2** 自振频率测试；

**3** 疲劳性能测试；

**4** 材料性能试验。

**4.2.4** 游乐设施固定结构材料性能试验包含钢材力学性能和混凝土材料性能。

**4.2.5** 钢材力学性能包含屈服强度、抗拉强度、伸长率、冷弯、冲击功、化学成分分析等。

**4.2.6** 混凝土材料性能包含抗渗性能、抗冻性能、抗氯离子渗透性能、抗硫酸盐侵蚀性能、水泥安定性、碱含量、氯离子含量等。

【说明】：第4.2.1～4.2.6条检测和试验内容参照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344等相关检测标准中钢结构和混凝土结构检测项目制定，现场检测时，一般应包含所属全部检测内容，条件不许可时应做出说明。试验内容汇总为第4.2.3～4.2.6条，材料性能试验包含内容较多，试验内容的选取和实施应符合本规程第3.0.9条、第4.1.5条规定。

## 5 计算分析

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 游乐设施固定结构计算与分析应符合下列规定：

**1** 结构或构件的计算分析应符合现行国家标准的规定；

**2** 结构或构件的计算模型，应符合实际受力、传力和构造状况；

**3** 特殊情况下尚应符合现行国家建筑标准的规定。

【说明】：当游乐设施固定结构为高大结构或与建筑物相关联时，高大结构或建筑物的计算分析尚应符合现行国家建筑标准的规定。

**5.1.2** 结构或构件材料强度的标准值，应根据结构或构件的实际状态按下列规定确定：

**1**  当原设计文件有效，且不怀疑结构或构件材料有严重的性能退化，不考虑设计、施工偏差时，可采用原设计值；

**2** 当材料的种类和性能与原设计不符或材料性能已显著退化，考虑设计、施工偏差时，应根据实测数据按国家现行有关检测技术标准的规定取值。

**5.1.3** 结构或构件上的荷载与作用应经调查或检测核实，按标准和实际情况确定。

**5.1.4** 结构或构件的几何参数应采用实测值，并应计入结构或构件实际的变形、施工偏差以及裂缝、缺陷、损伤、腐蚀等影响。

### 5.2 荷载与作用

**5.2.1** 游乐设施固定结构或构件上的荷载标准值、荷载分项系数、荷载组合值系数、动力荷载的动力系数等应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 、《游乐设施安全规范》GB8408的规定或按实际情况确定。

**5.2.2** 作用效应的分项系数，应按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153的规定取用。可根据不同重现期内具有相同安全概率的原则，可对风荷载、雪荷载的分项系数按目标使用年限予以相应折减。

**5.2.3** 当考虑温度作用的影响时，温度的变化范围可根据地点、环境、结构类型及使用功能等实际情况确定。

**5.2.4** 游乐设施固定结构或构件的运行工况包括：正常运行工况、非正常运行工况和极限状态工况。

**1** 正常运行工况为游乐设施在设计使用条件下，设备空载、偏载、满载等工况；

**2**  非正常运行工况为游乐设施急停、应急救援、维护保养等工况；

**3** 极限状态工况为游乐设施在极限风速、地震等极限条件下的工况。

**5.2.5** 游乐设施固定结构或构件受到不可忽略的地基变形或外界其它作用时，应考虑由其产生的附加作用。

### 5.3 计算分析

**5.3.1** 游乐设施固定结构应根据具体结构受力特点作相应计算：承载力计算、疲劳计算、稳定性计算、抗倾覆计算、防侧滑计算等。

【说明】：游乐设施固定结构须满足以下功能：1）承受正常安装和正常使用期间可能出现的各种作用工况，如荷载变化、温度变化、风荷载作用等。2）游乐设施在正常运转情况下，应具有良好的工作性能，强度、振动、变形等处于合理范围。3）偶然事件发生后须保持必需的整体稳定性，不至于倒塌或倾覆。

**5.3.2** 游乐设施固定结构按承载能力极限状态计算分析时，应考虑荷载效应的基本组合，必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合。按正常使用极限状态计算分析时，应考虑荷载效应的标准组合。

**5.3.3** 游乐设施固定结构计算分析结构或构件的强度、稳定性以及连接的强度时，荷载应采用设计值。

**5.3.4** 游乐设施固定结构疲劳计算应遵守现行国家标准《游乐设施安全规范》GB8408规定，采用容许应力幅法进行计算，荷载应采用标准值。

## 6 安全性评定

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 游乐设施固定结构应结合本规程第4章、第5章结果，按照项目、分部、单元逐层进行安全性评定工作。

**6.1.2** 游乐设施固定结构项目安全性评定结果划分为a、b、c三个类别，分部安全性评定结果划分为A、B、C三个类别，单元安全性评定结果划分为I、II、III三个类别。

**6.1.3** 项目和分部安全性评定工作应符合本规程第6.2节规定，参照附录表E.1~表E.3展开评定工作。单元安全性评定工作应符合本规程第6.3节规定，参照附录表E.4展开评定工作。固定结构检测评定结果的处理要求应符合本规程第6.4节规定。

### 6.2 项目和分部安全性评定

**6.2.1** 游乐设施固定结构性能试验分部项目应按照表6.2.1进行安全性评定，安全性评定工作表格参照本规程附录表E.1。性能试验分部的评定结果应根据材料性能试验、自振频率测试、疲劳性能测试的评定结果进行确定。

**表6.2.1 性能试验分部项目安全性评定结果类别**

| 项目 | a类 | b类 | c类 |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料性能试验 | 材料性能试验结果符合现行国家标准规定；工作无异常 | —— | 材料性能试验结果不符合现行国家标准规定，已影响或显著影响正常工作 |
| 自振频率测试 | 结构自振频率测试值与测试初始值的比值不小于0.95 | 结构自振频率测试值与测试初始值的比值小于0.95，且不小于0.9 | 结构自振频率测试值与测试初始值比值小于0.9 |
| 疲劳性能测试 | $$[Δσ]/Δσ\geq 1.00$$ | $$1.00>[Δσ]/Δσ\geq 0.95$$ | $$[Δσ]/Δσ＜0.95$$ |

【说明】：当设计高于现行国家标准要求时，应同时符合设计要求。当出现规范更新引起的c类评判时，主检人可根据实际情况评为b类或c类。第一次测试时，自振频率不参与评定。

本条现行国家标准指《大型游乐设施安全规范》GB 8408、《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《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等相关标准。

**6.2.2** 游乐设施固定结构上部支撑结构分部项目应按照表6.2.2进行安全性评定，安全性评定工作表格参照本规程附录表E.2。上部支撑结构分部的评定结果应根据荷载试验、承载力、构造和连接、变形与损伤的评定结果进行确定。

**表6.2.2 上部结构分部项目安全性评定结果类别**

| 项目 | a类 | b类 | c类 |
| --- | --- | --- | --- |
| 荷载试验 | 荷载试验结果符合本规程及现行国家标准规定；工作无异常 | —— | 荷载试验结果不符合本规程及现行国家标准规定，已影响或显著影响正常工作 |
| 承载力 | 整体结构或构件承载力符合现行国家标准要求；工作无异常 | 整体结构或重要构件承载力符合现行国家标准要求；个别一般构件承载力基本符合现行国家标准要求；工作无异常 | 整体结构或构件承载能力不符合现行国家标准要求；已影响或显著影响正常工作 |
| 构造和连接 | 结构构件的构造和连接合理，符合现行国家标准规定；工作无异常 | 整体结构或重要构件的构造和连接合理，符合现行国家标准规定；个别一般构件的构造和连接基本符合现行国家标准规定；局部轻微缺陷，工作无异常 | 结构构件的构造和连接不合理，不符合现行国家标准规定；存在明显缺陷，已影响或显著影响正常工作 |
| 变形与损伤 | 结构构件的变形符合现行国家标准规定；无损伤或轻微损伤，工作无异常 | 结构构件的变形基本符合现行国家标准规定；存在损伤，工作无异常 | 结构构件的变形不符合现行国家标准规定；存在损伤，已影响或显著影响正常工作 |

【说明】：当设计高于现行国家标准要求时，应同时符合设计要求。当出现规范更新引起的c类评判时，主检人可根据实际情况评为b类或c类。

本条荷载试验项目涉及的现行国家标准指本规程、《大型游乐设施安全规范》GB 8408及相关规范标准、《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构试验方法标准》GB/T 5052等相关规范标准。

本条承载力、构造和连接项目涉及的现行国家标准指本规程、游乐体系标准和建筑结构设计标准等相关规范标准。

本条变形与损伤项目包含开裂情况，该项目符合现行国家标准规定指的是变形与损伤符合现行国家设计类标准规定；该项基本符合现行国家标准规定指的是变形与损伤符合现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292规定的安全性b级构件要求（不符合a级要求）；该项不符合现行国家标准规定指的是变形与损伤低于现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292规定的安全性b级构件要求。

**6.2.3** 游乐设施固定结构地基基础分部项目应按照表6.2.3进行安全性评定，安全性评定工作表格参照本规程附录表E.3。地基基础分部的评定结果应根据地基变形或承载力的评定结果进行确定，当游乐设施位于不利场地时，尚应考虑场地稳定性。

**表6.2.3 地基基础分部项目安全性评定结果类别**

| 项目 | a类 | b类 | c类 |
| --- | --- | --- | --- |
| 地基变形 | 不均匀沉降小于现行国家标准规定的允许沉降差；固定结构无沉降裂缝、变形或位移 | 不均匀沉降大于现行国家标准规定的允许沉降差；且连续两个月地基沉降量小于每月2mm；上部结构虽有轻微裂缝，但无发展迹象 | 不均匀沉降大于现行国家标准规定的允许沉降差；或连续两个月地基沉降量大于每月2mm；或上部结构存在裂缝，且在发展 |
| 承载力 | 地基基础承载力符合现行国家标准要求；上部结构完好，工作无异常 | 地基基础承载力符合现行国家标准要求；上部结构轻微开裂或损伤，工作无异常 | 地基基础承载力不符合现行国家标准要求；上部结构轻微开裂或损伤，已影响或显著影响正常工作 |
| 场地稳定性 | 游乐设施场地地基稳定，无滑动迹象及滑动史 | 游乐设施场地地基在历史上曾有过局部滑动，经治理后已停止滑动，且近期评估表明，在一般情况下，不会再滑动 | 游乐设施场地地基在历史上发生过滑动，目前又有滑动或滑动迹象，或者目前虽已停止滑动，但当触动诱发因素时，今后仍有可能再滑动 |

【说明】：本条参考《建筑地基基础设计规范》GB 50007和《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292，当设计高于现行国家标准要求时，应同时符合设计要求。当出现规范更新引起的c类评判时，主检人可根据实际情况评为b类或c类。

本条地基变形项目涉及的现行国家标准指《建筑地基基础设计规范》GB 50007。

本条承载能力项目涉及的现行国家标准指《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基技术规范》JGJ 94等标准。

本条场地稳定性项目涉及的现行国家标准指《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基技术规范》JGJ 94等标准。

**6.2.4** 对游乐设施固定结构性能试验、上部支撑结构、地基基础分部进行安全性评定时，应符合以下规定：

**1** 当项目安全性评定结果类别b类项目数量不大于1个、且无c类时，分部安全性评为A类；

**2** 当项目安全性评定结果类别b类项目数量大于1个、且无c类时，分部安全性评为B类；

**3** 当项目安全性评定结果类别含c类时，分部安全性评为C类。

### 6.3 单元安全性评定

**6.3.1** 游乐设施固定结构第三层次单元的安全性评定，应根据其性能试验、上部支撑结构和地基基础的分部安全性评定结果类别，以及与游乐设施固定结构有关的其他安全问题进行评定。

**6.3.2** 游乐设施固定结构单元安全性评定结果划分为I、II、III三个类别，应根据本规程第6.2节的评定结果，按下列规定进行评定工作：

**1** 当分部安全性评定结果类别B类分部数量不大于1个、且无C类时，单元安全性评为I类；

**2** 当分部安全性评定结果类别B类分部数量大于1个、且无C类时，单元安全性评为II类；

**3** 当分部安全性评定结果类别含C类时，单元安全性评为III类；

**4** 当游乐设施固定结构周边存在危险建构筑物或其他设施、且直接受到其威胁时，固定结构单元安全性可直接评为III类。

【说明】：一般情况下，游乐设施固定结构按照本条前3款进行单元安全性评定，当周边存在威胁时，可直接对游乐设施固定结构进行单元安全性评定。

### 6.4 处理要求

**6.4.1** 单元安全性评定结果类别为I类时，游乐设施固定结构无需进行处理或仅需简单处理。

**6.4.2** 单元安全性评定结果类别为II类时，游乐设施权属单位应按照正规流程对固定结构缺陷进行修复处理，修复后应进行验收检验。

【说明】：正规流程包含设计、施工处理、材料报验等等。

**6.4.3** 单元安全性评定结果类别为III类时，游乐设施应暂停使用。大型游乐设施权属单位应上报游乐设施检测检验情况，根据批复结果进行后续处理；其他游乐设施权属单位应上报主管部门（根据批复结果进行后续处理）或按照正规流程立即对固定结构缺陷进行修复处理，修复后应进行验收检验。

【说明】：大型游乐设施由国家及地方特种设备监督部门管理，如固定结构有较大缺陷，则建议权属单位上报主管部门，根据批复进行后续处理。本规程规定的其他游乐设施尚无规定的主管部门（各地主管部门可能不一致，或者无主管部门），如无法上报，则建议权属单位按照正规流程立即施行修复处理，以消除固定结构部分隐患。

## 7 检测评定报告

**7.0.1** 游乐设施固定结构应在检测评定工作完成后出具正式的检测评定报告，报告应包含如下内容：

 **1** 工程概况；

 **2** 检测和评定目的、范围、依据；

 **3** 检测现场环境条件；

 **4** 检测项目人员、设备情况；

 **5**  检查、检测、试验内容和结果；

 **6** 计算分析及结果；

  **7** 安全性评定工作；

 **8** 检测评定结论和建议；

  **9** 建议下次检验日期。

**7.0.2** 检测评定报告编写应符合下列规定：

**1** 报告中宜根据需要明确目标使用年限，指出各固定结构单元所存在的问题并分析其产生的原因。

**2** 报告中应明确各固定结构单元安全性评定结果和处理要求。

**3** 报告中应对安全性评定结果为c类的项目数量、所处位置作出详细说明，并宜提出处理措施建议。

## 附录A 运维管理要素（资料性附录）

**A.0.1**游乐设施运营使用单位对游乐设施的安全使用管理负责。

**A.0.2**游乐设施的结构检查维护应包括日常运行检查维护、定期检查维护、紧急维护检查和健康监测。

【说明】：本节主要鉴于以往工程经验，针对运营期间游乐设施的结构，提出了相应的检验检测活动技术要求，本规程所指游乐设施均应进行日常和定期检查。

**A.0.3**日常运行检查维护应符合下列规定：

**1** 日常运行检查维护是对游乐设施的主体结构、附属结构及地基基础的技术状况进行的外观目测检查为主的日常巡检活动，检查周期由运营单位确定，至少在设施开放前及结束后各巡检一次，建议开放日每天巡检一次；

**2** 日常检查完成后应填写相应的检查记录表格，详细记录检查过程中发现的问题，相关人员签字确认，定期汇总并存档；

**3** 对于发现的问题应及时进行维护处理，当无法判断问题的危害程度时，应进行专项检测，并对检测结果进行安全评估。

**A.0.4**日常运行检查维护应包括但不限于下列内容：

**1** 对主体结构、附属结构及地基基础、护栏、悬索和锚固点等重要部位进行检查；

**2** 检查以外观目测检查为主，必要时对重要部位可以进行仪器检测；

**3** 检查应填写相应的检查记录表格，详细记录检查过程中发现的问题，相关人员签字确认，定期汇总并存档；

**4** 发现问题应当停止使用，并及时报告单位负责人。

**A.0.5**游乐设施的结构应实行定期检查维护制度，运营使用单位应组织维保人员每年对游乐设施的结构进行维护保养检修。属于大型游乐设施范畴的还应按时申请法定的定期检验。

**A.0.6**定期检查应包括但不限于下列内容：

**1** 支撑构件与地基基础的锚固是否有松动，锈蚀，位移及其他影响构件安全的缺陷，地基基础是否有浸水，塌陷及沉降开裂现象；

**2** 各结构构件外观整洁性，包括构件的锈蚀、变形、破损、开裂、漏筋、倾斜及变形情况；

**3** 连接（螺栓、焊缝等）的锈蚀、缺失、松动和损坏；

**4** 人行通道、上下爬梯等附属设施的连接情况，有无锈蚀、松动、变形、破损、失效、脱落情况；

**5** 定期检查完成后应填写相应的检查记录，相关人员签字确认；

**6** 定期检查发现的问题，当场要登记所检查项目的缺陷类型、检查时间、缺陷位置、缺陷描述、采取的措施、处理结果，并及时提交和汇报检查情况，并对缺陷构件采取有效的处理措施，出现对结构影响较大的损伤时，应进行安全性检测评定。

【说明】：定期检查的记录方式可以文字记录为主，并可配合照相或摄像手段辅助记录，资料应及时汇总后上交使用管理单位进行存档。

**A.0.7**游乐设施结构受到撞击、火灾、爆炸、地震、地质灾害或其他外力因素等情况影响造成损伤时应进行紧急维护检查，并对游乐设施结构进行安全性检测评定。

**A.0.8**游乐设施结构宜采取全寿命周期管理，宜对全过程信息进行监测和统计分析，并对建设、设计、施工、检测、使用等单位共享技术信息。

**A.0.9** 运营使用单位应建立游乐设施技术档案和相应的档案管理制度。

【说明】**：**游乐设施技术档案应当包括但不限于以下主要内容：

**1** 安装技术资料；

**2** 验收检验报告；

**3** 使用登记表（适用时）；

**4** 改造、修理技术文件；

**5**  年度自行检查的记录；

**6** 定期检验报告（适用时）；

**7** 固定结构检测评定报告；

**8** 应急救援演练记录；

**9** 运行、维护保养、故障与事故处理记录；

**10** 作业人员培训、考核和证书管理记录；

**11** 法律法规规定的其他内容等。

## 附录B 荷载试验

### B.1 一般规定

**B.1.1** 游乐设施上部支撑结构为混凝土结构时，应按照本附录进行荷载试验。

**B.1.2** 荷载试验分为使用性能检验和结构性能检验，检测单位应根据不同检验类型和计算确定测试内容。

【说明】：使用性能检验一般可满足游乐设施固定结构正常使用需求，结构性能检验荷载较大，偏向于特定需求或严格检验结构安全性能。

**B.1.3** 游乐设施上部支撑结构宜进行静态荷载试验，试验荷载可按控制内力、应力或变位等关键参数的等效原则确定，速度大于或等于2m/s的游乐设施需考虑冲击荷载作用。

**B.1.4** 试验之前应制订试验方案，试验方案应包括下列内容：

**1**  测试内容：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，宜在试验方案中注明；

**2** 试验荷载：加载方式、荷载值；

**3** 仪器设备：相关设备、辅助设备及传感器等应在检定或校准有效期内，应满足测量准确度、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：加载、卸载程序与测试程序，试验终止条件；

**5** 组织与分工：试验组织框架，人员分工职责，具体协调要求；

**6** 安全措施：明确试验期间人员、设施、仪器设备等安全保障措施；

**7**  试验资料整理的要求：现场试验数据的处理，包括加、卸载的荷载量，所测荷载－位移曲线、荷载－应变曲线等。

**B.1.5** 现场荷载试验的控制截面及控制测点的选定，应符合以下规定：

**1** 根据上部支撑结构的形式，验算荷载作用下产生内力或变形最大效应值的点；

**2** 根据上部支撑结构的使用状况，选择受力集中部位，易受损截面、连接节点等；

**3** 计算不满足要求或存在疑问的部位，上部支撑结构已存有缺损情况的部位；

**4** 测点布置应便于仪器安装和观测读数，并应保障观测人员、仪器设备的安全。

**B.1.6** 现场荷载试验宜选择昼夜温差小的阴天或温差小的时段进行试验；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，在加载过程中扣除无应力补偿测点的测值变化。

### B.2 荷载试验方法

**B.2.1** 静态荷载应分级加载，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静止时间，并检查结构构件是否存在开裂、屈服、屈曲的迹象。达到使用性能检验或承载力检验的最大荷载后，应持荷至少1h，每隔15min测取一次荷载和变形值，变形值在15min内不再明显增加为止。加载完成后，应分级卸载，在每一级荷载和卸载全部完成后测取残余变形值。

【说明】：变形或位移的测试，应考虑支座的沉降变形的影响，正式荷载检验前应施加一定的初试荷载然后卸载，让试验各部件贴紧检验装置。加载过程中应记录荷载变形曲线，当这条曲线表现出明显非线性时，应分析原因并减小荷载增量。

**B.2.2** 试验加载过程中上部支撑结构位移或变形突然增长，构件裂缝急剧开展，且超过相应限值，或对游乐设施结构使用寿命造成较大的影响，应终止加载。

**B.2.3** 使用性能检验应验证上部支撑结构在荷载标准值或委托荷载值的作用下，固定结构构件不出现过大的变形和损伤。

**B.2.4** 试验加载过程中宜进行下列观测：

**1** 荷载-变形曲线宜为线性关系；

**2** 控制截面上的混凝土应变；

**3** 试件的开裂、裂缝形态以及裂缝宽度的发展情况；

**4** 试件承载力标志的观测；

**5** 卸载过程中及卸载后，试件挠度及裂缝的恢复情况及残余值。

**B.2.5** 结构性能检验应验证上部支撑结构在荷载设计值或委托荷载值的作用下，固定结构构件的承载力检验实测值应满足相应的允许值，经过检验满足结构设计要求。

**B.2.6** 上部支撑结构按构件实配钢筋的承载力进行承载力性能检验，应满足下式要求：

$γ\_{u,i}^{0}\geq [γ\_{u}]\_{i}\frac{R\_{i}\left（f\_{c},f\_{s},A\_{s}^{0}\cdots \right）}{S\_{i}}$ （A.2.6-1）

当采用均布加载时 $γ\_{u,i}^{0}=\frac{Q\_{u,i}^{o}}{Q\_{d}}$ （A.2.6-2）

当采用集中力加载时 $γ\_{u,i}^{0}=\frac{F\_{u,i}^{o}}{F\_{d}}$ （A.2.6-3）

式中：$γ\_{u,i}^{0}$——构件的承载力检验系数实测值；

 $[γ\_{u}]\_{i}$——构件的承载力检验系数允许值，根据试验中所出现的承载力标志类型i，取用《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152规定的相应值；

 $R\_{i}\left（∙\right）$——根据实配钢筋确定的构件第i类承载力标志所对应承载力的计算值，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中有关承载力计算公式的右边项计算；

 $S\_{i}$——构件第i类承载力标志对应的承载能力极限状态下的内力组合设计值。$Q\_{u,i}^{o}$、$F\_{u,i}^{o}$——以均布荷载、集中荷载形式表达的承载力检验荷载实测值；

$Q\_{d}$、$F\_{d}$——以均布荷载、集中荷载形式表达的承载力状态荷载设计值。

【说明】：本条参考《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152规定按构件实配钢筋承载力进行原位加载试验的方法制定。

**B.2.7** 在进行结构性能检验前，宜先进行B.2.4、B2.5条所述使用性检验且检验结果满足相应的要求。

## 附录C 自振频率测试

### C.1 一般规定

**C.1.1**  本附录的测试方法和要求应满足《游乐设施状态监测与故障诊断 第4部分：振动监测方法》（GB/T 36668.4）标准规定，游乐设施固定结构部分应在投入使用之前在对固定结构进行振动测试，取得固定结构的自振频率初始值。

**C.1.2** 投入使用之后的检测评定过程中，测试相同条件下构件的自振频率，通过比较测试值和初始值，用以评价振动性能。

**C.1.3** 设施的振动测试为其主体结构的振动频率测试，应根据被测设施的自振频率状况选择测试仪器。测试宜采用加速度传感器，当测试振动的信号频率不大于10Hz时，宜选用位移型加速度传感器。

**C.1.4**  振动测试系统和仪器的性能技术指标应符合现行国家有关标准的规定，且应由国家认定的计量部门定期进行校准。测试时，仪器应在校准有效期内。

### C.2 测试方法

**C.2.1** 自振频率测试的测点应设置在设施主体结构振动控制点上，振动传感器的测试方向应与所需测试的振动方向一致。且应对传感器进行适当的固定，测试过程中不得产生倾斜和附加振动。

**C.2.2** 测试方向应包括所有振动控制方向。

**C.2.3** 振动测试时，振动信号的采样频率应满足奈奎斯特采样定理要求，采样频率与截止频率的比值宜取2.5～6.0；振动数据采集时，在信号进行模拟转换前应经过抗混滤波器处理。

**C.2.4** 对设施自振频率的测试，一般为稳态的周期振动测试，宜采用时域分析法，并将测试信号中所有幅值在测试区间内进行平均。每个样本数据不应少于1024个，并应进行加窗函数处理，频域的总体平均次数不应少于20次。

**C.2.5** 每个测点记录的有效振动数据的次数不得少于3次。当3次测试结果与其算数平均值的相对误差在±5%以内时，测试结果可取其平均值。

## 附录D 疲劳测试和寿命评估（资料性附录）

### D.1 一般规定

**D.1.1** 承受动力荷载重复作用的钢结构构件及其连接，当应力变化循环次数n等于或大于5×104次时，应进行疲劳计算及性能评定。

**D.1.2** 疲劳计算应采用基于名义应力的容许应力幅法，名义应力应按弹性状态计算，容许应力幅应按构件和连接类别、应力循环次数以及计算部位的板件厚度确定。对非焊接的构件和连接，其应力循环中不出现拉应力的部位可不计算疲劳强度。

**D.1.3** 需计算疲劳构件所用钢材应具有冲击韧性的合格保证，钢材质量等级的选用应符合本《钢结构设计标准》GB50017相关规定。

**D.1.4** 疲劳计算方法宜参照《钢结构设计标准》GB50017相关规定执行，采用有限元进行实体分析时，可提取第一主应力来计算应力幅。

**D.1.5** 对没有出现疲劳裂缝的结构构件，应按表D.1.5的规定评级，对杆件或焊缝已出现疲劳裂缝的，应直接评为c类。

**表D.1.5 疲劳性能评定结果类别**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| a类 | b类 | c类 |
|  |  |  |

**注：**为实测应力幅，为循环次数为2×106次的容许应力幅。

**D.1.6** 构件或连接疲劳验算不满足要求或在检查中发现疲劳破坏的迹象时，可根据控制部位实测的应力一时间变化关系进行残余疲劳寿命评估。

### D.2 疲劳测试方法

**D.2.1** 应力一时间变化关系的测量应在正常运行状态下进行，每次连续测量时间应至少包括三个完整的运行循环过程，且测量总时间不宜少于24小时。

【说明】:通常游乐设施在白天运营，每天完整的运营时间约6-8小时，为保证测量数据的准确性，应至少对三个运营日应力循环进行测量，且测量总时长不少于24小时。

**D.2.2** 测量仪器可采用符合测试要求的动态电阻应变仪或其他设备，测量结果应为连续的应力一时间变化曲线。

**D.2.3**疲劳荷载的计数可根据实测应力曲线，采用雨流法进行荷载的计数。实测应力幅宜按公式（D.2.3）修正后再计算疲劳寿命*N*f。

 （D.2.3）

式中：——应力幅；

——平均应力；

——材料强度极限：

——材料持久极限，若无参考数据，可取。

【说明】：游乐设施在使用中，构件承受的荷载不可能是完全对称的，即平均应力不为0。很多试验表明，随平均应力增加，材料的疲劳极限会相应减小。考虑到平均应力对疲劳极限的影响，本文采用Goodman公式对其进行修正。

### D.3 疲劳寿命评估

**D.3.1** 钢结构疲劳寿命宜取重要构件最短疲劳寿命。

**D.3.2** 重要构件剩余疲劳寿命可根据其总的疲劳寿命和已经使用的工作循环数求得，按下式进行计算：

 （D.3.2）

式中：——剩余疲劳寿命内工作循环数或运行次数；

——总的疲劳寿命内总工作循环数或运行次数；

——已使用的工作循环数或运行次数，可根据实测进行推测。

【说明】：参考文献（梁朝虎,沈功田,张琨,赵强.游乐设施剩余寿命评估方法研究[J].安全与环境学报,2019,19(04):1296-1301）给出。剩余疲劳寿命通过总的疲劳寿命和已经使用的工作循环数求得。已经使用的循环次数可通过本附录实测结果进行推算，剩余使用寿命可通过剩余循环次数和测试结果进行推算。

**D.3.3** 总的疲劳寿命内总工作循环数或运行次数宜按下列公式进行计算：

 （D.3.3）

式中：*k*——构件在一个工作循环历程中含有k级的应力水平,...；

——各级应力水平对应的循环次数；

——各级应力单独作用下的疲劳寿命，参照D.3.4计算。

【说明】：本条基于线性累计损伤理论给出了游乐设施重要构件疲劳寿命评估方法。设构件在一个工作循环中的历程含有级力水平,...,各级应力水平的循环次数为,,…,,各级应力单独作用下的疲劳寿命为,,…，则该工作循环造成的损伤为，该构件的寿命可表示为，参照文献（赵少汴，王忠保. 抗疲劳设计——方法与数据[M]. 北京：机械工业出版社，1997），研究表明，常数时寿命估算精度较高，此处取0.7。

**D.3.4** 钢结构构件的S-N曲线可取下列关系式：

 *N*≤5×106

 5×106＜*N*≤1×108 （D.3.5）

≤ *N*＞1×108

式中：、——构件和连接的相关参数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 500017取值；

——循环次数*N*为5×106的容许正应力幅（*N/mm2*），按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 500017取值；

——循环次数*N*为1×108的正应力幅（*N/mm2*）的疲劳截止限，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 500017取值。

## 附录E 安全性评定工作表格

**表E.1 性能试验分部和项目安全性评定表**

| **项目** | **试验内容** | **评定结果类别** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料性能试验 | 钢材/钢筋力学性能：□屈服强度 □抗拉强度 □伸长率 □冷弯 □冲击功 □化学成分分析□ 其他  | a □ b □ c □ | 多个内容时，取最低类别 |
| 混凝土材料性能：□抗渗性能 □抗冻性能 □碱含量□抗氯离子渗透性能□抗硫酸盐侵蚀性能□水泥安定性 □氯离子含量□ 其他  | a □ b □ c □ | 多个内容时，取最低类别 |
| 其他材料性能试验（ ） | a □ b □ c □ | / |
| 自振频率测试 | 结构自振频率测试值与自振频率测试初始值的比值 | a □ b □ c □ | 多个构件时，取最低类别 |
| 疲劳性能试验 | 实测应力幅和循环次数为2×106次的容许应力幅的比值 | a □ b □ c □ | 多个构件时，取最低类别 |
| **性能试验分部安全性评定结果类别** | **A □ B □ C □** |
| **情况说明：（简要说明试验结果，当没有某项内容时，该项目默认为a类）** |

**表E.2 上部支撑结构分部和项目安全性评定表**

| **项目** | **工作内容** | **评定结果类别** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- |
| 荷载试验 | 对游乐设施上部支撑结构的重要构件（或结构）进行荷载试验 | a □ b □ c □ | / |
| 承载力 | □结构或重要构件承载力□一般构件承载力□工作运行情况 | a □ b □ c □ | 多个内容或构件时，取最低类别 |
| 构造和连接 | □结构构件的构造和连接□局部缺陷□工作运行情况 | a □ b □ c □ | 多个内容或构件时，取最低类别 |
| 变形与损伤 | □结构构件变形□结构构件损伤情况□工作运行情况 | a □ b □ c □ | 多个内容或构件时，取最低类别 |
| **上部支撑结构分部安全性评定结果类别** | **A □ B □ C □** |
| **情况说明：（简要说明评定结果，当没有某项内容时，该项目默认为a类）** |

**表E.3 地基基础分部和项目安全性评定表**

| **项目** | **工作内容** | **评定结果类别** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- |
| 地基变形 | □不均匀沉降量□连续两个月地基沉降量□上部结构沉降开裂情况 | a □ b □ c □ | 多个内容时，取最低类别 |
| 承载力 | □地基基础承载力□上部结构开裂或损伤情况□工作运行情况 | a □ b □ c □ | 多个内容或构件时，取最低类别 |
| 场地稳定性 | □场地地基稳定情况□滑动迹象 | a □ b □ c □ | 多个内容时，取最低类别 |
| **地基基础分部安全性评定结果类别** | **A □ B □ C □** |
| **情况说明：（简要说明评定结果，当没有某项内容时，该项目默认为a类）** |

**表E.4 游乐设施固定结构单元安全性评定表**

| **分部** | **评定结果类别** |
| --- | --- |
| 性能试验 | **A □ B □ C □** |
| 上部支撑结构 | **A □ B □ C □** |
| 地基基础 | **A □ B □ C □** |
| **单元安全性评定结果类别** | I **□** II **□** III **□** |
| **处理要求** |
| **□** 游乐设施固定结构无需进行处理或仅需简单处理**□** 游乐设施权属单位应按照正规流程对固定结构缺陷进行修复处理，修复后应进行验收检验**□** 游乐设施应暂停使用。大型游乐设施权属单位应上报游乐设施检测检验情况，根据批复结果进行后续处理；其他游乐设施权属单位应上报主管部门（根据批复结果进行后续处理）或按照正规流程立即对固定结构缺陷进行修复处理，修复后应进行验收检验 |
| **情况说明：（简要说明影响评定结果类别的主要原因）** |

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为，“应符合……规定” 或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《大型游乐设施安全规范》GB 8408

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《钢结构设计标准》GB 50017

《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153

《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344

《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152

《游乐设施状态监测与故障诊断 第4部分：振动监测方法》（GB/T 36668.4）

《机械设计手册》（新版）