**ICS号**

**中国标准文献分类号**

**中国钢结构协会标准 CSCS**

**T/CSCS xxx-202x**

**工业钢结构工程检测与评定技术规程**

Technical specification for inspection and assessment of industrial steel structures

**(送审稿)**

**202x-xx-xx 发布 202x-xx-xx 实施**

**中国钢结构协会 发布**

**中国钢结构协会标准**

工业钢结构工程检测与评定技术规程

Technical specification for inspection and assessment of industrial steel structures

**(送审稿)**

**T/CSCS xxx-202x**

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

中冶检测认证有限公司

批准单位：中国钢结构协会

施行日期：20xx年xx月x日

中国xxx出版社

2021年 北 京

**前 言**

根据中国钢结构协会《关于发布中国钢结构协会2020年第一批团体标准编制计划的通知》(中钢构协[2020] 第10号)的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分9章和4个附录。主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、调查和检测、结构分析与校核、工业建筑物可靠性鉴定、工业构筑物可靠性鉴定、工业钢结构抗震鉴定和工业钢结构专项鉴定。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国钢结构协会钢结构质量安全检测鉴定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。在执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：北京市海淀区西土城路33号，邮编：100088）。

本规程主编单位：中冶建筑研究总院有限公司，中冶检测认证有限公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人：

本规程主要审查人：

目 次

[1 总则 1](#_Toc117840445)

[2 术语和符号 3](#_Toc117840446)

[2.1 术语 3](#_Toc117840447)

[2.2 符号 4](#_Toc117840448)

[3 基本规定 6](#_Toc117840449)

[3.1 一般规定 6](#_Toc117840450)

[3.2 工作内容与程序 9](#_Toc117840451)

[3.3 可靠性评定方法 11](#_Toc117840452)

[4 调查和检测 16](#_Toc117840453)

[4.1 一般规定 16](#_Toc117840454)

[4.2 使用环境与作用 19](#_Toc117840455)

[4.3 结构体系与布置 22](#_Toc117840456)

[4.4 尺寸与偏差 22](#_Toc117840457)

[4.5 材料性能 23](#_Toc117840458)

[4.6 缺陷和损伤 24](#_Toc117840459)

[4.7 变形与倾斜 25](#_Toc117840460)

[4.8 涂装防护 26](#_Toc117840461)

[5 结构分析与校核 27](#_Toc117840462)

[5.1 一般规定 27](#_Toc117840463)

[5.2 带缺损的钢构件承载力计算 29](#_Toc117840464)

[5.3 结构与设备耦合分析 32](#_Toc117840465)

[6 工业建筑物可靠性鉴定 34](#_Toc117840466)

[6.1 一般规定 34](#_Toc117840467)

[6.2 构件鉴定 34](#_Toc117840468)

[6.3 结构系统鉴定 38](#_Toc117840469)

[6.4 鉴定单元鉴定 45](#_Toc117840474)

[7 工业构筑物可靠性鉴定 47](#_Toc117840475)

[7.1 一般规定 47](#_Toc117840476)

[7.2 烟囱 48](#_Toc117840477)

[7.3 通廊 51](#_Toc117840478)

[7.4 锅炉钢结构支架 54](#_Toc117840479)

[7.5 除尘器结构 57](#_Toc117840480)

[7.6 管道支架 60](#_Toc117840481)

[7.7 工业塔架 63](#_Toc117840482)

[7.8 贮仓 65](#_Toc117840483)

[7.9 吸收塔结构 66](#_Toc117840484)

[7.10 高炉系统结构 68](#_Toc117840485)

[7.11 储罐 71](#_Toc117840486)

[8 工业钢结构抗震鉴定 75](#_Toc117840487)

[8.1 一般规定 75](#_Toc117840488)

[8.2 单层钢结构厂房 80](#_Toc117840489)

[8.3 钢框排架结构 86](#_Toc117840493)

[8.4 轻型门式刚架结构 94](#_Toc117840497)

[8.5 大跨与空间钢结构 96](#_Toc117840501)

[9 工业钢结构专项鉴定 100](#_Toc117840505)

[9.1 钢结构振动检测与鉴定 100](#_Toc117840506)

[9.2 钢结构疲劳性能检测与鉴定 103](#_Toc117840507)

[9.3 火灾后钢结构检测与鉴定 109](#_Toc117840508)

[9.4 钢结构工作状况监测与鉴定 117](#_Toc117840509)

[9.5 钢结构耐久性检测与鉴定 119](#_Toc117840510)

[9.6 金属围护系统的检测与鉴定 122](#_Toc117840511)

[附录A Q235和Q345钢材牌号判别方法 126](#_Toc117840512)

[附录B 三维激光扫描与数字图像重建 128](#_Toc117840517)

[附录C 各时期钢材牌号对照表 131](#_Toc117840521)

[附录D 钢结构性能的荷载试验 138](#_Toc117840526)

[本规程用词说明 141](#_Toc117840530)

[引用标准名录 142](#_Toc117840531)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc90996499)

[2 Terms and Symbols 3](#_Toc90996500)

[2.1 Terms 3](#_Toc90996501)

[2.2 Symbols 4](#_Toc90996502)

[3 Basic Requirements 6](#_Toc90996503)

[3.1 General Requirements 6](#_Toc90996504)

[3.2 Contents and Procedure 9](#_Toc90996505)

[3.3 Reliability Assessment Method 11](#_Toc90996506)

[4 Investigation and Inspection 16](#_Toc90996507)

[4.1 General Requirements 16](#_Toc90996508)

[4.2 Environment and Action Investigation 19](#_Toc90996509)

[4.3 Structural System and Layout 22](#_Toc90996510)

[4.4 Dimensions and Deviations 22](#_Toc90996511)

[4.5 Material Properties 23](#_Toc90996512)

[4.6 Defects and Damages 24](#_Toc90996513)

[4.7 Deformation and Declivity 25](#_Toc90996514)

[4.8 Coating Protective Thickness 26](#_Toc90996515)

[5 Structural Analysis and Checking 27](#_Toc90996516)

[5.1 General Requirements 27](#_Toc90996517)

[5.2 Structural Members with Defects and Damages 28](#_Toc90996518)

[5.3 Coupling Analysis of Structure and Equipment 32](#_Toc90996519)

[6 Appraisal of Reliability for Industrial Buildings 34](#_Toc90996520)

[6.1 General Requirements 34](#_Toc90996521)

[6.2 Appraisal for Structural Members 34](#_Toc90996522)

[6.3 Appraisal for Structural System 38](#_Toc90996523)

[6.4 Appraisal for Structural Unit 45](#_Toc90996528)

[7 Appraisal of Reliability for Industrial Structures 47](#_Toc90996529)

[7.1 General Requirements 47](#_Toc90996530)

[7.2 Chimney 48](#_Toc90996531)

[7.3 Gallery 51](#_Toc90996532)

[7.4 Boiler Steel Structures 54](#_Toc90996533)

[7.5 Duster Structures 57](#_Toc90996534)

[7.6 Pipe Support 60](#_Toc90996535)

[7.7 Industrial Tower 63](#_Toc90996536)

[7.8 Silos 65](#_Toc90996537)

[7.9 Sbsorption Tower 66](#_Toc90996538)

[7.10 Structural System of Blast Furnace 68](#_Toc90996539)

[7.11 Storage Tank 71](#_Toc90996540)

[8 Seismic Appraisal of Industrial Steel Structures 75](#_Toc90996541)

[8.1 General Requirements 75](#_Toc90996542)

[8.2 Single story industrial Steel buildings 80](#_Toc90996543)

[8.3 Light Weight Steel Portal Frame 86](#_Toc90996547)

[8.4 Frame-Bent Steel Structures 94](#_Toc90996551)

[8.5 Long-Span Spatial Steel Structures 96](#_Toc90996555)

[9 Special Appraisal of Industrial Steel Structures 100](#_Toc90996559)

[9.1 Vibration Inspection and Appraisal of Steel Structures 100](#_Toc90996560)

[9.2 Fatigue Performance Inspection and Appraisal of Steel Structures 103](#_Toc90996561)

[9.3 Inspection and Appraisal of Steel Structures after Fire 109](#_Toc90996562)

[9.4 Monitoring and Appraisal of Steel Structures 117](#_Toc90996563)

[9.5 Durability Inspection and Appraisal of Steel Structures 119](#_Toc90996564)

[9.6 Inspection and Appraisal of Prepainted Profiled Metal Mheet in Service 122](#_Toc90996565)

[Appendix A Identification Method of Q235 and Q345 Steel Grades 126](#_Toc90996566)

[Appendix B Three-dimensional Laser Scanning and Digital Image Reconstruction 128](#_Toc90996570)

A[ppendix C Comparison Table of Steel Grades in Different Historical Periods 131](#_Toc90996575)

[Appendix D Load Test of Steel Structure Performance 138](#_Toc90996580)

[Explanation of Wording in This Technical Regulations 141](#_Toc90996584)

[List of Quoted Standards 142](#_Toc90996585)

# 总则

**1.0.1**为规范工业钢结构的检测鉴定方法，贯彻执行国家有关通用规范的规定，做到技术先进、安全可靠、评定科学，制定本规程。

【条文说明】：

目前我国工业建筑量大面广、形式多样，截至2020年我国工业建筑面积达120亿m2。既有工业建筑中钢结构占50%以上，超过60亿m2，而且近年来钢结构厂房占全部新建工业建筑70%以上。工业钢结构是我国工业生产的重要基础设施，是安全生产的保障，其安全与否直接影响企业生产的正常运行。

工业钢结构不同于民用钢结构，其作用复杂，使用环境恶劣，超常规运行时有发生，经常处于重载、动载、高温、高湿、腐蚀环境，工业钢结构常常因强度或失稳失效、疲劳破坏、腐蚀损伤导致结构破坏甚至倒塌事故发生，造成重大经济损失和人员伤亡。近年来，工业钢结构事故频发，据不完全统计，钢结构事故类型中，整体倒塌约占一半，变形事故、脆断事故约占30%左右，其他局部倒塌、裂缝事故、连接错位约占20%左右。钢结构事故破坏形式中，钢结构失稳、脆性断裂约占一半，火灾破坏、焊接连接破坏、螺栓连接破坏及塑性破坏约占30%左右，其他占比约20%左右。钢结构事故原因，制作安装阶段、设计阶段、使用维护阶段分别占比约50%、30%和20%左右。实践表明，定期对既有工业钢结构进行检测鉴定是保证工业钢结构安全使用的重要手段之一。

已有国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144可以作为工业钢结构检测鉴定的依据，但该标准中仅对单层和多层工业厂房钢结构的规定较为详细，对轻钢厂房、大跨空间结构和更多的钢结构构筑物的规定较为原则。加上工业钢结构检测鉴定人员技术水平参差不齐，导致实际工作的质量及效果差别很大，有的甚至还可能留下工程隐患，因此，需要制定一部专门针对工业钢结构检测鉴定技术规程，指导并做好既有工业钢结构工程检测鉴定及加固方面的工作，对保证工业生产和人民生活的安全，提高社会效益和经济效益都具有重要意义。

国家有关通用规范是指国家最近颁布的强制性工程建设通用技术类规范，如《工程结构通用规范》GB55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002、《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021等，该类通用规范具有强制约束力，是保障人民生命财产安全、人身健康、工程安全、生态环境安全、公众权益和公众利益、以及促进能源资源节约利用、满足经济社会管理等方面的控制性底线要求，工程建设项目的勘察、设计、施工验收、维修、养护、拆除等建设活动全过程中必须严格执行。

**1.0.2** 本规程适用于既有工业建筑钢结构的检测与鉴定。

【条文说明】：

本条规定了本规程的适用范围。既有工业建筑钢结构包括但不限于以下工业建筑物与构筑物。

1轻型门式刚架结构、单层钢结构厂房、多高层钢结构、大跨空间结构等工业钢结构建筑物；

2烟囱、通廊、锅炉钢结构、除尘器结构、管道支架、工业塔架、贮仓、吸收塔、高炉系统结构、储罐等工业钢结构构筑物。

3其他建筑物钢结构构件。如混凝土厂房的钢吊车梁系统，或钢屋架系统等。

需要特别说明的是，本规程是针对已经建成的既有工业建筑，当工程施工质量不符合要求需要进行检测鉴定时，本规程只作为检测鉴定的技术依据，不能代替工程施工质量验收。

**1.0.3** 工业钢结构的检测与鉴定，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准规范的规定。

【条文说明】：

对于工业钢结构的可靠性鉴定，现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144有关章节对部分工业厂房钢结构有较为详细的规定。现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021也有一些原则性的规定，但这些内容尚不能满足工业钢结构检测鉴定的全过程需要，从实用性及可操作性方面，针对不同层次的工作人员，需要有明确的和具体的规定。可以说本规程是上述标准规范的补充和延伸，是根据它们确定的原则细化出来的结果，可以满足工业钢结构检测鉴定全过程的技术指导需要。

本规程是多年的工程实践经验和多项科研工作的总结，一些关键技术已经得到实际工程应用，例如有缺陷杆件的承载力计算、吊车梁剩余疲劳寿命的计算、高温下高强螺栓性能退化等等，都分别在有关章节中有所体现。

# 术语和符号

## 术语

* + 1. 既有工业钢结构 existing industrial steel structures

已建成的，为工业生产服务的，结构体系为钢结构的建筑物和构筑物。

* + 1. 评定 assessment

根据调查、检测和分析验算结果，对既有结构的可靠性或安全性按规定的标准和方法所进行的评价。

* + 1. 鉴定 appraisal

对既有工业钢结构的可靠性、抗震能力等性能所进行的调查、检测、监测、分析、验算和评定等技术活动。

* + 1. 可靠性鉴定 appraisal of reliability

对既有工业钢结构在目标工作年限内的安全性、使用性所进行的调查、检测、监测、分析、验算和评定等技术活动。安全性包括承载能力和整体稳定性等，使用性包括适用性和耐久性。

* + 1. 抗震鉴定 seismic appraisal

通过检查既有工业钢结构的设计、施工质量和现状，按规定的抗震设防要求，对其在地震作用下的安全性进行的评估。

* + 1. 专项鉴定 special appraisal

针对既有工业钢结构的专项问题或按特定要求进行的评估。

* + 1. 目标工作年限 target working life

既有工业钢结构可靠性鉴定时所期望的使用年限。

* + 1. 后续工作年限 continuous seismic working life

既有工业钢结构抗震鉴定时所约定的继续使用的一个时期，在这个时期内，建筑不需重新抗震鉴定和相应加固就能按预期目的使用、完成预定的功能。

* + 1. 综合抗震能力 compound seismic capability

整个钢结构综合考虑其抗震措施和承载能力等因素所具有抵抗地震作用的能力。

* + 1. 抗震措施 seismic fortification measures

除地震作用计算和抗力计算以外的抗震鉴定内容，包括抗震构造措施。

* + 1. 调查 investigation

通过查阅文件、现场观察和询问等手段进行的资料收集和评价工作。

* + 1. 检测 inspection

对既有工业钢结构的状况或性能所进行的现场检查、测量和检验等工作。

* + 1. 监测 monitoring

对结构状况或作用所进行的经常性或连续性的长期观察或测量。

## 符号

* + 1. 结构性能、作用和作用效应及抗力

*N*——轴向压力设计值；

*R*——结构或构件的抗力设计值；

*S*——结构或构件的作用效应设计值；

*t*——剩余腐蚀牺牲层厚度；

*△ue*——多遇地震作用标准值产生的楼层内最大弹性层间位移；

*△up*——罕遇地震作用标准值产生的最大弹塑性层间位移；

[*θe*]——弹性层间位移角限值；

[*θp*]——弹塑性层间位移或整体倾角限值；

△σ——考虑欠载效应的等效系数的计算应力幅；

[△σ] ——循环次数为2×106次的容许应力幅；

*i*——根据应力-时间曲线用雨流法等统计得到的测量部位第i个级别的应力幅；

——以前的年腐蚀速度；

*ρ*——梁或柱的轴压比。

* + 1. 几何参数

*A*n ——扣除孔洞后的净截面面积；

*h*——框架层高或多层厂房层间高度；

*H*——自基础顶面到柱顶的总高度；

*l*0——构件的计算跨度或计算长度；

*t*w——腹板厚度；

*Δx*——平面内弯曲变形；

*Δy*——平面外弯曲变形。

* + 1. 材料性能

*f* ——钢材抗拉、抗压和抗弯强度的设计值；

*f*y ——钢材的屈服强度；

*f*v——钢材抗剪强度设计值。

* + 1. 计算系数

*γ*0——结构重要性系数；

*γ*RE——承载力抗震调整系数；

εk——钢号修正系数；

*Ѱ* ——抗震体系构造调整系数；

**u0 ——构件的承载力检验系数实测值；

**——构件承载力检验修正系数；

**u ——构件的承载力检验系数允许值；

——原截面受压构件的稳定系数；

*C*和**——与构件和连接类别有关的参数；

——钢结构腐蚀系数。

*φ*——附加安全系数

* + 1. 时间参数

*ni*\*——在测量时间*T*\*内，*i*的循环次数；

*T*\*——测量总时间；

*T*0——结构已经使用过的时间；

*T*——剩余疲劳寿命的评估时间，其单位应与*T*\*、*T*0一致；

*Y*——钢结构自然腐蚀剩余耐久年限。

* + 1. 鉴定等级

a、b、c、d——构件的评定等级；

A、B、C、D——结构系统的评定等级；

一、二、三、四——鉴定单元的评定等级。

# 基本规定

## 一般规定

* + 1. 既有工业钢结构鉴定应使结构在目标工作年限内以规定的可靠度满足下列功能要求：

1 应能承受使用期间可能出现的各种作用；

2 应保障预定的使用性能；

3 应有足够的耐久性能；

4 当发生可能遭遇的火灾、爆炸、撞击、罕遇地震等偶然事件或人为失误时，应满足防倒塌的整体稳固性，以及紧急状态时人员从建筑中撤离等安全性应急功能要求。

【条文说明】：

结构可靠度与结构的工作年限长短有关，一般而言，目标工作年限越长，结构的可靠度越低，结构失效概率越大。本规程所指的结构的可靠度或失效概率，对既有结构是指目标工作年限的结构可靠度或失效概率。

在结构必须满足的四项功能中，第1、4两项是对结构安全性的要求，第2项是对结构适用性的要求，第3项是对结构耐久性的要求，三者可概括为对结构可靠性的要求。

所谓足够的耐久性能，系指结构在规定的工作环境中，在预定时期内，其材料性能的劣化不致导致结构出现不可接受的失效概率。从工程概念上讲，足够的耐久性能就是指在正常维护条件下结构能够正常使用到规定的目标工作年限。

偶然事件发生时，要防止结构出现连续倒塌，保持结构必需的整体稳固性。结构的整体稳固性是指结构应当具有完整性和一定的容错能力，避免因为局部构件的失效导致结构整体失效。在某些偶然事件发生时，通常会造成结构的局部失效，但如果结构设计不当，则可能因为局部失效导致结构发生连续性倒塌，整体破坏造成重大损失。人为失误是指由于设计、施工和使用者在认知和行为意图等方面的局限性，忽视了某些潜在的可能影响结构安全的因素。

火灾是直接威胁到公众生命财产安全的重要风险因素，发生火灾时，结构特性与正常使用情况下有很大差异。因此结构还应考虑在突发火灾情况下，结构能够在规定的时间内提供足够的承载力和整体稳固性，为现场人员疏散、消防人员施救创造条件，并避免因为结构失效导致更大范围的损失。

* + 1. 工业钢结构鉴定可分为：可靠性鉴定、抗震鉴定和专项鉴定。相对独立的鉴定单元的可靠性鉴定和抗震鉴定应同时进行。

【条文说明】：

在我国既有建筑结构鉴定中一般划分为可靠性鉴定（包括结构安全性、适用性和耐久性）和抗震鉴定两大类。可靠性鉴定是考虑结构在永久荷载和可变荷载作用下结构的安全性、适用性和耐久性。抗震鉴定除考虑结构的永久荷载和可变荷载外还要考虑地震作用对结构抗震性能的影响。

既有建筑结构鉴定分成抗震和非抗震鉴定的两大类，主要是因为我国设计标准体系中，也分为抗震和非抗震两类标准系列，与地震作用的自身特点有关。地震作用特点体现在地震作用发生的时间、强度和地点等随机性很强，相应的抗震设防目标为“当遭受本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，主体结构不受损伤或不需修理可继续使用；当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，可能发生损坏，但经一般修理仍可继续使用；当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时，不致倒塌或发生危及生命的严重损坏。”而不考虑地震作用的结构设计目标为在合理设计使用年限内具有安全性、适用性和耐久性的功能。

专项鉴定是针对既有工业钢结构的专项问题（耐久性寿命、疲劳寿命或振动问题等）或按特定要求（结构进行维修改造有专门的要求等）进行的评估。

把可靠性鉴定、抗震鉴定和专项鉴定等鉴定内容分开可避免概念的混淆，避免引发不必要的问题，同时便于业主根据问题的轻重缓急适时采取适当的处理措施。

现行国家规范《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021-2021第2.0.4条第1款规定“既有建筑的鉴定应同时进行安全性鉴定和抗震鉴定”。为与国家通用规范相协调，本条规定了相对独立的鉴定单元的可靠性鉴定和抗震鉴定应同时进行。对局部结构构件进行的安全性鉴定可不进行抗震鉴定。

* + 1. 工业钢结构在下列情况下，应进行可靠性鉴定和抗震鉴定：

**1** 年久失修或达到目标工作年限拟继续使用时；

**2** 使用功能或环境改变后，对原结构可靠性产生怀疑时；

3 进行设备改造或增容、改建或扩建，对结构提出新的使用要求时；

4 未按抗震设防标准设计或建成后所在地区抗震设防要求提高时；

**5** 遭受灾害或事故后，需对其可靠性重新评定、恢复结构功能时；

**6** 存在较严重的质量缺陷或者出现较严重的腐蚀、损伤、变形，需鉴定其实际承载力时；

**7** 其它需要对结构进行可靠性鉴定和抗震鉴定的情况。

【条文说明】：

工业钢结构（尤其是有重级工作制吊车的冶金工厂）建成投产，经过一段时间使用后，由于以下种种原因，往往需要对其重新进行承载力及可靠性鉴定或抗震鉴定：

1年久失修（长期使用且未进行正常的管理运营和维护）或使用年限已超过设计工作年限，但仍需继续使用等情况。

2经过长期使用或生产环境变化，各类构件形成多种损伤，从安全角度需评定其实际承载能力及残余寿命；

3因生产设备更新、工艺流程变革或生产规模扩大等原因，对原有结构提出了新的功能要求（如柱网改变、吊车荷载增大等等），要评定原有结构可否使用或需加固处理；

4 遭受各类突发意外事故或灾害之后，厂房钢结构出现明显的损坏征兆，对其继续使用能否安全产生了怀疑；

5结构原设计或制造安装过程中，因疏忽或错误使结构存在较严重的缺陷，需鉴定其实际承载力；

6 除以上情况，其它需要对结构进行可靠性鉴定的情况，通常为以下几种情况：

a 使用维护中需要进行常规检测鉴定时；

b需要进行较大规模维修时；

c其他需要掌握结构可靠性水平时。

* + 1. 工业钢结构在下列情况下，宜进行专项鉴定：

**1** 结构存在明显振动影响时；

**2** 结构存在疲劳问题影响其疲劳寿命时；

**3** 结构出现火灾、爆炸或遭受龙卷风等影响时；

**4** 结构存在锈蚀等耐久性损伤影响其耐久年限时；

**5** 在役彩涂压型金属板出现明显缺陷损伤影响安全时。

【条文说明】：

现有大量工业建筑工程技术鉴定(包括工程技术服务和技术咨询)项目中，95%以上是以解决安全性(包括整体稳定性)问题为主，包括工程事故处理或满足技术改造、增产增容的需要以及抗震加固，还有一部分为维持延长工作寿命，需要解决安全性和耐久性问题等，以确保工业生产的安全正常运行。只有不到5%的工程项目仅为了解决结构的裂缝或变形等使用性问题进行鉴定。这个分析结果是由工业生产的使用要求，工业建筑的荷载条件、使用环境、结构类型等条件决定的。实践表明：对既有工业建筑的可靠性鉴定应统一进行以安全性为主并注重使用性的可靠性鉴定(即常规鉴定)；对于结构存在的某些方面的突出问题(包括结构剩余耐久年限评估问题等)，可就这些问题采用比常规的可靠性鉴定更深入、更细致、更有针对性的专项鉴定(深化鉴定)来解决。

* + 1. 工业钢结构鉴定对象宜为结构整体或相对独立的鉴定单元。
    2. 对结构进行局部改造而进行结构可靠性或专项鉴定时，鉴定对象可为结构系统或结构构件。与之相邻的结构系统或结构构件交叉部位也应进行检查，并应在鉴定报告中提出处理意见。

【条文说明】：

本条中所说的相对独立的鉴定单元，是根据工业建筑的结构体系、构造特点、工艺布置等不同所划分的可以独立进行可靠性鉴定评级的区段，每个区段称为一个鉴定单元，如通常按建筑物的变形缝所划分的一个或多个区段作为一个或多个鉴定单元；结构系统包括子系统，如地基基础、上部承重结构、围护结构系统，以及屋盖系统、柱子系统、吊车梁系统等子系统；结构构件是指各类承重结构或结构构件。

许多工程鉴定实例表明，当对局部结构进行鉴定时，必须处理好该部分与相邻部分之间的相关、交叉问题或边缘衔接问题，才能避免因就事论事造成事故。本条对鉴定人员的职责加以明确。

* + 1. 可靠性鉴定的目标工作年限，应根据工业钢结构的使用历史、当前的技术状况和今后的维修使用计划，由委托方和鉴定方共同确定。不同的鉴定单元，可确定不同的目标工作年限。

【条文说明】：

工程鉴定实践表明，既有工业钢结构的可靠性鉴定需要明确经过鉴定希望达到的工作年限，本条给出了确定目标工作年限的原则规定。需要说明的是，这里的目标工作年限是在安全的基础上可满足使用要求的年限。在实际工程鉴定中，鉴定的目标工作年限通常是在签订鉴定技术合同时，根据本条规定的原则由业主和鉴定方共同商定。如鉴定对象建成使用时间较短、环境条件较好或需要进行改建、扩建，目标工作年限可考虑取较长时间，20年~30年；如鉴定对象已使用时间较长、环境条件较差需再维持很短时间即进行全面维修或工艺改造和设备更新，目标工作年限可考虑取较短时间，3年~5年；对于其他情况，目标工作年限一般可考虑不超过10年，对局部构件、维护结构系统可根据需要确定。

* + 1. 工业钢结构的检测鉴定工作，应委托具有相应结构检测资质和鉴定能力的单位承担。

## 工作内容与程序

* + 1. 工业钢结构的检测与鉴定，宜按规定的程序(图3.2.1)进行。

明确检测鉴定目的、范围、内容

初步调查

制定检测鉴定方案

详细调查和检测

补充调查检测

结构分析与校核

专项鉴定

可靠性鉴定和抗震鉴定

审核检验

出具检测鉴定报告

**图3.2.1 结构检测鉴定程序**

【条文说明】：

本条规定了常规的结构检测鉴定程序，应注意以下内容：

1 在鉴定过程中，当发现收集到的资料不足时，应及时进行补充调整和检测，以保证鉴定工作的准确性。

2 结构可靠性鉴定、抗震鉴定和专项鉴定的鉴定程序原则上按本规程图3.2.1进行，各类型鉴定程序，仅需对其中的部分工作内容作适当调整，且各个部分的工作内容均要围绕鉴定的具体问题并符合鉴定的特定要求。

3 对于存在问题十分明显且特别严重、通过状态分析与初步校核能作出明确判断的工程项目，实际应用鉴定程序时可以根据实际情况和鉴定要求作适当简化。

* + 1. 鉴定的目的、范围和内容，应由委托方提出，并应与鉴定方协商后确定。

【条文说明】：

鉴定的目的、范围和内容，明确应由委托方提出，并与鉴定方协商，这是鉴定的重要环节。

* + 1. 初步调查宜包括下列工作内容：

**1** 查阅原设计施工资料，包括工程地质勘察报告、设计计算书、设计施工图、设计变更记录、施工及施工洽商记录、竣工资料等；

**2** 调查工业钢结构的历史情况，包括历次检查观测记录、历次维修加固或改造资料，用途变更、使用条件改变、事故处理以及遭受灾害等情况；

**3** 考察现场，应调查工业钢结构的现状、使用条件、内外环境、存在的问题。

* + 1. 初步调查中如已发现或明确结构处于危险状态时，应报告委托方立即采取措施。
    2. 检测鉴定方案应根据鉴定对象的特点和初步调查结果、鉴定目的和要求制定，鉴定方案的内容应包括鉴定依据、详细调查和检测内容、检测方法、工作进度计划及需委托方完成的准备配合工作等。

【条文说明】：

大量的工程鉴定实践表明，在进行现场详细调查与检测之前制定出鉴定方案，是保证现场详细调查、检测工作能够顺利进行并获得足够的、可靠的信息资料之前提。

* + 1. 详细调查和检测宜包括下列工作内容：

**1** 详细研究相关文件资料；

**2** 调查结构上的作用和环境中的不利因素，以及其在目标工作年限内的可能发生的变化；

**3** 检查结构布置和构造、支撑系统、结构构件及连接情况；

**4** 检测结构材料的实际性能和构件的几何参数，还可通过荷载试验检验结构或构件的实际性能；

**5** 调查或测量地基的变形，检查地基变形对上部承重结构、围护结构系统及设备运行等的影响；还可开挖基础检查，补充勘察或进行现场地基承载能力试验；

**6** 检测上部承重结构或构件、支撑杆件及其连接存在的缺陷和损伤、裂缝、变形或偏差、腐蚀、老化等；

**7** 检查围护结构系统的安全状况和使用功能；

**8** 检查构筑物特殊功能结构系统的安全状况和使用功能；

**9** 上部承重结构整体或局部有明显振动时，可测试结构或构件的动力特性和动力反应。

【条文说明】：

本条规定了详细调查和检测的工作内容。这些工作内容，可根据实际鉴定需要进行选择，其中绝大部分是需要在现场完成的。工程鉴定实践表明，搞好现场详细调查和检测工作，才能获得可靠的数据、必要的资料，是进行下一步分析、验算与评定工作的基础，也就是说，确保详细调查和检测工作的质量，是决定鉴定工作好坏的关键之一。

* + 1. 结构分析与校核，应根据详细调查与检测结果，对建、构筑物的整体和各个组成部分的可靠度水平进行分析与验算，包括结构分析、结构或构件安全性和正常使用性校核分析、所存在问题的原因分析等。

【条文说明】：

结构分析与校核是确保正确进行结构评定的基础。需要说明的是：

1 结构分析与校核中一个重要的组成部分是对结构进行作用效应分析和结构抗力及其他性能分析，以及对结构或构件按两个极限状态（承载能力极限状态和正常使用极限状态）进行校核分析。

2 结构分析与校核中另一个重要组成部分是对结构所存在问题的原因和影响分析，如对结构存在的缺陷和损伤，要分析产生的原因和对结构性能的影响。

* + 1. 结构构件鉴定，应根据结构调查、检测、分析和校核结果，对结构可靠性或抗震性能进行评定，并给出结构是否满足在下一个目标工作年限内的可靠性，或后续工作年限内的抗震性能要求的结论及建议。
    2. 鉴定报告的内容应包括工程概况，鉴定的目的、范围、内容及依据，调查、检测、分析结果，鉴定等级或鉴定结果，结论及处理措施建议。

【条文说明】：

本条规定了鉴定报告应包括的内容，本规程不对鉴定报告的格式作统一规定，但其内容应当满足本规程的规定。

* + 1. 鉴定报告的编写尚应符合下列规定：

**1** 鉴定报告中应明确目标工作年限；

**2** 鉴定报告应给出总体鉴定结论，指出被鉴定建构筑物所存在的问题及产生的原因；

**3** 鉴定报告中应明确处理对象，对需要处理的构件所处位置和数量做出详细说明，并提出相应的处理措施建议。

【条文说明】：

本条明确规定了鉴定报告编写应符合的要求，以保证鉴定报告的质量。

## 可靠性评定方法

* + 1. 工业钢结构的可靠性评定可根据结构的不同情况采取下列方法进行评定：

**1** 基于结构分析的评定方法；

**2** 基于结构状态的评定方法；

**3** 基于荷载检验的评定方法；

**4** 其他适用的评定方法。

【条文说明】：

既有结构可靠性评定的基本方法可分为三类：

1 基于结构分析的评定方法，既有结构可靠性评定的本质是对未来的预测和判断，其主要评定方法是根据结构和环境自身的信息，推断结构实际性能以及未来可能发生的变化，推断结构在未来时间内可能承受的作用，通过结构分析和校核，最终判定结构在目标工作年限内的可靠性是否满足要求。这是一种基于结构分析的评定方法，类似于结构设计的分析和校核方法。

2 基于结构状态评估的评定方法，结构、环境的变化历史和当前状况是既有结构可靠性评定的主要依据。在某些情况下，通过变形、外观等结构状况的评估可直接对既有结构在目标工作年限内的可靠性做出评定，不必进行结构分析和校核，这种方法被称为基于结构状态评估的评定方法，它适用于一些特定的场合。

3 基于荷载检验的评定方法，在某些特定情况下，采用基于结构分析和结构状态评估方法都难以对既有结构的可靠性做出准确判断，这时除了更深入细致调查和分析外，还可考虑基于荷载检验的评定方法，即通过现场或室内试验检验和判定结构实际的性能，根据试验和分析的结果判定结构挠度、裂缝宽度或承载力等是否满足要求。

* + 1. 基于结构分析的评定方法可根据结构实际情况采用实用评定方法或概率评定方法。

【条文说明】：

在实际工程中，结构分析和校核一般采用定值的分析和校核方法，有关结构性能和作用的概率特性主要通过他们的代表值反映，这种方法可称为结构可靠性评定的实用方法。另外一种可直接采用概率方法直接评定其可靠性，利用概率方法计算结构的可靠指标，并通过与目标可靠指标的比较，判定既有结构的可靠性是否满足要求，这种方法称为结构可靠性评定的概率方法。

* + 1. 工业钢结构的可靠性评定采用等级制评定的实用评定方法时，可采用结构实际承载力与实际作用效应之间比较的方法。

【条文说明】：

按照工程习惯，一般采用等级制评定既有结构的可靠性，即以等级度量结构的可靠性，现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144采用了这种评定方式。

可靠性等级的分级标准应以现行设计标准或规范规定或隐含的可靠度水平为基准，以既有结构满足或不满足现行标准或规范的程度为依据，这是以可靠度水平为标准对可靠性等级的划分。但在工程实际中，有效区分既有结构可靠性的实用标准，是最终对结构所采取的技术对策。如果采用同一性质的对策，则应归入同一等级，否则归入不同等级。因此，制订既有结构可靠性分级标准时，应综合考虑两方面的因素，既有结构满足或不满足现行标准和规范的程度，最终对既有结构采取的对策。

* + 1. 工业钢结构也可采用概率方法直接评定可靠性，将影响结构可靠性的基本变量视为随机变量或随机过程，结构可靠性的判断可按现行国家标准规定的目标可靠指标为基准。

【条文说明】：

直接采用概率方法评定既有结构的可靠性时，结构分析模型应考虑实际情况，还应将影响结构可靠性的基本变量视为随机变量或随机过程。目标可靠指标可按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153来选择。否则，也可按国际标准ISO13822给出的目标可靠指标。

表1 目标可靠指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 极限状态 | 目标可靠性指标 | 参考周期 |
| 使用  可逆  不可逆 | 0.0  1.5 | 剩余工作寿命  剩余工作寿命 |
| 疲劳  检验  不能检验 | 2.3  3.1 | 剩余工作寿命  剩余工作寿命 |
| 最终  非常低的失效后果  较低的失效后果  中等失效后果  严重失效后果 | 2.3  3.1  3.8  4.3 | Ls  Ls  Ls  Ls |
| Ls是一般的安全参考周期(50年) | | |

* + 1. 当采用基于结构状态的评定方法，评定既有工业钢结构在下一目标工作年限内的可靠性满足要求时，应同时满足下列要求：

1 结构经正规设计、施工且竣工验收资料齐全；

2 经详细检查未发现有明显的变形、缺陷、损伤、腐蚀，无疲劳或其它累积损伤问题；

3 构件受力明确、构造合理，在传力方面不存在影响其承载性能的缺陷，无强度破坏或失稳倾向；

4 经过长时间的使用，构件对曾出现的最不利作用和环境影响仍具有良好的性能；

5 在目标工作年限内，构件上的作用和环境条件与过去相比不会发生变化；

6 构件在目标工作年限内仍具有足够的耐久性能。

【条文说明】：

这些条件可归结为五个方面：结构当前的状况、结构体系的合理性、结构的历史表现、结构的耐久性能以及作用和环境影响的变化。基本推理过程如下，在结构体系无缺陷的前提下，如果结构在足够长的使用时间里以及当前都呈现出良好的性能和状况，且结构性能、作用和环境无论在过去还是未来都无明显的变化，则结构在未来时间里能够安全抵抗偶然作用以外的作用。

* + 1. 当采用基于结构状态的评定方法评定结构构件的承载力时，确定构件处于以下危险状态时，应报告委托方应立即采取措施。

**1** 当钢构件存在裂缝、脆性断裂或疲劳开裂时；

2 当钢结构存在不适于继续承载的位移和变形时；

**3** 当结构体系变为机动体系时。

【条文说明】：

基于结构状态评估的方法可分为两类，判定结构安全性和使用性不满足要求的方法，判定结构安全性和使用性满足要求的方法。

按照第一类方法，如果既有结构当前的状态已经超越正常使用极限状态、临近或超越承载能力极限状态，则可直接判定结构的使用性和安全性低于或不满足现行标准的要求。本条规定的3种情况均是钢结构的危险状态，应立即采取措施。

* + 1. 对具备检验条件的结构或构件，可采用基于荷载检验的评定方法，现场验证承载力和使用性的荷载检验应符合下列规定：

**1** 检验荷载的形式应与结构承受的主要作用情况基本一致；

**2** 检验荷载不应使结构或构件出现不可逆的变形和损伤；

**3** 荷载检验及相关计算分析结果应符合有关标准的要求。

【条文说明】：

荷载检验是确定构件承载力的方法之一。本条提出荷载检验评定的原则。当结构主要承受重力作用时，应采用重力荷载的检验方法。检验的荷载值应通过预先的计算估计，并在检验时逐级进行控制，避免产生结构或构件的过大变形或损伤。对于检验荷载未达到设计荷载的情况，可采取辅助计算分析的方法实现。

* + 1. 当可靠性评定结果与结构实际情况矛盾时，应进行审核检验，应注意审核以下几点：

**1** 结构分析和校核中是否遗漏重要信息；

**2** 结构分析和校核中是否存在错误和不合理之处；

**3** 结构计算参数和分析模型是否过于保守；

**4** 结构计算和分析方法是否过于粗略；

**5** 对结构、环境的调查和检测是否全面和准确。

【条文说明】：

既有结构可靠性评定有多种方法，但在某些场合下，由不同方法所得到的结果可能是相互矛盾的。例如，根据结构分析和校核的结果，结构的安全性不满足现行国家标准规范的要求，但实际的结构并未出现应有的危险或失效迹象。这时必须对这种矛盾的现象进行审核和解释。

如果评定结论之间的矛盾是合理的，并可得到合理的解释，则应明确指出评定的最终结论，并对其作必要的说明。如果结构当前的状态已表明结构的安全性或使用性不满足要求，则无论结构分析和校核的结果如何，都应判断结构的安全性或使用性不满足要求。

* + 1. 对于评定为不符合要求的结构和构件，应提出采取更换或加固措施的要求，必要时，也可提出限制使用的建议。

【条文说明】：

对于既有工业钢结构来说，对所有承载力不满足要求的构件都进行加固也许并不是最好的选择，例如：当楼板承载力不足时，也许采取限制楼板的使用荷载是最佳的选择。限制使用条件是建筑、桥梁结构常用的方法。

# 调查和检测

## 一般规定

* + 1. 工业钢结构的调查与检测应包括使用条件和结构现状两个部分。

【条文说明】：工业钢结构的调查与检测是工业钢结构检测鉴定工作中直接接触现场一手数据和资料的重要环节。既有工业钢结构鉴定与新结构设计不同，应查明各种使用条件和结构本身现状。

* + 1. 使用条件调查与检测应包括结构上的作用、使用环境和使用历史。调查中应考虑使用条件在目标工作年限内可能发生的变化，并符合下列规定：

**1**结构上的作用和使用环境调查按本规程第4.2节规定执行和选用；

**2**使用历史调查应包括：工艺设备以及生产环境的变更、历次加固改造设计图及施工记录、事故处理报告、观测记录以及对已有资料与现状进行对比等，了解场地有无不均匀沉降和场地设计标高的变化，超载历史、动荷载作用历史等其他特殊使用情况。

【条文说明】：使用条件调查，除应考虑目标工作年限内可能受到的作用和使用环境条件外，还要考虑结构已受到的各种作用和结构工作环境，以及使用历史上受到设计中未考虑的作用。例如地基基础不均匀沉陷、曾经受到的超载作用、灾害作用等造成结构附加作用效应等也应在调查之列。

* + 1. 工业钢结构现状调查与检测应包括地基基础、上部承重结构、围护结构三个部分。结构现状调查与检测的基本内容应包括结构体系与布置、尺寸与偏差、材料性能、缺陷和损伤、变形与倾斜、涂装防护质量。

【条文说明】：本条给出了工业钢结构各结构系统现状调查与检测的主要内容。

* + 1. 工业钢结构地基基础的调查与检测，除应查阅岩土工程勘察报告及有关图纸资料外，尚应调查和检测以下项目：

**1** 地基沉降和沉降稳定情况；

**2** 场地类别、地基土质、岩土性能指标及地下水及冻土深度情况。当地基资料不足时，可根据国家现行有关标准的规定，对场地地基进行补充勘察和沉降观测；

**3** 上部结构倾斜、扭曲和裂损情况，以及邻近建构筑物、地下工程和管线等情况及相互影响；

**4** 基础结构类型、材料力学性能、几何尺寸及埋深、外观缺陷和损伤。

【条文说明】：现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344、《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621等对钢结构的结构材料、几何尺寸、制作安装偏差、结构构件性能的具体检测方法做了规定。本条根据工业钢结构的特点，做了相应规定。

* + 1. 工业钢结构上部承重结构的调查与检测，可根据建构筑物的具体情况以及鉴定的内容和要求，选择表4.1.5中的调查项目。

表4.1.5 上部承重结构的调查与检测

|  |  |
| --- | --- |
| 调查与检测项目 | 调查与检测细目 |
| 结构体系和布置 | 结构布置与体系的完整性、整体性，结构构造和连接类型 |
| 尺寸与偏差 | 柱、梁、墙、板和支撑的截面形式、几何尺寸与偏差 |
| 材料性能 | 钢材力学性能、化学成分 |
| 缺陷和损伤 | 柱、梁、板和支撑锈蚀、开裂、变形等，连接缺陷和损伤等 |
| 变形与倾斜 | 整体倾斜、下挠变形和位移 |
| 涂装防护质量 | 防腐、防火涂层外观质量、涂层完整性和涂层厚度等 |

【条文说明】：工业建筑钢结构检测应根据鉴定的需要合理确定检测项目和检测方法，并能为鉴定提供真实、可靠、有效的检测数据。抽样检测的对象和部位应具有代表性，应选取影响结构安全和抗震性能的关键构件进行检测。当采用局部破损的检测方法时，宜选择构件受力较小部位取样，且尽可能减少对结构构件安全的影响。

* + 1. 屋盖系统调查与检测，并应符合下列要求：

1 在构件外观整齐，无显著变形，无大面积涂层脱落和锈蚀，连接节点无明显的损伤和缺陷的条件下，可仅对受力状态不利的构件进行检查。

2 屋架、檩条、天窗架、屋面梁应检查杆件截面在平面内、外变形，局部凹凸范围、最大凸凹量以及板件锈蚀程度等。节点应检查节点偏心，焊接缺陷、螺栓或铆钉的紧固状态，脱焊、断裂情况；

3 屋架、屋面梁变形测量包括垂直挠度、旁弯和侧倾三部分。每半跨范围内测点数不宜少于三个，且跨中应有一个测点，端部测点距端支座不应大于1m。

4 屋面板系统应检查屋面板和防护层的构造和尺寸。混凝土大型屋面板，应检查裂缝情况、混凝土碳化层深度，钢筋锈蚀程度，对受振动影响较大的厂房以及有抗震要求的厂房，尚应检查屋面板与屋架的连接情况及搁置长度。压型钢板屋面，应检查与檩条的连接及连接件的锈蚀、松动，以及板面涂层脱落、基板锈蚀等情况。

【条文说明】：

屋盖系统通常由屋架或屋面梁、托架、天窗架或气楼、支撑及系杆、隅撑、檩条、拉条、屋面板等构件组成。其中，屋架或屋面梁、托架、天窗架或气楼属于上部承重结构重要构件，支撑及系杆、隅撑、檩条、拉条等属于上部承重结构次要构件。其中，压型钢板、隅撑、檩条、拉条等兼具围护结构系统功能。

屋盖系统检查时，先进行比较粗略的观察，如果构件外观整齐，没有显著变形，没有大面积涂层脱落和严重的锈蚀，连接节点（包括连接件和连接焊缝）也没有明显的损伤和缺陷，可仅对受力状态不利的构件进行检查，否则应对全部构件进行检查。

屋架（屋面梁）垂直挠度宜用水准仪测量。屋架（屋面梁）旁弯测量点应布于上弦杆（上翼缘）同一侧边，宜用经纬仪结合水平尺测量。屋架侧倾测量点应布于屋架倾斜一侧，可用靠尺测量。

板厚可用超声波测厚仪测量，杆件弯曲矢高可用拉线结合钢尺测量，焊缝高度要用焊缝量规测量，螺栓规格可用卡尺测量，其紧固状态宜用0.2kg~0.5kg的小锤敲击检查。

对屋面板系统应检查屋面板和防护层的构造和尺寸，以确定屋面的恒载。混凝土大型屋面板虽然不属于钢结构构件，但与钢结构的关系很密切，在钢结构厂房中经常采用，它还对钢屋架起支撑作用，可以认为它是钢屋盖系统的一部分，因此将其包括在本规程中。它的检查包括裂缝情况、混凝土碳化层深度，钢筋锈蚀程度。对受振动影响较大的厂房以及有抗震要求的厂房，还应检查屋面板与屋架的连接情祝及搁置长度。

* + 1. 吊车梁系统应对全部构件及连接进行损伤情况的检查。并应符合下列要求：

1 吊车梁（吊车桁架）和制动结构应检查各构件有无明显变形和裂缝，相互连接部位有无铆钉或螺栓松动、脱落和焊缝开裂现象；

2 吊车梁（吊车桁架）、制动结构与柱连接应检查连接板有无断裂，螺栓或铆钉有无松动、脱落，焊缝有无开裂，吊车梁（吊车桁架）支座底部垫板有无缺损及不平稳现象；

3 应检查吊车轨道中心与吊车梁腹板中心的偏移量，以及轨道固定和破损状况；

4 对高温热源附近的吊车梁尚应测量表面温度。

【条文说明】：

吊车梁系统由于受到吊车的重复和冲击荷载的作用，所以比较容易出现损伤，在检测中应对全部构件及连接进行损伤情况的检查。对高温热源附近的吊车梁还应测量构件表面的温度。

裂缝检查宜用肉眼观察结合放大镜检查，发现疑点时宜用着色法或磁粉探伤进一步确定是否开裂和开裂范围，并用刻度放大镜确定裂缝宽度，记录其分布部位与裂缝尺寸。

轨道中心与吊车梁腹板中心的偏移过大时，吊车梁受力非常不利。轨道及其固定装置如损伤严重也能说明吊车梁受力情况不良，所以要检查吊车轨道中心与吊车梁腹板中心的偏移量，以及轨道固定和破损状况。

* + 1. 支承系统检测应包括厂房柱、柱脚及其他承重构件的局部损伤测定，锈蚀程度测量，连接质量的检查以及柱子的偏斜和沉降测量。隐蔽部位的损伤和锈蚀状况应重点检查。

【条文说明】：支承系统包括工业厂房中柱子系统、工业构筑物或大型空间结构中支承牛腿或支座等。

* + 1. 屋盖系统支撑和柱间支撑，应检查支撑布置形式的合理性，连接部位有无破损、松动、断裂，支撑杆件有无弯曲或断裂。
    2. 工业钢结构围护结构的调查与检测，应包括檩条和墙梁、拉条及墙面板、吊顶构件及其相应的连接。压型钢板屋面，应检查与檩条的连接及连接件的锈蚀、松动，以及板面涂层脱落、基板锈蚀等情况。围护结构应对其在整体结构中的作用进行界定，当围护结构兼做上部承重结构时，应按本规程第4.1.5条所列内容进行调查与检测。

【条文说明】：围护结构的调查与检测，主要包括屋面系统、墙的檩条、拉条及屋面板以及吊顶。检测内容宜包括：檩条和墙梁的几何尺寸、拉条布置制作安装偏差变形腐蚀及损失，檩条和墙梁连接节点的构造、尺寸变形腐蚀及损失。

## 使用环境与作用

* + 1. 工业钢结构的使用环境调查检测应确定生产环境、气象条件和地理环境对结构使用的影响，并应符合下列要求：

1 结构处于严重积灰和潮湿状态时，应着重检查结构构件的锈蚀情况，必要时取样化验；

2 存在腐蚀性介质时应测定介质的腐蚀性能；

3 在高温区的结构，应测定结构表面及环境温度；

4 气象条件存在异常或地理环境中存在滑坡等不稳定因素时，应按有关标准进行检测。

* + 1. 工业钢结构使用环境的可按表4.2.2所列项目进行调查。所处环境类别、环境作用等级，可按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144的有关规定确定。

表4.2.2 工业钢结构使用环境调查

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 使用环境 | 调查项目 |
| 1 | 气象条件 | 大气温湿度、降水量、霜冻期、风向风速、冻土深度等 |
| 2 | 地理环境 | 地形、地貌、工程地质；建筑方位、周围建筑等 |
| 3 | 工作环境 | 结构与构件所处局部环境：温湿度、侵蚀介质种类与浓度、  运输物料的腐蚀性、清灰方式、干湿交替、冻融交替情况等 |

【条文说明】：工业钢结构中腐蚀作用可能包括运输物料和清灰方式等，尤其是采用水冲洗的方式对结构造成的腐蚀性应重点调查。这对于查找结构出现损伤（老化、局部破坏、严重变形、腐蚀、裂缝等）的原因、分析危害程度和提出处理方法提供了技术依据。

* + 1. 工业钢结构结构上的作用可按表4.2.3所列的项目进行调查。

表4.2.3 结构上作用的调查

|  |  |
| --- | --- |
| 作用类别 | 调查项目 |
| 永久作用 | 1. 结构构件、建筑配件、固定设备、管道等自重； |
| 2. 预应力、土压力、水压力、地基变形等作用； |
| 可变作用 | 1. 楼面、平台活荷载和积灰荷载； |
| 2. 屋面活荷载和积灰荷载； |
| 3. 安装、操作、检修和工艺荷载； |
| 4. 吊车荷载； |
| 5. 积雪、覆冰荷载； |
| 6. 风荷载； |
| 7. 温度作用； |
| 8. 动力荷载 |
| 偶然作用 | 1. 地震、火灾、爆炸、撞击 |
| 2. 其他 |

注：各行业对工业钢结构设备荷载的分类不同，有些行业将设备荷载划为可变作用，如有明确规定，按其规定执行。

【条文说明】：工业钢结构上的作用可分为三类，即永久作用、可变作用、偶然作用。在设计基准期内，它们对结构产生的效应是不一样的。永久作用不随时间变化，或其变化与平均值相比可忽略不计，或其变化是单调的并趋于某一限值；可变作用随时间的延续而变化，且其变化与平均值相比不可忽略不计；偶然作用在结构使用期间不一定出现，但一旦出现，其值很大且持续时间非常短暂。

随着企业自动化生产程度的不断提高，结构内的电缆也越来越多，电缆及其桥架荷载不容忽视。实际工程案例中发现，电缆及其桥架敷设不规范现象较多，这都会对工业钢结构造成不利影响。因此，调查时应重点查明这些情况。

管道荷载，包括除尘、给排水、热力或燃气等管道。对管道荷载，应重点调查生产或事故等不同状态对工业钢结构产生的荷载效应。

屋面积灰是大部分工业企业钢结构所面临的特有问题。检测鉴定人员应重视堆料和积灰对结构产生的不利荷载效应，查明结构内、外堆料和积灰重量，调查业主清除落料和积灰的制度及执行情况，是否能避免落料和积灰日益加厚的不利局面出现。

* + 1. 工业钢结构结构上的作用应按下列规定取值：

**1** 经调查符合现行国家有关通用规范及《建筑结构荷载规范》GB 50009及相关行业标准等规定取值时，应按相应标准选用；

**2** 结构上的作用与现行国家有关通用规范及《建筑结构荷载规范》GB 50009及相关行业标准规定取值偏差较大者，应按实际情况确定；

**3** 当现行国家有关通用规范及《建筑结构荷载规范》GB 50009及相关行业标准等未做规定或按实际情况难以直接选用时，可按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068有关规定确定。

【条文说明】：风荷载、雪荷载应按现行国家有关通用规范及《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定计算。

* + 1. 自重荷载测定，可按构件实测的尺寸和现行《建筑结构荷载规范》GB 50009规定的重力密度确定。屋面可切开至结构层，检查各构造层的材料，测量其实际尺寸。
    2. 屋面、楼面、平台的积灰荷载应调查积灰范围、厚度分布、积灰速度和清灰制度等，测试积灰厚度和干、湿重度，并应结合调查情况确定积灰荷载标准值。
    3. 吊车荷载调查和检测应符合下列规定：

1 当吊车运行正常，吊车梁系统无损坏且相关资料齐全符合实际时，可按工艺和委托方提供的吊车荷载直接采用。

2 当吊车运行异常、吊车梁系统有损坏或无吊车资料，或对已有资料有怀疑时，应根据实际状况和鉴定要求对吊车荷载进行专项调查和检测。

* + 1. 设备荷载的调查，除应查阅设备、物料运输荷载历史资料，了解生产工艺和使用情况，尚应调查改造后的设备使用情况。
    2. 当工业设备影响建筑物内人体舒适性或对结构影响较大时，应了解设备的扰力特性及其他相关影响因素，并应进行测试。

【条文说明】：

既有建筑结构鉴定验算，在无特殊情况下，结构的作用标准值尽量采用现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009的规定值。但是，在工业钢结构鉴定中有些情况下结构验算荷载，例如某些重型屋盖的屋面荷载、积灰严重的屋面积灰荷载、运行不正常的吊车竖向和水平荷载、生产工艺荷载等难以选用《建筑结构荷载规范》GB50009的规定值时，则需要根据《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068的原则采用实测统计的方法确定。第4.2.5条~4.2.9条给出了具体检测项目和测试方法。

* + 1. 工业钢结构的工艺荷载调查，宜包括下列荷载工况参数：

**1** 设备超载系数；

**2** 设备的启动、运行和制动张力；

**3** 工艺荷载作用位置及其相对高度；

**4** 工艺生产操作和检修荷载等；

**5** 设备的扰力特性。

【条文说明】：工艺荷载是工业钢结构设计的重要依据，工艺专业设计人员在进行工业钢结构设计时提资差别较大。本条的目的是明确调查工艺荷载要点和荷载参数的形式，便于检测鉴定人员理清和掌握，避免遗漏。并与业主、设计单位等各方沟通，正确选择、使用工艺荷载并作为标准值。

* + 1. 工业钢结构的工艺荷载取值，应根据委托方或管理使用单位提供的工艺设备资料进行确定。当无法提供时，宜按以下方式选用：

**1** 查询工艺设备档案资料并经调查核实后选用；

**2** 查阅相关行业的设计标准、图集等资料。

【条文说明】：既有工业钢结构的工艺荷载一般现场调查难度较大，应由委托方或管理使用单位提供，无法提供时应查阅相关行业的设计标准、图集等资料或在业主协调下向原设计单位、设备厂家咨询。

* + 1. 对有高温热源的工业钢结构，应检测受高温热源影响结构构件的表面温度，记录最高温度、高温持续时间和高温分布范围。

【条文说明】：本条为工业钢结构温度的检测要求，有些工业钢结构经常处于高温环境或温差变化较大的环境，应考虑温度对工业钢结构的影响，因此需要检测工业钢结构或构件的表面温度、最高温度及高温分布范围。

* + 1. 调查工业钢结构上部结构荷载变化情况时，应重点调查在使用中积灰荷载、增加电缆、管道、爬梯等荷载以及新增围护系统荷载等发生改变等情况。

【条文说明】：根据大量工业钢结构检测鉴定实例统计结果，后期使用中积灰、增加电缆、管道、爬梯以及新增围护系统等情况经常发生，数次增加的结果可能导致该项荷载成了结构分析和校核时的主控因素和安全隐患，这是荷载调查中的重点。

## 结构体系与布置

* + 1. 工业钢结构体系与布置的调查与检测，应包括结构类型、构件截面形式、支撑系统布置、节点与连接等内容。

【条文说明】：本条调查与检测项目是在《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144基础上总结大量工业通廊检测鉴定实践经验提出的。

* + 1. 工业钢结构体系与布置的调查与检测应符合下列规定：

1 当图纸资料齐全完整有效时，应检查实际结构体系、结构构件布置、主要受力构件等与图纸相符合程度。检查结构布置或构件是否有变动，应对结构、构件与图纸不符合或变动部分重点进行检查与检测；

2 当图纸资料残缺不全或无图纸资料时，除应检查实际结构与图纸的符合程度外，还应对缺少图纸部分的结构进行重点检查和检测。并宜在检查检测基础上绘制所缺少的主要结构布置图。

* + 1. 工业钢结构应调查其实际结构类型，可分为框架结构、排架结构、刚架结构、桁架结构、网架（壳）结构、索杆张力结构以及高耸钢结构等，并与原设计资料进行对比复核。
    2. 工业钢结构应调查和检测构件截面形式，构件截面的宽厚比应按构件的实测尺寸进行核算。
    3. 工业钢结构应调查支撑系统布置情况，应包括支撑的设置、支撑中杆件的长细比和保证杆件局部稳定的加劲肋。钢结构支撑杆件和构件杆件宜按受压杆件考虑长细比，平面类杆件尚应考虑平面内和平面外长细比的区别。
    4. 工业钢结构节点与连接应根据不同的节点和连接类型，如：支座节点、吊车梁节点、网架球节点、杆件平面节点、钢管相贯焊接节点、铸钢节点和拉索节点等，焊接连接、螺栓和铆钉连接、高强螺栓连接等，按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344中规定的检测项目和检测方法执行。

【4.3.3～4.3.6条文说明】：提出了工业钢结构中结构类型、构件截面形式、支撑系统布置、节点与连接的具体检测项目和方法。

## 尺寸与偏差

* + 1. 工业钢结构的尺寸与偏差应包括轴线尺寸和构件尺寸，偏差应分为尺寸偏差和安装偏差。

【条文说明】：尺寸偏差是指钢构件实际尺寸与设计文件要求值的差别。安装偏差是指构件实际位置与设计要求的位置或轴线之间的差别。

* + 1. 工业钢结构轴线尺寸和构件尺寸的检测应符合下列规定：

**1** 当图纸资料齐全完整有效时，可进行现场抽检复核；当图纸资料残缺不全或无图纸资料时，应按国家现行有关检测技术标准的规定进行现场抽样检测。其中，柱、梁、桁架等重要构件和代表性构件应详细检测。

**2** 轴线尺寸和构件尺寸宜选择在主体结构区域内重要构件布置位置和体现构件性能的部位量测。

【条文说明】：本条给出了工业钢结构轴线尺寸和构件尺寸的检测原则。抽检复核可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344中A类或B类要求确定抽检数量。详细检测则按C类要求确定抽检数量。

* + 1. 工业钢结构尺寸偏差应以设计文件要求值为基准，尺寸偏差的允许值应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定。
    2. 工业钢结构安装偏差的检测方法和偏差允许值的取值应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定。

【4.4.3、4.4.4条文说明】：构件尺寸偏差、安装偏差按相应产品标准进行检测，尺寸偏差取值应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的要求。

* + 1. 工业钢网架中杆件不平直度可用拉线的方法或全站仪检测，其不平直度不得超过杆件长度的0.1%。空间网格结构小拼单元偏差应按适用的检测方法进行检测，偏差允许值的取值应符合现行行业标准《空间网格结构技术规程》JGJ 7的有关规定。

【条文说明】：钢网架杆件轴线的不平直度是一项很重要的指标。，包括杆件整体变形、局部弯曲、凹陷、凸起等变形。杆件在安装时，因尺寸偏差或安装误差而引起杆件不平直，由原设计的拉杆变成压杆而引起杆件压曲。

## 材料性能

* + 1. 工业钢结构的钢材材料性能检测可分为屈服强度、抗拉强度、伸长率、冷弯和冲击功等。

【条文说明】：本条提出了工业钢结构构件中钢材力学性能的检验分项。

* + 1. 工业钢结构的钢材材料性能的检测，当图纸资料有明确说明且无怀疑时，可进行现场抽检验证；当存在下列状况时，应按国家现行有关检测技术标准的规定，通过现场取样或现场测试进行检测：

**1** 钢材有分层或层状撕裂；

**2** 钢材有非金属夹杂或夹层；

**3** 钢材有明显的偏析；

**4** 当无材料质量合格证或存在问题有怀疑时。

【条文说明】：当钢材从外观质量上判断存在分层、层状撕裂、非金属夹杂夹层、明显的偏析，以及钢材检验资料缺失或对检验结果怀疑的时候，应当对结构构件中钢材的力学性能进行取样检验。既有结构构件钢材力学性能可采取取样检验的方法。钢材的取样方法、检验方法都有相应的国家标准，具体操作应按这些标准执行。我国现在的结构钢材主要是《碳素结构钢》GB／T 700中的Q235钢和《低合金高强度结构钢》GB／T1591中的Q355钢。

* + 1. 在工业钢结构构件上截取试样检测钢材力学性能时，应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344的相关规定。
    2. 当取样难度较大时，可采用表面硬度判别钢材的牌号。钢材表面硬度的检测操作应符合本规程附录A的规定。

【条文说明】：本标准附录A提供了里氏硬度法推定钢材强度等级的测定方法。按本条的规定进行钢材里氏硬度测试时，也可不推定钢材的强度等级，只进行钢材里氏硬度的测试，区分钢材的品种。直读光谱法或表面硬度法结合也可用于钢管混凝土和钢-混凝土组合结构钢材强度等级的判定。有了这些无损检测方法的判定，有助于区分钢材的品种，查找存在强度问题的钢材。

* + 1. 发现明显的偏析、受到灾害的影响或需要了解钢材化学成分时，应进行钢材化学成分的分析。钢材化学成分的分析应符合国家相关现行标准的有关规定。

【条文说明】：提出进行钢材化学成分分析的规定。钢材某元素含量发生变化或不能确定所用钢材是否按照国家现行产品标准生产时，应该进行化学成分的分析

* + 1. 严寒和寒冷地区室外钢构件及其连接的低温冷脆破坏**宜**按下列方法进行检验：

**1** 当具备条件时，应从实际结构中截取钢构件和连接进行低温冷脆性能的检测，取样宜包括带有缺陷和受到损伤的钢材或连接；

**2** 不具备条件时，应采用相同材料和制作工艺，加工模拟试件，在制作时宜有模拟既有钢结构实际缺陷和损伤的试件；

**3** 将试件置于特制的密封保温箱内进行降温，降温宜达到结构所在地区记录到的最低温度；

**4** 将试件取出立即进行试验，通常可先采取拉伸试验的方法；

**5** 进行常温下不带缺陷和损伤试件的比较试验；

**6** 通过比较确定材料品种、低温和缺陷的影响程度；

**7** 通过计算分析确定既有结构构件的应力分布情况，分析时应考虑温度应力的影响；

**8** 综合分析检验和结构分析的情况，判定出现低温冷脆破坏的可能。

【条文说明】：本条提出判定钢材低温冷脆破坏可能性的方法，由于缺陷损伤也是引发钢构件连接发生低温冷脆破坏的因素之一，因此本条第1、第2款强调了取样和制备试样要考虑的构件的缺陷和损伤，第7款提出要考虑随温度降低钢构件的附加内力。

## 缺陷和损伤

* + 1. 工业钢结构外部缺陷和损伤宜全数检查。

【条文说明】：本条给出了缺陷和损伤的抽检数量。

* + 1. 工业钢结构焊缝外观缺陷和损伤检查应选取现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205规定的适用方法。

【条文说明】：本条规定了钢结构焊缝外观检查依据的相关标准，钢结构工程的所有焊缝都应进行外观检查，检查的对象应为外形尺寸和外观缺陷。对既有钢结构则可采取抽检的方式。

* + 1. 焊缝裂纹、锈蚀和开裂可采用渗透探伤或磁粉探伤的方法进行检测。渗透探伤和磁粉探伤操作应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的有关规定。

【条文说明】：磁粉探伤或渗透探伤的适用条件应按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB／T 50621确定。现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB／T 50621对渗透探伤和磁粉探伤操作有详细的规定。关于磁粉探伤，该标准有设备仪器、检测步骤(包括预处理、磁化、磁痕的观察与记录和后处理等)和检测结果的评价等规定。关于渗透探伤，该标准也有设备仪器、检测步骤和检测结果的评价等规定。

* + 1. 对设计上要求全焊透的一、二级焊缝和设计上没有要求的钢材等强对焊拼接焊缝的缺陷，应采用超声波探伤的方法进行检测。超声波检测应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621和 《焊缝无损检测 超声检测技术、检测等级和评定》 GB／T 11345的有关规定。

【条文说明】：本条规定了焊缝内部缺陷检测的方法。现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB／T 50621规定了对设备仪器的要求、检测步骤和检测结果的评价等。现行国家标准《焊缝无损检测  超声检测技术、检测等级和评定》GB／T11345也有相应的规定。

* + 1. 工业钢结构螺栓和铆钉缺陷和损伤的检查应包括连接构造缺陷，螺杆或铆钉断裂、弯曲、螺栓或铆钉脱落、松动、滑移，连接板栓孔挤压破坏，腐蚀等项目。

【条文说明】：本条规定了螺栓和铆钉连接的检测分项。

* + 1. 既有工业钢结构高强螺栓的缺陷、腐蚀和损伤可采用低倍放大镜观察、磁粉探伤或渗透探伤方法进行检测。

【条文说明】：本条规定了既有工业钢结构高强度螺栓的腐蚀和损伤的检测方法。

* + 1. 工业钢结构节点的缺陷和损伤检查应选取现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344规定的项目进行检查。

【条文说明】：现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344规定了工业钢结构节点缺陷和损伤的检查要求、检测项目和内容等。

* + 1. 工业钢结构构件的缺陷和损伤检查应包括锈蚀程度、碰撞变形与撞击痕迹、火灾后强度损失与损伤，以及累积损伤等造成的裂纹、断裂等。

【条文说明】：本条规定了钢结构损伤的检测项目。

## 变形与倾斜

* + 1. 工业钢结构的变形可分为结构构件的挠度、倾斜、构件及其腹板的侧弯和杆件的弯曲等。

【条文说明】：本条规定了工业钢结构变形检测的内容。

* + 1. 工业钢结构构件的挠度、倾斜等变形与位移和基础沉降等可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344规定的方法进行检测。
    2. 构件平面外弯曲变形和板件凹凸等变形情况，可采用观察和尺量的方法进行检测，也可采用三维激光扫描或数字图像重建的方法按本规程附录B进行检测。节点板平面外变形和侧向位移可采用全站仪或拉线方法检测。

【条文说明】：本条给出了构件出平面弯曲变形和板件凹凸等变形的测量方法。

* + 1. 钢网架球节点之间杆件的整体弯曲，可用拉线的方法或全站仪检测，也可采用三维激光扫描或数字图像重建的方法按本规程附录B进行检测，并应区分杆件的偏差与受力后的弯曲。

【条文说明】：既有结构钢网架球节点间杆件的弯曲可能是稳定问题。

* + 1. 碰撞等造成工业钢结构构件的变形和钢材的撞痕，可采用直尺拉线或靠尺量测的方法进行检测，也可采用三维激光扫描或数字图像重建的方法按本规程附录B进行检测。

【条文说明】：本条规定了碰撞变形和钢材损伤的检测方法。

## 涂装防护

* + 1. 工业钢结构构件涂装防护可分成涂层和拉索外包裹防护层等。检查内容包括外观检查、涂层完整性和涂层厚度、包裹防护层的完整性、厚度和现状劣化等。

【条文说明】：本条规定了工业钢结构涂层的检测项目，将涂装防护分成涂层和拉索外包裹防护层两类。

* + 1. 工业钢结构涂层外观质量和完整性宜采用观察的方法进行检查，对存在问题的构件或杆件，宜逐根进行检测或记录。

【条文说明】：既有钢结构涂层需要进行涂层外观和完整性的全数检查。

* + 1. 工业钢结构防腐涂层、防火涂层厚度的检测应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的有关规定。

# 结构分析与校核

## 一般规定

* + 1. 工业钢结构的分析和校核方法，应结合结构鉴定目的与目标使用功能，符合国家现行标准的规定。

【条文说明】：

结构构件分析与校核所采用的分析方法，应符合国家现行设计标准的规定，例如《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021‐ 2021第4.2.2条规定，“既有建筑承重结构、构件的承载能力验算，应符合下列规定：

1 当为鉴定原结构、构件在剩余设计工作年限内的安全性时，应按不低于建造时的荷载规范和设计规范进行验算；如原结构、构件出现过与永久荷载和可变荷载相关的较大变形或损伤，则相关性能指标应按现行规范与标准的规定进行验算。

2 当为结构加固、改变用途或延长工作年限的目的而鉴定原结构、构件的安全性时，应在调查结构上实际作用的荷载及拟新增荷载的基础上，按现行规范与标准的规定进行验算”。

* + 1. 结构分析所采用的计算模型，应符合结构实际的几何形态、材料属性、受力状态、构造状况和边界条件。

【条文说明】：

确定结构计算模型，进行承载能力（强度、稳定、疲劳）和正常使用极限状态核算时，应考虑结构实际的几何形态和受力状态。结构计算模型应考虑在检测中发现的偏差、缺损、荷载作用的部位和方向、构件实际刚度、节点嵌固程度。构件及连接的验算应考虑已发现的缺陷损伤（包括腐蚀）及实际的连接和支承条件。

* + 1. 结构上的荷载和作用标准值应按本规程第4.2.4条的规定取值。荷载和作用效应的分项系数和组合系数，应按现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002、《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021、《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定确定。

【条文说明】：

作用效应的分项系数和组合系数一般按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定确定。现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009中有关规定与现行国家规范《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002、《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021的规定不一致的，以现行国家规范《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002、《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021的规定为准。

当现行荷载标准没有明确规定，且有充分工程经验和理论依据时，也可以结合实际按现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的原则规定进行分析判断。

* + 1. 风荷载、雪荷载的荷载分项系数可根据不同期间内具有相同超越概率的原则，按目标工作年限予以折减，折减系数可按表5.1.4采用。

表5.1.4 风荷载、雪荷载折减系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 目标工作年限 (年) | 10 | 20 | 30～50 |
| 折减系数 | 0.90 | 0.95 | 1.0 |

注：对表中未列出的中间值，允许按插值确定，当目标工作年限小于10年时，按目标工作年限为10年确定。

【条文说明】：

对已有建筑物的结构构件进行分析与校核，首先要考虑的问题是如何确定符合实际情况的作用（荷载）。因此，要准确确定施加于结构上的作用（荷载），首先要经过现场调查、检测和核实。经调查符合现行国家规范《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002和现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定者，应按标准规范选用；当现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009未作规定或按实际情况难以直接选用时，可根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068有关的原则规定确定。

同时要考虑既有建筑物在时间参数上不同于新建建筑物的特点和今后不同的目标工作年限，风荷载和雪荷载是随着时间参数变化的，一般鉴定的目标使用年限比新建的结构设计使用年限短，按照不同期间内具有相同安全概率的原则，对风荷载和雪荷载的荷载分项系数进行适当折减，经过编制组的计算分析，采用的折减系数见表5.1.4。楼面活荷载是依据工艺条件和实际使用情况确定的，与时间参数变化小，因此对于楼面活荷载不需折减。

* + 1. 当结构构件受到不可忽略的温度、地基变形等作用时，应考虑附加作用效应。
    2. 钢材强度的设计值，应根据结构构件的实际状况和已获得的检测数据按下列原则取值：

**1** 当材料的种类和性能符合原设计要求时，可根据原设计标准取值；各历史年代钢材力学性能，可采用本规程附录C取值。

**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时，钢材抗拉、抗压和抗弯强度的设计值*f*由钢材的屈服强度*f*y除以抗力分项系数*γ*R1确定，钢材的屈服强度*f*y取抽样试验结果的最低值，抗力分项系数取值1.2。抗剪强度设计值*f*v为0.58*f*。

【条文说明】：

对已有建筑物的结构构件进行分析与校核，另一个需要考虑的问题是确定符合实际的构件材料强度取值。为此，编制组参照国际标准《结构可靠性总原则》ISO 2394的规定，提出两条确定原则：当材料的种类和性能符合原设计要求时，可取原设计标准值；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时，应根据实测数据确定。

考虑其进行检测鉴定的钢结构构件一般都已使用多年，经受有种种不利因素作用，故对其强度设计值较现行设计规范规定略低，尤其在材质证明不符合当时规定或需由复验结果确定强度设计值时，将*γ*R1取用为1.2。

* + 1. 钢结构表面温度高于100℃时，应考虑其强度和刚度的降低；高强度螺栓连接处温度高于100℃或者曾经历过高于100℃的高温时，应考虑其抗滑移承载能力的降低。

【条文说明】：

钢结构表面温度长期高于100℃时，应当采取措施进行隔热处理。但也有一些结构不能在短期内采取隔热措施或者采取隔热措施后结构表面温度仍超过100℃，这种情况下结构计算中就要考虑钢材强度和弹性模量的降低，各种钢材的强度和弹性模量降低幅度和最高温度限值可以参考现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316。

* + 1. 结构或构件的几何参数应取实测值，并应考虑结构实际的变形、偏差等影响。当重要承重构件发生较大变形时，宜结合三维激光扫描法或数字图像法建模，按本规程附录A要求建立结构变形缺陷部位的三维有限元模型。
    2. 工业钢结构当前受力状态除应进行结构整体计算外，尚应考虑锈蚀、变形等损伤与缺陷影响，进行下列细部计算：

**1** 节点连接域板件及连接验算；

**2** 柱脚、支座和预埋件验算；

**3** 既有钢网架结构的橡胶支座、锚栓、螺栓和预埋件验算；

**4** 既有钢结构的基础验算。

* + 1. 当需要通过结构构件荷载试验检验其承载性能和使用性能时，应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB／T 50344等的规定进行。

【条文说明】：

当结构分析条件不充分时，可通过结构构件的载荷试验验证其承载性能和使用性能。结构构件的载荷试验应按专门标准进行，例如《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 50152等。当没有结构试验方法标准可依据时，可参照国外标准或按自行设计的方法进行检验，但务必要慎重考虑，因为国外所采用的检验参数或自行设计方法不一定能与我国现行标准有关规定接轨，这一点应特别注意。

* + 1. 工业钢结构的地震作用计算，可采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50010、《构筑物抗震设计规范》GB 50191、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002等规定的方法，并应结合后续工作年限，按现行国家规范《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB55021的规定对地震作用进行调整。

## 带缺损的钢构件承载力计算

* + 1. 考虑缺陷或损伤对构件承载能力的不利影响，可同时考虑由精确计算简图、材料性能、荷载等几方面有利因素形成的承载潜力。

【条文说明】：

既有钢结构检测中经常遇到的问题是各类构件都存在有不同程度的缺陷或损伤，例如杆件局部变形、弯曲以及截面部分缺损等等，这种情况下评定构件与结构的承载能力时就应考虑这些缺陷的不利影响，但过分地考虑不利因素势必会增加不必要的加固工作量，除造成费工、费钱以外，还有可能在加固中由于措施不当再次损伤原结构，故本条规定，在考虑缺陷的不利因素时可同时考虑精确计算图形和实际的材料性能（材料强度指标等）等几方面的有利因素。

既有钢结构构件和节点的腐蚀老化与外观损伤宏观评估应通过现场踏勘的方法进行。踏勘对象应包括承重体系的关键构件、关键节点、柱脚、支座、预应力锚固点、地基基础等。对火灾后的钢结构，宏观评估应考虑火灾对结构构件与节点的损坏程度。对地震后的钢结构，宏观评估应考虑地震对结构构件与节点的损坏程度。对腐蚀老化与外观损伤的钢结构，宏观评估应考虑腐蚀损伤对结构构件与节点的损坏程度。

* + 1. 带缺陷构件的承载能力分析与校核可分为带缺陷构件的整体结构受力分析与缺陷构件的精细化分析，分析方法宜采用直接分析法进行。
    2. 计算带缺陷、损伤构件的极限承载能力时，宜进行有限元仿真计算，计算模型应能足够准确的模拟缺陷、损伤，边界条件和荷载作用。

【条文说明】：

带缺陷构件的有限元模型可采用实体单元或板壳单元，并考虑材料非线性和几何非线性，根据计算出的荷载-变形曲线确定极限承载能力。

* + 1. 有缺损钢结构构件的强度验算，可按下列规定进行：

**1** 截面有缺损（孔洞、切口、烧穿或磨损）的构件，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 进行毛截面屈服和净截面拉断验算。进行净截面拉断验算时，应取缺损最大处的最不利截面。

**2** 对有弯曲缺陷的受拉杆件，当弯曲值小于*L*/750时，可不考虑承载力的降低。否则应按拉弯构件核算。

【条文说明】：

有缺损截面的钢构件，其强度验算按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 进行毛截面屈服和净截面拉断验算。

受拉杆件当在使用过程中出现平面内外的弯曲损伤时，其承载能力计算与典型的拉弯构件严格说来并不一致，弯曲的轴心拉杆有可能因过度变形，使自身卸载而影响与其相连接的其它构件，这一点在分析已有结构时应千万注意。从受拉杆本身来说，当弯曲值小于L/750（L为杆长）时，根据计算分析可不考虑承载能力减小，否则，可按拉弯构件计算其承载力。

* + 1. 有缺损钢结构轴压构件的稳定验算应按下列规定进行：

**1** 局部截面有缺损，但截面缺损率不大于25%且构件整体弯曲变形小于*L*/1000时，整体稳定计算可近似按下式进行：

(5.2.5-1)

式中 ：*N*——轴向压力设计值

*A*n——扣除孔洞后的净截面面积；

——原截面受压构件的稳定系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017取用。

**2** 对于有弯曲缺陷的轴压杆件，当弯曲值大于*L*/1000时，应按压弯构件核算。

**3** 对于没有明显局部缺陷，但有双向整体弯曲缺陷的双角钢受压腹杆，可按式(5.2.5-2)进行计算。

 (5.2.5-2)

式中 ——考虑整体弯曲缺陷的折减系数，可按表5.2.5采用。

表5.2.5 有双向弯曲缺陷的双角钢受压腹杆的承载能力

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 相对  弯曲 | 双向弯曲的限值 | | | | | | |
| 1.0 | Δ*y*/*l* | 1/400 | 1/500 | 1/700 | 1/800 |  |  |  |
| Δ*x*/*l* | 0 | 1/1000 | 1/900 | 1/800 |  |  |  |
| 0.9 | Δ*y*/*l* | 1/250 | 1/300 | 1/400 | 1/500 | 1/600 | 1/700 | 1/800 |
| Δ*x*/*l* | 0 | 1/1000 | 1/750 | 1/650 | 1/600 | 1/550 | 1/500 |
| 0.8 | Δ*y*/*l* | 1/150 | 1/200 | 1/250 | 1/300 | 1/400 | 1/500 | 1/800 |
| Δ*x*/*l* | 0 | 1/1000 | 1/600 | 1/550 | 1/450 | 1/400 | 1/350 |
| 0.7 | Δ*y*/*l* | 1/100 | 1/150 | 1/200 | 1/250 | 1/300 | 1/400 | 1/800 |
| Δ*x*/*l* | 0 | 1/750 | 1/450 | 1/350 | 1/300 | 1/250 | 1/250 |
| 0.6 | Δ*y*/*l* | 1/100 | 1/150 | 1/200 | 1/300 | 1/500 | 1/700 | 1/800 |
| Δ*x*/*l* | 0 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/180 | 1/170 | 1/170 |

注：Δ*y—*平面外弯曲；Δ*x—*平面内弯曲。

**4** 两端有节点板的除双角钢外的其他截面形式屋架腹杆按压弯杆件验算时，应按国家标准《钢结构设计标准》GB50017-2017第8.5节的规定进行验算。

【条文说明】：

有缺损钢结构轴压构件的稳定验算仅考虑了下述两种情况：

a）局部截面有缺损、但剩余截面对轴线尚能保持对称，近似按本规程式（5.2.5-1）验算稳定。这一考虑的出发点有两方面：一是构件的失稳与整个构件截面特性有关，个别截面削弱的影响并不明显；二是尽可能减少不必要的加固，若按削弱后截面确定稳定系数，势必会增加加固工作量。

B）工业厂房钢屋架等桁架结构，经过长期使用后，经常发生各类杆件弯曲现象，尤以其中腹杆最普遍，对这种有双向弯曲缺陷的压杆，如何评定其利余承载力是工程中很关切的一个课题。本规程表5.2.5是建立在借鉴国外资料基础上并通过专用程序计算分析核准，同时进行了有初始缺陷钢桁架的试验研究〔详细内容参见“带有初始缺陷钢桁架极限承载力分析及试验研究”一治建院科研报告）得以证实后推荐使用的，由于考虑了结构的非线性过程，计算结果与实验数据吻合较好，而且表明有初始缺陷〔杆件弯曲）桁架的承载能力大于按压弯构件控制的桁架承载力。由于目前仅对双角钢的T形截面进行了研究分析，得出表5.2.5结果，对其他形式截面，可仍按压弯构件进行验算，其结果肯定是偏于安全的。

* + 1. 结构或构件的总体变形和局部变形可采用激光扫描与数字图像法进行精细化建模。

【条文说明】：

需对带有变形缺陷的构件承载力进行分析时，应首先对变形曲面进行仿真，因此需对变形曲面上的坐标点进行密集采集，之后导入有限元软件进行带变形缺陷构件的受力分析。传统的单点检测方式难以做到大量测点的检测，而三维扫描法和数字图像法在面检测方面，优势突出。

* + 1. 腐蚀钢构件应按下列规定考虑腐蚀对钢材性能和截面损失的影响：

**1** 对于普通钢结构，当腐蚀损伤平均量超过初始厚度的10％且剩余厚度不大于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5%时，钢材强度应乘以0.8的折减系数。

**2** 强度和整体稳定性验算时，钢构件截面积和截面模量的取值应考虑腐蚀对截面的削弱。

【条文说明】：

钢构件的腐蚀除削弱构件的几何截面尺寸外，试验研究表明，腐蚀还对钢材的抗拉强度，断后伸长率以及冲击韧性有较大影响，因此，对腐蚀严重的构件，应对材料强度也进行相应的折减。

* + 1. 对于带裂缝钢吊车梁构件的承载能力分析与校核，可建立带裂缝构件的精确有限元模型，进行裂纹扩展分析，裂缝的识别可采用数字图像法。

【条文说明】：

钢吊车梁的疲劳裂缝对构件承载能力影响较大，考虑带裂缝的有限元建模可进行裂缝扩展分析，较精确的分析钢吊车梁的疲劳寿命。

* + 1. 缺陷或损伤对疲劳抗力的影响可采用下列比对试验的方法确定折减系数：

**1** 比对试验应为有缺陷或损伤与无缺陷无损伤试件之间的比较；

**2** 有缺陷或损伤试件的缺陷与损伤宜与现场实际情况接近；

**3** 试验采用的应力幅宜为试验设备所能完成的最大应力幅；

**4** 有缺陷或损伤试件的疲劳破坏循环次数与无缺陷无损伤试件疲劳破坏循环次数的比值可作为所有应力等级疲劳抗力的折减系数。

## 结构与设备耦合分析

* + 1. 结构与设备耦合分析可采用动力系数法，结构设计的动力计算，可将重物或设备的自重乘以动力系数后，按静力计算方法设计。常用设备的动力系数可按相关行业标准取值，或通过实测获取。

【条文说明】：

机械行业参考《机械工业厂房结构设计规范》GB50906，煤炭行业《选煤厂建筑结构设计规范》GB50583等。

* + 1. 工业钢结构与设备耦联合作用分析，应依据工业钢结构所属行业的标准规范规定进行计算分析。
    2. 当工业钢结构楼面布置有工业设备或设备支架上时，宜考虑主结构与子结构的动力相互作用，建立耦联模型进行抗震计算。
    3. 计算模型的确定应符合下列要求：

**1** 对于质量和刚度不对称分布的结构，宜计入平移和扭转的耦联作用；

**2** 当结构支承构件的刚度明显影响物项的动力作用效应时，应计入其刚度的作用；

**3** 应计入结构内液体以及附属部件等的质量，对于因地震引起内部液体振荡的结构，应计入液体晃动效应和其他液压效应。

* + 1. 设备荷载的取值，应调查设备的布置、使用情况、事故状态，按实际使用情况取值。
    2. 堆积荷载的取值，应调查物料堆积荷载情况，按实际使用情况取值。

# 工业建筑物可靠性鉴定

## 一般规定

* + 1. 工业建筑物钢结构可靠性鉴定宜划分为构件、结构系统、鉴定单元三个层次，单个构件可按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144的规定划分。
    2. 可靠性鉴定应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144-2019的规定进行评级，安全性分为四级，使用性分为三级，可靠性分为四级。
    3. 结构系统和构件的鉴定评级应包括安全性等级和使用性等级，也可根据需要综合评定其可靠性等级。
    4. 鉴定单元的可靠性等级可根据需要进行评定，也可直接评定其安全性和使用性等级。

【条文说明】：

本四条规定了工业建筑物钢结构可靠性鉴定的评定体系，采用纵向分层横向分级逐步综合的分级评定模式。

1 工业建筑物可靠性评级划分为三个层次，最高层次为鉴定单元，中间层次为结构系统，最低层次(即基础层次)为构件。

2 考虑到地基基础的问题性质、评定项目内容等与上部承重结构有许多不同，结构布置和支撑系统属于上部承重结构范畴并起到加强整体性的作用，所以将地基基础与上部承重结构分开，将结构布置和支撑系统归入上部承重结构中作为整体性的评定项目，从而形成地基基础、上部承重结构和围护结构三个结构系统。

3 最高层次鉴定单元以满足业主整体技术管理的需要，并采用以往行之有效的工业建筑管理模式，中间层次和基础层次，即结构系统和构件的可靠性评级，包括安全性等级和使用性等级的评定，以满足结构实际技术处理上能分清问题(是安全问题还是正常使用问题)进行具体处理的需要。

4 当不要求评定可靠性等级时，可直接给出安全性和使用性评定结果。

## 构件鉴定

* + 1. 单个构件的鉴定，应对其安全性等级和使用性等级进行评定。需要评定其可靠性等级时，应根据安全性等级和使用性等级评定结果按下列原则确定：

1 当构件的使用性等级为a级或b级时，应按安全性等级确定：

2 当构件的使用性等级为c级、安全性等级不低于b级时，宜定为c级；

3 位于生产工艺流程关键部位的构件，可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了单个构件的鉴定评级包括对其安全性等级和使用性等级的评定，以及需要时的可靠性等级由此进行综合评定的原则。这个综合评定的原则是在构件可靠性评级中体现结构可靠性鉴定以安全性为主并注重正常使用性这一总原则的具体规定。即：即使构件的安全性不存在问题或不致于造成问题，而构件的使用性存在问题(使用性等级为c级)，也需要进行修复处理使其可正常使用，可靠性等级宜定为C级；其他情况，包括构件的安全性存在问题，构件的可靠性等级要以安全性等级确定，以便采取措施处理确保安全。对位于生产工艺流程关键部位的构件，考虑生产和使用上的高要求，可以安全性等级和使用性等级中较低等级直接确定，或对本条第1款评定结果按此进行调整。

* + 1. 构件的安全性等级和使用性等级应根据实际情况按下列规定进行评定：

1 构件的安全性等级应按构件承载能力项目的校核和构造项目的分析评定，并应取其中较低等级作为构件的安全性等级；

2 构件的使用性等级应通过变形、偏差、一般构造和腐蚀等项目分析评定，并应取其中最低等级作为构件的使用性等级；

3 构件的安全性和使用性评定应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144第6.3节的规定进行评定。

4 当构件的缺陷或变形、滑动（松动）或腐蚀等损伤严重时，其使用性等级应评为c级，尚应考虑其不利情况对构件的承载能力的影响。

【条文说明】：

本条给出了评定构件安全性等级和使用性等级的原则性规定。在校核分析评定中，构件的承载能力校核、裂缝及变形等项目的正常使用性校核，采用国家现行设计标准规定的方法，通过作用效应分析和抗力分析确定，要符合本标准第5章的具体规定要求，其等级评定要按照本标准第6.2节及现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144第6.3节的具体规定进行。钢结构构件的构造项目包括构件构造和节点、连接构造，连接包括构件自身连接、构件间连接，涉及焊缝连接、螺栓连接及铆钉（其它连接件）连接形式。

* + 1. 当结构较为复杂或对理论计算分析结果存疑时，在具备现场荷载试验的条件下，构件的安全性和使用性可通过载荷试验进行评定。
    2. 当构件按结构载荷试验评定其安全性等级和使用性等级时，应根据实验目的和检验结果、构件的实际状况和使用条件，按本规程附录D或国家现行相关标准的规定进行评定。

【条文说明】：

本两条给出了评定构件安全性等级和使用性等级的另外一种方法，按结构载荷试验评定的原则性规定。这里所指的国家现行有关检测技术标准的规定，主要是指《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344中有关混凝土结构“构件性能实荷检验”、钢结构“结构性能实荷检验”的规定进行检验与评定。

结构安全评定工作中，复杂结构计算分析评定的困难在于计算模型的合理确定及其边界条件过分简化所带来的计算结果误差并导致安全评定结果偏离实际承载能力的可能风险。因而在工程安全评定领域可能需要采用现场荷载试验的方法对结构安全进行评定。

但通常的原则为：

(1) 通过检算手段可以达到评定要求及目的时，采用计算分析模拟的手段达到目的，而尽量避免采用现场加载试验的方法进行评定。

(2) 仅当遇到下列情况之一的工业钢结构通过现场荷载试验进行评定：

①对计算分析结果存疑或存在争议时；

②结构体系复杂应进行荷载试验或结构计算分析难以判定结构安全状态时。

在上述情况下对于具备现场加载条件的结构，再补充采用荷载试验对结构（承载能力安全状态）进行安全评定。

总之，上述原则即：非必要的情况下一般不采用现场加载试验的方法进行结构承载能力的评定。

* + 1. 当构件出现下列情况之一时，可直接评定其安全性等级为d级：

**1** 梁式构件中，梁本体或两端连接节点出现严重锈蚀、锈穿导致截面明显削弱或锈断；

**2** 桁架式构件中，上弦杆、下弦杆、腹杆等重要受力杆件或相关连接节点板出现严重锈蚀、锈穿导致截面明显削弱或锈断；

**3** 钢构件已出现失稳征兆时；

**4** 钢构件受拉区或吊车桁架受拉杆及其节点板存在疲劳裂缝时；

**5** 其他已确定处于危险状态的缺陷和损伤。

* + 1. 当焊缝连接出现下列情况之一时，构件安全性等级可评定为c级或d级：

**1** 受力焊缝检测部位出现裂缝或受力焊缝焊接缺陷低于现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 或《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205规定的三级焊缝的要求；

2 受疲劳作用的焊缝，出现不符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 或《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205规定的质量要求的缺陷；

3 最小焊脚尺寸或最小焊缝长度不符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017的规定且焊缝承载力验算不足；

4 焊缝质量等级或构造要求不符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 或《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的规定；

* + 1. 当单个螺栓或铆钉出现下列变形或损伤之一，影响承载力时，构件的安全性等级可评定为c级或d级：

**1** 螺栓或铆钉断裂、弯曲、松动、脱落、滑移；

2 螺栓或铆钉头严重腐蚀；

3 连接板出现翘曲或连接板上部分栓孔挤压破坏。

* + 1. 当节点出现下列状况之一时，构件的安全性等级可评定为d级：

1 连接板严重开裂变形；

2 主要受力加劲肋开裂、屈曲、翘曲或严重变形；

3 螺栓、节点板或焊缝严重腐蚀；

4 螺栓球节点锥头或封板出现裂缝；

5 焊接球节点表面出现裂缝或明显凹陷；

6 焊接相贯节点出现裂缝或构件出现可见屈曲变形；

7 铸钢节点出现裂缝；

8 拉索节点锚具出现裂缝；

9 高强度螺栓摩擦型连接出现滑移变形；

10 拉索与锚具间出现可见滑移。

【条文说明】：

本四条给出了评定构件安全性等级和使用性等级评定的另外一种方法，按状态评定的原则性规定。构件、焊缝连接、螺栓连接、节点的质量和构造不符合现行国家标准的要求，通过外观检查有明显的破坏迹象时，可直接认定认为失效连接和节点。

* + 1. 当构件承载力满足国家现行标准规定且同时符合下列条件时，钢结构构件使用性等级可根据实际使用状况评定为a级或b级：

**1** 经详细检查未发现构件有明显的变形、缺陷、损伤、腐蚀、裂缝、老化，也没有累积损伤问题，构件状态良好或基本良好；

**2** 在目标工作年限内，构件上的作用和环境条件与过去相比不会发生明显变化，构件有足够的耐久性，能够满足正常使用要求。

【条文说明】：

按状态评定是总结工程鉴定实际经验，分析以往历史技术标准的应用情况，并参考国际标准《结构设计基础——已有结构的评定》ISO 13822有关规定提出来的。根据本标准总则第1.0.3条的规定，这两条所规定的条件不包含偶然荷载作用，如地震作用、爆炸力、撞击力等。

* + 1. 需要对工业大气环境钢结构耐久性进行专项鉴定时，可按本规程第9.5节的规定进行评定。
    2. 需要对重级工作制钢吊车梁或中级以上工作制钢吊车桁架进行疲劳性能专项鉴定时，可按本规程第9.2节的规定进行评定。

【条文说明】：

本条所指重级工作制钢吊车梁，为承受起重机工作级别A6-A8级别的钢吊车梁。本条所指的中级以上工作制的吊车桁架，为承受起重机工作级别A4-A8级别的钢吊车桁架。

## 结构系统鉴定

* + 1. 工业建筑物钢结构系统的鉴定，应对地基基础、上部承重结构和围护结构三个结构系统的安全性等级和使用性等级分别进行评定。

【条文说明】：

工业建筑物结构系统的鉴定评级是在构件鉴定评级的基础上进行，根据工业建筑物的特点，考虑到鉴定评级的可操作性及评级结果能准确地反映建筑结构状况，本标准将结构系统划分为地基基础、上部承重结构和围护结构三个结构系统。在实际鉴定工作中，由于工业建筑结构鉴定目的与内容的不同，鉴定评级的内容可能有所不同，在结构系统鉴定评级中包括安全性、使用性和可靠性等级评定。

* + 1. 结构系统的可靠性等级，应根据其安全性等级和使用性等级评定结果，按下列原则确定：

1 当结构系统的使用性等级为A级或B级时，应按安全性等级确定；

2 当结构系统的使用性等级为C级、安全性等级不低于B级时，宜评为C级；

3 位于生产工艺流程重要区域的结构系统，可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了结构系统可靠性等级评定的方法和原则，其所规定的主要原则为：

1 结构系统的可靠性评级以该系统的安全性为主，并注重正常使用性。考虑到当结构的使用性等级较低时，为保证正常的安全生产，也需要对结构进行处理使其能正常使用，因此在系统的使用性等级为C级、安全性等级不低于B级时，确定为C级；其他情况，要以安全性等级确定，以便采取措施处理确保安全。

2 对位于生产工艺流程重要区域的结构系统，除考虑结构系统自身的可靠性外，还应充分考虑生产和使用上的高要求以及对人员安全和生产的影响，其可靠性评级，可以安全性等级和使用性等级中的较低等级直接确定，或对本条第1款评定结果按此进行调整。

* + 1. 地基基础的安全性等级和使用性等级应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144相关规定进行评定。
    2. 上部承重结构的安全性等级和使用性等级应根据实际情况按下列规定进行评定：

**1** 上部承重结构的安全性等级，应按结构整体性和承载功能两个项目评定，并取其中较低的评定等级作为上部承重结构的安全性等级，必要时应考虑过大水平位移或明显振动对该结构系统或其中部分结构安全性的影响；

**2** 上部承重结构的使用性等级应按上部承重结构使用状况和结构水平位移两个项目评定，并取其中较低的评定等级作为上部承重结构的使用性等级，尚应考虑振动对该结构系统或其中部分结构正常使用性的影响；

3 上部承重结构的安全性和使用性评定应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144的规定进行评定。

【条文说明】：

本条给出了评定上部承重结构系统安全性等级和使用性等级的原则性规定。

过大的水平位移或振动，除了会对结构的使用性能造成影响外，甚至会对结构或构件的内力造成影响，从而影响对上部结构承载功能最终的评定，因而当结构存在过大的变形或振动时，应当考虑这些因素对结构安全性的影响。

上部承重结构承载功能的评定等级，当有条件采用较精确的方法评定时，应在详细调查的基础上，根据结构体系的类型及空间作用，按国家现行标准的规定确定合理的计算模型，通过结构作用效应分析和结构抗力分析，并结合该体系以往的承载状况和工程经验确定。结构抗力分析时尚应考虑结构及构件的变形、损伤和材料劣化对结构承载能力的影响。

* + 1. 围护结构系统的安全性等级与使用性等级应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144有关的规定进行评定。
    2. 当振动对上部承重结构系统整体或局部的安全、正常使用有明显影响时，需要进行振动专项鉴定时，可按本规程第9.1节的规定进行评定。

【条文说明】：

在工业建筑上部承重结构中，经常会出现因振动引起的疲劳、共振等安全问题和因振动影响结构正常使用甚至导致人员工作效率降低、影响人体健康等，需要对振动影响进行专项鉴定，为满足此要求，本规程第9.1节专门规定了进行振动影响鉴定的具体要求和评定规定。

* + 1. 当需要对结构工作状况进行监测与鉴定时，可按本规程第9.4节规定的方法进行评定。

【条文说明】：

结构在使用过程中，由于受使用荷载、累积损伤、疲劳、沉降等因素的影响，结构的可靠性状态在不断变化，对于一些复杂的结构体系，实际受力、变形状况与计算模型的出入较大；一般的鉴定工作基本在短时间内完成，对于随时间变化较明显的一些重要评级参数（应力状态、变形等）在鉴定期间无法确定，需要经过长时间的观测时，宜进行结构工作状况监测，并通过监测数据对结构进行评定。本规程第9.4节专门规定了进行结构工作状况监测的具体要求和评定规定。

### （I）单层钢结构厂房

* + 1. 单层钢结构厂房结构整体性等级应根据结构布置和构造、支撑系统或抗侧力系统评定项目按表6.3.8评定，并取各评定项目中的较低等级作为结构整体性的评定等级。

表6.3.8 结构整体性评定等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 评定等级 | A或B | C或D |
| 结构布置  和构造 | 结构布置合理，体系完整；传力路径明确或基本明确；结构形式和构件选型、整体性构造和连接等符合或基本符合国家现行标准的规定，满足安全要求或不影响安全 | 结构布置不合理，体系不完整；传力路径不明确或不当；结构形式和构件选型、整体性构造和连接等不符合或严重不符合国家现行标准的规定，影响安全或严重影响安全 |
| 支撑系统或其他抗侧力系统 | 支撑系统或其他抗侧力系统布置合理，传力体系完整，能有效传递各种侧向作用；支撑杆件长细比及节点构造符合或基本符合现行国家标准的规定，无明显缺陷或损伤 | 支撑系统或其他抗侧力系统布置不合理，传力体系不完整，不能有效传递各种侧向作用；支撑杆件长细比及节点构造不符合或严重不符合现行国家标准的规定，有明显缺陷或损坏 |

注：对表中的各项目评定时，可根据其实际完好程度评为A级或B级、根据其实际严重程度评为C级或D级。

【条文说明】：

整体性构造、连接是指建筑总高度、层高、高宽比、变形缝设置。

* + 1. 单层钢结构厂房上部承重结构的承载功能等级可按下列规定进行评定：

1 当单层厂房上部承重结构是由平面排架、平面框架或框排架组成的结构体系时，根据结构布置和荷载分布将上部承重结构分为若干平面计算单元；

2 将平面计算单元中的每种构件按构件的集合及其重要性区分为：重要构件集或次要构件集。各计算单元中每种构件集的安全性等级，可按表6.3.9-1的规定评定。

表6.3.9-1 构件集的安全性评定等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 集合类别 | 评定等级 | 评级标准 |
| 重要构件集 | A级 | 不含c级、d级构件，含b级构件且不多于30％ |
| B级 | 不含d级构件，含c级构件且不多于20％ |
| C级 | 含d级构件且少于10％ |
| D级 | 含d级构件且不少于10％ |
| 次要构件集 | A级 | 不含c级、d级构件，含b级构件且不多于35％ |
| B级 | 不含d级构件，含c级构件且不多于25％ |
| C级 | 含d级构件且少于20％ |
| D级 | 含d级构件且不少于20％ |

注：当工艺流程和结构体系的关键部位存在c级、d级构件时，根据其失效后果影响程度，该种构件集可直接评定为C级和D级。

3 各计算单元的安全性等级，宜按该计算单元内各重要构件集中的最低等级确定。当次要构件集的最低安全性等级比重要构件集的最低安全性等级低二级或三级时，其安全性等级可按重要构件集的最低安全性等级降一级或降二级确定。

4 上部承重结构承载功能的等级可按表6.3.9-2规定评定。

表6.3.9-2 上部承重结构承载功能评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A | 不含C级和D级平面计算单元，含B级计算单元且不多于30％ |
| B | 不含D级计算单元，平面计算单元不含d级构件，且C级计算单元不多于10％ |
| C | 可含D级计算单元且少于5％ |
| D | 含D级计算单元且不少于5％ |

* + 1. 单层钢结构厂房上部承重结构使用状况的等级可按屋盖系统、厂房柱系统、吊车梁系统三个子系统中的最低使用性等级确定；当厂房中采用轻级工作制吊车时，可按屋盖系统和柱子系统两个子系统的较低等级确定。每个子系统的使用性等级应根据其所含构件使用性等级按表6.3.10的规定评定。

表6.3.10 单层厂房子系统的使用性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 不含c级构件，可含b级构件且少于35% |
| B级 | 含b级构件不少于35%或含c级构件且不多于25％ |
| C级 | 含c级构件且多于25％ |

注：屋盖系统、吊车梁系统包含相关构件和附属设施，如吊车检修平台、走道板、爬梯等。

【条文说明】：

本两条是对单层钢结构厂房由平面框排架组成的上部承重结构其承载功能和使用状况评定等级的规定，原则上是沿用《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144给出的单层厂房承重结构系统的近似评定方法。条中每种构件是指屋面板、屋架、柱子、吊车梁等。

* + 1. 当上部承重结构的使用性等级按结构水平位移影响评定时，可采用检测或计算分析的方法，按表6.3.11规定评定。

表6.3.11 结构水平位移评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 水平位移满足国家现行相关标准限值要求 |
| B级 | 水平位移超过国家现行相关标准限值要求，尚不明显影响正常使用 |
| C级 | 水平位移超过国家现行相关标准限值要求，对正常使用有明显影响 |

注：当结构水平位移过大达到C级标准时，尚应考虑水平位移引起的附加内力对结构承载能力的影响，并参与相关结构的承载功能等级评定。

【条文说明】：

由于结构形式较多，本条仅给出水平位移关于A级要求的原则性定义。现场检测时一般没有水平荷载作用其检测结果是倾斜，例如地基不均匀沉降和施工偏差产生的倾斜限值应该按倾斜的要求评定等级， 查《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022等；对于厂房上部承重结构通过计算分析的方法获取的在吊车荷载、风荷载作用下产生的结构水平位移按《钢结构设计标准》GB 50017等设计标准的要求评定。

应该注意的是倾斜的允许值应该比水平位移小，经常有两者混淆的，用设计要求的水平位移允许值去评价现场实测的倾斜，造成误导。

当水平位移过大即达到C级标准时，会对结构产生不可忽略的附加内力，此时除了对其使用状况评级外，还应考虑水平位移对结构承载功能的影响，对结构进行承载能力验算或结合工程经验进行分析，并根据验算分析结果参与相关结构的承载功能的等级评定。

### （II）多高层钢结构

* + 1. 多高层钢结构厂房结构整体性等级应按本规程6.3.8条的规定评定等级。
    2. 多高层钢结构厂房上部承重结构承载功能的等级可按下列规定评定：

1 沿厂房的高度方向将厂房划分为若干单层子结构，宜以每层楼板及其下部相连的柱、梁为一个子结构；子结构上的作用除应考虑本子结构直接承受的作用，尚应考虑其上部各子结构传到本子结构上的荷载作用。

2 各子结构的构件集的安全性评定宜按本规程第6.3.9条的规定评定。

3 整个多层厂房的上部承重结构承载功能的评定等级可按子结构中的最低等级确定。

* + 1. 多层厂房上部承重结构使用状况的评定等级，可按本规程第6.3.13条规定的原则和方法划分若干单层子结构，每个单层子结构使用状况的等级可按本规程第6.3.10条的规定评定，整个多层厂房上部承重结构使用状况的评定等级按表6.3.14规定评定。

表6.3.14 多层厂房上部承重结构使用状况评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评级标准 |
| A级 | 不含C级子结构，含B级子结构且不多于30% |
| B级 | 含B级子结构且多于30%或含C级子结构且不多于20% |
| C级 | 含C级子结构且多于20% |

【条文说明】：

这两条是对多层厂房上部承重结构的承载功能和使用状况等级评定给出的原则规定，是以单层厂房上部承重结构的评级规定为基础，将多层厂房整个上部承重结构按层划分为若干单层子结构，每个子结构按单层厂房的规定评级，再对各层评级结果进行综合评定的思路和原则规定的。在不违背结构构成原则的情况下，也可采用其他的方法来划分子结构进行相应的评定。对于单层子结构中楼盖结构的评级，可参照单层厂房中屋盖结构的规定评定。

* + 1. 多高层钢结构厂房上部承重结构使用性等级按结构水平位移影响评定时，可采用检测或计算分析的方法，按本规程表6.3.11的规定评定。

### （III）轻型门式刚架结构

* + 1. 轻型门式刚架结构计算分析应符合现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022的要求，计算模型应符合结构的实际受力、构造状况和边界条件，当结构因柱间支撑、屋面支撑缺失或布置不合理形成几何可变体系，可不进行计算，直接评定为D级。荷载作用应按现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022的规定确定。
    2. 轻型门式刚架上部承重结构的整体性等级应根据结构形式及布置、主要构件形式、主要节点构造，按表6.3.17的规定评定。

表6.3.17 承重结构整体性等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级 | A | B | C | D |
| 评定  内容 | 结构形式及布置合理，传力途径明确，不存在影响整个系统安全性的薄弱构件与节点，构件选型、节点构造和连接符合现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022规定 | 结构形式及布置基本合理，传力途径基本明确，不存在显著影响整个系统安全性的薄弱构件与节点，构件选型、节点构造和连接基本符合现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022规定 | 结构形式及布置不合理，传力途径不明确，构件选型、主要节点构造和连接不符合现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022规定，影响安全 | 结构形式及布置不合理，传力途径不明确，构件选型、主要节点构造和连接严重不符合现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022规定，严重影响安全 |

【条文说明】：

轻型门式刚架结构与普通钢结构厂房，在结构受力及荷载作用取值、构件的敏感性方面有很大不同。结构体系方面的合理性尤其重要，因此本两条规定了，其计算分析和结构布置应符合现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022的要求，当结构因柱间支撑、屋面支撑缺失或布置不合理形成几何可变体系，可不进行计算，直接评定为D级的规定。

* + 1. 轻型门式刚架上部承重结构的承载功能等级，可根据理论计算结果，按构件（柱、梁、屋面檩条、墙梁、屋面板）和节点的评定等级中的较低等级确定，应按本规程第6.3.9条的规定评定；
    2. 轻型门式刚架上部承重结构的使用状况的评定等级，可按本规程表6.3.10的规定评定。
    3. 轻型门式刚架上部承重结构按结构水平位移影响评定时，可采用检测或计算分析的方法，按本规程表6.3.11的规定评定：

### （IV）大跨空间结构

* + 1. 大跨度空间钢结构整体性应根据结构布置、构件和节点连接、支座按表6.3.21的规定评定，并取各评定项目中的较低等级作为结构整体性的评定等级。

表6.3.21 结构整体性评定等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 评定等级 | A或B | C或D |
| 结构布置 | 结构布置合理，体系完整；传力路径明确或基本明确； | 结构布置不合理，体系不完整；传力路径不明确或不当； |
| 杆件与节点 | 杆件强度与稳定性符合国家现行标准规定。  焊缝、螺栓、销轴以及预应力锁具连接节点构造和连接等符合或基本符合国家现行标准的规定。 | 杆件强度与稳定性不符合或严重不符合国家现行标准的规定。  焊缝、螺栓、销轴以及预应力锁具节点构造和连接不符合或严重不符合国家现行标准的规定。 |
| 支座 | 支座节点具有足够的强度和刚度，支座节点构造形式应传力可靠、连接简单，符合计算假定。 | 支座节点强度和刚度不合理，支座节点构造形式不符合计算假定，影响安全或严重影响安全。 |

注：对表中的各项目评定时，可根据其实际完好程度评为A级或B级、根据其实际严重程度评为C级或D级。

* + 1. 大跨空间结构可按下列要求划分子单元：

**1** 当可根据结构布置和荷载分布划分为若干平面计算单元时，每一计算单元可作为子单元进行评定。

**2** 当空间结构只能作为一个整体单元进行计算时，可不划分子单元，可整体按照一个计算单元考虑。

* + 1. 大跨度空间钢结构承载功能的评定等级，当有条件采用较精确的方法评定时，应在详细调查的基础上，根据结构体系的类型及空间作用，按国家现行标准的规定确定合理的计算模型，通过结构作用效应分析和结构抗力分析，并结合该体系以往的承载状况和工程经验确定，并应符合下列规定：

**1** 当根据结构构件及节点的受力计算结果进行评定等级时，可根据表6.3.23进行评定。

**2** 当根据结构整体稳定性计算结果评定等级时，当稳定极限承载力的安全系数不小于设计值时，可评为A级；否则评定为C或D级。

表6.3.23 大跨空间钢结构承载功能安全性评定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级 | A | B | C | D |
| 主要构件及节点 | 仅含a级 | 不含c、d级 | 不含d级 | 含d级 |
| 一般构件及节点 | 不含c、d级 | 不含d级 | — | — |

【条文说明】：

对于大型复杂空间钢结构系统，通常由于其体系复杂、构件众多、冗余度高，难以分析主要传力路线，也就难以确定结构的主要构件和主要节点，因而，通常主要采用计算的方法，评定结构的安全性等级。

关于主要节点构造的鉴定，如果在抽样检测鉴定中有一个节点构造评定为d级，则这个节点的实际状态就可能危及结构整体的安全，故此，从安全严格要求的角度，就应该将该类节点构造评定为d级。由于检测通常为抽样检测，因此，在有节点构造评定为d级时，应要求扩大节点检测范围，并根据理论计算结果进一步识别主要节点。

对于表6.3.23中结构的整体性，如果设计规定不明确，则应参照国家现行相关设计标准进行评定。另外，如果设计未明确结构整体稳定系数，则应按照国家现行有关标准评定。

* + 1. 大跨度空间钢结构的使用性等级应按结构使用状况和结构整体挠曲变形、支座变形或位移两个项目评定，并取其中较低的评定等级作为上部承重结构的使用性等级，尚应考虑振动对该结构系统或其中部分结构系统正常使用的影响。
    2. 大跨空间结构使用状况的评定等级，可按本规程第6.3.13条规定的原则和方法划分子结构，每个子结构使用状况的等级可按本规程第6.3.10条的规定评定，整个大跨空间结构上部承重结构使用状况的评定等级按表6.3.14规定评定。
    3. 大跨度空间钢结构的结构整体挠曲变形、支座变形或位移应根据现场实测和理论模型计算结果按表6.3.26的规定进行评定。

**1** 当有实测结果时，应根据实测结果进行评定；

**2** 当没有实测结果时，可根据结构计算结果进行评定，计算结构挠曲变形的荷载条件应为恒荷载为主的标准组合。

表6.3.26 大跨度空间钢结构挠曲变形、支座变形或位移评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | A | B | C |
| 整体挠曲变形 |  |  |  |
| 支座变形或位移 | 不明显 | 明显，但不影响使用功能 | 过大，影响使用功能 |

注：表示设计规定的最大挠曲变形。

【条文说明】：

大跨度及空间钢结构系统的使用性鉴定，包括结构整体挠曲变形、支座变形或位移两个项目，可通过实测或/和理论计算的方法进行评定。结构的最大容许变形，参照国家现行设计标准确定；支座变形或位移根据经验目测评定。这里的支座变形或位移，包括铰支座的转角范围、滑移支座的可移动行程、弹性支座及抗震支座的功能是否满足要求。对于表6.3.26中的变形限值，如果设计规定不明确，则应参照国家现行相关设计标准进行评定法。

## 鉴定单元鉴定

* + 1. 鉴定单元的可靠性等级应根据地基基础、上部承重结构和围护结构系统的可靠性等级按下列原则评定：

**1** 当围护结构系统与地基基础和上部承重结构的可靠性等级相差不大于一级时，可按地基基础和上部承重结构中的较低等级作为该鉴定单元的可靠性等级；

**2** 当围护结构系统比地基基础和上部承重结构中的较低可靠性等级低二级时，可按地基基础和上部承重结构中的较低等级降一级作为该鉴定单元的可靠性等级；

**3** 当围护结构系统比地基基础和上部承重结构中的较低可靠性等级低三级时，可根据实际情况按地基基础和上部承重结构中的较低等级降一级或降二级作为该鉴定单元的可靠性等级。

【条文说明】：

工业建筑物鉴定单元的可靠性鉴定评级是在该鉴定单元结构系统可靠性评级的基础上进行的，其中鉴定单元结构系统的评级结果A、B、C、D四个级别分别对应鉴定单元的鉴定结果一、二、三、四四个级别。按照工业建筑结构的特点，参照一些企业的工业建筑管理条例的有关规定，确定评级的原则以地基基础和上部承重结构为主，兼顾围护结构进行综合判定，以确保工业建筑结构的安全正常使用，满足既有工业建筑技术管理的需要。

* + 1. 鉴定单元的安全性等级应根据地基基础、上部承重结构和围护结构系统的安全性等级按下列原则评定：

**1** 当围护结构系统与地基基础和上部承重结构的安全性等级相差不大于一级时，可按地基基础和上部承重结构中的较低等级作为该鉴定单元的安全性等级；

**2** 当围护结构系统比地基基础和上部承重结构中的较低安全性等级低二级时，可按地基基础和上部承重结构中的较低等级降一级作为该鉴定单元的安全性等级；

**3** 当围护结构系统比地基基础和上部承重结构中的较低安全性等级低三级时，可根据实际情况按地基基础和上部承重结构中的较低等级降一级或降二级作为该鉴定单元的安全性等级。

【条文说明】：

在一些特殊情况下工业建筑物可仅进行安全性鉴定。工业建筑物鉴定单元的安全性鉴定评级是在该鉴定单元结构系统安全性评级的基础上进行的。本条给出了其中工业建筑物鉴定单元仅进行安全性鉴定的原则。

* + 1. 鉴定单元的使用性等级应根据地基基础、上部承重结构和围护结构系统的使用性等级进行评定，可按三个结构系统中最低的等级确定。

【条文说明】：

从分析大量工业建筑工程技术鉴定(包括工程技术服务和技术咨询)项目来看，其中95%以上的鉴定项目是以解决安全性(包括整体稳定性)问题为主并注重适用性和耐久性问题；只有不到5%的工程项目仅为了解决结构的裂缝或变形等适用性问题进行鉴定。因此，为保证本鉴定标准的完整性本条给出了工业建筑鉴定单元使用性鉴定的原则。

# 工业构筑物可靠性鉴定

## 一般规定

* + 1. 本章条文适用于既有工业钢结构构筑物的可靠性鉴定。

【条文说明】：

本条规定了本章的适用范围。即适用于已建的，一般情况下人们不直接在里面进行生产和生活活动的工业构筑物的可靠性评级。有些企业从生产管理角度出发，将一些构筑物列为设备，实际上是按照建筑结构标准进行设计、制造和安装，也有些虽然说由设备专业设计，但其结构的工作条件类似于建筑结构，对于此类结构物均可参照本章规定进行评定。例如：冶金企业中的高炉上升管下降管、煤气柜、热风炉，电力企业中的脱硝反应器、省煤器、脱硫塔、原煤斗（仓）、风机塔架等，石化行业中的储罐、裂解炉架、排气塔架、造粒塔等。

* + 1. 工业构筑物的可靠性鉴定，宜将构筑物整体作为一个鉴定单元，并宜根据构筑物的结构布置及组成划分为地基基础、上部承重结构等若干个结构系统进行可靠性鉴定。
    2. 工业构筑物鉴定单元的可靠性等级应按下列原则确定：

**1** 当按主要结构系统评级时，以主要结构系统的最低评定等级确定；

**2** 当有次要结构系统参与评级时，主要结构系统与次要结构系统的等级相差不大于一级时，应以主要结构系统的最低评定等级确定；当次要结构系统的最低评定等级低于主要结构系统的最低评定等级两级及以上时，应以主要结构系统的最低评定等级降低一级确定。

【条文说明】：

本两条为构筑物鉴定评级层次的基本规定及评级标准。基于系统完备性考虑，一般应当将整个构筑物定义为一个鉴定单元，其结构系统一般应根据构筑物结构组成划分地基基础、上部承重结构(支承结构系统、构筑物特种结构系统)、围护结构及附属设施四部分，其中地基基础和上部承重结构为主要结构，围护结构及附属设施为次要结构。根据鉴定目的要求或业主要求可以仅对构筑物的部分功能系统进行鉴定，如：支承结构系统、转运站仓体结构、烟囱内衬等。此时的鉴定单元即为指定的结构系统。

本条规定了工业构筑物结构系统的三个部分，其中，除尘器、管道支架、工业塔架、贮仓等构筑物因结构特点，不含附属设施部分。上部承重结构系统为主要结构系统，因不同构筑物结构布置、构件组成和工艺流程的不同，其上部承重结构系统所涉及的内容差别较大。附属设施为次要结构系统，其包含围护结构、防护结构等。

* + 1. 工业构筑物结构系统的可靠性鉴定等级，应包括安全性和使用性等级评定，结构系统的可靠性等级应根据安全性等级和使用性等级评定结果以及使用功能的特殊要求，按本规程第6.3.2条规定的原则确定。

【条文说明】：

本条为构筑物结构系统可靠性评级的基本规定，即：在结构系统的安全性等级和使用性等级评定的基础上，以系统的“安全性为主并注重正常使用性”的可靠性综合评级原则。考虑到有些构筑物在使用功能上有特殊要求，如烟囱耐高温、耐腐蚀要求，贮仓耐磨损、抗冲击要求等。对于这些特殊的使用要求，按本规程第6.3.2条综合评定时，要充分考虑，其可靠性等级可以安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。实际工程中经常还会遇到要求进行耐久性有关的鉴定评估问题，此时，应根据鉴定评估问题的属性，按照安全性或正常使用性标准评定等级。例如：对于结构防护层（预留腐蚀牺牲层）腐蚀等，属于正常使用的极限状态指标，应按照正常使用性标准评定等级；对于结构腐蚀损坏，则属于结构承载能力极限状态指标，应按照安全性标准评定等级。

* + 1. 工业构筑物地基基础的安全性等级和使用性等级应按现本规程6.3.3条规定进行评定。
    2. 工业构筑物上部承重结构系统的安全性等级和使用性等级应按本规程第7.2-7.11节的规定进行评定。
    3. 工业构筑物附属设施，应根据其结构的材料类别、功能要求按表7.1.7的规定评定等级。

表7.1.7 构筑物附属设施评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评定标准 |
| A | 完好：无损坏，工作性能良好 |
| B | 无损坏：轻微损坏，但不影响使用 |
| C | 部分适合工作：损坏较严重，影响使用 |
| D | 不适合工作：损坏严重，不能继续使用 |

* + 1. 工业构筑物结构构件的安全性等级、使用性和可靠性等级，应本规程第6.2节有关规定进行评定。

【条文说明】：

通常情况下，构筑物结构系统（如：地基基础、上部承重结构系统等）的安全性和正常使用性等级可以按照工业厂房结构系统的鉴定评级规定执行，但是，对于有特殊使用要求的构筑物，由于其特殊的使用要求是厂房结构所没有的，如，容器形结构的密闭性要求、仓贮结构的耐磨蚀要求、高耸结构的变形要求等，完全按照厂房结构评定等级是不妥的，故为合理评定结构可靠性，要求综合考虑构筑物特殊的使用功能要求，按本规程第6.1.2条规定评定等级。对于结构构件，可以根据结构类型按照本规程第6.2节的有关规定评定等级。

* + 1. 工业构筑物的结构分析，应在调查的基础上，符合专门设计标准的有关规定。

【条文说明】：

结构分析，包括结构作用分析、结构抗力及其它性能分析，一般应按照相关构筑物设计标准规定进行，但是，有些构筑物尚没有专门的设计规范标准，此时，如果构筑物现状无明显的劣化损坏现象或迹象，可按照原设计分析方法进行鉴定分析，否则应按照《工程结构可靠度设计统一标准》（GB50153）的有关规定进行结构鉴定分析。

## 烟囱

* + 1. 钢烟囱的可靠性鉴定，应分为地基基础、筒壁及支承结构、隔热层和内衬、附属设施四个结构系统进行评定。其中，地基基础、筒壁及支承结构、隔热层和内衬为主要结构系统应进行可靠性等级评定，附属设施可根据实际状况评定。

【条文说明】：

本条规定了钢烟囱可靠性鉴定时结构系统的划分原则。其中，隔热层和内衬应包括烟囱筒壁（身）之外所有构造层，如多管烟囱的烟管结构、隔热层、衬砌结构层、抗烟气冲刷耐磨层、腐蚀防护层等。

* + 1. 烟囱筒壁及支承结构的安全性等级应按承载能力项目的评定等级确定；使用性等级应按损伤和倾斜两个项目的最低评定等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了筒壁及支承结构的安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，结构安全性等级评定、使用性等级评定应符合本规程第6章有关条文规定。

* + 1. 烟囱筒壁及支承结构承载能力计算时，应符合下列规定：

**1** 作用效应计算时应考虑烟囱筒壁实际倾斜所产生的附加弯矩；当筒壁出现严重倾斜变形时，筒壁安全性评定应根据其严重程度评定为c级或d级。

**2** 当钢烟囱筒壁出现锈蚀时，应根据剩余截面计算其承载力；当筒壁隔热层及防腐涂层较大面积破坏且出现锈蚀迹象时，筒壁安全性评定为c级；当筒壁较大面积锈蚀且有局部锈穿时，筒壁安全性评定为d级。

**3** 当烟囱筒壁出现局部较严重变形时，计算分析时，应考虑局部变形对承载力的影响。

【条文说明】：

本条规定了烟囱筒壁及支承结构承载能力计算时应考虑的实际情况，要求符合本标准第5章有关条文规定。烟囱筒壁承载能力验算应遵循国家现行《烟囱设计规范》GB 50051有关规定，其中，作用效应计算时，除应考虑标准中提到的附加弯矩外，还应考虑烟囱现状实际倾斜所产生的附加弯矩；结构抗力计算时，应考虑截面损伤、局部变形对承载能力的影响。

* + 1. 烟囱筒壁及支承结构损伤项目应按表7.2.4的规定评定等级。

表7.2.4 烟囱筒壁及支承结构连接损伤评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评定标准 |
| a | 筒壁结构未损坏，对大气环境及烟气耐受性良好；筒壁结构防护层性能和状况良好，无明显腐蚀现象，受热温度在结构材料允许范围内；筒壁地脚螺栓连接良好，无松动和缺失。 |
| b | 除a级、c级之外的情况 |
| c | 在目标工作年限内，筒壁出现锈蚀、局部变形及明显因温度变化而损坏或地脚螺栓出现明显连接松动、缺失、连接破坏等，影响结构安全使用 |

【条文说明】：

本条规定了烟囱筒壁损伤项目评定等级的标准。烟囱筒壁的损伤情况比较复杂，包括：大气环境对烟囱筒壁外部的侵蚀损伤、烟气结露对烟囱筒壁内部的腐蚀损伤、烟气温度对筒壁结构材料的烧灼损伤等，特别是烟气对烟囱筒壁结构的作用还直接受到既有隔热层及内衬效能的影响等，为了简化评定过程，该条文采用了筒壁结构耐受程度表达的鉴定评级标准，实践中需要鉴定人员综合分析后进行等级评定。

* + 1. 烟囱筒壁及支承结构整体倾斜项目应按表7.2.5的规定评定等级。

表7.2.5 烟囱筒壁及支承结构整体倾斜评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 高度（m） | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| ≤20 | ≤0.0033 | 倾斜变形稳定，或者目标工作年限内倾斜发展不会大于0.008 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.008 |
| >20,≤50 | ≤0.0017 | 倾斜变形稳定，或者目标工作年限内倾斜发展不会大于0.006 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.006 |
| >50,≤100 | ≤0.0012 | 倾斜变形稳定，或者目标工作年限内倾斜发展不会大于0.005 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.005 |
| >100,≤150 | ≤0.0010 | 倾斜变形稳定，或者目标工作年限内倾斜发展不会大于0.004 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.004 |
| >150,≤200 | ≤0.0009 | 倾斜变形稳定，或者目标工作年限内倾斜发展不会大于0.003 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.003 |

注：倾斜指烟囱顶部侧移变位与高度的比值。当前的侧移变位为实测值，目标工作年限内的为预估值。

【条文说明】：

本条规定了烟囱筒壁及支承结构倾斜项目评定等级的标准。a级按照施工验收标准允许的倾斜偏差基本一致（考虑极限偏差，即允许的中心倾斜偏差和截面尺寸偏差可能产生的累加）确定；b级是根据较早时期的调查结果，限定处理面不至于过大确定。b级则按照国家现行有关设计标准基础倾斜允许值确定。

* + 1. 烟囱隔热层和内衬的安全性等级应按构造连接和损坏情况两个项目进行评定；使用性等级应按使用功能的实际状况进行评定。可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。
    2. 烟囱隔热层和内衬的构造连接项目的评定等级可按表7.2.7评定，并取其中最低等级作为该项目的安全性等级。

表7.2.7 隔热层和内衬的构造连接评定等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | A级或B级 | C级或D级 |
| 构造 | 构造合理，符合或基本符合国家现行标准规定，无变形或无损坏 | 构造不合理，不符合或严重不符合国家现行标准规定，有明显变形或损坏 |
| 连接 | 连接方式正确，连接构造符合或基本符合国家现行标准规定，无缺陷或仅有局部的表面缺陷或损伤，工作无异常 | 连接方式不当，不符合或严重不符合国家现行标准规定，连接构造有缺陷或有严重缺陷，已有明显变形、松动、局部脱落、裂缝或损坏 |
| 对主体结构安全的影响 | 构件选型及布置合理，对主体结构的安全没有或有较轻的不利影响 | 构件选型及布置不合理，对主体结构的安全有较大或严重的不利影响 |

注：对表中的各项目评定时，可根据其实际完好程度评为A级或B级，根据其实际严重程度评为C级或D级。

【条文说明】：

本条规定了烟囱隔热层及内衬（包括防腐层、耐蚀层等）的评定等级标准。为了保证鉴定评级体系的逻辑完整性，烟囱隔热层及内衬的安全性及使用性等级评定引用了《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144-2019中围护结构评级的有关规定。

* + 1. 烟囱隔热层和内衬使用功能的评定等级可按表7.2.8评定。

表7.2.8 烟囱隔热层和内衬使用功能的评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评定标准 |
| A | 隔热层及内衬基本完整，工作状况良好，筒壁的烟气耐受反应状况良好 |
| B | 不同程度损坏，但不影响正常使用，筒壁的烟气耐受反应状况良好 |
| C | 严重损坏，影响使用，筒壁的烟气耐受反应状况超出设计允许 |

【条文说明】：

本条规定按照烟囱隔热层及内衬的完损状况和筒壁结构对烟气的耐受表现来评定等级。

* + 1. 烟囱附属设施评定应符合本规程第7.1.7条的规定。附属设施可不参与烟囱鉴定单元的可靠性评级，但在鉴定报告中应包括附属设施的检查评定结果及处理建议。

【条文说明】：

烟囱附属设施包括囱帽、烟道口、爬梯、信号平台、避雷装置、航空标志等。应当注意，烟囱附属设施不限于此处罗列的种类，一般来说，外部附着的不属于筒壁及支承结构系统，内部附着的不属于隔热层及内衬系统，且对烟囱正常使用、维护有影响的设施均应属于附属设施。

* + 1. 烟囱鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、筒壁及支承结构、隔热层和内衬三个结构系统可靠性等级的最低等级确定。

## 通廊

* + 1. 工业钢通廊鉴定单元应为整条通廊或相对独立的结构单元。当通廊端部支承于其他建构筑物上时，鉴定单元应包括与通廊支座相连的支承构件及连接。

【条文说明】：

工业通廊基本鉴定单元可以为整条通廊（不含转运站），也可以为两转运站间的一段通廊，含与转运站连接节点，也可为两伸缩缝间的一段。另外本条规定了高架跨越通廊端部支承于其他建筑物时通廊鉴定单元应包括的最小范围。当支承建筑物体量相对较小，通廊的不利作用可能致支承建筑物结构整体失效时，通廊鉴定单元的范围应包括整个支承建筑物。

* + 1. 对工业钢通廊上部结构荷载作用进行调查时，应重点调查在使用中积灰荷载、设备荷载、增加电缆、管道、爬梯等荷载以及新增围护系统荷载等发生改变等情况。

【条文说明】：

根据大量工业通廊检测鉴定实例统计结果，后期使用中积灰、增加电缆、管道、爬梯以及新增围护系统等情况经常发生，数次增加的结果可能导致该项荷载成了结构分析和校核时的主控因素和安全隐患，这是荷载调查中的重点。设备荷载通常包括自重荷载和物料荷载，尚应注意各行业对工业通廊设备荷载的分类不同，有些行业将物料荷载划为可变作用。

* + 1. 围护结构的调查与检测，应包括檩条和墙梁、拉条、屋面板及墙面板、吊顶构件及其相应的连接等，并应对其在整体结构中的作用进行界定。
    2. 当通廊结构构件受到不可忽略的温度、地基变形等作用时，结构分析与校核应考虑它们产生的附加作用对结构的影响。必要时应考虑支架的过大水平位移、廊身过大挠度或明显振动对该结构系统或其中部分结构安全性的影响。
    3. 直接支承工艺动力设备的板、次梁、桁架或主梁及节点应计算动力作用。有经验时，工艺动力作用可简化为设备荷载乘以动力系数计算承载力和稳定性。动力系数应采用工艺专业提供的数据。

【条文说明】：

对于直接承受动力荷载的构件，在计算强度和稳定性时，动力荷载设计值应乘以动力系数；在计算疲劳和变形时，动力荷载标准值不乘动力系数。动力系数尽管不能反映设备的实际振动，但可以简化无明显振动异常工业通廊的结构分析与校核工作，并行之有效。

* + 1. 工业钢结构通廊结构系统的可靠性鉴定，应分为地基基础、通廊承重结构和围护结构三个结构系统进行评定。地基基础、通廊承重结构为主要结构系统。

【条文说明】：

本条规定了通廊可靠性鉴定时结构系统的划分原则。这里的通廊，主要指皮带运输通廊，包括地下通廊、地上通廊、高架跨越通廊等，对于通行栈桥等类似结构的可靠性鉴定亦可参照采用。通廊的可靠性鉴定，应分为地基基础、通廊承重结构、围护结构三个结构系统进行评定，其中地基基础、通廊承重结构为主要结构系统，围护结构为次要结构系统。

* + 1. 地基基础的安全性等级及使用性等级应按本规程第7.1.5条的有关规定进行评定。
    2. 当工业通廊因地基基础出现下列状态或条件之一，且进一步发展会造成支架倾覆或廊身垮塌、坠落时，可直接评定地基基础的安全性等级为D级：

**1**基础自身强度丧失、破坏严重，不能继续承载和传递上部结构荷载时；

**2**建在斜坡场地或软土、沙土场地的工业通廊，当斜坡出现不稳定或因地基土体流失引发不均匀沉降，导致支架、廊身严重变形开裂或通廊两端连接部位出现严重滑移错动现象时；

**3**基础的局部倾斜、整体倾斜、总沉降量、沉降差等超过现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007中的有关规定，导致支架、廊身严重变形开裂或通廊两端连接部位出现严重滑移错动现象时。

【条文说明】：

工业通廊上部承重结构主要连接部位出现因地基基础问题导致的结构损伤，最容易或最明显表现在通廊支架、廊身开裂变形和两端连接部位上。结合实际工程案例，当出现条文所述情况时，可直接按状态评定地基基础的安全性等级。

* + 1. 通廊承重结构系统可分为支架、廊身两个子系统。通廊承重结构系统的安全性等级和使用性等级，应取两个子系统的较低等级确定。
    2. 围护结构系统应按本规程第6.3.6条规定进行安全性和使用性等级评定，可靠性应按本规程第6.3.2条规定的原则确定。

【条文说明】：

通廊围护结构与一般建筑物围护结构类似，要求根据本规程第6章有关规定进行鉴定评级。

* + 1. 工业钢结构通廊单个构件的安全性、使用性和可靠性的评级，应根据结构类型按本规程第6.2节的有关规定进行评定。

【条文说明】：

通廊结构构件与一般建筑物结构构件没有什么不同，可根据本规程第6章有关规定进行鉴定评级。

* + 1. 当构件的状态或条件符合下列情况之一时，可直接评定构件的安全性等级为d级：

**1**钢结构梁式廊身中，主梁截面或两端连接节点出现严重锈蚀、锈穿导致截面明显削弱或锈断；

**2**钢结构桁架式廊身中，上弦杆、下弦杆、腹杆等重要受力杆件或相关连接节点板出现严重锈蚀、锈穿导致截面明显削弱或锈断；

**3**钢结构支架中，支架柱或直接支承廊身的支架梁严重锈蚀或柱脚与地面交界处无混凝土承台防护且柱脚严重锈蚀、锈穿导致截面明显削弱或锈断；

**4**廊身支座出现明显位移、变形、滑脱、损坏或其他严重影响廊身与支承构件连接可靠性的缺陷和损伤；

**5**其他已确定处于危险状态的缺陷和损伤。

【条文说明】：

根据廊身结构的受力特点，梁式廊身的主梁和桁架式廊身的上下弦杆跨中截面应力最大，桁架式廊身端部腹杆（竖腹杆和斜腹杆）应力最大，属于重要受力构件。一旦失效破坏，整个廊身或将失效垮塌。 根据支架结构的受力特点，支架柱和直接支承廊身的支架梁属于直接承重构件，一旦失效破坏，将导致支架或廊身的整体倒塌和垮塌。支座是连接廊身和支架（或支承物）的重要连接构件，当出现明显位移、变形、滑脱、损坏时，将导致廊身与支架（或支承物）的连接失效也会导致廊身垮塌。

根据实际工程案例经验，钢结构或混凝土结构中的钢筋，严重锈蚀应按实际情况综合判断。一般来说，当锈损量超过25%时（均匀锈蚀的按减薄后的厚度计算；不均匀锈蚀的按锈蚀面积占比和锈蚀量综合考虑），构件的有效截面和材质性能将大大折减，可视为严重锈蚀。

* + 1. 通廊鉴定单元的可靠性鉴定，应按本规程第7.1.3条规定的原则进行评定。

【条文说明】：

本条规定了通廊鉴定单元的可靠性等级评定标准。

* + 1. 当振动对工业通廊廊身承重结构系统整体或局部的安全、正常使用有明显影响时，可按本规程第9.1节进行专项鉴定。

【条文说明】：

架空的皮带运输通廊通常随皮带机的运行可能会发生明显的振动反应，如：与皮带抖动、皮带张紧装置振动等相关的振动反应，其对结构损伤作用明显，曾发生多起此类通廊损坏的实例，存在明显振动时应进行专项鉴定。

## 锅炉钢结构支架

* + 1. 本节主要适用于火力发电厂悬吊式锅炉钢架结构支架的可靠性鉴定。锅炉钢结构支架结构的鉴定单元应为支承锅炉的独立支架结构。

【条文说明】：

本条规定了本节条文适用的范围。锅炉钢架结构，按照锅炉本体安装方式的不同，分为支承式和悬吊式；按照结构本身的特点，分为框架式和桁架式；按照与锅炉房结构的关系，分为独立式和联合式。目前，在役的大型火电机组多为Π型悬吊式锅炉、独立布置的桁架（或支撑框架）结构，简称“悬吊式锅炉钢架”。

* + 1. 锅炉钢结构的可靠性鉴定，应分为地基基础、钢架结构、围护结构三个结构系统进行评定。地基基础和钢架结构为主要结构系统，围护结构为次要结构系统。

【条文说明】：

本条规定了锅炉钢结构支架可靠性鉴定时结构系统的划分原则。锅炉钢架结构中还含有附属设施，其附属设施评定可不参与锅炉钢架鉴定单元的评级，但在鉴定报告中应包括其检查评定结果及处理建议。

* + 1. 地基基础及围护结构的安全性等级及使用性等级应按本规程第6章有关规定进行，可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了地基基础及围护结构安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，地基基础及围护结构的安全性等级、使用性等级按照本标准第６章有关条文规定评定等级。

* + 1. 钢架结构的安全性等级应按结构整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况和整体侧移倾斜两个项目评定等级中的较低等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了钢架结构的安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，结构安全性等级评定、使用性等级评定应符合本规程第6章有关条文规定。

* + 1. 钢架结构的结构整体性和承载能力两个项目评定应按本规程第6章有关规定评定，直接传递锅炉结构作用荷载的框架、支撑构件及连接应按重要的构件和连接评定。

【条文说明】：

本条规定了钢架结构整体性和承载能力项目评定等级的标准，要求符合本标准第6章有关条文规定。所谓直接传递锅炉结构作用荷载的框架、支撑构件及连接是指传递锅炉竖向荷载及水平荷载的框架及支撑系统，不包括一般操作检修平台梁及支撑系统。

锅炉钢架结构因其重要性、且损坏后的容易引起重大经济损失或人员伤亡，其安全性等级评定时，可从严执行。对于直接传递锅炉荷载的框架、支撑构件及连接的重要构件，若出现严重损伤明显影响结构安全时，可直接评定锅炉框架安全性等级为C级或D级，并立即采取措施。

* + 1. 钢架结构的使用状况等级可根据变形和损伤项目按表7.4.6评定。

表7.4.6 钢架结构的变形和损伤评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 结构分类 | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 钢架结构 | 腐蚀防护层完好或无腐蚀现象；结构无明显变形和损伤现象；止晃装置接触点无异常；设计荷载作用下，顶板主梁的挠度不大于*l*0/850，顶板次梁及支承预热器的梁的挠度不大于*l*0/750，顶板其他梁及柱间梁的挠度不大于*l*0/500，一般小梁的挠度不大于*l*0/350，平台梁和楼梯梁的挠度不大于*l*0/250 | 腐蚀防护层老化剥落，但未发生明显锈蚀或腐蚀；结构变形在施工允许偏差可接受范围，或者对结构承载能力没有影响和损伤现象；设计荷载作用下结构构件存在挠度变形大于a级的现象，但对使用功能未产生明显影响 | 腐蚀防护层老化剥落，构件或连接发生明显的锈蚀或腐蚀；杆件弯曲变形超过标准允许值，或者对结构承载能力可能产生不良影响，板件局部区域存在明显变形损伤现象；止晃装置或相关构件、连接节点存在明显变形或损坏现象 |

注：*l*0为受弯构件跨度。

【条文说明】：

本条规定了钢架结构的变形和损伤项目评定等级的标准。具体工程中，通常需要根据结构构件及连接的变形损坏状态、腐蚀或防腐涂装层的完损情况、对锅炉正常运行产生的影响，以最不利的检查项目进行等级评定。有关梁、柱构件的弯曲变形，a级与国家现行《锅炉钢结构设计规范》GB/T 22395有关规定允许值一致。

* + 1. 钢架结构的整体侧移倾斜应根据倾斜观测值按表7.4.7评定。

表7.4.7 钢架结构整体侧移倾斜评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 结构类别 | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 钢架结构 | 侧移倾斜值不大于（10+*H*/2500）mm，且不大于50mm，锅炉止晃装置接触点配合良好，锅炉运行正常；设计荷载作用下，结构顶点侧移不大于*H*/500，层间侧移不大于*h*/400 | 侧移倾斜值大于a级，但现状稳定，或者目标工作年限内侧移倾斜的发展不会影响锅炉系统正常工作 | 侧移倾斜大于a级，且有继续发展趋势，且目标工作年限内可能会影响锅炉系统正常工作 |

注：1钢架结构倾斜应取钢架顶端侧移与高度之比，当前的倾斜侧移为实测值，目标工作年限内的倾斜侧移为预估值。

2 *H*为自基础顶面至柱顶的总高度，*h*为框架层高。

【条文说明】：

本条规定了钢架结构整体侧移（倾斜）项目评定等级的标准，其中：a级与现行《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205及《锅炉钢结构设计规范》GB/T 22395有关规定的允许偏差或变形值一致。

* + 1. 锅炉钢结构支架附属设施评定应符合本规程第7.1.7条的规定。附属设施可不参与锅炉钢结构支架鉴定单元的可靠性评级，但在鉴定报告中应包括附属设施的检查评定结果及处理建议。

【条文说明】：

锅炉钢结构支架附属设施包括操作检修平台、爬梯、锅炉小室等。应当注意，锅炉钢结构支架附属设施不限于此处罗列的种类，一般来说，外部附着的不属于钢架结构系统，且对锅炉钢结构支架正常使用、维护有影响的设施均应属于附属设施。

* + 1. 锅炉钢结构支架鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、钢架结构、围护结构三个结构系统可靠性等级确定，并应符合本规程第7.1.3条的规定。

【条文说明】：

本条规定了锅炉钢结构鉴定单元的可靠性等级评定标准。

* + 1. 锅炉钢结构的结构分析应根据确定的计算简图，计算结构的内力和变形。 计算简图应表达锅炉钢结构的实际情况，使计算结果与实际情况相符，同时又能使计算简化。
    2. 锅炉钢结构的静力分析宜按空间结构进行计算，一般情况下也可将钢结构分解为若干个平面进行计算。
    3. 锅炉钢结构一般情况下采用一阶弹性分析，必要时可进行二阶弹性分析。

## 除尘器结构

* + 1. 本节适用于大灰斗工业除尘器结构的可靠性鉴定。其鉴定单元应为单个独立承载的除尘器结构。

【条文说明】：

本条规定了本节条文适用的范围。工业除尘器的种类和形式有多种多样，本节提到的大灰斗工业除尘器，指的是灰斗积灰荷载对除尘器及台架结构安全性具有决定性影响的工业除尘器，如电除尘器、大布袋除尘器等，此类除尘器曾经多次发生意外的灰斗积灰超载致除尘器坍塌事故。除尘器鉴定单元应包含上部壳体、灰斗、下部支架、地基基础等的整体承载单元。特殊情况下，鉴定单元可不含上部壳体。

* + 1. 除尘器结构应重点检查台架与壳体的连接、灰斗与底梁的连接、壳体立柱与支撑的连接，是否有变形、锈蚀情况，严重时应定量描述。
    2. 除尘器结构壳体和灰斗的计算应考虑温度作用和负压力。钢材及焊缝强度设计值和弹性模量应考虑高温折减系数，钢材性能高温折减系数可按现行行业标准《电除尘器钢结构设计规范》JB/T 12127-2015取值。
    3. 台架结构计算时，除尘器的灰荷载按满灰斗储灰量的1.2倍计取。灰斗及其连接计算时，灰荷载按满灰斗储灰量的1.5倍考虑。
    4. 电除尘器的壳体内积灰荷载尚应考虑阴阳极板积灰，不宜小于收尘面积5mm厚挂灰。布袋除尘器的壳体内积灰荷载尚应考虑布袋积灰，不宜小于布袋过滤面积5mm厚挂灰。
    5. 除尘器结构内力和变形分析宜建立空间模型，进行有限元内力计算，并考虑壳体墙板、进出口烟道和灰斗的空间作用。
    6. 除尘器结构的可靠性鉴定，应分为地基基础、壳体（灰斗）与台架（钢框架及其箱体）两个结构系统进行评定。其中，地基基础、壳体与台架为主要结构系统应进行可靠性等级评定，附属设施可根据实际状况评定。

【条文说明】：

本条规定了除尘器可靠性鉴定时结构系统的划分原则。当烟气温度较高或者湿度较大时，为了避免结露现象，通常在除尘器壳体的外面设置保温及防护层，为了简化鉴定评级过程，本标准未予单列结构系统，将其并入壳体结构考虑。实际工程中，亦可根据鉴定的目的要求，将其单独作为一个结构系统，按照围护结构有关规定进行鉴定评级。除尘器内部结构，如电除尘器的收尘电极及支承结构、布袋式除尘器的布袋及龙骨结构、导流板等，一般不作为除尘器结构系统进行鉴定。除尘器结构的可靠性鉴定，应分为地基基础、壳体与台架两个结构系统进行评定。其中，地基基础、壳体与台架均为主要结构系统。

* + 1. 壳体与台架结构的安全性等级应按结构整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况和整体侧移倾斜两个项目评定等级中的较低等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了壳体与台架结构的安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，结构安全性等级评定、使用性等级评定应符合本规程第6章有关条文规定。

* + 1. 壳体与台架结构的结构整体性和承载能力两个项目评定应按本规程第6章有关规定评定。承载能力等级评定时，台架柱、壳体柱、支座短柱及其与灰斗的连接应按重要构件进行评定。

【条文说明】：

本条规定了壳体与台架结构的结构整体性和承载能力项目评定等级的标准，要求符合本标准第6章有关条文规定。

* + 1. 当除灰、输灰系统可能发生人为失误或自控系统失效致灰斗积灰超载时，壳体和台架的承载能力应按除尘器积灰的最不利状态验算，当评定为c级，应采取临时的安全保证措施。

【条文说明】：

根据曾经发生的除尘器坍塌原因分析结果，还规定作用效应计算时，当除灰（输灰）系统可能发生人为失误或自控系统失效致灰斗积灰超载时，壳体和台架的承载能力应按照除尘器积灰的最不利状态计算。这也就是说，除尘器作用调查时，除构筑物鉴定所需的常规调查外，应调查除尘器的卸灰、输灰系统荷载作用是否可满足结构设计可靠度的要求。

所谓除尘器积灰的最不利状态应是除尘器内积灰量不能再增加的状态，包括：系统停止运行；除尘器收尘不能再落入除尘器内等等。应当注意，工程上曾经发生电除尘器因积灰掩埋收尘电极致除尘器坍塌的情况，除尘器内积灰不等于灰斗积灰。

除尘器结构设计一直没有专业的规程、标准。正常运行状态，除尘器内的积灰一般均由自动（或人工定时的）卸灰除灰系统将灰斗内积灰及时卸出运走，灰斗内的积灰仅仅是为了密封卸灰口留存的少量积灰。除尘器灰斗积灰的设计荷载通常按照卸灰、输灰设备故障预计检修时间（考虑一定裕度）的收灰量计算。

除尘器运行过程中，人们多关注防止出灰口漏风控制的问题。原始的灰斗内灰位控制方式是操作工人锤击灰斗，根据锤击声音判断积灰灰位，以此来控制卸灰作业，防止出灰口漏风情况发生。现代的灰斗内灰位控制采用安装自动灰位（料位）计方式实现。无论哪种方式，均只是可有效控制最低灰位，但对高灰位检查控制存在不足。一般情况，除尘器系统的卸灰、输灰能力远大于除尘器可能的收灰能力，系统长期处于间歇工作状态，人们较少关注灰斗积灰超载问题。采用人工卸灰、运灰方式时，为了提高工作效率，人们常采取集中卸灰运灰的作业模式。因生产波动、管理人员的疏忽、操作人员的惰性等，均可能导致卸灰、运灰作业制度的紊乱并发生积灰超载现象，生产中曾发生过因此致除尘器坍塌的实例。采用自动卸灰、输灰方式时，如气力输送系统，由于系统不稳定等（如煤质变化带来的灰质变化等），亦发生过多次除尘器坍塌事故。

为了保障除尘器结构安全可靠应采用运行联动方式控制灰位，即灰位超限后除尘器将降效直至停止运行。目前一些除尘器采用由灰斗进风的方式可以自然满足上述要求。经过改造后的除尘器也有采用设置高灰位（料位）计的，一旦高灰位触发持续一定时间将自动停机或启动其他应急措施。既有除尘器结构鉴定，当卸灰、输灰系统不满足上述条件时，应要求改变运行控制方式。

* + 1. 壳体与台架结构的使用状况等级可根据变形和损伤项目按表7.5.11评定。

表7.5.11 壳体和台架结构的变形和损伤评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 结构分类 | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 壳体结构 | 壳体保温及防护层完好，包括保温隔热效果良好，未发生结露等不良现象；壳体结构防腐涂层完好；壳体主框架梁柱弯曲变形不大于*l*0/500；壳板及肋梁弯曲变形不大于*l*0/200；无变形损伤现象；除尘器运行正常 | 壳体保温及防护层基本完好，无明显渗漏水现象；壳体结构出现防腐涂层脱落但无明显锈蚀现象；壳体主框架梁柱弯曲变形大于*l*0/500，壳板及肋梁弯曲变形大于*l*0/200，但无变形损坏现象；除尘器运行基本正常 | 壳体保温及防护层存在明显破损、渗漏水现象；壳体结构出现防腐涂层脱落及钢材锈蚀或腐蚀现象；存在明显跑气、漏风现象 |
| 台架结构 | 腐蚀防护层完好或无腐蚀现象；台架柱、支撑弯曲变形小于*h*/1000，且不大于10mm | 腐蚀防护层损坏且伴有一定程度锈蚀或腐蚀；台架柱、支撑弯曲变形大于10mm，或者大于*h*/1000 | 存在严重腐蚀现象；台架柱、支撑弯曲变形大于10mm，且大于*h*/1000 |
| 壳体和台架结构的节点连接 | 节点连接完好，没有明显变形 | 节点连接一定程度变形，但不影响正常使用 | 节点连接明显变形或损坏，对正常使用产生明显影响 |
| 支座 | 支座工作性能良好，未发现明显损坏或开裂 | 支座工作性能较好，存在轻微锈蚀或滑移，尚不明显影响支座正常使用 | 支座工作性能较差，出现明显锈蚀、断裂、过大滑移、翘起或滑脱。 |

注：1 对于反吹风除尘器，其壳体的变形应为正向变形与反向变形之和。

2 *l*0为受弯构件跨度，*h*为框架层高。

【条文说明】：

本条规定了除尘器壳体和台架结构的变形和损伤项目评定等级的标准。具体工程中，通常需要根据结构构件及连接的变形损坏状态、腐蚀或防腐涂装层的完损情况、壳体保温及防护层的完好状态及对除尘器正常运行产生的影响，以最不利的检查项目进行等级评定。

条文中，有关梁、板构件的弯曲变形，a级与国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017有关规定允许值一致；有关支撑、柱构件的偏差变形，a级与国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205有关规定允许值一致；其他级别则依据变形幅值及对除尘器运行的影响程度评定。

除尘器常见的损坏形态是壳体开裂、漏风。严重的壳体开裂将导致除尘器运行效率降低，但对除尘器结构的整体承载能力（抗坍塌能力）影响有限。导致壳体开裂的原因有多种，如温度应力影响、烟气压力波动、焊接施工缺陷等；对于反吹风除尘器，在反吹风时将产生与生产运行压力相反的气体压力，由此将导致壳体结构产生较大的变形（应力）幅值，并由此产生疲劳破坏的可能。

* + 1. 壳体与台架结构的整体侧移倾斜应根据倾斜观测值按表7.5.12评定。

表7.5.12 壳体与台架结构整体侧移倾斜评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 结构类别 | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 壳体顶端 | 侧移倾斜值不大于35mm，除尘器运行正常 | 侧移倾斜变形稳定，或者目标工作年限内侧移发展不会大于H/400mm，且不影响除尘器系统正常工作 | 侧移倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内侧移发展将大于H/400mm，或者可能影响除尘器系统正常工作 |
| 台架结构顶端 | 侧移倾斜值不大于（10+H/1000）mm，且不大于25mm，除尘器运行正常 | 侧移倾斜变形稳定，或者目标工作年限内侧移发展不会大于H/400mm，且不影响除尘器系统正常工作 | 侧移倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内侧移发展将大于H/400mm，或者可能影响除尘器系统正常工作 |

注：除尘器结构整体倾斜指测点位移与测点高度之比，当前的倾斜侧移为实测值，目标工作年限内的倾斜侧移为预估值。

【条文说明】：

本条规定了除尘器结构整体侧移（倾斜）项目评定等级的标准，其中：a级与国家现行标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205有关规定的允许偏差值一致；b级与国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017有关规定允许的侧移变形一致。工程实践表明，除尘器结构的整体侧移与其相连接的烟（风）道的作用有着不可忽略的影响，具体鉴定中，一般应以对除尘器系统正常运行的影响程度为主，以侧移（倾斜）观测或计算值为辅，进行等级评定。

* + 1. 除尘器结构附属设施评定应符合本规程第7.1.7条的规定。附属设施可不参与除尘器结构鉴定单元的可靠性评级，但在鉴定报告中应包括附属设施的检查评定结果及处理建议。

【条文说明】：

本条概述了除尘器可能包括的附属设施类型及评级规定，除尘器结构附属设施包括操作检修平台、爬梯、检查孔盖板等。应当注意，除尘器结构附属设施不限于此处罗列的种类，一般来说，除机械及粉尘捕集设备设施之外的其他结构物，均应作为附属设施进行鉴定。

* + 1. 除尘器鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、壳体与台架二个结构系统可靠性等级确定，并应符合本规程第7.1.3条的规定。

【条文说明】：

本条规定了除尘器鉴定单元的可靠性等级评定标准。

## 管道支架

* + 1. 管道支架结构的鉴定单元应为整条管道支架或相对独立的结构单元。当管道支架端部支承于其他建构筑物时，管道支架的鉴定范围应包括支承构件及连接。

【条文说明】：

管道支架的鉴定单元应为整条管道支架，也可以为两伸缩缝之间的一段完整结构单元，不得将某个管道支架作为鉴定单元。鉴定单元中包含地基基础、竖向支架、水平向纵向管架或纵梁、支座等。

另外本条规定了管道支架端部支承于其他建筑物时鉴定单元应包括的最小范围。当支承建筑物体量相对较小，管道支架的不利作用可能致支承建筑物结构整体失效时，鉴定单元的范围应包括整个支承建筑物。

* + 1. 管道支架结构整体性检测主要内容：

**1** 管架平面布置、高度、跨度设置的合理性；

**2** 管架结构区段划分、柱间支撑设置的合理性；

**3** 管架场地基础沉降检测；

**4** 管架结构变形检测。

* + 1. 管道支架所承受的竖向荷载，应符合下列规定：

**1** 作用于管道支架横梁上的垂直荷载，宜按均布荷载计算。在选择计算区段时，应考虑该区段的代表性。

**2** 当有较大管道（如直径大于或等于300mm的液体管道）或一根管道作用于支架横梁的荷载大于10kN时，该管道应按集中荷载计算。

* + 1. 管道支架水平推力应符合下列规定：

**1** 活动支架承受管道膨胀等作用产生的摩擦力；固定支架承受管道补偿弹力和活动管架的反作用力。

**2** 活动支架（不包括支承有振动管道的支架和跨越式管道支架）支承的管道符合下列条件之一时，水平推力可忽略不计：

1）常温管道，介质温度不超过40℃；

2）管道根数在10根以上，其中介质最高温度不超过130℃；

3）主要热管道重量与全部管道重量的比值不超过0.15。

**3** 管道支架水平推力应由工艺提供，或按相关管道设计规范计算。

* + 1. 寒冷地区，当管壁温度在0℃以下时，应考虑冰雪荷载作用。管道上有积灰可能时，对直径大于300mm的管道，尚应考虑标准值为0.2kN/m2的积灰荷载。
    2. 振动管道设有限制振动的措施时，振动管道垂直荷载和水平推力的标准值应分别乘以1.3的动力系数。不设置限制振动的措施时，应据实确定动力系数。管道设计按照事故状态提供荷载时，荷载不使用动力系数和分项系数。

【条文说明】：

管道支架结构的计算应考虑管道推力的影响，对有振动的管道支架上部承重结构计算应加以考虑。可根据本标准第6章有关规定进行鉴定评级。

* + 1. 管道支架可按弹性分析方法计算结构内力。管道支架可分别对平面内、平面外进行内力分析，但应考虑平面结构的空间协调效应。管道支架结构分析时计算假定应符合结构的实际构造和受力情况并考虑结构构件的损伤、锈蚀、削弱及过度变形的影响。对于空间杆系、多层构架的内力分析应采用三维结构计算模型进行内力分析。
    2. 管道支架结构的可靠性鉴定应分为地基基础、管道支架承重结构两个结构系统进行评定。地基基础、管道支架承重结构均为主要结构系统。

【条文说明】：

本条规定了管道支架可靠性鉴定时结构系统的划分原则。当设计为滑动支座时，还应检查支座变形性能。

* + 1. 地基基础的安全性等级及使用性等级应按本规程第6章有关规定进行，可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了地基基础安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，地基基础的安全性等级、使用性等级按照本标准第6章有关条文规定评定等级。

* + 1. 管道支架承重结构的安全性等级应按结构整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况和整体侧移倾斜两个项目评定等级中的较低等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了管道支架承重结构的安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，结构安全性等级评定、使用性等级评定应符合本规程第6章有关条文规定。

* + 1. 管道支架承重结构的结构整体性和承载能力两个项目评定应按本规程第6章有关规定评定。

【条文说明】：

本条规定了管道支架承重结构的结构整体性和承载能力项目评定等级的标准，要求符合本标准第6章有关条文规定。

* + 1. 当管道支架结构主要连接部位有严重变形开裂或高架斜管道支架两端连接部位出现滑移错动现象时，应根据潜在的危害程度安全性等级评定为C级或D级。

【条文说明】：

管道支架承重结构可靠性鉴定尚应考虑按相关标准要求对管托工作性能、构造的评定。高架跨越式管道支架端头一般支承在相邻建筑物上时，当其支承连接部位出现异常的滑移错动现象时应考虑支承建筑物可能出现的变形影响，并根据对管道支架承重结构可靠性产生影响的程度，评定承重结构的安全性等级。

* + 1. 管道支架承重结构的使用状况根据结构变形和损伤项目按本规程表7.4.6进行评定。
    2. 管道支架承重结构的整体侧移项目按表7.6.14进行评定。

表7.6.14 结构整体侧移使用性评定等级

|  |  |
| --- | --- |
| 评定等级 | 评定标准 |
| A级 | 支架顶部水平位移满足国家现行有关标准限值要求 |
| B级 | 支架顶部水平位移超过国家现行有关标准限值要求，尚不明显影响正常使用 |
| C级 | 支架顶部水平位移超过国家现行有关标准限值要求，对正常使用有明显影响 |

注：当结构水平位移达到C级标准时，尚应考虑水平位移引起的附加内力对结构承载能力的影响，并参与相关结构的承载功能等级评定。

* + 1. 管道支架附属设施评定应符合本规程第7.1.7条的规定。附属设施可不参与管道支架鉴定单元的可靠性评级，但在鉴定报告中应包括附属设施的检查评定结果及处理建议。

【条文说明】：

管道支架附属设施包括操作检修爬梯、走道等。

* + 1. 管道支架鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、管道支架承重结构二个结构系统可靠性等级确定，并应符合本规程第7.1.3条的规定。

【条文说明】：

本条规定了管道支架承重结构鉴定单元的可靠性等级评定标准。

## 工业塔架

* + 1. 本节适用于输电塔、石化塔、大气监测塔、排气塔架等工业塔架的可靠性鉴定。工业塔架结构的鉴定单元应为单个独立的塔架结构单元。

【条文说明】：

因工业塔架种类众多，除本条所列类型和种类外，其他工业塔架可靠性鉴定时可参照本节规定执行。另外本条规定了工业塔架的鉴定单元，不得对塔架局部进行鉴定，鉴定单元应包括完整的荷载传递路径和完整的塔架构件布置。

* + 1. 钢结构塔架体系整体性宏观检查应包括下列内容:

**1** 塔架体系选型，柱肢及主要构件形式，主要节点构造及柱脚构造，基础结构形式；

**2** 结构整体倾斜，柱肢变形，柱脚变形，基础沉降、锚栓紧固状态 。

* + 1. 工业塔架结构系统的可靠性鉴定应分为地基基础、塔体结构两个结构系统进行评定。地基基础、塔体结构均为主要结构系统。

【条文说明】：

本条规定了工业塔架结构可靠性鉴定时结构系统的划分原则。

* + 1. 塔体结构的安全性等级应按结构整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况、变形和整体侧移倾斜两个项目评定等级中的较低等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了塔体结构的安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，结构安全性等级评定、使用性等级评定应符合本规程第6章有关条文规定。

* + 1. 塔体结构的承载能力评定应按本规程第6章有关规定评定，必要时应考虑过大水平位移或明显振动对该结构系统或其中部分结构安全性的影响。

【条文说明】：

工业塔架为高耸结构，其承载能力等级，应按照柱肢、支撑、横梁及其连接节点、柱脚等承载力验算结果综合评定。当有条件采用较精确的承载力验算方法时，应在详细调查的基础上，根据结构体系的类型及空间作用，按照国家现行标准规范的规定确定合理的计算模型，通过结构作用效应分析和结构抗力分析，并结合该体系以往的承载状况和工程经验确定。结构抗力分析时还应考虑结构及构件的变形、损伤和材料劣化对结构承载能力的影响。

* + 1. 塔体结构的结构整体性等级应根据结构体系、柱肢及主要构件形式、主要节点构造、柱脚构造四个项目，按表7.7.6的规定评定，并取各评定项目中的较低等级作为塔体整体性的评定等级。

表7.7.6 塔体整体性评定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级 | A | B | C | D |
| 结构体系、柱肢及主要构件形式、主要节点构造、柱脚构造 | 四个项目均符合设计要求 | 有一项或多项不符合设计要求，但不影响安全使用 | 有一项或多项不符合设计要求，影响安全使用 | 有一项或多项严重不符合设计要求，严重影响安全使用 |

* + 1. 当工业塔架出现明显侧倾、塔柱肢弯曲变形明显或屈曲、柱脚连接断裂、主要塔架柱严重锈蚀或锈穿、结构存在倾覆危险时，其安全性等级可直接评定为C级或D级。

【条文说明】：

本条给出了工业塔架出现危险情况下几种形式，其安全性等级可直接评定为C级或D级。

* + 1. 塔体结构的使用状况根据结构变形和损伤项目按本规程表7.4.6进行评定。
    2. 塔体结构的变形及整体倾斜应根据柱肢弯曲变形、柱脚变形或位移、整体倾斜按表7.7.9进行评定。

7.7.9 塔体变形及整体倾斜评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评定项目 | A | B | C |
| 整体倾斜  在以风为主的荷载标准组合下 | ≤[θ] | [θ] ＜θ≤1.15 [θ] | ＞1.15 [θ] |
| 柱肢弯曲变形 | ≤[δ] | [δ] ＜δ≤1.15 [δ] | ＞1.15 [δ] |
| 柱脚变形或位移 | 不明显 | 明显，但不影响使用 | 过大，影响使用 |

注：表中[θ]、[δ]分别表示设计规定的结构最大容许倾角、柱肢弯曲。

* + 1. 工业塔架鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、塔体结构二个结构系统可靠性等级确定，并应符合本规程第7.1.3条的规定。

【条文说明】：

本条规定了工业塔架鉴定单元的可靠性等级评定标准。

## 贮仓

* + 1. 贮仓的鉴定单元应为独立支承的群仓、排仓或单仓单元。

【条文说明】：

本条规定了贮仓的鉴定单元，应以下部独立的支承结构作为划分依据，鉴定单元应包括完整独立的下部支承结构、仓体、仓顶、地基基础、附属设施等。

* + 1. 贮仓的可靠性鉴定，应分为地基基础、仓体与支承结构、附属设施三个结构系统进行评定。地基基础、仓体与支承结构为主要结构系统应进行可靠性等级评定，附属设施可根据实际状况评定。

【条文说明】：

本条规定了贮仓可靠性鉴定时结构系统的划分原则。根据贮料的性质不同，贮仓内有可能会设置内衬或其他防护设施，一般可根据鉴定目的要求，将其作为附属设施单独鉴定评级。

* + 1. 仓体与支承结构的安全性等级应按结构整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况和整体侧移（倾斜）变形两个项目评定等级中的较低等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了 仓体与支承结构的安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，结构安全性等级评定、使用性等级评定应符合本规程第6章有关条文规定。

* + 1. 仓体与支承结构的结构整体性和承载能力两个项目评定应按本规程第6章有关规定评定。对于高耸贮仓，结构作用效应计算时尚应考虑倾斜所产生的附加内力。

【条文说明】：

本条规定了贮仓仓体及支承结构结构整体性和承载能力项目评定等级的标准，要求符合本标准第6章有关条文规定。筒仓结构承载能力验算应遵循国家现行标准的有关规定，其中，作用效应计算时，对于高耸筒仓，除应考虑标准中提到的附加弯矩外，还应考虑筒仓现状实际倾斜所产生的附加弯矩。还应考虑钢仓体局部变形、锈蚀和整体倾斜对承载力的影响，建议采用大型有限元程序，建立仓体的实体模型，并根据生产过程中在仓体上可能同时作用的荷载，对仓体结构进行弹性计算分析。

* + 1. 仓体与支承结构使用状况项目应根据变形和损伤按表7.8.5来评定等级。

表7.8.5 仓体与支承结构的变形和损伤评定等级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 仓体外壁腐蚀防护层完好或无腐蚀现象；仓内内衬或其他防护设施完好，仓体结构无明显变形和损伤现象；仓体与支承结构连接可靠 | 仓体外壁腐蚀防护层损坏且伴有一定程度腐蚀；内衬或其他防护设施磨损或仓体结构一定程度磨损；构件变形不大于*l*0/150；仓体与支承结构连接可靠 | 仓体外壁腐蚀防护层脱落且腐蚀严重；内衬或其他防护设施破损；仓体结构一定程度磨损或严重腐蚀；构件变形大于*l*0/150；仓体与支承结构连接尚无明显损坏 |

注：*l*0为受弯构件跨度。

* + 1. 仓体与支承结构整体倾斜应根据贮仓满载状态或正常贮料状态的倾斜值按表7.8.6评定等级。

表7.8.6 仓体与支承结构整体倾斜评定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构类别 | 高度  （m） | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 仓体与支承结构 | ＞10 | 倾斜侧移值不大于35mm | 倾斜变形稳定，或者目标工作年限内倾斜发展不会大于0.006 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.006 |

注：结构倾斜应取贮仓顶端侧移与高度之比。当前的侧移为实测值，目标工作年限内的侧移为预估值。

【条文说明】：

本条规定了仓体与支承结构整体侧移（倾斜）项目评定等级的标准，a级与现行有关施工质量验收标准规定的允许偏差（半径允许偏差和垂直度允许偏差之和）基本一致；b级按照国家现行有关设计标准基础倾斜允许值确定。

* + 1. 贮仓附属设施评定应符合本规程第7.1.7条的规定。附属设施可不参与贮仓鉴定单元的可靠性评级，但在鉴定报告中应包括附属设施的检查评定结果及处理建议。

【条文说明】：

贮仓附属设施包括进出料口及连接、爬梯、避雷装置等。本条为贮仓可能包括的附属设施评级规定。应当注意，贮仓附属设施不限于此处罗列的种类，一般来说，除贮仓顶的布料通廊、贮仓下部的出料通廊等附属建筑外，贮仓内、外部附着的不属于仓体及支承结构系统，且对贮仓正常使用、维护有影响的设施均应属于附属设施。

* + 1. 贮仓鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、仓体与支承结构二个结构系统可靠性等级确定，并应符合本规程第7.1.3条的规定。

【条文说明】：

本条规定了贮仓鉴定单元的可靠性等级评定标准。

* + 1. 对于建造于贮仓顶的布料通廊、贮仓下部的出料通廊等附属建筑，应按本规程有关规定分别进行评定。

【条文说明】：

建筑于贮仓顶的布料通廊、贮仓下部的出料通廊等附属建筑，应按本规程有关规定分别进行鉴定评级，并且不参与贮仓鉴定单元的可靠性鉴定，但在鉴定报告中应包括其检查评定结果及处理意见及建议。

## 吸收塔结构

* + 1. 吸收塔的鉴定单元应为相对独立的塔体单元，不包括与吸收塔相连的烟道。

【条文说明】：

本条规定了吸收塔的鉴定单元。一般的吸收塔为单个独立承载结构，其鉴定单元较明确，主要包括地基基础、塔体、内部钢梁及支撑、塔顶及内部附属设施等。

* + 1. 吸收塔的可靠性鉴定应分为地基基础、塔壁及内部支撑结构、附属系统三个结构系统进行评定。地基基础、塔壁及内部支撑结构为主要结构系统应进行可靠性等级评定，附属设施可根据实际状况评定。

【条文说明】：

本条规定了吸收塔可靠性鉴定时结构系统的划分原则。吸收塔结构中还含有附属设施，其附属设施评定可不参与吸收塔鉴定单元的评级，当发现附属设施影响吸收塔安全和使用时，在鉴定报告中可给出其检查结果及处理建议。吸收塔的附属设施包括烟道口、爬梯、内部管道、除雾器、喷淋系统、吸收塔主管等。

* + 1. 塔壁及内部支撑结构的安全性等级应按整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况和整体倾斜变形两个项目的较低评定等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。

【条文说明】：

本条规定了塔壁及内部支撑结构的安全性等级、使用性等级及可靠性等级的评定标准，其中，结构安全性等级评定、使用性等级评定应符合本规程第6章有关条文规定。

* + 1. 塔壁及内部支撑结构的结构整体性和承载能力两个项目评定应按本规程第6章有关规定评定，在确定构件抗力时，应考虑实际的材料性能、缺陷损伤、腐蚀、过大变形和偏差对承载能力的影响。

【条文说明】：

本条规定了钢架结构整体性和承载能力项目评定等级的标准，要求符合本标准第6章有关条文规定。塔壁承载力计算时，应考虑塔壁的局部变形、锈蚀、连接损坏、整体倾斜变形的影响，采用大型有限元程序，建立塔壁的实体模型，对塔壁结构进行弹性计算分析。

* + 1. 塔壁及内部支撑结构的使用状况等级按损伤和变形等项目进行评定，其评定可依据本规程7.8.5条的相关规定进行。
    2. 塔壁及支承结构整体倾斜变形项目应按表7.9.6评定等级。

表7.9.6 塔壁及支承结构倾斜评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 高度（m） | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| h ≤20 | 倾斜≤0.0033 | 倾斜变形稳定，或目标工作年限内倾斜发展不会大于0.013 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.013 |
| 20＜h ≤50 | 倾斜≤0.0017 | 倾斜变形稳定，或目标工作年限内倾斜发展不会大于0.012 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.012 |
| 50＜h ≤100 | 倾斜≤0.0012 | 倾斜变形稳定，或目标工作年限内倾斜发展不会大于0.011 | 倾斜有继续发展趋势，且目标工作年限内倾斜发展将大于0.011 |

【条文说明】：

吸收塔应进行整体倾斜变形检测，有明显变形的部位还需对其局部变形进行检测，检测塔壁同一断面上最大内径与最小内径之差，应不大于该断面内径的1%，且不大于25mm。若超出该范围，承载力验算时，应考虑局部变形的影响。

* + 1. 吸收塔附属设施评定应符合本规程第7.1.7条的规定。附属设施可不参与吸收塔鉴定单元的可靠性评级，但在鉴定报告中应包括附属设施的检查评定结果及处理建议。

【条文说明】：

吸收塔附属设施包括烟道口、爬梯、信号平台、避雷装置等。本条为吸收塔可能包括的附属设施评级规定。应当注意，吸收塔设施不限于此处罗列的种类，一般来说对吸收塔正常使用、维护有影响的设施均应属于附属设施。

* + 1. 吸收塔鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、塔壁及内部支撑结构二个结构系统可靠性等级确定，并应符合本规程第7.1.3条的规定。

【条文说明】：

本条规定了吸收塔鉴定单元的可靠性等级评定标准。

## 高炉系统结构

* + 1. 高炉系统结构按工艺流程可分为高炉本体、高炉框架、重力式除尘器、出铁场平台、出铁场厂房、热风炉、洗涤塔、矿焦槽及皮带通廊等多个鉴定单元。

【条文说明】：

本条规定了高炉系统鉴定单元的划分。高炉系统是一个复杂的结构系统，包含的建构筑物较多。高炉系统结构按工艺系统一般分为：

原燃料系统，包括矿槽、焦槽、转运站及皮带通廊等；

高炉本体，包括高炉基础、炉壳、热风围管、

高炉框架炉体框架基础、炉体框架及平台、炉顶刚架及平台、电梯井等；

热风炉本体，包括热风炉基础、热风炉壳体、热风炉框架及平台、热风炉本体管道、冷风管道、烟囱基础、烟囱上部结构等；

粗煤气系统，包括上升管、下降管、五通球或三通管、除尘器框架基础、除尘器框架及平台、除尘器壳体、炉顶放散阀平台等；

出铁场系统，包括出铁场主厂房、出铁场平台、风口平台、高架通道等；

上料系统，包括主皮带通廊、机械传动室、中间台架；

煤气净化系统，分为干法和湿法。干法包括布袋除尘器框架及平台等；湿法包括环缝洗涤塔、旋流脱水器、填料脱水器等）；

水处理系统，包括集中泵站、水池及冷却塔等；

水渣系统，包括转鼓及热水池、水渣槽、粒化泵场、水渣装车槽、转运站及皮带通廊等；

制粉喷吹系统，包括制粉喷吹站、干煤棚、转运站、皮带通廊等；

鼓风站，包括鼓风站厂房、混凝土平台及设备基础、区域管线等；

TRT发电系统，包括TRT厂房、混凝土平台及设备基础、区域管线等；

除尘系统，包括风机房、风机基础、排气筒、管道支架及平台等；

外部综合管线，包括管道支架、排水沟、路灯基础等。

其他：包括中控楼、电气室、铸铁机系统、机修系统、耐材系统等；

出铁场厂房和出铁场平台可根据伸缩缝分为几个独立的鉴定单元，出铁场平台一般采用混凝土结构，本标准不再进行赘述；

* + 1. 高炉本体的可靠性鉴定，应分为地基基础、炉壳、隔热层和内衬三个结构系统进行评定。
    2. 炉壳的安全性等级应按结构整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况和整体侧移倾斜变形两个项目评定等级中的较低等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。其安全性等级和使用等级可按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144的规定进行评定。

【条文说明】：

高炉壳体结构的计算包括整体应力分析和局部应力分析。在进行整体应力分析时，对炉身、炉腰、炉腹、风口段壳体的截面参数宜考虑开孔率的影响予以折减。对壳体几何形状产生突变或结构不连续的部位，应进行局部应力分析。

高炉壳体结构计算时，应采用大型有限元程序，按壳体的开孔位置和尺寸建立实体模型，并根据生产过程中在壳体上可能同时作用的荷载，对壳体结构进行弹性计算分析，其连续部位的应力强度不应大于许用应力[σ]；转折处的应力强度不应大于1.5[σ]；孔边缘的应力强度不应大于2.5[σ]；壳体与下降管和除尘风管连接处的应力强度不应大于3.0[σ]。

* + 1. 高炉本体隔热层和内衬的安全性等级应按构造连接和损坏情况两个项目进行评定；使用性等级应按使用功能的实际状况进行评定。其评定可按本规程7.2节的相关规定进行。
    2. 高炉框架和出铁场厂房及出铁场平台的可靠性鉴定，可按本标准6.3节相关规定；
    3. 重力式除尘器的可靠性鉴定，可按本标准7.8节相关规定；
    4. 热风炉的可靠性鉴定，可按本标准7.9节相关规定；
    5. 矿焦槽的可靠性鉴定，可按本标准7.8节相关规定；
    6. 皮带通廊可靠性鉴定，可按本标准7.3节相关规定。

【条文说明】：

重力除尘器、上升管、下降管、三通管应进行温度检测并查明温度分布异常，承载能力评定时，应考虑温度作用的影响。煤气上升管、下降管和三通管在工作状态下，受到内压、自重、其他持续荷载和偶然荷载作用，应按现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316的相关公式进行强度验算。

* + 1. 粗煤气系统、热风炉系统、出铁厂平台的使用状况宜包括隔热层和内衬的使用情况。
    2. 高炉壳体结构的计算应进行整体弹性应力分析。在进行整体应力分析时，对炉身、炉腰、炉腹、风口段壳体的截面参数宜考虑开孔率的影响予以折减。当整体弹性应力分析不满足要求时，尚应进行局部应力分析。
    3. 高炉壳体整体弹性应力分析时，应采用有限元分析方法，按壳体的开孔位置和尺寸建立实体模型，并根据生产过程中在壳体上可能同时作用的荷载进行组合计算，当量应力的许用极限值应符合下列规定：

1壳体结构连续部位，中面当量应力的许用极限值应取1.0，内、外表面当量应力的许用极限值应取1.5；

2壳体结构不连续部位，中面当量应力的许用极限值应取1.5；内、外表面当量应力的许用极限值应取3.0。

【条文说明】：

当量应力在壳体结构连续部位由Pm+Pb+Q+F算得，在壳体结构不连续部位由PL+Pb+Q+F。其中：

Pm— 一次总体薄膜应力，影响范围遍及整个结构的一次薄膜应力。

PL— 一次局部薄膜应力，应力水平大于一次总体薄膜应力，但影响范围仅限于结构局部区域的一次薄膜应力。

Pb— 一次弯曲应力，平衡压力或其他机械荷载所需的沿截面厚度线性分布的弯曲应力。

Q— 二次应力,为满足外部约束条件或结构自身变形连续要求所须的法向应力或剪应力。

F— 峰值应力，有局部结构不连续或局部热应力影响而引起的附加于一次加二次应力的应力增量。

* + 1. 采用有限元对高炉壳体结构进行局部弹塑性分析时，钢材的应力-应变曲线应符合实际材料的应力应变关系，可采用具有一定强化刚度的二折线模型，第二折线的刚度值可取为初始刚度值的2％～3％。复杂应力状态下的失效准则应采用vonMises屈服条件。
    2. 高炉壳体结构的有限元分析宜采用板壳单元。在进行单元划分时，板壳单元的最大边长不宜大于其壁厚的5倍。壳体转折处单元的最大边长不宜大于板厚，风口带及开孔多且截面削弱大的区域以及冷却壁开孔密集区域，单元的最大边长不宜大于板厚的1/3。
    3. 对壳体结构开孔周边塑性的发展及应力重分布，当采用塑性理论进行分析时，其塑性区域的扩展不应大于孔边间距的1/3。
    4. 在进行高炉壳体结构的有限元分析时，当承受多种荷载工况组合而不能准确判断其控制工况时，应分别按可能存在的不利荷载工况进行组合计算，从中找出最不利内力控制值。
    5. 当有条件时，宜建立炉体框架、炉顶刚架、炉顶放散阀平台、上升管、五通球或三通管、下降管、除尘器框架的空间实体模型，对整体结构进行弹性计算分析。
    6. 煤气上升管、下降管、五通球或三通管在工作状态下，受到内压、自重、其他持续荷载和偶然荷载作用，应按现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316和《压力管道规范 工业管道 第3部分：设计和计算》GB/T20801.3的相关公式进行强度验算。
    7. 煤气下降管的挠度容许值宜为*l*／800。*l*为下降管的跨度。
    8. 五通球壳体结构计算时，宜采用有限元分析方法，建立上升管、下降管、五通球和除尘器壳体及支架的空间实体模型，并根据生产过程中可能同时作用的荷载，对壳体进行弹性计算分析，当量应力的许用极限值应符合下列规定：

1壳体结构连续部位中面当量应力的许用极限值应取1.0****，内、外表面当量应力的许用极限值应取1.5****；

2壳体结构不连续部位中面当量应力的许用极限值应取1.5****；内、外表面当量应力的许用极限值应取3.0****。

* + 1. 原燃料及上料主皮带通廊系统的钢结构包括槽顶钢结构厂房、转运站及通廊钢结构。当槽顶钢结构厂房或皮带通廊结构存在明显振动变形反应，或者振动变形明显影响皮带机正常运行时，应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144要求进行鉴定。
    2. 其他附属设施应包括操作平台、检修孔盖板、爬梯、走道等，其鉴定评级应符合现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144要求。

## 储罐

* + 1. 本节适用于固定立式圆筒型钢储罐结构的可靠性鉴定。其鉴定单元应为单个独立承载的储罐结构。

【条文说明】：

本条不适用移动式、埋地的、储存度极高、高度危害介质以及高压等的储罐结构。

* + 1. 常压储罐罐顶的变形和损伤项目检查应包括以下内容：

**1** 检查顶板是否变形，有无积水，有无凹陷、鼓包、折褶及渗漏穿孔等现象；浮顶罐的浮顶是否平整；

**2** 检查顶板及浮顶裸露部分防腐层有无脱落、起皮等缺陷；

**3** 检查顶板焊缝有无腐蚀、开裂等缺陷；

**4** 保温（冷）层及防水檐是否完好；有无明显损坏，有无渗漏痕迹；

**5** 转动浮梯、导向装置是否灵活好用，浮梯有无锈蚀，踏步板是否水平，有无滑动现象；

**6** 浮顶的排水装置运行是否正常，出口阀门伴热是否完好。

* + 1. 常压储罐壁板的变形和损伤项目检查应包括以下内容：

**1** 储罐的铭牌、漆色、标志是否符合有关规定；

**2** 储罐的罐体、接口(阀门、管路)部位、焊接接头等是否有裂纹、变形、泄漏、损伤等；

**3** 壁板有无腐蚀、泄漏、异常变形、防腐涂层有无破损、脱落等；

**4** 保温层有无破损、脱落、潮湿、跑冷；

**5** 抗风圈和罐壁加强圈有无腐蚀；

**6** 常压储罐与相邻管道或者构件有无异常振动、响声或者相互摩擦；

**7** 储罐罐壁的垂直度、圆度（同一断面最大直径与最小直径）有无异常；

**8** 罐壁根部有无腐蚀；

**9** 罐体接地装置、液位测量装置有无异常，是否在有效检定周期内。

* + 1. 常压储罐底板的变形和损伤项目检查应包括以下内容：

**1** 储罐底板与壁板连接的角焊缝等是否有裂纹、变形、泄漏、损伤等；

**2** 储罐底板外侧的腐蚀是否异常；

**3** 底板外侧的防腐防水保护层有无破损、脱落；

**4** 储罐底板泄漏探测系统中有无漏液，检漏系统是否畅通；

**5** 储罐罐底有无翘起（特别是常压低温氨储罐）或设置锚栓的低压储罐基础环墙（或锚栓）被拔起；

**6** 基础有无下沉、倾斜、开裂，地脚螺栓有无腐蚀；

**7** 排放(排水、排污)系统是否正常，有无不当排水导致储罐底板的表面积水。

* + 1. 储罐顶板和储罐罐壁局部变形凹陷、鼓包、折褶允许值见表7.11.5-1、表7.11.5-2，超过允许值时使用性等级应评为c级，并采用有限元法或试验验证方法进行验算安全性。

表7.11.5-1 顶板与壁板凹陷鼓包允许值

|  |  |
| --- | --- |
| 测量距离（m） | 允许偏差值(mm) |
| 1.5 | 20 |
| 3.0 | 35 |
| 5.0 | 40 |

表7.11.5-2 顶板与壁板褶皱允许值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量距离（m） | 允许偏差值(mm) | 测量距离（m） | 允许偏差值(mm) |
| 4.0 | 30 | 7.0 | 60 |
| 5.0 | 40 | ＞8.0 | 80 |
| 6.0 | 50 |  |  |

【条文说明】：

储罐顶板和储罐罐壁局部几何变形包括不圆度、凹陷、鼓包、折褶、平斑和在焊缝上的尖峰和带斑等，储罐顶板和储罐罐壁局部几何变形应符合设计要求，但是在不影响安全使用时，可以适当放宽要求。

* + 1. 储罐腐蚀状况检查及评定应符合下列规定：

1 储罐顶板剩余平均厚度小于2.3mm 或有穿孔时，安全性及使用性应评为c级；

2 储罐壁板的最小平均厚度不得小于该圈壁板的最小计算厚度与检验周期内腐蚀裕量之和；

3 对于储罐罐壁分散的坑蚀深度超过表7.11.6中允许值时，使用性应评为c级，并采用有限元法或试验验证方法进行验算安全性。

表7.11.6 储罐壁板坑蚀深度允许值(mm)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 钢板厚度 | 允许坑蚀深度 | 钢板厚度 | 允许坑蚀深度 |
| 5 | 1.8 | 8 | 2.8 |
| 6 | 2.2 | 9 | 3.2 |
| 7 | 2.5 | ≥10 | 3.5 |

【条文说明】：

储罐腐蚀状况检查，分为均匀腐蚀和局部腐蚀。储罐顶板剩余平均厚度小于2.3mm 或有穿孔时，安全性及使用性应评为c级，该块顶板应予以修补或更换（对于内浮顶罐，仅指外顶的顶板）。

* + 1. 储罐的可靠性鉴定，应分为地基基础、罐体结构两个结构系统进行评定。其中罐体结构系统包括罐底、罐壁及罐顶三个结构部分。当罐顶结构为网壳式或梁式结构时，其安全性和使用性评定可依据现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144的规定进行。
    2. 罐体结构的安全性等级应按结构整体性和承载能力两个项目评定等级中的较低等级确定；使用性等级应按使用状况和整体倾斜变形两个项目评定等级中的较低等级确定；可靠性等级可按安全性等级和使用性等级中的较低等级确定。
    3. 罐体结构的结构整体性和承载能力两个项目评定应按本规程第6章有关规定评定。

【条文说明】：

本条规定了罐体结构的结构整体性和承载能力项目评定等级的标准，要求符合本标准第6章有关条文规定。构造连接的评定，包含罐体与地基基础的连接、罐壁与罐顶和罐底的连接、罐体加劲肋连接、罐体焊接质量、罐顶支撑结构连接构造等。

结构承载能力评定时，应考虑明显锈蚀、局部严重变形和较大的整体侧倾等的影响。采用大型有限元程序，建立壳体有限元实体模型，进行罐体的整体应力分析和局部应力分析。

* + 1. 罐体结构的使用状况等级可根据局部变形和损伤缺陷状况按表7.11.10的规定确定；

表7.11.10 罐体的局部变形和损伤评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 局部变形 | 罐体壁板未出现明显局部凹凸变形 | 罐壁及罐顶局部凹凸变形不大于15mm；罐底局部凹凸变形不大于变形长度的2%，且不大于50mm | 罐壁及罐顶局部凹凸变形大于15mm；罐底局部凹凸变形大于变形长度的2%，或大于50mm |
| 损伤缺陷 | 储罐无明显锈蚀、焊缝开裂及连接断裂的情况，罐体各部分连接无明显损坏；罐体无明显施工缺陷；储罐运行正常 | 储罐存在锈蚀，但锈蚀状况满足本标准7.11.5的要求；主要构件的连接焊缝较好，罐体各部分连接有轻微损坏或存在一定施工缺陷，但不影响储罐正常使用；储罐运行基本正常 | 储罐存在明显锈蚀，且锈蚀状况不满足本标准7.11.5的要求；主要构件的连接焊缝存在开裂情况，罐体连接有较明显损坏或施工缺陷，影响储罐正常使用；储罐内部介质出现渗漏、泄漏现象 |

* + 1. 罐体结构的整体倾斜变形可根据罐壁侧移倾斜和罐顶弯曲变形情况按表7.11.11的规定确定。

表7.11.11 罐体整体侧移变形评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 结构类别 | 评定标准 | | |
| a | b | c |
| 罐壁 | 侧移倾斜值不大于（10+*H*/1000）mm，且不大于25mm，储罐运行正常 | 侧移倾斜变形稳定，侧移倾斜不大于罐壁高度的0.4%，且不大于50mm，不影响储罐的正常工作 | 侧移倾斜有继续发展趋势；侧移倾斜大于罐壁高度的0.4%，或者可能影响储罐正常工作 |
| 罐顶 | 罐顶平面弯曲变形不大于*l*0/1500mm，且不大于50mm | 罐顶平面弯曲不大于*l*0/400mm | 罐顶平面弯曲大于*l*0/400mm，或者可能影响罐顶的安全使用 |

注：罐体结构整体倾斜指测点位移与测点高度之比，当前的侧移倾斜为实测值。*H*为罐壁高度，*l*0为罐顶的内径。

【条文说明】：

本条规定了自立立式圆筒型钢储罐的局部变形、整体侧移及平面弯曲变形等的限值要求，其限值主要依据国家现行标准《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》GB50128和《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205的规定制定。

* + 1. 储罐鉴定单元的可靠性鉴定，应按地基基础、罐体结构二个结构系统可靠性等级确定，并应符合本规程第7.1.3条的规定。

【条文说明】：

本条规定了储罐鉴定单元的可靠性等级评定标准。

# 工业钢结构抗震鉴定

## 一般规定

* + 1. 本章适用于设计基本地震加速度不大于0.4g（即抗震设防烈度9度及以下）地区的既有工业钢结构的抗震鉴定，不适用于新建工业钢结构的抗震设计和施工质量的评定。

【条文说明】：

现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023中未包括钢结构的抗震鉴定内容，国家标准《构筑物抗震鉴定标准》GB50117规定了部分钢结构构筑物的抗震鉴定内容。本章规定适用于设计基本地震加速度不大于0.40g（即抗震设防烈度9度及以下）地区的既有工业钢结构，不包括新建钢结构的抗震设计和施工质量的评定。对于新建钢结构，应按现行钢结构施工验收规范和设计标准的要求进行评定。

* + 1. 工业钢结构的抗震设防烈度应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定确定。
    2. 工业钢结构的抗震设防类别和抗震设防标准，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223的规定确定，其抗震措施核查和抗震验算的综合鉴定应符合下列规定：

**1** 甲类（特殊设防类），应经专门研究按不低于乙类的要求核查其抗震措施，抗震验算应按高于本地区设防烈度的要求采用。

**2** 乙类（重点设防类），6～8度应按比本地区设防烈度提高一度的要求核查其抗震措施，9度时应适当提高要求；抗震验算应按不低于本地区设防烈度的要求采用。

**3** 丙类（标准设防类），应按本地区设防烈度的要求核查其抗震措施并进行抗震验算。

**4** 丁类（适度设防类），7～9度时，应允许按比本地区设防烈度降低一度的要求核查其抗震措施，抗震验算应允许比本地区设防烈度适当降低要求；6度时可不进行抗震鉴定。

【条文说明】：

本条文规定了钢结构应按照抗震设防类别确定其鉴定时抗震措施和抗震验算的要求。

* + 1. 工业钢结构抗震鉴定，应明确后续工作年限。后续工作年限的选择不应低于剩余设计工作年限。

【条文说明】：

本条文关于后续工作年限的规定依据《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021-2021，对于鉴定和加固，则应确定合理的后续工作年限，后续工作年限的选择，不应低于剩余设计工作年限，并鼓励采用更长的后续工作年限。

* + 1. 工业钢结构的抗震鉴定类别可根据其后续工作年限按下列规定确定：

A类：后续工作年限为30年以内（含30年）的钢结构；

B类：后续工作年限为30年以上40年以内（含40年）的钢结构；

C类：后续工作年限为40年及以上50年以内（含50年）的钢结构。

【条文说明】：

将钢结构按照不同后续工作年限划分为A、B、C类，根据分类在抗震鉴定中采用不同的鉴定要求。

* + 1. 不同后续工作年限的既有钢结构，其抗震鉴定应符合下列要求：

**1** A、B类钢结构，可采用折减的地震作用进行抗震承载力和变形验算，可采用现行设计标准调低的抗震措施进行核查，但不应低于建造时的抗震设计要求；

**2** C类钢结构，应按现行国家或行业抗震设计标准的要求进行抗震鉴定。

【条文说明】：

本条文关于不同后续工作年限的抗震鉴定规定依据《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021-2021。A、B类钢结构的抗震措施，不应低于原建造时的设计要求，本标准抗震鉴定要求中未区分类别的A、B类钢结构，可统一按B类要求执行。

* + 1. 工业钢结构的抗震鉴定，应包括下列内容和要求：

**1** 搜集钢结构的相关地质勘探报告、气象资料、施工图纸和工程验收文件等原始资料；当资料不全时，应进行必要的调查和实测。

**2** 检查钢结构现状与原始资料相符合程度、施工质量和维护状况，检查及检测主要受力构件与连接的缺陷、腐蚀、损伤，钢结构的现状检测可按照现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621进行。

**3** 检查钢结构所在场地、地基和基础的稳定性，调查临近的挡土结构情况。

**4**  根据各类钢结构的特点、结构类型与布置、构造和抗震承载力等因素，采取抗震措施鉴定和抗震验算后进行综合抗震能力分析。

**5** 对现有钢结构整体抗震性能做出评价。当不符合抗震鉴定要求时，应提出相应的抗震减灾对策和处理意见。

【条文说明】：

考虑到场地、地基和基础的鉴定和处理难度较大，而且由于地基基础问题导致的实际震害例子相对很少，主要应关注岩土失稳造成的灾害，如滑坡、崩塌、地裂、砂土液化等，这几类灾害波及面广，对建筑物危害的严重性也往往较大，因此应予以重视。

抗震鉴定后应根据其不符合要求的程度、部位和对结构整体抗震性能影响的大小，以及有关的非抗震缺陷等实际情况，结合使用要求和加固难易程度及技术经济等因素的分析，提出维修、加固、改变用途和更新的意见。

* + 1. 工业钢结构的抗震鉴定，应根据结构体系的合理性，材料的实际强度、结构构件连接的可靠性、构件长细比、板件宽厚比和非结构构件与主体结构的拉结构造的可靠性、结构与构件截面的损伤、锈蚀、偏差、断面削弱及构件过度变形的影响对抗震承载力的综合分析而完成。

【条文说明】：

钢结构腐蚀在既有结构中普遍存在，当腐蚀后残余厚度大于5mm且腐蚀厚度不超过初始厚度的25%时，钢材性能无显著影响，但承载力计算时应按锈蚀后的尺寸进行验算；当腐蚀后残余厚度不大于5mm，或普通钢结构损伤量超过初始厚度的25%，或轻型钢结构断面腐蚀削弱大于10%时，钢材强度应按原设计值的80%取用，同时按锈蚀后的构件尺寸进行验算。

* + 1. 工业钢结构抗震鉴定的鉴定内容应包括抗震措施鉴定和抗震验算，抗震措施鉴定包括材料性能、整体布置与抗震构造措施核査；抗震验算除多遇地震作用下的承载力和结构变形验算鉴定外，对于本规程第8.1.22条规定的钢结构，还包括罕遇地震作用下的抗倒塌或抗失效性能分析鉴定。

【条文说明】：

抗震措施为除地震作用计算和抗力计算以外的抗震鉴定内容，包括抗震的基本要求、抗震构造措施和地基基础的抗震措施等。

在对钢结构进行抗震鉴定时，应根据结构类型及实际采用的地震烈度选定需要进行鉴定的内容及项目。

除了进行多遇地震作用下钢结构承载力和变形验算鉴定外，对有特殊要求或重大复杂工程的钢结构，还应视情况进行罕遇地震作用下钢结构抗倒塌或抗失效性能的鉴定。

* + 1. 钢结构材料性能应符合下列规定：

**1** 钢材的实测屈服强度、屈强比、伸长率，应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011的规定。

**2** 钢材的冲击韧性，应满足当地最低气温时的工作性能要求。

**3** 抗震鉴定后需要施焊的高强度钢结构，其碳当量CEV或焊接裂纹敏感指数Pcm，应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T1591的规定。

**4** 沿板厚方向受拉力的厚钢板（厚度t不小于40mm），应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011对Z向性能的要求。

【条文说明】：

对于不符合现行标准的钢材，在计算和构造措施应从严掌握。

* + 1. 整体布置鉴定，应核查建筑形体的规则性、结构体系与构件布置的合理性以及结构材料的适用性。
    2. 抗震构造措施鉴定，应分别对结构构件和节点、非结构构件和节点的抗震构造措施进行核查鉴定。
    3. 钢结构除各章另有规定外，对构件长细比和宽厚比构造有要求时，其限值应根据钢材牌号种类乘以钢号修正系数。
    4. 抗震验算应根据承载力和变形的验算结果进行鉴定，结构构件和节点在地震作用下的效应组合设计值按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011或《构筑物抗震设计规范》GB 50191等标准的规定计算，当承载力和变形的验算结果符合要求时，抗震验算可鉴定为满足鉴定要求。
    5. 钢结构的抗震验算，应至少在两个主轴方向进行验算。
    6. 多遇地震作用下的承载力应符合下列要求：

构件和节点的抗震承载力应按下式进行验算：

*S*≤*ѰR*/*γ*RE （8.1.16）

式中：*S*——地震作用效应组合设计值；

*R*——结构构件抗震承载力;

*Ѱ*——抗震体系构造调整系数，按本规程第 8.1.18条的规定采用;

*γ*RE——结构构件承载力的抗震调整系数，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011或《构筑物抗震设计规范》GB50191的规定的选用。

* + 1. 地震作用和作用效应计算应符合下列规定：

**1** 钢结构抗震承载力验算，应采用现行有关设计标准规定的方法；

**2**钢结构的抗震承载力及变形验算的地震影响系数，可根据其后续工作年限对现行国家标准规定值的地震影响系数进行调整，调整后的数值不应低于原建造时抗震设计要求的相应值。地震影响系数的调整系数，可按表8.1.17采用。

表8.1.17 不同后续工作年限的地震影响系数的调整系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 后续工作年限（年） | 30 | 40 | 50 |
| 调整系数 | 0.80 | 0.90 | 1.00 |

注：1 按时程分析法计算时，其地震加速度时程曲线的最大值亦可按本表规定进行调整。

2 后续工作年限非表中数值时，调整系数可按表中较高取值计算，小于30年时可按30年采用。

3 甲类、乙类钢结构进行抗震承载力验算时，调整系数宜取1.0。

【条文说明】：

钢结构抗震承载力验算，可采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011和《构筑物抗震设计规范》GB50191等设计标准规定的方法进行验算，验算时对地震影响系数进行相应调整。

地震影响系数调整参考了《构筑物抗震鉴定标准》GB50117的相关条文，根据等效超越概率的概念按不同后续工作年限进行了调整。

* + 1. 抗震体系构造调整系数除各章另有规定外，可按如下原则确定：

**1** 对A类钢结构，当结构体型的规则和整体性及连接构造措施均满足要求时，抗震体系构造调整系数可取1.0～1.1；

**2** 对B类、C类钢结构, 当结构体型的规则和整体性及连接构造措施均满足要求时，抗震体系构造调整系数可取1.0；

**3** 当不满足结构体型的规则和整体性及连接构造措施要求时，可取0.8～0.9，当多项不满足时，可取0.8。

【条文说明】：

考虑后续使用30年的A类钢结构的抗震承载力要求较今后使用40年的有所降低，其抗震性能调整系数相对于B类的要求有所放宽。

* + 1. 多遇地震作用下，结构的弹性层间位移或挠度，除另有规定外，应按下式进行验算：

*△ue/h*≤[*θe*] （8.1.19）

式中：*△ue*——多遇地震作用标准值产生的楼层内最大弹性层间位移，对于大跨度与空间钢结构为最大挠度；

[*θe*]——弹性层间位移角限值，对于大跨度与空间钢结构为相对挠度限值，其他独立钢结构为整体倾角；

*h*——计算楼层层高，或单层结构柱高，或大跨度结构短向跨度，或独立结构高度。

* + 1. 罕遇地震作用下，结构的变形，除另有规定外，应按下式进行验算：

*△up/h*≤[*θp*] （8.1.20）

式中： *△up*——罕遇地震作用标准值产生的最大弹塑性层间位移；

[*θp*]——弹塑性层间位移或整体倾角限值。

* + 1. 6度设防的钢结构和本标准有关章节另有具体规定，且满足抗震措施鉴定要求时，可不进行抗震验算。
    2. 钢结构除各章另有规定外，进行罕遇地震作用下的弹塑性变形验算应符合以下规定：

**1** 下列结构应进行弹塑性变形验算：

1）高度大于150m的钢结构；

2）特殊设防类（甲类）和9度区的重点设防类（乙类）钢结构；

3）采用隔震层和消能减震设计的钢结构。

**2** 下列结构宜进行弹塑性变形验算：

1）高度为50m～150m的钢结构；

2）竖向特别不规则的钢结构；

3）7度III、IV类场地和8 度区的重点设防类（乙类）钢结构。

【条文说明】：

本条规定参考了《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB51008的相关条文。

* + 1. 8度、9度的大跨度、长悬臂和高耸结构，应进行竖向地震作用计算。竖向地震影响系数最大值和竖向地震作用系数应根据不同后续工作年限按本规程表8.1.17规定乘以调整系数。
    2. 工业钢结构抗震性能综合鉴定可按下列规定进行：

**1** 符合下列情况之一可鉴定为抗震性能满足：

1）抗震措施与抗震验算鉴定均满足要求；

**2）**抗震措施中的整体布置鉴定为满足，抗震构造措施鉴定为不满足，但抗震验算为满足。

**2** 符合下列情况之一，应鉴定为抗震性能不满足：

1）抗震措施鉴定中结构整体布置鉴定为不满足时；

2）抗震验算鉴定不满足要求。

【条文说明】：

对于某些钢结构，地震作用并不是主要控制因素，其构件实际具有的承载力很高，因此抗震鉴定时，抗震构造措施可适当降低。可按照《钢结构设计标准》GB50017的思想，采取“高延性-低承载力”和“低延性-高承载力”的抗震鉴定原则，综合考虑抗震承载力与变形能力的结合。

* + 1. 既有工业钢结构的抗震鉴定要求，根据其所在场地、地基和基础等的有利和不利因素，可作下列调整：

**1** Ⅰ类场地上的丙类钢结构，7～9度时，抗震构造要求可降低一度。

**2** Ⅳ类场地、复杂地形、严重不均匀土层上的钢结构以及同一钢结构单元内存在不同类型基础或基础埋深不同时，可提高抗震鉴定要求。

**3** Ⅲ、Ⅳ类场地时，设计基本地震加速度为0.15g和0.30g的地区的各类钢结构的抗震构造措施要求，宜分别按抗震设防烈度8度（0.20g）和9度（0.40g）采用。

**4** 有全地下室、箱基、筏基和桩基的钢结构，可适当降低上部结构的抗震鉴定要求。

**5** 有其他毗邻单体的钢结构，包括防震缝两侧的钢结构，应提高相关部位的抗震鉴定要求。

* + 1. 钢结构地基及基础的抗震鉴定应符合现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023及《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117的规定。
    2. 工业钢结构构筑物的抗震鉴定应符合现行国家标准《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117和《构筑物抗震设计规范》GB 50191等的规定。
    3. 当不符合抗震鉴定要求时，可根据构造和承载力的不符合的程度，通过综合分析确定采取加固或其他相应对策。

## 单层钢结构厂房

### 一般规定

* + 1. 本节适用于承重结构由实腹式或格构式钢柱、钢桁架或钢梁等组成的单跨和多跨单层钢结构厂房的抗震鉴定。

【条文说明】：

单层钢结构厂房分为大型混凝土屋面板的重型屋盖和钢结构屋面板的轻型屋盖，以往震害表明，钢结构轻型屋面板的结构当其抗震构造措施完备的情况下，震害相对较轻。对采用预制混凝土柱和钢梁或钢桁架结构的厂房实际中使用也较多，可参照执行。

* + 1. 单层钢结构厂房的外观和内在质量及构造，应重点核查下列内容：

**1** 柱、梁、屋架、檩条等受力构件是否无明显变形、锈蚀、裂纹等缺陷。

**2** 构件和节点的焊缝外形是否均匀、成型较好，应无裂纹、咬边等质量缺陷。

**3** 连接螺栓、螺帽或铆钉是否存在松动或断裂、掉头、错位等损坏情况；对受剪为主的锚栓，其栓杆是否在托座盖板面处无丝扣。

**4** 基础混凝土是否存在酥裂、腐蚀等。

**5** 受力构件的支承长度是否符合抗震设计要求。

**6** 柱间支撑斜杆中心线与柱中心线的交点是否位于楼板的上、下柱段和基础以上的柱段。

* + 1. 单层钢结构厂房的整体布置及构造鉴定应重点核查下列内容：

**1** 结构体系的合理性，应包括主框架、天窗架、气楼架、墙架和吊车梁系统的布置。

**2** 屋盖和柱间支撑的完整性。

**3** 柱间支撑的有关连接部位构造，并注意平面不规则、墙体布置不对称和相连房屋结构导致质量、刚度不均匀造成扭转的影响。

**4** 大型屋面板连接的可靠性、屋盖中支承长度较小构件连接的可靠性，并注意出入口等处的高大山墙山尖部分、出入口等处的女儿墙、高低跨封墙等构件的拉结构造。

**5** 防震缝设置的合理性。

**6** 围护结构、辅助结构等非结构构件与主体结构连接的抗震构造措施。

* + 1. 单层钢结构厂房房屋中的混凝土部分和附属房屋的与厂房相连的部位，应考虑相互间的不利影响。

### 抗震措施鉴定

* + 1. 单层钢结构厂房出现下列情况之一时，其整体布置应鉴定为不满足：

**1** 整个结构会因部分结构或构件破坏而丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力。

**2** 主体结构、屋面支撑和柱间支撑布置不能形成具有抵抗三向地震作用能力的结构体系。

**3** 围护系统与主体结构的连接存在构造不合理或承载力不足，或围护系统自身存在坍塌的隐患，或围护系统存在危及主体结构安全的隐患。

**4** 结构的主要构件、主要节点或支座等存在会严重影响主体结构抗震能力的缺陷或损伤。

**5** 厂房有严重的不均匀沉降。

**6** 出现对结构整体抗震性能有严重不利影响的其他情况。

* + 1. 单层钢结构厂房的结构体系及布置应符合下列规定：

**1** 厂房的横向抗侧力体系，可由各类框（排）架结构体系等组成。厂房的纵向抗侧力体系，8度、9度应设柱间支撑；6度、7度宜设柱间支撑，也可为刚接框架。

**2** 厂房内设有桥式起重机时，吊车梁系统的构件与厂房框架柱的连接应能可靠地传递纵向水平地震作用。

**3** 高低跨厂房不宜在一端开口。

**4** 厂房的贴建房屋和构筑物不宜设在厂房角部和紧邻防震缝处。

**5** 厂房体型复杂或有贴建房屋和构筑物时，宜设有防震缝；两个主厂房间的过渡跨，至少一侧应有防震缝与主厂房脱开。防震缝宽度不宜小于150mm。

**6** 厂房内登上起重机的钢梯不应靠近防震缝设置；多跨厂房各跨登上起重机的钢梯不宜设在同一横向轴线附近。

**7** 8度和9度时，厂房内的工作平台、刚性工作间宜与厂房主体结构脱开或采用柔性连接。

**8** 厂房的同一结构单元内，不应有不同的结构形式。厂房单元内不应用横墙和框架混合承重。

**9** 各柱列的侧移刚度宜均匀，当有抽柱时，应有抗震加强措施。

**10** 8度和9度时，天窗架宜从厂房单元端部第三柱间开始设置；不应用端壁板代替端天窗架。

**11** 8度(0.30g)和9度时，跨度大于24m的厂房不宜采用大型屋面板。

**12** 砖围护墙宜为外贴式，不宜为一侧有墙另一侧敞开或一侧外贴而另一侧为嵌砌等；8度、9度时不应采用嵌砌式；砌体围护墙贴砌时，应与柱柔性连接，并应有措施使墙体不妨碍厂房柱列沿纵向的水平位移；围护墙抗震构造应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定鉴定。

**13** 各类顶棚的构件与楼板的连接件，应能承受顶棚、悬挂重物和有关机电设施的自重和地震附加作用，其锚固的承载力应大于连接件的承载力；悬挑雨篷或一端由柱支承的雨篷，应与主体结构可靠连接；玻璃幕墙、预制墙板、附属于楼屋面的悬臂构件和大型储物架的抗震构造，应符合设计规定。

* + 1. 单层钢结构厂房屋盖支撑的布置与构造应符合下列规定：

**1** 无檩和有檩屋盖的支撑布置以及具有中间井式天窗无檩屋盖的支撑布置，可按照本规程第8章表8.3.9-1～3和表8.3.11-2～4的A、B类钢结构的要求执行。

**2** 屋盖支撑尚应符合下列规定：

1）天窗开洞范围内，在屋脊点处应有上弦通长水平系杆；

2）屋架跨中竖向支撑沿跨度方向的间距，6度～8度时宜不大于15m，9度时宜不大于12m；当跨中仅有一道竖向支撑时，宜位于屋架跨中屋脊处；当有两道时，宜沿跨度方向均匀布置；

3）当采用托架支承屋盖的桁架或横梁结构时，应沿厂房全长设置纵向水平支撑；

4）对于高低跨厂房，在低跨屋盖横梁端部处，应沿屋盖全长设置纵向水平支撑；

5）纵向柱列局部柱间采用托架支承屋盖桁架或横梁时，应沿托架的柱间及向其两侧至少各延伸一个柱间设置屋盖纵向水平支撑；

6）8度、9度时，横向支撑的横杆应符合压杆要求，交叉斜杆在交叉处不宜中断。

【条文说明】：

屋架平面外的整体稳定和地震力的传递均有屋面支撑体系承担，鉴定时应严格核查其布置和现状构造，进行综合鉴定分析。

* + 1. 单层钢结构厂房柱间支撑的布置与构造应符合下列规定：

**1** 在厂房单元各纵向柱列的中部应设有一道下柱柱间支撑；在7度区厂房单元长度大于120m（采用轻型围护材料时为150m）时以及8度、9度区厂房单元长度大于90m（采用轻型围护材料时为120m）时，应在厂房单元的1／3区段内各设一道下柱支撑；当柱数不超过5个且厂房长度小于60m时，可在厂房两端设下柱支撑；上柱柱间支撑应设在厂房单元两端和具有下柱支撑的柱间；柱间支撑宜为X形，也可为V形、Λ形及其他形式；X形支撑斜杆交点的节点板厚度不应小于10mm，斜杆与节点板应焊接，与端节点板宜焊接。

**2** 柱间支撑杆件的长细比限值，应符合表8.2.8的限值。

表8.2.8 柱间支撑最大长细比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 位置 | 烈度 | | |
| 6度、7度 | 8度 | 9度 |
| 上柱支撑 | 250 | 200 | 150 |
| 下柱支撑 | 200 | 150 | 150 |

3 柱间支撑宜为整根型钢，当热轧型钢超过材料最大长度规格时，可为拼接等强接长。

【条文说明】：

厂房柱间支撑是保持整体稳定和地震力传递的重要构件，应严格检查现状及其构造。

* + 1. 单层钢结构厂房构件的抗震构造措施应符合下列规定：

**1** 厂房柱的长细比，应不超过表8.2.9-1的限值。

表8.2.9-1 柱最大长细比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 钢号 | 轴压比 | |
| ρ<0.2 | ρ≥0.2 |
| Q235 | 150 | 120 |
| Q345、Q355 | 120 | 100 |

注：ρ为轴压比，即指钢柱地震组合轴压力设计值与按钢材屈服强度设计值计算的承载力之比。

**2** 厂房梁、柱截面板件的宽厚比不应超过按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018符合全截面有效的规定。不宜大于表8.2.9-2、表8.2.9-3中的规定。

**表8.2.9-2 A类钢结构柱、梁板件宽厚比限值**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 板件名称 | | 抗震等级 | | | |
| 一 | 二 | 三 | 四 |
| 柱 | 工字形截面翼缘外伸部分 | 13 | 14 | 16 | 17 |
| 工字形截面腹板 | 56 | 59 | 62 | 68 |
| 箱形截面壁板 | 43 | 47 | 49 | 52 |
| 梁 | 工字形截面和箱形截面翼缘外伸部分 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 箱形截面翼缘在两腹板间的部分 | 39 | 39 | 42 | 47 |
| 工字形截面和箱形截面的腹板 | 72-120 *ρ*≦78 | 70-100 *ρ*≦85 | 80-110*ρ*≦91 | 85-120*ρ*≦99 |

注：1 表中抗震等级按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011确定。

2  *ρ=N*b*/(Af)*\_为梁的轴压比。

3 当构件的承载力满足2倍地震作用组合下的内力要求时，宽厚比可按抗震等级降低一个等级对应的数值确定。

**表8.2.9-3 B类钢结构柱、梁板件宽厚比限值**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 板件名称 | | 抗震等级 | | | |
| 一 | 二 | 三 | 四 |
| 柱 | 工字形截面翼缘外伸部分 | 12 | 13 | 14 | 16 |
| 工字形截面腹板 | 52 | 54 | 58 | 62 |
| 箱形截面壁板 | 40 | 43 | 46 | 48 |
| 梁 | 工字形截面和箱形截面翼缘外伸部分 | 11 | 11 | 12 | 13 |
| 箱形截面翼缘在两腹板间的部分 | 36 | 36 | 38 | 43 |
| 工字形截面和箱形截面的腹板 | 72-120 *ρ*≦72 | 70-100 *ρ*≦78 | 80-110*ρ*≦84 | 85-120*ρ*≦90 |

注：1 表中抗震等级按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011确定。

2  *ρ=N*b*/(Af)*为梁的轴压比。

3 当构件的承载力满足2倍地震作用组合下的内力要求时，宽厚比可按抗震等级降低一个等级对应的数值确定。

【条文说明】：

构件材料在荷载作用下容易发生局部屈曲，从而不能全截面都用来承载，故在稳定及强度计算时用有效截面，条文中全截面有效指在非地震荷载作用下，构件不发生局部屈曲。

表中宽厚比限值针对不同后续工作年限的A、B类钢结构，根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的要求进行了适度放松调整。

对于钢-混组合构件中钢结构板件的宽厚比可参考表4.2.12-1、4.2.12-2的规定执行。

* + 1. 单层钢结构厂房节点的抗震构造措施应符合下列规定：

**1** 檩条在屋架或屋面梁上的支承长度不宜小于50mm，且应与屋架或屋面梁可靠连接，轻质屋面板等与檩条的连接件不应缺失或严重腐蚀。

**2** 7度～9度时，大型屋面板在天窗架、屋架或屋面梁上的支承长度不宜小于50mm，且应三点焊牢。

**3** 天窗架与屋架、屋架及托架与柱子、屋盖支撑与屋架、柱间支撑与柱之间，应有可靠连接。

**4** 8度、9度时，吊车走道板的支承长度不应小于50mm。

**5** 山墙抗风柱与屋架上弦或屋面梁应有可靠连接，当抗风柱与屋架下弦连接时，连接点应设在下弦横向支撑节点处。

**6** 柱脚宜为埋入式、插入式或外包式柱脚，6度、7度时也可为外露式柱脚。

**7** 实腹式钢柱采用埋入式、插入式柱脚的埋入深度，不应小于钢柱截面高度的2.5倍。

**8** 格构式柱采用插入式柱脚的埋入深度，不应小于单肢截面高度或外径的2.5倍，且不应小于柱总宽度的0.5倍。

**9** 采用外包式柱脚时，实腹H形截面柱的钢筋混凝土外包高度不宜小于钢结构截面高度的2.5倍，箱型截面柱或圆管截面柱的钢筋混凝土外包高度不宜小于钢结构截面高度或圆管截面直径的3.0倍。

**10** 采用外露式柱脚时，柱脚承载力不宜小于柱截面塑性屈服承载力的1.2倍，柱脚锚栓不宜承受柱底水平剪力，柱底剪力应由钢底板与基础间的摩擦力或设置抗剪键及其他措施承担，柱脚锚栓应可靠锚固。

### 抗震验算

* + 1. 结构构件和节点在多遇地震作用下横向和纵向的效应组合值计算，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定和本规程的要求进行验算。
    2. 进行单层钢结构厂房地震作用效应分析时，结构的阻尼比可按下列规定取值：

**1** 多遇地震作用时，可取0.045～0.050。

**2** 罕遇地震作用时，可取0.050。

* + 1. 进行单层钢结构厂房地震作用效应分析时，应考虑自振周期的折减，折减系数可取0.8～0.9。但对采用压型钢板等柔性围护材料的门式刚架结构，不对周期进行折减。
    2. 多遇地震作用下，单层钢结构厂房的弹性柱侧倾角限值，宜取1/125。
    3. 7度Ⅲ、Ⅳ类场地和8度Ⅰ、Ⅱ类场地的单层钢结构厂房，宜进行罕遇地震作用下的弹塑性变形验算；8度Ⅲ、Ⅳ类场地和9度时的单层钢结构厂房，应进行罕遇地震作用下的弹塑性变形验算。
    4. 罕遇地震作用下，单层钢结构厂房的弹塑性柱侧倾角限值，宜取1/30。

## 钢框排架结构

### 一般规定

* + 1. 本节适用于多层钢框架或钢框架-支撑结构与单层排架侧向组成的框排架结构的抗震鉴定。

【条文说明】：

对于下部为框架上部（顶层）为排架的竖向框排架结构，可参考本规程第8.2节单层钢结构厂房的要求执行。

* + 1. 钢结构框排架结构的外观和内在质量，应重点核查下列内容：

**1** 柱、梁、屋架、檩条、支撑等受力构件应无明显变形、锈蚀、裂纹等缺陷。

**2** 构件和节点的焊缝外形宜均匀、成型较好，应无裂纹、咬边等缺陷。

**3** 连接螺栓和铆钉应无松动或断裂、掉头、错位等损坏情况。

【条文说明】：

钢结构由于其自身的特性，在使用一段时期后，需要对其外观和内在质量进行全面的检查，以保证抗震验算与结构现状相符。

* + 1. 钢结构框排架抗震鉴定时，应重点检查以下内容：

**1** 承重梁、柱、楼板的钢材材质、厚度和连接，支撑连接节点。

**2** 墙体与承重结构的连接。

**3** 场地条件的不利影响。

**4** 设备的振动和偏心。

### 抗震措施鉴定

* + 1. 排架突出屋面的天窗架，宜为刚架或桁架结构，天窗的端壁板与挡风板，宜为轻质材料。

【条文说明】：

突出屋面的天窗架是地震破坏的主要部位之一，结构形式和板材是关键因素。

* + 1. 框排架结构的布置，应符合下列规定：

**1** 平面形状复杂、高度差异大或楼层荷载相差悬殊时，宜设置防震缝。设置抗震缝时，宜符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的有关规定。

**2** 料斗等设备穿过楼层且支承在下部楼层时，设备重心宜接近楼层的支点处。同一设备穿过两个以上楼层时，宜在非设备重心处的楼层作为支座，必要时可另选一层加设水平支承点。

**3** 设备为自承重时，设备应与主体结构分开。

**4** 8度、9度时，与框排架结构贴建的生活间、变电所、炉子间和运输走廊等附属建（构）筑物，宜有防震缝分开。防震缝宽度不应小于150mm，且当结构高度超过15m时，对6度～9度，分别每增高5m、4m、3m、2m，宜加宽30mm。

**5** 排架结构端部不宜为山墙承重，宜设有屋架。

**6** 8度、9度时，工作平台宜与排架柱脱开或柔性连接。

**7** 8度、9度时，砖围护墙宜为外贴式，不宜为一侧有墙另一侧敞开或一侧外贴而另一侧嵌砌等，但单跨排架可两侧均为嵌砌式。

**8** 8度、9度时仅一端有山墙的敞开端和不等高排架的边柱列等，应具有抗扭转效应的构造措施。

【条文说明】

本条参考了现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的相关规定。

* + 1. 8度和9度时，排架的纵向天窗架宜从结构单元端部第二个开间开始设置，如不满足要求在第一个开间设置时屋盖局部应增设上弦横向支撑。
    2. 钢结构框排架结构应设置完整的屋盖支撑和柱间支撑系统，结构应具有整体刚度和空间工作性能。排架柱间支撑系统，应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的有关规定。

【条文说明】

本条参考了现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的相关规定。钢框排架结构中的柱间支撑是厂房纵向抗震的主要构件，完整的屋面支撑系统可以保证地震力的有效传递。

* + 1. 钢结构框排架结构围护墙和非承重内墙的构造，宜按下列要求检查：

**1** 砌体围护墙与框排架结构的连接，宜为不约束结构变形的柔性连接。

**2** 框架结构的砌体填充墙与框架柱为非柔性连接时，其平面和竖向布置宜对称、均匀且上下连续，否则，宜采取相应措施。

**（一） A类钢结构框排架抗震措施鉴定**

* + 1. 钢结构排架屋盖支撑布置，应符合表8.3.9-1～表8.3.9-3的规定。

表8.3.9-1 A类排架结构的无檩屋盖支撑布置

| 支撑名称 | | | 烈 度 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6度、7度 | 8度 | 9度 |
| 屋架支撑 | 上弦横向支撑 | | 按非抗震要求，即可不设置，振动较大或重级吊车时，在单元端开间各设置一道 | 厂房单元端开间及柱间支撑开间各有一道；天窗跨度大于6m时，天窗开洞范围的两端有局部的支撑一道 | |
| 下弦横向支撑 | | 按非抗震要求，即在屋架下弦传递水平力时，应在单元端开间或靠近水平力作用处设置一道 | | 厂房单元端开间各有一道 |
| 跨中竖向支撑 | | 按非抗震要求，即屋架跨度>18m及≦30m时，在单元两端第一或第二开间及单元长度大于66m时，在柱间支撑开间的屋架跨度中点，设置一道垂直支撑及下弦通长系杆；当有天窗时还应设置上弦系杆。屋架>30m时，在屋架跨度1/3左右设置两道垂直支撑及下弦通长系杆 | | 同上弦横向支撑 |
| 两端竖向支撑 | 屋架端部高度≤900mm | 按非抗震要求，即可不设置竖向支撑 | | 厂房单元端开间及每隔48m各有一道 |
| 屋架端部高度>900mm | 单元端开间各设一道 | 同上弦横向支撑 | 同上弦横向支撑，且间距不大于30m |
| 天窗两侧竖向支撑 | | | 厂房单元天窗端开间及每隔42m各有一道 | 厂房单元天窗端开间及每隔30m各有一道 | 厂房单元天窗端开间及每隔18m各有一道 |

表8.3.9-2 A类排架结构的中间井式天窗无檩屋盖支撑布置

| 支撑名称 | | 烈 度 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 6度、7度 | 8度 | 9度 |
| 上、下弦横向支撑 | | 厂房单元端开间各有一道 | 厂房单元端开间及柱间支撑开间各有一道 | |
| 上弦通长水平系杆 | | 在天窗范围内屋架跨中上弦节点处有 | | |
| 下弦通长水平系杆 | | 在天窗两侧及天窗范围内屋架下弦节点处有 | | |
| 跨中竖向支撑 | | 在上弦横向支撑开间处有，位置与下弦通长系杆相对应 | | |
| 两端竖向支撑 | 屋架端部高度≤900mm | 按非抗震要求，即厂房单元端开间各有一道 | | 同上弦横向支撑，且间距不大于48m |
| 屋架端部高度>900mm | 厂房单元端开间各有一道 | 同上弦横向支撑，且间距不大于48m | 同上弦横向支撑，且间距不大于30m |

表8.3.9-3 A类排架结构的有檩屋盖支撑布置

| 支撑名称 | | 烈 度 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 6、7度 | 8度 | 9度 |
| 屋架支撑 | 上弦横向支撑 | 厂房单元端开间各有一道 | | 厂房单元端开间及厂房单元长度大于42m时在柱间支撑开间各有一道 |
| 下弦横向支撑 | 按非抗震要求，即在屋架下弦传递水平力时，应在单元端开间或靠近水平力作用处设置一道 | |
| 竖向支撑 |
| 天窗架支撑 | 上弦横向支撑 | 厂房单元的天窗端开间各有一道 | | 厂房单元的天窗端开间及柱间支撑开间各有一道 |
| 两侧竖向支撑 | 厂房单元的天窗端开间及每隔42m各有一道 | 厂房单元的天窗端开间及每隔30m各有一道 | 厂房单元的天窗端开间及每隔18m各有一道 |

【条文说明】

表8.3.9-1~表8.3.9-3中给出了非抗震要求后的设置要求，对于轻质屋面的钢结构屋盖的支撑，非抗震要求应根据整体稳定及安全的原则设置，符合选用的屋架标准图集或有关设计手册中关于支撑的布置要求。

* + 1. A类钢结构框排架结构的抗震措施鉴定，应符合下列规定：

**1** 框架的梁柱为刚接时，梁翼缘与柱宜为全焊透焊接；梁腹板与柱可为高强度螺栓连接或双边角焊缝连接，8度、9度时不宜为普通螺栓连接。

**2** 柱的长细比，7度和8度时不宜超过150，9度时不宜超过120。

**3** 梁柱板件宽厚比限值，应符合表8.3.10的要求。

表8.3.10 A类钢结构框排架结构的梁柱板件宽厚比限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 板件名称 | | 7度、8度 | 9度 |
| 柱 | 工字形截面翼缘外伸部分 | 13 | 12 |
| 箱型截面壁板 | 40 | 36 |
| 工字形截面腹板 | 50 | 46 |
| 梁 | 工字形截面和箱形截面翼缘外伸部分 | 13 | 12 |
| 箱形截面翼缘在两腹板间的部分 | 34 | 32 |

**4** 多层框架的纵向柱间支撑布置，宜符合本章第8.3.11条第4款的要求。

**（二）B类钢结构框排架抗震措施鉴定**

* + 1. B类钢结构框排架结构抗震措施鉴定，应按符合下列规定：

**1** 传递地震作用的框架梁柱连接、柱间支撑端部连接等主要构件连接节点，宜为焊接或高强螺栓连接，亦可为栓焊混合连接。8度和9度时，主要承重构件的重要传力连接节点不应为普通螺栓连接。所有焊接连接中，不得采用间断焊缝。8度、9度时的主要节点，不宜为承压型高强度螺栓连接。

**2** 排架的外包砌体墙及多层框架的轻质砌块墙，其墙体与柱、梁和构造柱之间宜有Φ6@500的钢筋拉结；8度和9度为嵌砌砖墙时，墙柱之间宜为柔性无约束的构造。

**3** 多跨排架的中跨柱距与边跨柱距不等时，屋盖结构单元的全长应设置纵向水平支撑，并与屋盖横向支撑形成封闭的支撑体系。在一个结构单元内，多跨排架中相邻两跨纵向长度不等时，在屋盖阴角处宜设有局部的纵向水平支撑。

**4** 多层框架纵向柱间支撑布置，应符合下列要求：

1）支撑宜设置在柱列中部附近，当纵向柱数较少时，亦可在两端设置；多层多跨框排架纵向柱间支撑的布置，应靠近质心，并避免上、下层刚心的偏移；

2）多层框架柱列侧移刚度相差较大或各层质量分布不均，且结构可能产生扭转时，在单层与多层相连处应沿全长设置纵向支撑。

**5** 排架的柱间支撑布置，应符合下列的规定：

1）结构单元中部应有一道上下柱间支撑；8度、9度时，单元两端宜各有一道上柱支撑；

2）柱间支撑斜杆的长细比，不宜超过表8.3.11-1的规定。交叉支撑在交叉处应设有厚度不小于10mm的节点板，斜杆与节点板应焊接连接。

表8.3.11-1柱间支撑交叉斜杆的最大长细比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 位置 | 烈 度 | | | |
| 6度 | 7度 | 8度 | 9度 |
| 上柱支撑 | 250 | 250 | 200 | 150 |
| 下柱支撑 | 200 | 200 | 150 | 150 |

3）8度时跨度不小于18m的多跨排架中柱和9度时的多跨排架各柱，柱顶应有通长水平压杆，此压杆可与梯形屋架支座处通长水平系杆合并设置；

4）下柱支撑的下节点位置和构造，应能将地震作用直接传至基础。6度、7度时，下柱支撑的下节点在地坪以上时应靠近地面处。

**6** 排架的屋盖支撑布置，应符合表8.3.11-2~表8.3.11-4的规定。

表8.3.11-2 B类排架结构的无檩屋盖支撑布置

| 支撑名称 | | | 烈 度 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6度、7度 | 8度 | 9度 |
| 屋架支撑 | 上弦横向支撑 | | 屋架跨度小于18m时同非抗震设计，即跨度不小于18m时在厂房单元端开间各有一道 | 厂房单元端开间及柱间支撑开间各有一道；天窗开洞范围的两端有局部的支撑一道 | |
| 上弦通长水平系杆 | | 按非抗震要求，即可不设置，振动较大或重级吊车时，在单元端开间各设置一道 | 沿屋架跨度不大于15m有一道，装配整体式屋面可没有；围护墙在屋架上弦高度有现浇圈梁时，其端部处可没有 | |
| 下弦横向支撑 | | 按非抗震要求，即在屋架下弦传递水平力时，应在单元端开间或靠近水平力作用处设置一道 | | 同上弦横向支撑 |
| 跨中竖向支撑 | | 按非抗震要求，即屋架跨度>18m及≦30m时，在单元两端第一或第二开间及单元长度大于66m时，在柱间支撑开间的屋架跨度中点，设置一道垂直支撑及下弦通长系杆；当有天窗时还应设置上弦系杆。屋架>30m时，在屋架跨度1/3左右设置两道垂直支撑及下弦通长系杆 | | 同上弦横向支撑 |
| 两端竖向支撑 | 屋架端部高度≤900mm | 按非抗震要求，即可不设置 | 厂房单元端开间各有一道 | 厂房单元端开间及每隔48m各有一道 |
| 屋架端部高度>900mm | 厂房单元端开间各有一道 | 厂房单元端开间及柱间支撑开间各有一道 | 厂房单元端开间及柱间支撑开间及每隔30m各有一道 |
| 天窗两侧竖向支撑 | | | 厂房单元天窗端开间及每隔30m各有一道 | 厂房单元天窗端开间及每隔24m各有一道 | 厂房单元天窗端开间及每隔18m各有一道 |
| 天窗上弦横向支撑 | | | 按非抗震要求，即天窗单元端开间各设一道 | 天窗跨度≥9m时，厂房单元天窗开间及柱间支撑各有一道 | 厂房单元天窗开间及柱间支撑各有一道 |

表8.3.11-3 B类排架结构的中间井式天窗无檩屋盖支撑布置

| 支撑名称 | | 烈 度 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 6度、7度 | 8度 | 9度 |
| 上、下弦横向支撑 | | 厂房单元端开间各有一道 | 厂房单元端开间及柱间支撑开间各有一道 | |
| 上弦通长水平系杆 | | 在天窗范围内屋架跨中上弦节点处有 | | |
| 下弦通长水平系杆 | | 在天窗两侧及天窗范围内屋架下弦节点处有 | | |
| 跨中竖向支撑 | | 在上弦横向支撑开间处有，位置与下弦通长系杆相对应 | | |
| 两端竖向支撑 | 屋架端部高度≤900mm | 按非抗震要求，即厂房单元端开间各有一道 | | 同上弦横向支撑，且间距不大于48m |
| 屋架端部高度>900mm | 厂房单元端开间各有一道 | 同上弦横向支撑，且间距不大于48m | 同上弦横向支撑，且间距不大于30m |

表8.3.11-4 B类排架结构的有檩屋盖支撑布置

| 支撑名称 | | 烈 度 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 6、7度 | 8度 | 9度 |
| 屋架支撑 | 上弦横向支撑 | 厂房单元端开间各有一道 | 厂房单元端开间及厂房单元长度大于66m的柱间支撑开间各有一道；天窗开窗范围的两端各有局部的支撑一道 | 厂房单元端开间及厂房单元长度大于42m的柱间支撑开间各有一道；  天窗开窗范围的两端各有局部的上弦横向支撑一道 |
| 下弦横向支撑 | 按非抗震要求，即在屋架下弦传递水平力时，应在单元端开间或靠近水平力作用处设置一道 | |
| 跨中竖向支撑 |
| 天窗架支撑 | 上弦横向支撑 | 厂房单元的天窗端开间各有一道 | 厂房单元的天窗端开间及每隔30m各有一道 | 厂房单元的天窗端开间及每隔18m各有一道 |
| 两侧竖向支撑 | 厂房单元的天窗端开间及每隔36m各有一道 |

【条文说明】

本条系根据一般屋架通常支撑布置的基本要求及原则并参照《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117有关条文确定的。其主要原则如下：

1 结构单元由两端柱距内的屋盖横向支撑、垂直支撑组成为刚度可靠的屋盖刚性块体；

2 屋面支撑体系与柱支撑体系宜配置在同一开间内，以便加强结构单元的整体性；

3 屋架上弦受压弦杆由与横向支撑节点相连的水平系杆来保证平面外的稳定性，屋架下弦受拉弦杆由与横向支撑节点相连的水平系杆来控制其合理的长细比；

4 垂直支撑是将天窗架屋面或屋盖面层水平地震作用传递到柱间支撑或下层支撑的最主要传力构件，其设置间距应从严控制。

表8.3.11-2~表8.3.11-4中非抗震要求后的设置要求一般针对钢结构屋面结构上铺设大型屋面板的屋面体系。对于轻质屋面的钢结构屋盖的支撑，非抗震要求应根据整体稳定及安全的原则设置，符合选用的屋架标准图集或有关设计手册中关于支撑的布置要求。

* + 1. 多层框架刚接节点在梁翼缘与柱焊接处，柱腹板应设置横向加劲肋；8度和9度时，此加劲肋厚度不宜小于相对应的梁翼缘厚度。
    2. 柱的长细比，7度、8度时不应超过150，9度时不应超过120。
    3. 梁柱板件宽厚比，应符合表8.3.14的要求。

表8.3.14 B类钢结构框排架的板件宽厚比限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 板件名称 | | 7度、8度 | 9度 |
| 柱 | 工字形截面翼缘外伸部分 | 13 | 11 |
| 箱型截面壁板 | 40 | 36 |
| 工字形截面腹板 | 48 | 44 |
| 梁 | 工字形截面和箱形截面翼缘外伸部分 | 13 | 11 |
| 箱形截面翼缘在两腹板间的部分 | 32 | 30 |

### 抗震验算

* + 1. A类框排架结构的抗震承载力验算，应符合下列规定：

1 外观良好且符合下列规定之一的框排架钢结构，可不进行抗震承载力验算：

1）6度时，单层排架和与其侧面连接的多层框架组成的框排架结构；

2）7度I、II类场地时的等高多跨的轻屋盖单层排架结构；

3）7度、8度时，符合本节抗震措施鉴定要求的框排架结构。

2 不符合第一款规定时，可按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的规定和本规程的要求进行抗震承载力验算。

* + 1. B类钢结构框排架抗震承载力验算时，6度和7度I、II类场地，且风荷载大于0.5MPa的单跨和等高多跨的轻屋盖排架结构，当抗震措施符合本节规定时，可不进行抗震承载力验算。其他B类框排架结构均应按现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的抗震分析方法和本规程的规定进行纵向和横向抗震承载力验算。

【条文说明】

7.3.1～7.3.2条根据以往的设计经验，提出了符合相应条件的结构可不进行抗震验算，但其布置及构造应符合本节所规定的要求。

* + 1. 钢结构框排架弹性层间位移角限值[*θ*e]应不大于1/250，弹塑性层间位移角或整体倾角限值[*θp*]对钢框架应不大于1/50，钢排架应不大于1/30。

【条文说明】

弹性层间位移角限值比现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的多高层钢结构的数值略有放宽，但严于单层钢结构厂房。弹塑性位移角限值参考了现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的要求。

## 轻型门式刚架结构

### 一般规定

* + 1. 本节适用于房屋高度不大于18m，房屋高宽比小于1，承重结构为单跨或多跨实腹式轻型门式刚架、具有轻型屋盖、无桥式吊车或有起重量不大于20t的A1~A5工作级别桥式吊车或3t悬挂式起重机的单层工业钢结构的抗震鉴定。

【条文说明】：

对于轻型钢结构的抗震鉴定，因结构重量较轻，震害较少，鉴定要求应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018以及[《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》](https://www.so.com/link?m=bMTv09AdHZbomleMdT4s8VMwVBdlcL9hY3WUgUFgVmhfJGwTiSzTaiz6xXwf4yMIvpgxA4sJb/5Sqez7n1A9regj7Nb1Qoumaewg19WZwgbzLvsBB7slsG8p6W/UpYLwUEPDp+y7wx2nxl/z4SvN9kQ3p82iq5RxJfyiq4CIKKnMgOX3C85KHPTORcb7wwBEfvASnOvuJ5z8Te4YAP0+UwFEjzcniNvoLLR5xbDeSykGtqSZLp4fNhyAWp8fdx2ROXmh2DLrsJD9/nEiUiYqaNIhoo/Yp9S3M2VzSxv47d+seKDp1D6uadg==)GB 51022的有关规定，带夹层门式刚架抗震鉴定可参照执行。

* + 1. 轻型门式刚架结构的外观和内在质量，应重点核查下列内容：

**1** 柱、梁、檩条等受力构件是否无明显变形、锈蚀、裂纹等损伤。

**2** 构件和节点的焊缝外形是否均匀、成型较好，应无裂纹、咬边等质量缺陷。

**3** 连接螺栓、螺帽或铆钉是否存在松动或断裂、掉头、错位等损坏情况；对受剪为主的锚栓，其栓杆是否在托座盖板面处无丝扣。

* + 1. 轻型门式刚架结构的整体布置鉴定应重点核查下列内容 ：

**1** 结构体系的合理性，应包括主刚架、天窗架、气楼架、墙架和吊车梁系统的布置；

**2** 屋盖和柱间支撑的完整性，圆钢支撑张紧程度；

**3** 防震缝设置的合理性；

**4** 围护结构、辅助结构等非结构构件与主体结构连接的抗震构造措施。

### 抗震措施鉴定

* + 1. 轻型门式刚架结构出现本规程第8.2.5条所列情况之一时，其整体布置应鉴定为不满足。
    2. 轻型门式刚架结构的结构体系及布置尚应符合本规程第8.2.6条的规定。
    3. 轻型门式刚架结构屋盖支撑的布置与构造应符合下列规定 ：

1 屋面端部横向支撑应布置在房屋端部和温度区段第一或第二开间，当布置在第二开间时应在房屋端部第一开间抗风柱顶部对应位置布置刚性系杆。

2 屋面支撑形式可选用圆钢或钢索交叉支撑；当屋面斜梁承受悬挂吊车荷载时，屋面横向支撑应选用型钢交叉支撑。屋面横向交叉支撑节点布置应与抗风柱相对应，并应在屋面梁转折处布置节点。

3 屋面横向支撑应按支承于柱间支撑柱顶水平桁架设计；圆钢或钢索应按拉杆设计，型钢可按拉杆设计，刚性系杆应按压杆设计。

4对设有带驾驶室且起重量大于15t桥式吊车的跨间，应在屋盖边缘设置纵向支撑；在有抽柱的柱列，沿托架长度应设置纵向支撑。

* + 1. 轻型门式刚架结构柱间支撑的布置与构造应符合下列规定 ：

1 柱间支撑应设在侧墙柱列，当房屋宽度大于60m时，在内柱列宜设置柱间支撑。当有吊车时，每个吊车跨两侧柱列均应设置吊车柱间支撑。

2 同一柱列不宜混用刚度差异大的支撑形式。在同一柱列设置的柱间支撑共同承担该柱列的水平荷载，水平荷载应按各支撑的刚度进行分配。

3  柱间支撑采用的形式宜为：门式框架、圆钢或钢索交叉支撑、型钢交叉支撑、方管或圆管人字支撑等。当有吊车时，吊车牛腿以下交叉支撑应选用型钢交叉支撑。

4 当房屋高度大于柱间距2倍时，柱间支撑宜分层设置。当沿柱高有质量集中点、吊车牛腿或低屋面连接点处应设置相应支撑点。

5 柱间支撑的设置应根据房屋纵向柱距、受力情况和温度区段等条件确定。当无吊车时，柱间支撑间距宜取30m～45m，端部柱间支撑宜设置在房屋端部第一或第二开间。当有吊车时，吊车牛腿下部支撑宜设置在温度区段中部，当温度区段较长时，宜设置在三分点内，且支撑间距不应大于50m。牛腿上部支撑设置原则与无吊车时的柱间支撑设置相同。

* + 1. 当地震作用组合的效应控制结构设计时，门式刚架轻型房屋钢结构的抗震构造措施应符合下列规定：

  1  工字形截面构件受压翼缘板自由外伸宽度b与其厚度t之比，不应大于13；工字形截面梁、柱构件腹板的计算高度hw与其厚度tw之比，不应大于160；

    2  在檐口或中柱的两侧三个檩距范围内，每道檩条处屋面梁均应布置双侧隅撑；边柱的檐口墙檩处均应双侧设置隅撑；

    3  当柱脚刚接时，锚栓的面积不应小于柱子截面面积的0.15倍；

    4  纵向支撑采用圆钢或钢索时，支撑与柱子腹板的连接应采用不能相对滑动的连接；

    5  柱的长细比不应大于150。

### 抗震验算

* + 1. 轻型门式刚架结构抗震鉴定应按下列原则考虑地震作用：

**1** 一般情况下，按房屋的两个主轴方向分别计算水平地震作用；

**2** 质量与刚度分布明显不对称的结构，应计算双向水平地震作用并计入扭转的影响；

**3** 抗震设防烈度为8度、9度时，应计算竖向地震作用，可分别取该结构重力荷载代表值的10％和20％，设计基本地震加速度为0.30g时，可取该结构重力荷载代表值的15％；

**4** 计算地震作用时尚应考虑墙体对地震作用的影响。

* + 1. 轻型门式刚架结构在构件抗震鉴定分析过程中的结构内力计算原则应符合以下规定：

**1** 门式刚架应按弹性分析方法计算。

**2** 门式刚架不宜考虑应力蒙皮效应，可按平面结构分析内力。

**3** 当未设置柱间支撑时，柱脚应设计成刚接，柱应按双向受力进行设计计算。

**4** 当采用二阶弹性分析时，应施加假想水平荷载。假想水平荷载应取竖向荷载设计值的0.5％，分别施加在竖向荷载的作用处。假想荷载的方向与风荷载或地震作用的方向相同。

* + 1. 轻型门式刚架结构的构件验算应考虑荷载与地震作用组合的效应，基本组合效应设计值应按现行国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022第4.5.4的地震设计状况进行线性计算。

## 大跨与空间钢结构

### 一般规定

* + 1. 本节适用于跨度不大于120m、结构单元长度不大于300m或悬挑长度不大于40m的梁式结构、框架结构、拱、平面桁架、立体桁架、网架、网壳、张弦结构、索结构等基本形式及其组合等体系的大跨度与空间钢结构抗震鉴定。

【条文说明】：

对于跨度大于120m、结构单元长度大于300m或悬挑长度大于40m的大跨度及空间钢结构及其他特殊形式的大跨度及空间钢结构的抗震性能鉴定，应进行专项评估。

* + 1. 大跨与空间钢结构抗震应重点核查以下内容：

**1** 结构体系与结构布置的合理性。

**2** 重力荷载与水平地震作用传递路径的合理性。

**3** 承受三向地震作用的能力。

**4** 支承结构的抗震性能。

**5** 主要构件、节点及支座的抗震构造措施。

**6** 材料性能。

**7** 非结构构件与主体结构连接的抗震构造措施。

**8** 钢结构构件是否出现明显的弯曲变形与结构损伤。

### 抗震措施鉴定

* + 1. 大跨度及空间钢结构形体及其构件布置的规则性应满足以下要求：

**1** 结构体系统合理，屋盖及其支承的布置均匀对称，具有合理的刚度和质量分布，屋盖地震作用能有效传递到下部支承结构。

**2** 结构布置应没有局部削弱或突变而形成的薄弱部位，不应因部分结构或构件破坏而丧失整体抗震能力或承重能力。

**3** 具有两个方向均衡的传力体系，平面外应设置有可靠支撑体系。采用下弦节点支承的单向传力体系的桁架结构，应采取可靠措施防止桁架在支座处发生平面外扭转。

**4** 单层网壳的节点不应为铰接。

**5** 支座节点不应出现严重损伤或损坏。

**6** 下部支承结构布置合理，屋盖不致产生过大的地震扭转效应。

**7** 空间传力体系的结构布置，应符合下列规定：

1） 平面形状为矩形且三边支承一边开口的结构体系，其开口边应有加强措施，并具有足够刚度。

2） 两向正交正放网架、双向张弦结构，沿周边支座应设有封闭的水平支撑。

* + 1. 当屋盖分区域采用不同的结构形式时，交界区域的杆件和节点应有加强措施，或采用防震缝分离，缝宽不宜小于150mm
    2. 多点支承网架的柱顶支点处，宜有柱帽。
    3. 大跨度及空间钢结构构件尺寸应符合以下规定：

**1** 构件的截面尺寸规格：普通角钢不应小于∟50×3，钢管不应小于Φ48×3，结构跨度大于60m时，钢管不应小于Φ60×3.5。

**2** A、B类结构的构件的长细比不应超过表8.5.6规定的限值。

表8.5.6 大跨屋盖钢结构杆件的长细比限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构形式 | 杆件类型 | 受压 | 压弯 | 受拉与拉弯 |
| 单层网壳 | 所有杆件 | 150（120） | 150（120） | 200 |
| 其他网格结构 | 支座附近杆件、直接承受动力荷载杆件 | 150（120） | 150（120） | 200 |
| 一般杆件 | 180 | 150 | 250 |
| 其他空间结构 | 柱、桁架构架及柱的缀条 | 150（120） | 150（120） | 200 |
| 支撑 | 180 | 150 | 250 |

注：1 括号内数值用于8、9度；

2 表列数据不适用于拉索等柔性构件。

**3** 构件截面板件的宽厚比不宜超过本规程表8.2.9-1～2中限值。

* + 1. 节点连接抗震构造措施应符合以下规定：

**1** 杆件或杆件轴线宜相交于节点中心。

**2** 连接各杆件的节点板厚度不宜小于连接杆件最大壁厚的1.2倍。

**3** 相贯节点，内力较大方向的杆件应贯通，贯通杆件的壁厚不应小于焊于其上各杆件的壁厚。

**4** 焊接球节点，球体壁厚不应小于相连杆件最大壁厚的1.3倍，空心球的外径与主钢管外径之比不宜大于3，空心球径厚比不宜大于45，空心球壁厚不宜小于4mm。

**5** 螺栓球节点，球体不应出现裂缝，套筒不应偏心受力，螺栓轴线应通过螺栓球中心。

* + 1. 支座的抗震构造应符合下列规定：

**1** 支座节点构造传力可靠、连接简单、符合计算假定，未产生不可忽略的变形；

**2** 水平可滑动的支座，具有足够的滑移空间，并设有限位措施。

**3** 8度、9 度时，多遇地震作用下只承受竖向压力的支座，应为拉压型构造。

**4** 固定铰支座，有可靠的水平反力传递机制；预埋件锚固承载力不应低于连接件。

**5** 屋盖结构采用隔震及减震支座时，其性能参数、耐久性及相关构造应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

* + 1. 屋面围护系统、吊顶及悬吊物等非结构构件的抗震构造措施应符合以下规定：

**1** 结构布置合理，结构形式和构件选型正确，传力路线明确，并符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017及《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。

**2** 支撑无明显残损和施工缺陷。

### 抗震验算

* + 1. 大跨及空间钢结构抗震验算应满足承载力、变形的要求。
    2. 大跨度及空间钢结构的承载能力验算，应按国家现行设计规范规定的结构分析原则和方法，建立合理的计算模型，对于大跨度空间钢结构主要构件、主要节点、支座节点及结构整体稳定性，宜采用非线性验算分析。
    3. 大跨及空间钢结构承载力与变形验算应符合以下规定：

**1** 抗震设防烈度为8～9度地区，应计入竖向地震作用的影响。竖向地震作用标准值，8度和9度地区可分别取该结构、构件重力荷载代表值的10%和20%。

**2** 网架、双层网壳的节点可假定为铰接，构件为杆单元；单层网壳节点应假定为刚接，构件为梁柱单元；当结构中的拉索为钢丝束、钢丝绳、钢绞线或钢棒时，可假定为只受拉单元；索构件如采用型钢，则视为刚性索，可承受拉力和部分弯矩。

* + 1. 在多遇地震作用下，验算大跨度及空间钢结构关键构件、节点的承载力时，地震组合内力设计值应乘以增大系数，增大系数取值按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定采用。

【条文说明】：

网架结构、双层及以上网壳结构的计算模型可假定为空间铰接杆系结构，忽略节点刚度的影响，不计次应力；单层网壳结构的计算模型可假定为铰接梁系结构，每根杆件要承受轴力、弯矩(包括扭矩)和剪力。刚性索对改善索结构形状稳定性有帮助，可考虑其弯曲刚度的贡献。

* + 1. 进行大跨及空间钢结构地震作用效应分析时，结构的阻尼比可按下列规定取值：

**1** 多遇地震作用时，周边落地的网格结构可取0.02，设有钢或混凝土结构支撑体系的网格结构可取0.03。

**2** 罕遇地震作用时，可取0.05。

* + 1. 进行大跨及空间钢结构地震作用效应分析时，应考虑自振周期的折减，折减系数可取0.9。
    2. 大跨钢结构多遇地震下的变形应符合表8.5.16的规定：

表8.5.16 大跨钢结构相对挠度限值

|  |  |
| --- | --- |
| 结构型式 | 相对挠度限值[*θe*] |
| 水平桁架、网架、张弦梁或桁架 | 1/250 |
| 拱、拱形桁架、单层网壳 | 1/400 |
| 双层网壳、弦支穹顶 | 1/300 |
| 索网结构 | 1/200 |

注：大跨度钢结构悬挑端的相对挠度限值，取跨度为悬挑长度，并按表中数值乘以2。

* + 1. 罕遇地震作用下的抗震性能宜通过结构整体失效分析鉴定，可按结构形成塑性机构或达到弹塑性动力失稳极限状态确定其抗失效承载力。

【条文说明】：

对进行罕遇地震作用下的承载力验算时，应采用空间结构模型(包括上部和下部结构的协同计算模型）进行弹塑性时程法分析。进行弹塑性时程法分析时，应选择足够的地震波数 量，并采用合理的承载力评定方法。

# 工业钢结构专项鉴定

## 钢结构振动检测与鉴定

* + 1. 在下列情况下，应进行振动检测与鉴定：

**1** 结构振动响应较大，或可能产生共振现象；

**2** 振动导致结构构件、围护系统开裂或其他损坏；

**3** 结构振动明显且引起使用者对结构安全产生怀疑时；

**4**  当结构振动对人体舒适度、设备仪器正常工作以及结构正常使用产生不利影响时；

**5** 其他需要进行振动检测与影响评价的情况。

【条文说明】：

当结构产生较大振幅的振动或产生共振现象、或振动引起的结构构件开裂、疲劳强度不足或其他损坏影响结构安全时，应进行结构振动的安全性性评定；当上部承重结构产生的振动对人体健康、设备仪器正常工作以及结构正常使用产生不利影响时，应进行结构振动的使用性评定。

* + 1. 当钢结构上的动力设备振动对钢结构的安全、正常使用有明显影响需要进行评定时，应按下列要求进行现场调查检测：

**1** 调查动力设备相关资料，包括电机的型号、转速、自重及重心位置、启动运行和制动张力等资料；

**2** 调查振动对钢结构的影响范围，相对距离；

**3** 检查振动对人员正常活动、设备运行工作以及结构构件损伤的影响情况；

**4** 根据调查结果选择合适的测试位置及参数对振动源的动力特性、钢结构的振动响应和结构动力特性进行测试。

【条文说明】：

工业钢结构的振动检测，首先要对动力设备的相关参数进行调查，并对其周围环境和位置关系进行调查。本条给出了具体的调查内容和要求。

* + 1. 钢结构的振动速度安全限值可按表9.1.3的规定采用。

表9.1.3 钢结构振动速度安全限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 钢结构类别 | 振动速度的安全限值（mm/s） | | |
| ＜10Hz | 10Hz～50Hz | ＞50Hz |
| 钢筋混凝土结构中钢平台 | 25～35 | 35～45 | 45～50 |
| 钢结构 | 30～40 | 40～45 | 45～50 |

注：1 表中所列频率为主振频率，振动速度为质点振动相互垂直的三个分量的最大峰值。

2 振速的上、下限值宜根据结构安全性等级的高低选用，安全性等级高可取下限值，反之取上限值。

* + 1. 当工业钢结构的振动速度虽小于本规程表9.1.3的限值，但已引起使用者对结构安全的担心时，应对结构产生的裂缝和其它损伤进行检查；对振动作用明显的结构或构件，应根据振动对结构构件的作用进行验算分析，综合评定振动对结构安全的影响。

【条文说明】：

动力设备运行、物料运动（反应）、交通运输、建筑施工、大地脉动、风脉动等工业振动源或环境振动引起工业建筑振动。如果建筑物的振动超过所容许的阈值，就可能会发生一系列的损坏，长时间连续振动还会导致承重构件产生疲劳和超应力问题，进而危及建筑物的安全，不同标准中对“破坏”的认定取决于一个国家的社会经济发展水平。

现行国家标准《机械振动与冲击 建筑物的振动 振动测量及其对建筑物影响的评价指南》（GB/T 14124）规定了评价振动对建筑物影响所需要进行的测量和数据处理的基本原则。目前尚无某个标准能涵盖所有建筑物及其状态和暴露持续时间的所有种类，但许多国家的标准将建筑物基础上每秒几毫米的峰值速度作为有明显效应的界限。质点速度峰值为每秒几百毫米时，产生的损伤可能很大。关于偶然发生的冲击振动对建筑物的影响，是根据振动频率、持续时间及结构类型，参照现行《爆破安全规程》GB 6722并结合大量工程经验，在表9.1.4中给出了建筑物不宜遭受的振动作用。表中的界限值是针对振动可能引起结构构件的损伤作出结构振动速度安全限值的规定，但并不代表测得的振动速度峰值小于表9.1.4所规定的值时结构就一定安全，尚应结合结构现状检查结果、动力计算分析结果综合判断。

* + 1. 当进行振动对上部承重结构影响的安全性等级评定时，可按国家现行有关标准的规定，通过实测结构动力响应，确定由于振动产生的动力荷载和动力系数进行结构分析和验算，根据检测和验算分析结果评定等级，并应符合下列规定：

**1** 结构振动的安全性等级可按表9.1.5的规定进行评定，并取其中最低等级作为结构振动的安全性等级；

**2** 当仅进行振动对整体结构或部分结构构件的安全性影响评定时，其评定结果即为振动对上部承重结构或部分结构构件影响的安全性等级；

**3** 当上部承重结构安全性鉴定评级需考虑振动对结构安全性的影响时，应将振动对上部承重结构影响的安全性等级参与上部承重结构安全性等级的评定。

表9.1.5 振动对工业钢结构影响的安全性等级评定

| 评定项目 | | 主要结构、构件振动速度峰值 | 结构、构件裂缝或其它损伤 | 结构、构件承载力 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评  级 | A | 结构、构件所受的振动作用未超出本规程表9.1.3的安全限值 | 承重结构、构件，围护系统及装饰层均无振动作用产生的裂缝及其它损伤 | 结构、构件计入振动荷载作用所得到的验算结果能满足现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144对承载能力评定等级a级的规定 |
| B | 结构、构件所受的振动作用超出本规程表9.1.3的安全限值，但不超过限值的10% | 仅围护系统或装饰层存在振动作用产生的轻微裂缝及其它损伤，且无继续发展迹象 | 结构、构件计入振动荷载作用所得到的验算结果能满足现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144对承载能力评定等级b级的规定 |
| C | 结构、构件所受的振动作用已超出本规程表9.1.3的安全限值，但不超过限值的20% | 围护系统或装饰层严重开裂或损伤，或裂缝、损伤有发展迹象，但承重结构不存在开裂或其它损伤 | 结构、构件计入振动荷载作用所得到的验算结果符合现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144对承载能力评定等级c级的规定 |
| D | 结构、构件所受的振动作用已超出本规程表9.1.3的安全限值的20% | 承重结构、构件有振动作用产生的裂缝及其它损伤 | 结构、构件计入振动荷载作用所得到的验算结果符合现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144对承载能力评定等级d级的规定 |

【条文说明】：本条给出了考虑振动影响的可靠性评级原则。

* + 1. 当进行振动对钢结构的使用性等级评定时，应按国家现行有关标准的规定，进行必要的振动影响分析，根据检测和分析结果按相应规定评定等级，并应符合下列规定：

**1** 结构振动的使用性等级可按表9.1.6的规定进行评定，并取其中最低等级作为结构振动的使用性等级；

**2** 当仅进行振动对结构正常使用影响评定时，振动影响涉及整个结构体系或其中某种构件，其评定结果即为振动对钢结构影响的使用性等级；

**3** 当考虑振动影响结构正常使用且参与钢结构的可靠性鉴定评级时，可将其影响评定结果按有关规定参与上部承重结构使用性等级的评定。

表9.1.6 结构振动使用性等级评定

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评定项目 | 评定标准 | | |
| A级 | B级 | C级 |
| 对人体健康的影响 | 人体在振动环境下无不舒适感 | 人体在振动环境下有不舒适感，生产工效降低 | 振动对人体健康产生有害影响 |
| 对设备仪器的影响 | 振动对设备仪器的正常运行无影响，振动响应不超过设备仪器的容许振动值 | 振动对设备仪器的正常运行有影响，振动响应超过设备仪器的容许振动值，但采取适当措施后可正常运行 | 振动使设备仪器无法正常工作或直接损害设备仪器 |
| 对结构的影响 | 结构无振动导致的表面损伤、裂缝等 | 结构存在由于振动产生的表面损伤、裂缝等，但不影响结构的正常使用 | 结构由于振动产生严重损伤，影响结构的正常使用 |

注：1振动对设备仪器与人体健康的影响，应按现行国家标准《建筑工程容许振动标准》GB 50868执行；

2 评定时，可根据振动对结构影响的严重程度进行调整，但调整不应超过一个等级。

【条文说明】：本条给出了考虑振动影响的使用性评级原则和方法。

## 钢结构疲劳性能检测与鉴定

* + 1. 直接承受动力荷载的钢构件及其连接在下列情况下，应进行疲劳性能检测与鉴定：

**1** 投入使用10年及以上的重级工作制的钢吊车梁或中级工作制的钢吊车桁架；

2 达到设计使用年限或目标使用年限拟继续使用的钢吊车梁系统；

3 厂房工艺或用途发生改变，拟更换吊车或对吊车进行增容改造前；

4 检查中发现疲劳破坏的迹象时；

5 存在疲劳问题，影响疲劳寿命时。

【条文说明】：

本条规定了既有工业钢结构应做疲劳性能检测与鉴定的几种情况。工业建筑钢吊车梁（尤其是工作级别为A6~A8吊车的吊车梁）使用一段时间后，由于以下种种原因，都应对其进行疲劳性能检测与鉴定：

本条第1款规定对于工作级别为A6~A8吊车的吊车梁投入使用10年以上，无论是否出现疲劳损伤，均应进行鉴定评估，确保人员生命、生产安全。中冶建筑研究总院有限公司在“工业建筑钢结构疲劳诊治关键技术研究与应用”科研项目中，统计了大量的工业建筑吊车梁疲劳事故，结果表明，90%以上钢吊车梁系统的破坏属于疲劳破坏。我国配有工作级别为A6~A8吊车的工业建筑中，大部分钢吊车梁，尤其是在冶金工业厂房中的重级工作制吊车梁，在使用10年或20年即出现疲劳问题。

本条第2款吊车梁系统使用年限已超过设计使用年限或者超过上一次鉴定的目标使用年限，但仍想继续使用时，为保证后续使用的安全，除应进行常规的安全性鉴定外，尚应对吊车梁系统进行疲劳性能检测与鉴定。

本条第3款，因生产设备更新、工艺流程改变或生产规模扩大等原因，对原有结构提出新的功能要求，如拟更换吊车或对吊车进行增容改造，即使有些是更换轻一些的吊车，其轮距和轮压也会发生变化，也可能对吊车梁产生不利影响。因此，也要评定原有吊车梁系统是否可以使用或需加固处理。

本条第4款规定发现疲劳裂缝损伤的吊车梁系统，应进行疲劳性能检测与鉴定。在实际的使用过程中，吊车司机、点检人员或其他人员发现吊车梁本体出现开裂，这种情况一般较为严重，裂缝对吊车梁安全产生多大程度的影响，裂缝是如何产生的，后续如何处理，都需要进行疲劳性能检测与鉴定，为后续的处理提供依据。

本条第5款规定长期处于高温或腐蚀环境，如果无相应防护措施或防护措施失效，吊车梁结构在长期高温或腐蚀环境，性能会发生退化或劣化，出现明显腐蚀、变形等损伤，从安全角度需评定其实际承载能力及剩余疲劳寿命。

* + 1. 钢结构疲劳损伤检查，应检查构件及其连接的疲劳裂缝、杆件断裂、螺栓铆钉松动脱落等情况。
    2. 钢结构疲劳损伤检查的位置应包括构件上应力幅较大的部位、构造复杂的部位、应力集中的部位和已经出现疲劳裂缝的部位。
    3. 钢吊车梁和钢吊车桁架本体应重点检查下列部位：

1 支座加劲肋与上下翼缘、腹板的连接焊缝及附近母材；

2 横向加劲肋与上翼缘连接焊缝；

3 上翼缘与腹板连接焊缝及附近母材；

4 跨中部位横向加劲肋下端部与腹板连接焊缝及附近母材；

5 跨中部位下翼缘与腹板连接焊缝及附近母材；

6 下翼缘虚孔处的母材；

7 下翼缘和腹板受拉区焊缝处及附近母材；

8 下翼缘横向对接焊缝及附近母材；

9 吊车桁架受拉杆及其连接节点板连接焊缝及附近母材。

* + 1. 钢吊车梁支座应重点检查下列部位(图9.2.5)：

1 突缘支座或平板支座处下翼缘与腹板连接不小于1m长度且不小于梁高等长范围内的连接焊缝；

2 直角式突变支座钢吊车梁插板与腹板、封板与插板和插入板端头的连接焊缝及附近母材；

3 圆弧式突变支座钢吊车梁圆弧板与腹板连接焊缝及附近母材；

|  |  |
| --- | --- |
| 图示  描述已自动生成 | 图示  描述已自动生成 |
| （a）突缘支座 | （b）平板支座 |
| 图示  描述已自动生成 | 图示, 矩形  描述已自动生成 |
| （c）直角式突变支座 | （d）圆弧式突变支座 |

图9.2.5 不同支座形式的检查部位

1—支座处下翼缘与腹板连接焊缝；2—支座加劲肋与腹板竖向连接焊缝；3—插板与腹板连接焊缝；4—封板与插板连接焊缝；5—插板端头焊缝；6—圆弧板与腹板连接焊缝

* + 1. 钢吊车梁连接应重点检查下列部位：

1 钢吊车梁上翼缘与柱的连接；

2 钢吊车梁上翼缘与制动结构的连接；

3 吊车梁之间的端部连接；

4 钢吊车梁支座与柱头的连接；

5 制动结构与柱的连接；

6 制动结构水平支撑、垂直支撑的连接。

【条文说明】：

钢结构重级工作制吊车梁和重级、中级工作制吊车桁架，是工业厂房中最经常出现问题的结构构件。一般投入使用十年以上，就很有可能出现问题。对结构安全影响最大的是吊车梁和吊车桁架本体上的疲劳裂缝，其次是制动结构、支撑、与柱子连接部位的断裂、焊缝开裂、螺栓铆钉松动脱落、杆件弯曲变形等。吊车梁本体上的疲劳裂缝多发生在焊缝附近和截面突变应力集中部位。支承此类吊车梁的钢柱柱头也会出现疲劳裂缝，也应归入吊车梁系统进行检查。

* + 1. 疲劳裂缝检查以近距离肉眼观察为主，需要时采用渗透法检查，检测方法应符合现行国家标准《焊缝无损检测 焊缝渗透检测验收等级》GB/T 26953的相关规定。

【条文说明】：

吊车梁产生的裂缝基本是应力集中或强度较低部位受到吊车荷载多次反复作用引起的疲劳裂缝，大多开始是细而短的裂纹，继而贯穿于板成为裂缝并向外发展，直至断裂。所以裂缝现状查明也是对其扩展趋势的把握。焊缝裂缝检测采用渗透法检查，检查方法应符合《焊缝无损检测 焊缝渗透检测验收等级》GB/T 26953的相关规定，在不具备渗透法检测条件时可选用磁粉的方法进行检测。

* + 1. 对吊车运行特别繁重的吊车梁或吊车桁架，当需要对其进行疲劳性能评估时，宜实测在正常生产状况下的应力-时间变化关系，确定疲劳验算的欠载效应的等效系数和应力谱，按实测数据评估吊车梁或吊车桁架的疲劳性能。

【条文说明】：

由于生产工艺不断进步，炼钢加料、连铸接受、出坯等车间的吊车运行繁重程度不断增加。吊车运行的“繁”是指一定时间内运行次数多，“重”是指满载率高。吊车运行越繁重，吊车梁就越容易出现疲劳破坏。《钢结构设计规范》GBJ 17–88根据对几个车间吊车梁的实测结果首次规定了反映吊车运行繁重程度的欠载效应的等效系数，用于吊车梁疲劳强度的验算，对重级工作制软钩吊车取为0.8，一直沿用至今。但是，从1995年到2012年，结合工业建筑检测鉴定工作对炼钢加料、连铸接受、出坯等10多个车间的钢结构吊车梁，实测了在正常生产状态下的应力－时间变化关系，用与标准相同的方法统计得到的欠载效应的等效系数，在0.82~1.28之间，均超过标准规定值，这说明，有可能存在吊车梁疲劳强度不足的情况。因此，对此类车间的钢吊车梁宜实测在正常生产状态下的应力－时间变化关系，确定吊车荷载的繁重程度，按实测数据评估吊车梁的疲劳性能。

* + 1. 构件和连接的类别可按国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017附录K确定。当无法确定构件和连接的分类时，可进行该构件连接类型的疲劳试验，确定疲劳强度S-N曲线。
    2. 当构件表面发生明显的腐蚀，但腐蚀损伤量不超过初始厚度的5%时，构件和连接的类别不得高于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定的Z5类；当腐蚀损伤量超过初始厚度的5%时，构件和连接的类别不得高于现行国家标准 《钢结构设计标准》GB 50017规定的Z6类。

【条文说明】：

编制组成员试验研究发现，锈坑改变了钢结构板件表面特征，锈蚀对腐蚀构件疲劳性能影响很大，特别是锈蚀初期，钢材疲劳性能对锈蚀非常敏感。疲劳计算类别参见现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017–2017。

* + 1. 吊车梁或吊车桁架疲劳强度应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017验算，当欠载效应的等效系数实测值大于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017规定值时，应采用实测值。吊车梁或吊车桁架投入使用不到50年的，应力幅循环次数应按对应50年的次数计算；投入使用超过50年的，应按实际使用年限加目标工作年限的次数计算。
    2. 对没有出现疲劳裂缝的吊车梁或吊车桁架，疲劳承载力应按表9.2.12的规定评级；

表9.2.12 吊车梁或吊车桁架疲劳性能评定等级

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

注：△σ为考虑欠载效应的等效系数的计算应力幅；[△σ]为循环次数为2×106次的容许应力幅。

【条文说明】：

吊车梁疲劳强度是与时间（准确的说是应力循环次数）有关的强度，即使验算结果表明疲劳强度不足，但对于比较新的吊车梁来说，在一定的期限内仍然是安全的。另一方面，即使疲劳强度验算满足要求，对于超过设计基准期的吊车梁来说，有可能是不安全的。评价吊车梁的疲劳性能应考虑时间因素。

更重要的是，现有技术能力还不能很准确地预测吊车梁的疲劳破坏。实际工程中，正常设计正常施工的吊车梁在投入使用10年以后发生疲劳问题的情况，屡见不鲜。要保证吊车梁的安全，必须在使用阶段定期检查。因此，吊车梁疲劳性能的安全等级应根据疲劳强度验算结果和现场疲劳裂缝检查结果评定。没有出现疲劳裂缝的吊车梁，按本规程表9.2.12评级，表中没有d级，这是因为很多情况下验算时还没有到达要出现裂缝时间，同时从裂缝出现到裂缝扩展到破坏也需要一定时间，在这个时间内可对吊车梁采取安全措施。

* + 1. 对已出现疲劳裂缝的吊车梁或吊车桁架，构件的安全性等级不应评为a级或b级。当构件的损伤状态符合表9.2.13规定的损伤程度时，构件的安全性等级可直接评定为c级或d级。

表9.2.13 吊车梁单个构件安全性评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 缺陷、损伤部位 | 评定标准 | |
| c | d |
| 1 | 变截面吊车梁 | 实测欠载效应的等效系数超过0.8的工作级别为A6~A8吊车的吊车梁采用圆弧端、直角突变式等变截面构造形式 | 变截面处焊缝或母材出现疲劳裂缝 |
| 2 | 吊车梁受拉区或吊车桁架受拉杆及其节点板 | / | 出现疲劳裂缝 |
| 3 | 上翼缘与腹板连接焊缝及母材开裂 | 单条裂缝长度小于15*t*w（*t*w为腹板厚度）或多条裂缝总长度小于1000mm | 单条裂缝长度不小于15 *t*w或多条裂缝总长度不小于1000mm |
| 4 | 突缘支座加劲肋与下翼缘连接焊缝开裂 | 支座加劲肋与下翼缘连接焊缝出现裂缝不超过1/3下翼缘宽度 | 支座加劲肋与下翼缘连接焊缝出现裂缝超过1/3下翼缘宽度 |
| 5 | 突缘支座加劲肋与腹板连接焊缝开裂 | / | 突缘支座加劲肋与腹板连接焊缝出现裂缝 |
| 6 | 横向加劲肋端部与上翼缘连接焊缝开裂 | 开裂数量不大于20%横向加劲肋数量 | 开裂数量大于20%横向加劲肋数量 |
| 7 | 吊车梁上翼缘与柱连接缺陷损伤 | 连接螺栓或铆钉松动、脱落，连接板本体断裂或焊缝开裂 | 同一吊车梁上同时出现5～10项所列的多处缺陷损伤，且严重影响吊车梁承载能力达到d级 |
| 8 | 吊车梁间纵向连接缺陷损伤 | 连接螺栓或铆钉松动、脱落；两吊车梁间隙发生变化或相对滑移 |
| 9 | 下翼缘支座处与柱连接缺陷损伤 | 连接螺栓或铆钉松动、脱落或焊缝开裂，连接板断裂；支座加劲肋与柱肩梁加劲肋未对齐或相对滑移；支座垫板开裂、滑移或焊缝开裂；支座加劲肋与垫板间有空隙 |
| 10 | 制动板与柱或吊车梁上翼缘连接缺陷损伤 | 连接螺栓或铆钉松动、脱落或焊缝开裂；制动板未拼接为一块整板，拼接质量差或焊缝开裂 |
| 11 | 制动板本体缺陷损伤 | 制动板未拼接为一块整板，拼接质量差或焊缝开裂 |
| 12 | 支撑本体或连接缺陷损伤 | 连接螺栓或铆钉松动、脱落或焊缝开裂；支撑变形或断裂 |
| 13 | 辅助桁架（梁）本体或连接缺陷损伤 | 连接螺栓或铆钉松动、脱落；锈蚀或变形 | 辅助桁架或辅助梁与柱连接焊缝开裂或节点板断裂；辅助桁架严重锈蚀、变形影响辅助桁架承载能力达到d级 |
| 14 | 其他缺陷损伤 | 达到现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144中规定的c、d级缺陷损伤评定标准时 | |

【条文说明】：

按状态评定是总结工程鉴定实际经验，分析以往历史技术标准规范的应用情况，并参考国际标准《结构设计基础——已有结构的评定》ISO 13822有关规定提出来的。缺陷是设计和施工阶段在结构上产生的问题，凡是不满足相关设计标准和施工质量验收标准的问题都属于缺陷，包括构造错误、尺寸偏差、焊缝和螺栓的连接质量等。损伤是使用阶段在结构上产生的问题，如碰撞或事故引起的结构构件变形和断裂，人为切割造成构件缺失或产生缺口，人为增加多余焊接造成材料劣化和应力集中，受冲击振动或反复荷载作用造成的焊缝开裂、疲劳裂缝、螺栓和铆钉松动脱落等。明显的缺陷损伤会影响构件的承载能力，如果能在承载能力验算中计及其不利影响，就可以按承载能力进行评级；如果不能在承载能力验算中考虑其不利影响时，应根据缺陷损伤的危害程度直接评为c级或d级。

需要注意的是本规程表9.2.13中第3项-第6项，均为吊车梁受压区附近出现疲劳裂缝，这是一种常见的损伤，这种疲劳裂缝发展比较缓慢，根据以往实际工程经验，只要管理到位，做到及时检查及时维修，就不会造成事故，因此当裂缝较短不至于影响到静力承载能力时，可以评为c级。吊车梁受拉区或吊车桁架受拉杆及其节点板的疲劳裂缝，发展迅速，结构很快就会丧失承载能力，一旦发现这种疲劳裂缝，就应该评为d级。

* + 1. 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－时间变化关系进行剩余疲劳寿命评估。
    2. 测量部位剩余疲劳寿命的评估值应按下式计算。

（9.2.15）

式中：*T*\*——测量总时间；

*C*和**——与构件和连接类别有关的参数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017确定；

*T*0——该结构已经使用过的时间；

*φ*——附加安全系数，取为1.5~3.0，测量总时间较长时可取较低值；冶金工厂炼钢、连铸车间吊车梁的测量总时间为24h可取为2.0；

*i*——根据应力-时间曲线用雨流法统计得到的测量部位第i个级别的应力幅值（MPa）；

*ni*\*——在测量时间*T*\*内，*i*的循环次数；

*T*——剩余疲劳寿命的评估时间，其单位应与*T*\*、*T*0一致。

* + 1. 钢吊车梁或吊车桁架的剩余疲劳寿命评估，应结合实际损伤情况、结构形式、检查制度、生产发展等方面的因素综合考虑。

【条文说明】：

由于改造加固和工艺变化等原因使得吊车梁系统结构形式或受力状态发生变化时，吊车梁系统某些部位的疲劳强度有可能不足。利用实测应力谱可以更准确地进行疲劳强度验算，当疲劳强度验算不满足要求时，可利用本规程（9.2.15）式估算剩余疲劳寿命，这样可以为加固处理留有充足的准备时间。疲劳计算以Miner线性累积损伤律为基础，利用Miner线性累积损伤律估算疲劳寿命时，允许误差可以达到100%，另外，用较短时闻内测量得到的应力谱代替实际的应力谱也会造成误差，另外，也要考虑是否有检查制度，因此考虑附加安全系数**，这样就得到了（9.2.15）式。**值与测量时间和检查周期有关，根据冶金部建筑研究总院的实践经验，**取为1.5~3.0，测量总时间较长时可取较低值；冶金工厂炼钢、连铸车间吊车梁的测量总时间为24h可取为2.0。

## 火灾后钢结构检测与鉴定

* + 1. 火灾后钢结构检测与鉴定对象应为工程结构整体或相对独立的结构单元。

【条文说明】：

火灾后鉴定不应局限于过火部位，应把相对独立的工程结构单元作为鉴定对象。火灾作用对结构可能造成的损伤，有直接烧灼损伤和温度应力作用损伤两个主要方面，直接烧灼损伤一般局限于火场和高温烟气弥漫区域的结构，但温度应力作用可能遍及整个工程结构，因此本条规定工程结构火灾后鉴定对象应当是整个工程结构或相对独立的结构单元。

但是，对于采用砌体或其他耐火墙体材料分割的小房间建筑，火灾可能仅在少数范围、短时间发生，火灾温度应力作用影响有限，经初步调查确认，允许仅仅将火灾影响区域范围内的结构或构件列为鉴定对象，

* + 1. 火灾后钢结构检测与鉴定的程序及内容除应符合本规程第3章的规定外，尚应符合下列规定：

1. 火灾后钢结构初步调查应包括下列内容：
2. 勘查火灾现场，确定危险结构及构件的分布范围，提出应急安全处置建议；
3. 勘查、评估结构的烧灼损伤状况；
4. 调查火灾过程及温度分布，确定火灾影响的区域范围；
5. 提出初步调查结论，或进一步详细调查、检测与鉴定的方案。
6. 进行受火灾钢结构及构件的详细调查和检测、分析与校核；
7. 进行受火灾钢结构的可靠性鉴定评级；
8. 提出火灾后处理意见及建议。
   * 1. 火作用调查分析宜包括：火作用调查、火场温度分布推断、构件表面温度及结构内部温度推断，并应符合下列规定：

1 火作用调查应初步判断结构所受的温度范围和作用时间，包括调查火灾过程、火灾荷载、火场环境、火场残留物状况及火灾影响区域等；

2 火场温度分布推断，应根据火灾调查、结构表观状况、火灾荷载及火场残留物状况、火灾燃烧时间、通风条件、灭火过程等综合分析推断；

3 钢结构构件表面温度推断，可根据火场残留物分布、构件及油漆烧损状况按表9.3.3-1～表9.3.3-3分析判断；

4 结构内部温度推断，可根据火场温度过程、构件受火状况及构件材料特性按热传导规律推断。

表9.3.3-1 玻璃、金属材料、塑料的变态温度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 名称 | 代表制品 | 形态 | 温度（℃） |
| 玻璃 | 模制玻璃 | 玻璃砖、缸、杯、瓶，玻璃装饰物 | 软化或粘着 | 700～750 |
| 边角变圆 | 750 |
| 流动 | 800 |
| 片状玻璃 | 门窗玻璃、玻璃板、增强玻璃 | 软化或粘着 | 700～750 |
| 边角变圆 | 800 |
| 流动 | 850 |
| 金属材料 | 铅 | 铅管子、蓄电池、玩具等 | 锐边变圆，有滴状物 | 300～350 |
| 锌 | 锚固件、镀锌材料 | 有滴状物形成 | 400 |
| 铝及其合金 | 机械部件、门窗及配件、支架、装饰材料、厨房用具 | 有滴状物形成 | 650 |
| 银 | 装饰物、餐具、银币 | 锐边变圆，有滴状物形成 | 950 |
| 黄铜 | 门拉手、锁、小五金等 | 锐边变圆，有滴状物形成 | 950 |
| 青铜 | 窗框、装饰物 | 锐边变圆，有滴状物形成 | 1000 |
| 紫铜 | 电线、铜币 | 方角变圆，有滴状物形成 | 1100 |
| 铸铁 | 管子、暖气片、机器支座等 | 有滴状物形成 | 1100～1200 |
| 低碳钢 | 管子、家具、支架等 | 扭曲变形 | >700 |
| 建筑塑料 | 聚乙烯 | 地面、壁纸等 | 软化 | 50～100 |
| 隔热、防潮材料 | 软化 | 80～135 |
| 聚丙烯 | 装饰材料、涂料 | 软化 | 60～95 |
| 聚苯乙烯 | 隔热材料 | 软化 | 60～100 |
| 硅 | 防水材料 | 软化 | 80～135 |
| 氟化塑料 | 配管 | 软化 | 150～290 |
| 聚酯树脂 | 地面材料 | 软化 | 120～230 |
| 聚氨脂 | 防水、隔热材料，涂料 | 软化 | 90～120 |
| 环氧树脂 | 地面材料、涂料 | 软化 | 95～290 |

表9.3.3-2 部分材料燃点温度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | 燃点温度（℃） | 材料名称 | 燃点温度（℃） |
| 木材 | 240～270 | 聚氯乙烯 | 454 |
| 纸 | 130 | 粘胶纤维 | 235 |
| 棉花 | 150 | 涤纶纤维 | 390 |
| 棉布 | 200 | 橡胶 | 130 |
| 麻绒 | 150 | 尼龙 | 424 |
| 酚醛树脂 | 571 | 聚四氟乙烯 | 550 |
| 聚乙烯 | 342 | 乙烯丙烯共聚物 | 454 |

表9.3.3-3 过火时钢构件表面最高温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 烧损状况 | | 构件表面最高温度（℃） |
| 一般油漆 | 防锈油漆 |
| 表面附着黑烟 | 完好 | <100 |
| 有裂缝和脱皮 | 完好 | 100～300 |
| 变黑、脱落 | 变色 | 300～600 |
| 烧光 | 烧光 | >600 |

【条文说明】：

本条规定了火灾后工程结构火作用调查与分析的主要内容，针对具体项目，可根据火场残留物、结构构件现状、火灾规模、燃烧和灭火信息掌握情况等，在满足结构鉴定评估要求条件下，简化有关内容。

火灾影响区域调查是火灾鉴定中必须确定的，所谓火灾影响区域，是指火场区域、高温烟气弥漫区域和不可忽略的温度应力作用区域的总称。可能发生的火灾损坏（包括：高温灼烤所致的结构材料劣化损坏和温度应力所致的结构或构件变形开裂损坏）均应分布在火灾影响区域范围内。

火场温度过程及温度分布，是指随着火灾引燃、蔓延、熄灭的过程所发生的温度升降变化过程和结构表面受热温度的宏观分布。当需要进一步分析结构温度应力或变形的传播规律特点时，应调查火场温度过程，火场温度过程可根据火灾荷载、可燃物特性、受火构件的热传导特性、通风条件及灭火过程等按燃烧规律推断；必要时可采用模拟燃烧试验确定。火灾温度判断是为了宏观上判定不同区域结构相对的烧灼损伤程度。

对于钢结构构件表面曾经达到的最高温度，可结合表面油漆的烧损程度按本规程表9.3.3-3分析推断

* + 1. 火灾后钢结构构件现状检测内容应包括构件及连接的外观变形损伤、结构构件材料性能劣化和涂装与防火保护层破坏。
    2. 构件及连接的外观变形损伤检测应符合下列规定：

**1** 检测并复核火灾影响区域支座节点及结构其他特征点的相对位置，检查结构的整体变形状况；

**2** 对直接遭受火焰或高温烟气作用的构件及节点，应全数检查其烧灼变形损伤程度；一般构件可采用外观目测、尺量、锤击回声等方法检查、大型构件宜采用仪器观测；

**3** 对承受温度应力作用的结构构件及连接节点，应检查结构构件及连接节点的变形、裂损状况，对于不便观察或仅通过观察难以发现问题的结构构件，可辅以温度应力分析判断。

* + 1. 结构构件材料性能劣化检测应符合下列规定：

**1** 火灾后结构材料的性能可能发生明显改变时，应通过抽样检验或模拟试验确定材料性能指标，检验的力学性能指标应包括屈服强度和极限强度、延伸率、冲击韧性和弹性模量；

**2** 现场取样应避开构件的主要受力位置和截面最大应力处，并对取样部位进行补强。

**3** 对特殊重要结构取样受限时，受火构件的材料强度与冲击韧性，可通过同种钢材加温冷却试验确定。钢材试样的升降温过程应与构件在火灾中所经历的升降温过程相同，并且冷却方式应能反映实际火灾中的情况。

4 当能确定钢结构构件表面温度时，高温过火冷却后结构钢的屈服强度，高强度螺栓、焊缝的强度折减系数可按表9.3.6-1～9.3.6-4确定。

表9.3.6-1 结构钢高温冷却后的屈服强度折减系数

|  |  |
| --- | --- |
| 构件表面最高温度（℃） | Q235钢、Q345钢 |
| 常温 | 1.00 |
| 200 | 1.00 |
| 300 | 1.00 |
| 400 | 0.96 |
| 500 | 0.94 |
| 600 | 0.93 |
| 700 | 0.90 |
| 800 | 0.85 |
| 900 | 0.82 |

表9.3.6-2 高强度螺栓高温冷却后的屈服强度折减系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 构件表面最高温度（℃） | 8.8s级螺栓 | 10.9s级螺栓 |
| ≤400 | 1.00 | 1.00 |
| 500 | 0.98 | 0.85 |
| 550 | 0.94 | 0.79 |
| 600 | 0.87 | 0.72 |
| 700 | 0.63 | 0.58 |
| 800 | 0.31 | 0.50 |

表9.3.6-3 焊缝高温冷却后的强度折减系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 构件表面最高温度（℃） | 对接焊缝抗拉强度 | 正面角焊缝抗剪强度 | 侧面角焊缝抗剪强度 |
| ≤400 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 450 | 0.97 | 0.95 | 0.96 |
| 500 | 0.93 | 0.90 | 0.92 |
| 600 | 0.87 | 0.80 | 0.83 |
| 700 | 0.80 | 0.70 | 0.75 |
| 800 | 0.80 | 0.70 | 0.75 |
| 900 | 0.80 | 0.70 | 0.75 |

表9.3.6-4 高温冷却后高强度螺栓预拉力的折减系数

|  |  |
| --- | --- |
| 构件表面最高温度（℃） | 折减系数 |
| 20 | 1.00 |
| 200 | 1.00 |
| 300 | 1.00 |
| 350 | 0.80 |
| 400 | 0.60 |
| 450 | 0.40 |
| 500 | 0.20 |
| 600 | 0.15 |
| 700 | 0.10 |

【条文说明】：

本条是对结构材料性能检验的一般规定。结构材料性能的取样检验，一般采取对比试验法，即分别在受损程度不同的部位和未受损部位取样，进行对比试验，以确定火作用的影响程度。

一般地，受火构件的材料特性宜采用现场取样试验测定，取样过程中保证现场安全。当现场不易取样或现场取样对构件有较大的损害时，可采用同种钢材加温冷却试验确定。采用同种钢材加温冷却试验来确定受力构件的材料强度与冲击韧性时，钢材的最高温度应与构件在火灾中所经历的最高温度相同，并且冷却方式应能反映实际火灾中的情况（泼水冷却或是空气冷却）。

* + 1. 涂装与防火保护层检测应符合下列规定：

**1** 涂装与防火保护层检测的内容应包括防腐涂层炭化、剥落，防火涂层开裂、剥落、发泡及防火设施破损；

**2** 涂装与防火保护层检测的方法可包括锤击回声、缠到刮除、砂纸打磨等；

* + 1. 火灾后钢结构分析与校核应符合下列规定：

**1** 结构分析与构件校核所采用的计算模型应符合火灾后结构的实际受力和构造状况；

**2** 结构内力分析计算模型在下列情况下，可根据结构概念和结构鉴定的需要进行合理的简化；

**1）**局部火灾未造成整体结构明显变位、损伤时，可仅考虑局部作用。

**2）**支座没有明显变位的板、梁、框架等连续结构可不计入支座变位的影响。

**3** 火灾后构件抗力的校核计算时，应考虑火灾作用对结构材料性能、结构受力性能的不利影响。

* + 1. 火灾后结构分析计算模型应计入下列火灾作用对结构受力性能的不利影响：

**1** 构件的局部屈曲或扭曲对结构承载力和刚度产生的不利影响；

**2** 焊缝连接的残余应力、高强螺栓应力损失、螺栓或铆钉松动、连接板变形等对节点连接约束的不利影响；

**3** 结构几何形状变化、结构位移、构件的变形等对结构刚度产生的不利影响。

【条文说明】：

火灾后结构分析与构件校核所采用的分析方法，应符合国家现行设计标准的规定，例如《钢结构设计标准》GB 50017等。对于受力复杂或国家现行设计标准没有明确规定时，可根据国家现行设计标准规定的原则进行分析验算。计算分析模型应符合结构的实际受力和构造状况。火灾后结构分析计算模型尚应考虑火灾作用对结构受力性能的不利影响，由于节点连接烧损变形等损伤的存在，会导致结构承载力和刚度降低，对节点连接的约束也会有不利影响。

* + 1. 火灾后钢结构鉴定应分为初步鉴定和详细鉴定两阶段。初步鉴定应以构件的宏观检查评估为主，详细鉴定应以安全性分析为主。当仅需鉴定火灾影响范围及程度时，可仅做初步鉴定。

【条文说明】：

火灾后钢结构的鉴定分为初步鉴定和详细鉴定两个阶段，两者深度不同，初步鉴定以构件的宏观检查评估为主，是对钢构件火灾损伤和使用状态的整体把握；详细鉴定以安全性分析为主，是在初步鉴定的基础上进行定量承载力验算分析评定。实际鉴定中，应将两级鉴定评级要求紧密结合，使火灾后结构宏观损伤与剩余承载力两组鉴定内容相互校核。

* + 1. 初步鉴定应根据结构构件损伤特征进行结构构件的鉴定评级，对于不需要进行详细鉴定的结构构件，可根据初步鉴定结果直接编制鉴定报告。初步鉴定评定等级及应对措施应符合表9.3.11的规定。

表9.3.11 构件的初步鉴定评定等级及应对措施

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 应对措施 |
| Ⅰ级 | 未遭受烧灼作用，未发现火灾及高温造成的损伤，构件材料、性能及安全状况未受到火灾影响 | 不必采取措施 |
| Ⅱa级 | 轻微烧灼，未发现火灾及高温造成的损伤，构件材料、性能及安全状况受火灾影响不大 | 可不采取措施或仅采取提高耐久性的的措施 |
| Ⅱb级 | 轻度烧灼，构件材料及性能受到轻度影响，火灾尚不明显影响构件安全 | 应采取提高耐久性或局部处理和外观修复措施 |
| Ⅲ级 | 中度烧灼，构件材料及性能受到明显影响，火灾明显影响构件安全 | 应采取加固或局部更换措施 |
| Ⅳ级 | 严重烧灼或破坏，结构倒塌或构件塌落，结构构件承载能力丧失或大部分丧失，危及结构安全 | 必须立即进行安全防护，并采取彻底加固、更换或拆除的措施 |

* + 1. 火灾后钢结构构件的初步鉴定评级应符合下列规定：

1 火灾后钢结构构件的初步鉴定评级应按表9.3.12进行评定，并取各项所评定的损伤等级中的最严重级别作为构件初步鉴定等级。

2 当钢构件未遭受烧灼作用，未发现火灾及高温造成的损伤，构件材料、性能及安全状况未受到火灾影响，钢构件初步鉴定等级应评为Ⅰ级。

3 当钢结构构件出现严重烧灼损坏、出现过大的整体变形、严重残余变形、开裂或断裂、局部屈曲、扭曲或部分焊缝撕裂、连接大面积损坏、螺栓烧损或断裂脱落等导致承载力丧失或大部分丧失时，初步鉴定等级应评为Ⅳ级。

表9.3.12 火灾后钢结构构件的初步鉴定评级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评级项目 | | 各损伤等级状态特征 | | |
| Ⅱa | Ⅱb | Ⅲ |
| 涂装与防火保护层 | | 基本完好无损；防火保护层有细微裂纹且无脱落 | 防腐涂装完好；防火涂装或防火保护层开裂但无脱落 | 防腐涂装碳化；防火涂装或防火保护层局部范围脱落 |
| 局部变形 | | 无 | 有局部残余变形、轻度局部屈曲或扭曲，对承载力无明显影响 | 主要受力截面有局部屈曲或扭曲，对承载力有一定影响；非主要受力截面有明显局部屈曲或扭曲；局部残余变形对承载力有一定影响 |
| 整体变形 | | 未见明显变形，且变形不大于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017规定的变形允许值 | 未见明显变形，且变形不大于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017规定的变形允许值 | 可见明显变形，但变形不大于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017规定的变形允许值的2倍 |
| 连接损伤情况 | 连接板残余变形与撕裂 | 无 | 轻度残余变形，对承载力无明显影响 | 主要受力节点板有一定的变形，或节点加劲肋有较明显的变形 |
| 焊缝撕裂与螺栓滑移及变形断裂 | 无 | 个别连接螺栓松动 | 螺栓松动，有滑移；受拉区连接板之间脱开，个别焊缝撕裂 |

注：对于格构式钢构件，还应按本表对缀板、缀条与格构分肢之间的焊缝连接、螺栓连接进行评级。

【条文说明】：

火灾后钢构件的初步鉴定评级主要根据火灾后比较容易观测的宏观现象，例如构件涂装及防火层受损、构件开裂、局部变形、整体变形、连接损坏等，初步判断哪些构件明显损坏（Ⅳ级），哪些构件火灾后损伤较小（Ⅱa级）。对于Ⅳ级构件一般情况下，无须再进行进一步检测，从而大大减少详细鉴定的构件数量。

* + 1. 详细鉴定评级应根据检测、受火后结构分析计算和构件校核分析结果，按国家现行有关标准规定进行钢构件的安全性鉴定评级或可靠性鉴定评级。钢构件详细鉴定等级按表9.3.13的规定评定。

表9.3.13 构件的详细鉴定评定等级及应对措施

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 分级标准 | 应对措施 |
| a级 | 未受到火灾影响且符合国家现行标准安全性要求，安全，可正常使用 | 不必采取措施 |
| b级 | 受火灾影响，或略低于国家现行标准安全性要求，不影响安全，可正常使用 | 宜采取适当措施 |
| c级 | 不符合国家现行标准安全性要求，影响安全和正常使用 | 应采取措施 |
| d级 | 极不符合国家现行标准安全性要求，严重影响安全 | 必须立即加固、更换或拆除 |

* + 1. 火灾后钢结构构件详细鉴定应符合下列规定：

1 火灾后钢结构构件详细鉴定应按承载能力、构造连接两个项目分别评定等级，并应计入火灾后材料的实际性能和结构构造以及火灾造成的变形和损伤的不利影响，取其中较低等级作为构件的详细鉴定等级。

2 火灾后结构构件承载能力、构造连接评级按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144的规定进行。

3 对初步鉴定等级为Ⅳ级的钢构件，详细鉴定应直接评为d级。

4 对于无冲击韧性要求的钢构件，可按承载力评定等级。对于有冲击韧性要求的钢构件，当构件受火后材料的冲击韧性不满足原设计要求，且冲击韧性等级相差一级时，构件承载能力应评为c级；当其冲击韧性等级相差两级或两级以上时，构件的承载能力应评为d级。评定为b级的重要构件宜采取加固处理措施。

## 钢结构工作状况监测与鉴定

* + 1. 工业钢结构工作状况监测应包括实时状态监测和状态参数监测两种类型。监测内容应包括结构倾斜及沉降监测、关键部位的应力应变监测、变形监测、裂缝及锈蚀状况监测、结构或构件动态性能监测、结构周边环境监测或结构检测鉴定需要的其他参数监测等。

【条文说明】：本条给出了工业钢结构的两种监测类型和具体的监测内容。

* + 1. 监测参数可分为环境荷载作用参数与结构响应参数，应依据监测目的、结构控制要求与可测性选择。当监测参数直接测试有困难时，可选择与目标参数有确定关系的间接量值作为监测参数。

【条文说明】：随着监测技术的发展，钢结构监测主要用于结构施工质量监控和结构可靠性（安全性、耐久性与适用性）状态监测。对结构可靠性监测，监测参数可分为环境荷载作用参数与结构响应参数。

间接监测参数与结构控制参数之间应有确定的物理或几何换算关系；为便于应用监测数据判断结构状态和验算分析结构的安全性，规定了监测参数尽可能与结构设计、验算使用的参数一致。

* + 1. 环境与荷载作用参数宜选择与相应荷载规范一致的特征代表值，也可选择可测且能反映其分布的特征值。

【条文说明】：环境与荷载监测参数应根据监测期内工程实际情况和监测目的选择，监测参数应考虑参数的分布特征，测点布置宜选择其分布特征控制点值为监测参数。为便于应用监测数据判断结构状态和验算分析结构的安全性，规定了环境与荷载监测参数及测点布置应尽量与相应结构荷载规范取值一致，或通过监测参数直接换算可获得与荷载规范一致的数据。

* + 1. 结构响应监测参数可按下列原则选择：

**1**  结构响应监测参数和数量应依据监测目的、设计要求和结构安全控制需要，在对结构进行监测期间各荷载工况作用下的响应计算分析基础上综合确定。

**2** 结构整体变形宜选择位移、倾斜、支座滑移为监测参数；构件变形宜根据变形特征选择截面位移和转角为监测参数；

**3** 应力监测应按照构件应力状态与应力-应变关系选择相应的应变为监测参数，内力监测应根据构件截面形状与变形模式选择特征点应变作为监测参数，索力监测应根据条件选择索振动频率、索应变、索端压力环应变作为监测参数；

**4** 结构动态监测可选择动态（模态）特征点的加速度、速度、动位移、动应变为参数。

* + 1. 当存在下列情况之一时，应根据结构状况和生产使用要求等进行工业钢结构工作状况监测：

**1** 基础沉降或结构变形不稳定且变化趋势不明确。

**2** 结构荷载与受力状态复杂，在一般检测鉴定期间无法确定结构安全性和正常使用性评定所需要的参数范围与变化规律。

**3** 为保障结构安全和使用要求，需要对结构关键部位的工作状态进行实时监控，或需要根据监测数据对结构进行维护、处理等。

【条文说明】：本条给出了工业钢结构应进行工作状态监测的情况。

* + 1. 工业钢结构工作状况监测应按下列要求制定监测方案：

**1** 根据结构特点和检测鉴定需要，选择确定监测参数、监测点数量、监测位置与监测时间。

**2** 根据结构的作用特性、对可能出现的受力与变形状态进行结构分析。需要时，宜按本规程第6.1节规定的评级标准，确定结构安全性和使用性级别所对应的监测数据范围和预警值。

**3** 根据监测量可能的变化或实时监测要求、监测时间等选择合适的监测传感系统。监测系统使用的传感器和仪器在使用温度范围、抗干扰性能等应具有良好的长期稳定性，其测量精度、量程、采样频率应满足监测量的变化频率和范围要求，安装使用按国家现行有关标准执行。

**4** 对结构工作状况进行实时监控时，其监测系统、软件应具有实时状态数据显示、历史数据自动存储和预警的功能。

【条文说明】：监测方案是监测工作的重要技术依据，监测方案应包括的内容和涵盖事项应为监测工作的实施和结果做充分准备。

* + 1. 监测系统安装完毕后，应对监测网络系统与监测软件的工作性能和稳定性进行调试，系统的调试运行时间一般不少于2个额定生产工作日与监测时间10％的较小者。

【条文说明】：结合现场实际监测经验，本条给出了监测系统的调试准备和技术要求。

* + 1. 需要利用监测数据对工业钢结构的安全性与使用性进行评定时，应根据监测数据按本标准第5章的规定进行结构分析与校核，并按下列规定进行评定：

**1** 监测数据宜作为标准荷载作用效应，在计入监测前已有作用效应后，应按被监测结构可靠度水平要求和实际监测工况的涵盖范围，对监测数据进行组合调整；

**2** 当仅对结构进行专门监测评定而未做常规评定时，其评定结果即为所监测结构的安全性等级和使用性等级，且宜符合下列规定：

1）当对结构工作状态进行实时监测时，监测系统宜实时给出监测评定结果。

2）当结构上的作用具有明显的周期性时，应通过一个作用周期和不同周期间的监测数据及其变化对结构进行评定。

3）对不具有周期性作用的结构进行监测评定时，宜根据监测数据的变化速率及其极值对结构进行评定。

**3** 当监测数据参与结构的常规评定时，可将组合调整后的监测数据参与本规程第6章的安全性与使用性等级评定。

【条文说明】：将监测数据转化为标准荷载，能够将数据结果充分考虑到分析与校核当中。在进行结构分析与校核时，为确保分析条件与实际情况相符，保证校核结果的准确性，应充分考虑监测数据对结构产生的影响。通过合理、正确的方式监测到的明显异常的数据，将其作为标准荷载考虑到分析模型中，会影响构件或结构的承载能力或正常使用。如果监测得到的数据无法以荷载等形式在结构分析模型中具体考虑时，可根据监测结果（直接结果或通过有确定关系的换算值）与相关标准规范中的限值相比较，从而直接评定构件的安全性或使用性等级。监测结果作为安全性和使用性等级评定时，应按本条给出的原则和方法进行。

## 钢结构耐久性检测与鉴定

* + 1. 工业钢结构耐久性评定应以判定结构相应的剩余耐久年限与目标工作年限之间的关系为目的。

【条文说明】：剩余耐久年限为在正常使用和正常维护条件下，既有结构达到耐久性极限状态限值或标志的年数。由于环境侵蚀、材料劣化及使用不当，大量既有钢结构产生损伤及耐久性能下降，不能满足结构的安全与正常使用功能的要求。为保证既有钢结构在目标工作年限内的安全和正常使用，需要进行耐久性评定，判定结构相应的耐久年限是否满足可靠性鉴定的目标工作年限的要求。

* + 1. 工业钢结构在出现下列情况时，可进行耐久性专项鉴定：

1 达到设计工作年限，拟继续使用时；

2 使用功能或环境发生明显改变时；

3 已出现明显防腐涂层开裂和脱落、基材锈蚀等耐久性损伤时；

4 附加防护措施破坏或失效时；

5 其他需要进行耐久性评定的状况。

* + 1. 既有钢结构涂层宜以出现下列现象之一作为达到耐久性极限状态的标志：

**1** 构件出现明显锈蚀迹象；

**2** 防腐涂层局部或整体失效；

**3** 构件出现应力腐蚀裂纹；

**4** 特殊防腐保护措施失去作用。

【条文说明】：

根据《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018的规定,钢结构出现下列现象之一作为达到耐久性极限状态的标志：

（1）构件出现锈蚀迹象；

（2）防腐涂层丧失作用；

（3）构件出现应力腐蚀裂纹；

（4）特殊防腐保护措施失去作用。

对应于四种极限状态现象标志，本标准规定了既有钢结构耐久性极限状态：

1、构件出现锈蚀迹象即基材耐久性极限状态，考虑到与可靠性、安全性鉴定的界限：

（1）对于普通钢结构或冷弯薄壁钢，结构构件出现明显锈蚀，若是均匀腐蚀，则截面损失率不超过5%；若是点蚀，则截面承载性能损失率不超过5%。

（2）对于压型钢板，板面出现点状或普遍锈蚀，功能明显减弱，腐蚀面积不大于1%（附录C），未出现锈穿现象。

（3）对于高应力钢构件，考虑其钢材塑性性能较差且应力水平高，出现腐蚀时呈现脆性破坏特征，且破坏危害更大，截面损失率不超过1%。

（4）对于承受动力荷载的钢结构，考虑到腐蚀后疲劳新能退化严重，疲劳开裂乃至断裂呈现脆性破坏特征，截面损失率不超过1%。

2、防腐涂层局部或整体失效即防腐涂层耐久性极限状态，表观现象是防腐涂层局部或整体已出现开裂、脱落等损坏现象，丧失对基材的保护功能，基材出现锈蚀迹象。

3、应力腐蚀是指在拉应力作用下，金属在腐蚀介质中引起的破坏。这种腐蚀一般均穿过晶粒，即所谓穿晶腐蚀。应力腐蚀由残余或外加应力导致的应变和腐蚀联合作用产生的材料破坏过程。应力腐蚀导致材料的断裂称为应力腐蚀断裂，属于脆性断裂。

对于一般环境的钢结构而言，极少出现应力腐蚀开裂；恶劣环境（海洋环境或典型工业环境等）下，应力腐蚀会发生，且危害较大；对于恶劣环境中的拉应力较大构件，应关注肉眼可见的应力腐蚀裂纹，如果出现，即认为达到极限状态。

4、在恶劣环境下工作的钢结构，仅靠防腐涂层无法实现有效保护，或者有效保护时间会非常短，因此恶劣环境下一般会采用特殊防腐措施如阴极保护等；考虑到没有特殊保护措施的钢结构在恶劣环境下腐蚀速率会非常快，如果特殊保护措施失去作用（如牺牲阳极保护中阳极消耗殆尽等）即认为达到极限状态。

* + 1. 钢结构耐久性现场检测应包括下列内容:

**1** 确定钢结构主体已出现耐久性极限状态标志的构件和连接;

**2** 测定钢材腐蚀损伤程度、腐蚀速度;

**3** 确定环境侵蚀性的变动情况。

* + 1. 钢结构防腐涂层检测应包括涂层厚度、涂层附着力、外观损伤。应符合现行国家标准《建筑防腐蚀工程质量检验评定标准》GB 50224的规定。

【条文说明】：

防腐涂层是钢结构耐久性的保障，其保护性能与涂层厚度、附着力等自身特性以及损伤状况直接相关；因此防腐涂层的耐久性检测主要包括涂层厚度、涂层附着力、外观损伤等。

涂层厚度按照现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》（GB/T 50621）、《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》（GB/T 13452.2）、《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》（GB/T 11374）的有关规定进行检测。

涂层附着力按照按现行国家标准《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210、《色漆和清漆 漆膜得划格试验》GB/T 9286、《热喷涂 金属和其他无极覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793的有关规定进行检测。

外观损伤包括起泡、开裂、剥落、划线和人造缺陷等。

* + 1. 特殊附加防腐措施应照现行国家标准《阴极保护技术条件》GB/T 33378、《埋地接地体阴极保护技术》GB/T 37575等有关规定进行检测，并根据检测结果判断特殊附加防腐措施工作状态。
    2. 钢构件腐蚀检测的内容应包括腐蚀损伤程度、腐蚀速度。构件腐蚀的检测应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144-2019附录C有关规定执行。
    3. 对于已经出现耐久性极限标志的构件或连接，应进行构件安全性评定和使用性评定，在评定时应考虑不可恢复性损伤对安全性和使用性的实际影响。

【条文说明】：

出现耐久性极限状态标志的构件，无需推定耐久年限，没有剩余使用年限可言，但要进行安全性和适用性的评定。例如，钢结构出现锈蚀，在计算构件承载力时，应采用锈蚀后的截面面积和力学性能指标计算构件的承载力。

* + 1. 钢结构安全性和使用性评定可按本规程第6章、第7章相关规定进行评定，或按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144的有关规定评定。
    2. 对于未出现耐久性极限状态标志和未达到限值的构件和连接，可推定剩余耐久年限。
    3. 对于均匀腐蚀，且后续目标工作年限内使用环境基本保持不变的情况下，构件的剩余耐久年限Y可根据公式9.5.11推算。

 (9.5.11)

式中：*γ*——构件重要性系数

*Y*——钢结构自然腐蚀剩余耐久年限；

*t*——剩余腐蚀牺牲层厚度（mm），按设计规定或结构承载能力评定分析允许的腐蚀牺牲层厚度减去已经腐蚀厚度计算；

——钢结构腐蚀系数，年腐蚀量为0.01mm—0.05mm时取1.0，小于0.01mm时取1.2，大于0.05mm时取0.8；

——以前的年腐蚀速度（mm/a）。

* + 1. 对于碳钢在不同腐蚀种类的腐蚀速度可按表9.5.12单位面积上耐久性和厚度损失确定。

表9.5.12 大气腐蚀种类、作用等级与典型环境

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 腐蚀种类 | 单位面积上耐久性和厚度损失  （经第1年暴露后） | | | | 温性气候下的典型环境案例 | |
| 低碳钢 | | 锌 | | 外部 | 内部 |
| 耐久性  损失  /g·m-2 | 厚度  损失  /um | 耐久性  损失  /g·m-2 | 厚度  损失  /um |
| C1  很低 | ≤10 | ≤1.3 | ≤0.7 | ≤0.1 | / | 加热/取暖的建筑物内部，空气洁净，如办公室、商店、学校和宾馆等 |
| C2  低 | 10～200 | 1.3～25 | 0.7～5 | 0.1～0.7 | 低污染水平的大气，大部分是乡村地带 | 冷凝有可能发生的未加热的建筑（如库房，体育馆等） |
| C3  中等 | 200～400 | 25～50 | 5～15 | 0.7～2.1 | 城市和工业大气，中等的二氧化硫污染及低盐度沿海区域 | 高湿度和有些空气污染的生产厂房内，如食品加工厂、洗衣场、酒厂、乳制品工厂等 |
| C4  高 | 400～650 | 50～80 | 15～30 | 2.1～4.2 | 中等含盐度的工业区和沿海区域 | 化工厂、游泳池、沿海船舶和造船厂等 |
| C5  很高 | 650～1500 | 80～200 | 30～60 | 4.2～8.4 | 高湿度和恶劣大气的工业区域和高含盐度的沿海区域 | 冷凝和高污染持续发生和存在的建筑和区域 |
| CX  极端 | 1500～5500 | 200～700 | 60～180 | 8.4～25 | 具有高含盐度的海上区域以及具有极高湿度和侵蚀性大气的热带亚热带工业区域 | 具有极高湿度和侵蚀性大气的工业区域 |

* + 1. 对于钢结构主体结构已经出现耐久性极限标志的构件或连接和钢结构耐久性剩余使用年限小于目标使用年限的结构构件或连接，应提出适宜的维护处理建议。

## 金属围护系统的检测与鉴定

* + 1. 金属围护系统在下列情况下，宜进行专项检测鉴定：

1 进行维修改造有专门要求时；

2 存在局部损伤影响其正常使用时；

3 对金属板的完好性和耐久性存在疑问或需要治理时；

4 支承结构构件、连接等受到一般腐蚀、损伤或存在其他问题时；

5 规范发生重大调整，对安全性不利时；

6 存在明显的振动影响时；

【条文说明】：

我国建筑金属围护结构在建筑中的应用，速度之快，规模之大，在我国建筑史上是空前的。如应用在民用建筑、工业建筑、大型公共建筑、构筑物围护系统、大型设备围护系统、金属板幕墙等，涉及的领域有冶金、航空、交通、煤炭、石油、石化、电力等各个行业。但是，近些年已经发现金属围护结构质量、安全状况堪忧！全国范围内，每年都发生多起金属围护被大风撕裂或吹落、大雪压塌、渗漏等事故，部分还造成了人员伤亡和财产损失，严重影响了建筑的正常使用和耐久性，带来了严重的社会影响和不良后果。

对于建筑金属围护系统而言，大多时候的损伤甚至破坏可能都是局部性的，尚可能不至于影响到结构整体的安全性。但是，由其产生的次生灾害可能是巨大的。如某高铁站棚屋面在台风作用下面板脱落，面板飞落到高铁高压线上，使得高铁停运延误数小时，造成重大事故。首都机场T3航站楼数次在大风作用下屋面板掀落，造成航班延误，严重时可能撞毁飞机造成不可估量的严重后果和次生灾害。

本条列出了对金属围护系统有重大影响的情况，应对其进行专项检测鉴定。

* + 1. 金属围护系统检测范围应包括檩条、墙梁、压型金属板及其相应的连接。
    2. 金属围护系统现场检测宜包括下列主要内容：

1 檩条、墙梁的几何尺寸、制作安装偏差、变形、涂层或镀层、腐蚀及损伤；

2 檩条、墙梁连接节点的构造、尺寸、变形、腐蚀及损伤；

3 压型金属板的材质、几何尺寸、制作安装偏差、涂层或镀层、腐蚀及损伤；

4 压型金属板连接节点的构造、尺寸、变形、腐蚀及损伤；

* + 1. 金属围护系统的腐蚀、缺陷、损伤、变形可通过目视或借助简单工具进行全数检查。当现场没有条件进行全数检查时，可按检验批进行抽样检查，检验批的最小样本容量应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的中的有关规定。
    2. 下列部位的压型金属板构件宜加强检查：

**1** 腐蚀介质排放源附近的压型金属板；

**2** 长期潮湿或干湿交替的积灰屋面，特别是靠近高跨墙面、或靠近天窗侧墙面部位的压型金属板；

**3** 在屋面上行走时，发出异响、明显错动或下沉现象范围内的固定支架和紧固件；

**4** 与采光板连接部位、檐口连接部位。

【条文说明】：

本条列举的调查部位是工业建筑金属压型屋面板最容易出现腐蚀或连接缺陷的部位，且是事故易发部位，需加强调查。对于本条中所述屋面积灰部位，须局部清灰进一步调查确认。

* + 1. 涂层或镀层检测的内容应包括厚度、性能、漆膜损伤等项目。

**1** 涂层厚度的检测可采用千分尺法、磁性测厚仪法、磁性-涡流测厚仪法。镀层厚度的检测可采用磁性测厚仪法、磁性-涡流测厚仪法。检测仪器与检测方法应符合现行国家标准《彩色涂层钢板及钢带试验方法》GB/T 13448中有关规定。

**2** 涂层性能的检测应符合现行国家标准《彩色涂层钢板及钢带试验方法》GB/T 13448中有关规定。涂层性能检测的项目应根据实际情况由检测方与委托方共同确定。

**3** 当委托方要求时，可对涂层漆膜损伤情况进行取样送检，检测仪器与检测方法应符合现行国家标准《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》GB/T 1766中的有关规定。

【条文说明】：

采用千分尺法、磁性测厚仪法检测时，需要采用溶剂或脱漆剂去除涂层。根据现场操作经验，使用丁酮作为溶剂并用百洁布擦拭可较快去除涂层。在擦拭时应注意避免损伤镀层。

磁性-涡流测厚仪同时结合了磁性测厚法与涡流测厚法，可在不去除涂层的情况下快速测定涂层与镀层厚度。

现行国家标准《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》GB/T 1766中规定了涂层漆膜损伤的检测仪器和检测方法，但现场测量还有难度，可以采用取样送检的方式进行，取样应选取外观损伤较为严重的区域。

* + 1. 采用超声波测厚法对在金属板基板厚度进行检测，当超声波测厚仪出现反射信号不足（无读数或读数异常）时，宜对该区域压型金属板进行取样检测，取样检测应符合下列规定：

**1** 取样的位置宜根据超声波测厚法的检测结果确定，反射信号不足的区段取样不少于3处；

**2** 对于波高大于50mm的高波形压型金属板，在压型金属板腹板中间位置处取样，取样后应对孔洞进行修补；

**3** 对于波高小于或等于50mm的低波形压型金属板，在压型板翼缘、腹板位置处取样，取样后应对孔洞进行修补；

**4** 清除取样构件表面积灰、油污、锈皮后，用尖头千分尺测量样品厚度，每试样测点不少于20个，取测得厚度平均值作为该样品厚度。

【条文说明】：

样品的测量厚度与超声波测厚仪的测量结果进行比，可用于超声波测厚仪测量结果的修正。

* + 1. 金属围护系统结构分析与校核时，雪荷载及风荷载作用标准值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《门式钢架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022及《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的规定，并计入积雪、积灰荷载堆积的影响；确有必要时，应由风洞试验确定压型钢板的风荷载作用标准值。
    2. 当出现下列情况时，应计入可变荷载的不利影响：

1 易出现较大降雪地区应计入雪荷载的局部堆积及滑落的影响；

2 排水不畅或失效时造成的积水、结冰荷载；

3 易出现大风天气地区应计入大风对边角或悬挑等不利部位的作用，并考虑主导风向以及周边环境的影响；

4 积灰严重的建（构）筑物屋面应计入积灰荷载及局部堆积的影响；

5 外形复杂、长度较长的屋面应计入温度作用的影响。

* + 1. 扣合型及咬合型金属板与固定支座的受拉连接强度宜根据抗风性能试验或现场拉拔试验综合确定，现场拉拔试验方法应符合现行国家标准《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422的要求。

【条文说明】：

扣合型及咬合型金属板用固定支架连接，固定支架和压型金属屋面板的连接强度受材料性质及连接构造等多种因素影响，目前尚无精确的计算理论，需根据抗风性能试验和现场拉拔试验综合确定。

* + 1. 金属围护系统构件和连接的安全性等级应按构件和连接承载能力、腐蚀程度和构件的变形等项目分别评定，并取其中的最低等级作为安全性等级。
    2. 构件和连接的承载能力项目应按表9.6.12评定等级。

表9.6.12 构件承载能力评定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 构件名称 |  | | | |
| *a*u | *b*u | *c*u | *d*u |
| 构件及连接 | ≥1.00 | ＜1.00  ≥0.92 | ＜0.92  ≥0.87 | ＜0.87 |

注：1表中*R*表示构件的抗力，*S*表示构件的作用效应组合，为现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068中规定的结构重要性系数；

2当结构构造和施工质量满足国家现行规范要求，或虽不满足要求，但在确定抗力和荷载作用效应已考虑了这种不利因素时，可按表中规定评级，否则不应按表中数值评级，可根据经验按照对承载能力项目的影响程度，评为*b*u级、*c*u级或*d*u级；

3当构件及连接存在裂纹、断裂、破损时，应直接评为*c*u级或*d*u级；

4当连接件存在松动、脱落时，应直接评为*c*u级或*d*u级；

5 当现场拉拔试验或抗风揭试验确定构件间的连接性能不合格时，应直接评为*c*u级或*d*u级。

【条文说明】：

腐蚀后压型板拉伸试验结果表明：腐蚀程度达到20%时，其断后伸长率已不能满足《建筑用压型钢板》GB/T 12755中有关压型板力学性能的规定。

* + 1. 构件和连接的腐蚀程度应按下列规定评定：

**1** 当构件和连接平均腐蚀深度小于未腐蚀部位厚度的15%，按剩余厚度计算其承载力，并按第9.6.12条的规定进行安全性评级；

**2** 当构件和连接平均腐蚀深度达到未腐蚀部位厚度的15%或存在局部锈穿现象时，应直接评为d级；

**3** 连接件及连接出现较深腐蚀产物或锈断时，应直接评为d级。

* + 1. 构件和连接的变形项目应按下列规定评定：

**1** 构件和连接的挠度与跨度之比应按表9.6.14的规定评定；

表9.6.14 构件变形项目评定等级

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评定等级 | a | b | c或d |
| 挠度与跨度之比 | <1/150 | ≥1/150，且≤1/100 | >1/100 |

注：表中评定结果为c级或d级，可根据其实际严重程度确定。

**2** 连接件存在弯折、扭转等较大变形时，应直接评为c级或d级。

* + 1. 金属围护系统构件及连接的使用性等级，应按构件的腐蚀、缺陷、损伤、变形程度等项目分别评定，应按现行国家标准《建筑金属板围护系统检测鉴定及加固技术标准》GB/T 51422的规定评定，并取其中的最低等级作为使用性等级。

# 附录A Q235和Q345钢材牌号判别方法

## A.1 一般规定

**A.1.1** 本方法适用于建筑中H型钢、钢管等钢构件厚度大于12mm等构件，Q235和Q345的钢材牌号的初步判别。不适用于钢材表层与内部强度有明显差异或内部存在缺陷的钢材。

**A.1.2** 里氏硬度计宜采用数显式，尚应按国家现行行业标准《里氏硬度计检定规程》JG747的规定迸行检定或校准。里氏硬度计采用D型探头。

## A.2 检测要求

**A.2.1** 既有结构钢材里氏硬度的检测，应按批次进行抽检，同一检验批构件数量不应小于10个。

**A.2.2** 每个构件的测区应符合下列规定：

**1** 测区数量不应少于3个；

**2** 测区宜布置在里氏硬度计能垂直向下检测的钢材表面，也可布置在非垂直向下的钢材表面；

**3** 测区钢材的厚度不宜小于6mm，曲面构件测区的曲率半径不应小于30mm；

**4** 测区宜布置在测试时不产生颤振的部位，对于较薄H型钢可布置在翼缘上与腹板垂直的位置。

**A.2.3** 测区的处理应符合下列规定：

**1** 测区钢材表面应进行打磨处理，打磨可用钢锉或角磨机等设备去除各种涂层，并应用粗、细砂纸打磨全表面粗糙度*R*a的平均值不大于1.6μm；

**2** 每个测区打磨的区域不应小于30mm×60mm；

**3** 测区表面粗糙度的测试应符合下列规定；

1）表面粗糙度应用粗糙度测量仪量测；

2）测量不应少于5次，每次读数应精确至0.01μm。

**A.2.4** 里氏硬度的检测操作应符合下列规定：

**1** 在每个测区测试前，应在该仪器所带标准块上对里氏硬度计进行校准，校准时相邻两点读数差应小于12HL；

**2** 对于测区的硬度测试，应按所用仪器使用说明书的要求进行操作：

1）向下推动加载套或用其他方式锁住冲击体；

2）测试时冲击装置应紧压在测区的测点上，冲击方向应与测试面垂直。

**A.2.5** 测区内测点的布置应符合下列规定；

**1** 每一测区应布置9个测点；

**2** 测点应在测区范围内均匀分布；

**3** 测点之间的距离应大于4mm；

**4** 测点距试样边缘距离不应小于5mm。

**A.2.6** 测点的测试应符合下列规定：

**1** 同一测点只应测试一次；

2 每一测点的里氏硬度值应精确至1HL。

**A.2.7** 现场取样可采用烧割法和冷切割方法，取样位置和尺寸应符合《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975的规定，以保证能去除足够的试样进行规定的试样及必要的复验。

## A.3 硬度计算要求

**A.3.1** 测区里氏硬度的平均值，应从9个里氏硬度测试值中剔除2个最大值和2个最小值，余下的5个里氏硬度测试值应按下式计算平均值：

HLDm= （A.3.1）

式中 HLDm-测区里氏硬度的测试平均值，精确到1HL；

HLDi-测区余下5个测试值中第i个测点的里氏硬度值。

**A.3.2** 检测批硬度的平均值，按下式计算平均值；

HLD= （A.3.2）

式中 HLD-检验批里氏硬度的测试平均值，精确到1HL。

## A.4 钢材牌号判别方法

**A.4.1** 钢材牌号判别应符合下列规定：

|  |  |
| --- | --- |
| 条件 | 评定结果 |
| 图纸齐全，可获知原设计钢材牌号 | 若原设计为Q345，检验批里氏硬度平均值不小于419HL，评定为Q345 |
| 若原设计为Q345，检验批里氏硬度平均值小于419HL,应抽取3个试样进行拉伸试验，根据试验结果确定钢材牌号 |
| 若原设计为Q235，无需进行里氏硬度和钢材强度检验 |
| 图纸缺失无法获知原设计钢材牌号 | 若检验批里氏硬度平均值不小于419HLD，评定为Q345 |
| 若检验批里氏硬度平均值不大于394HLD，评定为Q235 |
| 若检验批里氏硬度平均值介于394HL和419HL之间，应抽取3个试样进行拉伸试验根据试验结果确定钢材牌号 |

【条文说明】应抽取3个试样进行拉伸试验（屈服强度、抗拉强度和伸长率）：

（1）当钢材的抗拉强度值大496MPa、屈服强度大于385MPa时，评定为Q345钢；

（2）当抗拉强度值小于503MPa 、屈服强度小于348MPa时，评定为Q235钢。

# 附录B 三维激光扫描与数字图像重建

## B.1 一般规定

**B.1.1** 在下列情况下，可采用非接触式的三维激光扫描或数字图像法对工业钢结构进行三维重建：

**1** 近距离接触式方法无法实现或检测存在安全隐患时；

**2** 采用人工检测效率低下时；

**3** 需连续大面积检测时；

**4** 其他检测方式难以实施时；

**5** 获取局部构件精确变形以进行仿真计算时；

**6** 当需留取工业钢结构建筑三维信息或表面形貌时。

**B.1.2** 复杂工业厂房环境宜综合采用三维激光扫描与数字图像法检测，点云模型可拼接，重点检测区域可提高点云密度。

**B.1.3** 三维激光扫描与数字图像法检测可结合无人机进行空地一体化检测。

【条文说明】高炉、热风炉、煤气柜、放散塔、纳斯气球罐、除尘器、通廊、钢烟囱等高耸钢结构宜采用基于无人机平台的三维激光扫描与数字图像法检测。

**B.1.4** 对存在变形缺陷构件三维重建有限元分析时，三维扫描或数字图像法获的点云应进行网格化，实测的变形值与实际值的误差不应大于±1%。

**B.1.5** 三维重建模型有限元分析时，当采用板壳单元时，宜选用三角形网格。采用实体单元时，宜选用四面体单元。

## B.2 三维激光扫描

**B.2.1** 三维激光扫描三维重建法适用于需要进行三维信息留取的工业钢结构。三维激光扫描三维重建法可测量结构或构件的总体变形和局部变形。

**B.2.2** 下列几种几何三维重建精度较差的环境宜采用三维激光扫描方法：

1 成像环境照度不高时；

2 室内局部环境等无法进行几何三维重建。

【条文说明】三维激光扫描不受限于有限空间，局部空间条件下，三维激光扫描方法更为适用。

**B.2.3** 三维激光扫描仪应均有校准证书，点云处理软件应进行校准。

**B.2.4** 三维激光扫描仪操作环境与技术要求应按现行团体标准《地面三维激光扫描工程应用技术规程》T/CECS790及《工程结构数字图像法检测技术规程》有关规定执行。

**B.2.3** 三维扫描宜采用架站式平台，扫描站布设应符合下列规定：

**1** 扫描站应设置在视野开阔、地面稳定的安全区域；

**2** 扫描站扫描范围应覆盖整个扫描目标物，均匀布设，且设站数目尽量减少；

**3** 目标物结构复杂、通视困难或线路有拐角的情况应适当增加扫描站；

**4** 扫描站布设并应满足相邻扫描站间有效点云的重叠度不低于30%，困难区域不低于15%的要求。

**B.2.4** 对带缺陷构件的三维激光扫描检测，可采用架站式的检测方法以提高精度。

**B.2.5** 标靶布设应符合下列规定：

**1** 标靶应在扫描范围内均匀布置且高低错落；

**2** 每一扫描站的标靶个数应不少于4个，相邻两扫描站的公共标靶个数应不少于3个；

**3** 明显特征点可作为标靶使用。

**B.2.6** 采用三维扫描仪分站扫描时，应保持统一的扫描分辨率和扫描精度，应根据远近不同的目标分开扫描，并根据远近设置相应扫描分辨率。

**B.2.7** 扫描作业时，应符合下列规定：

**1** 设有标靶的扫描站应进行标靶的识别与精确扫描；

**2** 扫描过程中出现断电、死机、仪器位置变动等异常情况时，应初始化扫描仪，重新扫描；

**3** 扫描作业结束后，应将扫描数据导入电脑，检查点云数据覆盖范围完整性、标靶数据完整性和可用性，对缺失和异常数据，应及时补扫。

**B.2.8** 三维模型制作应符合下列规定：

**1** 点云可根据数据规模、软硬件性能、精度要求等因素进行分割；

**2** 点云数据中存在脱离扫描目标物的异常点、孤立点时，应采用滤波或人机交互进行降噪处理；

**3** 可利用点云数据或已测平面图、立面图、剖面图进行交互式建模；

**4** 球面、弧面、柱面、平面等规则几何体应根据点云数据拟合模型；

**5** 对不规则模型应通过点云构建三角网模型，并应采用孔填充、边修补、简化、细化、光滑处理等方法优化三角网模型；

**6** 表面为光滑曲面的可采用曲面片划分、轮廓线探测编辑、曲面拟合等方法生成曲面模型。

## B.3 数字图像法

**B.3.1** 工业钢结构的表面锈蚀、裂缝、尺寸与变形、位移和应变场可采用数字图像法进行校检测和测量。

**B.3.2** 数字图像成像设备、三维重建软件、软件操作应进行自校，检测精度满足检测指标的精度要求。

**B.3.3** 数字图像法检测成像环境应符合下列要求：

**1** 拍摄时应选择光线柔和、亮度均匀的视觉场景，并应避免逆光拍摄；

**2** 检测目标成像环境照度不高时，可设置附加照明装置；附加照明装置应照度均匀、无反射、无阴影，且避免直射镜头；

**3** 检测目标表面反差小时，可采用向检测目标投影格网、斑点等方式增强表面反差；

**B.3.4** 对带缺陷构件的数字图像法检测，可采用手持式、架站式或无人机平台的检测方法。

**B.3.5** 拍摄站点布设应符合下列要求：

**1** 应保证检测精度和有效的摄影覆盖、避开屏障并避免出现盲区；

**2** 拍摄站点宜布设在稳固的地面或平台上，应尽量避免振动；

**3** 拍摄站点不固定、使用无人机平台、升降机或其它移动平台时，应保证拍摄相机稳定、减轻抖动；

**4** 相邻摄影站点之间的高程差，应小于摄影站点间距离的1/5；

**5** 测站间采集的图像重叠度不应低于60%。

**B.3.6** 数字图像应符合下列要求：

**1** 图像应真实地反映实际材质的图案、质感、颜色及透明度；

**2** 色调应均匀，灰度直方图应接近正态分布；

**3** 细节应清晰完整，无缝隙或错位，重叠区域应无明显色彩差异或模糊；

**4** 图像色彩可通过调整整体灰度，消除曝光过渡等方法，保持图像反差适中、色彩一致；

**5** 图像尺寸调整应包括裁剪与缩放调整，调整后图像参数文件应同步。

**B.3.7** 数字图像三维重建时应符合下列要求：

**1** 图像中存在异于检测目标的异常像素点或像素点集时，应采用滤波或人机交互方式进行降噪处理；

**2** 全景图像合成宜采用几何校正处理后的图像。

**3** 连续图像之间宜保证大于50%的重叠度。

**4** 对于表面特征不明显的构件或结构，可做适当表面处理以提高三维重建效果。

**5** 当图像自动匹配效果不佳时，可人工标记同名特征点对。

**6** 重建后的表面模型可使用三维点云或三角形表面网格表达。

# 附录C 各时期钢材牌号对照表

## C.1 普通碳素钢

**C.1.1** 1950年代普通碳素钢的钢材强度标准值和伸长率应按表C.1.1采用。

表C.1.1 1950年代普通碳素钢钢材强度标准值与伸长率

| 钢材种类 | 钢号 | 强度（N/mm2） | | 伸长率% | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | |
| 普通热轧碳素钢 | Л.0 | ≥190 | 320～470 | ≥22 | ≥18 | |
| Л.2 | ≥220 | 340～420 | ≥31 | ≥26 | |
| Л.3 | ≥240 | 380～470 | ≥25～27 | ≥21～23 | |
| CT.0 | ≥190 | 320～470 | ≥18 | | |
| CT.2 | ≥220 | 340～420 | ≥26 | | |
| CT.3 | ≥240 | 380～470 | ≥21 | | |
| CT.4 | ≥260 | 420～520 | ≥19 | | |
| CT.5 | ≥280 | 500～620 | ≥15 | | |
| 桥梁结构的热轧碳素钢 | M16c | ≥230 | 380 | ≥26 | | |
| 高等低碳钢 | HЛ1 | ≥300 | 420 | ≥20 | | |
| HЛ2 | ≥340 | 480～630 | ≥18 | | |
| 铆钉用的热轧碳素钢 | Л.2 | / | 340～420 | / | | ≥26 |
| Л.3 | / | 380～470 | / | | ≥22 |
| CT.2закл | ≥210 | 340～420 | ≥26 | | |
| CT.3закл | ≥210 | 380～470 | ≥22 | | |

注：表中数据来源《钢结构设计规范试行草案》规结-4-54，《钢结构设计标准及技术规范》HиTy 121-55。

**C.1.2** 1960年代-1970年代的普通碳素钢钢材的分组见表C.1.2

表C.1.2 钢材分组

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 组别 | 钢材尺寸（mm） | | |
| 棒钢直径或厚度 | 型钢和异型钢厚度 | 钢板厚度 |
| 第1组 | ≤40 | ≤15 | 4～20 |
| 第2组 | ＞40～100 | ＞15～20 | ＞20～40 |
| 第3组 | ＞100～250 | ＞20 | ＞40～60 |

注:1棒钢包括圆钢、方钢、扁钢和六角钢；型钢包括角钢、工字钢和槽钢；

2工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

3 第一组钢材，直径或厚度不大于8mm的棒钢或钢板，厚度小于6毫米的型钢和异型钢，直径或厚度每减少1mm，其伸长率相应降低1%（绝对值）。第二组钢材，直径或厚度每增加1mm，其伸长率相应降低0.25%，但最多降低3%（绝对值）。

**C.1.3** 1960年代-1970年代的普通碳素钢的钢材强度标准值和伸长率应按表C.1.3采用。

表C.1.3 1960年代-1970年代普通碳素钢钢材强度标准值与伸长率

| 钢号 | | 强度（N/mm2） | | 伸长率% | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 2号钢(A2) | 第一组 | ≥220 | 340～420 | ≥31 | ≥26 |
| 第二组 | ≥200 |
| 第三组 | ≥190 |
| 3号钢  镇静钢  (A3) | 第一组 | ≥240 | 380～470 | ≥26 | ≥22 |
| 第二组 | ≥230 |
| 第三组 | ≥220 |
| 3号钢  沸腾钢  (A3F) | 第一组 | ≥240 |
| 第二组 | ≥220 |
| 第三组 | ≥210 |
| 5号钢  (A5) | 第一组 | ≥280 | 500～620 | ≥20 | ≥16 |
| 第二组 | ≥270 |
| 第三组 | ≥260 |

注: 表中数据来源《普通炭素钢钢号和一般技术条件》GB 700-65/YB151-63，《普通碳素结构钢技术条件》GB 700-79。

**C.1.4** 1980年代-1990年代普通碳素钢的钢材强度标准值和伸长率应按表C.1.4采用。

表C.1.4 1980年代-1990年代普通碳素钢钢材强度标准值与伸长率

| 钢号 | 钢材厚度 | 强度（N/mm2） | | 伸长率% |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |
| Q235 | ≤16 | ≥235 | 375～500 | ≥26 |
| ＞16～40 | ≥225 | ≥25 |
| ＞40～60 | ≥215 | ≥24 |
| ＞60～100 | ≥205 | ≥23 |
| ＞100～150 | ≥195 | ≥22 |
| ＞150 | ≥185 | ≥21 |

注: 表中数据来源《碳素结构钢》GB/T 700-88。

**C.1.5** 2000年代普通碳素钢的钢材强度标准值和伸长率应按表C.1.5采用。

表C.1.5 2000年代普通碳素钢钢材强度标准值与伸长率

| 钢号 | 钢材厚度 | 强度（N/mm2） | | 伸长率% |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |
| Q235 | ≤16 | ≥235 | 375～500 | ≥26 |
| ＞16～40 | ≥225 |
| ＞40～60 | ≥215 | ≥25 |
| ＞60～100 | ≥205 | ≥24 |
| ＞100～150 | ≥195 | ≥22 |
| ＞150～200 | ≥185 | ≥21 |

注: 表中数据来源《碳素结构钢》GB/T 700-88。

## C.2 低合金钢

**C.2.1** 1960年代-1970年代低合金钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.2.1采用。

表C.2.1 1960年代-1970年代低合金钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材种类 | 厚度 | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| 16Mn | ≤16 | ≥350 | ≥520 | ≥22 |
| ＞17～25 | ≥330 | ≥500 | ≥21 |
| ＞26～36 | ≥310 | ≥480 | ≥21 |
| ＞38～50 | ≥290 | ≥480 | ≥21 |
| ＞55～100 | ≥280 | ≥480 | ≥20 |
| 15MnV | ≤5 | ≥420 | ≥560 | ≥19 |
| ＞5～16 | ≥400 | ≥540 | ≥18 |
| ＞17～25 | ≥380 | ≥520 | ≥18 |
| ＞26～36 | ≥360 | ≥500 | ≥18 |
| ＞38～50 | ≥340 | ≥500 | ≥18 |

注: 表中数据来源《低合金结构钢钢号和一般技术条件》YB 13-63/ YB 13-69, 《低合金结构钢技术条件》GB 1591-79。

**C.2.2** 1980年代低合金钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.2.2采用。

表C.2.2 1980年代低合金钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材种类 | 厚度 | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| 16Mn | ≤16 | ≥345 | 510～660 | ≥22 |
| ＞16～25 | ≥325 | 490～640 | ≥21 |
| ＞25～36 | ≥315 | 470～620 | ≥21 |
| ＞36～50 | ≥295 | 470～620 | ≥21 |
| ＞50～100 | ≥275 | 470～620 | ≥20 |
| 15MnV | ≤4 | ≥410 | 550～700 | ≥19 |
| ＞4～16 | ≥390 | 530～680 | ≥18 |
| ＞16～25 | ≥375 | 510～660 | ≥18 |
| ＞25～36 | ≥355 | 490～640 | ≥18 |
| ＞36～50 | ≥335 | 490～640 | ≥18 |

注: 表中数据来源《低合金结构钢》GB 1591-88。

**C.2.3** 1990年代低合金钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.2.3采用。

表C.2.3 1990年代低合金钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 钢材厚度（mm） | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| Q345 | ≤16 | ≥345 | 470~630 | ≥21(A、B级钢)  ≥22(C、D、E级钢) |
| ＞16～35 | ≥325 |
| ＞35～50 | ≥295 |
| ＞50～100 | ≥275 |
| Q390 | ≤16 | ≥390 | 490~650 | ≥19(A、B级钢)  ≥20(C、D、E级钢) |
| ＞16～35 | ≥370 |
| ＞35～50 | ≥350 |
| ＞50～100 | ≥330 |
| Q420 | ≤16 | ≥420 | 520～680 | ≥18(A、B级钢)  ≥19(C、D、E级钢) |
| ＞16～35 | ≥400 |
| ＞35～50 | ≥380 |
| ＞50～100 | ≥360 |

注: 表中数据来源《低合金高强度结构钢》GB/T 1591-1994。

**C.2.4** 2000年代低合金钢钢材强度标准值和伸长率应表C.2.4采用。

表C.2.4 2000年代低合金钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 钢材厚度（mm） | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| Q345 | ≤16 | ≥345 | 470~630 | ≥20(A、B级钢)  ≥21(C、D、E级钢) |
| ＞16～40 | ≥335 |
| ＞40～63 | ≥325 | ≥19(A、B级钢)  ≥20(C、D、E级钢) |
| ＞63～80 | ≥315 |
| ＞80～100 | ≥305 |
| ＞100～150 | ≥285 | 450~600 | ≥18(A、B级钢)  ≥19(C、D、E级钢) |
| Q390 | ≤16 | ≥390 | 490~650 | ≥20 |
| ＞16～40 | ≥370 |
| ＞40～63 | ≥350 | ≥19 |
| ＞63～80 | ≥330 |
| ＞80～100 | ≥330 |
| ＞100～150 | ≥310 | 470~630 | ≥18 |
| Q420 | ≤16 | ≥420 | 520～680 | ≥19 |
| ＞16～40 | ≥400 |
| ＞40～63 | ≥380 | ≥18 |
| ＞63～80 | ≥360 |
| ＞80～100 | ≥360 |
| ＞100～150 | ≥340 | 500～650 |

注: 表中数据来源《低合金高强度结构钢》GB/T 1591-2008。

## C.3 优质碳素结构钢

**C.3.1** 1960年代-1970年代优质碳素钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.3.1采用。

表C.3.1 1960年代优质碳素钢钢材强度标准值与伸长率

| 钢号 | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |
| 08F | ≥180 | ≥300 | ≥35 |
| 08 | ≥200 | ≥330 | ≥33 |
| 10F | ≥190 | ≥320 | ≥33 |
| 10 | ≥210 | ≥340 | ≥31 |
| 15F | ≥210 | ≥360 | ≥29 |
| 15 | ≥230 | ≥380 | ≥27 |
| 20F | ≥230 | ≥390 | ≥27 |
| 20 | ≥250 | ≥420 | ≥25 |
| 25 | ≥280 | ≥460 | ≥23 |
| 30 | ≥300 | ≥500 | ≥21 |
| 35 | ≥320 | ≥540 | ≥20 |
| 40 | ≥340 | ≥580 | ≥19 |
| 45 | ≥360 | ≥610 | ≥16 |
| 50 | ≥380 | ≥640 | ≥14 |
| 55 | ≥390 | ≥660 | ≥13 |
| 60 | ≥410 | ≥690 | ≥12 |
| 65 | ≥420 | ≥710 | ≥10 |
| 70 | ≥430 | ≥730 | ≥9 |
| 75 | ≥900 | ≥1100 | ≥7 |
| 80 | ≥950 | ≥1100 | ≥6 |
| 85 | ≥100 | ≥1150 | ≥6 |

注: 表中数据来源《优质碳素结构钢钢号和一般技术条件》GB 699-65。

**C.3.2** 1980年代-2010年代优质碳素钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.3.2采用。

表C.3.2 1980年代-2010年代优质碳素钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 钢号 | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| 08F | ≥175 | ≥295 | ≥35 |
| 10F | ≥185 | ≥315 | ≥33 |
| 15F | ≥205 | ≥355 | ≥29 |
| 08 | ≥195 | ≥325 | ≥33 |
| 10 | ≥205 | ≥335 | ≥31 |
| 15 | ≥225 | ≥375 | ≥27 |
| 20 | ≥245 | ≥410 | ≥25 |
| 25 | ≥275 | ≥450 | ≥23 |
| 30 | ≥295 | ≥490 | ≥21 |
| 35 | ≥315 | ≥530 | ≥20 |
| 40 | ≥335 | ≥570 | ≥19 |
| 45 | ≥355 | ≥600 | ≥16 |
| 50 | ≥375 | ≥630 | ≥14 |
| 55 | ≥380 | ≥645 | ≥13 |
| 60 | ≥400 | ≥675 | ≥12 |
| 65 | ≥410 | ≥695 | ≥10 |
| 70 | ≥420 | ≥715 | ≥9 |
| 75 | ≥880 | ≥1080 | ≥7 |
| 80 | ≥930 | ≥1080 | ≥6 |
| 85 | ≥980 | ≥1130 | ≥6 |

注: 1.在《优质碳素结构钢》GB/T 699-2015已删除08F、10F、15F三种钢号钢材。

2 表中数据来源《优质碳素结构钢技术条件》GB 699-88、《优质碳素结构钢》GB/T 699-1999和《优质碳素结构钢》GB/T 699-2015。

## C.4 桥梁用钢

**C.4.1** 1970年代桥梁用钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.4.1采用。

表C.4.1 桥梁用钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材种类 | 厚度（mm） | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| 16Mnq | ≤16 | ≥350 | ≥520 | ≥21 |
| ＞16～25 | ≥330 | ≥500 | ≥19 |
| ＞26～36 | ≥310 | ≥480 | ≥19 |
| ＞38～50 | ≥290 | ≥480 | ≥19 |
| 15MnVq | ≤16 | ≥400 | ≥540 | ≥18 |
| ＞16～25 | ≥380 | ≥520 | ≥17 |
| ＞26～36 | ≥360 | ≥500 | ≥17 |
| ＞38～50 | ≥340 | ≥500 | ≥17 |
| 甲3桥 | | ≥240 | ≥380 | ≥28（条钢）  ≥28（钢板） |
| 16桥 | | ≥230 | ≥380 |

注：1、16*Mnq*、15*MnVq*数据来源《桥梁用碳素钢及普通低合金钢钢板技术条件》YB168-70。

2、甲3桥数据来源《桥梁建筑用热轧碳素钢技术条件》GB 714-65

**C.4.2** 1980年代-1990年代桥梁用钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.4.2采用。

表C.4.2 桥梁用钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢材种类 | 厚度（mm） | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| 16Mnq | ≤25 | 350 | 520 | 21 |
| ＞26～36 | 330 | 500 | 19 |
| ＞38～50 | 320 | 480 | 19 |
| 15MnVq | ≤25 | 300 | 540 | 19 |
| ＞26～36 | 380 | 520 | 18 |
| ＞38～50 | 360 | 500 | 18 |

注：表中数据来源《桥梁用结构钢》YB（T）10-1981。

**C.4.3** 2000年代桥梁用钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.4.3采用。

表C.4.3 桥梁用钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 厚度（mm） | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| Q235q  （C级、D级钢） | ≤16 | ≥235 | ≥390 | ≥26 |
| ＞16～35 | ≥225 | ≥380 |
| ＞35～50 | ≥215 | ≥375 |
| ＞50～100 | ≥205 | ≥375 |
| Q345q  （C级、D级、E级钢） | ≤16 | ≥345 | ≥510 | ≥21 |
| ＞16～35 | ≥325 | ≥490 | ≥20 |
| ＞35～50 | ≥315 | ≥470 |
| ＞50～100 | ≥305 | ≥470 |
| Q370q  （C级、D级、E级钢） | ≤16 | ≥370 | ≥530 | ≥21 |
| ＞16～35 | ≥355 | ≥510 | ≥20 |
| ＞35～50 | ≥330 | ≥490 |
| ＞50～100 | ≥330 | ≥490 |

**C.4.4** 2008年-2015年代桥梁用钢钢材强度标准值和伸长率应按表C.4.4采用。

表C.4.4 桥梁用钢钢材强度标准值与伸长率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 厚度（mm） | 强度（N/mm2） | | 伸长率%  （） |
|  |  |
| Q235q  （C级、D级、E级钢） | ≤50 | ≥235 | ≥400 | ≥26 |
| ＞50～100 | ≥225 |
| Q345q（C级、D级、E级钢） | ≤16 | ≥345 | ≥490 | ≥21 |
| ＞16～50 | ≥20 |
| ＞50～100 | ≥335 |
| Q370q  （C级、D级、E级钢） | ≤16 | ≥370 | ≥510 | ≥21 |
| ＞16～50 | ≥20 |
| ＞50～100 | ≥355 |

# 附录D 钢结构性能的荷载试验

## D.1 一般规定

**D.1.1** 钢结构和构件结构性能的静力荷载试验，应根据不同检验类型确定测试内容和控制荷载。

**D.1.2** 荷载试验应选择受力集中、缺陷较多或病害较严重的典型区域进行，结构相对独立的区域应单独进行荷载试验。

**D.1.3** 荷载试验开展前应制订试验方案，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、自振频率等；

**8** 试验方案应预判结构或构件可能出现的变形、损伤、破坏等情况，并制定相关的应急处理预案。

## D.2 试验测试

**D.2.1** 现场荷载试验的控制截面及控制测点的选定，应满足以下要求：

**1** 根据钢结构的结构形式，验算荷载作用下产生内力或变形最大效应值的点；

**2** 根据钢结构的使用状况，选择受力集中部位，易受损截面、连接节点等；

**3** 验算不满足要求或存在疑问的部位，结构已出现缺损现象的部位。

**D.2.2** 试验测点的布设应符合以下规定：

**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，测试截面方向不得少于 3个测点；

**3** 应变测点为应设置在荷载效应较大的构件或部位，构件上的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，并应保障观测人员、仪器设备的安全。

**D.2.3** 检验荷载施加与量测应符合下列规定：

**1** 试验过程中应分级加载，每级荷载不宜超过最大荷载的 20%，在每级加载后应保存足够的静止时间，并检查结构构件是否存在开裂、屈服及屈曲等迹象；

**2** 达到结构或构件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 内不再增加为止；

**3** 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。

**D.2.4** 现场静载荷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。

## D.3 检验要求

**D.3.1** 验证钢结构性能在荷载设计值或委托荷载值的作用下能否满足设计要求时，可采用结构性能荷载试验。

**D.3.2** 钢结构的结构性能检验评定为符合设计要求，应符合下式规定：

**u0 **0****u D.3.2）

式中：**u0 ——构件的承载力检验系数实测值，取构件的荷载实测值与荷载设计

值的比值；

**0 ——结构重要性系数；

**——构件承载力检验修正系数，取构件按实测实量计算的承载力设计值与按设计参数的比值；

**u ——构件的承载力检验系数允许值，取值不宜小于1.2。

**D.3.3** 试验加载过程中出现下列情况之一时，应立即停止加载，并应判定其承载能力不足：

**1** 钢构件的实测应变接近屈服应变；

**2** 钢构件变形明显超出计算分析值；

**3** 钢构件出现局部失稳迹象；

**4** 钢构件出现裂缝或原有裂缝急剧开展且超过相应限值；

**5** 其他接近构件极限状态的标志。

**D.3.4** 结构构件在设计或委托荷载值的作用下，荷载试验后满足下列要求时，可评价结构构件具有承受该荷载的能力：

**1** 达到试验的目标荷载时，实测应变与钢材的屈服应变有明显的差距；

**2** 构件的变形处于弹性阶段；

**3** 构件无屈曲的迹象；

**4** 构件无局部失稳的迹象；

**5** 构件材料无破坏的迹象；

**6** 卸荷后结构构件无明显的残余变形。

# 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

1. 《低合金高强度结构钢》GB/T1591
2. 《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》GB/T 1766
3. 《彩色涂层钢板及钢带试验方法》GB/T 13448
4. 《中国地震动参数区划图》GB18306
5. 《焊缝无损检测 焊缝渗透检测验收等级》GB/T 26953
6. 《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975
7. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
8. 《建筑抗震设计规范》GB 50010
9. 《钢结构设计标准》GB 50017
10. 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
11. 《建筑抗震鉴定标准》GB 50023
12. 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
13. 《构筑物抗震鉴定标准》GB 50117
14. 《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022
15. 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
16. 《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144
17. 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
18. 《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223
19. 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
20. 《工业金属管道设计规范》GB 50316
21. 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
22. 《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621
23. 《钢结构焊接规范》GB 50661
24. 《建筑工程容许振动标准》GB 50868
25. 《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008
26. 《工程结构通用规范》GB 55001
27. 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
28. 《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021
29. 《空间网格结构技术规程》JGJ 7
30. 《里氏硬度计检定规程》JG747