



T/CECS XXX-2021

中国工程建设标准化协会标准

钢结构现场检测技术标准

Technical standard for
in-situ inspection of steel structure

(征求意见稿)

中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

钢结构现场检测技术标准

Technical standard for
in-situ inspection of steel structure

T/CECS XXX-2021

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021年××月××日

中国建筑工业出版社

2021 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于发布〈2019 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2019]012 号）的要求，编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准共分为 11 章和 5 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、钢材力学性能检测与化学成分分析、焊缝连接质量检测、紧固件连接质量检测、尺寸与变形检测、外观质量与损伤检测、涂装质量检测、轻钢围护结构质量检测、结构构件性能检验等。

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

本标准由中国工程建设标准化协会检测与试验专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在使用中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市北三环东路 30 号；邮政编码：100013），以供修订时参考。

主 编 单 位：中国建筑科学研究院有限公司

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术 语.....	2
2.2	符 号.....	3
3	基本规定.....	5
3.1	检测分类.....	5
3.2	检测工作程序与基本要求.....	5
3.3	检测项目与抽样方法.....	8
4	钢材力学性能检测与化学成分分析.....	10
4.1	一般规定.....	10
4.2	钢材力学性能检测.....	10
4.3	钢材化学成分分析.....	12
5	焊缝连接质量检测.....	13
5.1	一般规定.....	13
5.2	焊缝外观质量检测.....	13
5.3	焊缝外观尺寸检测.....	14
5.4	焊缝内部缺陷检测.....	14
6	紧固件连接质量检测.....	17
6.1	一般规定.....	17
6.2	紧固件性能检测.....	17
6.3	紧固件连接质量检测.....	19
7	尺寸与变形检测.....	23
7.1	一般规定.....	23
7.2	尺寸检测.....	23
7.3	变形检测.....	24
8	外观质量与损伤检测.....	27
8.1	一般规定.....	27
8.2	外观质量检测.....	27
8.3	损伤检测.....	28
9	涂装质量检测.....	31
9.1	一般规定.....	31
9.2	防腐涂层涂装质量检测.....	31
9.3	防火涂料涂装质量检测.....	33
10	轻钢围护结构检测.....	35
10.1	一般规定.....	35
10.2	轻钢围护结构质量检测.....	35
10.3	金属屋面的抗风揭检测.....	36
11	结构构件性能检测.....	37
11.1	一般规定.....	37
11.2	静力荷载检验.....	37
11.3	动力特性检测.....	40

附录 A 磁粉检测焊缝表面缺陷.....	42
附录 B 渗透检测焊缝表面缺陷.....	46
附录 C 超声检测焊缝内部缺陷.....	49
附录 D 超声波检测高强度螺栓连接副轴力.....	57
附录 E 金属屋面抗风揭性能检测方法.....	59
本标准用词说明.....	63
引用标准名录.....	64
附：条文说明.....	67

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic Requirements.....	5
3.1	Classification of Inspection.....	5
3.2	Procedures and Basic Requirements of Inspection.....	5
3.3	Inspection Items and Sampling Methods.....	8
4	Inspection of Mechanical Properties and Chemical Composition Analysis of Steel	10
4.1	General Requirements.....	10
4.2	Inspection of Mechanical Properties of Steel.....	10
4.3	Chemical Composition Analysis of Steel.....	12
5	Inspection of Welding Connection.....	13
5.1	General Requirements.....	13
5.2	Appearance Inspection of Welding Connection.....	13
5.3	Dimension Inspection of Welding Connection.....	14
5.4	Internal Defect Testing of Welding Connection.....	14
6	Inspection of Fastener Connection Quality.....	17
6.1	General Requirements.....	17
6.2	Inspection of Fastener Connection Performance.....	17
6.3	Inspection of Fastener Connection Quality.....	19
7	Inspection of Dimensions And Deformation.....	23
7.1	General Requirements.....	23
7.2	Inspection of Dimensions.....	23
7.3	Inspection of Deformation.....	24
8	Inspection of Appearance Quality And Damage.....	27
8.1	General Requirements.....	27
8.2	Inspection of Appearance Quality.....	27
8.3	Inspection of Damage.....	28
9	Inspection of Coating Quality.....	31
9.1	General Requirements.....	31
9.2	Inspection of Anticorrosive Coating Quality.....	31
9.3	Inspection of Fireproof Coating Quality.....	33
10	Inspection of Light Steel Envelop Enclosure.....	35
10.1	General Requirements.....	35
10.2	Inspection of Light Steel Envelope Enclosure Quality.....	35
10.3	Wind Resistant Performance Testing Methods of Metal Roof.....	36
11	Inspection of Structural Member Performance.....	37
11.1	General Requirements.....	37
11.2	Static Loading Test.....	37
11.3	Dynamic Characteristic Test.....	40

Appendix A	MagneticParticle Testing for Weld Surface Defect.....	42
Appendix B	Penetrant Testing for Weld Surface Defect.....	46
Appendix C	Ultrasonic Testing for Weld Internal Defect.....	49
Appendix D	Ultrasonic Testing for Axial force of High Strength Bolts Connection.....	57
Appendix E	Wind Resistant Performance Testing Methods of Metal Roof.....	59
	Explanation of Wording in This Standard	63
	List of Quoted Standard.....	64
	Addition: Explanation of Provisions.....	67

1 总则

1.0.1 为规范钢结构现场检测工作程序，合理选择检测方法，正确评定钢结构工程质量及结构性能，保证检测工作质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于工业与民用建筑及构筑物的钢结构现场检测和评定。

1.0.3 钢结构现场检测和评定，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢结构现场检测 in-situ inspection of steel structure

为评定钢结构工程的质量或鉴定钢结构的性能,对钢结构实体所实施的原位检查、检验和测试工作,以及对从结构实体中取得的样品所实施的检验和测试工作。

2.1.2 检验批 inspection lot

由检测项目相同、质量要求和生产工艺等基本相同、环境条件或损伤程度相近的一定数量构件等构成的检测对象。

2.1.3 抽样检测 sampling inspection

从检测批中抽取样本,通过对样本的检查、检验和测试确定检验批质量的检测方法。

2.1.4 测点 testing point

在检测区域内,为取得检测数据而布置的检测点。

2.1.5 无损检测 non-destructive testing

对材料或工件实施的一种不损害其使用性能或用途的检测方法。

2.1.6 目视检测 visual testing

用眼睛或借助放大镜直接观察检查钢材和焊缝表面质量的无损检测方法。

2.1.7 磁粉检测 magnetic particle testing

利用缺陷处漏磁场与磁粉的相互作用,根据磁粉在试件表面所形成的磁痕检测钢材表面和近表面缺陷的无损检测方法。

2.1.8 渗透检测 penetrant testing

利用毛细管作用原理,用渗透剂检测材料表面开口性缺陷的无损检测方法。

2.1.9 超声检测 ultrasonic testing

利用超声波在介质中遇到界面反射的性质与其在传播时产生衰减的规律,采用超声波探伤仪检测金属材料或焊缝缺陷的无损检测方法。

2.1.10 射线检测 radio graphic testing

利用被检工件对透入射线的不同吸收,根据射线透照钢工件所得底片或荧光屏显示检测钢材或焊缝缺陷的无损检测方法。

2.1.11 焊缝裂纹 weld crack

焊缝中原子结合遭到破坏，而导致在新界面上产生缝隙。

2.1.12 未焊透 lack of penetration

母材金属未熔化，焊接金属未进入母材金属内而导致接头根部的缺陷。

2.1.13 未熔合 lack of fusion

焊接金属与母材金属之间或焊接金属之间未熔化结合在一起的缺陷。

2.1.14 焊缝夹渣 weld slag inclusion

焊接后残留在焊缝中的熔渣、金属氧化物夹杂等。

2.1.15 结构动力特性 dynamic characteristics of structure

结构本身所固有的动力性能，包括结构自振频率、振型、阻尼比等。

2.1.16 结构动力响应 dynamic response of structure

结构在动力荷载下产生的效应，包括位移、速度、加速度、动应变、动挠度等参数。

2.2 符 号

2.2.1 力学参数

N_v ——滑移荷载

P ——高强度螺栓设计预拉力值

T_{ch} ——高强度螺栓检查扭矩

σ_b ——钢材抗拉强度

2.2.2 几何参数

a ——探头接触面宽度

A_s ——螺纹应力截面积

d_0 ——孔径

D ——工件直径

g ——探伤面与探头靴底面之间的间隙

L ——长度

ΔL ——缺陷指示长度

t ——母材或被测物的厚度

β ——斜探头的折射角

2.2.3 其他

K ——斜探头的斜率（即 $\tan\beta$ ）

R_a ——表面粗糙度

μ ——抗滑移系数

3 基本规定

3.1 检测分类

3.1.1 钢结构现场检测应分为钢结构工程质量的检测和既有钢结构性能的检测。

3.1.2 当遇有下列情况时，应进行钢结构工程质量的检测：

- 1 相关标准规定或相关行政主管部门要求的检测；
- 2 在钢结构材料检查或施工验收过程中需了解质量状况；
- 3 施工质量送样检验或有关方自检的结果未达到设计要求；
- 4 对工程质量或材料质量有怀疑或争议；
- 5 建设过程中停工后恢复建设的结构；
- 6 未按规定进行施工质量验收的结构；
- 7 工程质量保险要求实施的检测；
- 8 发生工程质量或安全事故。

3.1.3 当遇有下列情况时，应进行既有钢结构性能的检测：

- 1 钢结构的可靠性鉴定；
- 2 钢结构的安全性和抗震鉴定；
- 3 钢结构大修前的鉴定；
- 4 钢结构改变用途、改造、加层或扩建前的鉴定；
- 5 钢结构达到设计使用年限要继续使用的鉴定；
- 6 钢结构受到自然灾害、环境侵蚀或其他灾害等影响的鉴定；
- 7 发现紧急情况或有特殊问题的鉴定。

3.1.4 钢结构工程质量的检测应进行检测结论的符合性判定。

3.1.5 既有钢结构性能的检测应为既有钢结构性能的鉴定提供真实、可靠、有效的数据和检测结论。

3.2 检测工作程序与基本要求

3.2.1 钢结构现场检测工作宜按图 3.2.1 所示程序进行。

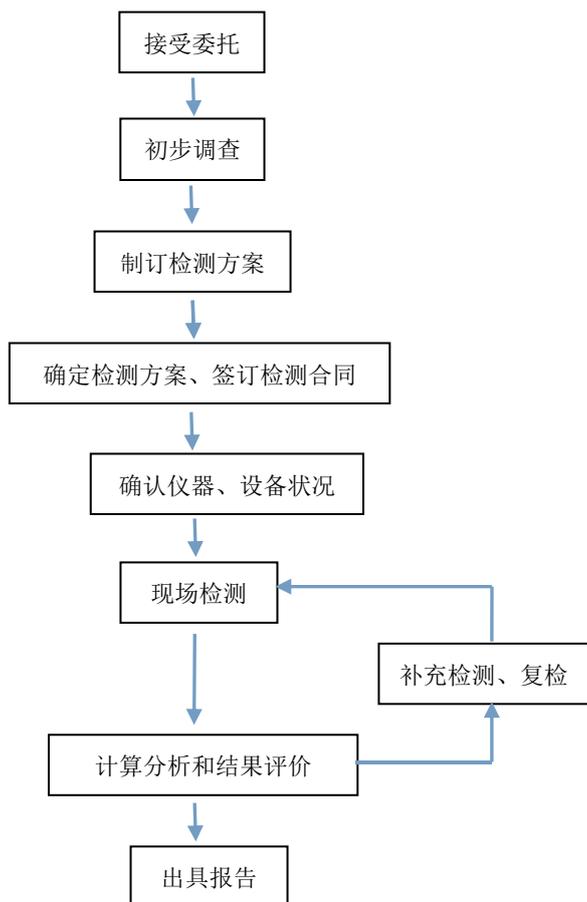


图 3.2.1 钢结构现场检测工作程序框图

3.2.2 钢结构现场检测工作可接受单方委托，当存在质量争议时宜由当事各方共同委托。

3.2.3 初步调查可以采用踏勘现场、搜集和分析有关资料及向有关人员询问等方法。初步调查宜包括下列工作内容：

- 1 进一步明确委托方的检测目的和具体要求；
- 2 收集被检测钢结构的设计资料、施工资料和工程地质勘察报告等资料；
- 3 调查被检测钢结构现状、环境条件、使用期间是否已进行过检测或维修加固情况以及用途与荷载等变更情况。

3.2.4 钢结构现场检测方案宜包括下列主要内容：

- 1 工程或结构概况，主要包括设计依据、结构形式、建筑面积、总层数，设计、施工及监理单位，建造年代等；
- 2 检测目的或委托方的检测要求；
- 3 检测依据，主要包括检测所依据的标准及有关的技术资料等；
- 4 检测项目、选用的检测方法以及检测的数量；
- 5 检测人员和仪器设备情况；

- 6 检测工作进度计划；
- 7 需要委托方配合的工作；
- 8 检测中的安全措施；
- 9 检测中的环保措施。

3.2.5 检测方案应征求委托方的意见。

3.2.6 钢结构现场检测所使用的仪器、设备应符合下列规定：

- 1 应有产品合格证、计量检定机构出具的有效期内的检定（校准）证书，且检测时应处于正常状态；

- 2 适用范围和检测精度应满足检测项目的要求。

3.2.7 钢结构现场检测所使用的检测试剂应标明生产日期和有效期，并应具有产品合格证和使用说明书。

3.2.8 钢结构现场检测工作应由本机构不少于两名检测人员承担，检测人员应经过培训取得上岗资格。从事钢结构材料和焊缝的无损检测人员应符合现行国家标准《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 的有关规定。

3.2.9 现场检测的测区和测点应有明晰标注和编号，必要时标注和编号宜保留一定时间。

3.2.10 钢结构现场检测的原始记录应符合下列规定：

- 1 人工记录时，原始数据和信息宜记录在专用的记录纸上；
- 2 仪器自动记录时，数据应妥善保存。

3.2.11 当发现抽样数量不足时应补充检测，当发现检测数据出现异常时应复检，补充检测与复检应有必要的说明。

3.2.12 钢结构现场检测工作结束后，应及时提出针对由于检测造成的结构或构件局部损伤的修补建议。

3.2.13 钢结构工程质量检测的检测报告应对所检测项目作出是否符合设计要求或相应验收标准规定的结论；既有钢结构性能检测的检测报告应给出所检测项目的检测结论。

3.2.14 检测报告宜包括下列内容：

- 1 委托方名称；
- 2 工程概况，包括工程名称、地址、结构类型、建筑面积、建筑年代或检测时工程的施工进度、现状等；
- 3 建设单位、设计单位、施工单位及监理单位名称；
- 4 检测原因、检测目的、以往检测情况概述；

- 5 检测项目、检测方法及依据的标准；
- 6 抽样方案、检测数量与检测位置；
- 7 检测日期，报告完成日期；
- 8 检测项目中的主要分类检测数据和汇总结果、检测结果、检测结论；
- 9 主检、审核和批准人员的签名；
- 10 检测机构的有效印章。

3.3 检测项目与抽样方法

3.3.1 钢结构现场检测应根据委托方的检测目的和检测要求确定检测项目。

3.3.2 钢结构现场检测宜根据委托方的要求、检测项目的特点采用全数检测或抽样检测。抽样检测时，宜采用随机抽样或约定抽样方法。

3.3.3 当遇到下列情况之一时，宜采用全数检测：

- 1 外观缺陷或表面损伤的检查；
- 2 受检范围较小或构件数量较少；
- 3 构件质量状况差异较大；
- 4 灾害发生后对结构受损情况的识别；
- 5 委托方要求进行全数检测。

3.3.4 当采用抽样检测时，批量检测可根据检测项目的实际情况采用计数抽样方法、计量抽样方法或分层计量抽样方法进行检测；当产品标准或相应验收标准的规定适用于现场检测时，也可按相应规定确定的抽样方法进行检测。

3.3.5 在建钢结构按检验批检测时，抽样方法及符合性判定应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

3.3.6 既有钢结构计数抽样检测时，检验批最小样本容量宜按表 3.3.6 的规定确定。

表 3.3.6 计数抽样检测的最小样本容量

检测批的容量	检测类别和样本最小容量			检测批的容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C		A	B	C
3~8	2	2	3	151~280	13	32	50
9~15	2	3	5	281~500	20	50	80
16~25	3	5	8	501~1200	32	80	125
26~50	5	8	13	1201~3200	50	125	200
51~90	5	13	20	3201~10000	80	200	315
91~150	8	20	32	-	-	-	-

注：1 表中 A、B、C 为检测类别，检测类别 A 适用于一般项目施工质量的检测；检测类别 B 适用于主控项目施工质量的检测；检测类别 C 适用于存在问题较多的钢结构质量检测或

复检；

2 无特别说明时，样本单位为构件。

3.3.7 既有钢结构计数抽样检测时，检验批的符合性判定应符合下列规定：

1 主控项目的计数抽样检测，应按表 3.3.7-1 的规定进行符合性判定；

2 一般项目的计数抽样检测，应按表 3.3.7-2 的规定进行符合性判定；

表 3.3.7-1 主控项目的判定

样本容量	符合性判定数	不符合判定数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数
2~5	0	1	80	7	8
8~13	1	2	125	10	11
20	2	3	200	14	15
32	3	4	≥315	21	22
50	4	5	-	-	-

表 3.3.7-2 一般项目判定

样本容量	符合性判定数	不符合判定数	样本容量	符合性判定数	不符合判定数
2~5	1	2	32	7	8
8	2	3	50	10	11
13	3	4	80	14	15
20	5	6	≥125	21	22

4 钢材力学性能检测与化学成分分析

4.1 一般规定

4.1.1 钢材力学性能检测与化学成分分析检测部位应布置在具有代表性的部位,且应避免钢结构有可能受切割火焰、焊接等热影响的部位。

4.1.2 当结构所处环境与原设计要求无明显变化,未曾发现材料劣化、损坏现象或迹象时,同品种、同种构件、同规格的钢材可划分为同一检验批;由于损伤、腐蚀及灾害等原因可能造成材料性质发生改变时,检验批划分时,应考虑致损条件、损伤程度的同一性。

4.1.3 在钢结构构件上截取钢材试件,应符合下列规定:

- 1 截取钢材时应采取必要措施,确保受检构件和结构的安全;
- 2 钢材截取位置宜选在应力较小的部位;
- 3 钢材试件的尺寸和数量应满足试验方法的要求;
- 4 应记录取样的具体位置、样品的尺寸、构件表面原始状态等信息。

4.2 钢材力学性能检测

4.2.1 钢材的力学性能检测可分为屈服强度、抗拉强度、伸长率、冷弯性能、冲击韧性和抗层状撕裂等检测项目。所选检测项目应根据结构和材料的实际情况及检测目的确定。

4.2.2 当存在下列情况时,应对钢材进行力学性能检测:

- 1 钢材存在分层、层状撕裂、非金属夹杂或夹层、明显偏析等外观质量缺陷;
- 2 钢材检验资料缺失或对检验结果有异议;
- 3 对钢材质量有怀疑;
- 4 受到灾害的影响,为了鉴定灾后的结构性能;
- 5 发生质量或安全事故。

4.2.3 钢材力学性能检测应优先采用现场取样的方法进行试验检测。当有与结构同批的钢材时,可以直接对其取样;当没有与结构同批的钢材时,可在结构构件上取样。当现场在结构构件上直接取样难度较大时,也可采用非破损检测方法检测钢材强度。

4.2.4 钢材力学性能检测用钢材试件的取样数量应符合下列规定:

- 1 屈服强度、抗拉强度和伸长率检测每检验批不应少于 1 个;
- 2 冷弯性能检测每检验批不应少于 3 个;

- 3 冲击韧性检测每检验批不应少于 3 个；
- 4 抗层状撕裂性能检测每检验批不应少于 3 个；
- 5 其他性能检测每检验批应符合现行国家标准的有关规定。

4.2.5 钢材试件取样和制样方法应按照现行国家标准《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》GB/T 2975 的有关规定执行。

4.2.6 钢材试件的力学性能试验方法应符合下列规定：

- 1 屈服强度、抗拉强度和伸长率检测应符合现行国家标准《金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》GB/T 228.1 的有关规定；
- 2 冷弯性能检测应符合现行国家标准《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232 的有关规定；
- 3 冲击韧性检测应符合现行国家标准《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229 的有关规定；
- 4 抗层状撕裂性能检测应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的有关规定；
- 5 其他性能检测应符合现行国家标准的有关规定。

4.2.7 钢材试件力学性能检测结果应按现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《建筑结构用钢板》GB/T 19879、《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 可相应的国家现行标准的有关规定进行评定。

4.2.8 未知牌号钢材的抗拉力学性能应采用现场取样的方法进行试验确定，每个检验批不应少于 3 个，并应根据试验结果最小值确定可参考的钢材牌号。当根据试验结果无法确定钢材牌号时，该检验批钢材的强度设计值可按屈服强度试验结果最低值的 0.85 倍确定。

4.2.9 钢材强度的非破损检测方法可采用摆锤敲入法、里氏硬度法等检测方法。摆锤敲入法检测钢材强度的检测设备、检测数量、检测操作及检测结果应符合现行协会标准《摆锤敲入法检测钢材强度技术规程》T/CECS 的有关规定；里氏硬度法检测钢材强度的检测设备、检测数量、检测操作及检测结果应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定。

4.2.10 用于现场检测钢材强度的里氏硬度计宜为 D 型冲击装置，其主要技术指标应符合表 4.2.10 的规定。

表 4.2.10 D 型冲击装置的主要技术指标

项目	技术指标
冲击体的质量 (g)	5.5±0.2
标称冲击能量 (N·mm)	11.0
冲击体球头直径 (mm)	3.0±0.004
球头顶端碳化钨球硬度 (HV)	≥1500
冲击体的顶端表面粗糙度 (μm)	≤0.4
使用时环境温度 (°C)	0~40
使用时环境相对湿度	≤90%

4.3 钢材化学成分分析

4.3.1 钢材化学成分分析应采用现场取样的方法。

4.3.2 现场取样和制样方法应符合现行国家标准《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066 的有关规定。

4.3.3 钢材化学成分分析的取样数量为每检验批不应少于 1 个。

4.3.4 钢材化学成分分析可采用化学分析法、光谱分析法等方法，其操作与测定应符合现行国家标准《钢铁及合金化学分析方法》GB 223、《碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）》GB/T 4336、《低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》GB/T 20125 和《钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后 红外吸收法(常规方法)》GB/T 20123 等相关标准所对应相应元素含量测定的有关规定。

4.3.5 钢材化学成分允许偏差应符合现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222 的有关规定。

4.3.6 钢材化学成分分析的检测结果应按现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《合金结构钢》GB/T 3077、《建筑结构用钢板》GB/T 19879、《耐候结构钢》GB/T 4171 和《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的规定进行评定。

5 焊缝连接质量检测

5.1 一般规定

5.1.1 焊缝连接质量检测可以分为焊缝外观质量、焊缝外观尺寸、焊缝内部缺陷等检测项目。

5.1.2 焊缝连接质量检测时，检验批的划分应符合下列规定：

1 焊缝处数的计数方法应符合下列规定：

- 1) 工厂制作焊缝长度不大于 1000mm 时，每条焊缝应为 1 处；长度大于 1000mm 时，以 1000mm 为基准，每增加 300mm 焊缝数量应增加 1 处；
- 2) 现场安装焊缝每条焊缝应为 1 处。

2 可按下列方法确定检验批：

- 1) 制作焊缝以同一工区（车间）按 300~600 处的焊缝数量组成检验批；多层框架结构可以每节柱的所有构件组成检验批；
- 2) 安装焊缝以区段组成检验批；多层框架结构以每层（节）的焊缝组成检验批。

5.1.3 焊缝连接质量检测前，应清除检测部位表面的油污、浮锈及其他附着物。

5.1.4 焊缝应冷却至环境温度后方可进行焊缝外观质量与外观尺寸检测。焊缝内部缺陷的无损检测应在焊缝外观质量与外观尺寸检测合格后进行；对于低合金结构钢等有延迟裂纹倾向焊缝的检测，尚应满足在施焊 24h 后进行。

5.1.5 焊缝连接抽样检测时，抽样位置应覆盖结构的关键部位、大部分区域以及不同的焊缝形式。

5.2 焊缝外观质量检测

5.2.1 焊缝外观质量包括裂纹、未焊满、根部收缩、咬边、电弧擦伤、接头不良、表面气孔和表面夹渣等项目。

5.2.2 现场检测时，宜对受检范围内焊缝外观质量进行全数检测；当不具备全数检测条件时，应注明未检测的构件或区域。

5.2.3 焊缝外观质量的检测应符合下列规定：

- 1 外观质量检测可采用目视检测或辅以放大镜、焊缝量规和钢尺检查；
- 2 目视检测应在焊缝清理完毕后进行，焊缝及焊缝附近区域不得有焊渣和飞溅物；
- 3 直接目视检测时，眼睛与被检焊缝表面的距离不宜大于 600mm，视线与被检焊缝表

面所成的夹角不宜小于 30°，并宜从多个角度对工作进行观察；

4 被测焊缝表面的照明亮度不宜低于 160lx；当对细小缺陷进行鉴别时，照明亮度不宜低于 540lx。

5.2.4 当存在下列情况之一时，应对焊缝进行外观质量的无损检测：

- 1 对焊缝有疲劳验算要求时；
- 2 设计文件或委托方要求进行；
- 3 外观检测发现裂纹时，应对该批中同类焊缝全部进行；
- 4 检测人员认为有必要进行；
- 5 既有钢结构的焊缝存在裂纹时进行。

5.2.5 焊缝外观质量的无损检测方法有渗透检测、磁粉检测。对铁磁性材料表面和近表面缺陷的检测，宜选用磁粉检测；对表面开口性缺陷的检测，可选用渗透检测。磁粉检测焊缝表面缺陷应符合本标准附录 A 的有关规定。渗透检测焊缝表面缺陷应符合本标准附录 B 的有关规定。

5.2.6 焊缝外观质量检测结果应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定进行评定。

5.3 焊缝外观尺寸检测

5.3.1 焊缝外观尺寸包括焊缝长度、焊脚尺寸、焊缝余高和对接焊缝错边等项目。

5.3.2 按检验批检测时，焊缝外观尺寸检测宜采用计数抽样检测方式，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定。

5.3.3 焊脚尺寸和焊缝余高检测时，应沿焊缝长度方向均匀选择 3 个测点进行检测，并取 3 个测点的平均值作为检测结果。对于角焊缝焊脚尺寸检测，尚应在垂直焊缝长度的 2 个方向进行检测，并取 2 个方向检测结果的较小值作为焊脚尺寸检测结果。

5.3.4 钢结构焊缝外观尺寸检测结果的允许偏差应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定确定。

5.4 焊缝内部缺陷检测

5.4.1 焊缝内部缺陷的检测，应考虑被检焊缝的材质、焊接方法、表面状态等，预计可能产生的缺陷种类、形状、部位和方向等因素。设计要求全熔透的一、二级焊缝应采用超声波进行内部缺陷的检测，对不适合超声检测的缺陷，可采用射线检测。

5.4.2 按检验批检测时，焊缝内部缺陷宜采用计数抽样检测，检测数量应符合本标准第 3.4 节的规定。

5.4.3 根据质量要求，超声检测的检验等级可按下列规定划分为 A、B、C 三级：

1 A 级检验：采用一种角度探头在焊缝的单面单侧进行检验。只对能扫查到的焊缝截面进行探测。一般可不要求做横向缺陷的检验。母材厚度大于 50mm 时，不得采用 A 级检验。

2 B 级检验：采用一种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验，当受构件的几何条件限制时，应在焊缝单面单侧采用两种角度的探头（两角度之差大于 15° ）进行检验；母材厚度大于 100mm 时，应采用双面双侧检验，当受构件的几何条件限制时，可在焊缝的双面单侧采用两种角度的探头（两角度之差大于 15° ）进行检验。应对整个焊缝截面进行探测。条件允许时应做横向缺陷的检验。

3 C 级检验：至少应采用两种角度探头在焊缝的单面双侧进行检验。同时应做两个扫查方向和两种探头角度的横向缺陷检验。母材厚度大于 100mm 时，宜采用双面双侧检验。

5.4.4 钢结构焊缝质量的超声波探伤检验等级应根据工件的材质、结构、焊接方法、受力状态选择，当结构设计和施工无特别规定时，钢结构焊缝质量的超声波探伤检验等级宜选用 B 级。

5.4.5 对于母材厚度不小于 8mm、曲率半径不小于 160mm 的碳素结构钢和低合金高强度结构钢对接全熔透焊缝，可使用 A 型脉冲反射法手工超声波的质量检测。超声检测焊缝内部缺陷应符合本标准附录 C 的有关规定。

5.4.6 对于母材壁厚为 4mm~8mm、曲率半径为 60mm~160mm 的钢管对接焊缝与相贯节点焊缝的超声检测内部缺陷应符合现行行业标准《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203 的有关规定。

5.4.7 既有钢结构焊缝的内部缺陷无损检测时，抽样检测结果的判定应符合下列规定：

1 抽样检测的焊缝数不合格率小于 2% 时，该批验收合格；

2 抽样检测的焊缝数不合格率大于 5% 时，该批验收不合格；

3 除本条第 5 款情况外抽样检测的焊缝数不合格率为 2%~5% 时，应加倍抽检，且必须在原不合格部位两侧的焊缝延长线各增加一处，在所有抽检焊缝中不合格率不大于 3% 时，该批验收合格，大于 3% 时，该批验收不合格；

4 批量验收不合格时，应对该批余下的全部焊缝进行检测；

5 检测发现 1 处裂纹缺陷时，应加倍抽查，在加倍抽检焊缝中未再检查出裂纹缺陷时，该批验收合格；检测发现多于 1 处裂纹缺陷或加倍抽查又发现裂纹缺陷时，该批验收不合格，

应对该批余下焊缝的全数进行检查。

5.4.8 射线检测应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3233 的有关规定，射线照相的质量等级不应低于 B 级的要求，一级焊缝评定合格等级不应低于 II 级的要求，二级焊缝评定合格等级不应低于 III 级的要求。

6 紧固件连接质量检测

6.1 一般规定

6.1.1 紧固件连接质量检测可以分为普通螺栓、扭剪型高强度螺栓、高强度大六角头螺栓、钢网架螺栓球节点用高强度螺栓及射钉、自攻钉、拉铆钉等紧固件性能及连接质量检测。

6.1.2 紧固件连接质量检测时，检验批的划分应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和现行协会标准《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规范》JGJ 82 的有关规定。

6.1.3 紧固件连接质量检测前，应清除检测部位表面的油污、浮锈和其他杂物。

6.1.4 紧固件连接质量检测时，有损伤的连接节点应全数检测。

6.2 紧固件性能检测

6.2.1 紧固件性能检测可分为普通螺栓实物最小拉力载荷，高强螺栓连接副的螺栓楔负载、螺母保证载荷、螺母和垫圈硬度，高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数，扭剪型高强度螺栓连接副紧固轴力，钢网架螺栓球节点用高强度螺栓的拉力载荷，高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数等检测项目。

6.2.2 按检验批检测时，高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数抽样数量为每批 3 组，其他紧固件性能检测项目抽样数量为每批 8 套。

6.2.3 普通螺栓实物最小拉力载荷的检测方法和检测结果的判定规则应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的有关规定，且应符合下列规定：

1 应采用专用卡具将螺栓实物置于拉力试验机上进行拉力试验，为避免试件承受横向载荷，试验机的夹具应能自动调正中心，试验时夹头张拉的移动速度不应超过 25mm/min；

2 螺栓实物的抗拉强度应按螺纹应力截面积 (A_s) 计算确定，其取值应按现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的规定取值；

3 进行试验时，承受拉力载荷的末旋合的螺纹长度应为 6 倍以上螺距；当试验拉力达到现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 中规定的最小拉力载荷 ($A_s \cdot \sigma_b$) (σ_b 为抗拉强度) 时不得断裂；当超过最小拉力载荷直至拉断时，断裂位置应发生在杆部或螺纹部分，而不应发生在螺头与杆部的交接处。

6.2.4 高强螺栓连接副的螺栓楔负载、螺母保证载荷、螺母和垫圈硬度的检测方法和检测结

果的判定规则应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 和《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的有关规定。

6.2.5 高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数的检测方法和检测结果的判定规则应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的有关规定。

6.2.6 扭剪型高强度螺栓连接副紧固轴力的检测方法和检测结果的判定规则应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的有关规定。

6.2.7 钢网架螺栓球节点用高强度螺栓的拉力载荷的检测方法和检测结果的判定规则应符合现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 的有关规定。

6.2.8 高强螺栓连接摩擦面的抗滑移系数的检测应符合下列规定：

1 抗滑移系数试验应采用双摩擦面的二栓拼接的拉力试件（图 6.2.8）。试件与所代表的钢结构构件应为同一材质、同批制作、采用同一摩擦面处理工艺和具有相同的表面状态（含有涂层），在同一环境条件下存放，并应用同批同一性能等级的高强度螺栓连接副。

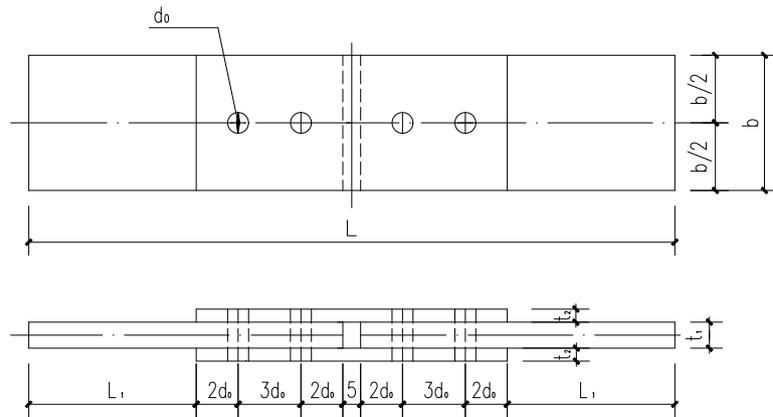


图 6.2.8 抗滑移系数试件的形式和尺寸

注： $2t_2 \geq t_1$

L —试件总长度； L_1 —试验机夹紧长度

试件钢板的厚度 t_1 、 t_2 应考虑在摩擦面滑移之前，试件钢板的净截面始终处于弹性状态；宽度 b 可参照表 6.2.8 规定取值。 L_1 应根据试验机夹具的要求确定。

表 6.2.8 试件板的宽度 (mm)

螺栓直径 d	16	20	22	24	27	30
板宽 b	100	100	105	110	120	120

2 试验用的试验机误差应在 1% 以内。试验用的贴有电阻片的高强度螺栓、压力传感器和电阻应变仪应在试验前用试验机进行标定，其误差应在 2% 以内。

3 紧固高强度螺栓应分初拧、终拧。初拧应达到螺栓预拉力标准值的 50% 左右。终拧后，每个螺栓的预拉力值应在 $0.95P \sim 1.05P$ （ P 为高强度螺栓设计预拉力值）范围内。

4 加荷时，应先加 10% 的抗滑移设计荷载值，停 1 min 后，再平稳加荷，加荷速度为 $3\text{kN/s} \sim 5\text{kN/s}$ 。直拉至滑动破坏，测得滑移荷载 N_v 。

抗滑移系数 μ 应根据试验所测得的滑移荷载 N_v 和螺栓预拉力 P 的实测值，按下式计算。

$$\mu = \frac{N_v}{n_f \cdot \sum_{i=1}^m P_i} \quad (6.2.8)$$

式中： N_v ——由试验测得的滑移荷载（kN）；

n_f ——摩擦面面数，取 $n_f = 2$ ；

$\sum_{i=1}^m P_i$ ——试件滑移一侧高强度螺栓预拉力实测值之和（kN）；

m ——试件一侧螺栓数量，取 $m = 2$ 。

6.2.9 高强螺栓连接摩擦面的抗滑移系数检测结果应满足设计要求。当设计无具体要求时，应符合表 6.2.9 的规定。

表 6.2.9 钢材摩擦面的抗滑移系数 μ

连接处构件接触面的处理方法	构件钢材牌号		
	Q235	Q345 或 Q390	Q420 或 Q460
喷硬质石英砂或铸钢棱角砂	0.45		
抛丸（喷砂）	0.40		
钢丝刷清除浮锈或未经处理的干净轧制面	0.30	0.35	—

注：当连接件采用不同钢材牌号时， μ 按较低钢材牌号取值。

6.3 紧固件连接质量检测

6.3.1 紧固件连接质量检测可分为下列检测项目：

- 1 紧固件的尺寸和构造；
- 2 紧固件的变形和损伤；
- 3 射钉、自攻钉、拉铆钉等与连接钢板的连接质量；
- 4 永久性普通螺栓、高强度螺栓连接副的终拧质量；

5 高强度螺栓连接摩擦面的外观质量等。

6.3.2 紧固件的尺寸和构造检测应符合下列规定：

1 按检验批检测时，按连接的节点数进行计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定；

2 采用观察的方法检查射钉、自攻钉、拉铆钉的数量、外观排列方式；

3 采用尺量的方法检测紧固件及连接板的规格、孔径，尺寸、构造、间距、边距和端距等；

4 连接钢板采用的螺栓或和铆钉的间距、边距和端距容许值应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 螺栓或铆钉的间距、边距和端距容许值

名称	位置和方向		最大容许间距 (取两者的较小值)	最小容许 间距	
中心 间距	外排（垂直内力方向或顺内力方向）		$8d_0$ 或 $12t$	$3d_0$	
	中间排	垂直内力方向			$16d_0$ 或 $24t$
		顺内力方向	构件受压力		$12d_0$ 或 $18t$
			构件受拉力		$16d_0$ 或 $24t$
	沿对角线方向		—		
中心至 构件边 缘距离	顺内力方向		$4d_0$ 或 $8t$	$2d_0$	
	垂直内力 方向	剪切边或手工切割边		$1.5d_0$	
		轧制边、自动气			高强度螺栓
		割或锯割边		其他螺栓或铆钉	$1.2d_0$

注： d_0 为螺栓或铆钉的孔径，对槽孔为短向尺寸， t 为外层较薄板件的厚度。

6.3.3 紧固件的变形和损伤检测应符合下列规定：

1 按检验批检测时，按连接的节点数进行计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定；

2 采用观察的方法检查断裂、弯曲、脱落、松动、滑移、腐蚀以及连接板栓孔挤压破坏等内容。

6.3.4 射钉、自攻钉、拉铆钉等与连接钢板的连接质量检测应符合下列规定：

1 按检验批检测时，按连接的节点数进行计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定；

- 2 采用观察的方法检查连接板栓孔挤压破坏情况；
- 3 采用小锤敲击的方法检查紧固密贴情况。

6.3.5 永久性普通螺栓终拧质量检测应符合下列规定：

- 1 按检验批检测时，按连接的节点数进行计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定；
- 2 采用观察的方法检查螺栓外露丝扣，外露丝扣不应少于 2 扣；
- 3 采用小锤敲击的方法检查紧固是否牢固、可靠。

6.3.6 高强度螺栓连接副的终拧质量检测应符合下规定：

- 1 按检验批检测时，按连接的节点数进行计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定；
- 2 采用观察的方法检查螺栓外露丝扣数。外露丝扣应为 2 扣~3 扣，其中允许有 10% 的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣；
- 3 对于扭剪型高强度螺栓，采用观察的方法检查螺栓尾部的梅花头；除因构造原因无法使用专用扳手拧掉梅花头者外，未在终拧中拧掉梅花头的螺栓数不应大于该节点数的 5%；
- 4 对于在建钢结构的高强度大六角头螺栓连接副、不能用专用扳手拧紧的扭剪型高强度螺栓及尾部梅花头未被拧掉的扭剪型高强度螺栓应进行高强度螺栓连接副的终拧扭矩检测。

6.3.7 高强度螺栓连接副的终拧扭矩检测应符合下列规定：

- 1 终拧扭矩检测应在终拧后 1h 后、48h 内完成。
- 2 抽样方法应符合下列规定：
 - 1) 高强度大六角头螺栓连接副按节点数抽查 10%，且不应少于 10 个，每个被抽查节点按螺栓数抽查 10%，且不应少于 2 个；
 - 2) 对于不能用专用扳手拧紧的扭剪型高强度螺栓按节点数抽查 10%，且不应少于 10 个，每个被抽查节点按螺栓数抽查 10%，且不应少于 2 个；
 - 3) 被抽查到的尾部梅花头未被拧掉的扭剪型高强度螺栓连接副应全数检测。
- 3 终拧扭矩检测分扭矩法检测和转角法检测两种，原则上检测方法与施工法应相同。
- 4 扭矩法检测应符合下列规定：
 - 1) 应先用小锤（约 0.3kg）敲击螺母对高强度螺栓进行普查，检查是否有漏拧、未拧紧的情况；
 - 2) 应在小锤敲击检查合格后进行扭矩法检测。先在螺杆端面和螺母相对位置划线，

然后将螺母拧松 60° 左右，再用扭矩扳手重新拧紧，使两线重合，测定此时的扭矩。扭矩应在 $0.9T_{ch} \sim 1.1 T_{ch}$ (T_{ch} 为高强度螺栓检查扭矩)。

5 转角法检测应符合下列规定：

- 1) 检查初拧后在螺母与相对位置所画的终拧起始线和终止线所夹的角度是否达规定值；
- 2) 在螺杆端面和螺母相对位置画线，然后全部卸松螺母，在按规定的初拧扭矩和终拧角度重新拧紧螺栓，观察与原画线是否重合。终拧转角偏差应在 $\pm 30^\circ$ 以内。

6 检查用的扭矩扳手应符合下列规定：

- 1) 相对误差应为 $\pm 3\%$ ，且宜具有峰值保持功能；
- 2) 扭矩扳手的最大量程应根据高强度螺栓的型号、规格进行选择。工作值宜控制在被选用扳手的量限值 $20\% \sim 80\%$ 范围内；
- 3) 扭矩扳手经使用后应擦拭干净放入盒内；
- 4) 长期不用的扭矩扳手，在使用前应先预加载 3 次，使内部工作机构被润滑油均匀润滑。

6.3.8 高强度螺栓连接副的终拧扭矩检测可通过检测高强度螺栓连接副轴力的方法对扭矩值进行验证。超声波检测高强度螺栓连接副轴力应符合本标准附录 D 的有关规定。

6.3.9 高强度螺栓连接摩擦面的外观质量检测应符合下列规定：

- 1 应全数检查；
- 2 采用观察的方法检查高强度螺栓连接摩擦面的外观质量。摩擦面应保持干燥、整洁，不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等，除设计要求外摩擦面不应涂漆。

7 尺寸与变形检测

7.1 一般规定

7.1.1 钢结构工程质量检测时，检验批的划分应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

7.1.2 按检验批检测时，尺寸与变形检测宜采用计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定。

7.1.3 钢结构尺寸及变形检测时，应采取措施消除检测部位饰面层、装修层等造成的影响。变形检测时，当各测试点饰面层、装修层厚度接近，其存在不影响评定结果时，可不予以清除。

7.2 尺寸检测

7.2.1 尺寸检测可分为构件及连接件的截面尺寸、轴线或中心线尺寸、布置定位尺寸等检测项目。

7.2.2 对于受腐蚀后的构件及其连接件，应将腐蚀层除净、露出金属光泽后再进行检测。

7.2.3 尺寸检测可以采用钢卷尺、直尺、游标卡尺、角尺、塞尺、激光测距仪、全站仪、经纬仪、卫星定位系统等进行检测；对于无法用游标卡尺测量的钢材厚度和钢网架等钢管的壁厚，可采用超声测厚仪进行检测。

7.2.4 超声测厚仪的主要技术指标应符合表 7.2.4 的规定，且应随机配有校准用的标准块。

表 7.2.4 超声测厚仪的主要技术指标

项目	技术指标
显示最小单位	0.1mm
工作频率	5MHz
测量范围	板材：1.2mm~200mm 管材下限：φ20mm×3mm
测量误差	$\pm(t/100+0.1)$ mm， t 为被测构件的厚度
灵敏度	能检出距探测面 80mm，直径 2mm 的平底孔

7.2.5 超声测厚仪检测钢材厚度等应符合下列规定：

- 1 检测前应预设声速，并应用随机标准块对仪器进行校准，经校准后方可进行测试；
- 2 将耦合剂涂于被测处，耦合剂可用机油、化学浆糊等；在测量小直径管壁厚度或工

件表面较粗糙时，可选用粘度较大的甘油；

3 将探头与被测构件耦合即可测量，接触耦合时间宜保持 1s~2s；在同一位置宜将探头转过 90° 后作二次测量，取二次的平均值作为该部位的代表值；在测量管材壁厚时，宜使探头中间的隔声层与管子轴线平行；

4 测厚仪使用完毕后，应擦去探头及仪器上的耦合剂和污垢，保持仪器的清洁。

7.2.6 尺寸的检测应符合下列规定：

1 对于等截面构件，应分别在构件的中部和两端量取尺寸，应取 3 个部位的平均值作为代表值；

2 对于截面尺寸均匀变化的变截面构件，应分别在构件的中部和两端量取尺寸，应取每个测点的实测值作为代表值；

3 对于其他变截面构件，应选取构件端部、截面突变的位置量取尺寸，应取每个测点的实测值作为代表值；

4 对于板类构件，应在同一对角线上量测中间及两端处厚度，应取 3 个部位的平均值作为代表值；

5 对于球节点，应在 3 个不同部位量测球节点的直径和壁厚，应取 3 个部位的平均值作为代表值；

6 特殊部位或特殊情况下，应选择对构件安全影响较大的部位或损伤有代表性的部位进行检测。

7.2.7 尺寸偏差的计算应符合下列规定：

1 应以设计的尺寸为基准值，对每个尺寸代表值与基准值进行比较，计算每个尺寸偏差值。

2 尺寸偏差允许值应按照相应的产品标准或施工验收标准等相关规定确定。

3 螺栓球节点的尺寸偏差允许值应按照现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定确定。

4 焊接球的尺寸偏差允许值应按照现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11 的规定确定。

5 空间网格结构小拼单元尺寸偏差允许值应按照现行行业标准《空间网格结构技术规程》JGJ 7 的规定确定。

7.3 变形检测

7.3.1 钢结构或构件变形检测可以分为结构构件垂直度或侧向位移、构件侧向弯曲矢高或扭曲变形、构件挠度、结构整体立面偏移、结构整体平面弯曲等检测项目。

7.3.2 既有钢结构性能检测时，钢结构或构件的变形应在普查的基础上，对整体结构和其中有明显变形的构件进行检测。

7.3.3 钢结构或构件变形检测，应根据建筑类型、变形测量类型以及项目勘察、设计、施工、使用或委托方的要求，按照现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定确定精度等级。

7.3.4 钢结构或构件变形检测应按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定进行技术与实施。

7.3.5 结构或构件垂直度、侧向位移检测应符合下列规定：

1 可采用全站仪、经纬仪等进行检测；当结构或构件的顶部与底部之间的竖向通视时，还可以采用吊线锤或激光垂准仪的方法进行检测；

2 当使用吊线锤检测时，从结构或构件顶部吊线锤至底部，当线锤处于静止状态后，用量尺进行测量；

3 当采用全站仪、经纬仪等检测时，可采用计算测点间的相对位置差的方法，也可以采用通过仪器引出基准线，用量尺直接读取数值的方法；

4 应测量结构或构件不同方向顶部相对底部的水平位移分量与高差，并分别计算垂直度及标明倾斜方向；

5 检测时应区分构件垂直度和构件顶点（层间）位移。

7.3.6 构件侧向弯曲矢高和扭曲变形检测应符合下列规定：

1 可采用拉线、吊线和钢尺或全站仪、水准仪等进行检测；

2 当采用拉线和钢尺检测时，从构件两端沿其轴线方向拉紧 1 根细钢丝或细线作为辅助基准线，测量构件与拉线之间的最大距离，即为构件的变形量；

3 当采用全站仪或水准仪检测时，观测点应沿构件的轴线或边线布设，每一构件不得少于 3 点，通过测点间的相对位置差来计算构件的变形量。

7.3.7 构件挠度检测应符合下列规定：

1 可采用拉线和钢尺或全站仪、水准仪、激光测距仪等进行检测；

2 当采用拉线和钢尺检测时，从构件两端沿其轴线方向拉紧 1 根细钢丝或细线作为辅助基准线，测量跨中位置构件与拉线之间的距离，即为构件的跨中挠度；

3 当采用全站仪、水准仪或激光测距仪检测时，观测点应沿构件的轴线或边线布设，

每一构件不得少于 3 点，通过测得的两端与跨中的相对位置差来计算构件的跨中挠度；

4 钢网架、网壳结构总拼完成及屋面工程完成后的挠度值检测，对跨度 24m 及以下钢网架、网壳结构测量下弦中点处的挠度；对跨度 24m 以上钢网架结构测量下弦中央节点及各方向下弦跨度的四等分点处的挠度；

5 挠度检测应考虑施工偏差和施工起拱的影响。

7.3.8 结构的整体立面偏移检测应符合下列规定：

1 可用全站仪、经纬仪、卫星导航定位系统等进行检测；

2 对主要立面进行全部检测；

3 宜对每一检测立面上全部柱进行平面内侧向位移检测，当条件有限时，除两个角柱外尚应取 1 个中间柱进行侧向位移检测；

4 柱侧向位移检测应符合本章 7.3.5 条的规定，其上、下测点分别布置在钢结构安装主体的顶部和底部；

5 每一立面上最大的柱侧向位移确定为该立面的整体立面偏移。

7.3.9 结构的整体平面弯曲检测应符合下列规定：

1 可用全站仪、经纬仪、卫星导航定位系统等进行检测；

2 对主要立面进行全部检测；

3 宜对每一立面上全部柱构件进行立面外位置检测，当条件有限时，除两个角柱外尚应取 1 个中间柱进行检测；

4 以每一立面 2 个角柱的连线或各柱的设计定位位置确定基准线，计算立面各柱的平面外相对位置差，每一立面上最大的柱相对位置差确定为该立面的整体平面弯曲。

7.3.10 钢结构工程质量检测时，变形和安装偏差的允许值应按照相应的施工验收标准等的规定确定。

8 外观质量与损伤检测

8.1 一般规定

8.1.1 外观质量与损伤应进行全数检测；当不具备全数检测条件时，应注明未检查的构件或区域。

8.1.2 外观质量与损伤现场检测时，应明确结构所处环境有无腐蚀介质、高温作业等环境存在。

8.2 外观质量检测

8.2.1 钢结构构件及其连接件的外观质量检测可按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定确定检测项目。

8.2.2 钢结构外观质量检测宜采用目视检测，裂纹检测时应辅以 5 倍及以上放大镜，并在合适的光照条件下进行，必要时，可以采用磁粉检测、渗透检测等无损检测方法。

8.2.3 钢结构外观质量检测结果除应符合现行国家标准和产品标准的规定外，尚应符合下列规定：

1 钢材件的表面外观质量应符合下列规定：

- 1) 表面不应有裂纹、折叠、夹层，端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷；
- 2) 当表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度允许负偏差值的 1/2，且不应大于 0.5mm；
- 3) 表面的锈蚀等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定的 C 级或 C 级以上等级。

2 铸钢件表面应清理干净，修正飞边、毛刺，去除补贴、粘砂、氧化铁皮、热处理锈斑，清除内腔残余物等，不应有裂纹、未熔合和超过允许标准的气孔、冷隔、缩松、缩孔、夹砂及明显凹坑等缺陷。

3 拉索、拉杆及其护套的表面应光滑，不应有裂纹、折叠、分层、结疤和锈蚀等缺陷。

4 锚具表面不应有裂纹、未熔合、气孔、缩孔、夹砂及明显凹坑等外部缺陷。

5 压型金属板基板不应有裂纹；压型金属板用固定支架应无变形，表面平整光滑，无裂纹、损伤、锈蚀；压型金属板用紧固件，表面应无损伤、锈蚀。

6 螺栓球表面不应有裂纹、褶皱和过烧。

7 焊接球表面应光滑平整，局部凹凸不平不应大于 1.5mm。

8.2.4 钢结构外观质量缺陷应按构件类型、缺陷类别进行分类汇总，汇总结果可列表或图示表示，并宜反映外观质量缺陷在受检范围内的分布特征。

8.3 损伤检测

8.3.1 钢结构构件及其连接件损伤检测可分为腐蚀程度、火灾损伤、碰撞损伤、疲劳损伤、环境损伤等检测项目。

8.3.2 损伤检测应在损伤原因识别的基础上，根据损伤程度选择检测项目和相应的检测方法。

8.3.3 对存在损伤的钢结构检测前，应对可能出现的坍塌、构件或配件脱落等安全隐患进行调查，并应对检测现场可能存在的有毒、有害物质等进行调查。

8.3.4 对腐蚀严重的钢结构构件及其连接件，应对腐蚀程度进行检测。腐蚀程度检测应符合下列规定：

1 检测前应先清除待测表面积灰、油污、锈皮等。

2 板件的厚度可采用游标卡尺或金属测厚仪进行检测。

3 对大面积腐蚀情况，测量腐蚀板件的厚度时，应沿其长度方向选取 3 个锈蚀较严重的区段，每个区段应选取 8~10 个测点测量板件的厚度，取 3 个区段最小厚度值的平均值作为该板的实际厚度。锈蚀严重时，测点数应适当增加。

4 对局部腐蚀情况，测量腐蚀板件的厚度时，应在锈蚀区域选取 8~10 个测点进行测量，取测点的最小厚度值作为该板的实际厚度。

5 板件的腐蚀程度应取初始厚度减去实际厚度。初始厚度应根据板件未锈蚀部分实测厚度确定。板件未锈蚀部分的初始厚度应取下列两个计算值的较大值：

1) 全部测点的算术平均值加上 3 倍的标准差；

2) 公称厚度减去允许负公差的绝对值。

6 板件厚度的现场检测操作应符合本标准第 7 章的规定。

8.3.5 火灾事故发生后，应进行火灾损伤检测。火灾损伤检测应包括火灾影响区域范围、危险结构及构件的分布范围及结构构件的损伤状况等检测内容。火灾影响区域范围内结构构件的火灾损伤状况检测应符合下列规定：

1 可采用观察、尺量、锤击回声和仪器检测等方法对构件及节点连接的变形、松动、

裂损等外观变形损伤以及防腐、防火涂层损伤等进行检测；

2 应按构件类型、损伤类别进行分类汇总，汇总结果可列表或图示表示，并宜反映火灾损伤在受检范围内的分布特征。

8.3.6 碰撞等事故发生后，可采用观察、直尺拉线或靠尺量测的方法对钢结构连接、节点及紧固件的碰撞损伤进行检测。碰撞损伤检测宜包括以下内容：

- 1 焊缝是否有裂纹；
- 2 紧固件是否松动、滑移、弯曲、变形、断裂、脱落；
- 3 节点板、连接板、铸件是否有裂纹或挤压破坏等显著变形；
- 4 钢索是否有断丝或松弛、索节点是否出现滑移、索节点锚具是否出现裂纹、索节点锚塞是否出现渗水裂缝；
- 5 焊接球节点是否出现变形、裂纹；
- 6 螺栓球节点是否出现裂纹、螺栓是否脱丝或拧入的长度不足；
- 7 高强度螺栓摩擦型连接出现滑移、翘曲。

8.3.7 直接承受动力荷载的钢构件及其连接件的疲劳损伤检测应符合下列规定：

- 1 在服役期内应定期劳损伤检测；
- 2 检测的位置应包括构件上应力幅较大的部位、构造复杂的部位、应力集中部位、易出现裂纹的部位；
- 3 疲劳损伤检测可采用辅以放大镜的目视检测以及磁粉、渗透或超声波探伤检测。

8.3.8 严寒和寒冷地区室外钢构件及其连接件的环境损伤检测应符合下列规定：

- 1 检测的位置应包括应力较大的部位、构造复杂的部位、应力集中部位、厚板构件、焊缝或螺栓孔等存在缺陷或损伤的部位。
- 2 检测对象宜为钢材或连接缺陷、锈蚀、损伤以及高应力等造成的裂纹。
- 3 钢材或连接裂纹的检测宜为放大镜目测检查以及磁粉、渗透或超声波探伤等方法。

8.3.9 由于锈蚀、火灾损伤、疲劳损伤、环境损伤或其他损伤造成钢材材料性质发生改变时，宜进行钢材力学性能检测、化学成分分析和金相检测。检测时应符合下列规定：

- 1 钢材力学性能检测与化学成分分析应以结构有损伤或破坏部位的材料为主，采用现场取样的方法，取样方法、试验方法及检测结果的评定应符合本标准第 4 章的相关规定。
- 2 钢材金相检测应符合下列规定：
 - 1) 可采用现场复膜金相检测法或便携式显微镜现场检测法，检测部位宜在开裂、应力集中、过热、变形或其他怀疑有材料组织变化的部位。

- 2) 对于可以现场取样的钢结构构件，应对有代表性的部位采用现场取样，对取样试件进行宏观、微观、断口等金相检测。
- 3) 试验方法及检测结果的评定应符合现行国家标准《金属显微组织检验方法》GB/T 13298、《钢的显微组织评定方法》GB/T 13299、《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》GB/T 226、《结构钢低倍组织缺陷评级图》GB/T 1979、《金属熔化焊接头缺陷分类及说明》GB/T 6417.1 和《钢材断口检验法》GB/T 1814 的有关规定。

9 涂装质量检测

9.1 一般规定

9.1.1 钢结构涂装质量检测可以分为油漆类防腐、金属热喷涂防腐、热浸镀锌防腐等防腐涂层及防火涂料涂装质量的检测。

9.1.2 涂装质量检测时,检验批的划分应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的相关要求。

9.1.3 涂装质量检测应在涂层干燥后进行。

9.1.4 涂层厚度检测应经外观质量检查合格后进行。

9.1.5 采用防腐防火一体化体系(含防腐防火双功能涂料)时,防腐、防火涂装质量合并检测。

9.2 防腐涂层涂装质量检测

9.2.1 防腐涂层涂装质量检测可分为涂层外观质量、涂层完整性、涂层厚度、涂层附着力等检测项目。

9.2.2 防腐涂层外观质量和完整性检测应符合下列规定:

1 宜全数检查;

2 可采用观察检查;

3 检查涂层是否均匀、有无皱皮、流坠、针眼、气泡、漏点、空鼓、脱层等外观质量缺陷;对于金属热喷涂涂层,尚应检查涂层是否有气孔、裸露母材的斑点、附着不牢的金属熔融颗粒、裂纹或影响使用寿命的其他缺陷;对于既有钢结构,尚应检查涂层是否有变色、失光、起泡、粉化、霉变、开裂和脱落及涂层缺失处钢材是否腐蚀等现象;

4 检查涂层的完整程度;

5 应对检测结果进行分类汇总,汇总结果可列表或图示表示,并宜反映外观质量缺陷在受检范围内的分布特征。

9.2.3 防腐涂层厚度检测应符合下列规定:

1 按检验批检测时,宜采用计数抽样检测,检测数量和判定规则应符合本标准第3.4节的规定。

2 可采用涂层测厚仪检测,涂层测厚仪应符合下列规定:

- 1) 应根据被测涂层厚度选择相应量程的探头；测厚仪的分辨率应满足相应测量精度的要求；示值相对误差不应大于 3%；
- 2) 测厚仪的使用条件应符合测试构件的曲率半径要求。在弯曲试件表面测量时，应考虑其对测试准确度的影响；
- 3) 检测前应对测厚仪进行校准。宜采用二点校准，经校准后方可测试；
- 4) 应使用与被测构件基体金属具有相同性质的标准片对仪器进行校准，也可用待涂装构件进行校准；检测期间关机再开机后，应对仪器重新校准。

3 检测前，应现场巡视、探察，应清除测试点表面的防火层、灰尘、油污等，且测点部位涂层应与钢材附着良好。检测部位应有代表性，在检测区域内分布宜均匀。有外观质量缺陷的部位宜单独处理，不计入样本容量。

4 每个构件测 5 处，每处应检测 3 个相距 50mm 的测点，取每处 3 个测点测量值的平均值为每处涂层厚度的代表值，取 5 处 15 个测点的平均值为构件涂层厚度的代表值。

5 测试时，应避免电磁干扰，测点距构件边缘或内转角处的距离不宜小于 20mm，探头与测点表面应垂直接触，接触时间宜保持 1s~2s，读取仪器显示的测量值。

6 对于金属热喷涂涂层厚度，检测方法应按现行国家标准《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》GB/T 11374 的有关规定执行。

7 涂层厚度的检测结果应符合下列规定：

- 1) 当设计对涂层厚度有要求时，每个构件 5 处涂层厚度代表值的最低值不得低于设计要求的 80%，且每个构件涂层厚度的代表值不得低于设计要求的 90%；
- 2) 当设计对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度：室外应为 150 μm ，室内应为 125 μm ，其每个构件涂层厚度的代表值的允许偏差应为 -25 μm 。

9.2.4 防腐涂层附着力检测应符合下列规定：

1 当钢结构处在有腐蚀介质环境或外露且设计有要求时，应进行涂层附着力检测；

2 按检验批检测时，宜采用计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定；

3 检测方法应按照现行国家标准《漆膜附着力测定法》GB 1720 或《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286 的有关规定执行；

4 在检测范围内，检测结果为漆膜完整程度达到 70%以上时，涂层附着力检测结果判定为完好，否则判定为破损；

5 对于金属热喷涂涂层附着力，尚可检测涂层结合强度，检测方法和检测结果应符合

合现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793 的相关规定。

9.3 防火涂料涂装质量检测

9.3.1 防火涂料涂装质量检测可分为涂层外观质量、涂层完整性、涂层厚度等检测项目。

9.3.2 防火涂料涂层外观质量检测应符合下列规定：

- 1 宜全数检查；
- 2 应在涂料涂层干燥后采用观察的方法进行检测；涂层裂纹尚可采用尺量检测；
- 3 检查是否存在误涂、漏涂的现象，涂料涂层是否闭合、有无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆、乳突、霉变、裂纹等外观质量缺陷；对于涂层裂纹，尚应检查裂纹宽度；
- 4 检查涂料的完整程度；
- 5 应对检测结果进行分类汇总，汇总结果可列表或图示表示，并宜反映外观质量缺陷在受检范围内的分布特征，且应对外观质量缺陷是否对防火性能有无明显影响进行评定。

9.3.3 防火涂料涂层厚度检测应符合下列规定：

1 按检验批检测时，宜采用计数抽样检测，检测数量和判定规则应符合本标准第 3.4 节的规定。

2 膨胀型（超薄型、薄涂型）防火涂料的涂层厚度可采用涂层测厚仪检测，涂层测厚仪应符合本标准第 9.2.3 条第 2 款的规定。

3 厚涂型防火涂料的涂层厚度可采用针式测厚仪检测。当测针不易插入防火涂层内部时，可采取防火涂层剥除的方法进行检测，剥除面积不宜大于 $15\text{mm} \times 15\text{mm}$ 。针式测厚仪应符合下列规定：

- 1) 针式测厚仪由测针、可滑动的圆盘和标尺组成。圆盘始终保持与测针垂直，并在其上装有固定装置，圆盘直径不大于 30mm ，以保证完全接触被测试件的表面，标尺可为普通式标尺，也可为数显式的标尺，应根据被测涂层厚度选择相应量程的标尺。测量精度不应大于 0.1mm ；
- 2) 检测前应对测厚仪进行对零校准。把圆盘紧贴标准片，轻压滑杆使测针与圆盘为同一平面，记下标尺上的初始数值，测量后标尺数值减去该初始数值即是实际的涂层厚度。数显式标尺，检测期间关机再开机后，应重新校准；
- 3) 检测后应将仪器擦拭干净，测针处加润滑油，把测针缩回并锁紧标尺螺丝。
- 4 检测前，应现场巡视、探察，应清除测试点表面的灰尘、附着物等，并应避免构件的连接部位。检测部位应有代表性，在检测区域内分布宜均匀。有外观质量缺陷的部位宜单

独处理，不计入样本容量。

5 测点的选定应符合下列规定：

- 1) 楼板和墙的防火涂层厚度检测，可选两相邻纵、横轴线相交的面积为一个构件，在其对角线上按每米长度选 1 个测点，每个构件不应少于 5 个测点。
- 2) 梁、柱构件的防火涂层厚度检测，在构件长度内每隔 3m 取一个截面，且每个构件不应少于 2 个截面。对梁、柱构件的检测截面宜按图 9.3.3 所示布置测点。

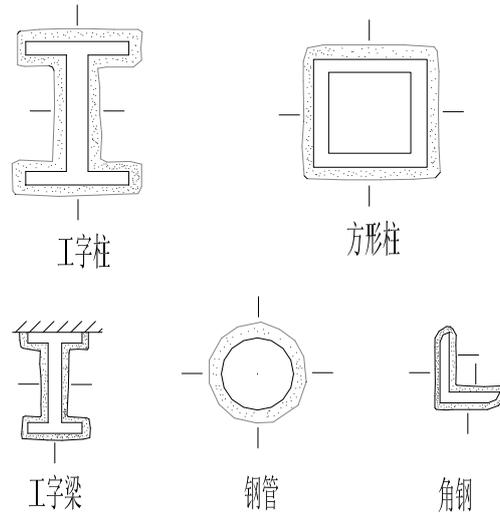


图 12.3.3 测点示意图

- 3) 桁架结构构件的防火涂层厚度检测，上弦和下弦杆件在杆件长度内每隔 3m 取一个截面，且每根杆件不应少于 2 个截面，腹杆每根杆件取不少于一个截面。
- 6 测试时，应将测针垂直插入防火涂层直到钢基材表面，记录标尺读数；避免施加太大的力，以免造成仪器破损或故障。
- 7 构件上所有测点的平均值为构件涂层厚度的代表值，代表值精确到 0.5mm。
- 8 涂层厚度的检测结果应符合下列规定：
- 1) 膨胀型（超薄型、薄涂型）防火涂料的涂层厚度允许偏差为设计要求的-5%，且不应小于-200 μm ；
 - 2) 厚涂型防火涂料的涂层厚度，每个构件所有测点的最低值不应低于设计要求的 85%；每个构件涂层厚度的代表值不应小于设计要求。

10 轻钢围护结构质量检测

10.1 一般规定

10.1.1 轻钢围护结构质量检测主要包括屋面和墙面压型金属板、檩条和墙架及其连接件的质量检测及金属屋面的抗风揭检测。

10.1.2 轻钢围护结构质量检测时，检验批的划分应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和相关标准的有关规定。

10.2 轻钢围护结构质量检测

10.2.1 轻钢围护结构质量检测可以分为尺寸与变形、外观质量与损伤、连接质量等检测项目。

10.2.2 轻钢围护结构尺寸检测主要包括檩条和墙架及连接件的外形尺寸和截面尺寸、檩条间距、墙架间距、压型金属板几何尺寸和厚度等检测。

10.2.3 轻钢围护结构尺寸检测抽样方法、检测数量、检测方法及判定规则应按本标准第 7.2 节的有关规定执行。

10.2.4 轻钢围护结构变形检测主要包括檩条和墙梁的挠度、檩条和墙梁弯曲矢高、檩条和墙梁的变形、屋面和墙面压型金属板的变形等检测。

10.2.5 轻钢围护结构变形检测抽样方法、检测数量、检测方法及判定规则应按本标准第 7.3 节的有关规定执行。

10.2.6 轻钢围护结构外观质量与损伤检测抽样方法、检测数量、检测方法应按本标准第 8 章的有关规定执行。

10.2.7 轻钢围护结构连接质量检测除应按照本标准第 6 章的规定对紧固件的连接质量进行检测外，尚应检测以下项目：

- 1 对轻钢围护结构与主体结构间，轻钢围护结构构件间的连接形式进行检查；
- 2 对屋面及墙面压型金属板的长度方向的搭接端与支承构件的连接方式进行检查，并应对搭接长度进行检测，搭接长度的检测方法应符合本标准 7.2 节的规定；
- 3 检查扣合型和咬合型压型金属板板肋处的开裂、脱落状况；
- 4 对压型金属板的固定支架有无松动破损、变形，表面有无杂物等进行检查。

10.3 金属屋面的抗风揭检测

10.3.1 轻钢围护结构质量检测时，应通过金属屋面抗风揭检测确定其抗风承载能力，屋面抗风揭检测宜在实验室进行。

10.3.2 金属屋面的抗风揭检测应优先采用现场取样的方法进行试验检测。当有与屋面围护结构同批的样品时，可以直接对其取样；当没有屋面围护结构同批的样品时，可在屋面围护结构上取样。当现场取样难度较大时，也可采用与屋面围护结构相近的样品，该样品宜经工程参建各方共同确认。

10.3.3 轻钢围护结构质量检测时，金属屋面抗风揭检测部位应选择在构件无缺陷、无损伤且具有代表性的部位，检测数量按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的要求。既有轻钢围护结构性能检测时，金属屋面抗风揭检测部位宜以结构有损伤或破坏部位为主，同类型金属屋面应至少检测 1 个试件。

10.3.4 对于强（台）风地区（基本风压 $\geq 0.5\text{kN/m}^2$ ）的金属屋面围护结构应采用动态抗风揭检测，其他地区宜采用静态抗风揭检测。

10.3.5 屋面抗风揭检测的检验方法和结果的判定规则应本标准附录 E 执行。

11 结构构件性能检测

11.1 一般规定

11.1.1 结构构件性能检测可以分为静力荷载检验和动力特性检测等检测项目。

11.1.2 检测前应收集结构的各类相关信息，包括原设计文件、施工和验收资料、服役历史、后续使用年限内的荷载和使用功能、已有的缺陷以及可能存在的安全隐患等。

11.1.3 钢结构性能检测，应根据检测目的制定详细的检测方案，并进行计算分析，预测检测过程中结构的性能，并应考虑相邻的结构构件之间的影响。

11.1.4 当选择实际结构构件进行试验时，受检构件的选择应遵守下列原则：

- 1 受检构件应具有代表性，且宜处于荷载较大、抗力较弱或缺陷较多的部位；
- 2 受检构件的试验结果应能反映整体结构的主要受力特点；
- 3 受检构件不宜过多；
- 4 受检构件应能方便地实施加载和进行量测；
- 5 对处于正常服役期的结构，加载试验造成的构件损伤不应影响结构的安全性和正常使用功能产生明显影响。

11.1.5 足尺模型的试件设计宜符合下列原则：

- 1 试件的材料、几何形状、尺寸以及构造措施等宜与原型结构相同，必要时，应对模型试件的材料进行材料性能试验，试验内容应根据试验模型承载性能分析中需要的材料性能指标来确定；

- 2 试件与加载设备、支承装置之间的连接方式及构造措施应能合理、有效地反映原型结构的边界约束条件。

11.1.6 采集数据前应对检测系统的安装、连接以及参数设置进行检查，避免回路干扰，确保检测系统处于正常工作状态。

11.2 静力荷载检验

11.2.1 钢结构性能的静力荷载检验可分为使用性能检验、承载力检验和破坏性检验等检验项目。

11.2.2 存在下列情况之一时，宜进行钢结构性能的静力荷载检验：

- 1 对怀疑有质量问题的结构构件；

- 2 改建、扩建再设计前，确定设计参数的系统检验；
- 3 对资料不全、情况复杂或存在明显缺陷的结构；
- 4 需修复的受灾结构或事故受损结构。

11.2.3 使用性能检验和承载力检验的对象可以是实际结构构件，也可以是足尺模型；破坏性检验的对象可以是不再使用的结构构件，也可以是足尺模型。

11.2.4 检验装置和加载方式应能模拟结构实际荷载的大小和分布，应能反映结构或构件实际工作状态，并根据不同检验目的确定检验荷载和加载值，计算加载值时应扣除构件自重及加载设备的重量。同时应保证构件的变形和破坏不影响测试数据的准确性和不造成检验设备的损坏和人身伤亡事故。

11.2.5 加载方式可根据实际条件按下列方式选择：

- 1 宜采用均布加载。均布荷载可以采用水囊、围堰薄膜加水，也可以采用荷重块。荷重块可以采用现场经计量后的袋砂、袋石子、袋水泥或砖块等。荷重应按区格成垛堆放，垛与垛之间的间隙不宜小于 50mm，以免形成拱作用。

- 2 对于大跨度复杂钢结构体系如钢屋架、桁架、网架等，可以采用集中荷载。集中荷载可以采用悬挂重物或倒链地锚加载。

- 3 对于小型构件还可根据自平衡原理，设计专门的反力装置，利用千斤顶进行集中加载。

- 4 水平荷载可以采用倒链加载的形式。

11.2.6 根据加载试验的类型和目的，试验的检验荷载值应按下列原则确定：

- 1 当为使用性能检验时，检验荷载，在无明确要求的条件下，应取 $1.0 \times \text{实际自重} + 1.15 \times \text{其他恒载} + 1.25 \times \text{可变荷载}$ 。

- 2 当为承载力检验时，检验荷载，应采用永久和可变荷载适当组合的承载力极限状态设计荷载的 1.2 倍。

- 3 当为破坏性检验时，应在试验前进行设计承载力的检验，并根据检验情况估算被检结构的实际承载力，预估检验荷载。

11.2.7 静力荷载检验现场操作应符合下列规定：

- 1 变形测试，应考虑支座沉降变形的影响，正式检验前应施加一定的初试荷载，然后卸载，使构件和检验装置正确到位。加载过程中应记录荷载变形曲线，当这条曲线表现出明显非线性时，应减小荷载增量。

- 2 检验荷载，应分级加载，每级荷载不宜超过最大试验荷载的 20%。构件的自重应作

为第一级加载的一部分。在每级加载完成后，应保持 10min~15min，并检查构件是否存在断裂、屈服、屈曲的迹象以及检测变形值。

3 使用性能检验和承载力检验时，达到最大荷载后，应至少持荷 1h，并每隔 15min 测取 1 次变形值，直到变形值在 15min 内不再明显增加为止。然后应分级卸载，在每一级荷载和卸载全部完成后测取变形值。

4 破坏性检验时，应先分级加载到设计承载力的检验荷载，再根据荷载—变形曲线确定随后的加载增量，然后加载到不能继续加载为止。

11.2.8 加载过程中，当出现下列情况之一时，应立即停止检验，并应判定其承载能力不足：

- 1 控制测点的变形、应变等已达到或超过理论控制值；
- 2 结构的变形急剧发展；
- 3 钢构件出现局部失稳迹象；
- 4 发生其他形式的意外试验现象。

11.2.9 当在规定的荷载持续时间内出现标志性破坏如屈服、失稳、断裂、变形超限等时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为其承载力检验荷载的实测值；当在规定的荷载持续时间结束后出现上述标志性破坏时，应取本级荷载作为其承载力检验荷载实测值。

11.2.10 构件的挠度可用百分表、位移传感器、水平仪等进行测量。当采用等效集中荷载模拟均布荷载进行试验时，挠度实测值应乘以修正系数。当采用三分点加载时，修正系数取 0.98；当采用其他形式集中加载时，修正系数应经计算确定。

11.2.11 钢结构构件应力检测，可根据实际条件选用应力磁测仪或电阻应变仪进行实际应力监测。

11.2.12 经历检验荷载作用后的结构或构件，应满足下列要求：

1 使用性能检验时，荷载—变形曲线应基本为线性；卸载后残余变形不应超过所记录到最大变形值的 20%。当不能满足上述要求时，可重新进行检验，第二次检验试验中的荷载—变形曲线基本呈线性，新的残余变形不得超过第二次检验中所记录到的最大变形的 10%。残余变形不包括符合以下条件的局部变形：

- 1) 在规定荷载作用下，某些结构或构件可能会出现局部变形；
- 2) 局部变形的出现应是事先确定的；
- 3) 局部变形不表明结构或构件受到损伤。

2 承载力检验时，实测应变和变形等与达到承载能力极限状态的预估值没有明显的差距；钢构件没有局部失稳的迹象；结构或构件的任何部分不应出现屈曲破坏或断裂破坏；卸

载后，结构或构件的残余变形不应超过总变形量的 20%。

- 3 破坏性检验时，加载到不能继续加载为止时的承载力即为结构的实际承载力。

11.3 动力特性检测

11.3.1 钢结构动力特性检测是通过测试结构动力输入处和响应处的应变、位移、速度或加速度等时程信号，获取结构的固有频率、振型、阻尼比等动力性能参数。

11.3.2 存在下列情况之一时，宜进行钢结构动力特性检测：

- 1 需要进行抗震、抗风、工作环境或其它激励下动力响应计算的结构；
- 2 需要通过动力参数进行损伤识别和故障诊断的结构；
- 3 在某种动外力作用下，某些部分动力响应过大的结构；
- 4 其他需要获取结构动力性能参数的结构。

11.3.3 钢结构动力特性检测，可根据检测目的选择下列方法：

- 1 检测结构的基本振型时，宜采用环境随机振动激励法。当满足检测要求的前提下，也可采用初始位移法、重物撞击法等方法。
- 2 检测结构平面内多个振型时，宜采用环境随机振动激励法或稳态正弦激振方法。
- 3 检测结构空间振型或扭转振型时，宜采用环境随机振动激励法、多振源相位控制同步的稳态正弦激振方法或初速度法。
- 4 评估结构的抗震性能时，可选用随机激振法或人工爆破模拟地震法。
- 5 大型复杂结构宜采用多点激励方法。
- 6 对于单点激励法测试结果，必要时可采用多点激励法进行校核。

11.3.4 钢结构动力特性检测的仪器设备，应符合下列要求：

- 1 选用的激振器宜体积小、重量轻；当采用稳态正弦激振方法时，宜采用旋转惯性机械起振机，也可采用液压伺服激振器，使用频率范围宜满足检测需要，频率分辨率不应小于 0.01Hz。
- 2 根据被测参数选择合适的位移计、速度计、加速度计和应变计，应使被测频率落在传感器的频率响应范围内。
- 3 测量前应预估测量参数的最大幅值，选择合适的传感器和动态信号测试仪的量程范围，提高输出信号的信噪比。
- 4 测试仪器的分辨率应根据被测结构的最小振动幅值选定。
- 5 动态信号测试仪应具备低通滤波，低通滤波截止频率应小于采样频率的 0.4 倍，防

止信号发生频率混淆。

6 动态信号测试系统的精度、分辨率、线性度、时漂等参数应符合相关规程的要求。

7 在进行瞬态过程测试时，测试仪的可使用频率范围应比稳定测试时大一个数量级。

8 传感器应具备机械强度高，安装调节方便，体积重量小而便于携带，防水，放电磁干扰等性能。

9 记录仪器或数据采集分析系统、电平输入及频率范围，应与测试仪器的输出相匹配。

11.3.5 钢结构动力特性检测，应符合下列规定：

1 根据测试需求确定动态信号测试仪采样间隔和采样时长，同时采样频率应满足采样定理的基本要求。

2 采用环境随机振动激励法试验时，应根据采样率确定测试记录时间长度。测量振型和频率时，记录时间不应少于 5min；测量阻尼比是时不应少于 30min。

3 测点的布置应尽量避免开振型节点和峰点处。测点处传感器安装方式应保证安装谐振频率要远高于测试频率。

4 当因测试仪器数量不足需要多次测试时，每次测试应至少保留一个共同参考点。

5 结构动力测试作业，应保证不产生对结构性能有明显影响的损伤，也应避开地下管线、电磁场、噪声、射线等环境及系统的干扰。

11.3.6 钢结构动力特性检测数据处理，应符合下列规定：

1 数据处理前，应对记录的信号进行零点漂移、波形和信号起始相位的检验。

2 根据需要，可对记录的信号进行截断、去直流、积分和数字滤波等信号预处理。

3 可根据激励方式和结构特点选择时域、频域方法或小波分析等信号处理方法。

4 采用频域方法进行数据处理时，根据信号类型宜选择不同的窗函数处理。

5 试验数据处理后，应根据需要提供试验结构的自振频率、阻尼比和振型以及动力反应最大幅值、时程曲线、频谱曲线等分析结果。

附录 A 磁粉检测焊缝表面缺陷

A.1 检测设备

A.1.1 磁粉探伤装置应根据被测工件的形状、尺寸和表面状态选择，并应满足检测灵敏度的要求。

A.1.2 电磁轭磁粉探伤仪的主要技术指标应符合表 A.1.2 的规定。

表 A.1.2 电磁轭磁粉探伤仪的主要技术指标

项目	技术指标
磁轭两脚间距 (mm)	交流电磁轭: 75~150
	直流电磁轭: 75~225
最大磁极间距上的提升力 (N)	交流电磁轭: ≤ 44
	直流电磁轭: ≤ 177
	交叉磁轭: ≤ 88
整机绝缘电阻 (M Ω)	≤ 5
通电时间 (s)	≤ 5
按重复使用率连续工作 2h 时的温度(°C)	手柄: ≤ 45
	磁轭表面: ≤ 80
	变压器和磁极线圈: ≤ 105

A.1.3 对接管子和其它特殊试件焊缝的检测可采用线圈法、平行电缆法等。对于铸钢件可采用通过支杆直接通电的触头法，触头间距宜为 75mm~200mm。

A.1.4 磁悬液施加装置应能均匀地喷洒磁悬液到试件上。

A.1.5 磁粉探伤设备的其它装置应符合现行国家标准《无损检测 磁粉检测 第 3 部分：设备》GB/T 15822.3 的有关规定。

A.1.6 磁粉检测中的磁悬液可选用油剂或水剂作为载液。常用的油剂可选用无味煤油、变压器油、煤油与变压器油的混合液；常用的水剂可选用含有润滑剂、防锈剂、消泡剂等的水溶液。

A.1.7 在配制磁悬液时，应先将磁粉或磁膏用少量载液调成均匀状，再在连续搅拌中缓慢加入所需载液，应使磁粉均匀弥散在载液中，直至磁粉和载液达到规定比例。磁悬液的检验

应按现行国家标准《无损检测 磁粉检测 第2部分：检测介质》GB/T 15822.2 规定的方法进行。

A.1.8 对用非荧光磁粉配置的磁悬液，磁粉配制浓度宜为 10g/L~25g/L；对用荧光磁粉配置的磁悬液，磁粉配制浓度宜为 1g/L~2g/L。

A.1.9 用荧光磁悬液检测时，应采用黑光灯照射装置。当照射距离试件表面为 380mm 时，测定紫外线辐射强度不应小于 10W/m²。

A.1.10 检查磁粉探伤装置、磁悬液的综合性能及检定被检区域内磁场的分布规律等可用灵敏度试片进行测试。

A.1.11 A 型灵敏度试片应采用 100 μm 厚的软磁材料制成；高灵敏度、中灵敏度和低灵敏度试片的人工槽深度应分别为 15 μm、30 μm 和 60 μm，A 型灵敏度试片的几何尺寸应符合图 A.1.11 的规定。

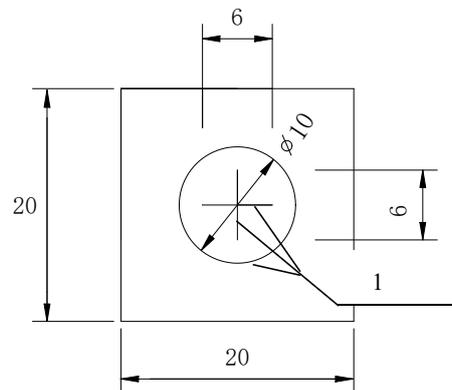


图 A. 1. 11 A 型灵敏度试片的尺寸 (mm)

1—人工槽

A.1.12 当磁粉检测中使用 A 型灵敏度试片有困难时，可用与 A 型材质和灵敏度相同的 C 型灵敏度试片代替。C 型灵敏度试片厚度应为 50 μm，高灵敏度、中灵敏度和低灵敏度试片的人工槽深度应分别为 8 μm、15 μm 和 30 μm，其几何尺寸应符合图 A.1.12 的规定。

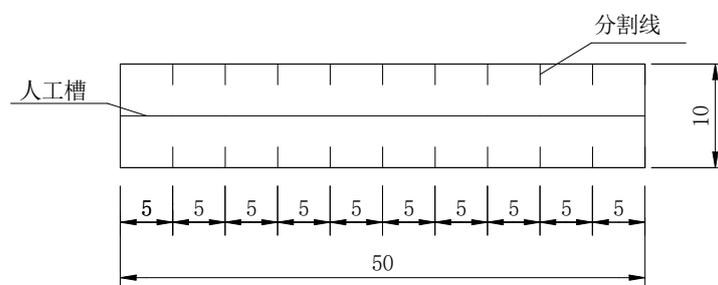


图 A. 1. 12 C 型灵敏度试片的尺寸 (mm)

1—人工槽；2—分割线

A.1.13 在连续磁化法中使用的灵敏度试片，应将刻有人工槽的一侧与被检试件表面紧贴。可在灵敏度试片边缘用胶带粘贴，但胶带不得覆盖试片上的人工槽。

A.2 检测步骤

A.2.1 磁粉检测应按照预处理、磁化、施加磁悬液、磁痕观察与记录、后处理等步骤进行。

A.2.2 预处理应符合下列要求：

1 应对试件探伤面进行清理，清除检测区域内试件上的附着物（油漆、油脂、涂料、焊接飞溅、氧化皮等）；在对焊缝进行磁粉检测时，清理区域应由焊缝向两侧母材方向各延伸 25mm 的范围；

2 根据工件表面的状况、试件使用要求，选用油剂载液或水剂载液；

3 根据现场条件、灵敏度要求，确定用非荧光磁粉或荧光磁粉；

4 根据被测试件的形状、尺寸选定磁化方法。

A.2.3 磁化应符合下列规定：

1 磁化时，磁场方向宜与探测的缺陷方向垂直，与探伤面平行；

2 当无法确定缺陷方向或有多个方向的缺陷时，应采用旋转磁场或采用两次不同方向的磁化方法；当采用两次不同方向的磁化时，两次磁化方向间应垂直；

3 检测时，应先放置灵敏度试片在试件表面，检验磁场强度和方向以及操作方法是否正确；

4 用磁轭检测时，应有覆盖区，磁轭每次移动的覆盖部分应在 10mm~20mm 之间；

5 用触头法检测时，每次磁化的长度宜为 75mm~200mm；检测过程中，应保持触头端干净，触头与被检表面接触应良好，电极下宜采用衬垫；

6 探伤装置在被检部位放稳后方可接通电源，移去时应先断开电源。

A.2.4 在施加磁悬液时，可先喷洒一遍磁悬液使被测部位表面湿润，在磁化时再次喷洒磁悬液。磁悬液宜喷洒在行进方向的前方，磁化应一直持续到磁粉施加完成为止，形成的磁痕不应被流动的液体所破坏。

A.2.5 磁痕观察与记录应按下列要求进行：

1 磁痕的观察应在磁悬液施加形成磁痕后立即进行；

2 采用非荧光磁粉时，应在能清楚识别磁痕的自然光或灯光下进行观察（观察面亮度应大于 500lx）；采用荧光磁粉时，应使用符合本标准第 A.1.9 条规定的黑光灯装置，并应在能识别荧光磁痕的亮度下进行观察（观察面亮度应小于 20lx）；

- 3 应对磁痕进行分析判断，区分缺陷磁痕和非缺陷磁痕；
- 4 可采用照相、绘图等方法记录缺陷的磁痕。

A.2.6 检测完成后，应按下列要求进行后处理：

- 1 被测试件因剩磁而影响使用时，应及时进行退磁；
- 2 对被测部位表面应清除磁粉，并清洗干净，必要时应进行防锈处理。

A.2.7 检测后应填写磁粉检测记录表 A. 2. 7。

表 A. 2. 7 磁粉检测记录

工程名称			委托单位	
检测设备			设备型号	
设备编号			检定日期	
熔焊方法			规格/材质	
设计等级			检测数量	
检测依据			检测日期	
磁粉检测 条件	磁粉种类		磁粉记录（草图或照片）	
	磁化方法			
	磁化时间			
	磁场方向			
	磁场电流			
	磁极间距			
	磁悬液施加方法			
	磁悬液浓度			
	退磁情况			
	试片规格			
灵敏度				
磁痕评定	构件类型	轴线	焊缝位置	缺陷性质、尺寸、数量、部位
返修情况				
检验员	MT 级	审核人	MT 级	

附录 B 渗透检测焊缝表面缺陷

B.1 检测设备

B.1.1 渗透剂、清洗剂、显像剂等渗透检测剂的质量应符合现行行业标准《无损检测 渗透检测用材料》JB/T 7523 的有关规定，并宜采用成品套装喷罐式渗透检测剂。采用喷罐式渗透检测剂时，其喷罐表面不得有锈蚀，喷罐不得出现泄漏。应使用同一厂家生产的同一系列配套渗透检测剂，不得将不同种类的检测剂混合使用。

B.1.2 现场检测宜采用非荧光着色渗透检测，渗透剂可采用喷罐式的水洗型或溶剂去除型，显像剂可采用快干式的湿显像剂。

B.1.3 渗透检测应配备铝合金试块（A 型对比试块）和不锈钢镀铬试块（B 型灵敏度试块），其技术要求应符合现行行业标准《无损检测 渗透检测用试块》JB/T 6064 的有关规定。

B.1.4 试块的选用应符合下列规定：

1 当进行不同渗透检测剂的灵敏度对比试验、同种渗透检测剂在不同环境温度条件下的灵敏度对比试验时，应选用铝合金试块（A 型对比试块）；

2 当检验渗透检测剂系统灵敏度是否满足要求及操作工艺正确性时，应选用不锈钢镀铬试块（B 型灵敏度试块）。

B.1.5 试块灵敏度的分级应符合下列规定：

1 当采用不同灵敏度的渗透检测剂系统进行渗透检测时，不锈钢镀铬试块（B 型灵敏度试块）上可显示的裂纹区号应符合表 B.1.5-1 的规定。

表 B. 1. 5-1 不同灵敏度等级下显示的裂纹区号

检测系统的灵敏度	显示的裂纹区号	
低	2~3	
中	3~4	
高	4~5	

2 不锈钢镀铬试块（B 型灵敏度试块）裂纹区的长径显示尺寸应符合表 B.1.5-2 的规定。

表 B. 1. 5-2 不锈钢镀铬试块裂纹区的长径显示尺寸

裂纹区号	1	2	3	4	5
裂纹长径（mm）	5.5~6.5	3.7~4.5	2.7~3.5	1.6~2.4	0.8~1.6

B.1.6 检测灵敏度等级的选择应符合下列规定：

1 焊缝及热影响区应采用“中灵敏度”检测，使其在不锈钢镀铬试块（B 型灵敏度试块）中可清晰显示“3~4”号裂纹；

2 焊缝母材机加工坡口、不锈钢工件应采用“高灵敏度”检测，使其在不锈钢镀铬试块(B型灵敏度试块)中可清晰显示“4~5”号裂纹。

B.2 检测步骤

B.2.1 渗透检测应按照预处理、施加渗透剂、去除多余渗透剂、干燥、施加显像剂、观察与记录、后处理等步骤进行。

B.2.2 预处理应符合下列规定：

1 对检测面上的铁锈、氧化皮、焊接飞溅物、油污以及涂料应进行清理。应清理从检测部位边缘向外扩展 30mm 的范围；机加工检测面的表面粗糙度 (R_a) 不宜大于 $12.5 \mu\text{m}$ ，非机械加工面的粗糙度不得影响检测结果；

2 对清理完毕的检测面应进行清洗；检测面应充分干燥后，方可施加渗透剂。

B.2.3 施加渗透剂时，可采用喷涂、刷涂等方法，使被检测部位完全被渗透剂所覆盖。在环境及工件温度为 $10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 的条件下，保持湿润状态不应少于 10min。

B.2.4 去除多余渗透剂时，可先用无绒洁净布进行擦拭。在擦除检测面上大部分多余的渗透剂后，再用蘸有清洗剂的纸巾或布在检测面上朝一个方向擦洗，直至将检测面上残留渗透剂全部擦净。

B.2.5 清洗处理后的检测面，经自然干燥或用布、纸擦干或用压缩空气吹干。干燥时间宜控制在 5min~10min 之间。

B.2.6 宜使用喷罐型的快干湿式显像剂进行显像。使用前应充分摇动，喷嘴宜控制在距检测面 300mm~400mm 处进行喷涂，喷涂方向宜与被检测面成 $30^\circ \sim 40^\circ$ 的夹角，喷涂应薄而均匀，不应在同一处多次喷涂，不得将湿式显像剂倾倒至被检面上。

B.2.7 痕迹观察与记录应按下列要求进行：

- 1 施加显像剂后宜停留 7min~30min 后，方可在光线充足的条件下观察痕迹显示情况；
- 2 当检测面较大时，可分区域检测；
- 3 对细小痕迹，可用 5 倍~10 倍放大镜进行观察；
- 4 缺陷的痕迹可采用照相、绘图、粘贴等方法记录。

B.2.8 检测完成后，应将检测面清理干净。

B.2.9 检测后应填写渗透检测记录表 B. 2. 9。

表 B. 2. 9 渗透检测记录

工程名称		委托单位	
------	--	------	--

渗透温度		规格/材质		
熔焊方法		表面状态		
设计等级		检测数量		
检测依据		检测日期		
渗透检测 条件	渗透剂型号		渗透记录（草图或照片）	
	清洗剂型号			
	显像剂型号			
	渗透时间			
	显像时间			
	观察时间			
	试块规格			
迹痕评定	构件类型	轴线	焊缝位置	缺陷性质、尺寸、数量、部位
返修情况				
检验员	PT 级	审核人	PT 级	

附录 C 超声检测焊缝内部缺陷

C.1 检测设备

C.1.1 模拟式和数字式的 A 型脉冲反射式超声仪的主要技术指标应符合表 C.1.1 的规定。

表 C.1.1 A 型脉冲反射式超声仪的主要技术指标

仪器部件	项 目	技术指标	
超声仪 主机	工作频率	0.5MHz~10MHz	
	温度的稳定性 (环境温度变化 5°C 时)	信号幅度变化	≤全屏高度的±2%
		信号位置变化	≤全屏宽度的±1%
	显示的稳定性 (频率增加 1Hz 时)	信号幅度变化	≤全屏高度的±2%
		信号位置变化	≤全屏宽度的±1%
	水平线性	≤全屏宽度的±2%	
	垂直线性	≤±3%	
	衰减器总调节量	≥80dB	
	衰减器每档步进量	≤2dB	
	衰减器精度	任意相邻 12dB 内误差: ≤±1dB	
最大累计误差: ≤1dB			
探头	主声束轴线水平偏离角	≤2°	
	主声束垂直方向偏离	不应有明显的双峰	
	折射角偏差 (K 值偏差)	≤±2° (≤±0.1)	
	前沿距离偏差	≤±1mm	
超声仪主 机与探头 的系统	在达到所需最大检测声程时, 其有效灵敏度余量	≥10dB	
	远场分辨力	直探头: ≥30dB 斜探头: ≥6dB	

C.1.2 超声仪、探头及系统性能的检查应按现行行业标准《无损检测 A 型脉冲反射式超声检测系统工作性能测试方法》JB/T 9214 和《超声探伤用探头性能测试方法》JB/T 10062 规定的方法测试, 其检查项目、周期及时间应符合表 C.1.2 的规定。

表 C.1.2 超声仪、探头及系统性能的周期检查项目及时间

检查项目	检查时间
前沿距离 折射角或 K 值 偏离角	开始使用及每隔 5 个工作日
灵敏度余量 分辨力	开始使用、修理后及每隔 1 个月
超声仪的水平线性 超声仪的垂直线性	开始使用、修理后及每隔 3 个月

C.1.3 超声波检测探头主要采用横波斜探头，必要时，可辅以纵波直探头，探头应符合下列规定：

- 1 横波斜探头应选用在钢中的折射角为 45°、60°、70° 或 K 值为 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 的横波斜探头，频率宜为 2.0MHz~5.0MHz。
- 2 纵波直探头的晶片直径宜在 10mm~20mm 范围内，频率宜为 1.0MHz~5.0MHz。
- 3 对于板厚较小的焊缝，可选用较高频率的探头；对于板厚较大、衰减明显的焊缝应选用较低频率的探头。
- 4 探伤面、检测方法及斜探头的折射角 β （或 K 值）应根据材料的厚度、焊缝坡口形式及预期发现的主要缺陷等因素选择，推荐采用的斜探头折射角 β （或 K 值）见表 C.1.3。

表 C.1.3 探伤面、检测方法及推荐使用的探头角度

板厚 t (mm)	探伤面			检测方法	推荐的折射角 β (K 值)
	A 级	B 级	C 级		
8~25	单面			直射法及一次反射法	70° (K2.5, K2.0)
25~50	单侧				70° 或 60° (K2.5, K2.0, K1.5)
50~100	/	单面双侧或双面单侧		直射法	45° 或 60°、45° 和 60° 并用或 45° 和 70° 并用 (K1.0 或 K1.5, K1.0 和 K1.5 并用或 K1.0 和 K2.5 并用)
> 100	/	双面双侧			45° 和 60° 并用 (K1.0 和 K1.5 或 K2.0 并用)

注：选择两种探头角度时，探头折射角相差应不小于 10°。

C.1.4 探伤面与探头靴底面之间的间隙 g ，不应大于 0.5mm。如果间隙大于 g 值大于 0.5mm，则探头靴底面应修磨至与曲面吻合。对于曲面，探伤面与探头靴底面之间的间隙 g 可由下式进行检查：

$$g = \frac{a^2}{D} \quad (C.1.4)$$

式中： a ——探头接触面宽度 (mm)；

D ——工件直径 (mm)。

C.1.5 超声波检测试块分为标准试块和对比试块。标准试块的形状和尺寸应符合图 C.1.5-1 的要求，标准试块尺寸的允许偏差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。对比试块的形状和尺寸应符合图 C.1.5-2 的要求，对比试块尺寸的允许偏差为 $\pm 0.1\text{mm}$ ；各边垂直度的允许偏差为 0.1mm；表面粗糙度的允许偏差为 $6.3\mu\text{m}$ ；标准孔与加工面的平行度的允许偏差为 0.05mm。试块的制作技术要求应符合现行行业标准《无损检测 超声试块通用规范》JB/T 8428 的有关规定。

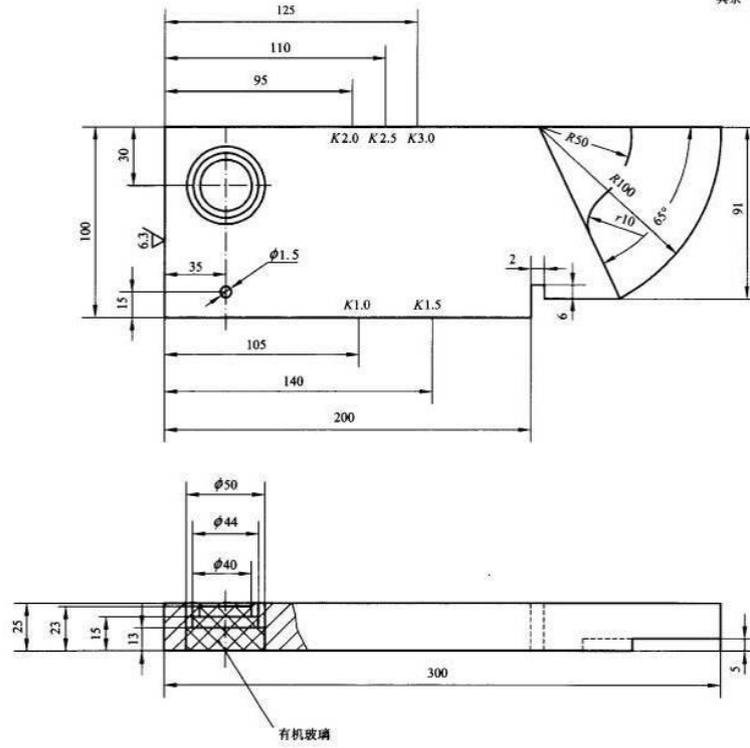


图 C.1.5-1 标准试块的形状和尺寸 (mm)

代号	适用板厚 δ	对比试块
RB-1	8~25	
RB-2	8~100	
RB-3	8~150	

图 C.1.5-2 对比试块的形状和尺寸 (mm)

C.2 检测步骤

C.2.1 检测前，应对超声仪的主要技术指标（如斜探头入射点、前沿距离、斜率K值或角度）进行检查确认；应根据所测工件的尺寸设定仪器时基线，并应绘制距离一波幅(DAC)曲线。

C.2.2 应根据工件的不同厚度设定仪器时基线。直探头一般采用纵波声程调节，斜探头可采用声程调节、水平调节或深度调节。当探伤面为平面时，时基线的设定应在标准试块上进行；当探伤面为曲面时，时基线的设定应在与探伤面曲率相同的标准试块上进行。

C.2.3 距离一波幅(DAC)曲线应由选用的仪器、探头系统在对试块上的实测数据绘制而成。当探伤面为曲面时，距离一波幅(DAC)曲线的绘制应在与探伤面曲率相同的对比试块上进行。

C.2.4 对承受静荷载结构的焊缝进行超声波检测时，距离一波幅(DAC)曲线的绘制应符合下列要求：

1 绘制成的距离一波幅曲线(图C.2.4)应由评定线EL、定量线SL和判废线RL组成。评定线与定量线之间(包括评定线)的区域规定为I区，定量线与判废线之间(包括定量线)的区域规定为II区，判废线及其以上区域规定为III区。

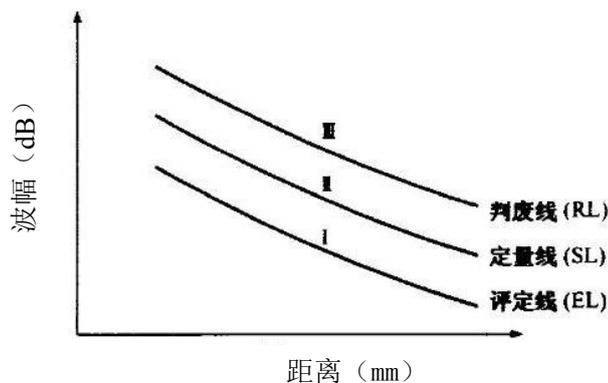


图 C.2.4 距离一波幅曲线示意图

2 距离一波幅曲线的灵敏度要求应符合表 C.2.4 的规定。表中的 DAC 应以 $\phi 3$ 横通孔作为标准反射体绘制距离一波幅曲线(即 DAC 曲线)。在满足被检工件最大测试厚度的整个范围内绘制的距离一波幅曲线在探伤仪荧光屏上的高度不得低于满刻度的 20%。

表 C.2.4 距离一波幅曲线的灵敏度

厚度 (mm)	判废线 (dB)	定量线 (dB)	评定线 (dB)
8~150	$\phi 3 \times 40$	$\phi 3 \times 40-6$	$\phi 3 \times 40-14$

C.2.5 对承受疲劳荷载结构的焊缝进行超声波检测时，距离一波幅(DAC)曲线的灵敏度

应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

C. 2. 6 当系统参数发生变化或等同设定变化受到质疑时，应重新对时基线和灵敏度设定进行校验。

C. 2. 7 超声波检测应包括探头移动区的确定与修整、涂抹耦合剂、探伤作业、缺陷的评定、时基线和灵敏度的校验等步骤。

C. 2. 8 检测前应确定探头移动区，并对探头移动区的探伤面进行修整或打磨，清除焊接飞溅、油垢及其它杂质。探头移动区应足够宽，以保证声束能覆盖整个检测区域。当采用一次反射法或串列式扫查检测时，一侧探头移动区的宽度应大于 $2.5 Kt$ ；当采用直射法检测时，一侧探头移动区的宽度应大于 $1.5 Kt$ 。探头移动区表面的不平整度，不应引起探头和工件的接触间隙超过 0.5mm 。如果间隙超标，应修整探头移动区表面。

C. 2. 9 当受检工件的表面耦合损失及材质衰减与试块不同时，宜考虑表面补偿或材质补偿。补偿量的确定应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 的有关规定。

C. 2. 10 耦合剂应具有良好透声性和适宜流动性，不应对人体和材料有损伤作用，同时应便于检测后清理。常用的耦合剂有机油、甘油和化学浆糊等。当工件处于水平面上检测时，宜选用液体类耦合剂；当工件处于竖立面检测时，宜选用糊状类耦合剂。

C. 2. 11 探伤灵敏度不应低于评定线灵敏度。扫查速度不应大于 150mm/s ，相邻两次探头移动区域应保持有探头宽度 10% 的重叠。在查找缺陷时，扫查方式可选用锯齿形扫查、斜平行扫查和平行扫查。为确定缺陷的位置、方向、形状、观察缺陷动态波形，可采用前后、左右、转角、环绕等四种探头扫查方式。

C. 2. 12 对所有反射波幅超过定量线的缺陷，均应确定其位置、最大反射波幅所在区域和缺陷指示长度。缺陷指示长度的测定可采用以下两种方法：

1 当缺陷反射波只有一个高点时，宜用降低 6dB 相对灵敏度法测定其长度；

2 当缺陷反射波有多个高点时，则宜以缺陷两端反射波极大值之处的波高降低 6dB 之间探头的移动距离，作为缺陷的指示长度（图 C. 2. 12）；

3 当缺陷反射波在 I 区未达到定量线时，如探伤者认为有必要记录时，可将探头左右移动，使缺陷反射波幅降低到评定线，以此测定缺陷的指示长度。

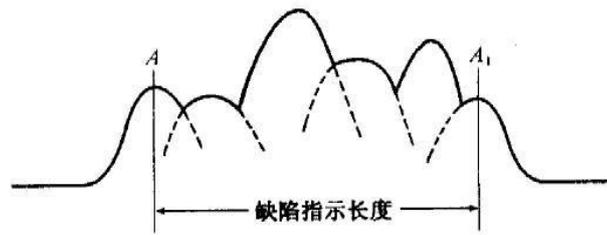


图 C. 2. 12 端点峰值测长法

C. 2. 13 在确定缺陷类型时，可将探头对准缺陷作平动和转动扫查，观察波形的相应变化，并结合操作者的工程经验作出判断。

C. 2. 14 检测过程中至少每 4 小时或检测结束时，应对时基线和灵敏度设定进行校验。如果在检测过程中发现偏离，应按表 C. 2. 14 的要求进行修正。

表 C.2.14 灵敏度和时基线修正

灵敏度		
1	偏离值 $\leq 4\text{dB}$	继续检测前，应修正设定
2	灵敏度降低值 $> 4\text{dB}$	应修正设定，同时该设备前次校验后检查的全部焊缝应重新检测
3	灵敏度增加值 $> 4\text{dB}$	应修正设定，同时该设备前次校验后检查的全部已记录的显示应重新检测
时基线		
1	时基线偏离值 $\leq 2\%$	继续检测前，应修正设定
2	时基线偏离值 $> 2\%$	应修正设定，同时该设备前次校验后检查的全部焊缝应重新检测

C.3 检测结果的评价

C.3.1 最大反射波幅不超过评定线（未达到 I 区）的缺陷应评为 I 级。

C.3.2 最大反射波幅超过评定线，但低于定量线的非裂纹类缺陷应评为 I 级。

C.3.3 最大反射波幅超过评定线的缺陷，检测人员判定为裂纹等危害性缺陷时，无论其波幅和尺寸如何均应评定为 IV 级。

C.3.4 最大反射波幅位于 II 区的缺陷，可根据单个缺陷指示长度 ΔL 。不同检验等级，不同焊缝质量评定等级的缺陷指示长度限值应符合表 C. 3. 4 的规定。

表 C.3.4 焊缝质量评定等级的缺陷指示长度限值（mm）

检测等级 厚板 评定等级	A	B	C
	8-50mm	8-150mm	8-150mm
I	$2/3t$;	$1/3t$;	$1/3t$;

	最小 8mm	最小 6mm,最大 40mm	最小 6mm ,最大 40mm
II	$3/4t$; 最小 8mm	$2/3t$; 最小 8mm,最大 70mm	$2/3t$; 最小 8mm,最大 50 mm
III	t ; 最小 16mm	$3/4t$; 最小 12mm,最大 90mm	$3/4t$; 最小 12mm,最大 75 mm
IV	超过III级者		
备注	t 为母材板厚, 母材板厚不同时, 以较薄侧板厚为准		

注: 当相邻两缺陷间距不大于 8mm 时, 两个缺陷指示长度之和作为单个缺陷的指示长度; 相邻两个缺陷间距大于 8mm 时, 两个缺陷分别计算各自指示长度。

C.3.5 除了非危险性的点状缺陷外, 最大反射波幅位于 III 区的缺陷, 无论其指示长度如何, 均应评定为 IV 级。

C.3.6 一级焊缝内部缺陷的评定等级不低于 II 级时为合格焊缝; 二级焊缝内部缺陷的评定等级不低于 III 级时为合格焊缝。

C.3.7 不合格的焊缝应进行返修, 返修部位及热影响区应重新进行检测与评定。

C.3.8 检测后应填写超声波检测记录表 C. 3. 7。

表 C. 3. 7 超声波检测记录

工程名称		委托单位	
检测设备		设备型号	
设备编号		检定日期	
材质		厚度	
焊缝种类	对接平缝○ 对接环缝○ 角接纵缝○ T 型焊缝○ 管接口缝○		
焊接方法		探伤面状态	修整○ 轧制○ 机加○
探伤时机	焊后○ 热处理后○	耦合剂	机油○ 甘油○ 浆糊○
探伤方式	垂直○ 斜角○ 单探头○ 双探头○ 串列探头○		
扫描调节	深度○ 水平○ 声程○	比例	试块
探头尺寸		探头 K 值	探头频率
探伤灵敏度		表面补偿	
设计等级		检验等级	
评定等级		检测数量	
检测依据		检测日期	

探伤部位示意图						
探伤结果及返修情况	构件类型	轴线	焊缝位置	探伤长度	显示情况	备注
检验员	UT 级			审核人	UT 级	

附录 D 超声波检测高强度螺栓连接副轴力

D.1 一般规定

D.1.1 超声波检测高强度螺栓连接副轴力适用于直径不小于 $\Phi 6\text{mm}$ 高强度螺栓连接副的轴力检测。超声波检测高强度螺栓连接副轴力是一种使用收发一体的脉冲回波超声波纵波直探头测量螺栓预紧前后底波声时差、结合声弹性方程计算出轴力大小的检测方法。

D.1.2 超声波检测高强度螺栓连接副轴力的检测人员应须由认证机构或授权认证机构根据《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 的超声检测 II 级或 II 级以上资格证书。

D.1.3 超声波检测高强度螺栓连接副轴力现场检测工作必须遵守有关安全规程，当检测条件不符合检测工艺要求或不具备安全作业条件时，检测人员有权停止检测，待条件改善符合要求后再进行工作。

D.2 检测设备

D.2.1 超声波应力测量分析仪应具有超声波声速或声时和应力计算的功能，其主要技术指标应符合表 D.2.1 的规定。

表 D.2.1 超声波应力测量分析仪的主要技术指标

项目	技术指标
工作频率范围	0.3MHz~20.0MHz
超声波激励电压	100V、200V、300V、400V
匹配阻抗	在 20 Ω ~500 Ω 范围内可调
滤波设置	高通滤波截止频率有 0.5MHz、1MHz、2.5MHz、5MHz 和 10MHz； 低通滤波截止频率 25MHz； 数字滤波频率为 0MHz~25MHz 可调
增益设置	接收增益调节为 0dB~100dB，0.2dB 步进量
声时检测精度	0.1ns
轴力检测来精度	$\pm 3\%$

D.2.2 应力超声检测探头应由经过测试性能参数相匹配的超声纵波直探头，并应符合现行国家标准《无损检测 超声检验 测量接触探头声束特性的参考试块和方法》GB/T 18852 的有关规定。

D.2.3 应力超声检测应使用适当的耦合剂，以保证在工作温度范围内探头与被检件表面具有稳定可靠的超声耦合。螺栓检测过程中应使用相同的耦合剂，并保持相同的耦合状态。

D.3 检测步骤

D.3.1 检测前，检测区域应符合下列规定：

- 1 检测区域应大于或等于探头尺寸的覆盖范围，或经由合同约定；
- 2 检测区域的表面粗糙度 $R_a \leq 10 \mu\text{m}$ ，表面打磨平整，且不得有飞溅、污垢、油漆涂层及其它影响应力检测的杂质。表面的不规则状态不应影响检测结果的有效性；
- 3 检测区域表面温度宜为 $0^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ ；
- 4 应对检测区域进行外观检查，有必要时应进行无损检测，合格后再进行轴力检测。

D.3.2 检测前应进行仪器与探头组合性能校准。

D.3.3 现场检测操作应符合下列规定：

- 1 首先将超声应力检测仪打开，调整到正常工作状态，连接检测探头；然后根据检测探头的频率设置仪器的检测频率、滤波宽带、超声激励电压、超声接收增益和阻抗匹配等参数，将探头放置在任意一个螺栓上，使接收信号中得到稳定且清晰可见的螺栓底面一次回波；调整和设置好仪器参数后，对待检的螺栓施拧前采集基准，施拧完成后在采集基准的端面相同位置放置探头测量螺栓轴力；
- 2 检测过程中探头和螺栓之间需要较稳定的压紧力；
- 3 螺栓表面尽量平整，探头与表面接触完全，螺栓表面粗糙度最好在 $6.3 \mu\text{m}$ 以上，预留探头接触面不宜小于 $\Phi 5\text{mm}$ ，螺栓两端平行度 $\pm 1.5^\circ$ 以内；
- 4 轴力检测时，每个螺栓使用自身的基准，不同螺栓间不能互用基准；
- 5 检测时应保证接收信号中超声纵波信号稳定且清晰可见，读出仪器设备显示的螺栓轴力数值，并记录检测结果。

D.4 检测结果的评价

高强度螺栓连接副轴力检测结果应按设计要求或国家现行标准的有关规定进行评定。

附录 E 金属屋面抗风揭性能检测方法

E.1 一般规定

- E.1.1 金属屋面应包括金属屋面板、支座、檩条、紧固件等主要受力构件或零部件。
- E.1.2 金属屋面抗风揭性能检测应采用实验室模拟静态、动态压力加载法。
- E.1.3 金属屋面抗风揭性能检测应选取金属屋面中具有代表性的典型部位进行检测,被检测屋面系统中的材料、构件加工、安装施工质量等应与实际工程情况一致,并应符合设计和相应技术标准的要求。
- E.1.4 金属屋面典型部位的风荷载标准值 w_k 应由设计单位给出,检测单位应根据设计单位给出的风荷载标准值 w_k 进行检测。

E.2 静态压力抗风揭检测

E.2.1 检测装置应由测试平台、风源供给系统、压力容器、测量系统及试件系统组成;测试平台的尺寸应为:长度 $L \geq 7320\text{mm}$, 宽度 $B \geq 3660\text{mm}$, 高度 $H \geq 1200\text{mm}$, 检测装置的构成如图 E.2.1 所示。

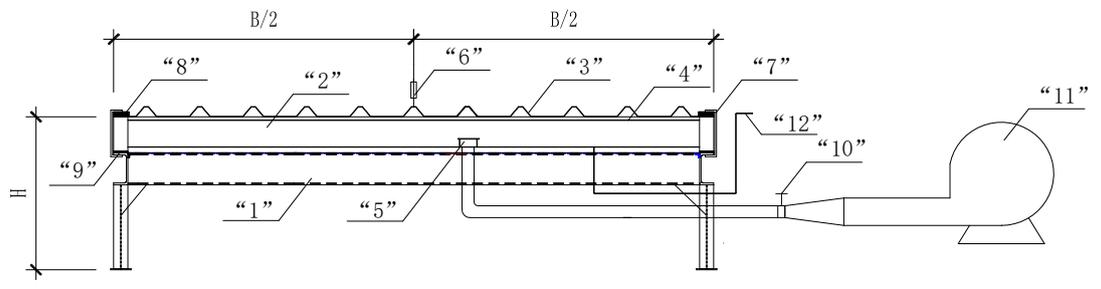


图 E.2.1 抗风揭性能检测装置示意

- 1-测试平台; 2-压力容器; 3-试件系统; 4-檩条; 5-进风口挡板; 6-位移计; 7-固定夹具; 8-木方;
9-密封环垫; 10-压力控制装置; 11-供风设备; 12-压力计

E.2.2 检测装置应满足构件设计受力条件及支撑方式的要求,测试平台结构应具有足够的强度、刚度和整体稳定性能。

E.2.3 压力测量系统最大允许误差应为示值的 $\pm 1\%$ 且不大于 0.1kPa ; 位移测量系统最大允许测量误差应不大于满量程的 0.25% ; 使用前应经过校准。

E.2.4 检测步骤应符合以下规定:

- 1 从 0 开始, 以 $0.07\text{kPa/s} \pm 0.05\text{kPa/s}$ 加载速度加压到 0.7kPa ;

- 2 加载至规定压力等级并保持该压力时间 60s，检查试件是否出现破坏或失效；
- 3 排除空气卸压回到零位，检查试件是否出现破坏或失效；
- 4 重复上述步骤，以每级 0.7kPa 逐级递增作为下一个压力等级，每个压力等级应保持该压力 60s，然后排除空气卸压回到零位，再次检查试件是否出现破坏或失效；
- 5 重复测试程序直到试件出现破坏或失效，停止试验并记录破坏前一级压力值。

E.2.5 出现以下情况之一应判定为试件的破坏或失效，破坏或失效的前一级压力值应为抗风揭压力值 w_u 。

- 1 试件不能保持整体完整，板面出现破裂、裂开、裂纹、断裂；
- 2 板面撕裂或掀起及板面连接破坏；
- 3 固定部位出现脱落、分离或松动；
- 4 固定件出现断裂、分离或破坏；
- 5 试件出现影响使用功能的破坏或失效（如影响使用功能的永久变形等）；
- 6 设计规定的其他破坏或失效。

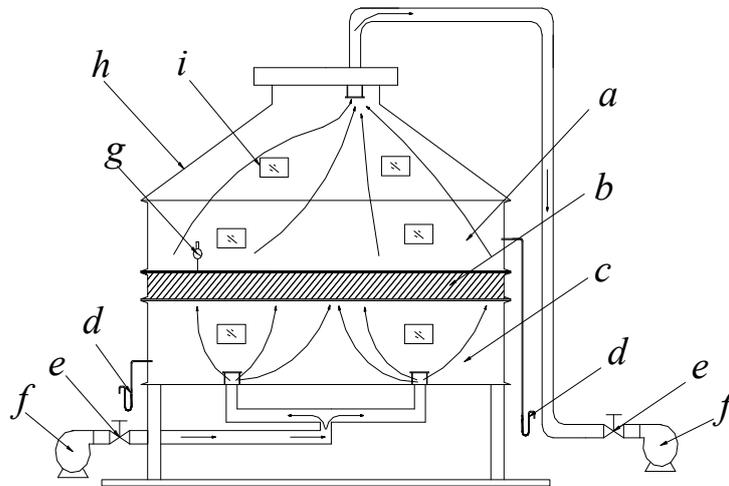
E.2.6 检测结果的合格判定应符合下列要求：

$$K = w_u / w_k \geq 2.0 \quad (\text{E.2.6})$$

式中： K —抗风揭系数； w_k —风荷载标准值； w_u —抗风揭压力值。

E.3 动态压力抗风揭检测

E.3.1 动态风荷载检测装置应由试验箱体、风压提供装置、控制设备及测量装置组成（图 E.3-1）。试验箱体不小于 3.5m×7.0m，应能承受至少 20kPa 的压差。



图E.3.1 动态风载检测装置示意

a—上部压力箱 ;b—试件及安装框架;E—下部压力箱;d—压力测量装置;e—压力控制装置;
f—供风设备;g—位移测量装置;h—集流罩;i—观察窗。

E.3.2 差压传感器精度应达到示值的1%，测量响应速度应满足波动加压测量的要求；位移计的精度应达到满量程的0.25%。

E.3.3 动态风荷载检测值应取1.4倍风荷载标准值($P_T=1.4w_k$)。

E.3.4 检测步骤应符合下列规定：

- 1 向上部压力箱施加波动的负压，待下部箱体压力稳定，且上部箱体波动压力达到对应值后，开始记录波动次数；
- 2 波动负压范围应为负压最大值乘以其对应阶段的比例系数，波动负压范围和波动次数应符合表E.3.4的规定；
- 3 波动压力差周期为 $10s \pm 2s$ ，如图E.3.4所示。

表 E.3.4 波动加压顺序

阶段	波动次数	波动压力范围
A	4500	$0 \sim 0.45P_t$
B	600	$0 \sim 0.6P_t$
C	80	$0 \sim 0.8P_t$
D	1	$0 \sim 1.0P_t$
E	80	$0 \sim 0.6P_t$
F	600	$0 \sim 0.8P_t$
G	4500	$0 \sim 0.45P_t$

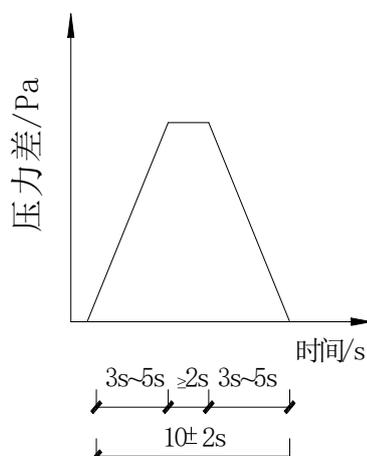


图 E.3.4 一个周期波动压力示意

E.3.5 动态风荷载检测一个周期次数为 10361 次，检测应不小于一个周期。出现以下情况之一应判定为试件的破坏或失效：

- 1 试件与安装框架的连接部分发生松动和脱离；
- 2 面板与支承体系的连接发生失效；
- 3 试件面板产生裂纹和分离；
- 4 其他部件发生断裂、分离以及任何贯穿性开口；
- 5 设计规定的其他破坏或失效。

E.3.6 检测结果的合格判定应符合下列要求：

- 1 动态风荷载检测结束，试件未失效；
- 2 继续进行静态风荷载检测至其破坏失效,且应满足式（E.3.6）要求。

$$K=w_u/w_k \geq 1.6 \quad (\text{E.3.6})$$

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，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 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 2 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 3 《建筑结构检测技术标准》 GB/T 50344
- 4 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 5 《钢的成品化学成分允许偏差》 GB/T 222
- 6 《钢铁及合金化学分析方法》 GB 223
- 7 《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》 GB/T 226
- 8 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》 GB/T 228.1
- 9 《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》 GB/T 229
- 10 《金属材料 弯曲试验方法》 GB/T 232
- 11 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 12 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》 GB/T 1231
- 13 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 14 《漆膜附着力测定法》 GB 1720
- 15 《钢材断口检验法》 GB/T 1814
- 16 《结构钢低倍组织缺陷评级图》 GB/T 1979
- 17 《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》 GB/T 2975
- 18 《合金结构钢》 GB/T 3077
- 19 《耐候结构钢》 GB/T 4171
- 20 《金属熔化焊焊接接头射线照相》 GB/T 3233
- 21 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》 GB/T 3098.1
- 22 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》 GB/T 3632
- 23 《碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）》
GB/T 4336
- 24 《厚度方向性能钢板》 GB/T 5313
- 25 《金属熔化焊接头缺陷分类及说明》 GB/T 6417.1
- 26 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表

面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

- 27 《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286
- 28 《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445
- 29 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793
- 30 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345
- 31 《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》GB/T 11374
- 32 《金属显微组织检验方法》GB/T 13298
- 33 《钢的显微组织评定方法》GB/T 13299
- 34 《无损检测 磁粉检测 第2部分：检测介质》GB/T 15822.2
- 35 《无损检测 磁粉检测 第3部分：设备》GB/T 15822.3
- 36 《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939
- 37 《无损检测 超声检验 测量接触探头声束特性的参考试块和方法》GB/T 18852
- 38 《建筑结构用钢板》GB /T 19879
- 39 《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066
- 40 《钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)》GB/T 20123
- 41 《低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》GB/T 20125
- 42 《空间网格结构技术规程》JGJ 7
- 43 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 44 《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规范》JGJ 82
- 45 《无损检测 渗透检测用试块》JB/T 6064
- 46 《无损检测 渗透检测用材料》JB/T 7523
- 47 《无损检测 超声试块通用规范》JB/T 8428
- 48 《无损检测 A型脉冲反射式超声检测系统工作性能测试方法》JB/T 9214
- 49 《超声探伤用探头性能测试方法》JB/T 10062
- 50 《摆锤敲入法检测钢材强度技术规程》T/CECS

中国工程建设标准化协会标准

钢结构现场检测技术标准

T/CECS XXX-2021

条文说明

制订说明

本标准制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了国内外有关钢结构现场检测技术的成熟经验，同时参考了国外先进技术标准，确定了各项技术要求。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《钢结构现场检测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则.....	71
2	术语和符号.....	72
2.1	术 语.....	72
2.2	符 号.....	72
3	基 本 规 定.....	73
3.1	钢结构检测分类.....	73
3.2	检测工作程序与基本要求.....	73
3.3	检测项目与抽样方法.....	75
4	钢材力学性能检测与化学成分分析.....	77
4.1	一般规定.....	77
4.2	钢材力学性能检测.....	77
4.3	钢材化学成分分析.....	78
5	焊缝连接质量检测.....	79
5.1	一般规定.....	79
5.2	焊缝外观质量检测.....	79
5.4	焊缝内部缺陷检测.....	80
6	紧固件连接质量检测.....	81
6.1	一般规定.....	81
6.2	紧固件性能检测.....	81
6.3	紧固件连接质量检测.....	82
7	尺寸与变形检测.....	83
7.1	一般规定.....	83
7.2	尺寸检测.....	83
7.3	变形检测.....	83
8	外观质量与损伤检测.....	85
8.1	一般规定.....	85
8.2	外观质量检测.....	85
8.3	损伤检测.....	85
9	涂装质量检测.....	87
9.1	一般规定.....	87
9.2	防腐涂层涂装质量检测.....	87
9.3	防火涂料涂装质量检测.....	88
10	轻钢围护结构质量检测.....	89
10.1	一般规定.....	89
10.2	轻钢围护结构质量检测.....	89
10.3	金属屋面系统的抗风揭性能检测.....	89
11	结构构件性能检测.....	90
11.1	一般规定.....	90
11.2	静力荷载检验.....	90
11.3	动力特性检测.....	92
附录 A	磁粉检测焊缝表面缺陷.....	94
A.1	检测设备.....	94

A.2	检测步骤.....	95
附录 B	渗透检测焊缝表面缺陷.....	96
B.1	检测设备.....	96
B.2	检测步骤.....	96
附录 C	超声波检测焊缝内部缺陷.....	97
C.2	检测步骤.....	97
C.3	检测结果的评价.....	97

1 总 则

1.0.1 钢结构因其强度高、自重轻、抗震性能好、工业化程度高、建设周期短、可循环利用、环境污染较少等众多优点，受到国内外建筑师与结构工程师的青睐。目前，我国钢结构工程发展较快，钢结构占建筑工程中的份额越来越大，但是，在钢结构飞速发展的过程中，钢结构的工程质量也暴露出越来越多的问题，钢结构工程质量事故频发。为了保障钢结构的安全使用，必须对钢结构工程进行现场检测，以控制钢结构的工程质量。

目前国内关于钢结构的检测、验收、评定标准繁多，且各个标准的尺度要求不一，导致在钢结构现场检测过程中检测人员标准使用不清、监督管理部门统一管理不便的问题。例如：在钢结构焊缝超声检测的检测、验收与评定过程中，很多检测人员存在误区，现场检测结果给出焊缝满足验收等级 2 级或验收等级 3 级的要求。这主要是因为钢结构焊缝超声检测技术依据的标准是《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345-2013，该标准推荐验收等级按照《焊缝无损检测 超声检测 验收等级》GB/T 29712-2013 的有关规定执行。但是，在《钢结构设计标准》GB 50017-2017、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020、《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 等标准中对于钢结构焊缝是按照焊缝质量等级划分的，没有验收等级的概念，所以，在钢结构焊缝超声检测过程中存在检测、验收、评定标准不协调的问题。另外，《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 规定了钢结构工程施工质量验收的内容，但缺少相应检测方法的操作过程，本标准以《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205-2020 中规定施工质量验收内容为依托，提出了较为全面、具体、可操作的钢结构现场检测技术方法和操作过程，为钢结构工程质量的评定和既有钢结构性能的鉴定提供技术保障。

1.0.2 本条规定了标准的适用范围。适用范围与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 一致。

对于公路桥梁钢结构、电站电力塔架、各种设备钢构架、照明塔架、通廊或工业管道支架等钢结构的现场检测可参照本标准规定执行。

1.0.3 钢结构现场检测和评定涉及面广，与设计、施工、评估、鉴定密切相关。本标准未涉及的内容应执行国家现行有关规范、标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

本标准给出了有关钢结构检测方面的专用术语，这些术语仅从本标准的角度赋予其涵义，但涵义不一定是术语的定义。同时还分别给出了相应的推荐性英文术语，该英文术语不一定是国际上的标准术语，仅供参考。

对工程建设而言，通常所说的无损检测是指在检测过程中，对结构的既有性能没有影响的检测。但在其他行业（如机械、特种设备、船舶等）中，无损检测这一术语有其特定含义，一般来说，是指磁粉检测、渗透检测、超声检测、射线检测等方法。为保证与其他行业在术语上的一致性，因此，本标准中所说的无损检测专指目视检测、磁粉检测、渗透检测、超声检测、射线检测等方法，而非工程建设中所说的广义上的无损检测。

2.2 符号

本标准给出的符号都是本标准各章节中所引用的。

3 基本规定

3.1 钢结构检测分类

3.1.1 本条对钢结构现场检测进行了分类。

钢结构工程质量检测是对工程实际状况的检测结果与设计要求的指标或规范限定指标进行比较并判定其符合性的工作。这项工作注重的是有关当事方的合法权益，体现的是检测工作的公正性，其检测操作应严格执行国家现行有关检测标准的规定。

既有钢结构性能检测是依据工程实际状况的检测结果评定或鉴定结构性能的工作。这项工作注重是对结构性能的评定或鉴定，检测结果为结构性能评定或鉴定的数据信息，要能够实事求是地反映结构的实际情况，无须进行检测结果的符合性判定。

钢结构工程质量检测与既有钢结构性能检测最为明显的区别在于是否需要对检测结果进行符合性判定，钢结构工程质量检测必须给出明确的符合性检测结论；既有钢结构性能检测一般无须给出符合性检测结论，其检测结果主要是为后续的处理提供数据信息。

3.1.4 本条明确了钢结构工程质量检测的特殊要求，所谓符合性判定是指符合设计要求的评定。

3.1.5 本条是对既有钢结构结构性能检测工作的基本要求。既有钢结构性能检测无须进行检测结果的符合性判定，检测结果为结构性能的评定和鉴定提供数据信息。

3.2 检测工作程序与基本要求

3.2.1 本条规定了钢结构现场检测工作的基本程序。程序框图中所描述的是一般的钢结构现场检测从接受委托到出具检测报告各个阶段。对于特殊的钢结构现场检测工作，则应根据检测的目的确定其检测的工作程序和相应的内容。

3.2.2 本条规定了钢结构现场检测工作接受委托的方式。

对于一般不存在质量争议的钢结构现场检测工作，可接受单方委托。对于存在质量争议的钢结构现场检测工作，宜由当事各方共同委托，一方面可以确保当事各方的利益，使检测工作公平合理，另一方面可以保证检测结论的公证，增加检测结论的接受和采信度，避免重复检测或丧失检测的最佳时机。司法鉴定项目涉及的检测工作应按照相应的法律法规要求接受委托。

3.2.3 钢结构现场检测工作前的调查是非常重要的。通过踏勘现场、搜集和分析有关资料及

向有关人员询问等方法，一方面可以了解结构的现状、环境条件、使用用途和荷载的情况、使用期间的加固维修情况等实际状况，另一方面可以确认委托方检测目的和检测要求，与委托方商定检测的范围、内容和重点。调查不仅有利于较好地制定检测方案，而且有助于确定检测的内容和重点，便于现场检测工作的开展。

有关资料主要是指结构的设计图、设计变更、施工记录和验收资料、加固图和维修记录等。当缺乏有关资料时，应向有关人员进行调查。当建筑结构受到灾害或邻近工程施工的影响时，尚应调查结构受到损伤前的情况。

3.2.4 钢结构现场检测方案应根据检测目的、结构现状调查结果来制定。本条第 1 款的工程概况或结构概况应包括结构类型、建筑面积、总层数、设计单位、施工单位、监理单位、建筑年代或检测时工程的施工进度、使用过程中的状况等。本条第 3 款的检测依据主要包括检测所依据的标准及有关的技术资料等。

3.2.5 检测方案常常作为检测合同的附件，征询委托方意见，是为了进一步明确检测目的，确认检测范围、检测项目以及采用的检测方法，避免可能产生的纠纷。检测方案经过检测机构内部的审定，是为了保证检测工作的准确性和有效性。

3.2.6 本条对钢结构现场检测中所使用的仪器、设备提出了具体要求。在检定或校准周期内的仪器设备并不是都处于正常状态，在实施检测前，应进行必要的校验。

3.2.8 本条规定了钢结构现场检测工作的人员要求，对从事钢结构材料和焊缝无损检测的人员还提出了资格等方面的要求。

常用的钢结构材料和焊缝无损检测方法有超声检测（UT）、射线检测（RT）、磁粉检测（MT）、渗透检测（PT）。现行国家标准《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 对从事钢结构无损检测人员的能力进行了资格鉴定等级评定。资格鉴定等级按照检测人员所具备的能力从低到高分三个等级：1 级、2 级、3 级。

以机械工程学会超声波检测培训为例，各等级的差别如下：

1 1 级(初级)--- 报考人需接受 40 小时的培训，通过理论考试、实际操作考试；I 级持证人员能进行检测，但不能编写检测报告，不能对检测结果作评定。

2 2 级(中级)--- 报考人需接受 120 小时的培训，通过理论考试、实际操作考试；II 级持证人员既能进行检测，又能编写检测报告。

3 3 级(高级)--- 要求报考人已取得 II 级证，再接受 40 小时的培训，通过理论(含专门技术、通用技术)考试、编制工艺考试；III 级持证人员能检测、编写检测报告，可对技术问题作解释。

各个等级人员所能实施的检测工作内容不同。从事钢结构材料和焊缝无损检测的人员应具有相应的检测资格证书。不同的无损检测方法，所需要具备的知识、使用的仪器设备、操作方法等存在很大不同，取得不同无损检测方法的各技术等级人员不得从事与该方法和技术等级以外的无损检测工作。射线对人体有损伤，从事射线检测工作的人员应具备辐射安全知识。

3.2.9 现场检测的测区和测点应有明晰标注和编号，不仅方便检测机构内部的检查，而且有利于相关方对检测工作的监督，还便于检测人员对异常数据进行追踪和复检。保留时间可根据工程具体情况确定。

3.2.10 本条规定了现场检测原始记录的要求，这些要求是根据原始记录的重要性和为了规范检测人员的行为而提出的。

3.2.11 为了避免人为随意舍弃数据，同时考虑到补充检测或复检要重新进入现场，容易造成误解，因此进行补充检测或复检时应有必要的说明。

3.3 检测项目与抽样方法

3.3.1 检测机构不应进行与委托方检测目的和检测要求无关的检测或过度检测。

3.3.2 随机抽样是一种“等概率”的抽样方法，可以保证检测结构具有代表性，因此，当采用抽样检测方式时，宜优先选择随机抽样方法。当不具备随机抽样条件时，如委托方限制了抽样范围、现检条件有一定的限制、实施检测的部位或构件不安全等，可按约定方法抽样。

3.3.3 本条提出了采用全数检测方式的适用情况。所谓全数检测并不意味对整个工程的全部构件（区域）进行检测，全数检测也可以是对应于检验批内的全部构件（区域）。

对接计数抽样方法判定为不合格的检验批，检测机构可建议委托方进行全数检测，全数检测不仅可以更准确地确定该检验批的结构性能状况，而且可以缩小处理范围、减少相应的结构处理费用。

3.3.4 抽样检验的目的是通过样本质量特征来推定总体质量状况，抽样方法分成计数抽样方法、计量抽样方法两种情况。计数抽样方法有明确的抽检量和验收概率的计算方法，对检测量的总体分布类型无特殊要求，但检测结果不能充分反映检测量的质量状况信息。计量抽样方法要求检测量的总体分布服从正态分布，抽检量和验收概率依赖于检验批总体的变异性，但检测结果能更多的反映检测量的质量状况信息。

3.3.6 本条引自现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2015 第 3.3.10 条，规定了既有钢结构批量检测时计数抽样检测的最小样本容量。最小样本容量不是最佳的样本容

量，实际检测时可根据具体情况和相应技术规程的规定确定样本容量，但样本容量不宜小于表 3.3.6 的限量，而且应该对应于表 3.3.6 中的数值，例如 20、32、50、80 等。这些数值是计数检测结论符合性判定需要的正整数。

3.3.7 本条引自现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2015 第 3.5.3 条。以表 3.3.7-2 为例说明使用方法：一般项目正常一次性抽取样本的容量为 20，在 20 个样本中有 5 个或 5 个以下的样本被判为不符合验收标准的合格要求时，检验批可判为符合（合格）要求；在 20 个样本中有 6 个或 6 个以上的样本被判为不符合验收标准的合格要求时，检验批可判为不符合要求。主控项目和一般项目应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 确定。

4 钢材力学性能检测与化学成分分析

4.1 一般规定

4.1.1 当钢材受到切割火焰、焊接等热影响时，钢材化学成分和力学性能可能会发生变化。

4.2 钢材力学性能检测

4.2.1 钢材力学性能的检测项目，对于具体的钢结构工程，可根据检测目的、结构和材料的实际情况及委托方的要求确定。

4.2.2 本条提出了应对钢结构中钢材进行力学性能检测的几种情况。

4.2.3 本条规定了钢材力学性能现场检测的方法。对于已知牌号的钢材，可以采用现场取样的方法或采用摆锤敲入法或里氏硬度法等非破损检测方法进行钢材力学性能检测；对于未知牌号的既有钢结构钢材，应优先采用现场取样的方法，当现场在钢结构构件上直接取样难度较大时，也可采用非破损检测方法检测钢材强度。现场取样有两种方式，一种是利用结构工程中剩余的材料进行取样，这种方式对结构无破损，宜优先选择；一种是在结构构件上截取试样，这种方式会对结构造成一定的损伤，在截取试样时，应选择结构受力较小的部位，确保结构构件的安全。

4.2.4 本条规定了现场取样法进行钢材力学性能检测时检验批的最小样本量。现场检测大多数都是委托检测，委托方提出更高要求时，可按委托方要求的数量抽取构件。

4.2.8 本条引自现行国家标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008-2016 第 4.2.7 条。对于未知牌号钢材的抗拉力学性能应采用现场取样的方法进行试验确定。根据现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 及《低合金高强度结构钢》GB/T 1591，钢材合格的重要力学指标是屈服点不低于规定值，抗拉强度应在规定范围内。“0.85 倍”是基于国家现行有关标准制订的，规定钢材非标时“由试验结果最低值确定屈服强度或抗拉强度，按钢材屈服强度确定强度设计值时，抗力分项系数取 1.2；需要由钢材抗拉强度确定强度设计值时，抗力分项系数取 1.5”。对于根据试验结果仍无法确定钢材牌号的钢材，为保证安全可靠，其强度应折减。

4.2.9 钢材强度的非破损检测方法摆锤敲入法及里氏硬度法的检测设备、检测数量、检测操作及检测结果应按现行协会标准《摆锤敲入法检测钢材强度技术规程》T/CECS 及现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2019 附录 N 的有关规定执行。钢材强度的其他

非破损检测方法应按照相关国家现行标准的有关规定执行。

4.3 钢材化学成分分析

4.3.2 现行国家标准《钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法》GB/T 20066 对成品取样位置、样品的品质及大小、样品的前处理、分析试样的制备等做出了明确的规定。

屑状试样宜采用电钻钻取。同一构件宜选取 3 个不同部位进行取样，每个部位的试样重量不宜少于 5g。取样所用工具、机械、容器等应预先进行清洗。取样过程中应避免过热而引起屑状试样发蓝、发黑的现象。

块状试样宜采用锯或角磨机切割，其尺寸大小要适合分析方法的需要。应对块状试样进行表面制备。制备时的设备及材料应避免污染表面。制备后分析试样的表面应平整且没有对分析结果准确度产生影响的缺陷。

4.3.3 本条规定了现场取样法进行钢材化学成分分析时检验批的最小样本量。现场检测大多数都是委托检测，委托方提出更高要求时，可按委托方要求的数量抽取构件。

4.3.4 钢材主要化学成分分析应至少包括 C、Si、Mn、S、P 五种元素。对于低合金高强度结构钢，必要时，可进一步检测 V、Nb、Ti。硫、磷都是建筑钢材中的主要杂质，对钢材的力学性能和焊接接头的裂纹敏感性都有较大影响。因此，结构工程质量检测时，应特别注意钢材中硫、磷的含量。

钢材化学成分可以通过化学的、物理的多种方法来分析测定，目前应用最广的是化学分析法和光谱分析法。检测机构应根据委托方的要求、检测能力、方法的准确度等选择适宜的方法。

4.3.6 从钢材中 C、Si、Mn、S、P 五种元素含量的大小仅能验证钢材是否符合某钢材牌号的化学成分要求，难以准确判定是何种钢材牌号。对于未知牌号的钢材，根据国内外相关资料，钢材的抗拉强度与钢材的化学元素含量间存在一定的相关性（ $\sigma_b=285+7C+2Si+0.06Mn+7.5P$ ，以 0.01% 计），可从该公式大致了解钢材的强度范围，实际工程中，为确保结构的安全，钢材化学成分分析结果应结合钢材力学性能检测结果确定钢材牌号。

5 焊缝连接质量检测

5.1 一般规定

5.1.1 本条规定了焊缝连接质量检测的内容。根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205，钢结构焊缝外观质量和焊缝外观尺寸检测为一般项目检测；焊缝内部缺陷无损检测为主控项目检测。

5.1.2 为了组成抽样检验中的检验批，首先必须知道焊缝的数量。一般情况下，作为检验对象的钢结构安装焊缝长度大较短，通常将一条焊缝作为一个焊缝个体。在工厂制作构件时，箱形钢柱（梁）的纵焊缝、H形钢柱（梁）的腹板-翼缘组合焊缝较长，此时可将一条焊缝划分为每300mm为一个检验个体。检验批的构成原则上以同一条件的焊缝个体为对象，一方面要求使检验结果具有代表性，另一方面有利于统计分析缺陷产生的原因，便于质量管理。

5.1.3 本条提出了检测前的准备工作，避免引起检测误差及检测结果的错误判断。

5.1.4 在焊接过程中、焊缝冷却过程及以后相当长的一段时间可能产生裂纹。普通碳素钢产生延迟裂纹的可能性很小，在焊缝冷却到环境温度后即可进行外观检查。对于低合金结构钢等有延迟裂纹倾向的焊缝，尚应满足焊接24h后这一时限的要求。

5.2 焊缝外观质量检测

5.2.1 焊缝外观质量检测项目是根据现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205确定的。

5.2.3 焊缝外观质量检测一般采用目视检测。为便于目视检测，检测应在焊缝清理完毕后进行。在对钢结构进行目视检测时，除了检测人员的视力应满足本标准的要求外，保证适当的视角和足够的照明也是必不可少的。必要时，可使用辅助灯光照明。

对不同焊缝质量等级的焊缝外观质量检测项目，还应使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

由于裂纹很难用肉眼观察到，因此，在外观质量检测中应辅以放大镜进行观察，并注意应有充足的光线。

5.2.5 本条规定的铁磁性材料是指碳素结构钢、低合金结构钢、沉淀硬化钢和电工钢等，而铝、镁、铜钛及其合金和奥氏体不锈钢，以及用奥氏体钢焊条焊接的焊缝都不能用磁粉检测。熔焊焊缝的内部缺陷不能用磁粉检测。

磁粉检测又分干法和湿法两种，通常干法检测所用的磁粉颗粒较大，所以检测灵敏度较

低。湿法流动性好，可采用比干法更加细的磁粉，使磁粉更易于被微小的漏磁场所吸附，因此湿法比干法的检测灵敏度高。因此，钢结构中磁粉检测采用湿法。

渗透检测方法用于金属材料表面开口性缺陷的检测。检测灵敏度随工件表面光洁度的提高而增高。该方法不仅用于钢铁材料也用于各种不锈钢材料和有色金属材料。在钢结构工程中主要用于角焊缝、磁粉探伤有困难或效果不佳的焊缝，例如对接双面焊焊缝清根检测、焊缝坡口母材分层检测等。

焊缝表面检测主要是作为焊缝外观质量检测的一种补充手段，其目的主要是为了检查焊接裂纹，检测结果的评定按焊缝外观质量检测的有关要求。一般来说，磁粉检测的灵敏度要比渗透检测高，特别是在钢结构中，要求做磁粉检测的焊缝大部分为角焊缝，其中立焊缝的表面不规则，清理困难，渗透检测效果差，且渗透检测难度较大，费用高。因此，为了提高表面缺欠检出率，规定铁磁性材料制作的工件应尽可能采用磁粉检测。只有在因结构形状的原因（如检测空间狭小）或材料原因（如材料质量为奥氏体不锈钢）不能采用磁分检测时，宜采用渗透检测。

5.2.6 由于一、二级焊缝的重要性，不允许存在表面气孔、夹渣、弧坑、裂缝、电弧擦伤等缺陷；对于有疲劳验算要求的一、二级焊缝，不允许存在未焊满、根部收缩等缺陷，承受动载的一级焊缝，不允许存在咬边缺陷。

5.4 焊缝内部缺陷检测

5.4.1 内部缺陷的检测一般可用超声波探伤和射线探伤。射线探伤具有直观性、一致性好的优点，但是射线探伤成本高、操作程序复杂、检测周期长，尤其是钢结构中大多为 T 形接头和角接头，射线检测的效果差，且射线探伤对裂纹、未熔合等危害性缺陷的检出率低。超声波探伤则正好相反，操作程序简单、快速，对各种接头形式的适应性好，对裂纹、未熔合的检测灵敏度高，因此，对钢结构内部质量的控制采用超声波探伤，一般已不采用射线探伤。除非不能采用超声波探伤或对超声波检测结果有疑义时，可采用射线检测进行补充或验证。

5.4.7 本条是参照现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 中焊接检验的合格要求，引入允许不合格率的概念，在一个检验批中要达到 100% 合格往往是不切实际的。本着安全、适度的原则，根据近年来钢结构焊缝检验的实际情况，规定不合格率小于 2% 时，该批验收合格；抽样检测的焊缝数不合格率大于 5% 时，该批验收不合格；不合格率为 2%~5% 时，需加倍抽样。

6 紧固件连接质量检测

6.1 一般规定

6.1.2 紧固件连接质量检测施工质量的验收应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和现行协会标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定，当超出两个标准的项目按本规程验收。

6.2 紧固件性能检测

6.2.1 当存在下列情况时，在建钢结构应进行紧固件性能检测：

- 1 相关标准规定或相关行政主管部门要求；
- 2 设计要求；
- 3 检验资料缺失；
- 4 对检验结果有怀疑或争议。

6.2.2 紧固件性能检测应从在建筑钢结构现场待安装的结构同批紧固件中抽取。高强度螺栓连接分项工程检验批划分应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定执行。高强度螺栓连接副进场验收属于高强度螺栓连接分项工程中的验收项目，其验收批的划分除考虑高强度螺栓连接分项工程检验批划分外，还应考虑出厂批及螺栓规格。其产品标准中规定出厂检验最大批量不超过 3000 套，作为复验的最大批量不宜超过 2 个出厂检验批，且不宜超过 6000 套。

6.2.8 抗滑移系数是高强度螺栓连接的主要设计参数之一，直接影响构件的承载力，因此构件摩擦面无论在制造厂处理还是在现场处理，均应对抗滑移系数进行测试，测得的抗滑移系数最小值应满足设计要求。

抗滑移系数试验应按钢结构制造批进行检验。由于抗滑移系数检验是通过试件模拟测定，为使试件能真实反映构件实际情况，规定试件与构件相同条件，即与所代表的构件同一材质、同一摩擦面处理工艺、同批制作，使用同一性能等级的高强度螺栓连接副，在同一环境下存放。制作厂每检验批加工 6 组试件，3 组供制作厂检验用，另外 3 组供安装现场复验用。

在安装现场局部采用砂轮打磨摩擦面时，打磨范围不小于螺栓孔径的 4 倍，打磨方向应与构件受力方向垂直。

除设计上采用摩擦系数小于或等于 0.3, 并明确提出可不进行抗滑移系数试验者外, 其余情况在制作时为确定摩擦面的处理方法, 必须按本标准要求的批量用 3 套同材质、同处理方法的试件, 进行复验。同时附有 3 套同材质、同处理方法的试件, 供安装前复验。

6.3 紧固件连接质量检测

6.3.6 本条所说的构造原因是指设计原因造成空间太小无法使用专用扳手进行终拧的情况。在扭剪型高强度螺栓施工中, 因安装顺序、安装方向考虑不周, 或终拧时因对电动扳手使用掌握不熟练, 致使终拧时尾部梅花头上的棱端部滑牙 (即打滑), 无法拧掉梅花头, 造成终拧扭矩是未知数, 对此类螺栓应控制一定比例内。

6.3.7 高强度螺栓终拧 1h 后, 螺栓预拉力的损失大部分已完成, 在随后一两天内, 损失趋于平稳, 当超过一个月后, 损失就会停止, 但在外界环境影响下, 螺栓扭矩系数会发生变化, 影响检查结果的准确性。为了统一和便于操作, 本条规定检查时间统一在 1h 后、48h 内完成。

依据现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定, 用转角法施工的高强度螺栓连接副也需经本标准第 6.2.5、6.2.6 条检验合格后方可施工, 其紧固过程也分初拧、终拧, 对大型节点分初拧、复拧、终拧。初拧和复拧用扭矩法施工, 使节点内各螺栓受力基本均匀, 终拧用转角法施工。

6.3.8 高强度螺栓连接副超声波轴力检测的依据是声弹性理论, 该理论描述了介质中的超声波传播声速与应力之间的准确关系。通俗地讲, 介质中存处于受力态, 超声波进入该区域时其传播的速度将发生变化, 通过采集捕捉介质受力前后超声波声速的变化量应用声弹性理论就可计算出应力的的大小。

7 尺寸与变形检测

7.1 一般规定

7.1.3 构件表面的饰面层、装修层会对检测结果的准确性造成不利影响。当对该工程构件截面尺寸有怀疑时，必须先清除饰面层、装修层再进行检测。

7.2 尺寸检测

7.2.2 本条着重提出了对受腐蚀构件的表面处理要求。

7.2.3 本条提出了尺寸检测的主要仪器。当在构件横截面或外侧无法用游标卡尺直接测量厚度时，可采用超声波原理测量钢结构构件的厚度。由于耦合不良、探头磨损等因素，超声测厚仪的测量误差往往比直接用游标卡尺的大，在构件横截面或外侧可用游标卡尺测量的情况下，宜采用游标卡尺测量。

7.2.4 本条提出了检测钢材厚度时使用的超声测厚仪应符合的主要技术指标。

7.2.5 本条提出了测量前仪器的准备工作以及不用测量对象时耦合剂的选用。对于小直径管壁或工件表面较粗糙时，由于探头与工件表面间空隙较大，为保证有良好的耦合效果，宜选用粘度较大的甘油作耦合剂。在同一位置将探头转过 90° 后作二次测量，是为了减小测量误差。

7.2.6 本条规定了构件尺寸代表值的计算方法，以及检测时的测点布置要求。宜选择对构件性能影响较大的3个部位，考虑到实际操作的方便性，且构件中部和两端基本涵盖了构件的受力最大部位。对于钢网架、桁架杆件，为尽量避免小直径管壁厚度检测时的误差，宜增加测点。

7.2.7 本条规定了构件尺寸偏差的计算方法。

7.3 变形检测

7.3.1 结构工程质量的检测和既有结构性能检测中需进行钢结构变形检测时，按照本节规定确定检测方法及实施检测工作。

7.3.2 根据现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344，钢结构变形等外观项目宜全数检查。

7.3.3、7.3.4 《建筑变形测量规范》JGJ 8对变形检测的精度等级、技术设计及实施要求等

进行了规定，钢结构变形检测时应按照现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定执行。

8 外观质量与损伤检测

8.1 一般规定

8.1.1 钢结构的质量问题可以通过外观质量缺陷及损伤表现出来。结构在使用过程中往往会出现损伤，如母材和焊缝的裂纹、螺栓和铆钉的松动或断裂、构件永久性变形、锈蚀等，此外还会有人为的损伤，不合理的加固改造、结构上随意焊接、随意拆除一些零构件等，直接影响到结构安全。缺陷及损伤是造成钢结构工程事故的主要因素，缺陷及损伤检测是进一步检测的基础，因此，现场检测时，应对受检区域全数检测，特别是对存在修补痕迹的部位应重点检测。

8.1.2 明确结构所处环境，能够合理分析钢结构出现外观缺陷及损伤存在的原因。

8.2 外观质量检测

8.2.1 现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 对钢结构外观质量检测进行了明确划分。

8.2.2 根据钢结构的特点，主要以目视检测为主，宜粗不宜细，不放过影响较大的隐患。

8.2.4 本条对钢结构构件外观缺陷检测结果的表述方式提出要求，用列表或图示的方式表述便于检测报告的理解和使用，从而有利于正确评价外观缺陷对结构性能、使用功能或耐久性的影响。

8.3 损伤检测

8.3.1 本条根据损伤原因对钢结构的损伤进行分类，这种分类不具备完整性。本章规定了常见损伤的检测。

8.3.2 进行损伤程度的识别，便于分类处理。

8.3.3 损伤结构不同于一般的结构，存在较多的安全隐患，检测现场存在的有毒有害物质对检测人员可能造成潜在的危害。

8.3.4 大气环境条件下钢构件均匀腐蚀，是指锈蚀分布于整个构件表面，并以接近相同的速度使构件截面尺寸减小；局部锈蚀(坑蚀)，是指锈蚀速度在构件表面存在明显差异。

8.3.5 火灾后钢结构检测鉴定的范围应是整个结构单元，经勘查检测确认结构损伤仅限于局部区域时，结构鉴定的范围可为火灾影响区域内的结构构件。

8.3.6 对于碰撞等偶然作用造成的局部损伤应重点检测构件的连接、节点和紧固件的损伤。

8.3.7、8.3.8 在现场检查中应根据不同结构的特点，重点检查容易出现损伤的部位。一般来说节点连接处最容易出现损伤，裂纹一般发生在焊缝附近，钢材有缺陷的部位容易出现损伤。

对承受动力荷载的钢结构或钢构件，疲劳损伤将直接影响其使用寿命和承载能力，钢结构检测鉴定需要考虑这一影响，特别是对于产生拉应力且伴有变幅循环应力的构件，需要检测这类构件的裂纹损伤。一旦发现裂纹后，检测鉴定的时间间隔应缩短，原因在于随着裂纹尺寸扩展，裂纹开展速度加快，对应于同一裂纹扩展量，时间间隔越来越短。

裂纹检测的方法有目视检测。若目视检测不能确定损伤时，就需要采用磁粉检测、渗透检测或超声检测等无损检测方法。

8.3.9 对既有钢结构，当结构工作环境与原设计状态比较无明显变化，且材料未曾劣化或损坏，应尽量减少现场取样，减少对结构的扰动或损伤，保持结构原样，不需要成组成批取样进行试验。

9 涂装质量检测

9.1 一般规定

9.1.1 目前钢结构防腐涂层主要分为油漆类防腐、金属热喷涂防腐、热浸镀锌防腐涂层，建筑钢结构多以为油漆类防腐为主。对防腐效果的判定以涂层厚度为指标。

防腐涂层的设计厚度与涂层种类、环境条件、构件重要性等因素有关，目前常用的油漆种类及涂层厚度见表 1。

表 1 油漆种类及涂层厚度

序号	涂层(油漆)种类	涂层厚度 (μm)
1	油性酚醛、醇酸漆	70~200
2	无机富锌漆	80~150
3	有机硅漆	100~150
4	聚氨酯漆	100~200
5	氯化橡胶漆	150~300
6	环氧树脂漆	150~250
7	氟碳漆	100~200

钢结构防火涂料分膨胀型（超薄型、薄涂型）和厚涂型。常用防火涂层类型及相应厚度见表 2。

表 2 常用防火涂层类型及相对应的厚度

序号	涂层类型	涂层厚度 (mm)
1	超薄型	≤ 3
2	薄涂型	3~7
3	厚涂型	7~45

9.1.4 在涂层厚度检测前，应对涂层的外观质量进行检查。如存在外观质量问题，应进行修补，并在修补后检测涂层厚度。

9.2 防腐涂层涂装质量检测

9.2.3 检测防腐涂层厚度的仪器较多，根据测试原理，可分为磁性测厚仪、超声测厚仪、涡流测厚仪等。对检测使用何种仪器不做规定，仪器的量程、分辨率及误差符合要求即可用于检测。如涂层厚度较厚，可局部取样直接测量厚度。大部分仪器探头面积较小，但构件曲率半径过小，会导致一些型号的仪器探头无法与测点有效贴合，增大测试误差。零点校准和二点校准是测厚仪校准的常用方法。为减少仪器的测试误差，宜采用二点校准。二点校准是在零点校准的基础上，在厚度大致等于预计的待测涂层厚度的标准片上进行一次测量，调节仪器上的按钮，使其达到标准片的标称值。可用于铜、铝、锌、锡等材料防腐涂层厚度的检测，为减少测试误差，校准时垫片材质应与基体金属基本相同。校准时所选用的标准片厚度应与待测涂层厚度接近。

清除测试点表面的防火涂层等时，应注意避免损伤防腐涂层。测试时，仪器探头与涂层接触力度应适中，避免用力过大导致测点涂层变薄。试件边缘、阴角、水平圆管下表面等部位的涂层一般较厚，检测数据不具代表性。

9.2.4 防腐涂层附着力是反映涂装质量的综合性指标。当钢结构处在有腐蚀介质环境或外露且设计有要求时，应进行涂层附着力检测。

9.3 防火涂料涂装质量检测

9.3.3 膨胀型（超薄型、薄涂型）防火涂料的涂层厚度可采用涂层测厚仪检测，涂层测厚仪应符合本标准第 9.2.3 条第 2 款的规定。厚涂型防火涂料的涂层厚度通常超出涂层测厚仪的最大量程，一般情况下，可采用针式测厚仪检测。对于采取防火涂层剥除的方法检测涂层厚度的部位，检测后，宜修复局部剥除的防火涂层。

构件的连接部位的涂层厚度可能偏大，检测数据不具代表性。

受施工工艺、涂层材料等影响，构件不同位置的防火涂层厚度可能不同，对水平向构件，测点应布置在构件顶面、侧面、底面；对竖向构件，测点应布置在不同高度处。对于桁架或网架结构而言，应将其杆件作为构件，按梁、柱构件的测量方法进行检测。

对于厚涂型防火涂层表面凹凸不平的情况，为便于检测，可用砂纸将涂层表面适当打磨平整。

10 轻钢围护结构质量检测

10.1 一般规定

10.1.1 轻钢围护结构对结构安全性和使用性有着较大影响，但在钢结构现场检测时轻钢围护结构构件的质量检测通常得不到足够重视，因此，本标准特别设置了本章节。本条提出了轻钢围护结构质量检测的主要对象，这些检测对象主要为围护结构承重构件及连接件。

10.1.2 本条规定了轻钢围护结构质量检测时检验批的划分要求。

10.2 轻钢围护结构质量检测

10.2.1 本条规定了轻钢围护结构质量的检测项目。

10.2.2 本条规定了轻钢围护结构尺寸检测的内容。

10.2.3 结构尺寸的检测方法在本标准第 7.2 节已有规定，本章尺寸检测应按本标准第 7.2 节的有关规定执行。

10.2.4 本条规定了轻钢围护结构构件变形检测的内容。

10.2.5 结构变形的检测方法在本标准第 7.3 节已有规定，本章结构变形检测应按本标准第 7.3 节的有关规定执行。

10.2.6 外观质量与损伤的检测方法在本标准第 7.3 节已有规定，本章外观质量与损伤检测应按本标准第 8 章的有关规定执行。

10.2.7 本条规定了轻钢围护结构连接质量检测除应按照本标准第 6 章的规定进行外，针对围护结构应特别关注的项目。

10.3 金属屋面系统的抗风揭性能检测

10.3.1 轻钢围护结构的构造层次普遍较为复杂，其受力性能（包括各构造层之间的连接）应进行详细的分析计算。对于金属面板通过扣合、锁边或其他无法通过计算确定连接承载力的方式与支架固定的围护系统，当其承受风吸力时，除需进行设计计算外，尚应通过试验确定轻钢围护结构的抗风承载力。

10.3.4 轻钢屋面围护结构在强风的作用下会发生振动现象，该振动可能引起屋面板锁边固定部位的松动或脱扣现象，引发轻钢屋面围护结构的风揭破坏。为避免此类现象的发生，在基本风压 $\geq 0.5\text{kN/m}^2$ 的地区，应对轻钢屋面围护结构进行动态抗风揭检测。

11 结构构件性能检测

11.1 一般规定

11.1.1 荷载作用下结构的实际工作状态(挠度、应变)和结构自身的模态特征(自振频率、振型等)可根据结构参数通过计算确定。由于计算都是在一定的计算模型和本构关系基础上进行的,实际结构往往与计算模型不完全相符,损伤等对结构计算参数的影响也难以定量表述,当对计算确定的结构性能有异议或难以通过计算确定结构性能时,可通过荷载试验进行检验。

11.1.2 试验之前掌握试验结构的基本情况,对编制试验方案和确定合理的后续使用年限是非常必要的。试验结论中对结构性能的评估和建议措施,也应基于通过调查获得的结构现状。除一般的信息资料应当完整以外,还应根据结构特点和试验目的进行针对性的重点调查。如果工程资料缺失或载明的结构情况与实际结构存在较大出入时,应当对受检结构进行现场检测。

11.1.3 动力检测之前应充分了解被测结构的结构形式、材料特性、构件截面尺寸等,从而选择合适的激励方式和估算结构可能的频率范围,并制定详细的检测方案。

11.1.4 结构原位试验受到加载方式、试验条件、使用要求等诸多因素的限制,加载区域不宜过大,也不宜进行多次试验。因此受检构件或受检区域的选择非常关键,需要兼顾试验的代表性和客观试验条件的可能性,并考虑试验后结构的继续使用。

11.1.5 本条规定了验证性试验中试件设计应符合的基本原则。静力试验中,质量密度的相似比即为试验模型与原型结构自重的相似比。一般材料难以满足质量密度相似比,可以通过在构件上增加均匀分布的配重或者施加集中力模拟自重的相似关系。

11.1.6 正式采集数据以前应进行示波,观察波形中是否有明显的电干扰信号,避免采集的数据失真。

11.2 静力荷载检验

11.2.1 本条规定了钢结构构件静力荷载检验类型。

11.2.2 本条规定了进行钢结构性能的静力荷载检验的工程情况,工程改扩建或验收时,缺乏工程资料、对质量存在怀疑或存在质量缺陷,需要通过试验来判定质量是否符合设计要求或确定有关参数。需修复的受灾结构或事故受损结构需要进行静力试验判定其损伤情况。

11.2.3 钢结构性能的静力荷载检验分为使用性能检验、承载力检验和破坏性检验；使用性能检验和承载力检验的对象可以是实际的结构或构件，也可以是足尺寸的模型；破坏性检验的对象可以是不再使用的结构或构件，也可以是足尺寸的模型。

11.2.4 检验装置和设置，应能模拟结构实际荷载的大小和分布，应能反映结构或构件实际工作状态，加荷点和支座处不得出现不正常的偏心，同时应保证构件的变形和破坏不影响测试数据的准确性和不造成检验设备的损坏和人身伤亡事故。

11.2.5 结构现场原位试验常采用重物直接加载的形式，在单块加载物重量均匀的前提下，可方便地通过加载物数量控制加载重量，分堆码放重物之间的空隙不宜过小，这是因为试件在加载后期弯曲变形较大，重物之间留有足够空隙可避免其互相接触形成拱作用卸载；现场进行的大跨度复杂钢结构体系进行集中加载可采用悬挂重物、倒链-地锚等方式。

11.2.6 本条引自现行国家标准《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008-2016 附录 A 第 A.2.3 条、第 A.3.3 条和第 A.4.1 条。

11.2.7 检验的荷载，应分级加载，每级荷载不宜超过最大荷载的 20%，在每级加载后应保持足够的静止时间，并检查构件是否存在断裂、屈服、屈曲的迹象。依据现行国家标准《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204-2015 附录 B.2.6，在每级加载完成后，应保持 10min~15min，达到使用性能或承载力检验的最大荷载后，应持荷至少 1h，每隔 15min 测取一次荷载和变形值，直到变形值在 15min 内不再明显增加为止。然后应分级卸载，在每一级荷载和卸载全部完成后测取变形值。

11.2.8 试验之前应根据试验类型计算控制测点的应变和挠度，并作为加载控制值。当荷载未达到临界试验荷载而结构已经出现本条所列的四种情况时，如继续加载将可能造成结构的永久损伤或影响试验安全。一般情况下，除非有特殊的试验要求，不应再继续加载。

11.2.9 经检验的结构或构件应满足下列要求：荷载变形曲线宜基本为线性关系；卸载后残余变形不应超过所记录到最大变形值的 20%。承载力检验结果的评定，检验荷载作用下，结构或构件的任何部分不应出现屈曲破坏或断裂破坏；卸载后结构或构件的变形应至少减少 20%。破坏性检验的加载，应先分级加到设计承载力的检验荷载，根据荷载变形曲线确定随后的加载增量，然后加载到不能继续加载为止，此时的承载力即为结构的实际承载力。

11.2.10 本条给出了常用的位移测量仪表。一般选用位移传感器、百分表、千分表、等精度较高的仪表；挠度修正系数是指试件在均布荷载下跨中挠度与等效加载时试件跨中挠度的比值，根据三等分点受力和均布加载弯矩等效原则，挠度修正系数取 0.98。

11.2.11 本条规定了钢结构构件应力检测可采用的仪器设备。

11.2.12 经检验的结构或构件应满足下列要求：荷载变形曲线宜基本为线性关系；卸载后残余变形不应超过所记录到最大变形值的 20%。承载力检验结果的评定，检验荷载作用下，结构或构件的任何部分不应出现屈曲破坏或断裂破坏；卸载后结构或构件的变形应至少减少 20%。破坏性检验的加载，应先分级加到设计承载力的检验荷载，根据荷载变形曲线确定随后的加载增量，然后加载到不能继续加载为止，此时的承载力即为结构的实际承载力。

11.3 动力特性检测

11.3.1 本条规定了钢结构动力特性检测常用检测参数。

11.3.2 本条规定了适用于动力性能检验的对象，通过动力特性分析，可为结构的动力响应计算、损伤识别、优化设计等提供依据。

11.3.3 环境随机振动激励法无需测量荷载，直接从响应信号中识别模态参数，可以对结构实现在线模态分析，能够比较真实的反应结构的工作状态，而且测试系统相对简单,但由于精度不高，应特别注意避免产生虚假模态;对于复杂的结构，单点激励能量一般较小,很难使整个结构获得足够能量振动起来，结构上的响应信号较小，信噪比过低，不宜单独使用,在条件允许的情况下宜采用多点激励方法。对于相对简单结构，可采用初始位移法、重物撞击等方法进行激励，对于复杂重要结构，在条件许可的情况下，采用稳态正弦激振方法。

11.3.4 传感器按参数类别分为位移传感器、速度传感器和加速度传感器等，每种传感器的特性各不相同，选择时应使被测频率在传感器的相应范围内；不同类型传感器的使用特性和测量范围均不相同，在选择传感器应综合考虑被测参数的频率、幅值要求。根据测试的需求，保留有用的频段信号，对无用的频段信号、噪声进行抑制，从而提高信噪比。为防止部分频谱的相互重叠，一般选择采样频率为处理信号中最高频率的 2.5 倍或更高，对 0.4 倍采样频率以上频段进行低通滤波，防止离散的信号频谱与原信号频谱不一致。动态信号测试系统由传感器、动态信号测试仪组成，动态信号测试系统应满足相关规范的要求。传感器应具备机械强度高，安装调节方便，体积重量小而便于携带，防水，防电磁干扰等性能；记录仪器或数据采集分析系统、电平输入及频率范围，应与测试仪器的输出相匹配。

11.3.5 信号的时间分辨率和采样间隔有关，采样间隔越小，时域中取值点之间越细密。信号的频域分辨率和采样时长有关，信号长度越长，频域分辨率越高。根据测试需要，选择适合的采样间隔和采样时长，同时必须满足采样定理的基本要求。

11.3.6 对原始信号进行分析前，应仔细核对，避免产生差错；对记录的原始信号进行转换、滤波、放大等处理，提高信号的信噪比，为信号的计算分析做好准备；根据检测中采用的激

励方式，选择合适的信号处理方法，减少信号因截断、转换等造成的分析误差，提供所测结构的相关模态参数；通过对不同窗函数的合理选择，能够减小频谱泄露对信号分析的影响。

附录 A 磁粉检测焊缝表面缺陷

A.1 检测设备

A.1.1 根据探伤构件的形状、尺寸、焊缝形式，选择方便、快捷、有利于缺陷检出的磁化方式，磁化方法有磁轭法、线圈法、平行电缆法或触头法等。

A.1.2 磁轭探伤设备需进行计量检定，提升力的检定结果必须达到规定要求以上方可使用。磁轭的磁极间距不能太大，太大不能有效磁化构件，影响探伤结果。

A.1.3 小的管子、轴类等对接焊缝可用通电线圈进行磁化，但应注意构件的长度与直径之比值，该比值越小越难磁化。大的管类构件可用缠绕电缆的方法，用表面绝缘的通电电缆紧贴构件绕成线圈，被检区域应在线圈范围内。检测较长的角焊缝可用单根绝缘通电电缆沿焊缝平行放置，返回电缆应尽量远离检测区域。用两支杆触头按一定间距直接通电进行磁化的方法，既方便又灵活，但应注意触头间距离。间距过小，电极附近磁化电流密度过大，易产生非相关磁痕；间距过大，磁场变弱，需加大磁化电流，易烧灼探测构件表面，所以，一般此方法常用于铸钢件探伤。

A.1.5 目前在钢结构磁粉检测中，磁化设备种类较多，但其磁化性能必须符合现行国家标准《无损检测 磁粉检测》GB/T 15822 的规定。

A.1.6 钢结构工程中较多采用水作为载液，可降低成本，又无火险隐患，检测后焊缝表面易于作防腐、防锈处理。

A.1.7 磁悬液喷洒装置其喷嘴喷出的液体要均匀，喷洒时需控制液流大小，避免高速液流冲刷掉已形成的缺陷显示。

A.1.8 磁悬液的浓度直接影响其检验的灵敏度。浓度过低，易引起小缺陷漏检，浓度过高会干扰缺陷的显示，所以应控制磁悬液的配置浓度。

A.1.9 用荧光磁粉或荧光磁悬液时，检测应在暗区进行，暗区的白光照明度应小于 20 lx。

A.1.10~A.1.12 灵敏度试片是磁粉探伤时必备的工具，用来检查探伤设备、磁粉、磁悬液的综合使用性能，以及人员操作方式是否适当。常用的有 A 型、C 型灵敏度试片和磁场指示器等。不同型号的三种 A 型灵敏度试片，其分数值越小的试片，所需要的有效磁场强度越大，其检测灵敏度就越高。

A 型灵敏度试片上的圆形和十字形人工槽可以确定有效磁场的方向。在狭窄部位探伤，当放置 A 型灵敏度试片有困难时，可用尺寸较小的 C 型灵敏度试片。C 型灵敏度试片使用

时可沿分割线切成 5mm×10mm 的小片。

在试片上看到与人工刻槽相对应的磁痕显示，但并不代表实际能检测缺陷的大小。灵敏度试片的磁痕显示只代表在某磁场作用下，试片中人工缺陷处的漏磁场达到了探伤灵敏度要求。

A.1.13 在使用 A 型灵敏度试片时，人工槽一侧应向内，向外一侧应是没有开口槽的，正确磁化和喷洒磁粉后，试片上会出现十字和圆形磁痕显示。

A.2 检测步骤

A.2.1 焊缝磁粉探伤应等焊缝冷却到环境温度后进行，低合金结构钢焊缝必须在焊后 24h 后才可以探伤。磁粉检测的步骤应按先后工序。

A.2.2 焊缝磁粉探伤的检测面宽度应包括焊缝及热影响区域，焊缝及向母材两侧各延伸 25mm。应除去焊缝及热影响区表面的杂物、油漆层，不然会影响探伤结果。

A.2.3 磁化及磁粉施加要求：

1 磁场方向应垂直于探测的缺陷方向，这样有利于缺陷的检出。

2 旋转磁场可用交叉磁轭仪，它可产生椭圆形旋转磁场，检测各方向上的缺陷，只需一次磁化探伤；而用磁轭检测时，就必须在焊缝走向上要呈+45° 和-45° 的方向分别进行磁化。

3 在探测前，应将灵敏度试片粘贴在焊缝边上先进行试片检验，试片磁痕显示正确后，方可进行探伤检测。

4 用磁轭检测时，磁轭每次移动应有重叠区域，以防缺陷漏检。在检测中，应避免交叉磁轭的四个磁极与探测构件表面间产生空隙，空隙会降低磁化效果。

5 用触头法检测时，应尽量减少触点的过热，以防烧伤检测面。在电接触部位可加垫铅板或铜丝编织带做成的圆盘，不可用锌作为衬垫。衬垫和编织物厚度应均匀。

A.2.4 焊缝表面较粗糙时，不利于小缺陷的检出，可用砂纸或局部打磨来改善表面状况。

A.2.5 可借助 2~10 倍的放大镜对磁痕进行观察，在观察中应区分缺陷磁痕和伪缺陷磁痕，有疑议的磁痕显示应采用其它有效方法进行验证。

A.2.6 一般而言，建筑钢结构焊缝上的剩磁很低，无需退磁。如有特殊要求必须退磁的，可用交变磁场进行退磁。

A.2.7 检测记录是整个探伤过程的重要环节，应在记录中填写主要的信息。

附录 B 渗透检测焊缝表面缺陷

B.1 检测设备

B.1.1 渗透剂、清洗剂、显像剂等应对被检焊缝及母材无腐蚀作用，而且应便于携带和现场的使用。当检测含镍合金材料时，检测剂中的硫含量不应超过残留物重量的 1%；当检测奥氏体不锈钢或钛合金材料时，检测剂中的氯和氟含量之和不应超过残留物重量的 1%。

B.1.2 对于建筑钢结构的焊缝而言，一般情况下不选择荧光渗透剂，通常选择溶剂去除型非荧光渗透剂，采用喷涂方式。当采用喷罐套装检测剂时一定要注意有效期，超过有效期的检测剂不可继续使用。

B.1.3 A 型铝合金试块主要用于检测剂的性能测试；B 型不锈钢镀铬试块则用于根据被检工件和设计要求，确定检测灵敏度的级别时使用。A 型铝合金试块在其表面上，应分别具有宽度不大于 $3\ \mu\text{m}$ 、 $3\ \mu\text{m}\sim 5\ \mu\text{m}$ 和大于 $5\ \mu\text{m}$ 等三类尺寸的非规则分布的开口裂纹，且每块试块上有不大于 $3\ \mu\text{m}$ 的裂纹不得少于两条。

B.1.5 各种试块使用后必须彻底清洗，清洗干净后将其放入丙酮或乙醇溶液中浸泡 30min，晾干或吹干后，将试块放置在干燥处保存。

B.2 检测步骤

B.2.1、B.2.2 渗透检测过程中工件表面的处理很重要，工件表面光洁度越高，检测灵敏度也越高。通常采用机械打磨或钢丝刷清理工件表面，再用清洗溶剂将清理面擦洗干净。不允许用喷砂、喷丸等可能堵塞表面开口性缺陷的清理方法。当焊接的焊道或其它表面不规则形状影响检测时，应将其打磨平整。清洗时，可采用溶剂、洗涤剂或喷罐套装的清洗剂。清洗后的工件表面，经自然挥发或用适当的强风使其充分干燥。

B.2.4 多余渗透剂清洗是渗透检测中的重要环节，清洗不足会使本底反差减小，无法辨别缺陷迹痕，过度清洗又会将缺陷中的渗透剂清洗掉，使缺陷迹痕难以显现，达不到检测目的。通常采用擦洗的方式清除多余渗透剂，不可用冲洗或泡洗的方式进行清除。

附录 C 超声波检测焊缝内部缺陷

C.2 检测步骤

C.2.4 探伤灵敏度确定时，在扫查横向缺陷时应在表 C.2.4 的基础上提高 6dB。

C.2.13 判断缺陷的性质，是对钢结构质量评估的重要一环。常见缺陷类型的反射波特性见表 3。

表 3 常见缺陷类型的反射波特性

缺陷类型	反射波特性	备注
裂缝	一般呈线状或面状，反射明显。探头平行移动时，反射波不会很快消失；探头转动时，多峰波的最大值交替错动	危险性缺陷
未焊透	表面较规则，反射明显。沿焊缝方向移动探头时，反射波较稳定；在焊缝两侧扫查时，得到的反射波大致相同	危险性缺陷
未熔合	从不同方向绕缺陷探测时，反射波高度变化显著。垂直于焊缝方向探测时，反射波较高	危险性缺陷
夹渣	属于体积型缺陷，反射不明显。从不同方向绕缺陷探测时，反射波高度变化不明显，反射波较低	非危险性缺陷
气孔	属于体积型缺陷。从不同方向绕缺陷探测时，反射波高度变化不明显	非危险性缺陷

C.3 检测结果的评价

C.3.4 对最大反射波幅位于 II 区的非危险性缺陷，应根据缺陷指示长度 ΔL 来评定缺陷等级。在工程检测中，经常出现理解不准确或误判的情况，以下举例说明缺陷指示长度限值的计算。如某焊缝评定采用 B 级检验、板厚 10mm、II 评定等级，计算出 $2t/3$ 为 7mm，但此值小于最小值（8mm），因此，其缺陷指示长度限值为 8mm；如某焊缝评定采用 B 级检验、板厚为 120mm、II 评定等级，计算出 $2t/3$ 为 80mm，但此值大于最大值（70mm），因此，其缺陷指示长度限值为 70mm。在质量评级时，应先根据板厚计算限值，然后比较大小，最后确定评定用的缺陷长度限值。也就是说，对于薄板是以最小值控制，对于厚板是以最大值控制。