住房和城乡建设部备案号：Jxxxx-20xxDB

重庆市工程建设标准

DBJ50/T-xxx-20xx

**装配式建筑结构检测技术标准**

**Technical standard for inspection of precast building structure**

**（征求意见稿）**

20xx- xx-xx发布20xx- xx-xx实施

重庆市住房和城乡建设委员会发布

重庆市工程建设标准

**装配式建筑结构检测技术标准**

**Technical standard for inspection of precast building structure**

**DBJ50/T-xxx-20**XX

主编单位：重庆市建筑科学研究院有限公司

重庆建工第十一建筑工程有限责任公司

批准部门：重庆市住房和城乡建设委员会

实施日期：2022年xx月xx日

20xx 重庆

**前言**

根据重庆市城乡建设委员会《关于下达2013年度重庆市工程建设标准制定修订项目计划的通知》（渝建[2013] 305号）文件要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国家标准，并在广泛充分征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.装配式混凝土结构；5.装配式钢结构；6.装配式木结构；7.装配式钢-混凝土组合结构。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理，重庆市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在本标准执行过程中，请各单位注意收集资料，总结经验，并将有关意见和建议反馈给重庆市建筑科学研究院有限公司（地址：重庆市渝中区长江二路221号重庆建科大厦，邮编：400016，电话：023-63862582），以便今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

**主编单位：**重庆市建筑科学研究院有限公司

重庆建工第十一建筑工程有限责任公司

**参编单位：**

**主要起草人员：**

**主要审查人员：**

**目次**

[1 总则 7](#_Toc25992)

[2 术语 2](#_Toc31448)

[3 基本规定 4](#_Toc13552)

[4 装配式混凝土结构 8](#_Toc24511)

[4.1 一般规定 8](#_Toc15995)

[4.2 材料 8](#_Toc1407)

[4.3 预制混凝土构件 9](#_Toc17598)

[4.4 混凝土内部结合面 13](#_Toc20557)

[4.5 钢筋套筒灌浆连接 15](#_Toc32555)

[4.6 钢筋浆锚搭接连接 17](#_Toc13730)

[4.7 双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土 18](#_Toc25081)

[5 装配式钢结构 19](#_Toc25329)

[5.1 一般规定 19](#_Toc11906)

[5.2 材料 20](#_Toc32534)

[5.3 预制钢构件 23](#_Toc22385)

[5.4 焊接连接 25](#_Toc1099)

[5.5 紧固件连接 27](#_Toc24432)

[5.6 连接节点 29](#_Toc24219)

[5.7 安装偏差 30](#_Toc20023)

[5.8 变形与损伤 31](#_Toc6967)

[5.9 涂装防护 33](#_Toc30511)

[6 装配式木结构 34](#_Toc5903)

[6.1 一般规定 34](#_Toc26114)

[6.2 木材性能 34](#_Toc20386)

[6.3 预制木组件 37](#_Toc10444)

[6.4 连接节点 38](#_Toc20194)

[6.5 安装偏差与变形 41](#_Toc11473)

[6.6 缺陷与损伤 42](#_Toc13212)

[7 装配式钢-混凝土组合结构 45](#_Toc18915)

[7.1 一般规定 45](#_Toc8650)

[7.2 钢管混凝土结构检测 45](#_Toc14802)

[7.3 其他钢-混凝土组合结构检测 47](#_Toc687)

[附录 49](#_Toc25770)

[附录A 预制混凝土构件结合面粗糙度检测方法 49](#_Toc31416)

[附录B 钢筋混凝土受弯预制构件结构性能检验 51](#_Toc28547)

[附录C 冲击回波法 57](#_Toc27503)

[附录D 结合面混凝土正拉粘结强度检测 59](#_Toc11056)

[附录E 套筒灌浆钢筋连接质量检测方法 62](#_Toc18954)

[附录F 现场原位取样检测钢筋套筒灌浆连接质量 72](#_Toc22299)

[附录G 钢材强度的里氏硬度检测方法 73](#_Toc25795)

[附录H 钢材厚度检测方法 79](#_Toc14167)

[附录J 高强度螺栓终拧扭矩检测 80](#_Toc19658)

[附录K 高强螺栓连接摩擦面抗滑移系数检测 81](#_Toc21501)

[附录L 钢结构涂装厚度检测 83](#_Toc750)

[附录M 木材含水率测定方法 85](#_Toc5622)

[附录N 木材强度等级检验方法 87](#_Toc13983)

[附录P 木结构植筋连接抗拔承载力现场检验 89](#_Toc22795)

[附录Q 木构件内部腐朽检测 91](#_Toc4876)

[附录R 钢-混凝土组合结构中钢构件的无损探测方法 94](#_Toc5097)

[本标准用词说明 100](#_Toc14876)

[引用标准名录 101](#_Toc1330)

[条纹说明 105](#_Toc4569)

**Contents**

[1 General Provisions 7](#_Toc25992)

[2 Terms 2](#_Toc31448)

[3 Basic Requirements 4](#_Toc13552)

[4 Precast Concrete Structure 8](#_Toc24511)

[4.1 General Requirements 8](#_Toc15995)

[4.2 Material 8](#_Toc1407)

[4.3 Precast Concrete Component 9](#_Toc17598)

[4.4 Internal Bonding Surface of Concrete 13](#_Toc20557)

[4.5 Grout Sleeve Splicing of Rebars 15](#_Toc32555)

[4.6 Rebar Lapping in Grout-Filled Hole 17](#_Toc13730)

[4.7 Concrete Inside the Cavity of Double-Sided Composite Shear Wall 18](#_Toc25081)

[5 Precast Steel Structure 19](#_Toc25329)

[5.1 General Requirements 19](#_Toc11906)

[5.2 Material 20](#_Toc32534)

[5.3 Precast Steel Component 23](#_Toc22385)

[5.4 Welded Connection 25](#_Toc1099)

[5.5 Fastener Connection 27](#_Toc24432)

[5.6 Joint 29](#_Toc24219)

[5.7 Installation Error 30](#_Toc20023)

[5.8 Deformation and Damage 31](#_Toc6967)

[5.9 Coating Protection 33](#_Toc30511)

[6 Precast Timber Structure 34](#_Toc5903)

[6.1 General Requirements 34](#_Toc26114)

[6.2 Properties of Wood 34](#_Toc20386)

[6.3 Precast Wooden Component 37](#_Toc10444)

[6.4 Joint 38](#_Toc20194)

[6.5 Installation Error and Deformation 41](#_Toc11473)

[6.6 Defects and Damage 42](#_Toc13212)

[7 Precast Steel-Concrete Composite structure 45](#_Toc18915)

[7.1 General Requirements 45](#_Toc8650)

[7.2 Concrete Filled Steel Tubular Structure 45](#_Toc14802)

[7.3 Other Steel-Concrete Composite structure 47](#_Toc687)

[Appendix 49](#_Toc25770)

[Appendix A Method of Inspection in Surface Roughness of Precast Concrete Component 49](#_Toc31416)

[Appendix B Structural Performance Inspection of Reinforced Concrete Flexural Precast Component 51](#_Toc28547)

[Appendix C Impact Echo Method 57](#_Toc27503)

[Appendix D Inspection for Normal Tensile Bond Strength of Joint Surface 59](#_Toc11056)

[Appendix E Method of Inspection for Quality of Grout Sleeve Splicing of Rebar 62](#_Toc18954)

[Appendix F In-Situ Sampling Method of Testing the Quality of Grout Sleeve Splicing of Rebar 72](#_Toc22299)

[Appendix G Determination of Steel Strength by Leeb Hardness 73](#_Toc25795)

[Appendix H Steel Thickness Testing Method 79](#_Toc14167)

[Appendix J Eventually Torque Testing for High Strength Bolt 80](#_Toc19658)

[Appendix K Inspection of Anti Slip Coefficient of High-Strength Bolt Connection Friction Surface 81](#_Toc21501)

[Appendix L Inspection of Coating Thickness for Steel Structure 83](#_Toc750)

[Appendix M Testing of Moisture Content of Wood 85](#_Toc5622)

[Appendix N Testing Method for Strength Class of Wood 87](#_Toc13983)

[Appendix P On Site Inspection of Pull-Out Bearing Capacity of the Steel Bar Connection in Wooden Structure 89](#_Toc22795)

[Appendix Q Inspection of Internal Decay of Wooden Component 91](#_Toc4876)

[Appendix R Nondestructive Detection Method of Steel Member in Steel-Concrete Somposite Structure 94](#_Toc5097)

[Explanation of Word Used in This Standard 100](#_Toc14876)

[List of Quoted Standards 101](#_Toc1330)

[Explanation of Provisions 105](#_Toc4569)

# 总则

1. 为规范装配式建筑结构的检测方法，做到安全适用、技术先进、数据可靠、便于操作，制定本标准。

***条文说明：****本条明确了编制本标准的宗旨。*

1. 本标准适用于重庆市装配式混凝土结构、钢结构、木结构及钢-混凝土组合结构的检测。

***条文说明：****本条规定了本标准的适用范围。装配式建筑预制构件工厂生产阶段的检测应按现行有关国家标准或行业标准执行。*

1. 装配式建筑结构检测除应符合本标准外，尚应符合国家和重庆市现行有关标准的规定。

# 术语

1. 装配式建筑 assembled building

结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑。

1. 装配式混凝土结构 precast concrete structure

由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构。

1. 装配整体式混凝土结构 monolithic precast concrete structure

由预制混凝土构件通过可靠的连接方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的混凝土结构。

1. 装配式钢结构 precast steel structure

采用工厂或现场预制的钢结构构件，以现场装配为主要手段建造而成的结构。

1. 装配式木结构 precast timber structure

采用工厂或现场预制的木结构组件和部品，以现场装配为主要手段建造而成的结构。包括装配式纯木结构、装配式木混合结构等。

1. 钢-混凝土组合结构 steel-concrete composite structure

由型钢、钢管或钢板与钢筋混凝土组合成能整体受力的结构构件组成的结构。用于装配式建筑结构的钢-混凝土组合结构构件主要包括钢管混凝土柱、型钢混凝土梁、钢板混凝土剪力墙、钢与混凝土组合梁、组合楼板等。

1. 预制混凝土构件 precast concrete component

在工厂或现场预先生产制作的混凝土构件。

1. 钢构件 steel element

由钢结构零件或由零件和部件组成的钢结构基本单元，如梁、柱、支撑等。

1. 预制木结构组件 prefabricated timer components

由工厂制作、现场安装，并具有单一或复合功能的，用于组合成装配式木结构的基本单元，简称木组件。木组件包括柱、梁、预制墙体、预制楼盖、预制屋盖、木桁架、空间组件等。

1. 钢管混凝土柱 concrete filled steel tube column

钢管内填混凝土形成钢管与混凝土共同受力的柱。

1. 型钢混凝土梁 steel reinforced concrete beam

钢筋混凝土截面内配置型钢的梁。

1. 型钢混凝土柱 steel reinforced concrete column

钢筋混凝土截面内配置型钢的柱。

1. 型钢混凝土剪力墙 steel concrete composite shear wall

钢筋混凝土剪力墙的边缘构件中配置实腹型钢的剪力墙。

1. 钢板混凝土剪力墙 steel plate concrete composite shear wall

钢筋混凝土截面内配置钢板和端部型钢的剪力墙。

1. 钢与混凝土组合梁 steel and concrete composite beam

混凝土翼板与钢梁通过抗剪连接件组合而成能整体受力的梁。

1. 组合楼板 composites lab

压型钢板上现浇混凝土组成压型钢板与混凝土共同承受载荷的楼板。

1. 部件 component

在工厂或现场预先生产制作完成，构成建筑结构系统的结构构件及其他构件的统称。

1. 部品 part

由工厂生产，构成外围护系统、设备与管线系统、内装系统的建筑单一产品或复合产品组装而成的功能单元的统称。

1. 钢筋套筒灌浆连接 rebar splicing by grout sleeve

在预制混凝土构件内预埋的金属套筒中插入带肋钢筋并通过灌浆料拌合物硬化而实现传力的钢筋连接方式，简称套筒灌浆连接。

1. 间接搭接 indirect lap

连接部位搭接的钢筋之间，通过后浇混凝土或灌浆方式实现钢筋连续可靠传力的连接。

1. 灌浆饱满度 grouting plumpness

钢筋套筒灌浆连接或浆锚搭接连接灌浆结束并稳定后，套筒或孔道内水泥基灌浆料液面到达出浆口的程度。

# 基本规定

1. 装配式建筑结构的检测应分为结构工程质量的检测和既有结构性能的检测。

***条文说明：****本条把装配式建筑结构的检测分成结构工程质量的检测和既有结构性能的检测两大类。结构工程质量的检测是对工程质量的状况与设计要求的指标或规范限定的指标比较，应进行检测结论的符合性判定。既有结构性能的检测主要为结构的评定或鉴定提供真实、可靠、有效的数据和检测结论，一般无须进行检测结果的符合性判定。*

1. 当遇到下列情况之一时，应委托第三方检测机构进行装配式建筑结构工程质量检测：

1 涉及主体结构工程质量和安全的试块、试件及有关材料、构件、连接的检验数量不足或有关检验资料缺失；

2 材料与部件的驻厂检验或进场检验缺失，或对其检验结果存在争议；

3 对施工质量的抽样检测结果达不到设计或施工验收规范要求；

4 对施工质量有怀疑或争议；

5 发生工程质量事故，需要通过检测分析事故原因及对结构可靠性的影响；

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 相关标准规定及行政主管部门要求进行的工程质量第三方检测。

1. 既有装配式建筑需要进行下列评定或鉴定时，应进行既有结构性能的检测：

1 建筑结构可靠性评定；

2 建筑的安全性和抗震鉴定；

3 建筑大修前的评定；

4 建筑改变用途、改造、加层或扩建前的评定；

5 建筑结构达到设计使用年限要继续使用的评定；

6 受到自然灾害、环境侵蚀等影响建筑的评定；

7 发现紧急情况或有特殊问题的评定。

1. 装配式建筑结构检测前应进行现场调查和资料调查。

***条文说明：****本条规定了装配式建筑结构检测工作实施前的基本要求。检测前的资料调查和现场调查不仅有利于的制定检测方案，而且有助于确定检测的项目和重点。既有装配式建筑没有任何资料时，也可仅进行现场调查。*

*现场调查和资料调查主要包括：1）收集被检测结构的工程地质勘察报告、竣工图或设计施工图、施工质量验收记录等资料；2）收集被检测结构使用期间的维修、检测、评定、加固和改造等资料；3）调查被检测结构的缺陷、损伤、维修和加固等实际状况；4）调查被检测结构环境、用途或荷载等的实际状况；5）向有关人员调查委托检测的原因以及资料调查和现场调查未能显现的问题。*

1. 装配式建筑结构的检测应依据委托方提出的检测目的和要求、现场调查和资料调查情况编制科学合理的检测方案。

***条文说明：****本条规定了装配式建筑结构检测方案的相关要求。检测方案宜包括下列内容：1工程概况或结构概况；2检测目的和依据；3检测人员和仪器设备；4检测项目、检测方法以及抽样数量；5检测工作计划；6相关委托方配合工作；7安全环保措施及相关管理制度。*

1. 装配式建筑结构检测所使用的仪器设备应符合下列规定：

1 仪器设备的精度应满足检测项目的要求；

2 检测时仪器设备应在检定或校准周期内，并处于正常状态。

1. 装配式建筑结构的检测应根据检测目的、检测项目、结构状况和现场条件选择适用的检验、测试、观测和监测等方法。

***条文说明：****本条规定了选取检测方法的基本原则，主要强调检测方法的适用性问题。结构工程质量的检测宜选用现行国家有关标准规定的直接测试方法；当选用现行国家有关标准规定的间接测试方法时，宜用直接测试方法测试结果对间接测试方法测试结果进行修正。直接测试方法对间接测试方法的修正宜符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344的有关规定。*

1. 采用自行开发或引进检测方法应符合下列规定：

1 该方法必须通过技术鉴定，并应具有工程检测实践经验；

2 该方法应事先与已有成熟方法进行比对试验；

3 检测单位应有相应的检测细则；

4 在检测方案中应予以说明，必要时应向委托方提供检测细则。

1. 装配式建筑结构现场检测可采用抽样检测或全数检测的方式，遇到下列情形时宜采用全数检测。

1 结构体系的构件布置和重要构造核查；

2 外观缺陷或表面损伤的检查；

3 受检范围较小或构件数量较少；

4 检测指标或参数变异性大、构件质量状况差异较大。

1. 装配式建筑结构按检测批的计数检测项目应按表3.1.10规定的数量进行抽样。

**表3.1.10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 | |
| 2-8  9-15  16-25  26-50  51-90  91-150  151-280  281-500 | 2  2  3  5  5  8  13  20 | 2  3  5  8  13  20  32  50 | 3  5  8  13  20  32  50  80 | 501-1200  1201-3200  3201-10000  10001-35000  35001-150000  150001-500000  ＞500000  -------- | 32  50  80  125  200  315  500  --- | 80  125  200  315  500  800  1250  --- | 125  200  315  500  800  1250  2000  --- |
| 注：1 检测类别A适用于一般项目工程质量的检测，可用于既有结构的一般项目检测；  2 检测类别B适用于主控项目工程质量的检测，可用于既有结构的重要项目检测；  3 检测类别C适用于结构工程施工的质量检测或复检，可用于存在问题较多的既有结构的检测。 | | | | | | | |

1. 重要检测批和重点检测对象的检测数量应适当增加，存在下列问题的检测批或构件应确定为重要检测批或重点检测对象：

1 结构工程质量检测中存在质量争议、严重施工质量缺陷或严重质量问题的检验批；

2 既有结构性能检测中存在变形、损伤、裂缝、渗漏或怀疑有隐患的构件，及受到较大反复荷载、动力荷载、侵蚀性环境影响的构件、连接和节点等。

***条文说明：****重要检测批和重点检测对象的检测数量宜适当增加，计数检测项目可按表3.1.10的规定提高一个或数个检测批容量分级的方法增加检测数量。*

1. 装配式建筑结构在施工和使用期间应进行整体沉降和倾斜变形监测，监测方法应符合现行国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的规定。

***条文说明：****为监控装配式建筑在施工和使用期间的安全，了解其变形特征，为工程设计、施工、运维和科研积累资料，应按《建筑变形测量规范》JGJ 8等相关标准的要求进行沉降和倾斜变形监测。有条件时，宜对大跨和高层装配式建筑结构建立较完善的施工和使用期间的智能监测。*

1. 装配式建筑火灾后的状况检测，应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344和现行协会标准《火灾后工程结构鉴定标准》T/CECS 252的规定。
2. 装配式建筑结构检测数据计算分析工作完成后应及时提出检测报告。

***条文说明：****本条规定了装配式建筑结构检测报告的相关要求。检测报告至少包括下列内容：1）工程概况；2）检测目的和依据；3）检测人员和仪器设备；4）检测项目、检测方法、抽样数量及检测位置；5）检测项目的检测数据、汇总结果、检测结果、检测结论；6）检测日期，报告完成日期；7）主检、审核和批准人员签名，及检测机构有效印章等。*

1. 装配式建筑结构工程质量的检测报告应做出所检测项目与设计文件要求的符合性判定，既有结构性能的检测报告应给出所检测项目的检测结论。
2. 装配式建筑结构的沉降、倾斜、挠度等结构和构件的变形，可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344和行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8规定的适用方法进行检测。
3. 装配式建筑结构应进行预制构件标识检测，预制构件标识应进行全数检测，检测内容包括工程名称、构件名称、构件规格与编号、制作日期、合格状态、生产单位等基本信息的完整性，以及监理单位的确认信息等，可采用手持设备扫描或目视的方法进行检测。

# 装配式混凝土结构

## 一般规定

1. 装配式混凝土结构检测包括材料、预制混凝土构件、混凝土内部结合面、钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接连接、双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土、外墙板拼接缝等检测项目。

*条文说明：本章涉及的材料检测主要是装配式混凝土结构特有的灌浆料、坐浆料、灌浆套筒等材料的检测。装配式混凝土结构混凝土和钢筋等材料的检测，以及钢筋螺栓连接和焊接连接质量等项目的检测，可按现行国家或行业标准的规定执行。*

1. 装配式混凝土结构检测时应采取可靠的安全防范措施，并符合下列规定：

1 采用X射线法检测时，检测现场周边应有防护措施，检测设备与人员之间应保持安全距离；

2 在结构负荷状态下进行结构构件静载检测或动力测试时，应采取安全措施。

1. 装配式混凝土结构在运输、吊装及装配过程宜中对重要受力构件或部位进行应力应变及变形监测。
2. 装配式混凝土结构的原位加载及动力测试，可按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784和《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152规定的方法进行检测。

## 材料

1. 装配式混凝土结构材料的检测包括灌浆料、坐浆料、钢筋连接用灌浆套筒、钢筋浆锚连接用镀锌金属波纹管、夹芯墙板连接件、钢筋锚固板等材料的检测。

*条文说明：装配式混凝土结构所用材料，均应按相应规范要求进行第三方检测，构件厂内使用材料也应执行，生产性自检不在此范围内。*

1. 灌浆料检测应符合下列规定：

1 钢筋连接用套筒灌浆料的检测应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355的规定；

2 浆锚搭接灌浆料的检测应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448的规定。

1. 坐浆料检测应符合现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70的规定。
2. 钢筋连接用灌浆套筒检测应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355的规定。
3. 钢筋浆锚连接用镀锌金属波纹管检测应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG 225的规定。
4. 夹芯墙板连接件检测应符合下列规定：

1 夹芯墙板纤维增强塑料连接件的检测应符合现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561的规定；

2 夹芯墙板金属连接件的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和《金属材料线材和铆钉剪切试验方法》GB/T 6400的规定。

1. 钢筋锚固板检测应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256的规定。
2. 装配式混凝土结构后浇混凝土施工后，当预留混凝土试块的抗压强度不合格时，应按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 进行后浇混凝土的现场检测。

## 预制混凝土构件

1. 装配式混凝土结构预制混凝土构件的检测包括外观缺陷、内部缺陷、尺寸偏差与变形、混凝土抗压强度、混凝土结合面粗糙度、预埋连接件的锚固抗拔力、构件结构性能等检测分项。

*条文说明：预制构件生产应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的有关规定。其原材料质量、钢筋加工和连接的力学性能、混凝土强度、构件结构性能、装饰材料、保温材料和拉结件的质量等均应根据现行国家有关标准进行检查和检验，并应具有生产操作规程和质量检验记录。质量检验应按模具、钢筋、混凝土、预应力、预制构件的试验、检验资料等项目进行。当上述各检验项目的质量均合格时，方可评定为合格产品，预制构件和部品出厂时，应出具质量证明文件。*

1. 预制混凝土构件外观缺陷检测应包括露筋、孔洞、夹渣、蜂窝、疏松、裂缝、连接部位缺陷、外形缺陷、外表缺陷等内容，检测方法宜符合下列规定：

1 露筋长度可采用直尺或卷尺量测；

2 孔洞深度可采用直尺或卷尺量测，孔洞直径可采用游标卡尺量测；

3 夹渣深度可采用剔凿法或超声法检测；

4 蜂窝和疏松的位置和范围可采用直尺或卷尺量测，当委托方有要求时，蜂窝深度量测可采用剔凿、成孔等方法；

5 表面裂缝的最大宽度可采用裂缝专用测量仪器量测，表面裂缝长度可采用直尺或卷尺量测；裂缝深度，可采用超声法检测，必要时可钻取芯样进行验证；

6 连接部位缺陷可采用观察或剔凿法检测；

7 外形缺陷和外表缺陷的位置和范围可采用直尺或卷尺测量。

*条文说明：施工单位宜对全数构件进行外观检查，对检查发现的露筋、蜂窝、孔洞、夹渣、疏松和裂缝质量缺陷以及麻面、掉皮、起砂等外表缺陷应进行测定和记录，对于缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋等外形缺陷要记录其位置。*

1. 预制混凝土构件内部缺陷检测应包括内部不密实区、裂缝深度等内容，宜采用超声法双面对测，当仅有一个可测面时，可采用冲击回波法或电磁波反射法进行检测，对于判别困难的区域，应进行钻芯或剔凿验证。内部缺陷具体检测方法应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784的规定。

*条文说明：混凝土构件内部缺陷检测宜优先采用超声法、冲击回波法和电磁波反射法等非破损检测方法，必要时宜通过钻取混凝土芯样或剔凿进行验证。*

1. 预制混凝土构件尺寸偏差与变形检测包括预制构件截面、预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线的尺寸及偏差及预制构件翘曲和裂缝等内容，应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。

*条文说明：本条规定了预制构件尺寸偏差与变形的主要检测项目及其检测依据。预制构件上的预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线的位置及尺寸准确对于保证预制构件的顺利安装至关重要，应确保满足设计要求。预制构件翘曲和裂缝是指预制构件在自然状态（非施加静力荷载状态）下的变形。*

1. 预制混凝土构件混凝土抗压强度检测应符合下列规定：

1 对于实心墙、夹心保温墙、柱、梁、楼梯等非薄壁预制构件，可采用回弹法、钻芯法、超声回弹综合法等进行检测；

2 对于空心板剪力墙，可在孔肋处采用回弹法、超声回弹综合法等进行检测；

3 采用回弹法检测时，必要时应对预制构件进行固定，检测操作时构件不应有位置的移动或者转动；

4 对于弹击时易产生颤动的预制构件，采用回弹法检测时应采取防颤动的措施。

*条文说明：回弹法检测时，预制构件易发生位置移动和转动，薄壁构件还易发生颤动，必要时应采取措施限制构件的移动、转动和颤动；还应了解预制混凝土构件的生产工艺（平模工艺或立模工艺），应准确识别混凝土的浇筑侧面、浇筑表面和浇筑底面。*

1. 混凝土结合面粗糙度可按本标准附录A进行检测，粗糙面面积、键槽的尺寸、间距和位置可采用直尺或卷尺量测，现浇结合面的平整度可采用靠尺和塞尺量测。

*条文说明：保证装配式混凝土结构现浇部分尺寸偏差在允许范围以内，对后续预制构件的安装施工十分重要。比如，如果预制剪力墙底部的现浇楼板表面平整度不符合要求，就可能造成预制剪力墙底部接缝的高度不符合要求，对后续灌浆质量就会产生不良影响。现浇结合面的粗糙度可按本标准附录A进行检测，但受操作空间限制，本方法不适用于双面叠合剪力墙内表面粗糙度测量。*

1. 预制混凝土构件预埋连接件的锚固抗拔力检测包括夹心墙板预埋连接件锚固抗拔力检测和吊装连接件锚固抗拔力检测，抽样数量和检测方法应符合下列规定：

1 同一类型构件进场应按不超过1000件为一批，每批应随机抽取不少于3个构件进行检测，每个构件应检测3个连接件，数量不足3个时应全数检测。

2 夹心墙板和吊装连接件的检验荷载宜由设计单位提供，夹心墙板连接件的检验荷载也可按式(4.3.7)进行计算：

*F=0.9fykAs* （4.3.7）

式中：*F*——检验荷载(kN)，精确至0.1kN；

*fyk*——材料屈服强度标准值(MPa)；

*As*——截面面积(mm2)。

3 预制构件预埋连接件锚固抗拔力采用拉拔法进行检测，宜采用非破坏性方法，如设计有特殊要求可采用破坏性方法。

*条文说明：本条所指连接件包括吊装连接件和夹芯墙板连接件。吊装连接件包括吊环、吊钉和提升套筒等连接件。夹芯墙板连接件包括金属夹芯墙板连接件和纤维增强塑料夹芯墙板连接件等。*

1. 专业企业生产的梁板类简支受弯预制混凝土构件及设计有专门要求的预制混凝土构件进场时应进行结构性能检验，并应符合下列规定：

1 结构性能检验应符合现行国家相关标准的有关规定及设计的要求，检验要求和试验方法应符合本规范附录B的规定；

2 同一类型的预制构件不超过1000个为一批，每批随机抽取1个构件进行结构性能检验；

3 钢筋混凝土构件和允许出现裂缝的预应力混凝土构件应进行承载力、挠度和裂缝宽度检验，不允许出现裂缝的预应力混凝土构件应进行承载力、挠度和抗裂检验；

4 对大型构件及有可靠应用经验的构件，可只进行裂缝宽度、抗裂和挠度检验；

5 对使用数量较少的构件，当能提供可靠依据时，可不进行结构性能检验。

*条文说明：本条规定了专业企业生产预制构件进场时的结构性能检验要求。“同一类型”是指同一钢种、同一混凝土强度等级、同一生产工艺和同一结构形式。“大型构件”一般指跨度大于18m的构件；“可靠应用经验”指该单位生产的标准构件在其他工程已多次应用，如预制楼梯、预制空心板、预制双T板等；“使用数量较少”一般指数量在50件以内，近期完成的合格结构性能检验报告可作为可靠依据。不做结构性能检验时，尚应满足本条第4款的规定。抽取预制构件时，宜从设计荷载最大、受力最不利或生产数量最多的预制构件中抽取。结构性能检验通常应在构件进场时进行，但考虑检验方便，工程中多在各方参与下在预制构件生产场地进行。*

*考虑构件特点及加载检验条件，本条仅提出了梁板类简支受弯预制构件的结构性能检验要求；其他预制构件除设计有专门要求外，进场时可不做结构性能检验。对于用于叠合板、叠合梁的梁板类受弯预制构件(叠合底板、底梁)，是否进行结构性能检验、结构性能检验的方式应根据设计要求确定。对多个工程共同使用的同类型预制构件，也可在多个工程的施工、监理单位见证下共同委托进行结构性能检验，其结果对多个工程共同有效。*

1. 对进场时受检的预制混凝土构件，当不做结构性能检测且施工单位或监理单位无代表驻厂监督生产过程时，应对其主要受力钢筋数量、钢筋间距、保护层厚度及混凝土强度等进行实体检测。

*条文说明：对所有进场时不做结构性能检验的预制构件，可通过施工单位或监理单位代表驻厂监督生产的方式进行质量控制，此时构件进场的质量证明文件应经监督代表确认。当无驻厂监督时，预制构件进场时应对预制构件主要受力钢筋数量、规格、间距及混凝土强度、混凝土保护层厚度等进行实体检验，具体可按以下原则执行：*

*1 实体检验宜采用非破损方法，也可采用破损方法，非破损方法应采用专业仪器并符合现行国家相关标准的有关规定；*

*2 检查数量可根据工程情况由各方商定。一般情况下，可为不超过1000个同类型预制构件为一批，每批抽取构件数量的2％且不少于5个构件；*

*3 检测方法可按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784的规定执行。*

*对所有进场时不做结构性能检验的预制构件，进场时的质量证明文件宜增加构件制作过程检查文件，如钢筋隐蔽工程验收记录、预应力筋张拉记录等。*

## 混凝土内部结合面

1. 混凝土内部结合面检测包括结合面缺陷检测、结合面粘结强度检测和竖向构件底部接缝内部缺陷检测等检测分项。
2. 混凝土内部结合面缺陷包括脱粘、漏灌、不密实、空洞、夹杂等类型，对混凝土内部结合面缺陷进行无损检测时，混凝土表面应平整、清洁、干燥，且不应有蜂窝、孔洞、疏松、浮浆、凸起等外观质量缺陷。

*条文说明：在混凝土叠合剪力墙、叠合梁、叠合板以及预制构件与现浇混凝土连接部位存在大量的混凝土结合面，其内部的结合面缺陷包括脱粘、漏灌、不密实、空洞、杂物等类型，尤其以竖向叠合剪力墙的内部脱粘较为常见，水平构件以夹有杂物较为常见。*

*内部缺陷检测一般采用超声波、冲击回波、雷达波等无损检测方法，均要求混凝土表面平整、清洁、干燥；对于竖向构件底部20mm厚度的接缝处，封浆或者坐浆施工造成表面不平整、流淌的浆料或者斜坡凸起等表观缺陷均影响检测过程和检测结果。*

1. 根据现场检测条件和内部钢筋配置情况，混凝土内部结合面缺陷检测方法的选择应符合下列规定：

1 当具有两个相互平行的测试面时，可采用超声对测法、冲击回波法或雷达法进行检测；

2 当仅具有一个可测面时，可采用冲击回波法或雷达法进行单面检测；

3 当结构内部钢筋分布较密或存在电磁环境干扰时，可采用超声对测法和冲击回波法进行检测；

4 对于重要的工程或部位，宜采用两种或两种以上的检测方法，当检测结果出现差异时，应采用破损方法进行验证。

1. 混凝土内部结合面缺陷检测应符合下列规定：

1 超声法检测混凝土内部结合面缺陷，可按现行协会标准《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21的规定执行；

2 雷达法检测混凝土内部结合面缺陷检测，可按现行标准《雷达法检测混凝土结构技术标准》JGJ/T 456的相关规定执行；

3 冲击回波法检测混凝土内部结合面缺陷检测，可按本标准附录C的规定执行。

1. 混凝土内部结合面粘结强度检测可按本标准附录D的规定执行。

*条文说明：粘结强度检测主要考虑结合面处理不规范，影响混凝土二次施工的结合面粘结质量。*

1. 预制竖向承重构件底部接缝灌浆质量可采用超声法检测，并宜符合下列规定。

1 竖向预制构件底部接缝内部缺陷检测宜采用超声法，超声法所用换能器的辐射端直径不应超过20mm，工作频率不应低于250kHz，也不宜高于750kHz；

2 采用超声法对竖向预制构件底部接缝内部缺陷进行检测时，灌浆龄期不应低于7d，宜选用对测法，初次测量时测点间距宜选择100mm，对初次测量后有怀疑的点位可在附近加密测点，检测时应避开机电管线穿过的区域；

3 采用超声法对竖向预制构件底部接缝内部缺陷进行检测后，必要时可采用局部破损法进行验证。

*条文说明：预制剪力墙底部接缝灌浆质量的检测主要是指灌浆不密实或者局部空腔区域的检测。底部接缝的构造具有以下特点：①底部接缝长度一般以一块预制剪力墙长度为单元，宽度等于预制剪力墙厚度，高度一般为20mm；②预制剪力墙大多采用连通腔灌浆，底部接缝中充填的灌浆料强度高，属高强无收缩水泥基材料；③底部接缝中除有钢筋穿过外，经常有机电管线穿过，同时还分布一定数量的用于定位底部接缝高度的垫块，周边则一般用高强砂浆封堵。分析以上底部接缝在几何空间、材料组成等方面的特点，用传规超声法检测底部接缝灌浆质量存在一定困难，主要表现在：①适用混凝土检测的常规换能器直径偏大，不能适应底部接缝较小的高度；②工作频率偏低，一般为50kHz，频率低会导致灵敏度和分辨力低，对缺陷的识别能力弱。*

*本节超声检测采用小直径、高频率换能器（换能器的直径不超过20mm，必要时辐射端可带有倾角，工作频率不低于250kHz），能较好地适应预制剪力墙底部接缝的构造特点。该方法适用于预制剪力墙底部接缝灌浆质量的检测，一般在灌浆3~7d后实施检测。*

*对于预制柱底部接缝内部缺陷检测，超声测距不宜大于800mm。试验结果表明，当超声测距大于800mm时，提高换能器的工作频率会导致超声波明显衰减，首波采集困难。对于预制夹心保温剪力墙底部接缝内部缺陷检测，本方法尚不适用。*

*通常超声测点的间距为100~300mm，在预制剪力墙上的测点间距取较小值100mm是为了增大发现小缺陷的概率。测点布置时，先在预制剪力墙板的前后两面同步确定一个对称的起点，并且同向按序1~N编号；超声检测时应跳过有机电管线穿过区域等有明显区别的测点。首轮测量后，对有怀疑的点位进一步加密测点，可大致确定缺陷的分布范围。*

## 钢筋套筒灌浆连接

1. 钢筋套筒灌浆连接质量检测包括套筒灌浆饱满度、钢筋插入长度、灌浆料实体强度等检测分项。

*条文说明：根据钢筋套筒灌浆连接的原理和接头性能的影响因素，钢筋有效锚固长度和灌浆料强度影响钢筋接头受力性能，其中，钢筋有效锚固长度取决于钢筋插入长度和套筒灌浆饱满度。*

1. 钢筋套筒灌浆连接灌浆料实体强度检测宜按照计量抽样方法确定检测批抽检数量，灌浆饱满度和钢筋插入深度应按照计数抽样方法确定检测批抽检数量。
2. 套筒灌浆饱满性可采用预埋钢丝拉拔法、预埋传感器法进行检测，套筒灌浆饱满度可采用钻孔内窥法、X射线成像法进行检测，并应符合下列规定：

1 装配式混凝土结构施工及验收阶段套筒灌浆饱满性或饱满度的检测，应根据检测目的、结构状况和现场条件选择适宜的检测方法，检测方法可按下表选择：

**表4.5.3-1 施工及验收阶段套筒灌浆饱满性和饱满度检测方法的选用**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **检测方法** | **检测指标** | **检测条件** | **备注** |
| 预埋钢丝拉拔法 | 饱满性 | 事先预埋光圆高强不锈钢钢丝，灌浆结束后不少于3天检测 | 钢丝拉拔前应避免受到扰动 |
| 预埋传感器法 | 饱满性 | 事先预埋阻尼振动传感器，灌浆结束后5min~8min检测 | 当检测套筒灌浆不饱满时，应立即进行二次灌浆 |
| 钻孔内窥法 | 饱满度 | 灌浆结束后不少于3天检测 | 钻孔时应避免损伤套筒内部钢筋 |
| X射线成像法 | 饱满度 | 灌浆结束后不少于7天检测 | 现场做好X 射线防护工作 |

2 装配式混凝土结构使用阶段套筒灌浆饱满度检测，可根据出浆孔道的形状、构件受检区域的结构层厚度及套筒的布置方式等检测条件，参照下表选择合适的钻孔内窥法或X射线成像法：

**表4.5.3-2 使用阶段套筒灌浆饱满度检测方法的选用**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **孔道形状** | **结构层厚度** | **套筒布置方式** | **宜采用检测方法** | **可采用检测方法** |
| 直线形 | ≤200mm | 单排居中或梅花形 | 出浆孔道钻孔内窥法 | X射线成像法 |
| 双排 | X射线局部破损法 |
| ＞200mm | 无限定 | 套筒壁钻孔内窥法、  X射线局部破损法 |
| 非直线形 | ≤200mm | 单排居中或梅花形 | X射线成像法 | 套筒壁钻孔内窥法 |
| 无限定 | 双排及以上 | 套筒壁钻孔内窥法 | X射线局部破损法 |

3 钻孔内窥法分为出浆孔道钻孔内窥法及套筒壁钻孔内窥法，应根据出浆孔道的形状选用，套筒灌浆饱满度检测应选用带尺寸测量功能的内窥镜；

4 X射线成像法检测套筒灌浆饱满度应采用便携式X射线机，被测构件受检区域的结构层厚度不宜大于200mm，且同一射线路径上只能有一个套筒，不满足以上要求时可采用X射线局部破损法；

5 当对预埋钢丝拉拔法、预埋传感器法和X射线成像法检测结果有疑问时，应采用钻孔内窥法进行验证。

*条文说明：本条所列的检测方法主要适用于竖向预制构件连接节点的灌浆饱满度检测，对于梁类预制构件可参照执行。*

*在未灌满或者漏浆情况下，由于重力作用，流动灌浆料的液面会低于套筒出浆口。根据这一特征，在套筒出浆口高度位置制备内窥检测孔道，采用带尺寸测量功能的内窥镜可获得套筒顶部不饱满区的图像，通过数字化处理可定量确定不饱满的范围，进而计算出灌浆饱满度。当套筒的出浆孔道为直线形时，可通过沿出浆孔道钻孔形成孔道；当套筒的出浆孔道为非直线形时，可先钻透混凝土保护层，然后在套筒壁上钻孔形成孔道。*

*目前，便携式X射线机的穿透能力有限，对混凝土材料而言，最大穿透厚度在250mm左右，为了保证检测质量，实际检测时的穿透厚度不宜大于200mm。构件进行局部破损后，射线穿透厚度变小，故X射线法的适用范围可适当扩大。*

1. 采用预埋传感器法、预埋钢丝拉拔法、钻孔内窥法和X射线成像法检测套筒灌浆饱满性和饱满度时，检测方法应按本标准附录E的规定执行。
2. 套筒灌浆连接钢筋插入长度可采用钻孔内窥法、X射线成像法进行检测，检测方法应按本标准附录E的规定执行。
3. 采用内窥镜法检测钢筋套筒灌浆连接钢筋锚固长度时，应在灌浆施工前检测套筒内钢筋插入长度，灌浆施工后检测套筒灌浆饱满度，综合两次检测结果得到钢筋锚固长度。

*条文说明：钢筋插入长度是指预留插筋进入套筒内的长度。钢筋锚固长度是由套筒内钢筋插人长度及灌浆饱满情况共同决定的。内窥镜法检测套筒内钢筋插入长度是利用套筒尺寸精度高的特点，将测量钢筋插入长度转化为测量钢筋插入段末端与套筒内己知参照点的相对距离，通过带尺寸测量功能的内窥镜准确测量上述相对距离，计算出钢筋插入长度。*

1. 套筒灌浆饱满度和钢筋插入深度的检测，在首层装配式施工部位应扩大抽检比例。

*条文说明：工程检测实践表明，首层装配施工的质量问题更为突出，受现浇层标高控制精度和钢筋定位精度影响，钢筋插入深度的问题比较多，应加大首层装配的抽检力度。*

1. 钢筋连接用套筒灌浆料实体强度可采用取样法进行检测，并应符合下列规定：

1 当采用外接延长管施工工艺时，宜采用外接延长管取样法进行检测；

2 对采用PVC等硬质材料的灌浆管和排浆管且管长度大于50mm的钢筋套筒灌浆连接的结构实体，可采用钻芯取样法进行检测。

*条文说明：由于灌浆孔道及出浆孔道内灌浆料与套筒内灌浆料是连续一体的，因此检测上述孔道内的灌浆料强度即可代表套筒内的灌浆料强度。*

1. 采用取样法检测钢筋连接用套筒灌浆料实体强度时，可按现行协会标准《取样法检测钢筋连接用套筒灌浆料抗压强度技术规程》T/CECS 726的规定执行。
2. 当不具备无损检测的条件或对无损检测的结果有疑义时，现场可抽取对结构安全性影响较小的钢筋套筒灌浆连接接头进行破损检查和检测，可按本标准附录F的规定执行。

*条文说明：本条规定是破损检验，一般不推荐采用，当采用无损检测手段无法实施时，或者对无损检测结果有争议时，可采用原位截取钢筋接头，先做接头力学性能检验，再剖开检查内部灌浆质量和钢筋插入深度。*

1. 钢筋采用套筒灌浆连接时，尚应在施工现场制作平行试件进行接头强度检测，检测方法应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355的规定。

## 钢筋浆锚搭接连接

1. 钢筋浆锚搭接质量检测包括灌浆饱满度、钢筋插入长度、灌浆料实体强度等检测分项。
2. 钢筋浆锚搭接灌浆料实体强度检测宜按照计量抽样方法确定检测批抽检数量，灌浆饱满度和钢筋插入深度检测宜按照计数抽样方法确定检测批抽检数量。
3. 浆锚搭接灌浆饱满度宜采用钻孔内窥法进行检测，具备以下条件时也可采用超声法、冲击回波法、X射线成像法进行检测：

1 对于无波纹管的浆锚搭接，可采用超声法；

2 对于孔道直径不小于80mm的浆锚搭接，可采用冲击回波法；

3 当被测构件受检区域的厚度不大于250mm且同一射线路径上只有一个浆锚孔道时，可采用X射线成像法。

*条文说明：本条给出了装配式混凝土结构中浆锚搭接灌浆质量的检测方法。现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231和现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1均要求灌浆应饱满、密实，因此，在满足强度要求的前提下，浆锚搭接灌浆质量可用饱满度和密实度来表征。饱满度主要是指浆锚管是否完全灌满，密实度主要是指浆锚管内部是否存在孔洞或夹杂。*

1. 采用超声法、冲击回波法、X射线成像法等无损方法检测浆锚搭接灌浆饱满度时，宜采用钻孔内窥法对检测结果进行验证。
2. 浆锚搭接灌浆饱满度检测应符合下列规定：

1 采用钻孔内窥法检测时，宜选用带尺寸测量功能的内窥镜，当出浆孔道为直线形且孔道长度小于100mm时宜采用沿出浆孔道钻孔，当出浆孔道为非直线形或者孔道长度大于100mm时可采用在浆锚孔道顶部区域直接钻孔；

2 采用超声法检测时，测点宜采用对测法和斜侧法，测点范围应覆盖浆锚孔道，测点间距不应大于30mm，并应符合现行标准《超声法检测混凝土内部缺陷技术规程》CECS 21的相关规定；

3 采用冲击回波法检测时，测点布置前应先确定浆锚孔道的位置，浆锚孔道直径与混凝土保护层厚度的比值应在1/3~3/2范围内，并应符合本标准附录C的规定；

4 采用X射线成像法检测时，可参照附录E.3的规定执行。

1. 浆锚搭接钢筋插入长度可采用钻孔内窥法、X射线法进行检测。
2. 浆锚搭接的灌浆料实体强度可采用取样法进行检测，可按现行协会标准《取样法检测钢筋连接用套筒灌浆料抗压强度技术规程》T/CECS 726的规定执行。

## 双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土

1. 装配式混凝土结构中双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土质量检测包括混凝土抗压强度和混凝土密实性等检测分项。
2. 双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土抗压强度检测可采用钻芯法检测空腔内现浇混凝土的抗压强度，并应符合现行行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384的规定。

*条文说明：当双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土预留试块的抗压强度不合格时，可采用钻芯法检测空腔内现浇混凝土的抗压强度。采用钻芯法检测后，应及时对局部破损部位进行修复。*

1. 双面叠合剪力墙空腔内现浇混凝土密实性可采用超声法检测，必要时应采用局部破损法对超声法检测结果进行验证。

*条文说明：双面叠合剪力墙是一种叠合构件，易出现空腔内现浇混凝土浇筑不密实的质量问题。超声对测法检测混凝土构件内部缺陷是目前较成熟的检测方法，已有大量成功应用经验，检测要求可按现行协会标准《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21的规定执行。*

# 装配式钢结构

## 一般规定

1. 装配式钢结构检测包括材料、预制构件、焊接连接、紧固件连接、节点、安装偏差、变形与损伤、涂装防护等检测项目。

***条文说明：****本条提出了装配式钢结构的检测项目。对某一具体装配式钢结构的检测可根据实际情况确定检测项目。*

1. 装配式钢结构检测的抽样数量应符合下列规定：

1 外部缺陷、损伤、锈蚀、变形以及涂装等外观项目宜全数检查；

2 为验收实施的检测数量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定；

3 工程质量的检测和既有结构性能的检测宜符合本标准第3章计数抽样的规定。

1. 对于大型、复杂和新型装配式钢结构，宜进行结构性能的实荷检验和结构动力性能的测试。
2. 装配式钢结构检测宜优先采用无损检测方法，检测方法宜根据无损检测方法的适用范围及建筑结构状况和现场条件按下表选择：

**表5.1.4 无损检测方法的选用**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **检测方法** | **适用范围** |
| 1 | 磁粉检测 | 铁磁性材料表面和近表面缺陷 |
| 2 | 渗透检测 | 表面开口性缺陷 |
| 3 | 超声波检测 | 内部缺陷，主要用于平面型缺陷的检测 |
| 4 | 射线检测 | 内部缺陷，主要用于体积型缺陷的检测 |

1. 装配式钢结构的无损检测应经目视外观检查合格且焊缝冷却至环境温度后进行。对于焊接难度等级为C、D级的焊缝及III、Ⅳ类钢材等有延迟裂纹倾向的焊缝，应在焊接完成24h后进行检测；对于钢材标称屈服强度不小于690MPa或供货状态为调质状态的钢材，应在焊接完成48h后进行检测。

***条文说明：****根据现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定，Ⅲ类钢材标称屈服强度大于370MPa且不小于420MPa，Ⅳ类钢材标称屈服强度大于420MPa；焊接难度等级C级为板厚为60mm~100mm、直接承受动荷载、抗震设防烈度等于7度、钢材碳当量CEV为0.45%~0.50%的结构焊接，D级为板厚大于100mm、直接承受动荷载、抗震设防烈度大于等于8度、钢材碳当量CEV大于0.50%的结构焊接。*

*裂纹可在焊接、焊缝冷却及以后的相当长的一段时间内产生。I、II类钢材产生焊接延迟裂纹的可能性很小，因此规定在焊缝冷却到室温进行外观检测后即可进行无损检测。III、Ⅳ类钢材若焊接工艺不当则具有产生焊缝延迟裂纹的可能性，且裂纹延迟时间较长，有些国外规范规定此类钢焊接裂纹的检查应在焊后48小时进行。考虑到工厂存放条件、现场安装进度、工序衔接的限制以及随着时间延长，产生延迟裂纹的几率逐渐减小等因素，本标准对焊接难度等级为C、D级的焊缝及III、Ⅳ类钢材等有延迟裂纹倾向的焊缝规定以24h后无损检测的结果作为验收的依据。对钢材标称屈服强度大于690MPa（调质状态）的钢材，考虑产生延迟裂纹的可能性更大，故规定以焊后48h的无损检测结果作为验收依据。*

1. 大型复杂或新型装配式钢结构可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344或《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008的规定进行原位适用性实荷检验。

***条文说明：****大型复杂和新型钢结构原位非破坏性荷载试验，主要检验结构适用性。荷载值宜控制在正常使用状态，最大值加载值应确保结构构件不出现不可恢复的变形。*

1. 装配式钢结构的实荷检验及动力特性，可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344和《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621规定的方法进行检测。

## 材料

1. 装配式钢结构材料检测包括钢材、焊接材料、紧固件、涂装材料等材料的检测。
2. 钢材的检测包括钢材品种、力学性能、化学成分和金相检测等内容，钢材进场时应按现行国家标准的规定抽取试件进行检验，检验参数应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的要求，检验结果应符合现行国家标准的规定。
3. 钢材力学性能的检测应符合下列规定：

1 屈服强度和抗拉强度等的检测应符合下列规定：

1）每组的取样数量不应少于2个；

2）检验方法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；

3）钢材的强度等级可采用表面里氏硬度法进行检测，检测操作应符合本标准附录G的规定。

2 冷弯检测应符合下列规定：

1）每组取样数量不应少于2个；

2）检验方法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 冲击韧性的检测应符合下列规定：

1）每组取样数量不应少于3个；

2）检验方法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 抗层状撕裂性能的检测应符合下列规定：

1）每组取样数量不应少于3个；

2）检验方法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。

***条文说明：****本条规定了一组试样的数量，检验所需要的组数应根据实际情况确定，例如可在有明显问题和无明显问题处分别取样进行比对等。*

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。钢材化学成分分析应符合下列规定：

1 钢材化学成分分析的取样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；

2 钢材化学成分分析的操作应按现行行业标准《金属材料顶锻试验方法》YB/T 5293的有关规定执行；

3 检验结果应按现行国家有关产品标准进行评定。

***条文说明：****本条提出了进行钢材化学成分分析的规定并规定了钢材化学成分分析依据。钢材某元素含量发生变化或不能确定所用钢材是否按照现行国家产品标准生产时，应该进行化学成分的分析。已经进行力学性能检验的试样也可进行化学成分的分析。*

1. 当钢结构材料发生烧损变形、断裂、腐蚀或其他形式的损伤，需要确定微观组织是否发生变化时，应进行金相检测，并应符合下列规定：

1 钢结构的金相检测可采用现场复膜金相检验法或使用便携式显微镜现场检测，取样部位主要在开裂、应力集中、过热、变形或其他怀疑有材料组织变化的部位。

2 金相检验及评定，应按现行国家标准《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、《金属熔化焊接头缺欠分类及说明》GB/T 6417.1、《钢材断口检验法》GB/T 1814的规定执行。

***条文说明：****装配式钢结构材料被损伤后，材料的显微组织发生不同程度的变化，例如经过*

*高温后，金相组织会出现魏氏形貌，显微组织分布不均匀，将导致材料塑性降低，材料屈*

*服点不明显等，这都将影响到钢结构的使用性能，因此有必要进行显微金相检测。*

1. 焊接材料的力学性能检测方法和要求应符合表5.2.6的规定：

**表5.2.6 焊接材料力学性能检测方法和要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检测项目** | **检测要求** | **检测方法** |
| 1 | 屈服强度或规定非比例延伸强度  抗拉强度  断后伸长率 | 《热强钢焊条》GB/T 5118  《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117  《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110  《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293  《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045 | 《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》GB/T 2652 |
| 2 | 冲击韧性 | 《焊接接头冲击试验方法》GB/T 2650 |

1. 焊接材料的化学成分分析应符合下列规定：

1 检测要求应符合现行国家标准《热强钢焊条》GB/T 5118、《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110、《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293、《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045的有关规定；

2 检测方法应符合现行国家标准《钢铁及合金化学分析方法》GB/T 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的有关规定。

***条文说明（5.2.6-5.2.7）：****本条规定的检测方法适用于在建装配式钢结构工程焊接材料力学性能和化学成分检验取样与试验。*

1. 紧固件力学性能检验方法和要求应符合表5.2.8的规定：

**表5.2.8 紧固件力学性能检测方法和要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **检测项目** | **检测要求** | **检测方法** |
| 1 | 扭矩系数  紧固轴力  螺栓楔负载  螺母保证载荷  螺母和垫圈硬度 | 《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  《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 | 《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  《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939  《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 |
| 2 | 螺栓实物最小载荷  及硬度 | 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1  《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2 | 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1  《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2  《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 |

***条文说明：****本条规定的检测方法适用于在建装配式钢结构工程紧固件力学性能检验取样与试验。*

1. 装配式钢结构用防腐和防火涂料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，防火涂料检测试验方法可按现行国家标准《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978的规定执行。

***条文说明：****防腐涂料的外观、透明度、色彩、附着力、粘度、细度、灰分、PH值、闪点、密度、体积固体含量、粘结强度检验方法应符合现行国家标准的规定，干燥时间(表干、实干)检验方法应符合现行国家标准的规定，耐水性、耐久性、耐碱性、耐侵蚀性、耐候性、耐热性、低温实验、耐化学品性检验方法应符合现行国家标准的规定，有害物质的检验方法应符合现行国家标准的规定。*

## 预制钢构件

1. 预制钢构件检测内容包括外观质量、尺寸与偏差、钢材强度、实体预拼装等检测分项。

***条文说明：****本条提出了钢构件检测内容，钢构件的检测应在部件组装、焊接、校正并经检验合格后进行。*

1. 预制钢构件外观质量检测应符合下列规定：

1 外观质量检测宜采用目视检测；

2 目视检测时，眼睛与被检工件表面的距离不得大于600mm，视线与被检工件表面所成的夹角不得小于30°，并宜从多个角度对工件进行观察；

3 被检测构件表面的照度不宜低于160lx；当对细小缺陷进行鉴别时，照度不应低于540lx，

4 对细小缺陷进行鉴别时，可使用2倍～6倍的放大镜；

5 当目视检测怀疑存在裂纹时，可采用磁粉检测、渗透检测等无损检测方法进行确定。

***条文说明：****根据装配式钢结构的特点，主要以目视检测为主，宜粗不宜细，不放过影响较大的隐患。*

1. 预制钢构件外观质量应符合下列规定：

1 钢材的表面不应有裂纹、折叠、夹层，端边或断口处不应有分层、夹渣等质量缺陷；

2 当表面有锈蚀、麻点或划痕等质量缺陷时，其质量缺陷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 钢材的表面锈蚀等级的评定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的规定；

4 铸钢件表面应清理干净，且应修正飞边、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；

5 铸钢件表面不应有裂纹、未熔合和超过允许标准的气孔、冷隔、缩松、缩孔、夹砂及凹坑等质量缺陷。

1. 预制钢构件外形尺寸检测应包括以下内容，检测方法和尺寸偏差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：

1 单层柱、梁、桁架受力支托（支承面）表面至第一安装孔距离；

2 多节柱铣平面至第一安装孔距离；

3 实腹梁两端最外侧安装孔距离；

4 构件及连接处的截面几何尺寸；

5 柱、梁连接处的腹板中心线偏移；

6 受压构件弯曲矢高；

7 单节、多节、复杂截面钢柱外形尺寸；

8 焊接实腹钢梁、钢桁架、钢管构件外形尺寸；

9 墙架、檩条、支撑系统钢构件及钢平台、钢梯和防护钢栏杆外形尺寸。

***条文说明：****钢构件外形尺寸检测各项目的抽样数量、检验方法、尺寸偏差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。*

1. 预制钢构件截面尺寸的检测应符合下列规定：

1 宜选择对构件性能影响较大的3个部位量测；

2 钢材厚度和钢网架等钢管的壁厚可采用超声测厚仪测定，检测方法应按本标准附录H的规定执行；

3 截面尺寸偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709、《热轧H型钢和剖分T型钢》GB/T 11263、《结构用冷弯空心型钢》GB/T 6728等的规定。

1. 既有建筑钢构件钢材强度的检测可采用取样法或里氏硬度法进行检测，里氏硬度检测方法应按本标准附录G的规定执行。
2. 钢构件实体预拼装的检测数量、检验方法和允许偏差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。

## 焊接连接

1. 焊接连接的检测包括焊缝外观质量、构造及尺寸、表面质量、内部缺陷和力学性能等检测分项，既有装配式钢结构尚应进行焊缝的锈蚀和开裂状况检查。
2. 焊缝外观质量的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及飞溅物。焊缝焊后目视检测的内容应包括焊缝外观质量、焊缝尺寸，其外观质量及尺寸允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。
3. 焊缝尺寸应包括焊缝长度、焊缝余高和角焊缝的焊脚尺寸。测量焊缝余高和焊脚尺寸时，应沿每处焊缝长度方向均匀量测3点，取其算术平均值作为实际尺寸。
4. 焊缝表面质量检测可采用渗透探伤或磁粉探伤的方法进行检测，并应符合下列规定：

1 焊缝表面开口性缺陷的检测可采用磁粉探伤法；

2 焊缝表面或近表面缺陷的检测可采用磁粉探伤法；

3 渗透探伤和磁粉探伤的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。

1. 设计要求全焊透的一、二级焊缝应进行内部缺陷超声波探伤或射线探伤的无损检测，并应符合下列规定：

1 一级焊缝探伤比例应为100%，二级焊缝探伤比例应不低于20%；

2 焊缝内部缺陷的超声波检测的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，焊缝缺陷分级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；

3 当不能采用超声波探伤或对超声波检测结果有疑义时，可采用射线检测验证，射线检测技术应符合现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1或《焊缝无损检测 射线检测 第2部分：使用数字化探测器的X和伽玛射线技术》GB/T 3323.2的规定，缺陷评定等级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的规定。

4 焊接球节点网架、螺栓球节点网架及圆管T、K、Y节点焊缝的超声波探伤方法及缺陷分级应符合现行国家和行业标准的有关规定。

***条文说明：****根据结构的承载情况不同，现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661中将焊缝的质量分为三个质量等级。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。*

*本标准规定一级焊缝100%检验，二级焊缝为抽样检验，钢结构工厂制作焊缝长度大于1m的焊缝，对每条焊缝按规定的百分比进行探伤，抽检部位为焊缝两端，且探伤长度不小于200mm的规定，对保证每条焊缝的质量是有利的，对焊缝长度小于或等于1mm的焊缝，可按同类焊缝数量的百分比进行探伤。钢结构安装焊缝大部分为梁-柱连接焊缝，一般都比较短，每条焊缝的长度大多在250mm～300mm之间，按照焊缝条数抽样检测是可行的。对于长度大于1m的现场安装焊缝，也可以按每条焊缝规定的百分比进行探伤，抽检部位和检测长度同工厂制作焊缝。*

1. 焊接接头力学性能的取样检验应符合下列规定：

1 焊接接头力学性能的检验可分为拉伸、面弯和背弯等项目，每个检验项目可各取2个试样；

2 焊接接头的检验方法应符合现行国家标准《焊接接头拉伸试验方法》GB/T 2651和《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653等的规定；

3 焊接接头焊缝的强度不应低于母材强度的最低保证值；

4 在截取焊接接头试样时，可采用表面硬度附加直读光谱法的方法进行焊材与母材的判别。

1. 既有装配式钢结构焊缝和焊接接头存在锈蚀和开裂时，可按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的规定采用渗透探伤或磁粉探伤等方法进行检测。

## 紧固件连接

1. 紧固件连接质量检测包括下列检测分项：

1 紧固件尺寸与构造；

2 紧固件变形与损伤；

3 射钉、自攻钉、拉铆钉等与钢板的连接质量；

4 普通螺栓的连接质量；

5 高强度螺栓连接副质量。

***条文说明：****本条提出了紧固件连接质量检测内容。*

1. 紧固件尺寸与构造检测，宜符合下列规定：

1 宜采用目测方法检查射钉、自攻钉、拉铆钉的数量、外观排列方式；

2 宜采用尺量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。

1. 紧固件变形与损伤检测应采用目测检查其断裂、弯曲、脱落、松动、滑移、腐蚀以及连接板栓孔挤压破坏等缺陷。
2. 射钉、自攻钉、拉铆钉等与钢板的连接质量检测，宜符合下列规定：

1宜采用目测方法检查连接板栓孔挤压破坏情况；

2宜采用小锤敲击方法检查紧固密贴情况。

1. 普通螺栓的连接质量检测，宜符合下列规定：

1 普通螺栓作为永久性连接螺栓时，应按连接节点数抽查10%且不少于3个进行质量检测，螺栓紧固应牢固、可靠，外露丝扣不应少于2扣；当设计有要求或对其质量有疑义时，应按每种规格抽查8个进行螺栓实物最小拉力载荷复验。

2宜采用观察、小锤敲击的方法检查螺栓紧固情况，检查数量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。

1. 高强螺栓连接检测应包括扭剪型高强螺栓紧固轴力及终拧质量、高强大六角头螺栓连接副扭矩系数及终拧质量、高强螺栓连接摩擦面的抗滑移系数等项目。

***条文说明：****本条提出了高强螺栓连接检测内容。*

1. 高强度螺栓连接副的终拧质量检测，应符合下规定：

1 宜采用目测方法检查螺栓外露丝扣数，外露丝扣应为2扣~3扣；

2 对于扭剪型高强度螺栓，宜采用目测方法检查螺栓尾部的梅花头，终拧完成后未拧掉梅花头的螺栓数不应大于该节点螺栓总数的5%；

3对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，检测方法应按本标准附录J的规定执行。

***条文说明：****检查螺栓外露丝扣数时，外露丝扣应为2扣~3扣，其中允许有10%的螺栓丝扣外露为1扣或4扣。检查螺栓尾部的梅花头时，除因构造原因无法采用专用扳手拧掉梅花头者外，终拧完成后未拧掉梅花头的螺栓数不应大于该节点螺栓总数的5%。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，对此类螺栓应控制在一定比例内。*

1. 高强度螺栓终拧扭矩的施工质量检测，应在终拧1h之后、48h之内完成。

***条文说明：****现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205规定高强度螺栓终拧1h后，48h内应进行终拧扭矩检查。高强度螺栓扭矩在1h内变化最大，在48h内已趋于稳定，为了检测的准确性和稳定性，规定检测的时间段。*

1. 高强度大六角头螺栓连接副应复验其扭矩系数，扭剪型高强度螺栓连接副应复验其紧固轴力，其检验结果应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的相关规定。

***条文说明：****高强度大六角螺栓连接副的扭矩系数和扭剪型高强度螺栓连接副的紧固轴力(预拉力)是影响高强度螺栓连接质量最主要的因素，也是施工的重要依据，因此要求生产厂家在出厂前进行检验，且出具检验报告，施工单位应在使用前及产品质量保证期内及时复验，该复验应为见证取样送样检验项目。*

1. 装配式钢结构制作和安装单位应分别进行高强度螺栓连接摩擦面（含涂层摩擦面）的抗滑移系数试验和复验，现场处理的构件摩擦面应单独进行摩擦面抗滑移系数试验，试验方法应按本标准附录K的规定执行，试验结果应满足设计要求。

***条文说明：****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。*

## 连接节点

1. 梁-柱、梁-梁连接节点的检测应包括下列内容：

1 节点及其零部件的尺寸、构造；

2 对于采用端板连接的梁柱连接，应检测端板厚度及变形、开裂状况，梁(柱)与端板的连接开裂状况，端板的连接螺栓松动、脱落状况；

3 对于采用栓焊或全焊的框架梁柱、梁梁连接，应检测焊缝和螺栓连接质量。

***条文说明：****本条针对装配式钢结构中最常见的梁柱、梁梁节点的检测提出了重点需要检查的内容。*

1. 支座连接节点的检测应包括支座偏心与倾斜、支座沉降、支座锈蚀、连接焊缝裂纹、锚栓变形或断裂、螺帽松动或脱落、限位装置、铰支座转动或滑动状况等内容。

***条文说明：****支座节点是装配式钢结构中至关重要而又特殊的节点，常规理论设计难以准确模拟计算，本标准给出支座节点检测的主要内容。*

1. 各类连接节点的检测方法应符合下列规定：

1 尺寸与构造检查，宜采用直接测量和目视检测法进行检查；

2 内部缺陷检测，可采用超声波方法进行检测；

3 材料等级判定与力学性能检测，应在保证结构安全的前提下进行抽样检测；

4 锈腐蚀和损伤等问题，可采用渗透探伤、磁粉探伤或直接量测的方法进行检测。

1. 钢网架焊接球节点、螺栓球节点的尺寸和壁厚的检测应符合下列规定：

1 焊接球和螺栓球的尺寸检测应分别按现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11和《钢网架螺栓球节点》JG/T 10规定的执行；

2 焊接球的壁厚可采用超声测厚仪检测，检测前应清除饰面层。

1. 网架螺栓球节点的承载力，可从结构中取出节点进行检验。
2. 厚度大于或等于8mm钢材内部缺陷，可采用超声波探伤法进行检测，其检测操作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的规定。
3. 对结构受力较大或对结构影响较大的焊接节点部位应进行残余应力的检测并进行消除处理。

***条文说明：****残余应力的检测可依据现行国家标准《无损检测残余应力超声临界折射纵波检测方法》GB/T 32073的规定执行，残余应力可采用高能声速调控法进行消除。*

1. 对于其他形式的连接节点，应根据其构造和受力特点确定检测项目和方法。

***条文说明：****对于其他形式的节点，应根据工程实际情况按照相应的规范执行。*

## 安装偏差

1. 钢构件安装检测应包括钢柱、钢屋架、钢梁、次梁、连接节点、钢板剪力墙、钢平台、钢梯、栏杆等检测分项。
2. 钢柱安装检测应符合下列规定：

1 检测内容应包括柱脚底座中心线对定位轴线的偏移、柱子定位轴线偏移、柱基准点标高、弯曲矢高、柱轴线垂直度、钢柱安装偏差和同一层柱的各柱顶高度差等项目；

2 应按钢柱数抽查10%，且不应少于3件进行安装检查，各项目检验方法和允许偏差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。

1. 钢屋架、钢梁、次梁安装检测应符合下列规定：

1 检测内容应包括跨中垂直度、侧向弯曲矢高、同一根钢梁两端顶面高差、主梁与次梁上表面高差等项目；

2 应按同类构件数抽查10%，且不应少于3件进行检查，各项目检验方法和允许偏差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。

1. 连接节点安装检测应符合下列规定：

1 检测内容应包括箱形（四边形、多边形）截面、异型截面对接处偏差等项目；

2 应按同类构件数抽查10%，且不应少于3件，每件不少于3个坐标点，用吊线、拉线、经纬仪、钢尺、全站仪进行现场实测，各项目允许偏差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。

1. 构件轴线空间位置偏差、节点中心空间位置偏差和构件对接处截面的平面度偏差的检查数量、检验方法和各项目允许偏差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. 钢板剪力墙安装检测应包括对口错边、平面外挠曲等项目，按构件数抽查10%且不应少于3件，用钢尺现场实测或观察的方法检验，各检测项目安装允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定。
3. 钢平台、钢梯、栏杆安装检测应符合下列规定：

1检测内容应包括平台高度、平台梁水平度、平台支柱垂直度、承重平台梁侧向弯曲、承重平台梁垂直度、直梯垂直度、栏杆高度、栏杆立柱间距等项目；

2钢平台按总数抽查10%，栏杆、钢梯按总长度各抽查10%进行检测，但钢平台不应少于1个，栏杆不应少于5m，钢梯不应少于1跑，各项目检验方法和允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定。

## 变形与损伤

1. 装配式钢结构的变形检测包括结构整体垂直度、整体平面弯曲以及构件垂直度、弯曲变形、跨中挠度等检测分项。
2. 在对钢结构或构件变形进行检测前，宜先清除饰面层。当构件各测试点饰面层厚度接近且不明显影响评定结果时，可不清除饰面层。
3. 测量尺寸不大于6m的钢构件变形，可用拉线、吊线锤的方法，并应符合下列规定：

1 测量构件弯曲变形时，从构件两端拉紧一根细钢丝或细线，然后测量跨中位置构件与拉线之间的距离，该数值即是构件的变形；

2 测量构件的垂直度时，从构件上端吊一线锤直至构件下端，当线锤处于静止状态后，测量吊锤中心与构件下端的距离，该数值即是构件的顶端侧向水平位移。

1. 测量跨度大于6m的钢构件挠度，宜采用全站仪或水准仪，并按下列方法进行检测：

1 钢构件挠度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；

2 将全站仪或水准仪测得的两端和跨中的读数相比较，可求得构件的跨中挠度；

3 钢网架结构总拼完成及屋面工程完成后的挠度值检测，对跨度24m及以下钢网架结构测量下弦中央一点；对跨度24m以上钢网架结构测量下弦中央一点及各向下弦跨度的四等分点。

1. 尺寸大于6m的钢构件垂直度、侧向弯曲矢高以及钢结构整体垂直度与整体平面弯曲宜采用全站仪或经纬仪检测。可用计算测点间的相对位置差的方法来计算垂直度或弯曲度，也可采用通过仪器引出基准线，放置量尺直接读取数值的方法。
2. 当测量结构或构件垂直度时，仪器应架设在与倾斜方向成正交的方向线上，且宜距被测目标1倍～2倍目标高度的位置。
3. 钢构件、钢结构安装主体垂直度检测，应测量钢构件、钢结构安装主体顶部相对于底部的水平位移与高差，并分别计算垂直度及倾斜方向。
4. 当用全站仪检测，且现场光线不佳、起灰尘、有振动时，应用其他仪器对全站仪的测量结果进行对比判断。
5. 装配式钢结构的损伤检测包括腐蚀程度、火灾损伤、碰撞损伤、疲劳损伤等检测分项。

***条文说明：****本条根据损伤原因对装配式钢结构的损伤进行分类，这种分类不具备完整性。本条规定了常见损伤的检测。*

1. 对腐蚀严重的装配式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，应清除待测表面积灰、油污、锈皮等；

2 对全面均匀腐蚀情况，检测腐蚀损伤板件厚度时，应沿长度方向至少选取3个较严重的区段，每个区段选8~10个测点，采用测厚仪测量构件厚度；

3 对局部腐蚀情况，检测腐蚀损伤板件厚度时，应在腐蚀最严重部位选取1~2个截面，每个截面选取8-10个测点，采用测厚仪测量板件厚度。

***条文说明：****构件腐蚀影响钢结构建筑的耐久性和长期性能，应充分重视。*

*装配式钢结构构件腐蚀的影响，除需考虑腐蚀对构件(节点)承载能力、安全性和正常使用性的影响外，还需考虑腐蚀对构件耐久性的影响，腐蚀程度按构件(节点)表面涂层状况和锈蚀深度分类。*

*装配式钢结构构件全面均匀腐蚀是指在大气条件下相对均匀的腐蚀，构件整个表面具有大致相同的腐蚀速度。*

1. 对于火灾事故可能引起的钢构件损伤，应进行火灾损伤检测，并应符合下列规定：

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、损伤类别进行分类分析，并应确定火灾损伤在受检范围内的分布特征。

1. 对于碰撞事故可能引起的结构损伤，可采用观察、直尺拉线或靠尺量测的方法对装配式钢结构连接、节点及紧固件的碰撞损伤进行检测。

***条文说明：****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。*

1. 直接承受动力荷载的钢构件及其连接的疲劳损伤宜在构件上应力幅较大的部位、构造复杂的部位、应力集中部位、易出现裂纹的部位进行检测。

***条文说明：****对直接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。*

## 涂装防护

1. 装配式钢结构涂层防护检测包括外观检查、涂层完整性、涂层厚度、涂层结合强度、涂层附着力、涂层老化程度等检测分项。
2. 涂层外观质量和完整性宜采用观察的方法进行检查。涂层不应有漏涂，表面不应存在脱皮、泛锈、龟裂和起泡等缺陷，不应出现裂缝，涂层应均匀、无明显皱皮、流坠、乳突、针眼和气泡等，涂层与钢基材之间和各涂层之间应粘结牢固，无空鼓、脱层、明显凹陷、粉化松散和浮浆等缺陷，存在问题的构件宜逐根进行检测或记录。
3. 防腐和厚型防火涂层厚度的检测应按本标准附录L的规定执行，薄型防火涂层厚度可采用涂层厚度测定仪进行检测。
4. 金属热喷涂防腐涂层结合强度检测应符合现行国家标准《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793的有关规定。
5. 当装配式钢结构处于有腐蚀介质环境、外露或设计有要求时，应进行防腐涂层附着力测试，检验方法可按现行国家标准《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的规定执行。检测范围内涂层完整程度达到70%以上时，涂层附着力可认定为质量合格。
6. 既有装配式钢结构构件应进行有机涂层的老化和无机涂层的损伤与失效的检测。
7. 涂层老化程度检测和评定应符合现行国家标准《色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露滤过的氙弧辐射》GB 1865和《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》GB 1766的有关规定。

# 装配式木结构

## 一般规定

1. 装配式木结构的检测包括木材性能、预制木组件、连接节点、安装偏差与变形、缺陷与损伤、结构性能等检测项目。
2. 按检验批检测时，装配式木结构的检测批划分、抽样数量及符合性判定应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB [50206](http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/10409/300418.shtml" \t "http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/10409/_self)的相关规定。
3. 装配式木结构的结构静力性能和结构动力性能，可按现行行业标准《木结构现场检测技术标准》JGJ/T 488规定的方法进行检测。

## 木材性能

1. 装配式木结构木材性能的检测包括木材物理性能和木材力学性能的检测。木材物理性能检测包括木材含水率和密度等检测分项；木材力学性能检测包括木材抗弯强度和抗弯弹性模量等检测分项。

***条文说明：****本条提出了装配式木结构木材性能的检测分项。木材物理性能检测除了含水率和密度检测之外，如有需要也可以对木材的干缩性、吸水性和湿膨胀等进行检测。*

1. 木材的含水率检测可采用烘干法、电测法检测，并应符合下列规定：

1 装配式木结构各类构件制作和进场时木材含水率的检测应按本标准附录M的规定执行，且木材平均含水率应符合下列规定：

1）原木和方木的含水率不应大于25%；

2）板材及规格材的含水率不应大于20%；

3）受拉构件的连接板的含水率不应大于18%；

4）处于通风条件不畅环境下的木构件的木材含水率不应大于20%；

5）胶合木各层板含水率不应大于15%，且相邻层板间含水率相差不应大于5%。

2 既有装配式木结构木材的含水率检测宜采用电测法测定，且其含水率测定值的最大值不宜大于当地的平衡含水率。

***条文说明：****木组件制作前木材的含水率可采用取样的重量烘干法测定，规格材和胶合木构件亦可采用电测法测定。*

*控制木材的含水率，主要是为防止木材干裂和腐朽。原木、方木在干燥过程中，切向收缩最大，径向次之，纵向最小。外层木材会先于内层木材干燥，其干缩变形会受到内层木材的约束而受拉。当横纹拉应力超过木材的抗拉强度时，木材就发生开裂。制作构件时，如果干裂裂缝与齿连接或螺栓连接的受剪面接近或重合，就会影响连接的承载力，甚至发生工程事故。另外，木材含水率过大，干缩变形很大，会影响木结构节点连接的紧密性；含水率过大，木材的弹性模量降低，结构的变形加大。*

*原木和截面较大的方木通常难以达到干燥状态，其含水率控制在25%，是指全截面的平均含水率。此时木材表层的含水率往往已降至18%以下，干燥裂缝已经呈现，制作构件选材时已经可以避开裂缝。干缩裂缝对板材的不利影响比方木、原木严重得多，但板材可以窑干，故含水率可控制在20%以下。干缩裂缝对板材受拉工作影响最为不利，用作受拉构件连接板的板材含水率控制在18%以下。通风不畅时木材易发生腐朽，故含水率应控制在20%以下。胶合木层板含水率过高会影响胶合质量，同一构件中各层板间的含水率差别较大会使层板间因产生过大的收缩变形差而产生过大的内应力(湿度应力)，甚至出现裂缝等损伤，因而对胶合木层板含水率和各层板含水率差值进行了限值。同一构件中各层板间的含水率差别，应由胶合木生产时控制，胶合木进场验收时可不必检验，只检验平均含水率。*

*既有木结构的木材含水率随现场的气温、相对湿度变化，不是一个定值。我国目前对既有木结构的木材含水率没有给出标准限值，为便于对既有木构件的含水率进行评定，本条建议以当地的平衡含水率作为参考值，超过参考值则认为构件含水率超出要求。*

1. 木材密度的检测方法应符合现行国家标准《木材密度测定方法》GB/T 1933的规定。

木材抗弯强度和抗弯弹性模量等检测分项

1. 木材抗弯强度的检测应符合下列规定：

1 进场原木、方木及板材均应作弦向抗弯强度检测，检测方法应按本标准附录N的规定执行；

2 进场层板胶合木和结构复合木材制作的受弯构件（梁、工字形木搁栅等）应作荷载效应标准组合作用下的抗弯性能检测，每一检测批同一胶合工艺、同一层板类别、树种组合、构件截面组坯的同类型构件应随机抽取3根，检测方法应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的规定；检测荷载作用下构件不应发生开裂等损伤现象，层板胶合木构件原有漏胶胶缝不应发展，受弯构件跨中挠度的平均值不应大于理论计算值的1.13倍，最大挠度不应大于表6.2.4的规定；

注：*L*为受弯构件的跨度。

3 当既有装配式木结构所用木材的树种名称和产地可判别清楚时，可按现行国家标准《木结构设计规范》GB 50005的相关规定做目测等级检测；当木材的材质或外观与同类木材有显著差异或树种名称和产地判别不清时，宜取样检测木材的力学性能；

4 既有装配式木结构受腐朽、灾害影响的木材强度检测，宜采用木材弦向抗弯强度的取样检测方法，木材强度降低的幅度，可通过与未受影响区域试样强度的比较确定。

**表6.2.4 荷载效应标准组合作用下胶合木受弯构件的挠度限值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **项次** | **构件类别** | | **挠度限制(m)** |
| 1 | 檩条 | *L*≤3.3m | *L*/200 |
| *L*>3.3m | *L*/250 |
| 2 | 主梁 | | *L*/250 |

***条文说明：****结构复合木材是一类重组木材。用数层厚度为2.5mm～6.4mm的单板施胶连续辊轴热压而成的称为旋切板胶合木(LVL)；将木材旋切成厚度为2.5mm~6.4mm、长度不小于150倍厚度的木片施胶加压而成的称为平行木片胶合木(PSL)和层叠木片胶合木(LSL)。结构复合木材的一个重要用途是将其制作成预制构件，例如用LVL制作工字形木搁栅的翼缘、拼合柱和侧立受弯构件等。*

*胶合木构件抗弯性能检验的目的在于验证构件的胶合质量和胶合木的弹性模量。所谓挠度的理论计算值，是按该构件层板胶合木强度等级规定的弹性模量和加载方式算得的挠度。本条基于弹性模量正态分布假设，且其变异系数取为0.1。取三根试件进行试验，按数理统计理论，在95%保证率的前提下，弹性模量的平均值推定上限为实测平均值的1.13倍，故要求挠度的平均值不大于理论计算值的1.13倍。单根梁的最大挠度限值要求则是为了满足《木结构设计规范》GB 50005规定的正常使用极限状态的要求。由于试验仅加载至荷载效应的标准组合，对于合格的产品不会产生任何损伤，试验完成后的构件仍可在工程中应用。对于那些跨度很大或外形特殊而数量又少的以受弯为主的层板胶合木构件，确无法进行试验检验的，应制定更严格的生产制作工艺，加强层板和胶缝的质量控制，并经专家组论证。质量有保证者，可不做荷载效应标准组合作用下的抗弯性能检验。*

*根据《木结构设计标准》GB 50005的规定，只要确定木材树种和产地，就可确定其强度等级和弹性模量。该标准还在附录中列出我国主要建筑用材归类情况以及常用木材的主要特性。当发现木材的材质或外观与同类木材有显著差异（如表观密度过小、年轮过宽、灰色、缺陷严重)，或由于其他原因无法判别树种和产地时，可采用现场取样的方法测定木材的力学性能，确定其强度等级。木材的强度等级可依据抗弯强度判定，宜采用木材弦向抗弯强度的取样检测方法，试验可按现行国家标准《木材抗弯强度试验方法》GB/T 1936.1的相关规定执行。木材的抗弯强度和其他力学性能检测试验，也可按现行国家标准《木结构试验方法标准》GB/T 50329的相关规定执行。取样检测时应避免主要承重构件受损，条件受限时也可采用经验证的木材微破损检测方法。*

## 预制木组件

1. 预制木组件的检测宜包括木组件标识、外观质量、尺寸偏差、胶合能力、防护措施的检测。
2. 预制木组件的标识应进行全数检测，检测内容包括工程名称、组件名称、组件代码与编号、制作日期、合格状态、生产单位、木组件使用部位与条件等基本信息的完整性，以及监理单位的确认信息等，可采用手持设备扫描或目视的方法进行检测。
3. 预制木组件的外观质量宜进行全数检测，检测内容及检测方法应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的规定。
4. 预制木组件尺寸偏差检测应包括构件截面尺寸与长度、弧形构件曲率半径、受压构件弯曲、节点距离、齿槽深度、螺栓间距、桁架高度及起拱等项目，尺寸偏差应符合设计文件的规定，检测方法应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的规定。
5. 木构件截面尺寸检测应符合下列规定:

1 等截面构件和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截面尺寸，按照实测值作为构件截面尺寸的代表值；

2 不均匀变化的变截面构件，应选取构件端部、截面突变的位置量取截面尺寸，取构件尺寸实测最小值作为该构件截面尺寸的代表值；

3 应将每个测点的尺寸实测值与设计图纸规定的尺寸进行比较，计算每个测点尺寸偏差值。

1. 难以直接测量截面尺寸的木构件，其尺寸偏差检测可采用三维激光扫描仪或全站仪等仪器测量。
2. 当对胶合木组件的胶合能力有疑义时，可对胶合木组件试样胶结面的缝顺纹抗剪强度进行检测，检测可采取检测胶的质量和取样检测的方法，检测方法及胶合能力评定应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344和《胶合木结构技术规范》GB/T 50708的规定。

***条文说明：****木材胶缝顺纹抗剪强度试验是检测木结构胶合能力的专用试验方法。当采用与结构中同批胶检测胶合能力时，被检测用胶应在保质期之内。*

1. 预制木组件防虫、防火、防腐等防护措施检测，除应满足设计要求外，尚应按现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206、《木结构设计规范》GB 50005、《装配式木结构建筑技术标准》GB/T 51226和《建筑设计防火规范》GB 50016等的相关规定执行。

## 连接节点

1. 装配式木结构连接节点检测包括榫卯连接、螺栓连接、植筋连接和金属连接件连接等检测分项。
2. 榫卯连接检测包括外观、拔榫量、连接紧密度等项目。
3. 榫卯连接外观检测应包括下列内容：

1 腐朽、虫蛀；

2 榫头可见部位裂缝、折断、残缺；

3 卯口周边劈裂；

4 节点松动。

***条文说明：****本条规定了榫卯完整性检查的内容。榫卯的外观损坏类型多样，因此检查时应详细分类进行。*

1. 榫卯连接拔榫量检测应符合下列规定：

1 可采用钢直尺或卷尺测量榫卯脱开距离作为拔榫量，当榫头各部位拔榫量不一致时，应取大值；

2柱与梁、枋之间拔榫量应符合现行国家标准《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165的有关规定。

1. 榫卯连接紧密度测量应符合下列规定：

1 应采用锲形塞尺测量榫头与卯口之间各边的空隙尺寸，斗拱构件的榫卯间隙允许偏差为1mm，其他榫卯节点的间隙允许偏差应符合表6.4.5的规定；

表6.4.5 榫卯结构节点的间隙允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 柱直径*D*(mm) | *D*≤200 | 200＜*D*≤300 | 300＜*D*≤500 | *D*>500 |
| 允许偏差(mm) | 3 | 4 | 6 | 8 |

2 对于榫卯无空隙处，应检查并记录局部凹陷、木纤维发生褶皱、局部纤维剪断等局部承压破坏的情况；

3 应检测榫卯倾斜转角与主构件倾斜转角是否一致，当不一致时，应补充检查榫头是否有折断点；

4 应测量榫头或卯口处的压缩变形，横纹压缩变形量不应大于4mm。

***条文说明：****本条对榫卯密实度测量、榫卯节点的间隙允许偏差等进行了规定*

1. 螺栓连接检测应符合下列规定：

1 螺栓连接的检查数量应为连接节点数量的10%，且不应少于10个；

2 螺帽拧紧后螺栓外露长度不应小于螺杆直径的80%，且外露丝扣不应少于2扣，螺纹段剩留在木构件内的长度不应大于螺杆直径的1.0倍；

3 螺栓连接采用钢垫圈时，垫圈的厚度不应小于直径或者边长的1/10，且不应小于螺栓直径的30%；方形垫板的边长不应小于螺杆直径的3.5倍，圆形垫圈的直径不应小于螺杆直径的4.0倍；

4 螺栓的端距、间距、边距和行距除应符合设计文件要求外，尚应符合现行国家标准《木结构设计标准》GB 50005的有关规定。

5 螺栓孔直径不应大于螺杆直径lmm。

***条文说明：****对于被检测节点有工程项目图纸、计算报告等设计文件时，检测时首先需要复核现有节点与设计文件的吻合度，除此之外还需注意下列几点要求：1 螺杆在连接节点中可能承受剪力、弯矩或拉力的作用，预留外露长度的目的是避免螺杆受力时螺帽滑移，发生失效；2 受剪螺栓或系紧螺栓中拉力不大，施工中可按照构造设置垫圈（板）；3 确保螺栓连接的紧密性。*

1. 新建装配式木结构植筋连接施工质量，宜进行抗拔承载力的现场检验，检验方法应按本标准附录P的规定执行。

***条文说明：****木结构植筋连接应进行抗拔承载力的现场检验，其抗拔承载力现场检验可分为非破坏性检验和破坏性检验，优先选用非破坏性检验。两者的选择可以根据结构的重要程度来进行区分。*

1. 金属连接件连接的检测应符合下列规定：

1 应对各种金属连接件的类别、规格、数量等进行全面检测，可采用目测法；

2 应对金属连接件的安装位置和方式、安装偏差、变形、松动以及金属齿板的板齿拔出等进行全面检测，可采用目测法或用卡尺进行检测；

3 应对连接处木构件之间的缝隙、木构件受压抵承面之间的局部间隙以及木构件的开裂情况进行全面检测，可用卡尺或塞尺进行检测；

4 对金属齿板连接，尚应对连接处木材的表面缺陷面积、板齿倒伏面积以及木材的劈裂情况等按检验批全数的20%进行抽样检测，可采用目测法或用卡尺测量；

5 应对金属连接件的锈蚀情况进行全面检测，锈蚀情况检测可按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 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确定锈蚀等级，对于锈蚀等级为D级的连接件尚应采用测厚仪或游标卡尺检测连接件的厚度削弱程度。

***条文说明：****本章所指的装配式木结构金属连接件主要为钢材制作的各种连接件，包括金属齿板以及其他标准的或非标准的金属连接件（如用于搁栅与梁连接的搁栅吊、梁与梁连接的梁托、梁与柱连接的柱帽以及柱脚连接件等)。也包括少量既有木结构建筑采用的铁制连接件。*

*由于现代胶合木以及各种复合木材等工程木产品的应用，极大地促进了多高层、大跨及空间木结构的发展。采用金属连接件进行节点连接，可以很好地替代传统的齿连接和螺栓连接等连接方法，减小连接处木构件截面的削弱，并可以获得较高的节点承载力，从而满足现代木结构、特别是大跨空间木结构对节点承载力的较高要求。节点连接的性能是影响结构性能的关键因素，金属连接件的承载力相对较高，因此，对金属连接件节点连接进行现场检测就显得特别重要，例如，当金属连接件的类型和规格不满足设计要求时，将会直接影响节点的安全性；如果金属连接件的固定位置和方法不正确，就会出现因连接件限制木材的变形而导致木材开裂等现象。*

*各种钢制或铁制连接件受环境的影响可能会产生锈蚀。对于锈蚀等级为D级的连接件，其锈蚀程度可由其截面厚度的变化来反应。检测连接件厚度时必须先除锈，再用超声波测厚仪或游标卡尺测量连接件厚度。*

1. 金属连接件的厚度应用游标卡尺检测，无法用游标卡尺检测时，可采用超声测厚仪进行检测。检测时，应取连接件的3个不同部位进行检测，并取3个测试值的平均值作为连接件厚度的代表值。

***条文说明：****采用超声波原理进行测量时，由于耦合不良、探头磨损等因素的影响，超声测厚仪的测量误差往往比直接用游标卡尺的测量误差大，因此，连接件的厚度应尽可能采用游标卡尺进行测量。为了减小测量误差，测量金属连接件的厚度前，应去除金属表面油漆层、氧化层和锈蚀层等，在不损伤金属材料本体的情况下可采用砂纸、钢丝刷或抛光片等打磨出金属光泽后再进行测量。*

1. 金属连接件防腐层的检测，应在外观检查合格后，按下列规定进行：

1 采用镀锌钢板制作的金属连接件，连接件的锌层质量可按现行国家标准《钢产品镀锌层质量试验方法》GB/T 1839的规定进行抽样检测；

2 采用油漆类防锈涂层的金属连接件，可采用涂层测厚仪，按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621的规定进行检测。

***条文说明：****金属连接件的防腐处理通常采用油漆类防锈涂层，当板厚小于3mm时，应采用镀锌防锈层。油漆类防锈涂层的防腐效果的判定通常以涂层厚度为指标。检测前若外观检查不合格，应进行修补后再检测涂层质量或涂层厚度。*

1. 当金属连接件直接暴露在外并用防火涂层进行防护时，应在外观检查合格后，对连接件的涂层厚度进行抽样检测。防火涂层的厚度检测可按本标准附录L的规定执行。

## 安装偏差与变形

1. 装配式木结构预制木组件的安装偏差检测应包括轴线距离、标高、垂直度、挠度、支座轴线与支承面中心距离等，检测方法应符合下列规定：

1 构件中心线轴线位置偏差可用钢尺量测；

2 构件标高可用水准仪量测；

3 构件垂直度可用经纬仪、全站仪或吊线钢尺量测；

4 构件挠度可用水准仪或拉线法量测。

5 支座轴线与支承面中心距离可用钢尺量测。

1. 装配式木结构木梁、木柱、木桁架和木屋架等木组件的安装允许偏差应符合现行国家标准《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206的规定。
2. 装配式木结构在柱间梁和木屋架装配过程中，应进行本跨及相邻跨柱的垂直度变形监测。
3. 装配式木结构或构件变形包括结构整体垂直度、构件垂直度、弯曲变形、跨中挠度等检测项目。检测前宜局部清除饰面层，当构件各测试点饰面层厚度接近且不影响评定结果时，可不清除饰面层。
4. 结构或构件变形检测主要设备应符合下列规定：

1 结构或构件变形检测可采用水准仪、经纬仪、全站仪等仪器；

2 用于结构或构件变形的测量仪器及其精度应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定，精度不应低于三级。

1. 结构或构件倾斜可采用投点法、测水平角法、吊垂球法、激光扫描法等。
2. 测量木结构整体或构件倾斜宜采用全站仪，检测应符合下列规定：

1 仪器应架设在倾斜方向线上距照准目标1.5倍～2.0倍目标高度的固定位置；

2 木结构整体倾斜观测点及底部固定点应沿着对应测站点的建筑主体竖直线，在顶部和底部上下对应布置；对于分层倾斜，应按分层部位上下对应布置；

3 木结构整体或构件倾斜，应测量顶部相对底部的水平位移分量与高差，并计算垂直度及倾斜方向；

4 对于上下两端直径不同的木构件，考虑其直径大小头的特殊性，可分别选取顶部中心相对于底部中心的水平位移分量，通过实测水平距离计算构件倾斜量。

1. 测量木构件的挠度，宜采用全站仪或拉线法，检测应符合下列规定：

1 木构件挠度观测点应沿构件的轴线或边线布设，分别在支座及跨中位置布置测点，每一构件不得少于3点；

2 当使用全站仪检测时，应在现场光线具备观测条件下进行；

3 应避免在测试结构或测试场地存在振动时进行全站仪检测。

1. 当采用激光扫描测量方法进行木结构建筑位移观测时，应符合下列规定：

1 基准点应设置在变形区域外，数量不少于4个且应分布均匀。基准点的坐标应采用全站仪，按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8关于工作基点测量的要求进行测定。

2 基准点和监测点应设置标靶，并应采用与激光扫描仪配套的标靶。标靶布设应牢固可靠，宜采用遮光防水膜保护，每次测量后应及时遮盖。

1. 采用激光扫描测量进行变形观测时，除应提交各类变形测量成果图表外，尚应提交下列资料：

1 激光扫描监测点、基准点及测站分布图；

2 激光扫描标靶成果及处理记录；

3 坐标转换成果及处理记录；

4 激光扫描点云数据。

## 缺陷与损伤

1. 木材的缺陷与损伤检测宜包括下列内容：

1 木构件的木节、斜纹、扭纹检测；

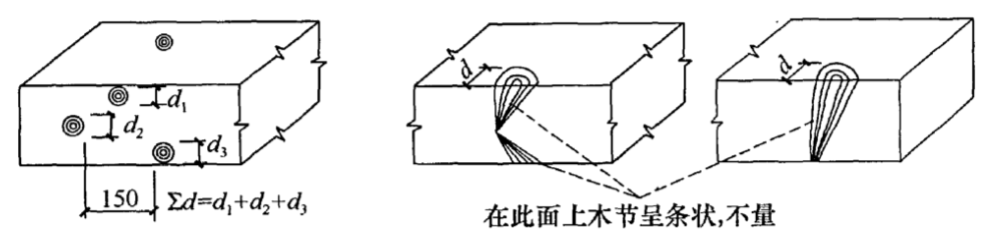
2 木构件的裂缝、腐朽、虫蛀空洞及白蚁活体检测；

3 胶合木构件的脱胶检测；

4 胶合木构件与轻型木构件的翘曲、扭曲、横弯、顺弯检测。

***条文说明：****本条列出了木材缺陷检测的主要项目。木材缺陷的检测方法应按《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206及《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344的相关规定执行，新建承重木结构应按现行《木结构设计[标准](http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/197/3637136.shtml" \t "http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/197/_self)》GB 50005材质分级要求逐根构件对木节、斜纹、扭纹、裂缝等缺陷进行检测。*

1. 木构件木节的尺寸应按垂直于构件长度方向测量，并应取沿构件长度方向150mm范围内所有木节尺寸的总和（图6.6.2a）。直径小于10mm的木节应不计，所测面上呈条状的木节应不量（图6.6.2b）。



(a) 量测的木节 (b) 不量测的条状木节

图6.6.2 木节的测量方法

1. 木构件的斜纹和扭纹的检测应符合以下规定：

1 斜纹的检测应在方木和板材两端各选1m材长量测3次，分别计算两端的平均倾斜高度，斜纹的检测值取最大的平均倾斜高度；

2 扭纹的检测，可在构件端部1m长范围内量测3次，扭纹的检测值取3次量测的平均倾斜高度。

1. 木构件的裂缝和胶合木结构的脱胶开裂检测可采用探针、塞尺、直尺直接检测，也可采用阻力仪检测法和X射线检测法检测，并宜符合下列规定：

1当裂缝位于构件外表面时，裂缝宽度可直接采用塞尺或直尺进行测量；

2当裂缝位于构件隐蔽或不利检查部位时，裂缝宽度宜采用阻力仪检测法或X射线检测法进行检测，宜精确至0.01mm；

3 裂缝深度可采用探针检测，亦可采用超声波检测法和X射线检测法检测；采用超声波检测法检测裂缝深度时，被测裂缝不得有积水和泥浆等；采用X射线检测法检测裂缝深度时，射线透照方向宜与裂缝深度方向垂直；

4 裂缝长度可用钢尺或卷尺量测。

***条文说明：****本条给出了木结构裂缝的检测方法，木结构的裂缝包括杆件上的裂缝、支座剪切面上的裂缝、螺栓连接处和钉连接处的裂缝等。本条规定的方法也可用于胶合木脱胶开裂的检测。*

1. 木构件的表面腐朽可通过目测法判断腐朽程度，目测法可采用肉眼观察或尺规测量；内部腐朽宜采用探针检测法、阻力仪检测法、应力波检测法以及X射线检测法等非破坏性方法检测，检测方法应按本标准附录Q的规定执行。
2. 虫蛀检测应包括木构件内部虫蛀孔洞检测及白蚁活体检测。木构件内部虫蛀孔洞的检测方法及分类等级宜按本标准附录Q的腐朽检测方法执行，白蚁活体检测宜采用温度检测法、湿度检测法和雷达检测法。

***条文说明：****虫蛀的检测应包含两部分内容：一是检测构件内部是否存在虫蛀孔洞，如果仅有虫蛀孔洞，而没有白蚁活动迹象，则虫蛀孔洞实际上是缺陷的一种形式，对木构件以及结构的影响主要体现在截面面积的缺损，因此，其检测方法可参考缺陷的检测方法执行；二是寻找木构件中是否存在白蚁活体并确定其活动区域，如果存在白蚁活体活动的迹象，则有可能对房屋结构造成后续不可估量的危害，必须进行全面检测和治理，可通过温度、湿度、雷达等多种方式进行白蚁活体探测。*

1. 白蚁活体进行检测应符合下列规定：

1 白蚁活体检测可通过目测判断白蚁侵害程度，应拍照、记录取证；

2 对接触地面的木构件，应对近地端长度1m内的部位进行白蚁活体检测；对非接触地面的木构件，应对屋架上下弦两端长度1m、楼板贴墙长度0.5m部位以及檩、椽、梁的支座部位进行白蚁活体检测；

3 采用温度检测法检测白蚁时，温度传感器显示温差有变化，变化幅度大于3℃时，可判断有白蚁；

4 采用湿度检测法检测白蚁时，湿度传感器显示湿度显示变化，湿度差大于30%时，可判断有白蚁；

5 采用雷达检测法检测白蚁时，应将雷达传感器静止放置或固定，可用加速度计来校核有无人为振动。

1. 胶合木构件和轻型木构件的翘曲、扭曲、横弯和顺弯，可采用拉线与尺量的方法或采用靠尺与尺量的方法检测。
2. 既有装配式木结构的木材缺陷检测亦可按本节的规定进行，并应符合下列规定：

1 可采取抽样检测的方法，当抽样检测发现木材缺陷较多且超出相应标准的限值时，应逐根进行检测；

2 虫蛀检测可根据构件附近是否有木屑等进行初步判定，通过敲击的方法确定虫蛀范围，并应采用打孔内窥或插入探针等方法测定虫蛀深度；

3 木材腐朽范围可采用尺测量，腐朽深度可除去腐朽层后用尺测量。

***条文说明：****发现木结构构件出现虫蛀现象时，应对构件的防虫措施进行检测。发现木材有腐朽现象时，应对木材的含水率、通风设施、排水构造和防腐措施进行核查或检测。*

# 装配式钢-混凝土组合结构

## 一般规定

1. 装配式钢-混凝土组合结构的检测包括钢管混凝土结构和其他钢-混凝土组合结构的检测。

***条文说明：****本章所指钢管混凝土结构不包括钢管外包混凝土的结构形式。其他钢-混凝土组合构件包括型钢混凝土梁、型钢混凝土柱梁、型钢混凝土剪力墙、钢板混凝土剪力墙、钢与混凝土组合梁、组合楼板等。钢-混凝土组合构件中，钢构件为工厂加工，混凝土构件分为工厂预制和现场浇筑两种情况，也可部分构件工厂预制、部分构件现场浇筑或者构件的局部为现场浇筑。*

1. 装配式钢-混凝土组合结构检测的特定项目应按本章的规定进行检测，与装配式混凝土结构或钢结构共性的检测项目应按本标准第4章和第5章的有关规定进行检测。

***条文说明：****混凝土、钢筋、型钢等材料性能，预制混凝土构件和钢构件及其连接、节点、尺寸、变形、缺陷和损伤等与装配式混凝土结构或钢结构共性的检测项目，均应遵守本标准第4章和第5章的有关规定。*

1. 按检验批检测时，装配式钢-混凝土组合结构的抽样检测数量及符合性判定应符合现行国家标准《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901和《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628的相关规定。

## 钢管混凝土结构

1. 钢管混凝土结构检测可分为构件材料强度、尺寸偏差、连接与构造、钢管内混凝土缺陷、垂直度与变形、损伤和防护涂装等检测项目。

***条文说明：****本条规定的钢管混凝土结构的检测项目既适用于结构工程质量的检测，也适用于既有结构性能的检测。对某一具体结构的检测项目可根据检测要求或检测目的、结构特点、结构现状和现场检测条件等实际情况确定。对于既有结构，腐蚀、损伤与变形是检测的重点。*

1. 钢管混凝土结构的钢管钢材强度和钢管内混凝土强度检测应符合下列规定：

1结构工程质量的检测，对钢管混凝土构件的材料强度有怀疑或争议时，应采用取样或取样结合无损检测的方法进行检测；

2既有结构性能的检测，钢管钢材强度等级可采用里氏硬度检测方法进行检测，检测方法应按本标准附录G的规定执行；

3 钢管钢材的屈服强度和性能应按现行国家有关标准的规定取样，并应制作成标准试件进行检验；

4钢管内混凝土可在钢管有代表性的位置开孔钻取混凝土芯样，混凝土抗压强度的芯样数量不宜少于6个；

5对钢管混凝土构件取样后应及时进行修复。

***条文说明：****对材料强度有争议，以及通过无损检测方法发现可能与设计不符或存在明显缺陷时，应取样检测，采用直接检测方法或直接检测与间接检测(无损或微破损检测)结合的方法，以保证检测结果的准确。既有结构性能的检测可采用间接检测方法。钢管和管内混凝土两种材料的强度检测抽样数量宜考虑构件数量、不同材料规格、构件截面大小等工程实际情况和可能存在的争议综合确定，由于管内混凝土的强度检测比较困难，取芯检测主要为验证性的。*

1. 钢管混凝土结构的尺寸偏差检测包括钢管外形尺寸、构件拼装和安装尺寸、钢管内钢筋骨架尺寸等检测分项，检测方法和结果评定应符合现行国家标准《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628的相关规定。

***条文说明：****钢管尺寸和钢管内钢筋骨架的检测以尺量检测为主，钢管和柱身弯曲矢高、拼接对口错边等还可以采用拉线、直角尺、焊缝量规等测量。既有结构钢管混凝土结构构件尺寸检测时，应扣除涂层厚度。*

1. 钢管混凝土结构连接与构造的检测可分为钢管混凝土柱分段连接与构造、钢筋混凝土梁或钢梁的连接与构造、钢管混凝土柱的连接与构造、端承式或埋人式钢管混凝土柱柱脚的连接与构造等检测分项，应按现行国家标准《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628规定的适用方法进行检测。

***条文说明：****连接的检测应包括节点部位紧固件和焊缝。*

1. 钢管内混凝土密实度和混凝土与钢管壁脱粘空隙等缺陷可采用敲击检查、超声波检测和钻孔验证相结合的方法进行检测，检测操作应符合下列规定：

1 混凝土与钢管壁间空隙宜采用敲击检查结合打孔的方法进行检测，检测操作应符合下列规定：

1）敲击检查宜沿钢管长度方向等间距和沿周边等距离布置敲击点；

2）对于敲击异常区域应减少敲击的间距；

3）初步判定存在间隙可打孔进行验证。

2 钢管内混凝土的密实性宜采用超声法或超声综合因子法进行检测，对于检测的异常区域采用钻孔内窥的方法进行验证。

***条文说明：****本条适用于结构工程质量和既有结构性能的检测。当仅采用无损检测方法不能确定钢管内混凝土缺陷时，可采用钻孔的方法进行验证。*

1. 钢管混凝土结构的垂直度和变形检测应符合下列规定：

1 工程质量的检测可分为结构整体垂直度、单层柱垂直度和钢管构件的弯曲矢高等分项，应按现行国家标准《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628规定的适用方法进行检测；

2既有结构性能的检测可分为结构构件的倾斜变形和挠曲变形等分项，可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB 50344规定的适用方法进行检测；

3既有结构的检测应区分构件的变形与施工偏差。

***条文说明：****本条规定了钢管混凝土结构构件的垂直度和变形检测内容及检测方法。结构工程质量的检测内容为构件制作偏差和拼装施工偏差，没有因外部作用产生的变形。既有结构性能的检测包含制作施工偏差和外部作用产生的变形，并应区分制作施工偏差和结构变形。*

1. 钢管混凝土构件的损伤检测应符合下列规定：

1构件的损伤可分为局部屈曲与变形、截面缺损与断裂、节点损伤、钢材锈蚀等检测分项；

2构件的损伤可采用目测和表面量测结合的方法进行检测，目测的对象应为具备条件的全部构件，构件存在变形和损伤的部位应进行量测。

***条文说明：****为保证准确、可靠，对既有结构性能的检测以及为结构后续处理提供技术依据的检测，不宜采用随机抽样的方法，宜在普查基础上对损伤明显结构部位和构件进行重点检测，不应漏掉可能影响结构构件性能的损伤部位和构件。*

1. 钢管混凝土结构构件防护涂装的检测可分为防腐涂层和防火涂层的检测，检测方法应符合本标准第5章的规定。

## 其他钢-混凝土组合结构

1. 型钢混凝土梁、型钢混凝土柱、型钢混凝土剪力墙、钢板混凝土剪力墙、钢与混凝土组合梁和组合楼板的检测可分为焊钉和焊栓、钢材性能、尺寸偏差、连接与构造、缺陷与损伤等检测项目。
2. 焊钉和焊栓等的检测应符合下列规定：

1 未成型混凝土之前应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205等规定的方法进行检测；

2 成型混凝土后宜采用局部剔凿或钻芯取样的方法进行核查。

1. 钢材性能可按下列规定进行检测：

1 构件钢材强度等级可采用里氏硬度检测方法进行检测，检测方法应按本标准附录G的规定执行；

2 钢材的屈服强度和性能检测应按现行国家有关标准的规定取样，并应制作成标准试件进行检验。

***条文说明：****包裹在混凝土内的钢材强度和性能可以采用取样的方法检测。由于其取样比较困难，因此可以仅测试其强度等级。*

1. 包裹在混凝土内的钢构件及其形状，可采用钢筋探测仪和雷达探测仪等仪器进行探测，钢构件的尺寸可采用雷达探测仪进行探测。

***条文说明：****钢筋探测仪的性能应符合现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152的有关规定。雷达探测仪可选用具有中、高频段天线的探地雷达仪或工程雷达仪，雷达天线的主频宜为900MHz~1600MHz。*

1. 包裹在混凝土内的钢构件的形状和尺寸的检测，可采用本标准附录R的无损检测方法结合钻孔验证的方法进行检测。

***条文说明：****本标准附录R的钢-混凝土组合结构中钢构件的无损探测方法主要适用于矩形截面组合构件中H形、矩形、圆形钢构件，以及圆形截面组合构件中圆形钢构件的探测。*

1. 组合楼板采用的压型钢板的规格型号、外观和尺寸偏差等检测，应按现行国家标准《钢结构施工质量验收规范》GB 50205和《建筑用压型钢板》GB/T 12755的相关规定执行。
2. 连接与构造的检测，除应满足设计要求外，尚应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构施工质量验收规范》GB 50205和现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138等的相关规定执行。
3. 混凝土内部的缺陷宜采用超声法、超声综合因子法、电磁波法结合取芯和局部钻孔验证的方法进行检测。
4. 构件结合面的缺陷，可采用具有多探头阵列的超声断层扫描法、冲击回波法、超声波法进行检测。

# 附录

**附录A 预制混凝土构件结合面粗糙度检测方法**

1. 检测仪器、辅助工具及材料宜符合下列规定：

1测深尺可用数显深度尺或数显游标卡尺，测深尺量程不宜小于15mm，最小分辨率单位应为0.01mm；

2 透明多孔基准板宜为硬质塑料板，厚度应为5.0mm±0.lmm，孔径应为3.0mm±0.1mm，孔距应为10.0mm±0.5mm。

1. 预制混凝土构件结合面的粗糙度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、构件编号、检测人员信息等。
2. 预制混凝土构件结合面的粗糙度测区应为长方形，并避开有明显突出棱角的区域，每个粗糙面的测区数量及划分应符合下列规定：

1 对预制混凝土叠合楼板、预制混凝土叠合梁、预制混凝叠合墙板，测区数量不应少于8个，每个测区面积宜为0.020m2~0.050m2，相邻两测区中心间距对楼板和梁不宜小于粗糙面长边的1/12、对墙板不宜小于粗糙面长边的1/6；

2 对预制混凝土梁端、预制混凝土柱端，测区数量不应少于2个，每个测区面积宜为0.005m2～0.030m2，相邻两测区中心间距不宜小于粗糙面长边的1/2；

3 对预制混凝土墙端，测区数量不应少于4个，每个测区面积宜为0.005m2~0.030m2，相邻两测区中心间距不宜小于粗糙面长边的1/6；

4 当透明多孔基准板位于测区中心时，测区边缘到透明多孔基准板相应边缘的距离不应小于1倍透明多孔基准板孔距。

1. 预制混凝土构件结合面粗糙度检测（图A.0.4）时应符合下列规定：

1透明多孔基准板应紧贴测区内预制混凝土构件粗糙面，测深尺的测量面应紧贴透明多孔基准板表面，测深尺与透明多孔基准板应保持垂直；

2测深尺的探针应穿过透明多孔基准板的孔洞测量凹面最低点深度，凹凸深度应为测深尺的读数与透明多孔基准板厚度的差值；

3在对每个测区进行测量时，透明多孔基准板应设置于凹面较为集中区域；

4每个测区内测得的不同位置的凹凸深度数据不应少于16个，剔除3个最大值和3个最小值后的数据可视为有效凹凸深度数据。



**图A.0.4 预制混凝土构件结合面粗糙度检测示意图**

1—测深尺（局部）；2—透明多孔基准板；3—预制混凝土构件的粗糙面

1. 预制混凝土构件结合面粗糙度评价指标应按下式计算：

 （A.0.5-1）

 （A.0.5-2）

式中：*μ*——凹凸深度平均值(mm)，精确至0.1mm；

*CV*——凹凸深度变异系数，精确至0.1；

——各个测区所测有效凹凸深度(mm)；

*N*——粗糙面各测区所测有效凹凸深度总数。

1. 当凹凸深度平均值*μ*和凹凸深度变异系数*CV*同时满足下列条件时，可评定预制混凝土构件结合面粗糙度合格：

1 对预制混凝土叠合楼板、预制混凝土叠合梁、预制混凝土叠合墙板：

 （A.0.6-1）

 （A.0.6-2）

2 对预制混凝土梁端、预制混凝土柱端、预制混凝土墙端：

 （A.0.6-3）

 （A.0.6-4）

**附录B 钢筋混凝土受弯预制构件结构性能检验**

**B.1 检验要求**

1. 预制构件的承载力检验应符合下列规定：

1 当按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定进行检验时，应满足式(B.1.1-1)的要求：

 （B.1.1-1）

式中：——构件的承载力检验系数实测值，即试件的荷载实测值与荷载设计值（均包括自重）的比值；

——结构重要性系数，按设计要求的结构等级确定，当无专门要求时取1.0；

——构件的承载力检验系数允许值，按表B.1.1取用。

2当按构件实配钢筋进行承载力检验时，应满足(B.1.1-2)的要求：

 （B.1.1-2）

式中：——构件承载力检验修正系数，根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010按实配钢筋的承载力计算确定。

**表B.1.1 构件承载力检验系数允许值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **受力情况** | **达到承载能力极限状态的检验标志** | | [***γ*u**] |
| 受弯 | 受拉主筋处的最大裂缝宽度达到1.5mm；或挠度达到跨度的1/50 | 有屈服点热轧钢筋 | 1.20 |
| 无屈服点钢筋（钢丝、钢绞线、冷加工钢筋、无屈服点热轧钢筋） | 1.35 |
| 受压区混凝土破坏 | 有屈服点热轧钢筋 | 1.30 |
| 无屈服点钢筋（钢丝、钢绞线、冷加工钢筋、无屈服点热轧钢筋） | 1.50 |
| 受拉主筋拉断 | | 1.50 |
| 受弯构件的受剪 | 腹部斜裂缝达到1.5mm，或斜裂缝末端受压混凝土剪压破坏 | | 1.40 |
| 沿斜截面混凝土斜压、斜拉破坏；受拉主筋在端部滑脱或其他锚固破坏 | | 1.55 |
| 叠合构件叠合面、接搓处 | | 1.45 |

1. 预制构件的挠度检验应符合下列规定：

1当按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010规定的挠度允许值进行检验时，应满足式(B.1.2-1)的要求：

 （B.1.2-1）

式中：——在检验用荷载标准组合值或荷载准永久组合值作用下的构件挠度实测值；

——挠度检验允许值，按本规范第B.1.3条的有关规定计算。

2 当按构件实配钢筋进行挠度检验或仅检验构件的挠度、抗裂或裂缝宽度时，应满足式(B.1.2-2)的要求：

 （B.1.2-2）

应同时满足公式(B.1.2-1)的要求。

式中：——在检验用荷载标准组合值或荷载准水久组合值作用下，按实配钢筋确定的构件短期挠度计算值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010确定。

1. 挠度检验允许值应按下列公式进行计算：

按荷载准永久组合值计算钢筋混凝土受弯构件

 （B.1.3-1）

按荷载标准组合值计算预应力混凝土受弯构件

 （B.1.3-2）

式中：*Mk*——按荷载标准组合值计算的弯矩值；

*Mq*——按荷载准永久组合值计算的弯矩值；

*θ*——考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010确定；

——受弯构件的挠度限值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010确定。

1. 预制构件的抗裂检验应满足式(B.1.4-1)的要求：

 （B.1.4-1）

 （B.1.4-2）

式中：——构件的抗裂检验系数实测值，即试件的开裂荷载实测值与检验用荷载标准组合值（均包括自重）的比值；

——构件的抗裂检验系数允许值；

——由预加力产生的构件抗拉边缘混凝土法向应力值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010确定；

*γ*——混凝土构件截面抵抗矩塑性影响系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010确定；

*ftk*——混凝土抗拉强度标准值；

——按荷载标准组合值计算的构件抗拉边缘混凝土法向应力值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010确定。

1. 预制构件的裂缝宽度检验应满足式(B.1.5)的要求：

 （B.1.5）

式中：——在检验用荷载标准组合值或荷载准永久组合值作用下，受拉主筋处的最大裂缝宽度实测值；

——构件检验的最大裂缝宽度允许值，按表B.1.5取用。

**表B.1.5 构件的最大裂缝宽度允许值(mm)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设计要求的最大裂缝宽度限值 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |
| [ωmax] | 0.07 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |

1. 预制构件结构性能检验的合格判定应符合下列规定：

1 当预制构件结构性能的全部检验结果均满足本规范第B.1.1条～第B.1.5条的检验要求时，该批构件可判为合格；

2 当预制构件的检验结果不满足第1款的要求，但又能满足第二次检验指标要求时，可再抽两个预制构件进行二次检验。第二次检验指标，对承载力及抗裂检验系数的允许值应取本规范第B.1.1条和第B.1.4条规定的允许值减0.05；对挠度的允许值应取本规范第B.1.3条规定允许值的1.10倍；

3 当进行二次检验时，如第一个检验的预制构件的全部检验结果均满足本规范第B.1.1条～第B.1.5条的要求，该批构件可判为合格；如两个预制构件的全部检验结果均满足第二次检验指标的要求，该批构件也可判为合格。

**B.2 检验方法**

1. 进行结构性能检验时的试验条件应符合下列规定：

1 试验场地的温度应在0℃以上；

2 蒸汽养护后的构件应在冷却至常温后进行试验；

3 预制构件的混凝土强度应达到设计强度的100％以上；

4 构件在试验前应量测其实际尺寸，并检查构件表面，所有的缺陷和裂缝应在构件上标出；

5 试验用的加荷设备及量测仪表应预先进行标定或校准。

1. 试验预制构件的支承方式应符合下列规定：

1 对板、梁和桁架等简支构件，试验时应一端采用铰支承，另一端采用滚动支承。铰支承可采用角钢、半圆型钢或焊于钢板上的圆钢，滚动支承可采用圆钢；

2 对四边简支或四角简支的双向板，其支承方式应保证支承处构件能自由转动，支承面可相对水平移动；

3 当试验的构件承受较大集中力或支座反力时，应对支承部分进行局部受压承载力验算；

4 构件与支承面应紧密接触；钢垫板与构件、钢垫板与支墩间，宜铺砂浆垫平；

5 构件支承的中心线位置应符合设计的要求。

1. 试验荷载布置应符合设计的要求。当荷载布置不能完全与设计的要求相符时，应按荷载效应等效的原则换算，并应计入荷载布置改变后对构件其他部位的不利影响。
2. 加载方式应根据设计加载要求、构件类型及设备等条件选择。当按不同形式荷载组合进行加载试验时，各种荷载应按比例增加，并应符合下列规定：

1 荷重块加载可用于均布加载试验。荷重块应按区格成垛堆放，垛与垛之间的间隙不宜小于100mm，荷重块的最大边长不宜大于500mm。

2 千斤顶加载可用于集中加载试验。集中加载可采用分配梁系统实现多点加载。千斤顶的加载值宜采用荷载传感器量测，也可采用油压表量测。

3 梁或桁架可采用水平对顶加荷方法，此时构件应垫平且不应妨碍构件在水平方向的位移。梁也可采用竖直对顶的加荷方法。

4 当屋架仅作挠度、抗裂或裂缝宽度检验时，可将两榀屋架并列，安放屋面板后进行加载试验。

1. 加载过程应符合下列规定：

1 预制构件应分级加载。当荷载小于标准荷载时，每级荷载不应大于标准荷载值的20％；当荷载大于标准荷载时，每级荷载不应大于标准荷载值的10％；当荷载接近抗裂检验荷载值时，每级荷载不应大于标准荷载值的5％；当荷载接近承载力检验荷载值时，每级荷载不应大于荷载设计值的5％；

2 试验设备重量及预制构件自重应作为第一次加载的一部分；

3 试验前宜对预制构件进行预压，以检查试验装置的工作是否正常，但应防止构件因预压而开裂；

4 对仅作挠度、抗裂或裂缝宽度检验的构件应分级卸载。

1. 每级加载完成后，应持续10min～15min；在标准荷载作用下，应持续30min。在持续时间内，应观察裂缝的出现和开展，以及钢筋有无的滑移等；在持续时间结束时，应观察并记录各项读数。
2. 进行承载力检验时，应加载至预制构件出现本规范表B.1.1所列承载能力极限状态的检验标志之一后结束试验。当在规定的荷载持续时间内出现上述检验标志之一时，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实测值；当在规定的荷载持续时间结束后出现上述检验标志之一时，应取本级荷载值作为其承载力检验荷载实测值。
3. 挠度量测应符合下列规定：

1 挠度可采用百分表、位移传感器、水平仪等进行观测。接近破坏阶段的挠度；可采用水平仪或拉线、直尺等测量。

2 试验时，应量测构件跨中位移和支座沉陷。对宽度较大的构件，应在每一量测截面的两边或两肋布置测点，并取其量测结果的平均值作为该处的位移。

3 当试验荷载竖直向下作用时，对水平放置的试件，在各级荷载下的跨中挠度实测值应按下列公式计算：

 （B.2.8-1）

 （B.2.8-2）

 （B.2.8-3）

式中：——全部荷载作用下构件跨中的挠度实测值(mm)；

——外加试验荷载作用下构件跨中的挠度实测值(mm)；

——构件自重及加荷设备重产生的跨中挠度值(mm)；

——外加试验荷载作用下构件跨中的位移实测值(mm)；

——外加试验荷载作用下构件左、右端支座沉陷的实测值(mm)；

——构件自重和加荷设备重产生的跨中弯矩值(kN·m)；

——从外加试验荷载开始至构件出现裂缝的前一级荷载为止的外加荷载产生的跨中弯矩值(kN·m)；

——从外加试验荷载开始至构件出现裂缝的前一级荷载为止的外加荷载产生的跨中挠度实测值(mm)。

4 当采用等效集中力加载模拟均布荷载进行试验时，挠度实测值应乘以修正系数*ψ*。当采用三分点加载时*ψ*可取0.98；当采用其他形式集中力加载时，*ψ*应经计算确定。

1. 裂缝观测应符合下列规定：

1 观察裂缝出现可采用放大镜。试验中未能及时观察到正截面裂缝的出现时，可取荷载—挠度曲线上第一弯转段两端点切线的交点的荷载值作为构件的开裂荷载实测值；

2 在对构件进行抗裂检验时，当在规定的荷载持续时间内出现裂缝时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为其开裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间结束后出现裂缝时，应取本级荷载值作为其开裂荷载实测值；

3 裂缝宽度宜采用精度为0.05mm的刻度放大镜等仪器进行观测，也可采用满足精度要求的裂缝检验卡进行观测；

4 对正截面裂缝，应量测受拉主筋处的最大裂缝宽度；对斜截面裂缝，应量测腹部斜裂缝的最大裂缝宽度。当确定受弯构件受拉主筋处的裂缝宽度时，应在构件侧面量测。

1. 试验时应采用安全防护措施，并应符合下列规定：

1 试验的加荷设备、支架、支墩等，应有足够的承载力安全储备；

2 试验屋架等大型构件时，应根据设计要求设置侧向支承；侧向支承应不妨碍构件在其平面内的位移；

3 试验过程中应采取安全措施保护试验人员和试验设备安全。

1. 试验报告应符合下列规定：

1 试验报告内容应包括试验背景、试验方案、试验记录、检验结论等，不得有漏项缺检；

2 试验报告中的原始数据和观察记录应真实、准确，不得任意涂抹篡改；

3 试验报告宜在试验现场完成，并应及时审核、签字、盖章、登记归档。

**附录C 冲击回波法**

1. 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

1 冲击回波仪应配置钢球型冲击器或电磁激振的圆柱型冲击器；

2 冲击回波仪应配置测量表面振动的宽频带接受传感器，可为速度传感器或加速度传感器，带宽宜为800Hz～100kHz；

3 数据采集仪宜具备信号放大功能，且增益可调；

4 数据采集仪宜配有不少于2通道的模/数转换器，转换精度不应低于物理24位，采样频率不应低于1000kHz，且采样点数可调；

5 冲击回波仪系统噪声应小于50pV；

6 仪器应能实时显示冲击时传感器的输出时域信号，并应具有频率幅值谱分析功能。

1. 冲击回波仪工作环境温度宜为0℃~40℃，不宜在机械振动和高振幅电噪声干扰环境下使用。
2. 检测前应检查检测仪器状况，并应记录工程名称、楼号、楼层、检测项目所在构件编号、检测人员信息、设备参数（激振方式、传感器型号）等。
3. 受检构件测区外缘距构件的变截面或侧表面的最小距离，应大于沿冲击方向的构件厚度﹔测区范围应大于预估缺陷的区域，并应有进行对比的同条件正常混凝土部位。
4. 检测部位混凝土表面应清洁、平整。
5. 当采用单点式冲击回波仪检测时，应符合下列规定：

1 每个测区的测点，应按等间距网格状布置，测点数量不应少于20个；

2 冲击点位置与传感器的间距应小于所测构件实际厚度的40%；

3 采集信息和激振信息应根据结构尺寸和类型确定。

1. 采用冲击回波法检测浆锚搭接灌浆饱满度时宜符合下列规定：

1 测线宜垂直于套筒或浆锚孔道走向布置；当有双层套筒或浆锚孔道时，宜从两个侧面进行检测；

2 测线上各测点的间距应小于套管或浆锚孔道直径的1/2，宜为2cm~5cm；冲击点和接收器间的距离宜小于测点的间距；

3 现场检测宜在灌浆7d后进行；

4 当灌浆处测点的测试信号频率峰值与正常混凝土部位频率峰值基本相同，且仅出现一个与构件尺寸对应的频率峰值*f*，或向低频轻微漂移并出现另一个高频峰值*f*s，可判断套筒内灌浆密实；

5 当灌浆处测点的测试信号频率峰值明显小于正常混凝土部位的频率峰值，或向低频明显漂移并出现另一个高频峰值，可判断套筒内灌浆不密实。

1. 用冲击回波法检测新老混凝土结合面的缺陷，应符合下列规定：

1 结合面上部混凝土层厚度不应超过检测仪器的检测厚度范围；

2 测试面宜平行于结合面；

3 瞬时应力波的反射时间明显长于无缺陷区域，或综合分析得出的测试构件厚度为表层结构厚度时，可判断结合面分层、空鼓。

1. 冲击回波法的应用除应符合本标准规定外，尚应符合现行行业标准《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》JGJ/T 411的规定。

**附录D 结合面混凝土正拉粘结强度检测**

1. 本方法适用于结合面与检测面平行的构件或结构部位的结合面混凝土正拉粘结强度现场检测。

***条文说明：****结合面正拉粘结强度的现场检测主要针对叠合墙、叠合板，检测二次浇筑施工的混凝土与预制构件的粘结强度。*

1. 结合面混凝土正拉粘结强度现场检测应在二次浇筑的混凝土龄期大于28天后进行。
2. 结合面混凝土正拉粘结强度的检测装置应由钻芯机、金刚石钻头、拉拔仪等组成。
3. 结合面混凝土正拉粘结强度检测的测点布置应符合下列规定：

1 测点应布置在结构或者构件受力较小处，且检测后不影响构件或结构的使用；

2 测点选择应确保检测时拉拔仪的施力方向垂直于混凝土结合面；

3 测点选择应避开钢筋、预埋件和预埋管线；

4 测点应清洁、干燥、密实，不应有接缝，并应避开蜂窝、麻面等有外观质量缺陷的部位.

1. 结合面混凝土正拉粘结强度检测应符合下列规定：

1 制样的直径宜为100mm，且不应小于70mm，制样深度宜大于结合面深度，且距离结合面不宜大于15mm；

2 制样完成后，应及时冲洗试件表面泥浆；

3 试验前制样应处于干燥状态，拉拔仪应先清零，调整三爪夹头夹紧试件端部；

4 连续均匀加荷，加荷速率宜为1.5kN/min～2.0kN/min，当试件断裂时，记录破坏时的荷载值和破坏形态；

5 若试件在混凝土结合面处断裂，采用游标卡尺测量结合面处试件在两个相互垂直方向的直径；

6 检测留下的孔洞应及时采用同强度等级或高一个强度等级的细石混凝土进行修补。

***条文说明：****以混凝土叠合楼板为例，因芯样钻取深度未贯穿结合面或者芯样钻取深度过深造成预制混凝土贯穿性破坏的试验结果不能作为评定依据，其他三类正常的破坏形态见图D.0.5。*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| （a）结合面混凝土破坏 | （b）后浇混凝土破坏 | （c）预制构件混凝土破坏 |
| **图D.0.5 混凝土结合面破坏形态示意图** | | |

1. 结合面正拉粘结强度的检测结果可按下列规定确定：

1 芯样破断面位于非结合面处，可给出结合面正拉粘结强度不低于后浇混凝土、预制混凝土抗拉强度的结论；

2 芯样破断面位于结合面处，可按D.0.7条计算推定结合面正拉粘结强度。

1. 芯样破断面位于结合面处时，正拉粘结强度值应按式(D.0.7)计算：

*f=*4*P/*π*D*2 （D.0.7）

式中：*f*——正拉粘结强度(MPa)，精确至0.01MPa；

*P*——芯样破坏时的极限荷载值(N)，精确至0.01kN；

*D*——芯样直径(mm)，精确至0.01mm。

1. 按检测批推定结合面正拉粘结强度时，应符合下列规定：

1 按检测批推定结合面正拉粘结强度时，试件数量不宜低于15个；

2 检测批的结合面正拉粘结强度推定值应计算推定区间，推定区间的上限值和下限值应按下列公式计算：

 （D.0.8-1）

 （D.0.8-2）

 （D.0.8-3）

 （D.0.8-4）

式中：——结合面正拉粘结强度推定上限值(MPa)，精确至0.1MPa；

——结合面正拉粘结强度推定下限值(MPa)，精确至0.1MPa；

——结合面正拉粘结强度平均值(MPa)，精确至0.1MPa；

*s*——结合面正拉粘结强度标准差(MPa)，精确至0.01MPa；

——第*i*个结合面正拉粘结强度值(MPa)，精确至0.1MPa；

*k*1、*k*2——推定系数，取值按现行标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344确定；

*n*——结合面正拉粘结强度测点数。

3 和所构成推定区间的置信度宜为0.90，和之间的差值不宜大于0.15；

4 当和之间的差值大于0.15时，可适当增加样本容量或重新划分检测批进行补充检测，直至满足本条第3款规定；

5 当满足本条第3款规定时，宜以推定上限值作为检测批结合面正拉粘结强度推定值；

6 当不具备本条第4款条件时，不宜进行批量推定，仅给出各测点结合面正拉粘结强度值；

1. 在确定检测批结合面正拉粘结强度推定值时，可剔除样本中的异常值。剔除规则应按现行国家标准《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883的有关规定执行。

**附录E 套筒灌浆钢筋连接质量检测方法**

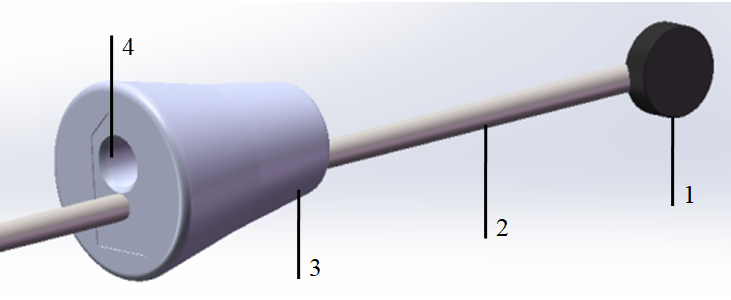
## 预埋传感器法

1. 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

1灌浆饱满度检测仪幅值线性度应满足每10.0dB优于±1.0dB的要求，频带宽度应为10kHz～100kHz；

2传感器宜采用阻尼振动传感器（图 E.1.1），其端头核心元件直径不应大于10.0mm，与端头核心元件相连的钢丝直径应为2.0mm～3.0mm；

3 传感器和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上钢丝穿过孔的孔径应与钢丝直径相同，排气孔的孔径不应小于3.0mm。



**图E.1.1 传感器示意图**

1—端头核心元件；2—钢丝（一端与端头核心元件相连，另一端与灌浆饱满度检测仪相连）；3—橡胶塞；4—排气孔

1. 灌浆饱满度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。
2. 采用预埋传感器法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

1 传感器应设置于套筒的出浆口，钢丝应与钢筋连接方向保持垂直；对于全灌浆套筒连接，端头核心元件应伸至套筒内靠近出浆口一侧的钢筋表面位置；对于半灌浆套筒连接，端头核心元件应伸至套筒内靠近远端套筒内壁位置；

2 传感器就位时，自带橡胶塞的排气孔应位于正上；橡胶塞应在出浆口紧固到位，出浆时不应被冲出；橡胶塞上的排气孔应保持畅通；

3 灌浆过程中，可将灌浆饱满度检测仪与传感器相连，实时监测传感器的波形和振动能量值；灌浆结束5min后，再次通过灌浆饱满度检测仪检测传感器的波形和振动能量值，并做好记录。

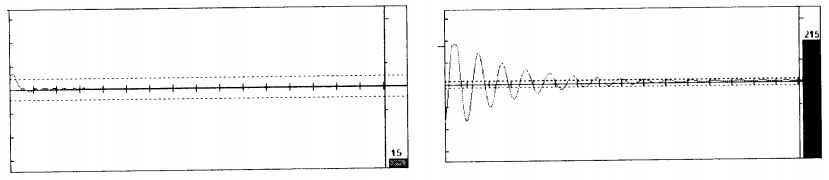
1. 预埋传感器法可用于套筒单独灌浆和连通腔灌浆等方式的灌浆饱满度检测；当采用连通腔灌浆方式时，应符合下列规定：

1 宜选择中间套筒的灌浆口作为连通腔灌浆口，距离灌浆口最远的套筒宜预埋传感器；其他套筒的灌浆口和没有预埋传感器的套筒的出浆口出浆时应及时进行封堵；

2 对于预埋传感器的套筒，当传感器自带橡胶塞的排气孔有灌浆料流出时应采用细木棒封堵排气孔；

3 连通腔灌浆口应在灌浆完成后迅速封堵。

1. 套筒灌浆饱满度应根据灌浆饱满度检测仪输出的波形和振动能量值（图E.1.5）判断，灌浆饱满判断的阈值宜根据平行试件模拟漏浆后测得的能量值确定，且不宜大于150。



（a）饱满情况 （b）不饱满情况

**图E.1.5 灌浆饱满度检测仪输出的波形和振动能量值**

1. 对判断灌浆不饱满的套筒应立即进行补灌处理，并应符合下列规定：

1 对连通腔灌浆方式，宜优先从原连通腔灌浆口进行补灌；从原连通腔灌浆口补灌效果不佳时，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

2 对于单独灌浆方式，可从不饱满套筒的灌浆口进行补灌；

3 补灌后应对原灌浆不饱满套筒的灌浆饱满度进行复测，直至灌浆饱满。

## 预埋钢丝拉拔法

1. 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定：

1 拉拔仪量程不宜小于5kN，不宜大于15kN，最小分辨率单位不应大于0.01kN；

2 钢丝（图E.2.1）应采用光圆高强不锈钢钢丝，抗拉强度不应低于600MPa，直径应为5.0mm±0.1mm，端头锚固长度应为30.0mm±0.5mm；

3 钢丝和橡胶塞应集成设计，橡胶塞上钢丝穿过孔的孔径应与钢丝直径相同；

4 钢丝在锚固段与橡胶塞之间的部分应与灌浆料浆体有效隔离。



**图E.2.1 钢丝示意图**

1—钢丝锚固段；2—钢丝隔离段；3—橡胶塞；4—钢丝拉拔段

1. 灌浆饱满度检测前应检查检测仪器状态，并应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套简具体位置、检测人员信息等。
2. 采用预埋钢丝拉拔法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

1 钢丝应设置于套简的出浆孔，并与钢筋连接方向保持垂直，其端部应到达套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面位置；钢丝有效隔离长度和橡胶塞在钢丝上的位置，应根据套筒出浆口与套筒内靠近出浆孔一侧的钢筋表面的垂直净距确定；

2 橡胶塞与出浆口之间应留有一定空隙，当出浆口出浆时，应及时用橡胶塞封堵出浆口；

3 套筒灌浆后应做好现场防护工作，预埋钢丝不应被损坏；

4 预埋钢丝实施拉拔时的灌浆料自然养护时间不应少于3d；

5 拉拔时，拉拔仪应与预埋钢丝对中连接，拉拔荷载应连续均匀施加，速度应控制在0.15kN/s～0.50kN/s；钢丝被完全拔出后，应记录极限拉拔荷载值，数值应精确至0.lkN。

1. 预埋钢丝拉拔法可用于套筒单独灌浆和连通腔灌浆等方式的灌浆饱满度检测；当采用连通腔灌浆方式时，应符合下列规定：

1 宜选择中间套筒的灌浆口作为连通腔灌浆口，距离灌浆口最远的套筒宜预埋钢丝﹔其他套筒的灌浆口和没有预埋钢丝的套筒的出浆口出浆时应及时进行封堵；

2 对于预埋钢丝的套筒，当出浆口出浆时用钢丝自带橡胶塞封堵出浆口；

3 连通腔灌浆口应在灌浆完成后迅速封堵。

1. 测点实测极限拉拔荷载值*P*同时符合下列条件时，可判断测点对应套筒灌浆饱满：

 （E.2.5-1）

 （E.2.5-2）

测点实测极限拉拔荷载值*P*符合下列条件之一时，可判断测点对应套筒灌浆不饱满：

 （E.2.5-3）

 （E.2.5-4）

式中：*P*1、*P*2、*P*3——分别为同一批测点极限拉拔荷载中3个最大值(kN)；

*P*——对应测点极限拉拔荷载值(kN)。

## X射线成像法检测套筒内灌浆饱满度及钢筋锚固长度

1. 本方法主要适用于套筒内部灌浆饱满度及钢筋锚固长度的定性检测，当能够有效识别套筒、锚固钢筋轮廓及灌浆料固化液面时，也可进行定量检测。应采用便携式X射线探伤仪。
2. 进行检测作业时必须采取辐射防护措施，防护措施应符合下列要求：

1 进行X射线法作业的检测单位必须具有辐射安全许可证；

2 所有从事X射线检测的人员在上岗前应进行安全和防护的培训；

3 辐射防护应符合现行国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871和《工业探伤放射防护标准》GBZ 117的有关规定。

1. 检测设备除应满足相关标准的规定外，还应符合下列规定：

1 便携式X射线机的最大管电压不宜低于250kV；

2 控制器（箱）最长延迟开启时间不应低于180s；

3 控制器（箱）与便携式X射线机的连接电缆不应短于20m。

1. 套筒灌浆连接节点及浆锚搭接连接节点在检测前应做好以下工作：

1 应确保灌浆龄期不低于7d；

2 应对检测设备及辐射报警装置进行检查，确保所有设备运转正常；

3 应对检测工作相关信息进行记录，包括工程名称、构件位置、套筒或浆锚管具体位置、检测人员信息等。

1. 检测过程应符合下列规定：

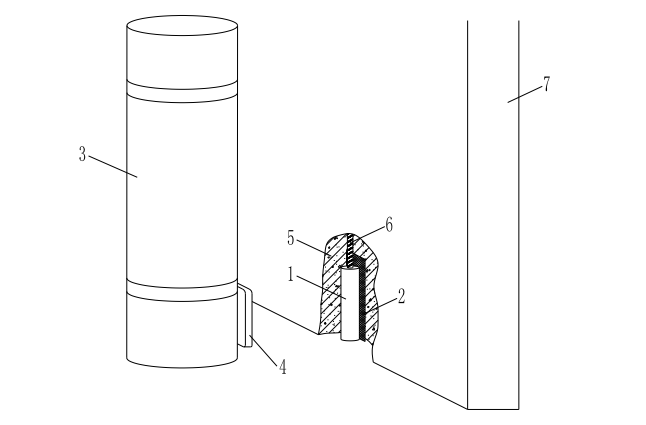
1 根据设备参数及检测工况要求选择合适的透照工艺，必要时可通过试验事先确定各项参数的数值；

2 根据透照工艺放置检测装置。成像装置宜贴紧构件表面，且有效成像区域应覆盖待检测的部位；射线机放置应满足透照时X射线束垂直指向透照区中心，需要时可选用有利于发现缺陷的方向透照；

3 确保检测人员处于安全区域后，开启透照曝光，待曝光完成后，关闭射线机高压，确认检测区域处于安全状态后，取下成像装置；

4 应按照现场操作的实际情况详细记录检测过程的有关信息和数据。

1. 当所检测构件成像有困难时，可采用X射线局部破损法，破损方式可参照图E.3.6。



**图E.3.6 局部破损法检测示意图**

1—节点连接件；2—成像装置（工业胶片或IP板）；3—发射机；4—发射机窗口；

5—剔凿区域；6—钢筋；7—预制构件

1. 图像处理应符合下列规定：

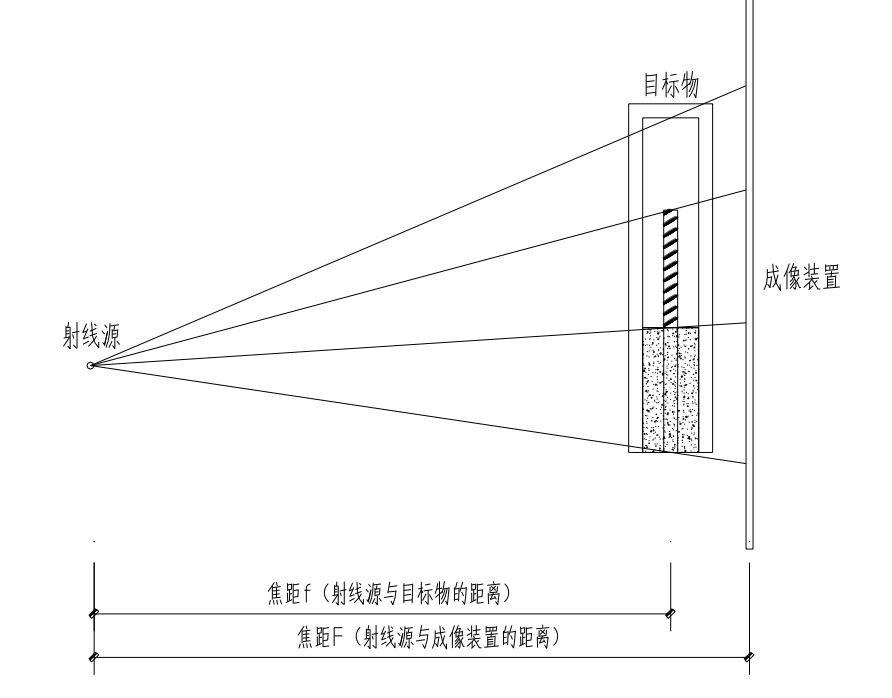
1 评片人员应持有相关行业或者专业组织颁发的2（Ⅱ）级或以上射线检测资格证书；

2 采用工业胶片成像，暗室处理参数应通过试验确定，并通过专业观片灯评定检测结果；采用CR成像或DR成像，应通过专业设备软件进行图像处理，并评定检测结果；

3 宜优先识别出灌浆料固化液面及锚固钢筋轮廓，必要时可结合黑度值或灰度值进行评价；

4进行尺寸测量时，还应考虑透射照相的投影关系，对测量数值进行修正。

***条文说明：****射线评片具有一定程度上的主观性，为保证检测结果的客观公正性，评片人员应具备相应执业资格。有效识别灌浆料固化液面及锚固钢筋轮廓，即可分别推导出灌浆饱满度及钢筋锚固长度。一般而言，锚固钢筋轮廓较易识别，而在部分情况下，灌浆料固化液面可能存在无法清晰成像的情况，这个时候可固定透照工艺及暗室处理参数，通过试验分别得出特定工况下浆料部分和空腔部分的黑度值范围或灰度值范围，作为检测结果评价的参考。根据投影关系，成像结果相较于实际尺寸会有一定程度的放大，当需要进行尺寸测量时，必须考虑到这种效应。可将射线发射源视作点光源，并根据焦距f（射线源与目标物的距离）及焦距F（射线源与成像装置的距离），通过比例关系对测量数值进行修正，如图1。*



**图1 投影修正示意图**

## 内窥镜法检测套筒内灌浆饱满度和钢筋插入长度

1. 检测仪器及辅助工具包括内窥镜、钻孔设备、气吹等，并应符合下列规定：

1 内窥镜应带有尺寸测量功能，测量允许误差不应大于量程的±2%；

2 内窥镜探头的直径不宜大于6mm，前视探头在平直状态下导向弯曲度不宜小于120°；

3 内窥镜宜采用非接触式测量技术，侧视测量可采用侧视探头配合落球式测量尺的方式，侧视探头与落球式测量尺的整体外径不宜大于9mm；

4 内窥镜的有效量程不宜小于80mm；

5 钻孔设备宜配备石工钻头和金工钻头，钻头的直径应为6mm~10mm，长度不宜小于150mm；

6 探头定位装置由刚性套管与橡胶塞组成，刚性套管的内径应与内窥镜探头的直径相同，刚性套管的外径应与橡胶塞上刚性套管穿过孔的孔径相等。

1. 检测前应做好下列工作：

1 应检查检测仪器是否正常；

2应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号、套筒具体位置、检测人员信息等。

1. 出浆孔道钻孔内窥镜法的检测孔道，应按如下步骤制作：

1 使用钻孔设备配以石工钻头沿着出浆孔道进行钻孔，首次钻入深度为20mm~30mm，并将出浆孔道全截面的灌浆料击碎并清理，以便检测时能在预制构件出浆口安装探头定位装置中的橡胶塞；

2 继续钻入，钻孔直径6mm~10mm，每前进20mm~30mm，暂停操作，使用清理设备对检测孔道内的灌浆料碎屑和粉末进行清理；

3 在距离套筒出浆口小于20mm时，减缓钻进速度，每前进约5mm，暂停操作，使用清理设备对检测通道内的灌浆料碎屑和粉末进行清理，观察钻进情况，直至达到套筒内腔。

1. 套筒壁钻孔内窥镜法的检测孔道，应按如下步骤制作：

1 结合设计资料，使用钢筋扫描仪精确定位套筒的位置；

2 确定钻孔位置，使用钻孔设备配以石工钻头钻透混凝土保护层；

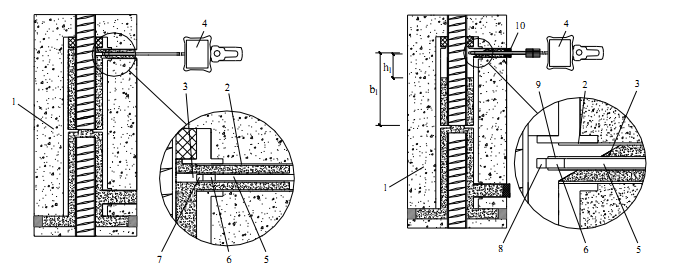
3 使用钻孔设备先配以金工钻头在套筒壁上开孔，然后更换为石工钻头继续钻入套筒内腔4mm~6mm；

***条文说明：****在套筒壁上首次钻孔的直径不宜大于6㎜，钻孔后采用前视探头观察套筒内部是否灌浆饱满。对于灌浆不饱满的套筒，当采用具备非接触式测量技术的侧视探头测量灌浆缺陷时，通常不需要进行扩孔；当采用侧视探头配合落球式测量尺的方式进行灌浆缺陷测量时，可采用10㎜的钻头进行扩孔，扩孔后的孔道可满足检测及后期补灌整治的要求。*

1. 采用内窥镜法检测套筒灌浆饱满度时应符合下列规定：

1 先将内窥镜的前视探头伸入检测孔道进行观察（图E.4.5a），判断检测孔道末端周边的灌浆料是否密实，若密实则判定灌浆饱满度为100%，若不密实则进行下一步骤；

2 再将内窥镜的侧视探头，在探头定位装置的辅助下从预制构件出浆口中心伸入检测孔道，或直接从套筒壁钻孔位置伸入检测孔道，到达套筒内腔后往下观测得到灌浆料上表面到侧视测量镜头拍摄端面之间的垂直距离（图E.4.5b），结合套筒尺寸计算灌浆饱满度。



（a）饱满 （b）不饱满

**图E.4.5 灌浆饱满度检测示意图**

1—预制构件；2—出浆孔道；3—检测孔道；4—内窥镜；5—连接软管；6—内窥镜探头；

7—前视观察镜头；8—侧视测量镜头；9—刚性套管；10—橡胶塞

1. 套筒灌浆饱满度计算应符合下列规定：

1 半灌浆套筒灌浆饱满度应按式(E.4.6-1)计算：

（E.4.6-1）

式中：*L0*——设计锚固长度(mm)；

*F*——套筒灌浆饱满度(%)，当*F*的计算结果大于100%时按100%计，精确至1%；

*b*——套筒出浆口中心至套筒底部的高度(mm)；

*h1*——灌浆料上表面到侧视测量镜头拍摄端面的垂直距离(mm)，精确至1mm；

*h2*——侧视测量镜头拍摄端面到套筒出浆口中心的垂直距离(mm)，精确至1mm；

2 当全灌浆套筒的内腔顶部存在灌浆缺陷区时，全灌浆套筒灌浆饱满度应按式(E.4.6-2)计算：

（E.4.6-2）

式中：*b1*——套筒出浆口中心至套筒中部预制端钢筋限位点的高度(mm)；

*L0*——设计锚固长度(mm)；

*F*——套筒灌浆饱满度(%)，当*F*的计算结果大于100%时按100%计，精确至1%；

*h1*——灌浆料上表面到侧视测量镜头拍摄端面的垂直距离(mm)，精确至1mm；

*h2*——侧视测量镜头拍摄端面到套筒出浆口中心的垂直距离(mm)，精确至1mm；

1. 内窥镜法检测套筒内钢筋插入长度的时间，应在预制构件现场拼接完成后、套筒灌浆施工前。
2. 采用内窥镜法检测半灌浆套筒内钢筋插入长度时，应符合下列规定：

1 采用辅助工具从出浆孔道底部水平捣入，快速判断连接钢筋插入段末端与套筒出浆口底部的相对位置。

2 若步骤1的初判结果为连接钢筋插入段末端在套筒出浆口底部以上，测量示意图如图E.4.8(a)所示，进行下列操作：

1）将带有前视测量镜头的内窥镜探头，在探头定位装置的辅助下伸入出浆孔道；

2）选择合适的位置使得成像清晰，拍摄图像；

3）观察图像，若连接钢筋插入段末端超过套筒出浆口顶部，可直接判定钢筋插入长度满足要求，插入长度按“大于套筒出浆口顶部高度值”记录；

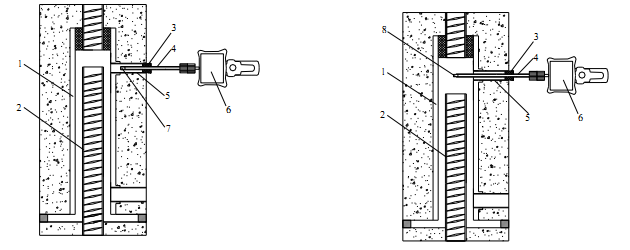
4）若连接钢筋插入段末端未超过套筒出浆口顶部，则选择图像上套筒出浆口位于水平方向上最左侧端点、最右侧端点以及同一水平面上的出浆孔道内任一点，将选择的三个点形成的平面定义为基准平面，接着将第四个点定位在连接钢筋插入段末端，通过测量连接钢筋插入段末端到基准平面的相对距离，计算得到连接钢筋的插入长度。

3 若步骤1的初判结果为连接钢筋插入段末端在套筒出浆口底部以下，测量示意图如图E.4.8(b)所示，进行下列操作：

1）将带有侧视测量镜头的内窥镜探头，在探头定位装置的辅助下伸入出浆孔道并到达套筒内腔；

2）采用侧视测量镜头垂直向下观察并拍摄套筒内部的图像，图像中应包含连接钢筋插入段末端；

3）测量侧视镜头拍摄端面与连接钢筋插入段末端表面选定点之间垂直距离，再根据镜头拍摄端面与套筒出浆口中心的垂直距离及套筒出浆口中心的高度计算得到连接钢筋的插入长度。



（a）前视镜头测量 （b）测视镜头测量

**图E.4.8 半灌浆套筒钢筋插入长度检测示意图**

1—套筒；2—安装端连接钢筋；3—橡胶塞；4—刚性套管；5—出浆孔道；6—内窥镜；

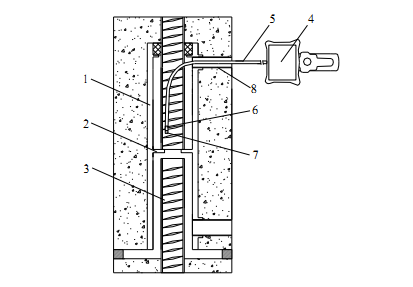
7—前视测量镜头；8—测视测量镜头

1. 采用内窥镜法检测全灌浆套筒内钢筋插入长度时，应符合下列规定：

1 将带有前视测量镜头的内窥镜探头直接伸入出浆孔道，在出浆孔道与套筒的交接位置斜向下弯曲，利用预制端连接钢筋与套筒内壁之间的间隙继续向下推进伸入（图E.4.9）；

2 控制探头导向弯曲寻找成像位置，对套筒中部的限位挡卡以及限位挡卡下方的安装端连接钢筋进行成像，当选择位置的成像清晰时，拍摄得到图像；

3 选择图像中限位挡卡上表面的三个点，将选择的三个点形成的平面定义为基准平面，接着将第四个点定位在安装端连接钢筋插入段的末端，计算钢筋末端到基准平面的垂直距离，再根据限位挡卡上表面的高度位置计算得到安装端连接钢筋的插入长度。



**图E.4.9 全灌浆套筒钢筋插入长度检测示意图**

1—套筒；2—限位挡卡；3—安装端连接钢筋；4—内窥镜；5—连接软管；6—内窥镜探头；

7—前视测量镜头；8—出浆孔道

**附录F 现场原位取样检测钢筋套筒灌浆连接质量**

1. 现场原位取样检测钢筋套筒灌浆连接质量的设备包括电锤、切割工具、卷尺、钢直尺等。
2. 取样位置应由设计单位根据构件重要程度和接头受力大小情况等因素综合确定，取样工作应符合下列规定：

1 采用电锤剔除钢筋套筒灌浆连接接头周围的混凝土，剔凿范围应覆盖接头的长度范围，保证取出的接头样品尺寸满足质量检查和检测的要求；

2 采用切割工具对钢筋套筒灌浆接头进行切割，取出完整的灌浆套筒样品，当需要检验接头力学性能时，接头样品长度应满足试验要求；

3 对接头样品进行标记，并记录好取样部位；

4 取样完成后，应及时对剔凿切割部位的钢筋进行补焊连接和混凝土修复。

1. 钢筋套筒灌浆接头样品剖切应符合下列规定：

1 将钢筋套筒在固定台钳上夹持稳固；

2 使用手持式砂轮切割机沿套筒侧面纵向轴线对称方向分别切割套筒壁，直至将套筒切成两半，露出套筒内的灌浆料部分；

3 切割过程中应注意避免破坏灌浆料。

1. 钢筋插入深度和灌浆料高度的测量应符合下列规定：

1 采用钢直尺量测套筒内钢筋插入深度，测量三次，取最小值；

2 采用钢直尺量测套筒内密实饱满的灌浆料高度，量测三处，取最小值；

3 钢筋有效锚固长度即插入套筒内的钢筋与灌浆料重叠部分的长度。

**附录G 钢材强度的里氏硬度检测方法**

## 适用范围和测试仪器

1. 本方法可用于建筑中H型钢、钢管等钢构件钢材抗拉强度的现场无损检测，不适用于表层与内部强度有明显差异或内部存在缺陷钢材强度的测试。
2. 里氏硬度计宜采用数显式，并应按现行行业标准《里氏硬度计检定规程》JJG 747的规定进行检定或校准。

## 检测技术

1. 既有装配式钢结构钢材强度的里氏硬度检测，宜根据现场情况确定检测构件的数量。
2. 每一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。

1. 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、细砂纸打磨至表面粗糙度Ra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。

1. 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。

1. 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。

1. 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。

## 硬度计算及钢材强度换算

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式(G.3.1)计算平均值：

 （G.3.1）

式中：*HLm*——测区里氏硬度的测试平均值，精确到1HL；

*HLi*——测区余下5个测试值中第*i*个测点的里氏硬度值。

1. 当测区的里氏硬度测试数据无须进行角度、方向以及钢板厚度的修正时，可将测区里氏硬度测试值的平均值作为换算钢材抗拉强度的代表值。
2. 非垂直方向检测钢结构构件表面时，应按式(G.3.3)对测区里氏硬度平均值进行弹击角度和弹击方向修正：

 （G.3.3）

式中：*HLdm*——修正后的垂直方向里氏硬度平均值；

*HLm*——非垂直向下检测时测区里氏硬度的平均值；

*HLa*——非垂直向下方向检测时里氏硬度修正值，可按表G.3.3采用。

**表G.3.3 非垂直向下检测的硬度修正值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***HL*m** | ***HL*a** | | | |
| **向下45°** | **水平** | **向上45°** | **垂直向上** |
| 200 | -7 | -14 | -23 | -33 |
| 250 | -6 | -13 | -22 | -31 |
| 300 | -6 | -12 | -20 | -29 |
| 350 | -6 | -12 | -19 | -27 |
| 400 | -5 | -11 | -18 | -25 |
| 450 | -5 | -10 | -17 | -24 |
| 500 | -5 | -10 | -16 | -22 |
| 550 | -4 | -9 | -15 | -20 |
| 600 | -4 | -8 | -14 | -19 |
| 650 | -4 | -8 | -13 | -18 |
| 700 | -3 | -7 | -12 | -17 |
| 750 | -3 | -6 | -11 | -16 |
| 800 | -3 | -6 | -10 | -15 |
| 850 | -2 | -5 | -9 | -14 |

注：表中计量单位为HL。

1. 当测区钢材的厚度小于12mm时，应按式(G.3.4)对测区里氏硬度平均值进行修正：

 （G.3.3）

式中：*HLt*——检测不同的钢材厚度时里氏硬度修正值，可按表G.3.4采用。

**表G.3.4 钢材厚度对里氏硬度测试值的修正值**

|  |  |
| --- | --- |
| **板厚 (mm)** | **硬度修正值 (HL)** |
| 6 | 30 |
| 7 | 22 |
| 8 | 18 |
| 10 | 10 |
| 12 | 0 |

1. 既有装配式钢结构钢材抗拉强度，可依据测区里氏硬度的代表值按表G.3.5确定。

**表G.3.5钢材里氏硬度与抗拉强度值换算表**

| **里氏硬度**  **(HL)** | **抗拉强度**  **(N/mm2)** | | **里氏硬度**  **(HL)** | **抗拉强度**  **(N/mm2)** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***HL*dm** | **抗拉强度**  **最小值**  ***f*b,min** | **抗拉强度**  **最大值**  ***f*b,max** | ***HL*dm** | **抗拉强度**  **最小值**  ***f*b,min** | **抗拉强度**  **最大值**  ***f*b,max** |
| 255 | 306 | 456 | 338 | 338 | 488 |
| 260 | 306 | 456 | 340 | 340 | 490 |
| 265 | 307 | 457 | 342 | 342 | 492 |
| 270 | 307 | 457 | 344 | 343 | 493 |
| 275 | 308 | 458 | 346 | 345 | 495 |
| 280 | 309 | 459 | 348 | 347 | 497 |
| 285 | 310 | 460 | 350 | 349 | 499 |
| 290 | 311 | 461 | 352 | 350 | 500 |
| 295 | 313 | 463 | 354 | 352 | 502 |
| 300 | 315 | 465 | 356 | 354 | 504 |
| 302 | 316 | 466 | 358 | 356 | 506 |
| 304 | 317 | 467 | 360 | 358 | 508 |
| 306 | 318 | 468 | 362 | 360 | 510 |
| 308 | 319 | 469 | 364 | 362 | 512 |
| 310 | 320 | 470 | 366 | 365 | 515 |
| 312 | 321 | 471 | 368 | 367 | 517 |
| 314 | 322 | 472 | 370 | 369 | 519 |
| 316 | 323 | 473 | 372 | 371 | 521 |
| 318 | 324 | 474 | 374 | 374 | 524 |
| 320 | 326 | 476 | 376 | 376 | 526 |
| 322 | 327 | 477 | 378 | 378 | 528 |
| 324 | 328 | 478 | 380 | 381 | 531 |
| 326 | 329 | 479 | 382 | 383 | 533 |
| 328 | 331 | 481 | 384 | 386 | 536 |
| 330 | 332 | 482 | 386 | 388 | 538 |
| 332 | 334 | 484 | 388 | 391 | 541 |
| 334 | 335 | 485 | 390 | 393 | 543 |
| 336 | 337 | 487 | 392 | 396 | 546 |
| 394 | 399 | 549 | 438 | 468 | 618 |
| 396 | 401 | 551 | 440 | 472 | 622 |
| 398 | 404 | 554 | 442 | 475 | 625 |
| 400 | 407 | 557 | 444 | 479 | 629 |
| 402 | 410 | 560 | 446 | 483 | 633 |
| 404 | 413 | 563 | 448 | 487 | 637 |
| 406 | 416 | 566 | 450 | 491 | 641 |
| 408 | 419 | 569 | 452 | 494 | 644 |
| 410 | 422 | 572 | 454 | 498 | 648 |
| 412 | 425 | 575 | 456 | 502 | 652 |
| 414 | 428 | 578 | 458 | 506 | 656 |
| 416 | 431 | 581 | 460 | 510 | 660 |
| 418 | 434 | 584 | 462 | 514 | 664 |
| 420 | 437 | 587 | 464 | 518 | 668 |
| 422 | 441 | 591 | 466 | 523 | 673 |
| 424 | 444 | 594 | 468 | 527 | 677 |
| 426 | 447 | 597 | 470 | 531 | 681 |
| 428 | 451 | 601 | 472 | 535 | 685 |
| 430 | 454 | 604 | 474 | 539 | 689 |
| 432 | 458 | 608 | 476 | 544 | 694 |
| 434 | 461 | 611 | 478 | 548 | 698 |
| 436 | 465 | 615 | 480 | 553 | 703 |

## 钢材强度的推定和强度等级的区分

1. 单个构件钢材抗拉强度的推定应符合下列规定：

1 该构件钢材抗拉强度推定范围宜取3个测区换算抗拉强度最小值fb，min的平均值作为推定范围的下限值，宜取3个测区换算抗拉强度最大值fb，max的平均值作为推定范围的上限值；

2该构件抗拉强度的推定值，可取构件推定范围上限值与下限值的平均值；

3该构件抗拉强度的特征值，可取推定范围的下限值。

1. 检验批构件钢材强度等级的区分应符合下列规定：

1钢材抗拉强度特征值接近的构件可视为同等强度等级；

2所有构件钢材抗拉强度特征值的平均值可作为与钢材强度等级对应抗拉强度标准值的比较值。

**附录H 钢材厚度检测方法**

1. 本方法适用于采用超声波原理进行钢结构构件的厚度测量。
2. 钢材的厚度应在构件的3个不同部位进行测量，取3处测试值的平均值作为钢材厚度的代表值。
3. 对于受腐蚀后的构件厚度，应将腐蚀层除净、露出金属光泽后再进行测量。
4. 超声测厚仪应随机器配有校准用的标准块，且主要技术指标应符合表H.0.4的规定。

**表H.0.4 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：*φ*20×3 |
| 测量误差 | ±(*δ*/100+0.1)mm，*δ*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 |

1. 在对钢结构钢材厚度进行检测前，应清除表面油漆层、氧化皮、锈蚀等，并打磨至露出金属光泽。
2. 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。
3. 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。
4. 将探头与被测构件耦合即可测量，接触耦合时间宜保持ls～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。
5. 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。
6. 钢材的厚度偏差应以设计图纸规定的尺寸为基准进行计算；并应符合相应产品标准的规定。

**附录J 高强度螺栓终拧扭矩检测**

1. 本方法适用于钢结构高强度螺栓连接副终拧扭矩的检测。
2. 高强度螺栓终拧扭矩的施工质量检测，应在终拧1h之后、48h之内完成。
3. 扭矩扳手应符合下列规定：

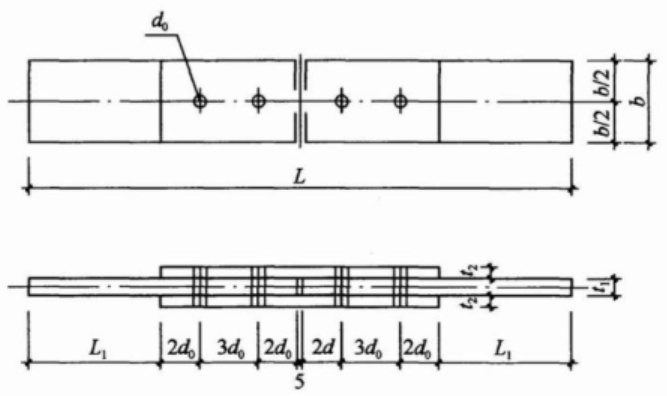
1 扭矩扳手示值相对误差的绝对值不得大于测试扭矩值的3%，且宜具有峰值保持功能；

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%～80%范围内。

1. 检测前，应先了解工程使用的高强度螺栓的型号、规格、扭矩施加方式，并应清除螺栓及周边涂层，螺栓表面有锈蚀时应进行除锈处理。
2. 高强度螺栓终拧扭矩的检测，应在外观检查或小锤敲击检查合格后进行，小锤敲击检查发现有松动的高强度螺栓应直接判定其终拧扭矩不合格。
3. 高强度螺栓终拧扭矩检测时，先在螺尾端头和螺母相对位置画线，然后将螺母拧松60°，再用扭矩扳手重新拧紧60°～62°，此时的扭矩值应作为高强度螺栓终拧扭矩的实测值。
4. 检测时，施加的作用力应位于扭矩扳手手柄尾端，用力应均匀、缓慢。除有专用配套的加长柄或套管外，不得在尾部加长柄或套管的情况下，测定高强度螺栓终拧扭矩。
5. 扭矩扳手经使用后，应擦拭干净放入盒内。
6. 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。
7. 高强度螺栓终拧扭矩的实测值宜在0.9*T*c～1.1*T*c范围内。

**附录K 高强螺栓连接摩擦面抗滑移系数检测**

1. 本方法适用于钢结构高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数的检测。
2. 高强螺栓连接摩擦面抗滑移系数检测的检验批可按分部工程（子分部工程）所含高强度螺栓用量划分：每5万个高强度螺栓用量的钢结构为一批，不足5万个高强度螺栓用量的钢结构视为一批。选用两种及两种以上表面处理（含有涂层摩擦面）工艺时，每种处理工艺均需检验抗滑移系数，每批3组试件。
3. 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K.0.3）。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K.0.3 抗滑移系数试件的形式和尺寸**

*L*为试件总长度；*L*i为试验机夹紧长度

注：2*t*2≥*t*1

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K.0.3的规定取值，*L*i应根据试验机夹具的要求确定。

**表K.0.3 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 |

1. 试验用试验机误差应在1%以内。试验用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。
2. 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0.95*P*～1.05*P*（*P*为高强度螺栓设计预拉力值）范围内。
3. 加荷时，应先加10%的抗滑移设计荷载值，停1min后，再平稳加荷，加荷速度为3kN/s～5kN/s，直拉至滑动破坏，测得滑移荷载*N*v。
4. 高强螺栓连接摩擦面抗滑移系数应根据试验所测得的滑移荷载N和螺栓预拉力Р的实测值，按式(K.0.7)计算：

 （K.0.7）

式中：*N*v——由试验测得的滑移荷载(kN)；

n——摩擦面面数，取n=2；

——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。

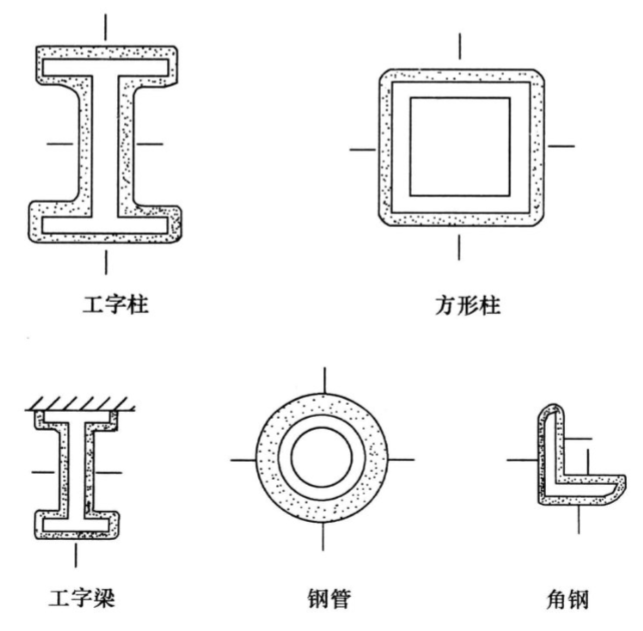
**附录L 钢结构涂装厚度检测**

## 防腐涂层

1. 本方法适用于钢结构防腐涂层厚度的检测。
2. 防腐涂层厚度的检测应在涂层干燥后并经外观检查合格后进行，检测时构件的表面不应有结露。
3. 同一构件应检测5处，每处应检测3个相距50mm的测点。测点部位的涂层应与钢材附着良好。
4. 涂层测厚仪的最大量程不应小于1200μm，最小分辨率不应大于2μm，示值相对误差不应大于3%。使用涂层测厚仪检测时，应避免电磁干扰。
5. 测试构件的曲率半径应符合仪器的使用要求。在弯曲试件的表面上测量时，应考虑其对测试准确度的影响。
6. 确定的检测位置应有代表性，在检测区域内分布宜均匀。检测前应清除测试点表面的防火涂层、灰尘、油污等。
7. 检测前对仪器应进行校准。校准宜采用二点校准，经校准后方可测试。
8. 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，也可用待涂覆构件进行校准。检测期间关机再开机后，应对仪器重新校准。
9. 测试时，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ls～2s，读取仪器显示的测量值，对测量值应进行打印或记录。
10. 每处3个测点的涂层厚度平均值不应小于设计厚度的85%，同一构件上15个测点的涂层厚度平均值不应小于设计厚度。
11. 当设计对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度：室外应为150μm，室内应为125μm，其允许偏差应为-25μm。

## 防火涂层

1. 本方法适用于钢结构厚型防火涂层厚度检测。
2. 防火涂层厚度的检测应在涂层干燥后并经外观检查合格后进行。
3. 楼板和墙体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。
4. 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L面宜按图L.2.4所示布置测点。



**图L.2.4 测点布置示意图**

1. 对防火涂层的厚度可采用探针和卡尺进行检测，用于检测的卡尺尾部应有可外伸的窄片。测量设备的量程应大于被测的防火涂层厚度、分辨率不应低于0.5mm。
2. 检测前应清除测试点表面的灰尘、附着物等，并应避开构件的连接部位。
3. 在测点处，应将仪器的探针或窄片垂直插入防火涂层直至钢材防腐涂层表面，并记录标尺读数，测试值应精确到0.5mm。
4. 当探针不易插入防火涂层内部时，可采取防火涂层局部剥除的方法进行检测。剥除面积不宜大于15mm×15mm。
5. 同一截面上各测点厚度的平均值不应小于设计厚度的85%，构件上所有测点厚度的平均值不应小于设计厚度。

**附录M 木材含水率测定方法**

## 一般规定

1. 本方法适用于木材进场后构件加工前的木材和已制作完成的木构件的含水率测定。原木、方木（含板材）和层板宜采用烘干法（重量法）测定，规格材以及层板胶合木等木构件亦可采用电测法测定。

## 烘干法

1. 烘干法测定木材含水率时，试验设备应符合下列规定：

1 天平精度应达到0.001g；

2 烘箱应能保持在(103±2)℃。

1. 烘干法测定木材含水率时，试样制备应符合下列规定：

1 应从每检验批同一树种同一规格材的原木、方木（含板材）或层板中随机抽取5根作试材，每根试材应在距端头200mm处沿截面均匀地截取5个尺寸为20mm×20mm×20mm的试样；

2 附在试样上的木屑、碎片应清除干净。

1. 烘干法测定木材含水率时，实验步骤应符合下列规定：

1 试样应先编号并尽快称量，精确至0.001g；

2 将同批试样一并放人烘箱内，在(103士2)℃的温度下烘8h后从中选定2个~3个试样进行一次试称，以后每隔2h称量所选试样一次，至最后两次称量之差不超过试样质量的0.5%时，即认为试样达到全干；

3 用干燥的镊子将试件从烘箱中取出，放人装有干燥剂的玻璃干燥器内的称量瓶中，盖好称量瓶和干燥器盖；

4 试样冷却至室温后，用干燥的镊子自称量瓶中取出称量。

1. 烘干法测定木材含水率时，试样的含水率按式(M.2.4)计算：

 （M.2.4）

式中：——试样含水率(%)，应精确至0.1%；

*m*1——试样试验时的质量(g)；

*m*0——试样全干时的质量(g)。

1. 烘干法应以每根试材的5个试样平均值为该试材含水率，应以5根试材中的含水率最大值为该批木料的含水率，并不应大于本规范有关木材含水率的规定。

## 电测法

1. 电测法测定含水率时，应从检验批的同一树种、同一规格的规格材、层板胶合木构件或其他木构件随机抽取5根为试材，应从每根试材距两端200mm起，沿长度均匀分布地取三个截面；对于规格材或其他木构件，每一个截面的四面中部应各测定含水率；对于层板胶合木构件，则应在两侧测定每层层板的含水率。
2. 电测仪器应由当地计量行政部门标定认证。测定时应严格按仪表使用要求操作，并应正确选择木材的密度和温度等参数，测定深度不应小于20mm，且应有将其测量值调整至截面平均含水率的可靠方法。
3. 规格材应以每根试材的12个测点的平均值为每根试材的含水率，5根试材的最大值应为检验批该树种该规格的含水率代表值。
4. 层板胶合木构件的三个截面上各层层板含水率的平均值应为该构件含水率，同一层板的6个含水率平均值应作该层层板的含水率代表值。

**附录N 木材强度等级检验方法**

1. 本方法适用于已列人现行国家标准《木结构设计规范》GB 50005树种的原木、方木和板材的木材强度等级检验。
2. 试验设备应符合下列规定：

1 试验机测定荷载的精度应能达到1%；

2 试验装置的支座及压头端部的曲率半径应为30mm，两支座间距离应为240mm；

3 测试量具应能精确至0.1mm。

1. 试样制备应符合下列规定：

1 试材应在每检验批每一树种木材中随机抽取3株（根）木料，应在每株（根）试材的髓心外切取3个无疵弦向静曲强度试件为一组；

2 试样尺寸应为300mm×20mm×20mm的矩形长条，长度应为顺纹方向；

3 试样各面均应平整，端部上其中两个相对的边棱应与试样端面的生长轮大致平行，并与其他两个边棱垂直，试样上不允许有明显的可见缺陷，每个试样应清楚地写上编号；

4 试样各相邻面均应成直角，试样长度、宽度和厚度的允许误差为±0.5mm；整个试样各尺寸的相对偏差应不大于0.1mm；

5 经气干或干燥室（低于60℃的温度条件下）处理后的试条或试样毛坯所制成的试样，应置于相当于木材平衡含水率为12%的环境条件中，调整试样含水率到平衡，为满足木材平衡含水率12%环境条件的要求，当室温为(20±2)℃时，相对湿度应保持在(65±3)%，否则应降低或升高相对湿度，以保证达到木材平衡含水率12%的环境条件；

6 可与抗弯弹性模量的测定用同一试样，先测定弹性模量后进行抗弯强度试验。

1. 木材抗弯强度只做弦向试验，实验步骤应符合下列规定：

1 在试样长度中央测量径向尺寸为宽度，弦向为高度，精确至0.1mm；

2 采用中央加荷，将试样放在试验装置的两支座上，在支座间试样中部的径面以均匀速度加荷，在lmin~2min内使试样破坏（或将加荷速度设定为5mm/min~10mm/min）；

3 记录破坏荷载，精确至10N。

1. 试验后立即在试样靠近破坏处截取约20mm长的木块一个，按本标准附录N的规定测定试样含水率*W*。
2. 试样含水率为*W*时的抗弯强度按式(N.0.6)计算：

 （N.0.6）

式中：——试样含水率为*W*时的抗弯强度(MPa)，应精确至0.1MPa；

——破坏荷载(N)；

——两支座间的跨距(mm)；

*b*、*h*——试样宽度和高度(mm)。

1. 应将木材强度试验结果换算至木材含水率为12%时的数值，当含水率在9%~15%范围内时，试样含水率为12%时的抗弯强度按式(N.0.7)计算，并精确至0.1MPa：

 （N.0.7）

式中：——试样含水率为12%时的抗弯强度(MPa)，应精确至0.1MPa；

——试样含水率(%)。

1. 各组试件静曲强度试验结果的平均值中的最低值不低于表N.0.8的规定值时，应为合格。

**表N.0.8 木材抗弯强度检测标准**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **木材种类** | **针叶材** | | | | **阔叶材** | | | | |
| 强度等级 | TC11 | TC13 | TC15 | TC17 | TB11 | TB13 | TB15 | TB17 | TB20 |
| 最低强度(N/mm2) | 44 | 51 | 58 | 72 | 58 | 68 | 78 | 88 | 98 |

**附录P 木结构植筋连接抗拔承载力现场检验**

1. 本方法适用于木结构植筋连接抗拔承载力的现场检验。
2. 木结构植筋抗拔承载力现场检验可分为非破坏性检验和破坏性检验。对于一般结构及非结构构件，宜采用非破坏性检验；对于重要结构构件及生命线工程非结构构件，宜在受力较小的次要连接部位，采用破坏性检验。
3. 现场检测所用的仪器设备应符合下列规定：

1 现场检测用的仪器、设备，如拉拔仪、荷载传感器、位移计等，应定期检定；

2 加荷设备应按规定的速度加荷，测力系统整机误差应为全量程的±2%；

3 加荷设备应保证所施加的拉伸荷载始终与植筋的轴线一致；

4 位移计宜连续记录，当不能连续记录荷载位移曲线时可分阶段记录，在到达荷载峰值前，记录点应在10点以上，位移测量误差不应大于0.02mm；

5 位移计应保证测量出植筋相对于基材表面的垂直位移，直至锚固破坏。

1. 现场检测试样应符合下列规定：

1 植筋抗拔承载力现场非破坏性检验可采用随机抽样方法取样；

2 同规格、同型号、基本相同部位的锚栓可组成一个检验批。抽取数量应按每批植筋总数的1‰计算，且不应少于3根。

1. 现场检测方法应符合下列规定：

1 加荷设备支撑环内径*D*0应满足式(P.0.5)要求：

*D*0≥max(12d，250mm) (P.0.5)

2 植筋拉拔检验可选用下列两种加荷制度：

1）连续加载，以匀速加载至设定荷载或锚固破坏，加载速度为(2.5±0.5)mm/min；

2）分级加载，以预计极限荷载的10%为一级，逐级加荷，每级荷载保持lmin~2min，至设定荷载或锚固破坏。

3 非破坏性检验，荷载检验值应取0.9*A*s*f*yk。

1. 现场检测结果评定应符合下列规定：

1 对于非破坏性检验荷载，以木材基材无裂缝、植筋无滑移等宏观损伤现象，且持荷期间荷载降低小于或等于5%时为合格；当非破坏性检验为不合格时，应另抽不少于3个植筋做破坏性检验判断；

2 对于破坏性检验，植筋的极限抗拔力应满足下列公式要求：

 （P.0.6-1）

 （P.0.6-2）

式中：——植筋极限抗拔力实测平均值(N)；

*Nsd*——植筋拉力设计值(N)；

*γu*——植筋承载力检验系数允许值，对于植筋破坏：结构件取1.80，非结构件取1.65；对于木材劈裂破坏或植筋拔出破坏（包括沿胶筋界面破坏和胶木界面破坏)：结构构件取3.3，非结构构件取2.4；

——植筋极限抗拔力实测最小值(N)；

——植筋极限抗拔力标准值(N)。

3 当试验结果不满足上述两款的规定时，应依据试验结果，研究采取专门处理措施。

**附录Q 木构件内部腐朽检测**

1. 木构件的内部腐朽宜采用探针检测法、阻力仪检测法、应力波检测法以及X射线检测法等非破坏性方法检测。
2. 接触地面或长期处于潮湿环境下的木构件的腐朽情况应全数检测。对单根构件检测宜从柱底开始，在距柱底1m范围内，检测部位间隔宜取0.2m；距柱底1m以上部位，检测部位间隔宜取0.5m。每个部位应至少从2个方向检测，直至检测到无腐朽为止。
3. 非接触地面的木构件，检测数量不宜少于3个构件，目视判断或疑似有腐朽的情况下，应从有腐朽的部位开始，向长度方向的两侧延伸，延伸间隔宜0.2m。每个部位应至少从2个方向检测，直至检测到无腐朽为止。
4. 探针检测法可用于表层0~40mm范围的木材内部腐朽检测，同一木构件在腐朽和未腐朽部位应分别进行探针检测，且检测方向应相同，同一部位应设置不少于3个检测点。腐朽程度的探针检测分级应按表Q.0.4的规定执行。

**表Q.0.4 腐朽程度的探针检测分级**

|  |  |
| --- | --- |
| **缺陷分级** | **探针打入深度增加率*R*p(%)** |
| 0 | *R*p=0 |
| 1 | 0＜*R*p≤25 |
| 2 | 25＜*R*p≤60 |
| 3 | 60＜*R*p≤90 |
| 4 | *R*p＞90 |

1. 探针打入深度增加率，应根据测得的腐朽部位和未腐朽部位的探针打入深度按式(Q.0.5)计算：

 （Q.0.5）

式中：*R*p——探针打入深度增加率(%)，精确至0.1%；

*L*0——未腐朽部位的探针打人深度(mm)；

*L*1——腐朽部位的探针打入深度(mm)。

1. 阻力仪检测法可用于0~500mm范围的深层腐朽检测。检测操作方法与计算方法可按现行行业标准《木结构现场检测技术标准》JGJ/T 488的规定执行。腐朽程度的阻力仪检测法分级应按表Q.0.6的规定执行。

**表Q.0.6 腐朽程度的阻力仪检测分级**

|  |  |
| --- | --- |
| **缺陷分级** | **阻力值降低率*R*r(%)** |
| 0 | *R*r=0 |
| 1 | 0＜*R*r≤15 |
| 2 | 15＜*R*r≤25 |
| 3 | 25＜*R*r≤35 |
| 4 | *R*r＞35 |

1. 阻力值降低率，应根据测得的腐朽部位和未腐朽部位的阻力平均值按式(Q.0.7)计算：

 （Q.0.7）

式中：*R*r——阻力值降低率(%)，精确至0.1%；

*r*0——未腐朽部位的阻力平均值；

*r*1——腐朽部位的阻力平均值。

1. 应力波法可用于构件全截面腐朽检测，木构件的腐朽面积精确测量宜采用断层成像仪与阻力仪相结合的检测方法，检测操作方法与计算方法可按现行行业标准《木结构现场检测技术标准》JGJ/T 488的规定执行。应力波法腐朽程度的检测分级应按表Q.0.8的规定执行。

**表Q.0.6 腐朽程度的应力波法检测分级**

|  |  |
| --- | --- |
| **缺陷分级** | **截面内腐朽面积占比*R*a(%)** |
| 0 | *R*a=0 |
| 1 | 0＜*R*a≤10 |
| 2 | 10＜*R*a≤30 |
| 3 | 30＜*R*a≤60 |
| 4 | *R*a＞60 |

1. 截面内腐朽面积占比，应根据测得的腐朽部位的面积与整个构件的截面面积按式(Q.0.9)计算：

 （Q.0.9）

式中：*R*a——截面内腐朽面积占比(%)，精确至0.1%；

*A*——构件截面面积(mm2)；

*A*0——腐朽部位的面积(mm2)。

1. 腐朽等级超过3级的构件，宜通过生长锥取样，对腐朽状况进行实物确定。
2. 对于关键部位的腐朽检测，可采用X射线检测法辅助其他方法进行腐朽程度的判断，X射线检测系统的各项设备参数应符合下列规定：

1 X射线机最大管电压不宜小于100kV；

2 数字探测器的动态范围不应小于2000：1，A/D转换位数不应小于12bit，探测器供应商应提供探测器的坏像素表和坏像素校正方法；

3 数字成像系统软件应包含叠加降噪、对比度增强等基本数字图像处理功能，同时还应包括信噪比测量、缺陷标记、尺寸测量、尺寸标定功能，宜具有不小于4倍的放大功能；

4 当采用工业X射线胶片成像时，工业X射线胶片的相关参数应符合现行国家标准《无损检测 工业射线照相胶片 第1部分：工业射线照相胶片系统的分类》GB/T 19348.1的有关规定，胶片处理方法、设备和化学药剂应符合现行国家标准《无损检测 工业射线照相胶片 第2部分：用参考值方法控制胶片处理》GB/T 19348.2的有关规定，胶片供应商应对所生产的胶片进行系统性能测试并提供类别和参数。

1. 采用X射线检测法检测木构件内部腐朽应符合下列规定：

1 透照时X射线束中心应垂直指向透照区中心，宜选用有利于发现缺陷的方向透照；

2 应按现场操作的实际情况记录检测过程的有关信息和数据，主要包括射线机有效焦点尺寸、透照布置、像质计、滤波板、射线能量、曝光量或透照时间、射线机与胶片或探测器的相对关系、透照几何参数等；

3 当对成像结果进行定量判断时，应考虑透照成像的投影畸变并加以修正；

4 进行X射线作业时必须采取辐射防护措施，辐射防护应符合现行国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871、《工业X射线探伤放射防护要求》GBZ 117的有关规定，作业现场应划定控制区和管理区、设置警告标志，检测工作人员应佩戴个人剂量计，并携带剂量报警仪。

**附录R 钢-混凝土组合结构中钢构件的无损探测方法**

## 一般规定

1. 本方法适用于钢-混凝土组合结构中包裹在混凝土内的H形、矩形和圆形等形状钢构件的形状、主控尺寸及保护层厚度的无损探测。
2. 钢–混凝土组合结构中钢构件的无损探测结果宜进行局部打孔等直接测试方法的验证。

## 仪器及基本操作要求

1. 钢-混凝土组合结构中钢构件的无损探测可使用钢筋探测仪和雷达探测仪等仪器进行检测。
2. 钢筋探测仪的性能应符合现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152的有关规定。
3. 雷达探测仪宜选用具有中、高频段天线的探地雷达仪或工程雷达仪，雷达天线的主频宜为900MHz~1600MHz，雷达探测仪的混凝土电磁波速可在已知目标埋深构件上进行标定。
4. 雷达仪探测钢构件的操作可分成横向测试法和纵向测试法，其操作应符合下列规定：

1 横向测试时，雷达仪的天线应垂直于被测构件的轴线运行；

2 纵向测试时，雷达仪的天线应平行于被测构件的轴线运行；

3 在钢构件的探测过程中，雷达仪的探测位置宜布置在构件无钢筋或钢筋间距较大的部位，不宜采取在钢筋上顺筋探测的方式。

1. 雷达仪测试图像中钢筋与钢构件的特征可按下列规则判定：

1 分散的月牙形强反射信号，可判定为钢筋的图像；

2 连续的同相轴的强反射信号，可判定为钢构件的图像。

## 钢构件及其形状的探测

1. 在进行钢构件的探测前，应用钢筋探测仪探测构件中的钢筋，并应将探测到的主筋和箍筋的位置标注在构件上。
2. 用钢筋探测仪探测钢构件及其形状的操作应符合下列规定：

1 探测区域宜以构件两个相邻的侧面构成；

2 探测的截面宜布置在构件侧面无箍筋或箍筋间距较大的部位；

3 钢筋探测仪的探头移动应顺着构件横截面方向或顺箍筋的方向；

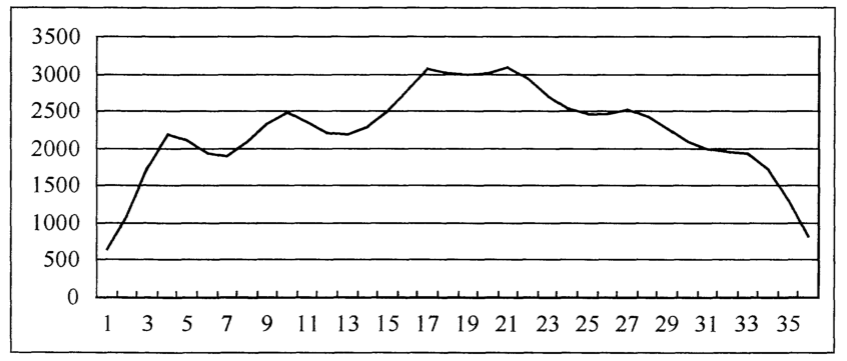
4 钢筋探测仪探测的深度宜使用高挡位；

5探测结果应绘制成背景本底值的曲线图。

1. 矩形组合构件中的钢构件及其形状可按下列方法判定：

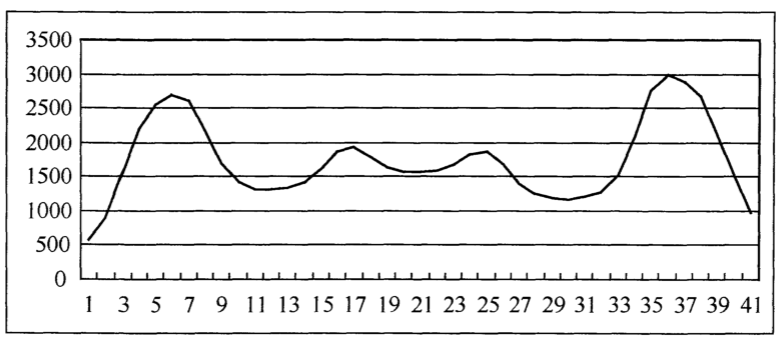
1 当探测曲线图显示明显变化的背景本底值时，可初步判断混凝土内存在钢构件；

2 当构件两个相邻侧面的探测曲线图具有图R.3.3-1的典型特征时，可初步判断钢构件的截面形状为矩形；



**图R.3.3-1 矩形钢构件典型测试曲线**

3 当构件两个相邻侧面的探测曲线图分别具有图R.3.3-1和图R.3.3-2的典型特征时，可初步判断钢构件的截面形状为H形；



**图R.3.3-2 H形钢构件典型测试曲线**

4 当两个相邻侧面的探测曲线图显示相似的背景本底值时，可初步判断钢构件的截面为圆形。

1. 对于圆形的钢-混凝土组合构件，当探测曲线图显示基本均匀的背景本底值时，可初步判断钢构件的截面为圆形。
2. 雷达仪探测钢-混凝土组合构件的钢构件，宜采用横向测试法和纵向测试法分别探测组合构件的相邻侧面，当存在深层的连续较强的反射信号时，可初步判定混凝土内存在钢构件。
3. 当雷达仪探测组合构件的两对相邻侧面的深层反射信号近似对称时，可初步判断钢构件为矩形或圆形，当雷达仪探测的两对相邻侧面的深层反射信号存在明显差异时，可初步判断钢构件为H形。

## H形钢构件主控尺寸的测定

1. H形钢构件的主控尺寸宜采用雷达探测，探测的尺寸可包括翼板保护层厚度*d*1和*d*2、翼板的宽度*H*Y，以及构件的高度*H*w（图R.4.1）。



**图R.4.1 H形钢构件的主控尺寸**

1. 用雷达探测两个翼板的保护层厚度和H形钢构件翼板宽度的操作应符合下列规定：

1 探测面应为初步判定为型钢翼板的两个正面；

2 在探测中宜拾取雷达图像中翼板的反射波同相轴；

3 反射波同相轴宽度的头端和尾端两个异常值之间的距离可判为翼板宽度值*H*Y；

4 反射波同相轴与雷达图像零点的距离可判为翼板保护层厚度。

1. 混凝土中H形钢构件的高度可通过式(R.4.3)计算预估：

 （R.4.3）

式中：*H*w——构件的高度(mm)；

*H*——型钢混凝土柱的外观宽度(mm)；

*d*1——翼板1的保护层厚度(mm)；

*d*2——翼板2的保护层厚度(mm)。

1. 用雷达探测H形钢构件腹板高度的操作应宜符合下列规定：

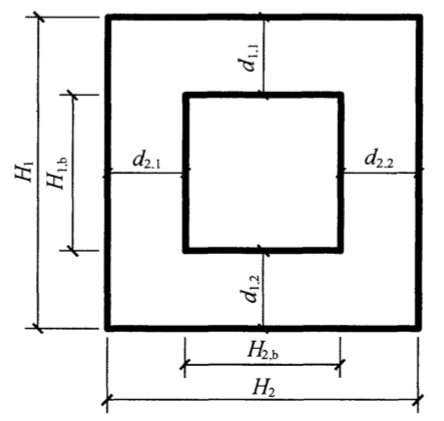
1 雷达仪的测试面应为初步判定为H形钢构件腹板高度的两个相对的面；

2 探测时宜拾取腹板反射波同相轴异常的头端、尾端间的距离；

3 腹板反射波同相轴异常的头端、尾端间的距离可判为构件高度值*H*w。

## 矩形钢构件的主控尺寸

1. 矩形钢构件的主控尺寸宜采用雷达仪探测，探测的尺寸可为矩形钢构件截面的边长*H*1,b、*H*2,b，以及钢构件保护层的厚度*d*1,1、*d*1,2、*d*2,1、*d*2,2（图R.5.1）。



**图R.5.1 矩形钢构件的主控尺寸**

1. 用雷达仪探测矩形钢构件主控尺寸的操作应符合下列规定：

1 应分别对构件的四个面进行检测，探测时宜拾取雷达图像中钢板的反射波同相轴异常点；

2 反射波同相轴异常的两个端点的距离可判为矩形钢构件的边长；

3 反射波同相轴异常到雷达图像零点的距离应为钢材的保护层厚度；

4 矩形构件的边长，宜用其相对面的探测结果进行校准；

5 钢构件的保护层厚度，应取4个面分别的探测数值。

1. 矩形钢构件的边长可通过式(R.5.3)进行校核：

 （R.5.3）

式中：*Hi,b*——矩形钢构件*i*方向的边长(mm)；

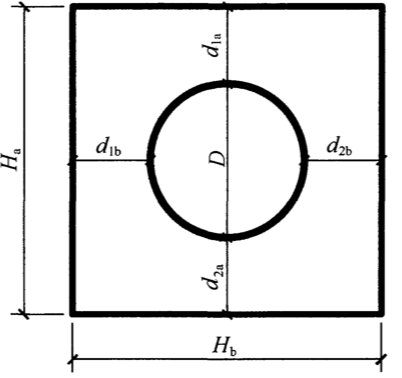
*Hi*——组合构件的同一方向的边长(mm)；

*di*,1——矩形钢构件相邻方向的保护层厚度之一(mm)；

*di*,2——与*di*,1相对侧面的保护层厚度(mm)。

## 圆形钢构件的探测

1. 矩形混凝土构件中圆形钢构件的主控尺寸的探测宜采使用雷达仪，探测的尺寸可包括圆形钢构件的直径*D*和弧面钢板保护层厚度（图R.6.1）。



**图R.6.1 圆形钢构件的主控尺寸**

1. 用雷达仪探测矩形混凝土构件中圆形钢构件主控尺寸的操作应符合下列规定：

1 用雷达检测两个相对侧面弧面钢板。

2 拾取雷达图像中弧面板的反射波同相轴异常点。

3 弧形反射异常的顶点到雷达图像零点的距离为该侧面最小保护层厚度。

4 圆形钢构件的直径可通过式(R.6.2)计算确定：

 （R.6.2）

式中：*D*——圆形钢构件的直径(mm)；

*Ha*、*Hb*——组合构件在相邻方向的边长(mm)；

*d*1*a*——弧面钢板保护层厚度，可使用探测值，也可使用打孔的实测值(mm)；

*d*2*a*——与*d*1*a*相对侧面的保护层厚度(mm)。

5 应对矩形组合构件的另一对侧面进行相同步骤的探测测试，并应将得到的圆形构件直径与前面得到的直径进行比较。

1. 圆形组合构件中圆形钢构件的主控尺寸宜采使用雷达仪探测，探测的尺寸可包括圆形钢构件的直径和弧面钢板保护层厚度，最小保护层厚度也可用钢筋探测仪检测。
2. 圆形组合构件中圆形钢构件的主控尺寸探测宜按下列步骤进行：

1 根据雷达仪等探测曲线图的背景本底值等确定最小保护层的位置；

2 用雷达仪或钢筋探测仪探测该处最小保护层厚度*d*min；探测与其相对点的保护层厚度；

3 探测与第2款正交直径上的保护层厚度；

4 圆形钢构件的直径可通过计算确定。

# 本标准用词说明

**1**为了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**规程中指明应按其他有关标准执行时，写法为：“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

* 1. 《漆膜附着力测定法》GB 1720
  2. 《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》GB 1766
  3. 《色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露滤过的氙弧辐射》GB 1865
  4. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871
  5. 《木结构设计规范》GB 50005
  6. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
  7. 《建筑设计防火规范》GB 50016
  8. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
  9. 《钢结构施工质量验收规范》GB 50205
  10. 《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206
  11. 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628
  12. 《钢结构焊接规范》GB 50661
  13. 《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901
  14. 《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982
  15. 《高耸与复杂钢结构检测与鉴定标准》GB 51008
  16. 《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222
  17. 《钢铁及合金化学分析方法》GB/T 223
  18. 《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》GB/T 226
  19. 《金属材料拉伸试验第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
  20. 《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229
  21. 《金属材料弯曲试验方法》GB/T 232
  22. 《碳素结构钢》GB/T 700
  23. 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709
  24. 《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
  25. 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
  26. 《钢材断口检验法》GB/T 1814
  27. 《钢产品镀锌层质量试验方法》GB/T 1839
  28. 《木材密度测定方法》GB/T 1933
  29. 《木材抗弯强度试验方法》GB/T 1936.1
  30. 《结构钢低倍组织缺陷评级图》GB/T 1979
  31. 《焊接接头冲击试验方法》GB/T 2650
  32. 《焊接接头拉伸试验方法》GB/T 2651
  33. 《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》GB/T 2652
  34. 《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653
  35. 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
  36. 《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2
  37. 《焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1
  38. 《焊缝无损检测 射线检测 第2部分：使用数字化探测器的X和伽玛射线技术》GB/T 3323.2
  39. 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632
  40. 《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
  41. 《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883
  42. 《非合金钢及细品粒钢焊条》GB/T 5117
  43. 《热强钢焊条》GB/T 5118
  44. 《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293
  45. 《厚度方向性能钢板》GB/T 5313
  46. 《金属材料线材和铆钉剪切试验方法》GB/T 6400
  47. 《金属熔化焊接头缺欠分类及说明》GB/T 6417.1
  48. 《结构用冷弯空心型钢》GB/T 6728
  49. 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110
  50. 《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
  51. 《色漆和清漆漆膜的划格试验》GB/T 9286
  52. 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金》GB/T 9793
  53. 《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978
  54. 《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045
  55. 《热轧H型钢和剖分T型钢》GB/T 11263
  56. 《焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定》GB/T 11345
  57. 《建筑用压型钢板》GB/T 12755
  58. 《金属显微组织检验方法》GB/T 13298
  59. 《钢的显微组织评定方法》GB/T 13299
  60. 《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939
  61. 《无损检测 工业射线照相胶片 第1部分：工业射线照相胶片系统的分类》GB/T 19348.1
  62. 《无损检测 工业射线照相胶片 第2部分：用参考值方法控制胶片处理》GB/T 19348.2
  63. 《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
  64. 《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152
  65. 《古建筑木结构维护与加固技术标准》GB/T 50165
  66. 《木结构试验方法标准》GB/T 50329
  67. 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
  68. 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
  69. 《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621
  70. 《胶合木结构技术规范》GB/T 50708
  71. 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784
  72. 《装配式木结构建筑技术标准》GB/T 51226
  73. 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
  74. 《工业探伤放射防护标准》GBZ 117
  75. 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
  76. 《建筑变形测量规范》JGJ 8
  77. 《组合结构设计规范》JGJ 138
  78. 《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256
  79. 《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355
  80. 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
  81. 《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152
  82. 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384
  83. 《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》JGJ/T 411
  84. 《雷达法检测混凝土结构技术标准》JGJ/T 456
  85. 《木结构现场检测技术标准》JGJ/T 488
  86. 《钢网架螺栓球节点》JG/T 10
  87. 《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11
  88. 《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398
  89. 《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408
  90. 《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561
  91. 《里氏硬度计检定规程》JJG 747
  92. 《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21
  93. 《火灾后工程结构鉴定标准》T/CECS 252
  94. 《取样法检测钢筋连接用套筒灌浆料抗压强度技术规程》T/CECS 726
  95. 《金属材料顶锻试验方法》YB/T 5293

# 条纹说明