

河南省工程建设标准

DBJ41/T XXX—202X

备案号：XXX

河南省钢结构加固工程检测技术标准

Testing of technical standard for strengthening
engineering of steel structure in Henan Province
(征求意见稿)

2025—0X—XX 发布

2025—XX—XX 实施

河南省住房和城乡建设厅 发布

河南省工程建设标准

河南省钢结构加固工程检测技术标准

Testing of technical standard for strengthening
engineering of steel structure in Henan Province

主编单位：

批准单位：

实施日期： 2 0 2 X 年 X X 月 X X 日

2025 郑州

前 言

根据河南省住房和城乡建设厅《关于印发 2022 年工程建设标准编制计划的通知》（豫建科[2023]4 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并借鉴国内现行相关经验和做法，结合我省实际，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准主要包括：总则、术语和符号、基本规定、材料检测、焊缝连接检测、螺栓连接检测、节点检测、构件加固检测、预应力加固检测、局部缺陷和损伤的修复检测。

本标准由河南省住房和城乡建设厅负责管理，由河南豫美建设工程检测有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，如有意见或建议，请反馈至河南豫美建设工程检测有限公司（地址：河南省郑州市郑东新区商都路与杨桥东路交汇处北 100 米，邮编：451464，电子邮箱：373359271@qq.com）

主编单位：河南豫美建设工程检测有限公司

郑州大学

参编单位：

主要起草人：

主要审查人员：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	4
3.1	一般规定	4
3.2	检测工作程序与基本要求	4
3.3	现场检测抽样方法与判定	7
3.4	检测人员与检测设备	8
3.5	检测原始记录和检测报告	9
4	材料检测	11
4.1	一般规定	11
4.2	预应力用钢拉索和钢拉杆	11
4.3	结构胶粘剂	12
4.4	混凝土和水泥基灌浆料	13
4.5	防腐蚀、防火涂装材料	13
5	焊缝连接检测	14
5.1	一般规定	14
5.2	焊缝外观质量检测	14
5.3	焊缝外观尺寸检测	15
5.4	焊缝内部缺陷检测	15
6	螺栓连接检测	17
7	节点检测	19
8	构件加固检测	20
8.1	一般规定	20
8.2	构件检测	20
9	预应力加固检测	23
10	局部缺陷和损伤的修复检测	24
10.1	一般规定	24

10.2	修复检测	24
附录 A	钢结构加固材料检测报告（参考格式）	26
附录 B	钢结构加固现场检测报告（参考格式）	27
附录 C	钢材强度的里氏硬度检测方法	28
附录 D	高强度螺栓连接摩擦面抗滑移系数的检测	34
附录 E	高强度螺栓连接副轴力的超声波检测方法	36
附录 F	钢管内填混凝土密实度检测方法	39
附录 G	预应力加固钢结构张拉力的振动频率测试法	40
	本标准用词说明	43
	引用标准名录	44
附：	条文说明	46

1 总 则

1.0.1 为规范河南省钢结构加固工程检测要求，做到安全适用、技术先进、数据可靠、检测科学，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于工业与民用建筑和一般构筑物的钢结构加固工程的检测。

1.0.3 钢结构加固工程检测除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和河南省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 工程质量检测 inspection of structural quality

为评定工程质量与设计要求或施工质量验收规范规定的符合性所实施的检测。

2.1.2 结构性能检测 inspection of structural performance

为评估结构安全性、适应性、耐久性或抗灾害能力所实施的检测。

2.1.3 钢结构加固工程 strengthening engineering of steel structure

对可靠性不足或产权人要求提高工程可靠度的钢结构、构件及其相关部分采取增强、局部更换或调整其内力等措施，使其具有现行设计标准及产权人所要求的安全性、适用性和耐久性。

2.1.4 结构胶粘剂 structural adhesive

用于承重结构或构件胶接的、能长期承受设计应力和环境作用的胶粘剂，简称结构胶。

2.1.5 水泥基灌浆料 cementitious grout

由水泥、骨料、外加剂和矿物掺合料等原材料在专业化工厂按比例计量混合而成，在使用地点按规定比例加水或配套组分拌合，用于螺栓锚固、结构加固、预应力孔道等灌浆的材料。

2.1.6 预应力加固 prestressed reinforcement

采用中、高强度的钢丝、钢绞线、钢拉杆、钢棒、钢带或型钢、碳纤维棒或碳纤维带等预应力构件，进行钢结构及构件加固，以提高结构的刚度和承载能力，改善原结构或构件受力状态以及工作状态。

2.1.7 栓焊并用连接 bolted and welded connected

采用焊缝和摩擦型高强度螺栓在一定条件下共同受力的并用连接。栓焊并用连接的主要形式为抗剪螺栓群采用焊缝加固。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

EI ——杆件的抗弯刚度；

HL_a ——非垂直向下方向检测时里氏硬度修正值；

HL_{dm} ——修正后的垂直方向里氏硬度平均值；

HL_i ——第 i 个测点的里氏硬度值；

HL_m ——测区里氏硬度的测试平均值；

HL_t ——检测不同的钢材厚度时里氏硬度修正值。

2.2.2 力学参数

N_v ——由试验测得的高强度螺栓滑移荷载；

P_t ——高强度螺栓预拉力实测值；

T ——张拉力；

T_c ——高强度螺栓连接副施工终拧扭矩值；

f_n ——预应力杆件的第 n 阶自振频率。

2.2.3 几何参数

L ——预应力杆件的计算长度。

2.2.4 其他

m ——试件一侧螺栓数量；

n ——自振频率阶数；

n_f ——摩擦面面数；

μ ——抗滑移系数；

ρ ——杆件的线密度。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 钢结构加固工程施工过程中及施工完成后应进行检测，检测可分为以下情况：

- 1 钢结构加固工程施工验收需要的工程质量检测；
- 2 钢结构加固工程完成后鉴定需要的结构性能检测；
- 3 达到设计工作年限需要继续使用的评定；
- 4 国家现行有关标准规定的检测；
- 5 工程质量保险要求实施的检测；
- 6 对工程质量有怀疑或争议；
- 7 发生质量或安全事故；

3.1.2 钢结构加固工程检测，应根据实际需求，综合考虑加固施工和现场实际状况，确定重点检测区域和部位，不应随意扩大检测范围，使检测过程具备针对性和有效性。

3.1.3 钢结构加固工程检测的委托方应根据工程项目状况，委托具有相应技术能力的检测机构开展检测业务，检测前应明确检测项目及相关要求。

3.2 检测工作程序与基本要求

3.2.1 检测类别可分为材料检测和现场检测。

3.2.2 材料检测应按图 3.2.2-1 程序进行；现场检测应按图 3.2.2-2 程序进行。

3.2.3 材料检测试样取样应由施工单位、见证单位和供应单位根据采购合同或有关技术标准的要求共同对样品的取样、制样过程、样品的留置、养护情况进行确认，并应做好试件标识。检测机构自行取样的检测项目应做好抽样方法、抽样人、环境条件、抽样位置、样品状态、偏离情况等取样记录。

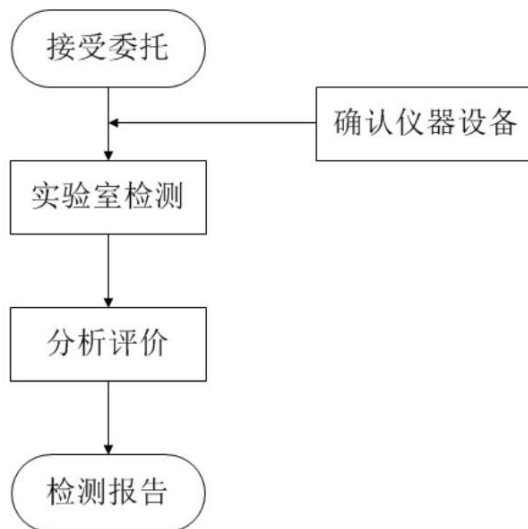


图 3.2.2-1 材料检测程序

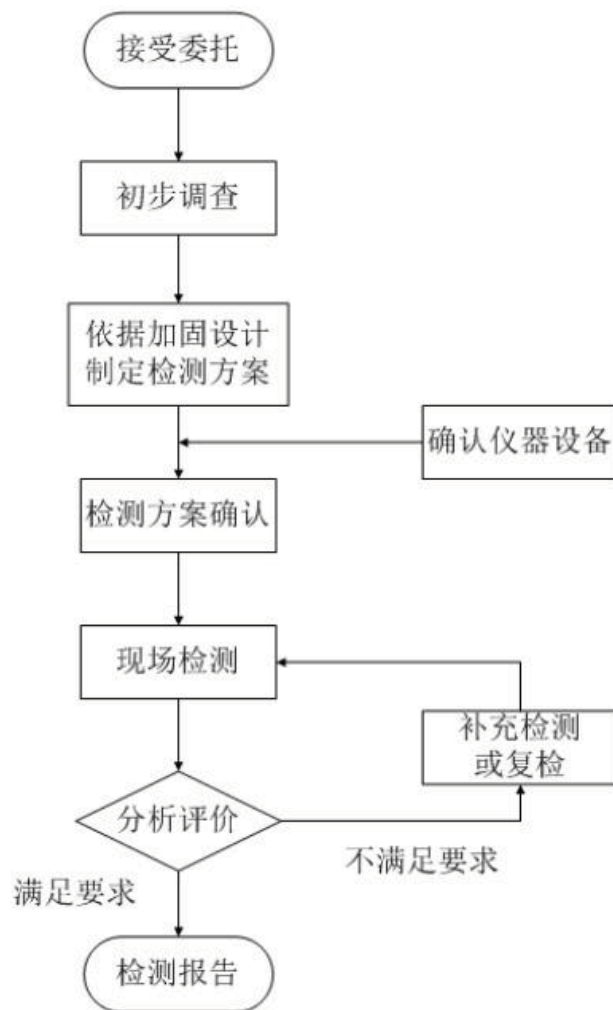


图 3.2.2-2 现场检测程序

3.2.4 材料检测试样送检应在见证下完成，检测试样应当具有清晰的、不宜脱落的唯一性标识、封志，送检过程中应避免样品混淆、损坏或丢失等。

3.2.5 材料检测试样收样时检测机构应对检测委托单的填写内容、试样的状况以及封样、标识等情况进行检查，确认无误后，在检测委托单上签收。

3.2.6 检测机构对接收的材料检测试样应有符合条件的存放设施，确保试样的正确存放、养护。

3.2.7 钢结构加固工程现场检测的初步调查可分为现场调查和资料调查，宜包括下列内容：

- 1 收集被检测钢结构的岩土工程勘察报告、施工图设计文件、工程施工及验收文件等资料；
- 2 收集被检测钢结构使用期间的维修、检测、评定、加固和改造等资料；
- 3 调查被检测钢结构缺陷、损伤、维修和加固等实际状况；
- 4 调查被检测钢结构环境、用途或荷载等的实际状况；
- 5 调查委托检测的原因以及委托方必要说明的情况。

3.2.8 检测机构应在初步调查的基础上编制钢结构加固工程现场检测方案，检测方案应征求委托方的同意。

3.2.9 钢结构加固工程现场检测方案，宜包括下列主要内容：

- 1 工程概况或结构概况，钢结构加固方法等；
- 2 检测目的或委托方的检测要求；
- 3 检测依据；
- 4 检测（内容）项目、检测方法、检测数量；
- 5 检测人员和仪器设备；
- 6 检测工作进度计划；
- 7 所需要的配合工作；
- 8 安全技术措施及环保措施等。

3.2.10 钢结构加固工程现场检测的测区和测点应按不同的加固条件分别进行标识和编号。

3.2.11 钢结构加固工程现场检测记录应按不同的加固条件完成，符合下列规定：

- 1 当采用人工记录时，原始检测数据和信息应在产生时记录；

2 当采用检测仪器自动记录时,检测数据的采集、处理、记录、存储应真实可靠并妥善保存。

3.2.12 钢结构加固工程现场检测工作结束后,应提出针对检测造成结构或构件局部损伤的修补建议。

3.3 现场检测抽样方法与判定

3.3.1 钢结构加固工程现场检测可采用全数检测或抽样检测。当抽样检测时,宜采用随机抽样的方法,或采用合同约定的其他抽样方法。

3.3.2 钢结构加固工程施工质量按检测批检测时,检测批的划分、抽样方法及判定规则应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的规定。

3.3.3 钢结构加固工程存在下列情况时,宜采用全数检测:

- 1 结构中重要构件或节点加固后的检测;
- 2 加固范围较小或加固构件数量较少时;
- 3 加固构件的外观缺陷或表面损伤的检查;
- 4 加固构件质量状况差异较大时;
- 5 委托方要求对加固构件进行全数检测。

3.3.4 计数抽样检测时检测批最小样本容量宜按表 3.3.4 的规定采用。

表 3.3.4 计数抽样检测的检测批最小样本容量

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

1201~3200	50	125	200
3201~10000	80	200	315
10001~35000	125	315	500
35001~150000	200	500	800
150001~500000	315	800	1250

注：1 表中 A、B、C 为检测类别。检测类别 A 适用于一般施工质量的检测；检测类别 B 适用于结构质量或性能的检测；检测类别 C 适用于结构质量或性能的严格检测或复检；

2 样本单位为构件。

3.3.5 计数抽样检测时，检测批的符合性判定应按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的规定执行。

3.3.6 材料强度按计量抽样检测时，检测批的检测结果宜提供推定区间。材料强度按检测批计量的样本容量、测区或取样位置、推定区间的限值系数、推定区间的计算方法以及检测批的符合性判定可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的有关规定确定。

3.4 检测人员与检测设备

3.4.1 钢结构加固工程检测工作应由本机构两名或两名以上具有能力资格的检测人员承担。从事钢结构无损检测的人员应按现行国家标准《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 进行相应级别的培训，其中从事射线检测的人员上岗前应进行辐射安全知识的培训。无损检测人员不得超出其方法和技术等级的范围从事无损检测工作。

3.4.2 钢结构加固检测所使用的仪器设备，应符合下列规定：

1 仪器设备应有产品合格证、计量检定机构出具的有效期内的检定或校准证书：

2 仪器设备性能应符合检测项目所对应检测方法的技术要求；

3 检测时仪器设备应在检定或校准周期的有效期内，并应处于正常工作状态。

3.4.3 钢结构加固检测所使用的检测试剂应具有产品合格证和使用说明书，检测试剂使用时应在有效期内。

3.5 检测原始记录和检测报告

3.5.1 钢结构加固材料检测原始记录宜包括下列内容：

- 1 样品名称、样品编号、委托合同编号；
- 2 检测日期、检测开始及结束的时间；
- 3 使用的主要检测设备名称和编号；
- 4 样品状态描述及加固材料指标；
- 5 检测依据；
- 6 检测环境记录（有要求时）；
- 7 检测数据或观察结果；
- 8 计算公式、图表、计算结果（有要求时）；
- 9 检测方法要求记录的其他内容；
- 10 检测人、复核人签名。

3.5.2 钢结构加固现场检测原始记录宜包括下列内容：

- 1 委托单位名称、工程名称、工程地点；
- 2 钢结构加固概况，检测类别及检测要求；
- 3 委托合同编号；
- 4 检测地点、检测部位；
- 5 检测日期、检测开始及结束的时间；
- 6 使用的主要检测设备名称和编号；
- 7 检测依据；
- 8 检测对象的状态描述；
- 9 检测环境记录（有要求时）；
- 10 检测数据或观察结果；
- 11 计算公式、图表、计算结果（有要求时）；
- 12 检测中异常情况的描述记录；
- 13 检测、复核人员签名，有见证要求的见证人员签名。

3.5.3 钢结构加固材料检测报告宜包括下列内容：

- 1 检测报告名称；
- 2 委托单位名称、工程名称、工程地点；
- 3 样品接收日期、检测日期及报告日期；
- 4 样品名称、生产单位、规格型号、代表批量；
- 5 样品的说明和标识等；

- 6 样品的特性（加固材料指标）和状态描述；
 - 7 检测依据及执行标准；
 - 8 检测数据及汇总结果，工程质量检测结构的符合性判定结论；
 - 9 必要的检测说明和声明等；
 - 10 主要检测人、审核和批准人的签名；
 - 11 取样单位的名称和取样人员的姓名、证书编号；
 - 12 对见证试验，见证单位和见证人员的姓名、证书编号；
 - 13 检测机构的名称、地址及通信信息；
 - 14 报告的编号和每页及总页数的标识。
- 3.5.4 钢结构加固现场检测报告宜包括下列内容：**
- 1 委托单位名称；
 - 2 委托单位委托检测的主要目的及要求；
 - 3 钢结构加固概况，包括工程名称、结构类型、规模、施工日期、完工日期及现状等；
 - 4 工程的建设单位、设计单位、施工单位及监理单位名称；
 - 5 被检工程以往检测情况描述；
 - 6 检测项目、检测方法及检测依据；
 - 7 抽样方案、检测数量与检测位置（附测点图）；
 - 8 检测日期，报告完成日期；
 - 9 检测项目的主要分类检测数据和汇总结果；工程质量检测结构的符合性判定结论；
 - 10 主要检测人、审核和批准人的签名；
 - 11 对见证检测项目，应有见证单位、见证人员姓名、证书编号；
 - 12 检测机构的名称、地址和通信信息；
 - 13 报告的编号和每页及总页数的标识。
- 3.5.5 钢结构加固材料检测报告格式可参照附录 A。**
- 3.5.6 钢结构加固现场检测报告格式可参照附录 B。**

4 材料检测

4.1 一般规定

4.1.1 钢结构加固用材料主要包括钢材、钢筋、焊接材料、螺栓、锚栓、预应力用钢拉索和钢拉杆、结构胶粘剂、混凝土和水泥基灌浆料、防腐蚀和防火涂装材料等。

4.1.2 材料检测试样送检委托办理时，检测方应与委托方确认材料检测的技术指标、检测方法和判定标准。

4.1.3 钢材、钢筋、焊接材料、螺栓、锚栓的检测按现行有关标准的规定执行。

4.1.4 已施工完成的钢构件材料强度宜根据需要在现场取样进行检测。当现场不具备取样条件时，可采用里氏硬度等检测方法进行现场钢材强度检测，里氏硬度检测方法按本标准附录 C 的有关规定执行。

4.1.5 高强度螺栓连接摩擦面（含涂层摩擦面）的抗滑移系数检测按本标准附录 D 的有关规定执行。

4.2 预应力用钢拉索和钢拉杆

4.2.1 预应力加固钢结构的拉索的检测类别可分为钢绞线索、钢丝拉索、钢丝绳索和钢拉杆。

4.2.2 加固用预应力钢拉索和钢拉杆检测，宜包括下列内容：

- 1 无粘结预应力钢绞线的公称直径、公称抗拉强度、摩擦系数等；
- 2 填充型环氧涂层钢绞线的整根钢绞线最大力、最大力总伸长率、黏结性能等；
- 3 高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线的尺寸、屈服负荷、最大负荷、伸长率等；
- 4 钢丝拉索的拉索长度、弹性模量、静载性能等；
- 5 钢丝绳的直径、长度、破断拉力、伸长等；
- 6 高强度钢拉杆的尺寸、屈服强度、抗拉强度、断后伸长率、冲击性能等；

7 拉索的锚具、夹具、永久连接器及临时连接器的尺寸、硬度、静载锚固性能等。

4.2.3 加固用无粘结预应力钢绞线的检测项目按现行行业标准《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161 的有关规定执行。

4.2.4 加固用填充型环氧涂层钢绞线的检测项目按现行行业标准《填充型环氧涂层钢绞线》JT/T 737 的有关规定执行。

4.2.5 加固用高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线的检测项目按现行行业标准《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》YB/T 152 的有关规定执行。

4.2.6 加固用钢丝拉索的检测项目按现行行业标准《高密度聚乙烯护套钢丝拉索》CJ/T 504 的有关规定执行。

4.2.7 加固用钢丝绳的检测项目按现行国家标准《重要用途钢丝绳》GB 8918 的有关规定执行。

4.2.8 加固用高强度钢拉杆的检测项目按现行国家标准《钢拉杆》GB/T 20934 的有关规定执行。

4.2.9 加固用拉索的锚具、夹具、永久连接器及临时连接器的检测项目按现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 和现行行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 的有关规定执行。

4.3 结构胶粘剂

4.3.1 以钢为基材的室温固化型结构胶粘剂检测类别可分为结构胶及其配套底胶和修补胶。

4.3.2 结构胶检测，宜包括下列内容：

1 钢对钢拉伸抗剪强度、钢对钢对接接头抗拉强度、钢对钢 T 冲击剥离长度、钢对钢不均匀扯离强度、热变形温度等粘结能力指标；

2 耐环境作用能力（耐湿热老化能力、耐热老化能力、耐冻融能力）、耐应力作用能力（耐长期应力作用能力、耐疲劳应力能力）等长期工作安全性能指标；

3 耐介质侵蚀能力；

4 不挥发物含量。

4.3.3 钢对钢拉伸抗剪强度检测按现行国家标准《胶粘剂 拉伸剪切

强度的测定（刚性材料对刚性材料）》GB/T 7124 的有关规定执行。

4.3.4 钢对钢对接接头抗拉强度检测按现行国家标准《胶粘剂对接接头拉伸强度的测定》（GB/T 6329）的有关规定执行。

4.3.5 钢对钢 T 冲击剥离长度、耐湿热老化能力、耐热老化能力、不挥发物含量等检测按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 的有关规定执行。

4.3.6 底胶的检测项目宜包括钢对钢拉伸抗剪强度、钢对混凝土正拉粘结强度、钢对钢 T 冲击剥离长度、耐湿热老化能力等，修补胶的检测项目要求同其配套结构胶，检测时按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 的有关规定执行。

4.4 混凝土和水泥基灌浆料

4.4.1 加固用混凝土的检测项目宜包括强度等级和耐久性能,检测时分别按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》（GB/T 50081）和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定执行；当混凝土中掺加粉煤灰时，应进行粉煤灰的烧失量检测，按现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596。

4.4.2 钢结构加固用聚合物混凝土、微膨胀混凝土、钢纤维混凝土、合成纤维混凝土和喷射混凝土，应根据设计并依据本标准第 4.4.1 条的规定进行试配后的性能检测。

4.4.3 用于螺栓锚固、构件加固、预应力孔道的水泥基灌浆料的检测项目宜包括截锥流动度、流锥流动度、坍落扩展度、抗压强度、竖向膨胀率、氯离子含量、泌水率、凝结时间等，按现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448 的有关规定执行。

4.5 防腐蚀、防火涂装材料

4.5.1 防腐蚀涂装材料检测类别可分为底涂料、中间涂料和面涂料，应根据设计规定的涂料品种依据相关标准的规定进行检测。

4.5.2 防火涂装材料的检测项目宜包括耐火极限、粘结强度、抗压强度等，按现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 的有关规定执行。

5 焊缝连接检测

5.1 一般规定

- 5.1.1** 加固完成后焊缝检测项目宜包括焊缝布置、焊缝外观质量、焊缝外观尺寸、焊缝内部缺陷等。
- 5.1.2** 焊缝检测时应提前清除检测部位表面的油污、浮锈及其他附着物。
- 5.1.3** 焊缝应冷却至环境温度后，方可进行焊缝外观质量与焊缝外观尺寸检测。
- 5.1.4** 焊缝布置宜对照设计文件检查焊缝类型、焊缝位置和布置形式。
- 5.1.5** 复杂钢结构的焊缝连接在下列情况下宜通过试验为加固后的鉴定或评定提供依据：
- 1** 按现有计算手段尚不能准确评定焊缝连接的可靠性；
 - 2** 焊缝连接验算缺少应有的参数。

5.2 焊缝外观质量检测

- 5.2.1** 焊缝外观质量缺陷检测类型可分为：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。
- 5.2.2** 现场检测时，宜对结构或构件受检范围内焊缝外观质量进行全数检测。
- 5.2.3** 焊缝外观质量检测可采用目视检测、焊缝量规和钢尺检查。
- 5.2.4** 焊缝外观质量目视检测，应符合下列规定：
- 1** 目视检测应在焊缝焊渣清理完成后进行，焊缝及焊缝周边区域不得有焊渣和飞溅物；
 - 2** 目视检测时，目视点与被检焊缝表面的距离不宜大于 600mm，且宜进行多角度目视检测；
 - 3** 被测结构或构件的焊缝表面的照明亮度不宜低于 160lx。
- 5.2.5** 当存在下列情况之一时，应对焊缝外观质量进行无损检测：
- 1** 对焊缝有疲劳验算要求时；

2 焊缝外观质量目视检测发现裂纹时，应对同类焊缝进行全数无损检测。

5.2.6 焊缝外观质量的无损检测可采用磁粉检测和渗透检测。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。磁粉检测和渗透检测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。

5.3 焊缝外观尺寸检测

5.3.1 焊缝外观尺寸检测宜包括焊脚尺寸、焊缝余高和对接焊缝错边。

5.3.2 按检测批检测时，焊缝外观尺寸检测宜采用计数抽样检测。

5.3.3 焊缝外观尺寸检测可采用焊缝量规检测。

5.3.4 焊缝外观尺寸检测应符合下列规定：

1 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；

2 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的检测结果。

5.4 焊缝内部缺陷检测

5.4.1 焊缝内部缺陷的无损检测应在焊缝外观质量与焊缝外观尺寸检测合格后进行；对于低合金高强度结构钢等有延迟裂纹倾向焊缝的检测，尚应在焊接完成 24h 后进行。

5.4.2 结构设计要求全熔透的一、二级焊缝应采用超声波进行焊缝内部缺陷检测，对超声检测结果存在疑义时，可采用射线检测验证。

5.4.3 按检测批检测时，焊缝内部缺陷检测宜采用计数抽样检测。

5.4.4 超声检测检测等级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 的规定。

5.4.5 对于母材厚度大于或等于 8mm、曲率半径大于或等于 160mm 的碳素结构钢和低合金高强度结构钢的对接全熔透焊缝，可采用 A 型脉冲反射法的手工超声波检测。超声检测焊缝内部缺陷的检测与评价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。

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内部缺陷的超声检测,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 射线检测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、《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 的有关规定执行。

5.4.8 射线检测结果应按现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测验收等级 第 1 部分: 钢、镍、钛及其合金》GB/T 37910.1 的有关规定执行,一级焊缝评定等级不应低于该标准中验收等级 2 级的要求,二级焊缝评定等级不应低于该标准中验收等级 3 级的要求。

6 螺栓连接检测

- 6.0.1** 加固完成后螺栓检测项目宜包括下列内容：
- 1 螺栓的尺寸与构造；
 - 2 螺栓的变形与损伤；
 - 3 普通螺栓的连接质量；
 - 4 高强度螺栓连接副的终拧质量。
- 6.0.2** 螺栓连接检测应提前清除检测部位表面的油污、浮锈及其他附着物。
- 6.0.3** 按检测批检测时，螺栓连接检测宜按连接的节点数进行计数抽样检测。
- 6.0.4** 螺栓尺寸与构造检测，宜采用尺量方法检测螺栓及连接板的规格、孔径、尺寸、构造、间距、边距和端距等。
- 6.0.5** 螺栓变形和损伤检测宜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。
- 6.0.6** 普通螺栓的连接质量检测，宜符合下列规定：
- 1 宜采用目测方法检查螺栓外露丝扣，外露丝扣不应少于 2 扣；
 - 2 宜采用小锤敲击的方法检查紧固情况。
- 6.0.7** 高强度螺栓连接副的终拧质量检测，应符合下列规定：
- 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。
- 6.0.8** 高强度螺栓连接副的终拧扭矩检测可采用扭矩法检测和转角法检测，且其检测方法应与高强度螺栓安装施工方法相同。
- 6.0.9** 高强度螺栓连接副终拧扭矩的扭矩法检测，应符合下列规定：
- 1 检测前，应采用 0.3kg 的小锤敲击高强度螺栓的螺母，检查是否存在漏拧、未拧紧的情况；小锤敲击检查合格后，方可进行扭矩

法检测；

2 检测时，应在螺杆端面和螺母相对位置画线，并将螺母拧松 60° ，再采用扭矩扳手将螺母拧紧，使其两线重合，测定其扭矩，且测定扭矩宜为 $0.9T_c \sim 1.1T_c$ （ T_c 为施工终拧扭矩值）。

6.0.10 高强度螺栓连接副终拧扭矩的转角法检测，应符合下列规定：

1 检测前，应对高强度螺栓的终拧转角角度进行逐一检查，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到规定值；终拧转角角度合格后，方可进行转角法检测；

2 检测时，应在螺杆端面和螺母相对位置画线，卸松螺母后，再按初拧扭矩和终拧角度拧紧螺栓，测量两线间的夹角，且两线间的夹角宜在 $\pm 30^{\circ}$ 范围内。

6.0.11 扭矩扳手应符合下列规定：

1 相对误差应在 $\pm 3\%$ ，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。扭矩扳手的工作值宜为限值的 $20\% \sim 80\%$ 。

6.0.12 加固完成后高强度螺栓连接副的轴力可采用超声波进行检测，按本标准附录 E 的有关规定执行。

6.0.13 复杂钢结构的螺栓连接在下列情况下宜通过试验为加固后的鉴定或评定提供依据：

1 按现有计算手段尚不能准确评定螺栓连接的可靠性；

2 螺栓连接验算缺少应有的参数。

7 节点检测

7.0.1 节点加固的检测项目宜包括板件的截面尺寸、安装尺寸、连接质量、节点试验等。

7.0.2 尺寸检测时，宜提前清除检测部位的饰面层、装修层、涂层，对于受腐蚀后的板件，宜将腐蚀层除净、露出金属光泽。

7.0.3 板件的截面尺寸可采用钢卷尺、直尺、游标卡尺等进行检测。当无法采用游标卡尺测量构件的厚度时，可采用超声测厚仪进行检测，超声测厚仪检测板件厚度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。

7.0.4 板件安装尺寸宜包括轴线（中心线）尺寸和布置定位尺寸，可采用角尺、塞尺、激光测距仪、全站仪、经纬仪、三维激光扫描设备等进行检测，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。

7.0.5 尺寸偏差的计算应以设计尺寸为基准值，对每个尺寸实测值与基准值进行比较，计算每个尺寸偏差值。

7.0.6 复杂钢结构的节点在下列情况下宜通过试验为加固后的鉴定或评定提供依据：

- 1 按现有计算手段尚不能准确评定节点的可靠性；
- 2 节点验算缺少应有的参数。

8 构件加固检测

8.1 一般规定

8.1.1 构件加固方式类别可分为焊接连接钢板增大截面、螺栓连接钢板增大截面、粘贴钢板、钢构件外包混凝土、钢管内填混凝土等。

8.1.2 检测前应根据设计文件的要求及加固的方式选取检测对象，确定其特定的检测项目，并编制检测方案。

8.1.3 构件尺寸可采用钢卷尺、直尺、游标卡尺等进行检测；当无法采用游标卡尺测量构件的厚度时，可采用超声测厚仪进行检测。

8.1.4 构件安装尺寸可采用角尺、塞尺、激光测距仪、全站仪、经纬仪、三维激光扫描设备等进行检测。

8.1.5 构件变形检测应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205、《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 等的有关规定。

8.1.6 外观质量检测宜采用目视检测，检测裂纹时应辅以 5 倍以上放大镜，照明亮度不宜低于 540lx。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。检测时按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的有关规定执行。

8.2 构件检测

(I) 焊接连接构件

8.2.1 构件采用焊接钢板加固的检测项目宜包括原结构钢材、加固用钢材、加固用焊接材料、焊缝的连接质量、焊缝布置、尺寸、变形、外观质量等，在低温、疲劳或动力荷载条件下还宜进行焊接残余应力的检测。

8.2.2 焊缝的连接质量应检查在负荷下加固的钢构件受到焊接加热作业影响造成的缺陷和损伤。

8.2.3 焊接残余应力的检测可采用压痕应变法、全释放应变法、钻孔应变法、电磁检测法和超声体波检测法等，按现行国家标准《金属

材料 残余应力测定 压痕应变法》GB/T 24179、《金属材料 残余应力测定 全释放应变法》GB/T 31218、《金属材料 残余应力测定 钻孔应变法》GB/T 31310、《无损检测 残余应力的电磁检测方法》GB/T 33210 和《无损检测 残余应力超声体波检测方法》GB/T 38952 等有关规定执行。

（II）螺栓连接构件

8.2.4 构件采用螺栓连接钢板加固的检测项目宜包括原结构钢材、加固用钢材、加固用螺栓性能、螺栓连接质量、螺栓布置、尺寸、变形、外观质量等。

8.2.5 螺栓连接质量应检查在负荷下加固的钢构件受到补加钻孔、扩孔加热作业影响造成的缺陷和损伤。

（III）粘贴构件

8.2.6 构件采用粘贴钢板加固的检测项目宜包括原结构钢材、加固用钢材、加固用结构胶粘剂性能、应力（应变）、尺寸、变形、外观质量等。

8.2.7 结构重要部位的粘贴钢板增大截面加固，可根据需要在加固后的结构典型结合面处，按有关规定进行新旧结构各自应力（应变）及新增钢板最大应力（应变）检测。

（IV）钢构件外包混凝土

8.2.8 钢构件外包钢筋混凝土加固的检测项目宜包括外包混凝土层厚度、纵向受力钢筋连接和锚固、钢构件抗剪连接件（栓钉）设置、混凝土原材料的质量和性能、混凝土强度等级、混凝土中的钢筋、尺寸、变形等。

8.2.9 外包混凝土层厚度可采用超声法进行检测，检测时应判断混凝土层与钢构件之间的内部缺陷情况。

8.2.10 纵向受力钢筋应在混凝土浇筑前对照设计文件检查其两端的连接和锚固情况。

8.2.11 钢构件抗剪连接件（栓钉）应在混凝土浇筑前对照设计文件

检测，检测项目宜包括抗剪连接件（栓钉）类型、规格和位置、连接件焊接质量等。

8.2.12 混凝土原材料的质量和性能、混凝土强度等级、混凝土中的钢筋等混凝土检测项目按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 和《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 等的有关规定执行。

（V）钢管内填混凝土

8.2.13 钢管内填混凝土检测项目宜包括内填混凝土密实度、混凝土原材料的质量和性能、混凝土强度等级、混凝土性能、尺寸、变形、外观质量等。

8.2.14 内填混凝土密实度的检测按本标准附录 F 的有关规定执行。

8.2.15 混凝土原材料的质量和性能、混凝土强度等级、混凝土性能等检测项目按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 和《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 等的有关规定执行。

9 预应力加固检测

9.0.1 预应力加固钢结构检测项目宜包括原结构钢材、加固用钢材、预应力加固用材料、张拉力、尺寸、变形、辅助杆件、锚固节点构造、连接与节点等。

9.0.2 预应力加固用中/高强度钢丝、钢绞线、钢拉杆、钢棒、钢带、型钢、碳纤维棒/带等，检测按本标准第 4 章的有关规定执行

9.0.3 张拉力检测可采用振动频率测试法，检测时按本标准附录 G 的有关规定执行。

9.0.4 尺寸检测宜包括预应力构件定位、锚固点和转向点，定位含构件长方向、构件横方向和构件高方向。尺寸与变形检测按本标准第 8.1 节的有关规定执行。

9.0.5 辅助杆件的检测宜包括撑杆、吊索、吊杆的布置、连接形式和截面尺寸等检测项目。

9.0.6 锚固节点构造检查宜包括锚具、连接器、转换器的布置情况等。

10 局部缺陷和损伤的修复检测

10.1 一般规定

10.1.1 钢结构局部缺陷和损伤的修复类别分为连接修复、变形修复、裂纹修复和涂装修复等。

10.1.2 检测前应根据设计文件的要求及修复的方式选取检测对象，确定其特定的检测项目，并编制检测方案。

10.1.3 尺寸、变形和外观质量检测按本标准第 8.1 节的有关规定执行。

10.2 修复检测

(I) 连接修复

10.2.1 连接修复可分为堆焊辅助焊缝、刨除原焊缝后冲焊、摩擦型高强度螺栓连接滑移时采用补拧并在盖板周边加焊的修复等。

10.2.2 连接修复的检测项目宜包括焊缝连接质量、螺栓连接质量。

(II) 变形修复

10.2.3 变形修复可分为杆件弯曲变形的处理、腹板局部凹凸的处理和节点板弯折变形的处理。

10.2.4 弯曲变形处理检测项目宜包括尺寸、变形和外观质量，其中变形检测宜包括构件弯曲矢高。

10.2.5 腹板局部凹凸的处理方法可分为校平和增设加劲肋两种形式，检测时应符合下列规定：

1 校平处理的检测项目宜包括截面尺寸和外观质量等。

2 增设加劲肋处理的检测项目宜包括截面尺寸、安装尺寸、连接质量等。

10.2.6 节点板弯折变形的处理方法可分为增设加劲肋、堵焊修补裂纹和更换节点板等形式，检测时应符合下列规定：

1 增设加劲肋和更换节点板处理的检测项目宜包括截面尺寸、安装尺寸、焊缝连接质量等。

2 堵焊修补裂纹处理的检测项目为焊缝连接质量。

(III) 裂 纹 修 复

10.2.7 裂纹修复类型可分为焊接嵌板修补、附加盖板修补等，检测时应符合下列规定：

1 焊接嵌板修补的检测项目宜包括嵌板尺寸、安装尺寸和焊缝连接质量。

2 附加盖板修补的检测项目宜包括盖板尺寸、安装尺寸、焊缝连接质量或摩擦型高强度螺栓连接质量。

(IV) 涂 装 修 复

10.2.8 涂装修复可分为表面除锈、防腐涂层和防火涂层等。

10.2.9 表面除锈的除锈等级评定按现行国家标准《工业建筑腐蚀设计标准》GB/T 50046 和《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 的有关规定执行。

10.2.10 防腐涂层检测项目宜包括涂层外观质量、涂层厚度和涂层附着力，检测时按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621、《漆膜附着力测定法》GB 1720、《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210 和《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T 9286 的有关规定执行。

10.2.11 防火涂层检测项目宜包括涂层外观质量和涂层厚度，检测时按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的有关规定执行。

附录 A 钢结构加固材料检测报告（参考格式）

表 A 钢结构加固材料检测报告

钢结构加固材料检测报告			
项目名称			
报告编号		样品接收日期	
委托单位			
工程地点			
检测日期		报告日期	
样品信息			
施工单位		监理单位	
样品名称		规格型号	
生产单位		代表批量	
样品标识			
样品的说明、样品的特性（加固材料指标）和状态描述等：			
检测标准			
检测数据 汇总结果	（可另外附页）		
检测结论			
对见证试验，见证单位和见证人员的姓名、证书编号：			
取样单位的名称和取样人员的姓名、证书编号：			
检测人	（签名）	审核人	（签名）
批准人	（签名）	检测单位	（盖章）
检测机构的地址及通信信息：			
必要的检测说明和声明等：			

第 页 共 页

附录 B 钢结构加固现场检测报告（参考格式）

表 B 钢结构加固现场检测报告

钢结构加固现场检测报告			
项目名称			
报告编号		委托单位	
检测日期		报告日期	
工程概况			
建设单位		设计单位	
施工单位		监理单位	
结构类型		建筑面积	
施工日期		完工日期	
工程现状			
工程地点			
被检工程以往检测情况描述：			
检测项目			
检测标准			
抽样方案、检测数量与检测位置（附测点图）： （可另外附页）			
检测数据 汇总结果	（可另外附页）		
检测结论			
对见证检测项目，见证单位和见证人员的姓名、证书编号：			
检测人	（签名）	审核人	（签名）
批准人	（签名）	检测单位	（盖章）
检测机构的地址及通信信息：			
必要的检测说明和声明等：			

第 页 共 页

附录 C 钢材强度的里氏硬度检测方法

C.1 适用范围和测试仪器

C.1.1 里氏硬度方法可用于建筑中 H 型钢、钢管等钢构件钢材抗拉强度的现场无损检测。

C.1.2 本方法不适用于表层与内部有明显差异或内部存在缺陷钢材强度的测试。

C.1.3 里氏硬度计宜采用数显式，并按现行行业标准《里氏硬度计检定规程》JJG 747 的规定进行检定或校准。

C.2 检测技术

C.2.1 既有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。

C.2.2 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。

C.2.3 测区的处理应符合下列规定：

- 1 测区钢材表面应进行打磨处理，打磨可用钢锉或角磨机等设备去除各种涂层，并应用粗、细砂纸打磨至表面粗糙度 R_a 的平均值不大于 $1.6 \mu\text{m}$ ；
- 2 每个测区打磨的区域不应小于 $30\text{mm} \times 60\text{mm}$ ；
- 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) 测量不应小于 5 次，每次读数应精确至 $0.01 \mu\text{m}$ 。

C.2.4 里氏硬度的检测操作应符合下列规定：

- 1 在每个测区测试前，应在该仪器所带标准块上对里氏硬度计

进行校准，校准时相邻两点读数差应小于 12HL；

2 对于测区的硬度测试，应按所用仪器使用说明书的要求进行操作：

1) 向下推动加载套或用其他方式锁住冲击体；

2) 测试时冲击装置应紧压在测区的测点上，冲击方向应与测试面垂直。

C.2.5 测区内测点的布置应符合下列规定：

1 每一测区应布置 9 个测点；

2 测点应在测区范围内均匀分布；

3 测点之间的距离应大于 4mm；

4 测点距试样边缘不应小于 5mm。

C.2.6 测点的测试应符合下列规定：

1 同一测点只应测试一次；

2 每一测点的里氏硬度值应精确至 1HL。

C.3 硬度计算及钢材强度换算

C.3.1 测区里氏硬度的平均值，应从 9 个里氏硬度测试值中剔除 2 个最大值和 2 个最小值，余下的 5 个里氏硬度测试值应按下式计算平均值：

$$HL_m = \frac{\sum_{i=1}^5 HL_i}{5} \quad (C.3.1)$$

式中： HL_m ——测区里氏硬度的测试平均值，精确到 1HL；

HL_i ——测区余下 5 个测试值中第 i 个测点的里氏硬度值。

C.3.2 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。

C.3.3 非垂直方向检测钢结构构件表面时，应按下式对测区里氏硬度平均值进行弹击角度和弹击方向的修正：

$$HL_{dm} = HL_m + HL_a \quad (C.3.3)$$

式中： HL_{dm} ——修正后的垂直方向里氏硬度平均值；

HL_m ——非垂直向下检测时测区里氏硬度的平均值；

HL_a ——非垂直向下方向检测时里氏硬度修正值，可按表 C.3.3 采用。

表 C.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。

C.3.4 当测区钢材的厚度小于 12mm 时，应按下式对测区里氏硬度平均值进行修正：

$$HL_{dm}=HL_m+HL_t \quad (C.3.3)$$

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

表 C.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

C.3.5 既有结构钢材抗拉强度可依据测区里氏硬度的代表值按表 C.3.5 确定。

表 C.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/mm ²)		里氏硬度 (HL)	抗拉强度 (N/mm ²)	
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	330	332	482
260	306	456	332	334	484
265	307	457	334	335	485
270	307	457	336	337	487
275	308	458	338	338	488
280	309	459	340	340	490
285	310	460	342	342	492
290	311	461	344	343	493
295	313	463	346	345	495
300	315	465	348	347	497
302	316	466	350	349	499
304	317	467	352	350	500
306	318	468	354	352	502
308	319	469	356	354	504
310	320	470	358	356	506
312	321	471	360	358	508
314	322	472	362	360	510
316	323	473	364	362	512
318	324	474	366	365	515
320	326	476	368	367	517
322	327	477	370	369	519
324	328	478	372	371	521
326	329	479	374	374	524
328	331	481	376	376	526

续表 C.3.5

里氏硬度 (HL)	抗拉强度 (N/mm ²)		里氏硬度 (HL)	抗拉强度 (N/mm ²)	
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 $f_{b,max}$
378	378	528	430	454	604
380	381	531	432	458	608
382	383	533	434	461	611
384	386	536	436	465	615
386	388	538	438	468	618
388	391	541	440	472	622
390	393	543	442	475	625
392	396	546	444	479	629
394	399	549	446	483	633
396	401	551	448	487	637
398	404	554	450	491	641
400	407	557	452	494	644
402	410	560	454	498	648
404	413	563	456	502	652
406	416	566	458	506	656
408	419	569	460	510	660
410	422	572	462	514	664
412	425	575	464	518	668
414	428	578	466	523	673
416	431	581	468	527	677
418	434	584	470	531	681
420	437	587	472	535	685
422	441	591	474	539	689
424	444	594	476	544	694
426	447	597	478	548	698
428	451	601	480	553	703

C.4 钢材强度的推定和强度等级的区分

C.4.1 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 $f_{b,min}$ 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 $f_{b,max}$ 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。

C.4.2 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 D 高强度螺栓连接摩擦面抗滑移系数的检测

D.0.1 高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数检测批可按分部工程（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测抗滑移系数，每批 3 组试件。

D.0.2 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 D.0.2）。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。

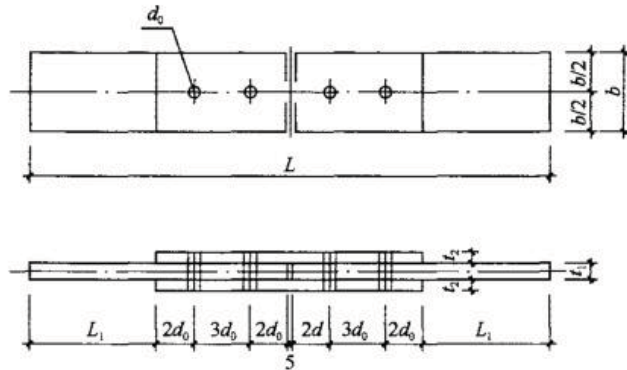


图 D.0.2 抗滑移系数试件的形式和尺寸

L 为试件总长度； L_1 为试验机夹紧长度

注： $2t_2 \geq t_1$ 。

D.0.3 试件钢板的厚度 t_1 、 t_2 应考虑摩擦面滑移之前，试件钢板的净截面始终处于弹性状态；宽度 b 可参照表 D.0.3 的规定取值， L_1 应根据试验机夹具的要求确定。

表 D.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

D.0.4 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。

D.0.5 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。

D. 0. 6 加荷时, 应先加 10% 的抗滑移设计荷载值, 停 1min 后, 在平稳加荷, 加荷速度为 3kN/s~5kN/s, 直拉至滑动破坏, 测得滑动荷载 N_v 。

D. 0. 7 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:

$$\mu = \frac{N_v}{n_f \cdot \sum_{i=1}^m P_i} \quad (\text{D.0.7})$$

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 $m=2$ 。

附录 E 高强度螺栓连接副轴力的超声波检测方法

E.1 一般规定

E.1.1 超声波检测高强度螺栓连接副轴力适用于不小于 $\Phi 6\text{mm}$ 直径的高强度螺栓连接副的轴力检测。

E.1.2 超声波检测高强度螺栓连接副轴力的检测人员应具有超声检测 II 级及以上检测资格认证证书。

E.2 检测设备

E.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，其主要技术指标应按表 E.2.1 的规定采用。

表 E.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 $20\Omega \sim 500\Omega$ 范围内可调
滤波设置	高速滤波截止频率有 0.5MHz、1MHz、2.5MHz、5MHz 和 10MHz； 低速滤波截止频率 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
轴力检测精度	$\pm 3\%$

E.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。

E.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。

E.3 检测步骤

E.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 应小于或等于 $10\ \mu\text{m}$ ，表面打磨平整，且不得有飞溅、污垢、油漆涂层及其他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，必要时，应进行无损检测，合格后方可进行轴力检测。

E.3.2 检测前应进行仪器与探头组合性能校准。

E.3.3 现场检测操作应符合下列规定：

- 1 应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；
- 2 应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；
- 3 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端面的相同位置放置探头测量螺栓轴力；
- 4 检测过程中，探头和螺栓之间应均有稳定的压紧力；
- 5 螺栓表面应平整，探头与表面接触应贴合，螺栓表面粗糙度不应小于 $6.3\ \mu\text{m}$ ，预留探头接触面不宜小于 $\phi 5\text{mm}$ ，螺栓两端平行度为 $\pm 1.5^\circ$ ；
- 6 轴力检测时，每个螺栓应使用自身的基准，不同螺栓间不应互用基准；
- 7 检测时，应保证接收信号中超声纵波信号稳定且清晰可见，并应记录检测结果。

E.4 检测结果的评价

E.4.1 应对高强度螺栓连接副轴力检测结果进行评定。

E.4.2 高强度螺栓连接副轴力检测结果换算为螺栓扭矩值时，应按

照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定执行。

附录 F 钢管内填混凝土密实度检测方法

F.0.1 钢管内填混凝土密实度可采用人工敲击与超声波检测相结合的方法进行检测。

F.0.2 沿钢管周边选取等距离的若干点，从拱脚向拱顶方向，用木锤进行人工敲击检测，发现异常时应加大检测密度，用超声波进一步检测。

F.0.3 钢管混凝土超声波检测宜采用径向对测得方法，如图 F.0.3 所示。

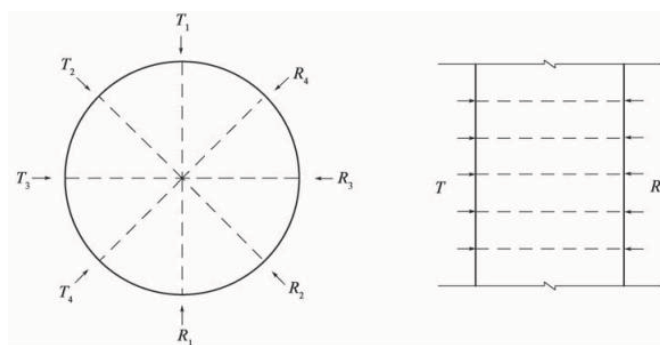


图 F.0.3 钢管混凝土超声波检测示意图

F.0.4 超声波检测时应选择钢管与混凝土胶结良好、表面无锈蚀的部位布置测点。布置测点时可先测量钢管实际周长，再将圆周等分，在钢管测试部位画出若干根母线和等间距的环向线，线间距宜为 15m~30m。

F.0.5 超声波检测时可先做径向对测，在钢管混凝土每一环线上保持 T、R 换能器连线通过圆心，沿环向测试，逐点读取声时、波幅和主频。

F.0.6 当同一测位的测试数据离散性较大或数据较少时，可将怀疑部位的声速、波幅、主频与相同直径钢管混凝土的质量正常部位的声学参数相比较，综合分析判断所测部位的内部质量。

F.0.7 当超声波检测发现异常时，必要时应进行钻孔复检。

附录 G 预应力加固钢结构张拉力的振动频率测试法

G. 0.1 在一定条件预应力杆件张拉力与其振动频率存在对应的关系，在已知杆件的长度、分布质量及抗弯刚度时，可通过杆件的振动频率计算出杆件的张拉力。

G. 0.2 测量系统及技术的要求宜包括下列内容：

- 1 测量系统一般由传感器、放大器、信号采集与分析仪器组成；
- 2 传感器、放大器及信号采集系统应有足够的灵敏度，可测量预应力杆件在自然环境激励或人工激振下的横向振动信号；
- 3 测量系统的频响范围应能满足不同预应力杆件的自振频率测量要求，其带宽应充足；
- 4 信号采集与分析仪器，应有抗混叠滤波和频率分析功能，频率分辨率应至少达到 0.01Hz。

G. 0.3 测试与记录宜包括下列内容：

- 1 查阅设计资料和以往检测报告等，掌握预应力杆件的实测频率和张拉力换算值；
- 2 可采用随机环境激励的测量方法，采集杆件在环境激励下的振动信号；当测试系统灵敏度不够时，可采用人工激振；
- 3 测量时应临时解除杆件的外置阻尼器；
- 4 在杆件上应采用专用夹具或绑带固定高灵敏度的加速度传感器，安装位置宜远离锚固端，测量杆件的面外横向振动，拾取杆件的振动信号，测定杆件的振动频率；
- 5 采样频率应大于或等于杆件第 5 阶自振频率的 5 倍，且不宜低于 100Hz；记录时间宜大于 5min；现场采集数据时应注意观察信号质量；
- 6 一般采用自谱分析方法，获取杆件的多阶自振频率，宜获取前 5~10 阶自振频率；应按随机信号处理的规定，合理选取分析数据长度、分析带宽、谱线数、重叠率、窗函数及谱平均次数等分析参数，以减少分析误差，并具有不大于 0.01Hz 的频率分辨率；
- 7 应判断实测自振频率的阶次及漏频情况；可根据实测的多阶自振频率中相邻阶的频率差值来判断；当各相邻阶的频率差值近似相等，且和测得的第 1 阶频率接近时，不存在漏频现象；否则，存在漏

频现象。

8 短吊杆张拉力换算时应考虑抗弯刚度的影响，长细比小于 10 的情况下，张拉力测试误差较大，可直接记录振动频率，通过频率值的变化来判断短吊杆的张拉力变化情况；

9 安装长期监测系统的预应力杆件，张拉力检测结果应与监测结果进行对比分析，综合判断张拉力的变化情况。

G.0.4 张拉力计算应符合下列规定：

1 可采用基于前几阶实测频率张拉力计算方法和基于实测基频的张拉力计算方法，宜对不同分析方法的计算结果进行相互验证；

2 基于前几阶实测频率的张拉力计算方法：

1) 根据实测的前几阶自振频率值，按每一阶自振频率计算张拉力，一般宜取前 5 阶计算值的均值作为张拉力实测值；

2) 当杆件的抗弯刚度可以忽略时，按下式计算张拉力：

$$T = \frac{4\rho L^2 f_n^2}{n^2} \quad (\text{G.0.4-1})$$

式中： T ——张拉力（kN）；

f_n ——预应力杆件的第 n 阶自振频率；

L ——预应力杆件的计算长度；

n ——自振频率阶数；

ρ ——杆件的线密度。

3) 当杆件的抗弯刚度不可忽略，且杆件两端的约束条件可简化为简支时，按下式计算张拉力：

$$T = \frac{4\rho L^2 f_n^2}{n^2} - \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2} \quad (\text{G.0.4-2})$$

式中： EI ——杆件的抗弯刚度。

3 基于基频的张拉力计算方法，当通过频谱分析能得到杆件的自振基频 f_1 或虽然不能得到杆件的自振基频 f_1 ，但实测前 10 阶自振频率中相邻阶的频率差值近似相等是，可用频率差值或多个频率差值的均值代替基频 f_1 。杆件张拉力 T 可按图 G.0.4 的流程计算得到。其中 ξ 为反映杆件抗弯刚度影响大小的参数； T' 为张拉力计算过程变量。

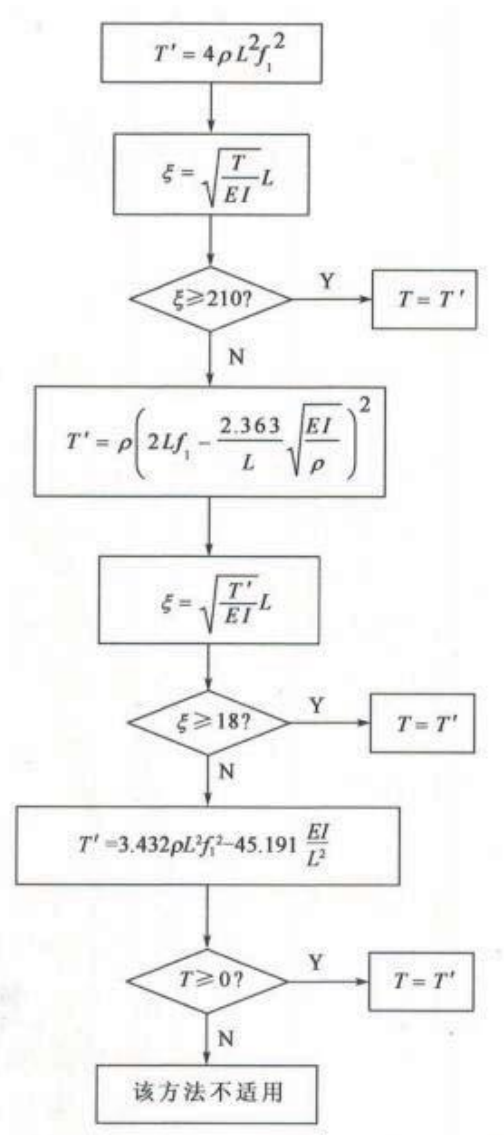


图 G.0.4 基于基频 f_1 的张拉力计算流程

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，在条件许可时首先应这样做的；

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《漆膜附着力测定法》 GB 1720
- 2 《重要用途钢丝绳》 GB 8918
- 3 《钢结构防火涂料》 GB 14907
- 4 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 5 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 6 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》 GB 50550
- 7 《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》 GB 50728
- 8 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 9 《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
- 10 《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
- 11 《色漆和清漆 拉开法附着力试验》 GB/T 5210
- 12 《胶粘剂对接接头拉伸强度的测定》 GB/T 6329
- 13 《胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）》 GB/T 7124
- 14 《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
- 15 《色漆和清漆 漆膜的划格试验》 GB/T 9286
- 16 《无损检测 人员资格鉴定与认证》 GB/T 9445
- 17 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》 GB/T 11345
- 18 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》 GB/T 14370
- 19 《钢拉杆》 GB/T 20934
- 20 《金属材料 残余应力测定 压痕应变法》 GB/T 24179
- 21 《金属材料 残余应力测定 全释放应变法》 GB/T 31218
- 22 《金属材料 残余应力测定 钻孔应变法》 GB/T 31310
- 23 《无损检测 残余应力的电磁检测方法》 GB/T 33210

- 24 《焊缝无损检测 射线检测验收等级 第1部分：钢、镍、钛及其合金》GB/T 37910.1
- 25 《无损检测 残余应力超声体波检测方法》GB/T 38952
- 26 《工业建筑腐蚀设计标准》GB/T 50046
- 27 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 28 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 29 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
- 30 《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448
- 31 《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621
- 32 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784
- 33 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 34 《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85
- 35 《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161
- 36 《钢结构超声波探伤及质量分级法》JG/T 203
- 37 《填充型环氧涂层钢绞线》JT/T 737
- 38 《高密度聚乙烯护套钢丝拉索》CJ/T 504
- 39 《高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线》YB/T 152

河南省工程建设标准

河南省钢结构加固工程检测技术标准

DBJ41/T ***—***

条 文 说 明

目 次

1	总则	48
3	基本规定	49
3.1	一般规定	49
3.2	检测工作程序与基本要求	50
3.3	现场检测抽样方法与判定	51
3.4	检测人员与检测设备	51
4	材料检测	52
4.1	一般规定	52
4.2	预应力用钢拉索和钢拉杆	52
4.3	结构胶粘剂	52
4.4	混凝土和水泥基灌浆料	52
4.5	防腐蚀、防火涂装材料	13
5	焊缝连接检测	54
5.1	一般规定	54
5.2	焊缝外观质量检测	54
5.4	焊缝内部缺陷检测	55
6	螺栓连接检测	56
7	节点检测	57
8	构件加固检测	58
8.1	一般规定	58
8.2	构件检测	58
9	预应力加固检测	60
10	局部缺陷和损伤的修复检测	61
10.1	一般规定	61
10.2	修复检测	61

1 总 则

1.0.1 《钢结构加固设计标准》GB 51367-2019 于 2019 年 11 月 22 日发布，并于 2020 年 6 月 1 日实施，该标准作为钢结构加固设计通用的国家标准，主要是针对为保障安全、质量、卫生、环保和维护公共利益所必须达到的最低指标和要求作出统一的规定，在广泛调查研究、总结实践经验、参考有关国际标准和国外先进标准、广泛征求意见的基础上，进一步补充和明确了钢结构加固的常用方法。

在此之前，《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550-2010 已实施多年，该标准对钢结构加固的相关做法（如增大截面、焊缝补强、裂纹修复等）进行了验收规定。因两者编制时间相差太久，在内容上并不协调，因此本标准对相关内容做了协调、修订。

以上两部标准主要适用于新加固钢结构的设计与验收，且目前现行的钢结构相关检测标准也主要是针对新建钢结构，对于钢结构加固质量和既有钢结构加固性能检测要求没有专门的条款和规定，检测技术人员在该方面检测实践上的理解和思路不统一，容易产生分歧。本标准《河南省钢结构加固工程检测技术标准》旨在明确钢结构加固质量检测 and 既有钢结构加固性能的检测要求，即包含了钢结构加固完成后质量方面的检测要求，也包含了为保证既有钢结构加固完成后进行性能评定的检测要求。

1.0.2 与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构加固设计标准》GB 51367 中“工业与民用建筑和一般构筑物”的适用范围保持一致。对于适用范围的进一步明确如下：原结构应为钢结构，在此基础上进行加固涉及的材料、连接及构造、节点、构件、预应力、局部修复等检测要求均在本标准使用范围。另外通过改变传力途径、荷载分布、节点性质、边界条件、增设附加构件或支撑、施加预应力、考虑空间协同工作等手段，改变结构体系或计算图形，以调整原结构内力，使结构按设计要求进行内力重分布，从而达到加固效果的情况，也可参照本标准进行检测。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 规定了钢结构加固设计的要求，本检测标准规定了与钢结构加固有关的检测要求。

钢结构加固工程检测分为两大类：质量检测的结论需要进行符合性判定，所谓符合性判定是指符合设计要求的评定（质量验收），第三方检测机构不宜直接进行合格性评定；性能检测的结论主要用于结构性能的评定（鉴定），应为鉴定提供真实、可靠、有效的检测数据和检测结论，一般无须进行检测结果的符合性判定，这是这两类检测最为明显的区别之一。

第 3 款对于达到设计工作年限的钢结构，若在工作年限内进行了加固，也应执行本标准的检测要求；第 4 款、第 5 款属于国家现行有关标准或工程质量保险要求的加固项目检测；第 6 款、第 7 款属于对加固项目有质量怀疑或争议、发生质量或安全事故的情形。

3.1.2 加固工程不同于一般的新建工程，是在既有结构的基础上进行的，具有特定的加固原因和目标，往往受现场条件、设计深度、施工条件等影响较大。钢结构加固有整体加固的，也有局部加固的，检测的针对性和有效性的可能直接影响检测结果，既要突出检测重点，也不能忽视相关区域，还不能盲目扩大检测范围。

在实际工作中，应根据委托方的需求和加固特点，确定检测范围；同时结构加固也会影响到未进行加固的相关区域，检测范围不能仅限于受加固区域，要考虑相关区域。因此检测时需要综合考虑各方面因素，并结合现场，以保证检测效果。

3.1.3 依据《建设工程质量检测管理办法》（第 57 号）中第十六条规定了从事钢结构检测应具备相应的资质，与其配套的《建设工程质量检测机构资质标准》中明确了从事钢结构检测机构需要的检测项目及参数、检测技术人员配备、检测设备及场所、管理体系等规定。另外检测合同的签订也是检测工作的重要环节，对于钢结构加固的检测项目和参数，合同双方的约定在签订时应进行明确，避免后续产生不必要的分歧。

3.2 检测工作程序与基本要求

3.2.1 中华人民共和国住房和城乡建设部令第 57 号《建设工程质量检测管理办法》于 2023 年 3 月 1 日起施行，其中第二十条提到了“检测试样送检”和“现场检测”，其中检测试样送检指对原材料取样后送往实验室办理委托进行检测，材料检测也可表述为实验室检测。

住房和城乡建设部《建设工程质量检测机构资质标准》（建质规〔2023〕1 号）于 2023 年 4 月 19 日实施，规定了综合检测资质和 9 个专项检测资质，分为建筑材料及构配件、主体结构及装饰装修、钢结构、地基基础、建筑节能、建筑幕墙、市政工程材料、道路工程、桥梁及地下工程等 9 个类别，其中建筑材料及构配件和市政工程材料主要涉及检测试样送检，其余类别主要涉及现场检测。

3.2.2 材料检测和现场检测流程的主要区别在于：（1）现场检测需要进行初步调查和制定检测方案；（2）现场检测在一定条件下存在补充检测或复检的情况，而材料检测是不允许的。

3.2.3 为了保证取样的规范和真实，以防弄虚作假，取样要按照有关标准规定选取。见证人、取样人及供应单位确认人签字，以示负责。检测机构自行取样时的取样记录主要内容：抽样方法、抽样人、环境条件、抽样位置、样品状态，以及正常规定条件下的偏离情况，如有情况应告知相关人员，并在检测报告中说明。

3.2.4 试样送检应在见证下完成，应确保检测试样的唯一性和完整性。

3.2.5 检测机构应对检测委托单位填写的内容进行详细检查，还应应对试件的状况详细检查，确认无误后，在委托单上签收。检测委托单应由送样单位填写好，检测机构接收试件检查情况应做出记录，并标明试件状态。

3.2.6 检测机构接受试件后，应将试件存放在符合条件的地点，确保试件正确存放、养护。

3.2.7 建筑结构检测前的调查非常重要，收集有关资料 and 了解建筑结构的状况，不仅有利于制定检测方案，而且有助于确定检测的项目和重点。

3.2.9 检测方案应根据检测目的、现场调查和资料调查情况制定，并结合钢结构加固方法。

3.2.10 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。

3.2.11 本条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。

3.3 现场检测抽样方法与判定

3.3.1 鉴于加固项目是特定的，而且多数是局部的，建议在条件许可时采用全数检测。

3.3.3 结合钢结构加固现场的特点进行针对性的明确。当进行局部或个别构件加固时，可视为加固范围较小或加固构件数量较少，此情况建议全数检测。

3.3.4 本条规定了按检测批检测时，计数检测项目按随机抽样的最小样本容量。采取随机抽样的目的是要保证检测批检测结果具有代表性。最小样本容量不是最佳样本容量，实际检测可根据具体情况和相应的技术规程的规定确定样本容量，但不宜小于本表的限定量。

3.3.6 现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 中第 3.5.5 条至第 3.5.12 条对材料强度计量抽样检测进行了详细的规定。

3.4 检测人员与检测设备

3.4.1 对实施钢结构检测的人员提出了资格方面的要求，现行国家标准《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 中规定了从事钢结构无损检测的人员应持有相应的资格证书。常用的钢结构无损检测方法有超声波检测（UT）、射线检测（RT）、磁粉检测（MT）、渗透检测（PT）。在各种方法中，对检测人员分为三个等级：一级（初级）、二级（中级）、三级（高级）。

3.4.2 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。

4 材料检测

4.1 一般规定

4.1.1 现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 规定了钢结构加固设计涉及材料的质量和性能要求，作为检测标准，本章规定了材料的检测要求，与设计标准相对应。

4.1.2 本条与第 3.2.4 条均是办理委托时的要求，区别在于第 3.2.4 条侧重于样品的信息资料，而本条侧重于检测技术。

4.1.3 钢结构加固中采用的钢材、钢筋、焊接材料、螺栓、锚栓与新建钢结构的材料要求一致，检测时按现行有关标准执行即可。

4.1.4 现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 中第 6.2.3 条至第 6.2.6 条规定了结构中钢材的检测方法，分为同批钢材试件检测、取样检测和辅助检测方法，其中辅助检测方法分为表面硬度或直读光谱法，本标准附录 A 引用 GB/T 50344 附录 N。

4.2 预应力用钢拉索和钢拉杆

4.2.1 现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 4.4.1 条明确了可用于外加预应力加固的钢拉索品种。

4.2.2~4.2.9 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 4.4.2 条~第 4.4.6 条的设计规定，对检测项目进行了明确。

4.3 结构胶粘剂

4.3.2 本条粘结能力、长期工作安全性能和耐介质侵蚀能力方面的检测项目与现行国家标准《既有建筑鉴定与加固通用规范》GB 55021 中附录 B.0.3 保持一致，并增加了不挥发物含量。

4.4 混凝土和水泥基灌浆料

4.4.1 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 4.6.1 条、第 4.6.2 条的设计规定，对检测项目进行了明确。

4.4.2 随着混凝土技术的持续不断发展，各种新型的高强混凝土、高延性混凝土、超高性能混凝土等也在不断推广应用，在钢结构外包混凝土加固中同样适用，对于该类混凝土的检测可参照本节的规定执行。

4.5 防腐蚀、防火涂装材料

4.5.1 现行国家标准《工业建筑腐蚀设计标准》GB/T 50046 第 7.10 节中明确了多种可采用的防腐蚀涂装材料，涂装材料的选择与介质环境、除锈等级、涂层使用年限密切相关，检测时应重点依据设计规定。

4.5.2 关于防火涂料的品种、质量和性能要求不仅应执行现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 的规定，而且对疑难问题，还应直接向消防部门咨询，才能获得确定性的解答。

5 焊缝连接检测

5.1 一般规定

5.1.1 目前栓焊并用连接的加固设计只规定了“摩擦型高强度螺栓连接采用焊缝并用连接加固”的形式；节点加固可分为侧面角焊缝加固端板连接节点、围焊加固端板节点、盖板加固梁柱节点、增设节点域加劲肋和节点域补强板等；构件增大截面加固可采用焊接连接钢板增大截面；连接修复包括焊缝的修复、摩擦型高强度螺栓连接滑动时采用补拧并在盖板周边加焊的修复；焊缝连接加固及以上栓焊并用连接加固、节点加固、构件增大截面加固、连接修复等做法均涉及到焊缝，执行本章的规定即可。

5.1.2 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。

5.1.3 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。

5.2 焊缝外观质量检测

5.2.1 现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中第 5.2.7 条对焊缝外观质量缺陷检测类型进行了分类。

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、5.2.4 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成后进行。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，照明亮度不宜低于 160lx；当怀疑有裂纹时，照明亮度不宜低于 540lx。

对于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，并注意应有足够的光线。

5.2.6 本条规定的铁磁性材料是指碳素结构钢、低合金高强度结构钢、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。

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（如材料为奥氏体不锈钢）不能采用磁粉检测时，宜采用渗透检测。

5.4 焊缝内部缺陷检测

5.4.1 对于低合金高强度结构钢等有延迟裂纹倾向的焊缝，尚应满足焊接完成 24h 后这一时限的要求。

5.4.2 内部缺陷的检测一般采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。对超声波检测结果有疑义时，可采用射线检测、超声衍射检测或相控阵检测方法等进行补充或验证。

5.4.4 焊接接头的质量要求主要与工件材质、焊接工艺和服务状况有关。超声检测的检测等级应根据质量要求分为 A、B、C 三级。钢结构焊缝质量的超声波探伤检验等级宜选用 B 级。

6 螺栓连接检测

6.0.1 目前栓焊并用连接的加固设计只规定了“摩擦型高强度螺栓连接采用焊缝并用连接加固”的形式，焊接热效应对螺栓连接会产生影响，导致螺栓连接预紧力降低，焊接 24h 后需要对螺栓进行补拧；构件增大截面加固可采用螺栓连接钢板增大截面；连接修复包括摩擦型高强度螺栓连接滑移时采用补拧并在盖板周边加焊的修复；螺栓连接加固、节点加固及以上栓焊并用连接加固、构件增大截面加固、连接修复等做法均涉及到螺栓连接，执行本章的规定即可。

6.0.7 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。

6.0.8 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高强度大六角头螺栓连接副扭矩系数和扭剪型高强度螺栓连接副紧固轴力检测合格后方可施工，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。

6.0.12 当需要对高强度螺栓连接副的轴力进行检测时，可采用超声波检测。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。检测时，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

7 节 点 检 测

7.0.1 节点加固分为侧面角焊缝加固端板连接节点、围焊加固端板节点、盖板加固梁柱节点、增设节点域加劲肋和节点域补强板、新增加固件等做法，执行本章规定即可。

7.0.2 构件表面的饰面层、装修层、涂层以及腐蚀层会对检测结果的准确造成不利影响，尺寸检测时宜提前清楚。

7.0.3 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。

7.0.5 本条规定了板件尺寸偏差的计算方法。

8 构件加固检测

8.1 一般规定

8.1.1 现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 6 章规定了焊接加固、螺栓连接加固,第 7 章粘贴钢板加固是作为钢结构传统增大截面加固方法的补充,第 8 章外包钢筋混凝土加固及第 9 章钢管内填混凝土加固属于钢-混凝土组合的加固形式,以上几种方式都属于构件增大截面的范畴,都以提高强度及刚度为目标。

8.1.2 钢构件的增大截面加固往往是局部的、特定的,因此检测对象和检测方式的选择应重点考虑。

8.1.3 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。

8.1.5 现行行业标准《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。

8.1.6 本条结合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 中第 4 章和现行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 1009 中第 8 章进行了规定。

8.2 构件检测

(I) 焊接连接构件

8.2.1 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 6 章对焊接连接钢板增大截面的设计要求确定的检测项目,另外钢结构加固属于在原结构状况下的二次施工,在低温、疲劳或动力荷载条件下易产生明显的焊接残余应力,对结构的质量有影响,该情况下需考虑残余应力的检测。

8.2.3 目前残余应力的检测方法有多种,分为有损和无损两大类,

本条款引用了比较常用国家标准。

(II) 螺栓连接构件

8.2.4 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 6 章螺栓连接钢板增大截面的设计要求确定的检测项目。

(III) 粘贴构件

8.2.6 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 7 章粘贴钢板增大截面的设计要求确定的检测项目。

8.2.7 粘贴钢板增大截面加固设计中粘钢与原构件协同工作是加固效果的关键，被粘贴的钢板能否发挥作用关系着承载力的提高，因此对于重要部位应考虑进行应力（应变）检测，验证是否达到设计要求。

(IV) 钢构件外包混凝土

8.2.8 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 8 章钢构件外包钢筋混凝土加固的设计要求确定的检测项目。

8.2.9 外包钢筋混凝土厚度是保证型钢结构构件耐火性、耐久性，并保证钢构件不产生局部压屈的重要条件。同时还需要考虑施工方便，能使混凝土浇筑密实。

8.2.10 为保证力的可靠传递，纵向受力钢筋两端应有可靠的连接和锚固，柱下端应深入基础并应满足锚固要求，其上端应穿过楼板与上层节点连接或在屋面板处封顶锚固。

8.2.11 对过渡层、过渡段、型钢构件与混凝土间传力较大部位，宜设置抗剪连接件，目前抗剪连接件通常采用栓钉。

(V) 钢管内填混凝土

8.2.13 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 9 章钢管内填混凝土加固的设计要求确定的检测项目。

9 预应力加固检测

9.0.1 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 10 章预应力加固的设计要求确定的检测项目。

10 局部缺陷和损伤的修复检测

10.1 一般规定

10.1.1 本章的适用范围，仅限于对不显著影响结构、构件、连接承载力的局部缺陷和损伤进行修复或技术处理，面向钢结构使用性和耐久性方面的局部缺陷和损伤修复，不涉及需要采取加固措施的安全问题。执行时不应随意扩大适用范围。

本章所指的局部缺陷和损伤，仅涉及采用一般或传统工艺在正确的操作下即可得到修复或处理的缺陷和损伤。不涉及对疑难问题的解决。

10.1.2 钢构件局部缺陷和损伤的修复往往是局部的、特定的，因此检测对象和检测方式的选择应重点考虑。

10.2 修复检测

(I) 连接修复

10.2.1 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 12.2 节连接修复的设计要求确定的检测项目。

(II) 变形修复

10.2.3 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 12.3 节变形修复的设计要求确定的检测项目。

(III) 裂纹修复

10.2.7 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 12.4 节裂纹修复的设计要求确定的检测项目。

(IV) 涂 装 修 复

10.2.8 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 12.5 节涂装修复的设计要求确定的检测项目。

10.2.9 依据现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 第 12.5.2 条除锈的要求。

10.2.10 对涂层防腐效果的判定以涂层厚度为指标；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；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。