

ICS 91.080.40

海南省土木建筑学会标准

T

T/HSCEA 201-2024

635MPa 级高强度热轧带肋钢筋 应用技术标准

Technical specification for application of
635MPa high-strength hot-rolled ribbed bars

2024-05-20 发布

2024-06-20 实施

海南省土木建筑学会 发布

海南省土木建筑学会标准

635MPa 级高强度热轧带肋钢筋
应用技术标准

Technical specification for application of
635MPa high-strength hot-rolled ribbed bars

T/HSCEA 201-2024

主编单位：海南元正建筑设计咨询有限责任公司
海南柏森建筑设计有限公司
安徽吾兴新材料有限公司

实施日期：2024 年 6 月 20 日

前 言

为规范635MPa级高强度热轧带肋钢筋在混凝土结构中的设计、施工及质量验收,安徽吾兴新材料有限公司与海南元正建筑设计咨询有限责任公司、海南柏森建筑设计有限公司,会同海南大学土木建筑工程学院、海南省设计研究院有限公司等参编单位,在调查研究及总结工程实践经验基础上,参考国家、海南省和行业的有关规范标准,编制本标准。

本标准主要技术内容为:1.总则;2.术语和符号;3.基本规定;4.材料;5.结构构件设计;6.构造规定;7.施工;8.质量验收;附录A。

安徽吾兴新材料有限公司等单位承诺对本标准的内容和数据的真实性、有效性负责,并承诺所提供的材料真实。

本标准编制、生产、应用等与本标准相关的事项、涉及的商标、专利等知识产权已获得相关权利人的授权许可。

本标准涉及相关专利使用,本标准的发布机构对专利的真实性、有效性和范围无任何立场。该专利持有人已向本标准的发布机构承诺,愿意同任何申请人在合理、无歧视的条款和条件下,就专利授权许可进行谈判。相关信息可以通过以下联系方式获得:

专利:201811474120.X 一种 635MPa 级高强热轧钢筋用钢

专利持有人:安徽吾兴新材料有限公司

地址:安徽省合肥市包河区绿地中心 E 座 2408 室

电话:15205283421

本标准由海南省土木建筑学会负责管理,由安徽吾兴新材料有限公司负责具体内容的解释。

请各单位在使用本标准过程中,结合工程实践总结经验并积累资料,及时将意见和有关资料反馈至海南省土木建筑学会秘书处。

地址:海南大学海甸校区研发楼 502 室 邮政编码:570125

联系电话:66266563 邮箱:hscea@hscea.cn

主 编 单 位:海南元正建筑设计咨询有限责任公司

海南柏森建筑设计有限公司

安徽吾兴新材料有限公司

参 编 单 位:(排名不分先后)

海南大学土木建筑工程学院

海南省设计研究院有限公司

中南建筑设计院股份有限公司海南分公司

中实天顿设计有限公司

北京中联环建文建筑设计有限公司海南分公司

海南中电工程设计有限公司

雅克设计有限公司

上海建筑设计研究院有限公司海南设计院

海南省建筑工程质量检测中心有限公司

海南建设工程股份有限公司

海口市城建建设工程施工图设计文件审查有限公司

中建六局第五建设有限公司

海口市设计集团有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

主要起草人:(排名不分先后)

段晓农 魏滔锴 张 明 高洪波 甘福居

高晓通 李 杰 李艳军 彭咏梅 王世君

路 岗 贺 平 郭泽文 李裕河 刘东明

黄 华 方 敏 罗 昱

主要审查人:苏恒强 吴修文 王武军 刘立新 吴坤顺

梁世杰 季海存 李 治 卢文胜

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
4 材 料	7
4.1 高强钢筋	7
4.2 混凝土	8
4.3 高强钢筋连接接头和套筒	9
5 结构构件设计	12
6 构造规定	15
6.1 高强钢筋锚固	15
6.2 高强钢筋连接	15
6.3 纵向受力钢筋最小配筋率及钢筋和连接件保护层厚度	16
7 施 工	18
7.1 一般规定	18
7.2 钢筋加工	19
7.3 钢筋连接和安装	20
8 质量验收	22
8.1 一般规定	22
8.2 钢筋材料	22
8.3 钢筋加工	24
8.4 钢筋连接	25
8.5 钢筋安装	28

附录 A HG6/C 钢筋技术条件	30
本标准用词说明	36
引用标准名录	37
附:条文说明	39

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家绿色发展、节能环保的技术经济政策,推动实现“双碳”目标,规范 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋在海南建设工程中的应用,做到安全适用、技术可靠、经济合理、确保质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于配置 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋的混凝土建筑物和构筑物设计、施工和验收,不适用于轻骨料混凝土结构、特种混凝土结构以及需作疲劳验算的结构构件。

1.0.3 配置 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋的混凝土结构构件设计、施工和验收,除应符合本标准外,尚应符合现行国家、海南省和行业工程建设规范和标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 HG6/C 高强度热轧带肋钢筋 HG6/C high-strength hot ribbed bars

符合本标准附录 A 技术条件, 屈服强度标准值为 635MPa, 横截面为圆形且表面带肋的高强钢筋, 按热轧状态交货, 其金相组织主要是铁素体加珠光体, 不得有回火马氏体组织等影响使用性能的其他组织存在, 简称高强钢筋。

2.1.2 钢筋牌号 designations of bars

HG6/C—屈服强度标准值为 635MPa 的高强度热轧带肋钢筋;
HG6E/C—屈服强度标准值为 635MPa 且符合抗震性能指标要求的高强度热轧带肋钢筋。

2.1.3 套筒 sleeve

用于传递钢筋轴向拉力或压力的钢筋机械连接用钢套管。

2.1.4 锚固板 anchorage head for rebar

设置于钢筋端部用于钢筋锚固的承压板。

2.2 符 号

f_{yk} ——钢筋屈服强度标准值, 即钢筋标准 GB/T 1499.2 中的下屈服强度 R_d ;

f_{stk} ——钢筋抗拉强度标准值, 即钢筋标准 GB/T 1499.2 中的抗拉强度 R_m ;

f_y ——钢筋抗拉强度设计值;

f_y' ——钢筋抗压强度设计值;

- f_{yv} —— 横向钢筋抗拉强度设计值；
- f_t —— 混凝土轴心抗拉强度设计值；
- δ_{gs} —— 钢筋在最大力下的总延伸率，钢筋达到抗拉强度时对应的受拉极限应变值；
- δ —— 钢筋的断后伸长率，钢筋拉断后在拼接断口两旁 5 倍直径的长度范围内量测所得的伸长率；
- d —— 高强钢筋的公称直径。

3 基本规定

3.0.1 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况,用内力的形式表达时,建筑结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.0.1-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k, \dots) / \gamma_{Rd} \quad (3.0.1-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数:在持久设计状况和短暂设计状况下,对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1,对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0,对安全等级为三级的结构构件不应小于 0.9;对地震设计状况下应取 1.0;

S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值:对持久设计状况和短暂设计状况应按作用的基本组合计算;对地震设计状况应按作用的地震组合计算;

R ——结构构件的抗力设计值;

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数;

f_c ——混凝土强度设计值,应根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定取值;

f_s ——钢筋强度设计值,高强钢筋按本标准规定取值;

a_k ——几何参数的标准值,当几何参数的变异性对结构性能有明显不利影响时,应增减一个附加值;

γ_{Rd} ——结构构件的抗力模型不定性系数:静力设计取 1.0,对不确定性较大的结构构件根据具体情况取大于 1.0 的数值;抗震设计应以承载力抗震调整系数 γ_{RE} 代替 γ_{Rd} 。

3.0.2 对于正常使用极限状态,钢筋混凝土构件应按荷载准永久组合并考虑长期作用影响,采用下列极限状态设计表达式进行验算:

$$S \leq C \quad (3.0.2)$$

式中 S ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值；

C ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、应力、裂缝宽度和自振频率等的限值,按各有关规范确定。

3.0.3 高强钢筋宜用作纵向受力钢筋,亦可用作抗剪、抗扭、抗冲切构件的横向钢筋。

3.0.4 高强钢筋应满足强度、延性、螺纹套丝加工可行性等要求。

3.0.5 高强钢筋的连接方式应采用绑扎搭接或机械连接,不应采用焊接连接。

3.0.6 结构构件应根据使用功能、环境类别和重要程度,选用合适的裂缝控制等级。混凝土结构环境类别应根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定进行划分。结构构件正截面受力裂缝控制等级分为三级,等级划分及要求应符合下列规定:

一级 —— 严格要求不出现裂缝的构件,按荷载标准组合计算时,构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力;

二级 —— 一般要求不出现裂缝的构件,按荷载标准组合计算时,构件受拉边缘混凝土拉应力不应大于混凝土轴心抗拉强度标准值;

三级 —— 允许出现裂缝的构件。

3.0.7 结构构件最大裂缝宽度限值应按《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定选用。

3.0.8 配置高强钢筋的混凝土受弯构件最大挠度验算应按荷载的准永久组合,并应考虑荷载长期作用影响进行计算,计算值不应超过《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的挠度限值。

3.0.9 当进行钢筋代换时,除应符合设计要求的构件承载力、裂缝宽度验算、挠度验算及抗震规定外,尚应满足最小配筋率、钢筋间距、混凝土保护层厚度、钢筋锚固长度、钢筋接头面积百分率及钢筋搭接长度等构造要求。施工时要求钢筋代换,应取得设计变更文件。

3.0.10 除本标准有明确规定外,配置高强钢筋的混凝土结构设计

内容、设计方法、承载能力极限状态计算、正常使用极限状态验算、耐久性设计、构造规定、防连续倒塌设计原则等,均应符合《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 等有关规范标准的规定。

4 材 料

4.1 高强钢筋

4.1.1 高强钢筋技术条件和要求应符合《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 及本标准附录 A 的规定。

4.1.2 高强钢筋的强度标准值应具有不小于 95%的保证率。

4.1.3 高强钢筋的屈服强度标准值、极限强度标准值、弹性模量、断后伸长率和最大力下总延伸率限值,应按表 4.1.3 的规定取用。

表 4.1.3 高强钢筋强度标准值、弹性模量、断后伸长率和最大力下总延伸率限值

钢筋牌号	屈服强度标准值 f_{yk} (N/mm ²)	极限强度标准值 f_{ak} (N/mm ²)	弹性模量 E_s (N/mm ²)	断后伸长率 δ (%)	最大力下总延伸率 δ_g (%)
HG6/C	635	795	2.0×10^5	≥ 16.0	≥ 7.5
HG6E/C	635	800	2.0×10^5	≥ 16.0	≥ 9.0

4.1.4 抗震等级为一、二、三级的框架和斜撑构件(含梯段),其纵向受力钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25;钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30,且钢筋在最大力下的总延伸率实测值不应小于 9%。

4.1.5 高强钢筋强度设计值应符合表 4.1.5 及以下规定:

1 轴心受压构件采用高强钢筋时,其抗压强度设计值应取 400 N/mm^2 ;

2 小偏心、大偏心受压构件和受弯构件采用高强钢筋时,其抗压强度设计值应取 435 N/mm^2 ;

3 横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 应按表 4.1.5 中 f_y 的数值采用,但用作受剪、受扭、受冲切承载力计算时应取 360 N/mm^2 。

表 4.1.5 高强钢筋强度设计值(N/mm²)

钢筋牌号	符号	抗拉强度设计值 f_y	抗压强度设计值 f_y'	
HG6/C HG6E/C		550	轴心受压构件	400
			偏心受压构件 受弯构件	435

4.1.6 抗连续倒塌设计的结构构件正截面承载力计算时,钢筋强度可取其极限强度标准值 f_{sk} ;受剪、受扭承载力计算时钢筋强度可取其屈服强度标准值 f_{yk} 。

4.1.7 建筑结构抗地震倒塌计算时,钢筋强度设计值可取屈服强度标准值 f_{yk} 。

4.1.8 按《人民防空地下室设计规范》GB 50038 设计的人防地下室结构,在动荷载与静荷载同时作用或动荷载单独作用下,高强钢筋强度综合调整系数可取 1.10。

4.1.9 高强钢筋的公称直径为6mm、8mm、10mm、12mm、14mm、16mm、18mm、20mm、22mm、25mm、28mm、30mm、32mm、36mm、40mm;常用的公称直径为6mm、8mm、10mm、12mm、14mm、16mm、18mm、20mm、22mm、25mm、28mm。

4.2 混凝土

4.2.1 混凝土强度标准值、强度设计值、弹性模量及耐久性等相关技术指标应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

4.2.2 配置高强钢筋的混凝土水平构件,其混凝土应具有低收缩性能。

4.2.3 配置高强钢筋的混凝土梁、板的混凝土强度等级不应低于 C30,墙、柱的混凝土强度不宜低于 C40。预应力混凝土结构构件的混凝土强度等级不宜低于 C40。

4.3 高强钢筋连接接头和套筒

4.3.1 钢筋机械连接接头材料性能指标应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

4.3.2 钢筋机械连接接头应根据极限抗拉强度、残余变形、最大力下总延伸率以及高应力和大变形条件下反复拉压性能,分为 I 级和 II 级两个等级,其性能应符合以下要求:

- 1 I 级和 II 级接头极限抗拉强度应符合表 4.3.2-1 的规定;
- 2 I 级和 II 级接头应能经受规定的高应力和大变形反复拉压循环,在经历拉压循环后其极限抗拉强度应符合表 4.3.2-1 的规定;
- 3 I 级和 II 级钢筋连接接头变形性能应符合表 4.3.2-2 的规定。

表 4.3.2-1 钢筋连接接头极限抗拉强度

钢筋连接接头等级	I 级	II 级
钢筋连接接头 极限抗拉强度	$f_{mk}^0 \geq f_{mk}$ 钢筋拉断 或 $f_{mk}^0 \geq 1.1f_{mk}$ 连接件破坏	$f_{mk}^0 \geq f_{mk}$

注: 1 f_{mk}^0 为接头试件实测抗拉强度。 f_{mk} 为钢筋极限抗拉强度标准值。

2 钢筋拉断指断于母材、套筒外钢筋丝头或钢筋镦粗过渡段。

3 连接件破坏指断于套筒、套筒纵向开裂或钢筋从套筒中拔出以及其他连接组件破坏。

表 4.3.2-2 钢筋连接接头变形性能

钢筋连接接头等级		I 级	II 级
单向拉伸	残余变形(mm)	$u_o \leq 0.10(d \leq 32)$ $u_o \leq 0.14(d > 32)$	$u_o \leq 0.14(d \leq 32)$ $u_o \leq 0.16(d > 32)$
	最大力下总延伸率(%)	≥ 6.0	≥ 6.0
高应力 反复拉压	残余变形(mm)	$u_{20} \leq 0.3$	$u_{20} \leq 0.3$
大变形 反复拉压	残余变形(mm)	$u_4 \leq 0.3$ 且 $u_8 \leq 0.6$	$u_4 \leq 0.3$ 且 $u_8 \leq 0.6$

注: u_o —套筒试件加载至 $0.6f_{tk}$ 并卸载后在规定标距内的残余变形;

- u_{20} —套筒试件经高应力反复拉压 20 次后的残余变形；
- u_8 —套筒试件经大变形反复拉压 8 次后的残余变形；
- u_4 —套筒试件经大变形反复拉压 4 次后的残余变形。

4.3.3 钢筋机械连接用套筒材料性能等级及力学性能指标应符合《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的规定,套筒材料强度应符合以下规定:

1 套筒实测受拉承载力不应小于被连接钢筋受拉承载力标准值的 1.1 倍;

2 I 级连接套筒的屈服强度标准值和抗拉强度标准值分别不应小于高强钢筋的屈服强度标准值和抗拉强度标准值的 1.2 倍;

3 II 级连接套筒的屈服强度标准值和抗拉强度标准值分别不应小于高强钢筋的屈服强度标准值和抗拉强度标准值的 1.1 倍。

4.3.4 钢筋连接用套筒的金相组织应为铁素体加珠光体,螺纹套筒的原材料应符合以下规定:

1 宜采用牌号为 45 号或 40Cr 的优质碳素结构钢、低合金结构钢无缝钢管,其外观及力学性能应符合《优质碳素结构钢》GB/T 699、《用于机械和一般工程用途的无缝钢管》GB/T 8162 和《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395 的规定;

2 套筒原材料采用 45 号或 40Cr 钢冷拔或冷轧精密无缝钢管时,应进行退火处理,并应符合《冷拔或冷轧精密无缝钢管》GB/T 3639 的相关规定,其抗拉强度不应大于 800MPa,断后伸长率 δ_5 不宜小于 14%。45 号或 40Cr 钢的冷拔或冷轧精密无缝钢管的原材料应采用牌号为 45 号或 40Cr 钢坯料,并符合《优质碳素结构钢热轧和锻制圆管坯》YB/T 5222 的规定;

3 采用各类冷加工工艺成型的套筒,宜进行退火处理,且套筒设计时不得利用冷加工提高的强度;

4 需要与型钢等钢材焊接的套筒,其原材料应满足可焊性的要求。

4.3.5 直螺纹套筒最小尺寸应符合《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163

的规定和设计要求。

4.3.6 钢筋连接套筒表面应刻印清晰、持久的标识,套筒的标识应由名称代号、型式代号、钢筋强度级别代号、钢筋公称直径代号、厂家代号及生产批号组成。

5 结构构件设计

5.0.1 混凝土结构按承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算的结构效应分析,应符合《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

5.0.2 混凝土结构构件静力承载能力极限状态计算和有地震作用组合的承载力计算,均应符合《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 等标准和规范的规定,高层建筑结构尚应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

5.0.3 当设计混凝土柱考虑纵筋受压作用时,纵筋直径不应小于16mm且间距不应大于200mm,箍筋直径不应小于8mm,间距不应大于200mm;截面边长不大于600mm的柱箍筋肢距不应大于200mm。

5.0.4 采用塑性内力重分布分析方法进行承载能力极限状态计算时,应符合下列要求:

1 钢筋混凝土连续梁和连续单向板,可采用内力重分布方法进行分析。重力荷载作用下的双向板和框架及框架-剪力墙结构中的现浇梁,经弹性分析求得内力后,可对支座或节点弯矩进行适当调幅和确定相应的跨中弯矩;

2 按考虑塑性内力重分布分析方法设计的结构和构件应满足正常使用极限状态要求,且应采用有效的构造措施;

3 现浇钢筋混凝土框架梁、次梁和板边缘截面的负弯矩调幅幅度不宜大于20%;

4 对于直接承受动力荷载的构件,以及要求不出现裂缝或处于三 a、三 b 类环境情况下的结构,不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

5.0.5 矩形、T形、倒T形和I形截面的混凝土受拉、受弯和偏心受压构件，按荷载标准组合或准永久组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度，可按《混凝土结构设计规范》GB 50010的方法计算。

5.0.6 混凝土受弯构件最大裂缝宽度计算，在准永久值组合下框架梁端截面处的计算弯矩、板支座截面处的计算弯矩可分别取梁与柱、梁与板交接处的计算弯矩；当板筋的锚固、搭接等要求符合梁纵向钢筋的相关要求时，现浇梁可考虑梁有效翼缘宽度范围内板筋参与梁支座截面裂缝宽度计算。

5.0.7 混凝土受弯构件挠度验算应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的相关规定。

5.0.8 用于抗震等级为特一级、体型特别不规则或建筑高度大于A级高度的高层建筑时，应结合高强钢筋的特性，按规定进行相关论证。

5.0.9 结构抗震体系应具有足够的牢固性和抗震冗余度；结构构件应具有足够的延性，避免脆性破坏；构件连接的设计与构造应能保证节点或锚固件的破坏不先于构件或连接件的破坏。

5.0.10 框架梁和框架柱的潜在塑性铰区应采取箍筋加密措施；抗震墙的墙肢和连梁、框架柱和框架梁等构件的潜在塑性铰区的局部应力集中部位宜采取延性加强措施。

5.0.11 混凝土框架梁，应符合下列各项要求：

1 考虑重力荷载作用下塑性内力重分布的影响，并计入梁端受压钢筋作用的梁截面相对受压区高度，一级抗震等级的不应超过0.25倍截面有效高度，二、三级抗震等级的不应超过0.35倍截面有效高度，且均不宜小于0.10倍截面有效高度；

2 梁端纵向受拉钢筋配筋率不宜大于2%；

3 当梁端纵向受拉钢筋配筋率大于1.8%时，梁端箍筋加密区的箍筋最小直径应按《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016年版)表6.3.3规定的箍筋最小直径数值增加2mm。

5.0.12 框架柱、框支柱中全部纵向受力钢筋配筋率不应小于表

5.0.12 的规定,且每一侧的配筋率不应小于 0.2%。

表 5.0.12 柱全部纵向受力钢筋最小配筋率(%)

柱类型	抗震等级			
	一	二	三	四
中柱、边柱	0.9(1.0)	0.7(0.8)	0.6(0.7)	0.5(0.6)
角柱、框支柱	1.1	0.9	0.8	0.7

注: 1 表中括号内数值适用于框架结构;

2 当混凝土强度等级高于 C60 时,上述数值应增加 0.1 采用。

6 构造规定

6.1 高强钢筋锚固

6.1.1 混凝土中高强钢筋锚固长度计算和构造要求应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定,抗震设计时应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定,对于高层建筑还应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

当锚固长度不足时,钢筋末端应采用弯钩或机械锚固,其弯钩和机械锚固的形式应采用《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 (2015 年版)第 8.3.3 条中规定的 90°弯钩、135°弯钩、螺栓锚头和螺栓端锚板形式。

6.1.2 纵向受拉高强钢筋末端采用螺栓端锚板锚固时,锚固板与钢筋的连接应采用直螺纹连接,螺纹长度应满足承载力要求,锚固设计应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。锚固区的设计及锚固板的安装应符合《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的规定。

螺栓端锚板锚固应做锚固板与高强钢筋的拉力破坏试验,钢筋拉断前锚固不得失效。锚固板在混凝土中的锚固极限拉力不应小于钢筋达到极限强度标准值时的拉力。

6.1.3 锚固长度范围内钢筋的混凝土保护层厚度不大于 $5d$ 时,锚固长度范围内应配置横向构造钢筋(箍筋),横向构造钢筋直径不应小于 $d/4$ 且不应小于 6mm;对梁、柱、斜撑等构件,间距不应大于 $5d$,对板、墙等平面构件,间距不应大于 $10d$,且不应大于 100mm (d 为锚固钢筋的直径)。

6.2 高强钢筋连接

6.2.1 高强钢筋的连接应采用绑扎搭接连接或机械连接,钢筋连接

设计应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015年版)第8.4节和第11.1节的规定,并应符合下列要求:

1 绑扎搭接连接宜用于直径不大于14mm的纵向受拉钢筋,以及直径不大于16mm的纵向受压钢筋;钢筋搭接长度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定;

2 机械连接宜用于直径不小于16mm的受力钢筋,机械连接类型及质量要求应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的规定;轴心受拉及小偏心受拉杆件的纵向受力钢筋应采用机械连接;

3 同一断面钢筋连接接头百分率应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

6.2.2 高强钢筋连接接头设计应满足强度及变形性能的要求。混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度或对延性要求高的部位,或在同一连接区段内钢筋接头面积百分率为100%时,应选用Ⅰ级接头;钢筋应力较高但对延性要求不高的部位可采用Ⅱ级接头。

6.2.3 纵向受力钢筋连接的设置应符合下列要求:

1 纵向受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处;接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于 $10d$ (d 为连接钢筋的直径);

2 同一跨度内或同一层高度内纵向受力钢筋不宜设置两个或两个以上接头,同一根受力钢筋的接头不宜多于一个;

3 结构的重要构件和关键传力部位,纵向受力钢筋不宜设置连接接头。

6.3 纵向受力钢筋最小配筋率及钢筋和连接件保护层厚度

6.3.1 设置高强钢筋的混凝土构件纵向受力钢筋的配筋百分率应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定,并符合以下要求。

1 受压构件,全部纵向钢筋最小配筋率不应小于0.50%(当采用C60以上强度等级的混凝土时,全部纵向钢筋最小配筋率不应小于0.60%),一侧纵向钢筋不应小于0.20%;受弯、偏心受拉、轴心

受拉构件一侧的纵向受拉钢筋的最小配筋率,当构件混凝土强度等级不大于 C80 时,不应小于 0.20%,其余不应小于 $(45f_t/f_y)\%$;

2 有抗震要求的钢筋混凝土构件,纵向受力钢筋的配筋百分率,以及其他构造要求等,除应符合《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定外,尚应符合《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定;

3 高层建筑混凝土结构的配筋百分率等构造要求,还应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定;

4 板类受弯构件(不包括悬臂板、柱支承板)的受拉钢筋,其最小配筋率可适当降低,当构件混凝土强度等级不大于 C45 时,不应小于 0.15%,其余不应小于 $(45f_t/f_y)\%$;

5 卧置于地基上的混凝土板,板中受拉钢筋的最小配筋率可适当降低,但不应小于 0.15%。

6.3.2 钢筋的混凝土保护层厚度应满足以下要求:

1 钢筋的混凝土保护层厚度应满足钢筋与混凝土共同工作的性能要求;

2 钢筋的混凝土保护层厚度应满足混凝土构件耐久性能及防火性能要求;

3 钢筋的混凝土保护层厚度不应小于钢筋的公称直径,且不应小于 15mm;

4 设计工作年限为 50 年的混凝土构件,最外层钢筋的混凝土保护层厚度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定;设计工作年限为 100 年的混凝土结构,最外层钢筋混凝土保护层厚度不应小于设计工作年限为 50 年的混凝土结构保护层厚度的 1.4 倍。

6.3.3 钢筋连接件的混凝土保护层最小厚度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 年版)第 8.4.7 的规定,且不应小于 0.75 倍钢筋混凝土最小保护层厚度和 15mm 的较大值,必要时可对连接件采取防腐措施。

7 施 工

7.1 一般规定

7.1.1 配置高强钢筋的混凝土结构工程施工,除应符合本标准要求外,还应符合《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

7.1.2 高强钢筋连接方式应根据设计要求选用。

7.1.3 高强钢筋牌号和规格应按设计文件的规定采用。当需以高强钢筋代换其他强度等级的钢筋时,应经设计单位同意,并办理设计变更文件。

7.1.4 高强钢筋性能应符合本标准附录 A 的规定。钢筋的公称直径、公称横截面面积,理论重量应符合《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定。

7.1.5 高强钢筋的性能应满足设计要求和本标准第 4 章相关材料要求。

7.1.6 高强钢筋在制作、运输、存放及施工过程中,宜采取可以避免钢筋混淆、锈蚀或损伤的措施。高强钢筋应按牌号和规格分开堆放,并设有明显标识。露天存放堆场应有地面硬化,且有防水、防潮措施。成品钢筋应按工程部位、名称、编号、加工时间挂牌存放。高强钢筋不宜在露天环境制作加工,加工场地应有防雨设施。

7.1.7 高强钢筋进场时应按批次抽样进行外观质量检查,每捆钢筋均应有料牌标识和质量证明文件,钢筋应无损伤,表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。外观质量不合格的不得使用。

7.1.8 高强钢筋进场时,应按批次抽取试件进行检验,检验项目、抽样数量和检验方法应符合《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定。

7.1.9 施工中发现钢筋脆断或力学性能显著不正常等现象时,应禁

止使用该批钢筋。

7.1.10 高强钢筋连接套筒应刻有标识,高强钢筋连接套筒应按相关要求连接套筒的产品检验。高强钢筋各种规格连接接头的适用范围、工艺要求、套筒材料、质量要求等应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的相关规定。

7.1.11 钢筋安装应采用定位件固定钢筋位置,定位件宜采用非金属定位件。

7.2 钢筋加工

7.2.1 高强钢筋加工宜采用专业化生产的成型钢筋,并宜集中加工、配送。

7.2.2 高强钢筋加工前应将表面清理干净,表面带有颗粒状、片状老锈或有损伤的钢筋不得使用。

7.2.3 高强钢筋加工宜在常温状态下进行,加工过程中不对钢筋进行加热。钢筋应一次弯折到位,不得反复弯折。

7.2.4 高强钢筋宜采用不具有延伸功能的机械设备进行调直,调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋,调直后的钢筋应平直、无局部弯折。高强钢筋不得采用冷拉、冷拔方法提高强度。

7.2.5 高强钢筋弯折的弯弧内直径应符合下列规定:

- 1 弯弧内直径不应小于钢筋直径的 6 倍;
- 2 箍筋弯折处弯弧内直径尚不应小于纵向受力钢筋的直径。

7.2.6 当纵向受拉钢筋末端采用弯钩或机械锚固措施时,钢筋锚固端的加工应符合《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的规定。钢筋的弯钩和机械锚固应符合下列规定:

- 1 钢筋端部的弯钩位于构件的侧边或角部时,应偏向内侧布置;
- 2 锚板和锚头的承压面积不应小于锚筋截面面积的 4 倍;当锚板和锚头为方形时,边长不应小于 $2d$;机械锚头的钢筋净距不宜

小于 $4d$;

3 高强钢筋不应采用末端一侧或两侧贴焊锚筋、焊端锚板的锚固形式。

7.2.7 高强钢筋网片焊接应符合现行国家行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定。钢筋网交叉点应采用焊机进行电阻点焊,不应采用对焊或手工电弧焊进行焊接。

7.3 钢筋连接和安装

7.3.1 高强钢筋机械连接应符合下列规定:

1 加工钢筋接头的操作人员应经专业培训合格后上岗,钢筋接头的加工应经工艺检验合格后方可进行;

2 钢筋连接施工前应进行工艺检验,并检查所有接头的型式检验报告;

3 机械连接接头的混凝土保护层厚度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 中受力钢筋的最小保护层厚度的规定;接头之间的横向净间距不宜小于 25mm ;

4 直螺纹接头的钢筋丝头宜满足 $6f$ 级精度要求,精度要求可参考《普通螺纹公差》GB/T 197 中的相关规定;应采用专用直螺纹量规检验,通规应能顺利旋入并达到要求的拧入长度,止规旋入不得超过 $3p$, p 为螺距;

5 连接接头的适用范围、工艺要求、套筒材料、质量要求等应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

7.3.2 结构构件中纵向受力钢筋的接头宜相互错开。位于同一连接区段内的钢筋机械连接接头的面积百分率应符合下列规定:

1 接头宜避开有抗震设防要求的框架的梁端、柱端箍筋加密区;当无法避免时,应采用 I 级接头,且接头面积百分率不宜大于 50% ;

2 接头宜设置在结构构件受拉钢筋应力较小部位,在高应力

部位设置接头时,Ⅱ级接头的接头面积百分率不应大于 50%;

3 受拉钢筋应力较小部位或纵向受压钢筋,接头面积百分率可不受限制;

4 对直接承受动力荷载的结构构件,接头面积百分率不应大于 50%。

7.3.3 高强钢筋各种规格连接接头的适用范围、工艺要求、套筒材料、质量要求等应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的相关规定。高强钢筋连接套筒应刻有标识,高强钢筋连接套筒应按相关要求连接套筒的产品检验。

7.3.4 螺栓锚固板钢筋丝头加工应符合下列规定:

1 钢筋丝头加工应在现场锚固板钢筋工艺检验合格后方可进行;

2 钢筋端面应平整,端部不得弯曲,端面与钢筋轴线保持垂直;

3 钢筋丝头应满足产品设计要求,丝头长度不宜小于锚固板厚度,长度公差宜为 $+1.0p$, p 为螺距;

4 钢筋丝头宜满足 6f 级精度要求,应采用专用螺纹量规检验;

5 丝头加工时应使用水性润滑液,不得使用油性润滑液。

7.3.5 高强钢筋机械连接施工完成后,应对接头外观进行检查并形成记录,施工过程中应做好成品保护,未经允许,不得随意弯曲。

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 当存在钢筋代换时,应符合设计变更文件的要求。

8.1.2 浇筑混凝土之前,应进行钢筋隐蔽工程验收,其内容包括:

- 1 纵向受力钢筋的牌号、规格、数量、位置;
- 2 钢筋的连接方式、接头位置、接头质量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度;
- 3 箍筋、横向钢筋的牌号、规格、数量、间距、位置,箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度;
- 4 预埋件的规格、数量、位置等。

8.2 钢筋材料

(I)主控项目

8.2.1 钢筋进场时,应按本标准附录 A 抽取试件进行屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验,检验结果应符合本标准附录 A 的规定。

检查数量:按进场批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

8.2.2 成型钢筋进场时,应抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验,检验结果应符合本标准附录 A 的规定。

当有施工单位或监理单位的代表驻厂监督生产过程,并提供原材料钢筋力学性能第三方检验报告时,可仅进行重量偏差检验。

检查数量:同一厂家、同一类型、同一钢筋来源的成型钢筋,不

超过 30t 为一批,每批中每种钢筋牌号、规格均应至少抽取 1 个钢筋试件,总数量不应少于 3 个。

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

8.2.3 对按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件(含梯段),钢筋的强度和最大力下总延伸率应符合本标准第 4.1.4 条的规定。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查抽样报告。

8.2.4 化学成分等专项检验应符合本标准附录 A 第 A.1.1 条的规定。

检查数量:试件数量应符合本标准附录 A 第 A.4.3 条的规定。

检验方法:检查化学成分等专项检验报告。

(II)一般项目

8.2.5 钢筋应平直、无损伤,表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

8.2.6 成型钢筋的外观质量和尺寸偏差应符合国家现行相关标准的规定。

检查数量:同一厂家、同一类型、同一钢筋来源的成型钢筋,不超过 30t 为一批,每批随机抽取 3 个成型钢筋试件。

检验方法:观察,尺量。

8.2.7 钢筋机械连接套筒、钢筋锚固板以及预埋件等的外观质量应符合国家现行相关标准的规定。

检查数量:按国家或行业现行相关标准的规定确定。

检验方法:按国家或行业现行相关标准的规定进行。

8.3 钢筋加工

(I)主控项目

8.3.1 钢筋弯折的弯弧内直径应符合本标准第 7.2.5 条的规定。

检查数量:同一加工设备的同一类型钢筋,每工作班抽查不应少于 3 件。

检验方法:尺量。

8.3.2 纵向受力钢筋的弯折后平直段长度应符合设计要求。

检查数量:同一加工设备的同一类型钢筋,每工作班抽查不应少于 3 件。

检验方法:尺量。

8.3.3 盘卷钢筋调直后应进行力学性能和重量偏差检验,其强度、断后伸长率、最大力下总延伸率,应符合本标准第 4.1.3 条的规定;HG6E/C 钢筋其强度尚应符合本标准第 4.1.4 条的规定。盘卷钢筋调直后重量允许偏差应符合《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定,力学性能和重量偏差检验应符合下列规定:

1 应对 3 个试件先进行重量偏差检验,再取其中 2 个试件进行力学性能检验;

2 重量允许偏差应按本标准附录 A 第 A.3.4 条计算;

3 检验重量偏差时,试件切口应平滑并与长度方向垂直,其长度不应小于 500mm;长度和重量的量测精度分别不应低于 1mm 和 1g;

4 采用无延伸功能的机械设备调直的钢筋,可不进行本条规定的检查。

检查数量:同一设备加工的同一牌号、同一规格的调直钢筋、重量不大于 30t 为一批,每批见证抽取 3 个试件。

检验方法:检查抽样检查报告。

8.3.4 钢筋锚固端的加工应符合国家现行标准的相关规定。钢筋锚固板应符合《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的有关规定；钢筋锚固板加工和安装前，应对不同钢筋生产厂家的进场钢筋进行钢筋锚固板工艺检验；施工过程中，更换钢筋厂家、变更钢筋锚固板形式时，应补充进行工艺检验。

检查数量：按《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的相关规定确定。

检验方法：按《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的相关规定进行工艺检验、抗拉强度检验、螺纹连接锚固板的钢筋丝头加工质量检验及拧紧扭矩检验。

(II)一般项目

8.3.5 钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求，加工允许偏差应符合表 8.3.5 的规定。

检查数量：同一加工设备的同一类型钢筋，每工作班抽查不应少于 3 件。

检验方法：尺量。

表 8.3.5 钢筋加工的允许偏差

项目	允许偏差(mm)
受力钢筋沿长度方向的净尺寸	± 10
弯起钢筋的弯折位置	± 20
箍筋外廓尺寸	± 5

8.4 钢筋连接

(I)主控项目

8.4.1 钢筋的连接方式应符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

8.4.2 钢筋采用机械连接时,钢筋机械连接接头的力学性能、弯曲性能应符合国家现行相关标准的规定。接头试件应从工程实体中截取。

检查数量:按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的相关规定确定。

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

8.4.3 钢筋采用机械连接时,螺纹接头应检验拧紧扭矩值。检验结果应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的相关规定。

检查数量:按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的相关规定确定。

检验方法:采用专用扭力扳手或专用量规检查。

(II)一般项目

8.4.4 钢筋接头的位置应符合设计和施工方案的要求。有抗震设防要求的结构中,梁端、柱端箍筋加密区范围内不应进行钢筋搭接。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,尺量。

8.4.5 钢筋机械连接接头的外观质量应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

检查数量:按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定确定。

检验方法:观察,尺量。

8.4.6 连接套筒进场时套筒材料供应商应出具相应规格的连接件型式检验报告,应有防锈措施和质量证明文件,检查外表面标识,并按《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 进行外观尺寸和抗拉强度的

检验。

检查数量:按《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的规定确定。

检验方法:按《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的规定进行检验。

8.4.7 钢筋连接接头的型式检验、接头的现场加工与安装和接头的现场检验应符合行业现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

检查数量:按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定确定。

检验方法:按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定进行检验。

8.4.8 钢筋机械连接施工前,应对接头进行工艺检验,检验项目包括钢筋接头单向拉伸极限抗拉强度和残余变形。合格后方可进行施工。施工过程中更换钢筋或套筒生产厂家以及接头施工单位时,应重新进行工艺检验。

检查数量:按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定确定。

检验方法:按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定进行检验。

8.4.9 当纵向受力钢筋采用绑扎搭接接头或机械连接接头时,同一连接区段内纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合本标准的有关规定。

1 受拉接头,不宜大于 50%;受压接头,可不受限制;

2 直接承受动力荷载的结构构件,当采用机械连接时,不应超过 50%。

检查数量:在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的 10%,且不应少于 3 件;对墙和板,应按有代表性的自然间抽查 10%,且不应少于 3 间;对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面,板可按纵横轴线划分检查面,抽查 10%,且均不应少于 3 面。

检验方法:观察,尺量。

8.5 钢筋安装

(I)主控项目

8.5.1 钢筋安装时,受力钢筋的牌号、规格和数量必须符合设计要求。钢筋代换应符合国家现行标准的要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,尺量。

8.5.2 钢筋应安装牢固。受力钢筋的安装位置、锚固方式应符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,尺量。

(II)一般项目

8.5.3 钢筋安装偏差及检验方法应符合表 8.5.3 的规定。受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90%及以上,且不得有超过表 8.5.3 中数值 1.5 倍的尺寸允许偏差。

检查数量:在同一检验批内,对梁、柱和独立基础,应抽查构件数量的 10%,且不应少于 3 件;对墙和板,应按有代表性的自然间抽查 10%,且不应少于 3 间;对大空间结构,墙可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面,板可按纵、横轴线划分检查面,抽查 10%,且均不应少于 3 面。

检验方法:见表 8.5.3。

表 8.5.3 钢筋安装允许偏差及检验方法

项目		允许偏差(mm)	检验方法
绑扎钢筋网	长、宽	± 10	尺量
	网眼尺寸	± 20	尺量连续三档,取最大偏差值
绑扎钢筋骨架	长	± 10	尺量
	宽、高	± 5	尺量
纵向受力钢筋	锚固长度	-20	尺量
	间距	± 10	尺量两端、中间各一点,取最大偏差值
	排距	± 5	
纵向受力钢筋、箍筋的混凝土保护层厚度	基础	± 10	尺量
	柱、梁	± 5	尺量
	板、墙、壳	± 3	尺量
绑扎箍筋、横向钢筋间距		± 20	尺量连续三档,取最大偏差值
钢筋弯起点位置		20	尺量
预埋件	中心线位置	5	尺量
	水平高差	+3,0	塞尺量测

注:检查中心线位置时,沿纵、横两个方向量测,并取其中偏差的较大值。

附录 A HG6/C 钢筋技术条件

A.1 主要技术要求

A.1.1 钢筋的牌号和化学成分应满足下列要求：

1 钢筋的牌号、化学成分和碳当量(熔炼分析)应符合表 A.1.1 的规定。根据需要,钢中还可加入 V、Nb、Ti 等元素。其中 HG6E/C 表示抗震钢筋。

表 A.1.1 化学成分及碳当量(熔炼分析)要求

牌号	化学成分(质量分数)(%)					碳当量 $C_{eq}(\%)$
	C	Si	Mn	P	S	
HG6/C HG6E/C	≤ 0.28	≤ 0.80	≤ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.58

2 碳当量 $C_{eq}(\%)$ 值可按下列下式计算：

$$C_{eq}=C+Mn/6+(Cr+V+Mo)/5+(Cu+Ni)/15 \quad (A.1.1)$$

3 钢筋成品的化学成分允许偏差应符合现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222 的规定。碳当量 C_{eq} 的允许偏差为+0.03%。

4 钢中的氮含量不应大于 0.012%。供方若能保证,可不做分析。钢中若有足够数量的氮结合元素,含氮量的限制可适当放宽。

A.1.2 钢筋的力学性能应满足下列要求：

1 交货状态的力学性能应符合表 A.1.2 的规定。

2 表 A.1.2 中 HG6E/C 钢筋,尚应满足下列要求：

1) 钢筋实测抗拉强度与实测屈服强度之比 R_m°/R_a° 不应小于 1.25；

2) 钢筋的屈服强度实测值与表 A.1.2 规定的屈服强度特征值的比值 R_a°/R_a 不应大于 1.30；

3) 钢筋最大力下总延伸率 δ_g 不应小于 9%。

表 A.1.2 力学性能要求

牌号	R_d (MPa)	R_m (MPa)	R_m/R_d	A (%)	A_{gt} (%)	R_d/R_d
HG6/C	≥ 635	≥ 795	/	≥ 16.0	≥ 7.5	/
HG6E/C	≥ 635	≥ 800	≥ 1.25	≥ 16.0	≥ 9.0	≤ 1.30

注： R_m 为钢筋的抗拉强度实测值； R_d 为钢筋的屈服强度实测值； A 为钢筋标准中热轧带肋钢筋的断后伸长率，即钢筋拉断后在拼接断口两旁5倍直径的长度范围内量测所得的伸长率。

A.1.3 钢筋的工艺性能应满足下列要求：

1 弯曲性能应符合表 A.1.3 的要求，按表 A.1.3 规定的弯芯直径弯曲 180°后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹。

表 A.1.3 弯曲性能

牌号	公称直径(mm)	弯曲压头直径(mm)
HG6/C HG6E/C	6 ~ 40	6d

2 抗震钢筋应进行反向弯曲试验，其它钢筋可根据需方要求进行反向弯曲性能试验；反向弯曲试验的弯芯直径比弯曲试验相应增加一个钢筋直径，先正向弯曲 90°，再反向弯曲 20°；经反弯试验后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹。可用反向弯曲试验代替弯曲试验。

A.1.4 钢筋的疲劳性能应满足下列要求：

1 根据需方要求，可进行疲劳性能试验，具体试验参数供需双方协商解决。

2 疲劳性能试验可在公称直径不大于 28mm 或公称直径大于 28mm 的钢筋中分别任选一个公称直径。

3 疲劳性能试验方法应执行 GB/T 28900 的规定。

A.1.5 钢筋的金相组织应主要是铁素体加珠光体，基圆上不应出现回火马氏体组织。钢筋宏观金相、截面维氏硬度、微观组织应符合

合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定。

A.1.6 钢筋的尺寸、外形、重量及允许偏差和表面质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定。

A.2 检验项目

A.2.1 钢筋出厂时应按批进行检验,每批钢筋的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法应符合表 A.2.1 的规定。

表 A.2.1 钢筋的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

序号	检验项目	取样数量 (个)	取样方法及规定	试验方法
1	化学成分 (熔炼分析)	1	GB/T 20066	GB/T 4336 GB/T 223
2	拉伸	2	不同根(盘)钢筋切取 附录 A.3.1	GB/T 28900
3	弯曲	2	不同根(盘)钢筋切取 附录 A.3.1	GB/T 28900
4	反向弯曲	2	不同根(盘)钢筋切取 附录 A.3.1	GB/T 28900
5	金相组织	2	不同根(盘)钢筋切取	GB/T 13298 GB/T 13299
6	疲劳试验	GB/T 28900		
7	连接性能	JGJ 107、JGJ 163		
8	表面	逐根(盘)	/	目视
9	尺寸	逐根(盘)	/	GB/T 1499.2、 附录 A.1.6
10	重量偏差	5	不同根(盘)钢筋切取	GB/T 1499.2、 附录 A.3.3

注:对化学成分试验结果有争议时,仲裁试验按 GB/T 223 进行。疲劳性能、金相组织、连接性能仅在原料、生产工艺、设备有重大变化及新产品生产时需进行型式试验。

A.3 试验方法

A.3.1 试样的一般规定：

- 1 除非另有协议，试样应从符合交货状态的钢筋产品上截取；
- 2 拉伸、弯曲、反向弯曲试验试样不允许进行车削加工；
- 3 人工时效：测定反向弯曲和疲劳试验性能指标时，采用下列工艺条件：加热试样到 100°C ，在 $100^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 温度下保温不少于 30min，然后在静止的空气中自然冷却至室温。

A.3.2 拉伸、弯曲、反向弯曲试验应满足下列要求：

- 1 拉伸、弯曲、反向弯曲试验试样不允许进行车削加工；
- 2 计算钢筋强度用截面面积采用公称横截面面积；
- 3 反向弯曲试验时，经正向弯曲后的试样，应在 $100^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 温度下保温不少于 30min，然后在静止的空气中自然冷却至室温后再反向弯曲。当供方能保证钢筋人工时效后的反弯性能时，正向弯曲后的试样亦可在室温下直接进行反向弯曲。

A.3.3 尺寸测量应满足下列要求：

- 1 带肋钢筋内径的测量应精确到 0.1mm；
- 2 带肋钢筋纵肋、横肋高度的测量采用测量同一截面两侧纵肋、横肋中心高度平均值的方法，即测取钢筋最大外径，减去该处内径，所得数值的一半为该处肋高，应精确到 0.1mm；
- 3 带肋钢筋横肋间距采用测量平均肋距的方法进行测量，即测取钢筋一面上第 1 个与第 11 个横肋的中心距离，该数值除以 10 即为横肋间距，应精确到 0.1mm。

A.3.4 重量偏差的测量应满足下列要求：

- 1 测量钢筋重量偏差时，试样应从不同根钢筋上随机截取，试样数量不少于 5 支，每支试样长度不小于 500mm；长度应逐支测量。应精确到 1mm。测量试样总重量时，应精确到不大于总重量的 1%；
- 2 钢筋实际重量与公称重量的偏差(%)应按下式计算：

重量偏差=(试样实际总重量-试样总长度×理论重量)/(试样总长度×理论重量)×100%

A.3.5 检验结果的数值修约与判定应符合现行行业标准《冶金技术标准的数值修约与检验数值的判定原则》YB/T 081 的要求。

A.4 检验规则

A.4.1 钢筋的检验分为特征值检验和交货检验。

A.4.2 钢筋的特征值检验应满足下列要求：

1 特征值检验适用于下列情况：

- 1)供方对产品质量控制的检验；
- 2)需方提出要求,经供需双方协商一致的检验；
- 3)第三方产品认证及仲裁检验。

2 特征值检验应按现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定进行。

A.4.3 钢筋的交货检验应满足下列要求：

- 1 交货检验适用于钢筋验收批的检验；
- 2 组批规则要求：

1)钢筋应按批进行生产、检查和验收,每批应由同一炉号、同一牌号、同一品种、同一规格的钢筋组成;每批重量不大于 60t;超过 60t 的部分,每增加 40t(或不足 40t 的余数),增加一个拉伸试验试样和一个弯曲试验试样;

2)允许由同一牌号、同一冶炼方法、同一浇注方法的不同炉号组成混合批,但各炉号含碳量之差不大于 0.02%,含锰量之差不大于 0.15%;混合批的重量不大于 60t。

3 钢筋的检验项目和取样数量应符合表 A.2.1 和 A.4.3 条第 2 款第 1 项的规定;

4 各检验项目的检验结果应符合 A.1 节的有关规定;

5 钢筋的复检与判定应符合现行国家标准《钢及钢产品交货

一般技术要求》GB/T 17505 的规定；钢筋的重量偏差项目不允许复验。

A.5 包装、标志和质量证明书

A.5.1 钢筋在生产过程中应在其表面轧制牌号标志。

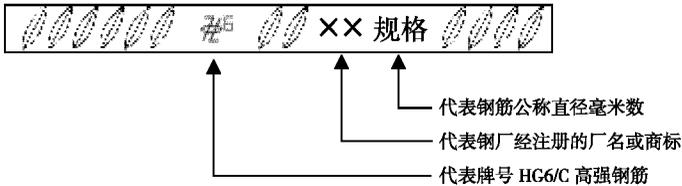
A.5.2 钢筋的表面标志应包括下列内容：

1 钢筋牌号标志和公称直径毫米数字，还可轧上经注册的厂名或商标；

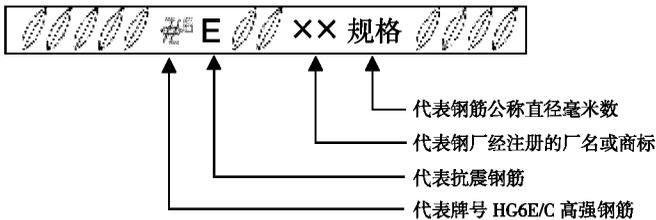
2 钢筋牌号 HG6/C、HG6E/C 应分别以 $\#^E$ 、 $\#^E$ E 表示。公称直径毫米数以阿拉伯数字表示；

3 标志应清晰明了，标志的尺寸由供方按钢筋直径大小作适当规定，与标志相交的横肋可以取消。

A.5.3 HG6/C、HG6E/C 钢筋标志见图 A.5.3。



(a) 新型热轧带肋高强钢筋



(b) 新型热轧带肋抗震高强钢筋

图 A.5.3 钢筋标志图例

A.5.4 钢筋的包装、质量证明书应符合《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定》GB/T 2101 的有关规定。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对于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 条文中指明必须按其他标准、规范执行的写法为“按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《钢的化学成分允许偏差》GB/T 222
- 2 《金属材料室温拉伸试验方法》GB/T 228
- 3 《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
- 4 《型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定》GB/T 2101
- 5 《钢及钢产品交货一般技术要求》GB/T 17505
- 6 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 7 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 8 《人民防空地下室设计规范》GB 50038
- 9 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
- 10 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 11 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 12 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 13 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 14 《工程结构通用规范》GB 55001
- 15 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 16 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 17 《混凝土结构通用规范》GB 55008
- 18 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
- 19 《钢筋焊接及验收规范》JGJ 18
- 20 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
- 21 《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163
- 22 《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256
- 23 《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ 366

24 《冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定原则》YB/T 081

25 《热轧带肋高强钢筋应用技术规程》DGTJ 08-2236

注：本标准引用规范标准的版本编号未注明版本年号的均指其现行有效版本。

海南省土木建筑学会标准

635MPa 级高强度热轧带肋钢筋
应用技术标准

Technical specification for application of
635MPa high-strength hot-rolled ribbed bars

T/HSCEA 201-2024

条文说明

目 次

1 总 则	42
2 术语和符号	45
2.1 术 语	45
3 基本规定	46
4 材 料	49
4.1 高强钢筋	49
4.2 混凝土	52
4.3 高强钢筋连接接头和套筒	52
5 结构构件设计	55
6 构造规定	58
6.1 高强钢筋锚固	58
6.2 高强钢筋连接	60
6.3 纵向受力钢筋最小配筋率及钢筋和连接件保护层厚度··	60
7 施 工	62
7.1 一般规定	62
7.2 钢筋加工	62
7.3 钢筋连接和安装	63
8 质量验收	64
8.1 一般规定	64
8.2 钢筋材料	64
8.4 钢筋连接	64

1 总 则

1.0.1 高强钢筋的推广应用可以减少钢筋消耗量,节省资源和能源,减少环境污染,提高建筑安全储备。高强钢筋与高强混凝土配合使用,还可以减轻结构自重、减少运输工程量费用、避免结构构件钢筋的密集配置、方便施工,保证工程质量。高强钢筋用于梁柱纵向钢筋、大开间楼板、基础厚板及剪力墙的受力筋的节材效果显著。配置高强钢筋可以改善梁柱节点钢筋密集现象,有利于提高混凝土浇捣质量,同时减小 PC 构件钢筋根数或钢筋直径,有利于降低其连接难度,提高连接质量。通过实验研究、理论计算、工程算例和近年来在各省工程实际应用案例分析,相对于 HRB400 钢筋,当采用 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋在大跨度受弯受拉构件、大偏心受压构件、恒活荷载较大的受弯受拉构件中使用,可以有效节约钢筋,工程项目的综合节约率在 8%~12%左右。在工程中应用 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋,符合当前国家提倡的绿色环保、节能节材的要求,经济及社会效益显著。在工程建设中推广采用 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋符合我国可持续发展的国策,具有重要的工程意义和经济意义。

编制本标准是为了落实国家的技术经济政策,规范应用 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋。本标准对 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋在混凝土结构中的应用,包括设计、施工及质量验收等方面提出了技术要求。有关 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋各项材料性能指标主要依据为安徽吾兴新材料有限公司制定的企业标准《HRB635 热轧带肋高强钢筋应用技术规程》QB34/WXJ 02022-2022。635MPa 级高强度热轧带肋钢筋包含 HG6/C、HG6E/C 两个牌号,本标准简称高强钢筋。

1.0.2 《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016年版)第 3.9.3 条指出,“普通钢筋宜优先采用延性、韧性和焊接性较好的钢筋;普通钢筋的强度等级,纵向受力钢筋宜选用符合抗震性能指标的不低于 HRB400 级的热轧钢筋”。《混凝土结构设计规范》GB 50011-2010 年版已列入强度 500MPa 级的钢筋,《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2-2018 取消了 335MPa 级钢筋,增加了 600MPa 级热轧带肋高强钢筋 HRB600,但未列入 HRB600E。近年来上海市、江苏省、福建省、陕西省、甘肃省、江西省、安徽省、河北省、河南省、新疆维吾尔自治区等多省(区)相继颁布了强度 600MPa 级及以上高强钢筋应用的省级地方工程建设技术标准。但现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 年版)规定混凝土结构中使用普通钢筋的最高强度等级为 500MPa 级,635MPa 高强钢筋在实际应用中仍缺乏国家规范依据。

东南大学、合肥工业大学等单位分别对 635MPa 高强钢筋混凝土构件的基本力学性能和抗震性能进行了试验研究,给出了有关结论和建议。

本标准在现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2016 年版)的基础上,参考各地方工程建设标准,研究了有关高等院校和研究单位的试验成果和理论分析,针对 635MPa 级高强钢筋在混凝土结构工程中应用,制定了相关规定,适用于配置 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋的普通混凝土结构的建筑物和构筑物的设计,除对结构有特殊或较高延性要求的,均可参照执行本标准。635MPa 级高强度热轧带肋钢筋可用于钢筋混凝土结构构件中的纵向受力钢筋和预应力混凝土结构构件中非预应力受力钢筋,可用于抗剪、抗扭和抗冲切构件的横向钢筋。

试验和研究表明,635MPa 级高强度热轧带肋钢筋在混凝土结构构件中的应用,与一般钢筋基本相同,且可与其他类型的钢筋搭配使用;推荐优先用于由承载能力极限状态控制配筋的钢筋混凝土构件中的纵向受拉钢筋。对于由承载能力极限状态控制配筋的

抗爆设计人防结构、抗倒塌设计结构、地下室结构、基础、基坑围护、边坡工程和预应力混凝土结构构件中的非预应力受力钢筋，推荐采用强度等级 635MPa 的高强钢筋，以达到节省钢材用量的目的。

HG6/C、HG6E/C 高强钢筋的延性、韧性以及抗震性能指标符合《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2-2018、《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016 年版)等相关标准的规定。由于 635MPa 级高强钢筋尚未列入现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中，所以应用于抗震等级为特一级、体型特别不规则或建筑高度大于 A 级高度的高层建筑时，应结合高强钢筋的特性，按规定进行相关论证。

由于缺乏相关试验研究，635MPa 级高强度热轧带肋钢筋目前还不适用于轻骨料混凝土、特种混凝土结构以及需做疲劳验算的混凝土构件。

1.0.3 应用高强钢筋时，除需满足本标准的要求外，尚应符合国家现行系列通用规范相关要求及现行国家和行业规范标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 等标准。

本标准中引用的规范标准未写明版本年号的均指现行有效版本。当依据引用的规范标准进行修订或升级改版后，工程技术人员应根据情况自行判断是否执行本标准相关条文。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1~2.1.2 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋,钢筋牌号分为 HG6/C、HG6E/C,其中 HG6E/C 的抗震性能指标,应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。根据马鞍山钢铁股份有限公司企业标准《HG6(E)/C 新型热轧带肋高强钢筋》Q/MGB 5002-2024,钢筋牌号 HG6/C、HG6E/C 分别对应原牌号 HRB635、HRB635E。

3 基本规定

3.0.1 本条为承载力极限状态设计的基本表达式,与《混凝土结构设计规范》GB 50010 相同,适用于结构构件的承载力计算,符号 S 在《建筑结构荷载规范》GB 50009 中为有效组合的效应设计值,《建筑抗震设计规范》GB 50011 中为地震作用效应与其他荷载效应基本组合的设计值,在本条中均为以内力形式表达。

根据《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定,提出了构件抗力不定项系数(构件抗力调整系数) γ_{Rd} 的概念,在抗震设计中为抗震承载力调整系数 γ_{RE} 。

当几何参数的变异性对结构性能有明显影响时,需考虑其不利影响。例如,薄板的截面有效高度的变异性对薄板正截面承载力有明显的影 响,在计算截面有效高度时宜考虑施工允许误差带来的不利影响。

3.0.2 正常使用极限状态验算的基本表达形式,与《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定一致。

3.0.5 高强钢筋因自身材料强度高,焊接连接技术要求更为严格,考虑施工现场实际情况,为慎重起见,本标准钢筋连接形式未纳入焊接连接。

3.0.6 《混凝土结构设计规范》GB 50010 将裂缝控制等级划分为三级,等级是对裂缝控制严格程度而言,设计人员需根据具体情况选用不同的等级。关于构件裂缝控制等级的划分,一般根据结构的功能要求、环境条件对钢筋的腐蚀影响、钢筋种类对腐蚀的敏感性和荷载作用的时间等因素来考虑。

3.0.7 结构构件裂缝宽度限值按《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 年版)选用。GB 50010-2010(2015 年版)第 3.4.5 条的条

文说明中提出,对混凝土保护层较大的构件,当在外观的要求允许时,可根据实践经验,对裂缝宽度限值作适当放大。《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015年版)较其前版对正常使用阶段的挠度、裂缝宽度的要求相应进行了放宽,裂缝宽度计算公式有所修改,荷载改用准永久组合,构件受力特征系数有调整。当混凝土保护层较大时,虽然受力裂缝宽度计算值也较大,但较大的混凝土保护层厚度对防止裂缝锈蚀是有利的,因此,对混凝土保护层厚度较大的构件,当在外观要求上允许时,可根据工程实践经验,对裂缝宽度限值作适当放大。试验结果表明,高强钢筋耐腐蚀性能优于普通热轧钢筋,从防腐耐久性角度考虑,对此裂缝宽度限值可作适当放大。对地下室外墙等无特殊外观要求的构件,当保护层设计厚度超过 30mm 时,可取 30mm 计算裂缝宽度。

按《混凝土结构设计规范》GB 50010 公式对配置高强钢筋的混凝土结构构件进行裂缝宽度计算的结果较大,近年来对结构裂缝研究一些成果认为,《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015年版)中裂缝计算公式属半理论半经验式,规范的裂缝限值较为严格,相比欧美国家较为保守,在保证混凝土构件有足够的耐久性的前提下,确定更合理的确定裂缝宽度限值,有很高的经济价值,建议依据《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015年版)3.4.5条、7.1.2条的条文及条文说明,可有条件地适当放松最大计算裂缝宽度限值,建议对按《混凝土结构设计规范》GB 50010 公式进行裂缝计算的宽度进行折减。由于没有足够依据和权威性,考虑现行的设计文件审查制度,本标准不作规定。工程设计工程师可以根据工程实际情况和工程经验决定对策。

3.0.8 混凝土构件变形挠度的限值应以不影响结构使用功能、外观及与其他构件的连接等要求为目标。混凝土结构的悬臂构件是工程实践中容易发生事故的构件,《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015年版)规定了挠度的验算方法,表 3.4.3 规定了受

弯构件的挠度限值,表 3.4.3 的注 1 中对悬臂构件提出了悬臂结构计算跨度取值,注 4 中提出了构件制作起拱、反拱的限制,目的是为了防止起拱、反拱过大引起的不良影响。当构件的挠度满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求,但相对于使用要求仍然过大时,设计人员可根据实际情况提出比该表括号中的限值更加严格的要求。

3.0.9 钢筋代换是设计和施工中常遇到的情况。钢筋代换除应满足等强代换的原则外,尚应综合考虑不同钢筋的性能差异对裂缝宽度验算、最小配筋率、抗震构造要求等的影响,并应满足最小配筋率、钢筋间距、混凝土保护层厚度、锚固长度、搭接接头面积百分率及搭接长度等的要求。应该注意的是,代换后钢筋受拉承载力不应高于原设计的钢筋受拉承载力太多,以免造成薄弱部位的转移,以及构件发生混凝土压碎、剪切破坏等脆性破坏。施工时要求钢筋代换,应经设计同意并取得设计变更文件。

3.0.10 采用高强钢筋的混凝土结构构件设计、施工和验收必须符合相关规范标准的规定,特别是通用规范的规定。

4 材 料

4.1 高强钢筋

4.1.1 本标准采用的 HG6/C、HG6E/C 高强钢筋各项性能指标应符合相关规定,具体技术指标要求见《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 及本标准附录 A。

4.1.2 根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定,钢筋标准强度的保证率不应小于 95%。

4.1.3 本条给出了 HG6/C、HG6E/C 高强钢筋屈服强度标准值、极限强度标准值、弹性模量、断后伸长率、最大力下总延伸率等设计参数。

4.1.4 HG6E/C 高强钢筋除满足表 4.1.3 的规定外,抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25,钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30,钢筋最大力下的总延伸率实测值不应小于 9.0%,其取值依据为国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 对钢筋抗震性能指标提出的要求,与《建筑抗震设计规范》GB 50011 对抗震钢筋相关要求一致。

对按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件(含梯段),要求纵向受力钢筋检验所得的抗拉强度实测值(即实测强度最大值)与屈服强度实测值的比值(强屈比)不小于 1.25,目的是使结构某部位出现较大塑性变形或塑性铰后,钢筋在大变形条件下具有必要的强度潜力,保证构件的基本抗震承载力。要求钢筋受拉屈服强度实测值与钢筋屈服强度标准值的比值(屈强比)不应大于 1.3,主要是为了保证“强柱弱梁”“强剪弱弯”设计要求的效果不致因钢

筋屈服强度离散性过大而受到干扰。钢筋最大力下总延伸率不应小于 9%，主要为了保证在抗震大变形条件下，钢筋具有足够的塑性变形能力。

4.1.5 《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021 第 2.0.4 条规定，普通钢筋材料分项系数取值不应小于 1.1；表 3.2.1 规定强度等级 400MPa 和 500MPa 的热轧钢筋最小材料分项系数分别是 1.10 和 1.15。根据安徽寰宇新材料有限公司企业标准《HRB635 热轧带肋高强钢筋应用技术规程》QB34/WXJ 02022-2022 及实际工程检验结果，考虑到高强钢筋必要的安全储备，对 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋材料分项系数取为 1.15， $635/1.15=552.2$ ，由此抗拉强度设计值取 550MPa。

安徽寰宇建筑设计院朱华教授级高级工程师、陈安英博士研究团队课题组做了 HRB635 高强度热轧带肋钢筋数十组梁的受弯试验和数十组柱子的偏压、轴压试验；合肥工业大学 2018 年完成的 19 组偏心受压柱承载力试验，验证了 HRB635 高强度热轧带肋钢筋在混凝土中具有良好的工作性能，从试验构件的受力机理与破坏形态来看，构件在试验过程中没有异常现象，钢筋和混凝土的本构关系没有因为钢筋强度提高到 635MPa 而发生较大变化，钢筋混凝土的基本原理仍适用于配置 HRB635 高强度热轧带肋钢筋的混凝土构件。

安徽寰宇建筑设计院朱华教授级高级工程师、陈安英博士研究团队课题组试验研究结论表明：

1 梁等受弯构件受拉区钢筋强度设计值取 550 N/mm^2 ，受压区钢筋强度设计值取 490 N/mm^2 ，钢筋的抗拉强度设计值与抗压强度设计值应有所区别；

2 对于柱子等受压构件，钢筋受压强度设计值，大偏压时取 490 N/mm^2 ，轴压时取 400 N/mm^2 ，小偏压时取值同轴心受压；

3 对于钢筋受剪、受扭、受冲切强度设计值取 360 N/mm^2 ，是由

于在这些受力条件下高强钢筋未能充分发挥作用,横向钢筋的抗拉强度设计值按《混凝土结构设计规范》GB 50010 中 HRB500 取为 360 N/mm^2 ;

4 对于大偏心受压构件的受拉一侧,钢筋应力能够充分发挥,钢筋按抗拉强度设计值取 550 N/mm^2 。

混凝土构件中 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋抗压强度设计值取 $400、435 \text{ N/mm}^2$ 。基于受压构件界限相对受压区高度所贡献的受压区强度有限,混凝土早于钢筋屈服破坏,钢筋的强度不能充分地发挥,抗压强度设计值取值不宜过高,故适当降低。

横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 按表中 f_y 的数值采用,但用作受剪、受扭、受冲切承载力计算时, f_{yv} 应按《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 年版)规定为 360 N/mm^2 。限制其数值不大于 360 N/mm^2 是为了控制裂缝发展不至于过大;对于约束混凝土的钢筋,其作用是约束混凝土构件的横向变形,因此控制柱、约束边缘构件的箍筋体积配箍率和局部承压计算,可不受此条限值。高强钢筋用作受剪、受扭、受冲切钢筋,不能充分发挥其强度优势,宜选用较低强度级别的钢筋。

4.1.6~4.1.8 条文根据《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 年版)第 3.6.3 条,提出当进行偶然作用下结构防连续倒塌的验算时,在抗力函数的计算中,混凝土强度取强度标准值,普通钢筋强度取极限强度标准值,宜考虑偶然作用下结构倒塌对结构几何参数的影响。必要时尚应考虑材料性能在动力作用下的强化和脆性,并取相应的强度特征值。

按《人民防空地下室设计规范》GB 50038 设计的人防地下室结构,根据最新相关研究成果,635MPa 级高强钢筋强度综合调整系数取 1.10。

条文提出了人防结构设计及结构抗倒塌设计的强度设计值,对高强钢筋的强度予以充分利用。

由于对 635MPa 级高强钢筋的疲劳应力幅限值未进行系统研究,疲劳应力幅限值应根据专门试验确定,本标准未作规定,暂未列入应用范围。

4.2 混凝土

4.2.2 采用高强钢筋的混凝土构件,其混凝土宜具有低收缩性能。采用 635MPa 级高强度热轧带肋钢筋后,构件的常用配筋率会有所下降,因此控制混凝土的水胶比,在满足泵送工艺要求的条件下,选用中粗砂、控制含泥量以及坍落度、选择适当外加剂对减少混凝土自身收缩,保证混凝土质量尤为重要。

4.2.3 本条提出了混凝土最低强度等级的限制。《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021 规定:采用 500MPa 及以上等级钢筋的钢筋混凝土结构构件,混凝土强度等级不应低于 C30。施工时现浇楼面梁、板一般同时浇筑,因此将梁、板的最低混凝土强度等级同取为 C30。

根据郑州大学刘立新针对高强钢筋应用的研究,当混凝土强度等级低于 C40 时,高强钢筋在节点处的锚固长度要求较难满足,提高混凝土强度等级至 C50 及以上时可有效地解决锚固长度不足的问题。同时,采用高强度等级的混凝土也能获得较好的社会效益。考虑到建筑界现实情况和高强钢筋在节点处的锚固要求,规定配置高强钢筋的梁、板的混凝土强度等级不应低于 C30,墙、柱的混凝土强度等级不宜低于 C40。

4.3 高强钢筋连接接头和套筒

4.3.1-4.3.2 《混凝土结构通用规范》55008-2021 规定了钢筋连接接头的极限抗拉强度值,本条文将此作为钢筋连接接头的极限抗拉强度值最低标准,实际应用时只能更严不能放松。《混凝土结构

通用规范》55008-2021 规定 II 级接头实测极限抗拉强度 $f_{msk}^0 \geq f_{stk}$, III 级接头实测极限抗拉强度 $f_{msk}^0 \geq 1.25f_{syk}$, HRB635 钢筋 f_{stk} 为 795N/mm^2 , $1.25f_{syk}$ 为 794N/mm^2 , 两者数值差别不大, 故本标准取消 III 级接头的规定。

高强钢筋接头单向拉伸时的强度和变形是钢筋连接接头的基本性能。高应力反复拉压性能反映连接接头在风荷载及多遇地震情况下承受高应力反复拉压的能力。接头在经受高应力反复拉压和大变形反复拉压后仍应满足最基本的抗拉强度要求, 这是结构延性得以发挥的重要保证。大变形反复拉压性能反映结构在强烈地震情况下钢筋进入塑性变形阶段接头的受力性能。钢筋机械连接接头在拉伸和反复拉压后仍应满足塑性变形; 卸载后形成不可恢复的残余变形(国外也称滑移), 对混凝土结构的裂缝宽度有不利影响, 因此有必要控制接头的变形性能。上述三项性能是进行接头型式检验的基本检验项目。现场工艺检验则要求检验单向拉伸残余变形和极限抗拉强度。

4.3.3 考虑施工的实际情况, 设计连接套筒强度时应留有余量, 钢筋连接接头等级为 I 级、II 级的屈服承载力标准值及抗拉承载力标准值分别不应小于被连接钢筋相应值的 1.2 倍、1.1 倍, 以确保传力性能。

4.3.4-4.3.6 连接套筒设计、加工和检验验收应符合行业标准《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的有关规定。直螺纹机械连接是高强钢筋连接采用的主要方式, 按照钢筋直螺纹加工成型方式分为镦粗直螺纹、剥肋滚轧直螺纹和直接滚轧直螺纹。《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 对相关材料力学性能、外观、尺寸及螺纹等做了具体规定。高强钢筋直螺纹连接接头的技术性能指标应符合行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的规定。套筒生产质量控制应符合以下要求:

1 套筒生产企业应发布包括本企业产品规格、型式、尺寸及偏

差、质量控制方法、检验项目及制度、不合理品处理规则等内容的企业标准,并应经质量技术监督部门备案;

2 套筒生产企业宜取得有效的 GB/T 19001/ISO9001 质量管理体系认证证书和建设工程产品认证证书。

5 结构构件设计

5.0.1 配置高强钢筋的混凝土结构,在规定的荷载组合下的结构效应分析与《混凝土结构设计规范》GB 50010 相同。

5.0.2 配置高强钢筋的混凝土结构构件,其各项承载力计算与《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定相同。

高强钢筋的屈服强度和屈服应变较高,相应的相对界限受压区高度和最大纵筋配筋率较小,因此在设计时应注意防止构件超筋。相对界限受压区高度的计算方法与有屈服点的普通钢筋相同。

合肥工业大学 2018 年完成 19 根偏心受压柱承载力试验,验证了 HRB635 高强度热轧带肋钢筋在混凝土中具有良好的工作性能,从试验构件的受力机理与破坏形态来看,构件在实验过程中基本没有异常现象,钢筋与混凝土的本构关系没有因为钢筋强度的提高而发生变化,钢筋混凝土的基本原理适用于 HRB635 高强度热轧带肋钢筋,配置高强钢筋作受力钢筋的混凝土受弯构件的设计方法与《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定相同,因此设计可利用符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的混凝土结构设计软件,可将软件中有关钢筋的计算参数修改后直接计算,设计人员须保证其运算的可靠性,并对计算结果应作必要的判断和校核。注意尽量选用直径较小的高强钢筋,降低混凝土构件裂缝宽度和钢筋锚固不满足要求的可能。

5.0.4 超静定混凝土结构在出现塑性铰的情况下会发生内力重分布,工程设计可利用这一特性进行构件截面之间的内力调幅,以达到简化构造、节约配筋的目的。本条规定给出了可以采用塑性调幅设计的构件或结构类型,提出了考虑塑性内力重分布分析方法设计的条件。

考虑塑性内力重分布计算方法进行构件的设计时,由于塑性

铰的出现,抗弯能力调小部位的裂缝宽度较大,故进一步明确允许考虑塑性内力重分布构件的使用环境,并强调应进行构件变形和裂缝宽度验算,以满足正常使用极限状态的要求。

5.0.5 配置高强钢筋的混凝土结构构件,其矩形、T形、倒T形和I形截面受拉、受弯和偏心受压构件的最大裂缝宽度计算方法与《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定相同。

5.0.6 配置高强钢筋的混凝土结构构件裂缝宽度验算的要求与《混凝土结构设计规范》GB 50010相同。

东南大学2011年完成的19根梁受弯性能试验表明,采用高强钢筋的梁平均裂缝宽度试验值与《混凝土结构设计规范》GB 50010规定的计算方法的计算结果基本一致。

安徽寰宇建筑设计院朱华教授级高工、陈安英博士高强钢筋研究团队课题组做了HRB635高强度热轧带肋钢筋数十组梁裂缝试验,合肥工业大学钟迅教授、蒋庆教授研究团队也做了HRB635高强度热轧带肋钢筋数十组裂缝试验,表明梁的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值与《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定相一致时,HRB635高强度热轧带肋钢筋混凝土结构构件与HRB400热轧带肋钢筋混凝土结构构件在开裂状态、裂缝形态、裂缝宽度等方面相比没有变化。

混凝土构件裂缝宽度限制是影响高强钢筋推广应用的主要问题之一,查阅有关研究试验资料和论文可以发现,我国规范公式裂缝宽度计算值大于欧美规范的计算值。控制构件裂缝涉及到结构的耐久性,是全局性长期性问题,应由试验和时间来验证。本标准仍按《混凝土结构设计规范》GB 50010执行,设计人员可以结合具体情况、具有成熟的工程经验和技術支撑时可以合理放松裂缝宽度限值。梁的有效翼缘宽度按《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定确定。

5.0.7 高强钢筋作受力钢筋的混凝土受弯构件挠度验算可按《混凝土结构设计规范》GB 50010进行。

5.0.8 考虑到高强钢筋应用经验较少,对抗震性能要求更高的抗震等级为特一级、体型特别不规则或建筑高度大于 A 级高度的高层建筑结构,应结合高强钢筋的特性,按有关规定进行专门研究和论证,采取特别的加强措施。

5.0.9~5.0.10 落实《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021 第 2.4.2、5.2.1、5.2.2 条所规定的原则性要求。对框架结构的构件端面、潜在塑性铰区的箍筋加密要求、梁柱的节点的配筋构造提出原则性要求,是保障混凝土框架结构房屋抗震能力的重要手段,是必要的。条文同时提出了抗震墙、框架梁柱提高延性的要求,是工程结构抗震能力的重要保障。

5.0.11 由于高强钢筋的屈服强度较高,相应的相对界限受压区高度较小,因此在设计时应注意其带来的影响。框架梁的受压区高度应满足本条的规定,以保证构件出现塑性铰的位置有足够的转动能力。

高强钢筋屈服强度和屈服应变较高,相应的相对界限受压区高度和最大纵向配筋率较小,为充分保证框架梁在水平地震作用下相对受压区高度和延性,宜适当降低现行规范中对框架梁端纵筋(普通钢筋)最大配筋率的限值,梁端纵向受拉钢筋配筋率不宜大于 2%;当梁端纵向受拉钢筋配筋率大于 1.8%时,梁端箍筋加密区箍筋直径宜比现行《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010(2016 年版)的规定值增大 2mm。

5.0.12 配置高强钢筋的框架柱、框支柱,其纵向受力钢筋最小配筋率与《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 年版)中强度等级 500MPa 钢筋的相同。

6 构造规定

6.1 高强钢筋锚固

6.1.1 随着钢筋强度不断提高、结构形式的多样性,钢筋在混凝土中锚固条件有了很大的变化,根据近年来系统试验研究及可靠度分析的结果,并参考国外标准,《混凝土结构设计规范》GB 50010 给出了以简化计算确定受拉钢筋锚固长度的方法。

根据合肥工业大学陈安英博士高强钢筋研究课题组所做的 HRB635 高强钢筋锚固试验结果,按现有规范规定的锚固长度可以满足 HRB635 高强钢筋的锚固需求。安徽吾兴新材料有限公司委托合肥工业大学 2020 年进行的 635MPa 级热轧高强钢筋锚固性能试验表明,钢筋直径、混凝土等级、锚固长度、混凝土保护层厚度、配箍率均会影响钢筋材料强度的发挥。直锚、弯锚、螺栓锚,锚固长度为 $20d$,混凝土保护层厚度在 $5d$ 以上以及混凝土等级在 C30 以上基本能够发挥直径 25mm 以下高强钢筋的材料强度。如果配有箍筋,且配箍率不小于 1%,由于箍筋的约束作用能够很好约束混凝土的裂缝发展,所以可以适当降低以上的要求。

长安大学建筑工程学院对 HRB400 钢筋和强度 630MPa 级标准外形高强钢筋的 93 组钢筋与混凝土粘结锚固试验资料表明,标准外形的高强钢筋与混凝土的粘结锚固破坏机理与普通钢筋相比,没有显著差异,其锚固长度计算方法、修正系数和机械锚固等规定可与《混凝土结构设计规范》GB 50010 相同。钢筋粘结强度随着混凝土强度、混凝土保护层厚度的增大而增大,随着粘结长度的增长而略有降低,配箍对于延缓劈裂破坏、提高粘结强度有一定作用。其中基本锚固长度 l_{ab} 取决于钢筋强度 f_y 及混凝土抗拉强度 f_t , 并与锚固钢筋的直径及外形有关。HG6/C 高强钢筋外形与普通热轧带肋钢筋相同,基本锚固长度 l_{ab} 、锚固长度 l_a 与《混凝土结构设

计规范》GB 50010 的规定相同。

河北工业大学土木与交通学院李艳艳、河北省土木工程技術研究中心苏恒博对 600MPa 钢筋粘结性能试验研究通过对 63 个棱柱体拉拔试验,也得出类似结论。

受拉钢筋锚固长度应根据钢筋直径、钢筋与混凝土抗拉强度、钢筋外形和锚固端形式、结构或构件抗震等级计算确定,钢筋的混凝土保护层厚度是影响钢筋锚固可靠性的重要因素。在任何情况下受拉钢筋锚固长度不应小于 $0.6l_{ab}$ 及 200mm。抗震设计时应注意须乘相应的抗震修正系数。

高强钢筋焊接时强度会损失,金相会改变,对贴焊锚筋时钢筋强度的损失缺乏专门研究,高强钢筋的可焊性、焊接可靠性和稳定性尚需验证,故暂不允许采用侧焊、端焊锚板锚固。

6.1.2 钢筋的可靠锚固与结构的安全性密切相关。不同的钢筋锚固方式将明显影响混凝土结构设计和施工方法。锚固板具有安装快捷、质量及性能易于保证、锚固性能好的优点。采用螺栓端锚固板可减小钢筋锚固长度、节约钢材,且方便施工。锚固板与钢筋的连接选用螺纹连接是为了提高连接强度的可靠性和稳定性。螺纹长度应满足抗拉强度的要求。

由于高强钢筋抗拉强度设计值高,钢筋的锚固长度大,如在主次梁交叉处,次梁钢筋锚入主梁的锚固直线段长度会因主梁宽度较小而不满足规范的相关要求。采用锚固板时,应过拉拔试验验证。

锚固板分全锚固板和部分锚固板,常用的部分锚固板依靠锚固长度范围内钢筋与混凝土的粘结作用和锚固板承压面的承压作用共同承担钢筋规定锚固力。

6.1.3 钢筋的锚固长度、混凝土保护层厚度和箍筋配置对钢筋锚固板的锚固极限拉力有明显影响。为确保在最不利情况下钢筋锚固板的锚固强度,对锚固区设计提出要求。具体做法应符合《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的规定。

6.2 高强钢筋连接

6.2.1 采用机械连接的高强钢筋直径不宜小于 16mm, 是为防止高强钢筋螺纹加工引起钢筋的截面损失造成高强钢筋承载力下降太多, 导致结构构件不安全。

6.2.2 钢筋连接接头在经受高应力反复拉压和大变形反复拉压后仍能满足最基本的抗拉强度要求, 这是结构延性得以发挥的重要保证。高强钢筋机械连接接头在拉伸和反复拉压后仍能满足塑性变形, 卸载后形成不可恢复的残余变形(滑移), 对混凝土结构的裂缝宽度有不利影响, 因此有必要控制接头的变形性能。

6.2.3 钢筋的连接形式应根据工程具体情况和施工条件而选择, 连接接头的类型和质量应符合现行相关标准的规定。任何形式的钢筋连接均会削弱其传力性能, 因此钢筋连接的基本原则为: 连接接头设置在受力较小处; 限制钢筋在同一跨度或同一层高度内的接头数量; 避开结构的关键受力部位如柱端、梁端的箍筋加密区, 并限制接头面积百分率。

6.3 纵向受力钢筋最小配筋率及钢筋和连接件保护层厚度

6.3.1 《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010 对受拉钢筋最小配筋百分率的规定属强制性要求, 本标准遵照执行。

有抗震要求及高层建筑的钢筋混凝土构件的受力钢筋的配筋百分率, 除应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 中抗震设计章节的相关要求, 同时还应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定。

高强钢筋的其他构造要求, 除本标准有特别要求外, 均应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 对 HRB500 级钢筋的相关规定,

并应适当加强。

6.3.2 钢筋的混凝土保护层厚度应符合《混凝土结构通用规范》GB 55008 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。应充分重视保证高强钢筋的混凝土保护层厚度的重要性,高强钢筋在混凝土中的握裹粘结、锚固、连接以及钢筋与混凝土共同工作性能、耐久性能、防火性能能否达到设计要求,混凝土保护层厚度是重要保障条件之一。应该注意《混凝土结构通用规范》GB 55008 规定的混凝土保护层厚度指最外侧钢筋外缘至混凝土构件表面的最小距离,《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010(2015 年版)规定的混凝土保护层厚度不再是纵向钢筋(非箍筋)外缘至混凝土表面的最小距离,而是“以最外层钢筋(包括箍筋、构造筋、分布筋等)的外缘计算混凝土的保护层厚度”。

6.3.3 对高强钢筋连接件的混凝土保护层厚度提出要求。

7 施 工

7.1 一般规定

7.1.1 配置高强钢筋的混凝土结构工程施工除应符合本标准要求外,还应执行《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 等规范标准的有关规定。

7.1.3 钢筋代换不是简单的“强度等效”,高强钢筋的代换应符合本标准第 3.0.9 条的规定。

7.1.6 施工现场存在同时使用 HG6/C 高强钢筋和 HRB400、HRB500 钢筋的情况,为避免混淆,应分开堆放。在施工现场宜架空存放在硬化的地面之上,架空高度不小于 150mm,同时应高出自然地面,雨布覆盖。

7.1.7 钢筋进场时和使用前均应加强外观质量的检查。弯曲不直或经弯折损伤、有裂纹的钢筋不得使用;表面有油污、颗粒状或片状老锈的钢筋亦不得使用,以防止影响钢筋握裹力或锚固性能。成型钢筋在加工及出厂过程中均由专业加工厂质量管理人员进行检验,检验合格的产品才能入库和出厂。

7.2 钢筋加工

7.2.1 成型钢筋的应用可以减少钢筋的损耗且有利于控制质量,同时缩短钢筋现场存放的时间,有利于钢筋的保护。成型钢筋的专业化生产应采用自动化机械设备进行钢筋调直、切割和弯折,其性能应符合《混凝土结构成型钢筋应用技术规程》JGJ 366 的有关规定。

7.2.4 为避免通过钢筋冷拉提高强度或增加长度的危险做法,防止冷拉变脆,保证钢筋应有的延性,规定了钢筋调直应采用机械方法,

不得采用冷拉调直方法。

7.3 钢筋连接和安装

7.3.1 接头连接会削弱钢筋传力和构件的结构性能,因此抗震设计的柱、梁端部加密区,钢筋弯起点附近等部位不应设置连接接头。

混凝土结构施工的钢筋连接方式由设计确定,且应考虑施工现场的各种条件。如设计要求的连接方式因施工条件需要改变时应办理变更文件。

7.3.2~7.3.4 受力钢筋的机械连接、钢筋锚固板必须按要求施工,并应加强对机械连接、钢筋锚固板施工的管理和质量控制。

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.2 在浇筑混凝土之前钢筋隐蔽工程验收内容。

8.2 钢筋材料

8.2.3 按《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2的规定,提出抗震钢筋延性的检验要求,具体体现为本标准表4.1.3-2中实测强屈比、超强比和最大力下总延伸率的要求。

8.4 钢筋连接

8.4.6 钢筋机械连接接头的应按照《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的相关规定进行验收。