

ICS 91.200
CCS P 26



T

团 体 标 准

T/CSPSTC XXX—202X

热轧带肋高强钢筋（630MPa 级）应用技术 规程

Code of practice of Application technical for hot-rolled ribbed
high-strength steel bars (630MPa grade)
(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 录

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

 3.1 术语和定义 2

 3.2 符号 3

4 基本规定 4

5 材料 5

 5.1 钢筋 5

 5.2 连接件 6

 5.3 混凝土 8

6 结构分析与极限状态计算 8

7 混凝土构件设计 10

 7.1 一般规定 10

 7.2 构件设计 10

 7.3 地基基础 10

8 基坑与边坡支护设计 10

 8.1 一般规定 10

 8.2 锚杆 10

 8.4 支护桩 12

 8.5 构造设计与施工 12

9 构造规定 12

 9.1 钢筋的锚固 12

 9.2 钢筋的连接 14

 9.3 纵向受力钢筋的最小配筋率 14

 9.4 混凝土保护层 16

 9.5 耐久性 16

10 施工与质量控制 16

 10.1 一般规定 16

 10.2 钢筋加工 16

 10.3 钢筋连接与安装 17

11 检测与验收 18

 11.1 一般规定 18

 11.2 钢筋材料验收 18

 11.3 钢筋加工质量 20

 11.4 钢筋连接质量 20

 11.5 钢筋安装质量 21

附录 A（资料性）HRBF630、HRBF630E 级钢筋技术性能 23

附录 B（资料性）钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量 25

附录 C（资料性）HRBF630、HRBF630E 级钢筋检验 26

参考文献 28

条文说明 29

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由深圳华森建筑与工程设计顾问有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

引 言

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，提高建筑安全储备能力。高强钢筋与高强混凝土配合使用，还可以减轻结构自重、减少运输费用、避免钢筋的密集配置、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、锚杆和支护桩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，有利于提高混凝土施工质量。推广高强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。为贯彻执行国家节能环保的技术经济政策，规范强度 630 MPa 级高强钢筋在混凝土结构中的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本文件。本文件是对配置 630MPa 级高强钢筋的混凝土结构应用的基本要求。

热轧带肋高强钢筋（630MPa 级）应用技术规程

1 范围

本文件规定了热轧带肋高强钢筋的材料、结构分析与极限状态计算、混凝土构件设计、基坑与边坡支护设计、构造规定、施工与质量控制、检测与验收的技术要求。

本文件适用于配置 630 MPa 级热轧带肋高强钢筋混凝土结构的设计、施工和质量验收。本文件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构件的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
GB/T 228.1 金属材料拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
GB/T 699 优质碳素结构钢
GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋
GB/T 2013 液体石油化工产品密度测定法
GB/T 2015 白色硅酸盐水泥
GB/T 3639 冷拔或冷轧精密无缝钢管
GB/T 4336 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
GB/T 8162 结构用无缝钢管
GB/T 13298 金属显微组织检验方法
GB/T 13299 钢的游离渗碳体、珠光体和魏氏组织的评定方法
GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
GB/T 17395 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求
GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法(常规方法)
GB 50007 建筑地基基础设计规范
GB 50010 混凝土结构设计标准
GB 50011 建筑抗震设计标准
GB 50038 人民防空地下室设计规范
GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50330 建筑边坡工程技术规范
GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
GB 50666 混凝土结构工程施工规范
GB 55001 工程结构通用规范
GB 55002 建筑与市政工程抗震通用规范
GB 55003 建筑与市政地基基础通用规范
GB 55008 混凝土结构通用规范
JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
JGJ 94 建筑桩基技术规范
JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程

JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
JGJ 120 建筑基坑支护技术规程
JG/T 163 钢筋机械连接用套筒
JGJ 256 钢筋锚固板应用技术规程
JGJ 366 混凝土结构成型钢筋应用技术规程
JGJ/T 441 建筑楼盖结构振动舒适度技术标准
JGJ 476 建筑工程抗浮技术标准
YB/T 081 冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

3.1.1

热轧带肋钢筋 hot-rolled ribbed bar

按热轧状态交货，横截面通常为圆形，且表面带肋的混凝土结构用钢筋。

3.1.2

细晶粒热轧带肋钢筋 hot-rolled ribbed bars of fine grain

在热轧过程中，通过控轧和控冷工艺形成表面带肋的细晶粒钢筋，其晶粒度为 9 级或更细，主要组织为珠光体+铁素体。

3.1.3

630MPa 热轧带肋高强钢筋 630MPa hot-rolled high-strength ribbed bar

通过热轧工艺屈服强度标准值为 630 MPa 级带肋高强钢筋，简称为 HRBF630、HRBF630E 级高强钢筋。

注：630MPa 级带肋高强钢筋均指细晶粒热轧带肋高强钢筋 HRBF630、HRBF630E。

3.1.4

屈服强度 yield strength

钢材在受力过程中，荷载不增加或略有降低而变形持续增长时，所受的恒定应力。

3.1.5

断后伸长率 percentage permanent elongation

断后标距的残余伸长与原始标距之比的百分率。

3.1.6

最大力总延伸率 percentage total extension at maximum force

最大力时原始标距的总延伸（弹性延伸加塑性延伸）与延伸计标距之比的百分率。

3.1.7

锚固板 anchorage steel plate for rebar

设置于钢筋端部用于锚固钢筋的承压板。

3.1.8

部分锚固板 partial anchorage steel plate for rebar

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的锚固板。

3.1.9

抗震钢筋 earthquake-resistant reinforced bar

符合抗震性能要求的高强钢筋，其牌号后带字母 E，简称抗震钢筋。

3.1.10

钢筋牌号 designations of rebar

由钢筋品种的英文字母字头及其屈服强度标准值组成，用以标志钢筋品牌的符号。

注：钢筋牌号由钢筋品种的英文字母的字头及其屈服强度标准值组成，用以标志钢筋品牌的符号。如钢筋牌号 HRBF630 由 HRBF+屈服强度标准值 630 MPa 构成。HRBF 为“细晶粒热轧带肋钢筋”的英文（Hot rolled ribbed bars of fine grains）缩写。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

3.2.1 材料性能

HRBF630：强度级别为 630 MPa 的细晶粒热轧带肋高强钢筋。

HRBF630E：强度级别为 630 MPa 且符合抗震性能要求的细晶粒热轧带肋高强钢筋。

f_{stk} ：钢筋极限强度标准值。

f_{yk} ：钢筋屈服强度标准值。

f_{st}^0 ：钢筋抗拉强度实测值。

f_y^0 ：钢筋屈服强度实测值。

f_y 、 f'_y ：钢筋抗拉、抗压强度设计值。

f_{yv} ：横向钢筋的抗拉强度设计值。

E_s ：钢筋的弹性模量。

E_c ：混凝土的弹性模量。

δ ：钢筋断后伸长率。

δ_{gt} ：钢筋的最大力总延伸率。

3.2.2 作用和作用效应

N ：轴向力设计值。

N_k 、 N_q ：按荷载标准组合、准永久组合计算的轴向力值。

M ：弯矩设计值。

M_k 、 M_q ：按荷载标准组合、准永久组合计算的弯矩值。

T ：扭矩设计值。

V ：剪力设计值。

w_{max} ：按荷载标准组合或准永久组合，并考虑长期作用影响的计算最大裂缝宽度。

3.2.3 几何参数

A ：构件截面面积。

b ：矩形截面宽度，T 形或 I 形截面的腹板宽度。

h 、 h_0 ：截面高度、有效高度。

c ：混凝土保护层厚度。

d ：钢筋的公称直径（简称直径）。

l_0 ：计算跨度。

l_{ab} ：受拉钢筋的基本锚固长度。

l_{ah} ：受拉钢筋锚固板的锚固长度。

l_a ：受拉钢筋的锚固长度。

3.2.4 计算系数及其他

γ_0 ：结构重要性系数。

α_{cr} : 构件受力特征系数。

ψ : 裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数。

ρ_{te} : 按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受力钢筋配筋率。

ρ : 纵向受力钢筋的配筋率。

ρ_v : 间接钢筋或箍筋的体积配箍率。

ζ_a : 受拉钢筋锚固长度修正系数。

ζ_{aE} : 受拉钢筋的抗震锚固长度修正系数。

4 基本规定

4.1 高强钢筋混凝土结构采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。

4.2 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当用内力的形式表达时，钢筋混凝土结构构件应采用承载能力极限状态设计表达式（1）、式（2）：

$$\gamma_0 S \leq R \quad \dots\dots\dots (1)$$

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

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 GB 50010 的规定取值；

f_s ——钢筋强度设计值，高强钢筋按本文件规定取值；

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} 。

4.3 对于正常使用极限状态，混凝土结构构件应分别按荷载准永久组合、标准组合并考虑长期作用影响，采用下列极限状态设计表达式（3）进行验算：

$$S \leq C \quad \dots\dots\dots (3)$$

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、裂缝宽度等的限值。

4.4 结构构件应根据使用功能、环境类别和重要程度，选用适宜的裂缝控制等级。混凝土结构的环境类别应根据 GB 50010 中的规定进行划分。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。

a) 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。

b) 二级：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。

- c) 三级：允许出现裂缝的构件：对钢筋混凝土构件，按荷载的准永久组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过 GB 50010 规定的最大裂缝宽度限值。对预应力混凝土构件，按荷载的标准组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过 GB 50010 规定的最大裂缝宽度限值；对二 a 类环境的预应力混凝土构件，尚应按荷载准永久组合计算，且构件边缘混凝土的拉应力不应大于混凝土的抗拉强度标准值。
- d) 混凝土结构的环境类别根据 GB 50010 中的规定进行划分。

4.5 高强钢筋混凝土结构除本文件有明确规定外，其设计内容、设计方法、构造规定、承载能力极限状态计算、正常使用极限状态验算、抗震设计、抗震构造措施、耐久性设计、防连续倒塌设计原则等，均应符合 GB 55001、GB 55002、GB 55003、GB 55008、GB 50010、GB 50011 和 GB 50038 的有关规定。

5 材料

5.1 钢筋

- 5.1.1 钢筋的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 1499.2 的规定。
- 5.1.2 高强钢筋的技术要求应符合本文件附录 A 的规定；钢筋的公称截面面积和理论重量应符合本文件附录 B 的规定；高强钢筋实际重量与理论重量的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 高强钢筋实际重量与理论重量偏差限值

公称直径/mm	实际重量与理论重量偏差/%
8~12	±6.0
14~20	±5.0
22~50	±4.0

- 5.1.3 高强钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。
- 5.1.4 高强钢筋的符号、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 2 的规定取用；抗震高强钢筋强屈比即抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值 f_{st}^0/f_y^0 、超强比即屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值 f_y^0/f_{yk} ，以及最大力下总延伸率 δ_{gt} 限值，应按表 3 的规定取用。

表 2 高强钢筋的强度标准值、弹性模量、断后伸长率和最大力下总延伸率限值

高强钢筋牌号	符号	屈服强度标准 值 f_{yk} N/mm ²	极限强度标准 值 f_{stk} 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_{gt} 限值/%
HRBF630		630	790	2.0×10^5	14.0	不小于 7.5
HRBF630E						不小于 9.0
符号下标带“k”者为高强钢筋强度的标准值(或特征值)。 高强钢筋的弹性模量 E_s 可取 2.0×10^5 N/mm² 或采用实测的弹性模量。 高强钢筋牌号带“E”的为用于抗震设防的钢筋，除最大力下总延伸率 δ_{gt} 要求较高外，其强屈比和超强比尚应符合表 2 的要求						

表 3 抗震高强钢筋强屈比、超强比和最大力下总伸长比率限值

高强钢筋牌号	强屈比 f_{st}^0/f_y^0	超强比 f_y^0/f_{yk}	最大力下总延伸率 δ_{gt}
HRBF630E	≥ 1.25	≤ 1.30	$\geq 9\%$
表中符号上标带“0”的表示为检测实测值。 最大力下总延伸率实测值可按有关标准规定的方法测定			

5.1.5 高强钢筋的抗拉强度设计值 f_y ，抗压强度设计值 f_y' ，应按表 4 采用，并应符合下列规定：

- a) 当构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋应采用各自的强度设计值，钢筋性能应符合 GB/T 1499.2 及本文件附录 A 的要求；
- b) 对轴心受压构件和小偏心受压构件，钢筋的抗压强度设计值 f_y' 应取 400 N/mm^2 ；
- c) 横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 应按表 4 中的数值 f_y 采用；横向钢筋的受剪、受扭、受冲切承载力计算，其抗拉强度设计值应取 360 N/mm^2 ；横向钢筋用作围箍约束混凝土的间接配筋时，横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 应按表 4 中的数值 f_y 采用；
- d) 防空地下室钢筋混凝土结构构件中，在动荷载和静荷载同时作用或动荷载单独作用下，钢筋强度设计值可按表 4 规定的强度设计值乘以钢筋强度综合调整系数 1.05 后取用；
- e) 抗连续倒塌设计的建筑结构构件正截面承载力计算时钢筋强度可取其屈服强度标准值的 1.25 倍，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) 建筑结构抗地震倒塌计算时，钢筋设计强度取屈服强度标准值。

表 4 高强钢筋强度设计值 (N/mm^2)

高强钢筋牌号	抗拉强度设计值 f_y	抗压强度设计值 f_y'
HRBF630 HRBF630E	545	520

5.1.6 按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件，其纵向受力钢筋应选用 HRBF630E 钢筋。

5.1.7 当进行钢筋代换时，除应符合设计要求的钢筋延伸率、构件承载力、裂缝宽度、挠度控制以及抗震规定以外，尚应满足最小配筋率、钢筋间距、保护层厚度、钢筋锚固长度、接头面积百分率及搭接长度等构造要求。

5.2 连接件

5.2.1 高强钢筋机械连接所使用的套筒原材料符合以下要求。

- a) 套筒的金相组织应为铁素体+珠光体，原材料应符合 JGJ 107 和 JG/T 163 的规定。
- b) 套筒的原材料宜采用 45 号或 40Cr 的圆钢、低合金结构无缝钢管，其外观及力学性能应符合 GB/T 699、GB/T 8162 和 GB/T 17395 的规定。
- c) 套筒原材料采用 45 号或 40Cr 钢冷拔或冷扎精密无缝钢管时，应进行退火处理，并应符合 GB/T 3639 的相关规定，其加工成形后的套筒屈服强度不应低于钢筋屈服强度。供货单位应提供质量保证书，并应符合有关钢材的现行国家标准及 JGJ 107 的有关规定。
- d) 采用各类冷加工工艺成型的套筒，宜进行退火处理，且套筒设计时不应利用经冷加工提高的强度减少套筒横截面积。
- e) 需要与型钢等钢材焊接的套筒，其原材料应符合可焊性的要求。

5.2.2 高强钢筋机械连接所使用的套筒材料强度应符合以下规定：

- a) 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；
- b) 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；
- c) II 级连接套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。

5.2.3 高强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、II 级、III 级三个等级，其性能应符合如下要求：

- a) I 级、II 级、III 级接头极限抗拉强度应符合表 5 的规定；
- b) I 级、II 级、III 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 5 的要求；
- c) I 级、II 级、III 级钢筋连接接头变形性能应符合表 6 的规定。

表 5 高强钢筋连接接头极限抗拉强度

钢筋连接接头等级	I 级	II 级	III 级
钢筋连接接头极限抗拉强度	$f_{msk}^0 \geq f_{stk}$ 钢筋拉断 或 $f_{msk}^0 \geq 1.1f_{stk}$ 连接件破坏	$f_{msk}^0 \geq f_{stk}$	$f_{msk}^0 \geq 1.25f_{yk}$
注 1： f_{msk}^0 为接头试件实测抗拉强度； f_{stk} 为钢筋极限抗拉强度标准值； f_{yk} 为钢筋屈服强度标准值； 注 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； 注 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 6 高强钢筋连接接头变形性能

钢筋连接接头等级		I 级	II 级	III 级
单向拉伸	残余变形/mm	$u_0 \leq 0.10 (d \leq 32)$ $u_0 \leq 0.14 (d > 32)$	$u_0 \leq 0.14 (d \leq 32)$ $u_0 \leq 0.16 (d > 32)$	$u_0 \leq 0.14 (d \leq 32)$ $u_0 \leq 0.16 (d > 32)$
	最大力下总延伸率/%	≥ 6.0	≥ 6.0	≥ 3.0
高应力反复拉压	残余变形/mm	$u_{20} \leq 0.3$	$u_{20} \leq 0.3$	$u_{20} \leq 0.3$
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 $u_8 \leq 0.6$	$u_4 \leq 0.6$
注 1： u_0 ——套筒试件加载至 $0.6f_{yk}$ 并卸载后在规定标距内的残余变形； 注 2： u_{20} ——套筒试件经高应力反复拉压 20 次后的残余变形； 注 3： u_8 ——套筒试件经大变形反复拉压 8 次后的残余变形； 注 4： u_4 ——套筒试件经大变形反复拉压 4 次后的残余变形。				

5.2.4 高强钢筋锚固板试件的极限拉力应不小于钢筋达到极限强度标准值时的拉力 $f_{stk}A_s$ 。钢筋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 $f_{stk}A_s$ 。

5.3 混凝土

- 5.3.1 高强钢筋混凝土结构，混凝土强度等级不应低于 C30，当为预应力构件时不应低于 C40；墙、柱的混凝土强度等级不宜低于 C40。
- 5.3.2 结构混凝土中水溶性氯离子最大含量不应超过表 7 的规定。计算水溶性氯离子最大含量时，辅助胶凝材料的量不应大于硅酸盐水泥的量。

表 7 结构混凝土中水溶性氯离子最大含量

环境条件	水溶性氯离子最大含量 (%，按胶凝材料用量的质量百分比计)	
	钢筋混凝土	预应力混凝土
干燥环境	0.30	0.06
潮湿但不含氯离子的环境	0.20	
潮湿且含有氯离子的环境	0.15	
除冰盐等侵蚀性物质的腐蚀环境、盐渍土环境	0.10	

5.3.3 配置高强钢筋的混凝土结构，混凝土应符合 GB 55008 中基本规定、材料的相关规定。

6 结构分析与极限状态计算

- 6.1 高强钢筋混凝土结构其结构分析、静力的承载能力极限状态计算及抗震设防要求的承载力计算，应符合 GB 55008、GB 50010、GB 55002 和 GB 50011 的相关规定。
- 6.2 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，符合下列要求。
- a) 高强钢筋混凝土连续梁和连续单向板，可采用塑性内力重分布方法进行分析。重力荷载作用下的框架、框架-剪力墙和剪力墙结构中的现浇梁以及双向板等，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，并确定相应的跨中弯矩。
 - b) 按考虑塑性内力重分布分析方法设计的结构和构件，钢筋应符合本文件 4.1 节的要求，并应满足正常使用极限状态要求且采用有效的构造措施。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 类环境下的结构，不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。
 - c) 现浇钢筋混凝土梁端支座或节点边缘截面的负弯矩调幅幅度不宜大于 25%；弯矩调整后的梁端截面相对受压区高度不应超过 0.35，且不宜小于 0.10。钢筋混凝土板的负弯矩调幅幅度不宜大于 20%。
- 6.3 配置高强钢筋的混凝土构件和预应力混凝土构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值应符合 GB 50010 的有关规定。
- 6.4 在矩形、T 形、倒 T 形和 I 形截面的高强钢筋混凝土受拉、受弯和偏心受压构件及预应力混凝土轴心受拉和受弯构件中，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式 (4)～式 (7) 计算：

$$\omega_{\max} = \alpha_{\text{cr}} \psi \frac{\sigma_s}{E_s} \left(1.9c_s + 0.08 \frac{d_{\text{eq}}}{\rho_{\text{te}}} \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$\psi = 1.1 - 0.65 \frac{f_{\text{tk}}}{\rho_{\text{te}} \sigma_s} \dots\dots\dots (5)$$

$$d_{eq} = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i v_i d_i}$$

..... (6)

$$\rho_{te} = \frac{A_s + A_p}{A_{te}}$$

..... (7)

式中：

α_{cr} ——构件受力特征系数，按表 8 采用；

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数；当 $\psi < 0.2$ 时，取 $\psi = 0.2$ ；当 $\psi > 1.0$ 时，取 $\psi = 1.0$ ；对直接承受重复荷载的构件，取 $\psi = 1.0$ ；

σ_s ——按荷载准永久组合计算的钢筋混凝土构件纵向受拉钢筋应力或按标准组合计算的预应力混凝土构件纵向受拉钢筋等效应力；

E_s ——钢筋的弹性模量；

c_s ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离，单位为毫米 (mm)；当 $c_s < 20$ 时，取 $c_s = 20$ mm；当 $c_s > 65$ 时，取 $c_s = 65$ mm

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径，单位毫米 (mm)；对无粘结后张构件，仅为受拉区纵向受拉高强钢筋的等效直径，单位为毫米 (mm)；；

ρ_{te} ——按有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率；对无粘结后张构件，仅取纵向受拉普通钢筋计算配筋率；在最大裂缝宽度计算中，当 $\rho_{te} < 0.01$ 时，取 $\rho_{te} = 0.01$ ；

n_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的根数；对于有粘结预应力钢绞线，取为钢绞线束数；

v_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的相对粘结特性系数，按 GB 50010 的有关规定取用；

d_i ——受拉区第 i 种纵向钢筋的公称直径；对于有粘结预应力钢绞线束的直径取为 $\sqrt{n_i} d_{pi}$ ；其中 d_{pi} 为单根钢绞线的公称直径， n_i 为单束钢绞线根数；

A_s ——受拉区纵向高强钢筋截面面积；

A_p ——受拉区纵向预应力筋截面面积；

A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；对轴心受拉构件，取构件截面面积；对受弯、偏心受压和偏心受拉构件，取 $A_{te} = 0.5bh + (b_f - b)h_f$ ，此处 b_f 、 h_f 为受拉翼缘的宽度、高度。

注：对按 GB 50010 的有关规定配置表层钢筋网片的梁，可将计算求得的最大裂缝宽度乘以裂缝折减系数 0.7；当构件为轴心受拉或偏心受拉构件时，裂缝折减系数取 1.0；其他情况裂缝折减系数取 0.85；对 $e_0/h_0 < 0.55$ 的偏心受压构件，可不验算裂缝宽度。

表 8 构件受力特征系数

类型	α_{cr}	
	钢筋混凝土构件	预应力混凝土构件
受弯、偏心受压	1.9	1.5
偏心受拉	2.4	—
轴心受拉	2.7	2.2

- 6.5 计算高强钢筋混凝土受弯构件最大裂缝宽度时，在准永久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取梁、柱交接处及梁、板交接处的计算弯矩；现浇梁板可考虑梁有效翼缘宽度范围内的板与梁同方向的板筋参与梁支座截面的裂缝宽度计算。
- 6.6 高强钢筋混凝土受弯构件，在正常使用极限状态下挠度计算的荷载组合、刚度计算以及挠度的限值要求均应符合 GB 50010 的有关规定

6.7 高强钢筋混凝土楼盖结构应根据使用功能的要求进行竖向自振频率验算，并应符合 GB 50010 和 JGJ/T 441 的规定。

7 混凝土构件设计

7.1 一般规定

7.1.1 高强钢筋混凝土结构应根据其结构设计工作年限、结构安全等级、抗震设防标准确定结构上的作用和作用组合。

7.1.2 高强钢筋混凝土构件应进行承载能力极限状态计算、正常使用极限状态验算和耐久性设计。

7.1.3 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本文件 4.2 所列承载能力极限状态设计表达式。

7.1.4 对于正常使用极限状态，混凝土结构构件应分别按荷载的准永久组合、标准组合、频遇组合并考虑长期作用的影响，采用本文件 4.3 所列极限状态设计表达式进行验算。

7.2 构件设计

7.2.1 高强钢筋混凝土构件的正截面承载力计算、斜截面承载力计算、扭曲截面承载力计算及受冲切承载力计算应按 GB 50010 的有关规定执行。

7.2.2 高强钢筋混凝土构件裂缝宽度按本文件 6.4 条计算。

7.3 地基基础

7.3.1 配置高强钢筋的地基及基础混凝土构件设计应符合 GB 55003 和 GB 50007 的规定。

7.3.2 配置高强钢筋的桩基设计、施工及验收应符合 JGJ 94 的规定。

7.3.3 抗浮锚杆筋体截面面积及抗浮桩裂缝控制设计应符合 JGJ 476 及相关现行行业标准的规定。

8 基坑与边坡支护设计

8.1 一般规定

8.1.1 配置高强钢筋的基坑与边坡工程应符合 JGJ 120 及 GB 50330 的相关规定。

8.1.2 基坑与边坡工程的锚杆、支护桩配置高强钢筋时，符合下列规定：

- a) 钢筋直径不宜小于 16 mm；
- b) 锚杆的张拉锁定应力不宜大于轴向拉力标准值的 50%；
- c) 钢筋的连接器的抗拉强度应不小于高强钢筋的极限强度标准值；

8.1.3 高强钢筋屈服强度标准值、极限强度标准值、抗拉强度设计值、抗压强度设计值按本文件 5.1 节采用。

8.1.4 基坑与边坡工程为临时结构时，配置高强钢筋的构件可仅进行承载能力极限状态设计。

8.2 锚杆

8.2.1 锚杆轴向拉力标准值应按式 (8) 计算：

$$N_{ak} = \frac{H_{tk}}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

N_{ak} ——相应于作用的标准组合时锚杆所受轴向拉力，单位为千牛（kN）；
 H_{tk} ——锚杆水平拉力标准值，单位为千牛（kN）；
 α ——锚杆倾角，单位为度（°）。

8.2.2 锚杆宜采用单根配置，特殊条件下也可以多根配置，钢筋截面面积应根据轴向拉力设计值按式（9）计算确定：

$$A_s \geq \frac{K_b N_{ak}}{f_y}$$

..... (9)

式中：

A_s ——锚杆钢筋截面面积，单位为平方米（m²）；
 f_y ——钢筋抗拉强度设计值，单位为千帕（kPa）；
 K_b ——锚杆杆体抗拉安全系数，应按表 9 取值。

表 9 锚杆杆体抗拉安全系数

边坡工程安全等级	安全系数	
	临时性锚杆	永久性锚杆
一级	1.8	2.2
二级	1.6	2.0
三级	1.4	1.8
边坡工程安全等级应满足 GB 50330 的相关规定		

8.2.3 锚杆锚固体与岩土层间的长度应满足式（10）的要求：

$$l_a \geq \frac{KN_{ak}}{\pi \cdot D \cdot f_{rbk}}$$

..... (10)

式中：

K ——锚杆锚固体抗拔安全系数，按表 10 取值；
 l_a ——锚杆锚固段长度，单位为米（m）；
 f_{rbk} ——岩土层与锚固体极限粘结强度标准值，单位为千帕（kPa），应通过实验确定；
 D ——锚杆锚固段钻孔直径，单位为毫米（mm）。

表 10 岩土锚杆锚固体抗拔安全系数

边坡工程安全等级	安全系数	
	临时性锚杆	永久性锚杆
一级	2.0	2.6
二级	1.8	2.4
三级	1.6	2.2
边坡工程安全等级、锚杆锚杆段长度和岩层与锚固体极限粘结强度标准值应满足 GB 50330 的相关规定		

8.2.4 当配置高强钢筋锚杆时水泥砂浆强度等级不低于 M30；同时锚杆杆体与锚固砂浆间的锚固长度应满足式（11）的要求：

$$l_a \geq \frac{KN_{ak}}{n\pi df_b}$$

..... (11)

式中：

l_a ——锚杆与砂浆间的锚固长度，单位为米（m）；

d ——钢筋直径，单位为米（m）；

n ——杆体钢筋根数（根）；

f_b ——钢筋与锚固砂浆间的粘结强度标准值，单位为千帕（kPa），应由实验确定，当缺乏试验资料时可按表 11 取值。

表 11 钢筋与砂浆之间的粘结强度设计值

锚杆类型	水泥砂浆或水泥砂浆强度等级/MPa	
	M30	M35
水泥砂浆与螺纹钢筋间的粘结强度设计值 f_b	2.40	2.70
当采用二根钢筋点焊成束的做法时，粘结强度应乘 0.85 折减系数； 当采用三根钢筋点焊成束的做法时，粘结强度应乘 0.7 折减系数； 成束钢筋的根数不应超过三根，钢筋截面总面积不应超过锚孔面积的 20%。当锚固段钢筋和注浆材料采用特殊设计，并经试验验证锚固效果良好时，可适当增加锚筋用量		

- 8.2.5 配置高强钢筋的永久支护锚杆杆体定位支架应符合下列规定：
- a) 定位支架包括对中支架、对中隔离架等，应采用金属、塑料或其他对杆体与注浆体无害的材料制做；
 - b) 定位支架不应影响注浆液在锚孔内的流动；
 - c) 定位支架的尺寸应满足钢筋保护层厚度的要求。
- 8.3.6 锚具符合下列规定：
- a) 采用的挤压锚具、夹片锚具与螺母锚具的性能均应符合 GB/T 14370 的有关规定；
 - b) 预应力锚具的锚固力应大于杆体极限抗拉力的 95%，且实测达到极限抗拉力时的钢筋总应变值不应小于 2%；
 - c) 锚具应具有补偿张拉和松弛的功能，需要时可采用可以调节拉力的锚头；
 - d) 锚具罩应采用钢材或塑料材料制作加工，需完全罩住锚杆头和预应力筋的尾端，与支承面的接缝应为水密性接缝。
- 8.3.7 锚杆的构造设计及施工应符合 GB 50330 等规范的相关要求。

8.4 支护桩

- 8.4.1 桩身混凝土强度等级不宜低于 C30。
- 8.4.2 纵向受力钢筋混凝土保护层厚度不应小于 50 mm，无混凝土护壁时不宜小于 70 mm。
- 8.4.3 桩纵筋采用并筋配筋形式时，应符合 GB 50010 规范的有关规定。
- 8.4.4 桩板式挡墙应根据其受力特点进行配筋设计，其配筋率、钢筋搭接和锚固应符合 GB 50010 及 GB 50330 的有关规定。

8.5 构造设计与施工

锚杆与支护桩的构造设计、施工及验收应满足 GB 50330 及 GB 50204 等规范的有关规定。

9 构造规定

9.1 钢筋的锚固

9.1.1 配置于混凝土结构中的高强钢筋，当计算中充分利用高强钢筋的抗拉强度时，受拉钢筋的锚固应符合下列要求：

a) 基本锚固长度应按式（12）计算：

$$l_{ab}=0.14\frac{f_y}{f_t}d \dots\dots\dots (12)$$

式中：

l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度；
 f_y ——高强钢筋的抗拉强度设计值；
 f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，按 GB 50010 的有关规定采用；当混凝土强度等级高于 C60 时，按 C60 取值；
 d ——锚固钢筋的直径。

b) 受拉高强钢筋的锚固长度可参考表 12 选用，同时应根据锚固条件按式（13）计算，且不应小于 200 mm：

$$l_a=\xi_a l_{ab} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

l_a ——受拉钢筋的锚固长度；
 ξ_a ——锚固长度修正系数，按 GB 50010 的有关规定采用，当多于一项时，可按连乘计算，但不应小于 0.6。

表 12 630MPa 级钢筋受拉锚固长度 l_a

混凝土强度等级													
C30		C35		C40		C45		C50		C55		≥C60	
d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25
54d	59d	48d	54d	44d	49d	42d	46d	40d	44d	39d	43d	37d	41d

c) 抗震设计时，纵向受拉高强钢筋的抗震锚固长度 l_{aE} 可参考表 13 选用，同时应按式（14）计算：

$$l_{aE}=\xi_{aE} l_a \dots\dots\dots (14)$$

式中：

l_{aE} ——纵向受拉钢筋的抗震锚固长度；
 ξ_{aE} ——纵向受拉钢筋抗震锚固长度修正系数，对特一、一、二级抗震等级取 1.15，对三级抗震等级取 1.05，对四级抗震等级取 1.00。

表 13 630 MPa 级钢筋受拉抗震锚固长度 l_{aE}

抗震等级	混凝土强度等级													
	C30		C35		C40		C45		C50		C55		≥C60	
	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25	d≤25	d>25
特一、一、二级	62d	67d	56d	62d	53d	57d	49d	54d	46d	51d	45d	49d	43d	47d
三级	56d	62d	51d	57d	46d	51d	44d	49d	42d	46d	41d	45d	39d	43d
注：四级抗震时， $l_{aE}=l_a$ 。														

d) 当锚固钢筋的保护层厚度不大于 5 d 时，锚固长度范围内应配置横向构造钢筋，其直径不应小于 d/4；对梁、柱、斜撑等构件间距不应大于 5 d，对板、墙等平面构件间距不应大于 10 d，且均不应大于 100 mm，此处 d 为锚固钢筋的直径。

9.1.2 梁节点中纵向受拉钢筋的锚固要求应符合 GB 50010 的相关规定。

9.1.3 混凝土结构中的纵向受压钢筋，当计算中充分利用其抗压强度时，锚固长度不应小于相应受拉锚固长度的 70%。受压钢筋应符合下列规定：

- a) 受压钢筋不应采用末端弯钩和一侧贴焊锚筋的锚固措施；
- b) 受压钢筋锚固长度范围内的横向构造钢筋应符合 GB 50010 的相关规定。

9.1.4 当高强钢筋采用锚固板锚固时，应优先选用螺栓连接锚固板。

9.1.5 当高强钢筋采用锚固板锚固时，宜采用部分锚固板形式。锚固板符合下列规定：

- a) 部分锚固板的承压面积不应小于锚固钢筋公称面积的 4.5 倍；
- b) 锚固板厚度不应小于锚固钢筋公称直径；
- c) 钢筋锚固长度 l_{ah} 不宜小于 $0.4l_{ab}$ （或 $0.4l_{abE}$ ）；
- d) 高强钢筋的锚固区混凝土强度等级不宜低于 C40；
- e) 钢筋混凝土简支梁和连续梁简支端的剪力大于 $0.7f_t b h_0$ ，且其下部纵向受力钢筋伸入支座范围内的锚固长度无法满足 GB 50010 中不小于 12 d 的要求时，可选用钢筋锚固板，锚固长度 l_{ah} 不应小于 8 d。

9.1.6 锚固板的设计、构造、制作和安装，以及锚固区的设计和构造应符合 JGJ 256 的规定。

9.2 钢筋的连接

9.2.1 高强钢筋宜采用机械连接方式进行连接，也可采用绑扎搭接，并符合下列规定。

- a) 钢筋采用机械连接和绑扎搭接时，连接区段的长度、接头面积百分率、搭接接头长度以及连接区段的构造要求应符合 GB 50010 的有关规定。
- b) 机械连接宜用于直径不小于 16 mm 的受力钢筋的连接，机械连接类型及接头的质量检验与验收应符合 JGJ 107 的规定。
- c) 轴心受拉及小偏心受拉杆件的纵向受力钢筋不应采用绑扎搭接；其他构件中的钢筋采用绑扎搭接时，受拉钢筋直径不宜大于 22 mm，受压钢筋直径不宜大于 25 mm。

9.2.2 高强钢筋不宜采用焊接连接。当确需采用焊接方式连接时，应依据现行相关国家标准进行焊接试验，试验结果满足 JGJ 18 相关规定后方可采用。

9.2.3 经试验确定可采用焊接时，焊接接头满足下列规定：

- a) 连接区段的长度、接头面积百分率、接头长度以及连接区段的构造要求应符合 GB 50010 的有关规定；
- b) 焊接接头可采用搭接焊或闪光对焊，不应采用电渣压力焊；
- c) 焊剂宜采用 E60 型焊剂。

9.2.4 高强钢筋的连接除应符合本文件相关规定要求外，还应符合 GB 50010、JGJ 107、JGJ 18 的规定。

9.3 纵向受力钢筋的最小配筋率

9.3.1 配置高强钢筋的混凝土构件中纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表 14 规定的数值。

表 14 纵向受力钢筋的最小配筋百分率（%）

受力类型		最小配筋率
受压构件	全部纵向钢筋	0.50
	一侧纵向钢筋	0.20
受弯构件、偏心受拉、轴心受拉构件一侧的受拉钢筋		0.20 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值

表 14 纵向受力钢筋的最小配筋百分率（%）（续）

受力类型	最小配筋率
板类受弯构件（悬臂板及柱支承板除外）	0.15 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值
卧置于地基上的钢筋混凝土板	0.15

9.3.2 当采用 C60 以上强度等级的混凝土时，受压构件全部纵向钢筋最小配筋率应按表 14 中的规定值增加 0.10% 采用。

9.3.3 抗震设计时，配置高强钢筋的框架柱和框支柱中全部纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表 15 的规定，同时，每一侧的配筋百分率不应小于 0.20%。

表 15 柱全部纵向受力钢筋最小配筋百分率（%）

柱类型	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
中柱、边柱	0.90（1.00）	0.70（0.80）	0.60（0.70）	0.50（0.60）
角柱、框支柱	1.10	0.90	0.80	0.70
表中括号内数值用于框架结构的柱。 当混凝土强度等级为 C60 以上时，应按表中数值增加 0.10% 采用				

9.3.4 抗震设计时，配置高强钢筋的其他混凝土构件中的最小配筋百分率及配箍率应符合 GB 50010 及 GB 50011 的有关规定。

9.3.5 在动荷载作用下，配置纵向受力高强钢筋的防空地下室钢筋混凝土受弯构件和大偏心受压构件的受拉钢筋的最大配筋百分率不宜大于 2.0%。

9.3.6 在动荷载作用下，配置纵向受力高强钢筋的防空地下室钢筋混凝土结构构件的配筋百分率不应小于表 16 规定的数值。

表 16 纵向受力钢筋的最小配筋百分率（%）

分类	混凝土强度等级		
	C30～C35	C40～C55	C60～C80
受压构件的全部纵向钢筋	0.50（0.30）	0.50（0.30）	0.60（0.30）
偏心受压及偏心受拉构件一侧的受压钢筋	0.20	0.20	0.20
受弯构件、偏心受压及偏心受拉构件一侧的受拉钢筋	0.25	0.30	0.35
当为墙体时，受压构件的全部纵向钢筋最小配筋百分率采用括号内数值。 板类受弯构件（不包括悬臂板）的受拉钢筋，当配置 630 MPa 级高强钢筋时，应允许按表中规定减小 0.05。 对卧置于地基上的核 5 级、核 6 级和核 6B 级甲类防空地下室结构底板，当其内力系由平时设计荷载控制时，板中受拉钢筋最小配筋率可适当降低，但不应小于 0.15%			

9.3.7 高强钢筋桩板式挡墙其配筋率应符合 GB 50010 及 GB 50330 的有关规定。

9.3.8 配置高强钢筋的混凝土灌注桩，桩身配筋应符合 JGJ 94 的规定。

9.4 混凝土保护层

9.4.1 高强钢筋的构件混凝土保护层厚度应满足 GB 50010 的要求。

9.4.2 当梁、柱、墙中纵向受力钢筋的保护层厚度大于 50 mm 时，宜对保护层采取有效的构造措施。当在保护层内配置防裂、防剥落的钢筋网片时，网片钢筋的保护层厚度不应小于 25 mm。

9.4.3 地基基础工程的钢筋混凝土构件的纵向受力钢筋的混凝土保护层厚度应符合 GB 50011、GB 50330、JGJ 94 以及 JGJ 120 的规定。

9.5 耐久性

9.5.1 高强钢筋混凝土结构的耐久性设计应满足 GB 50010 及 GB/T 50476 的要求。

9.5.2 高强钢筋混凝土结构构件处于三类环境时，可采用阻锈剂、环氧涂层、阴极保护措施等措施。

10 施工与质量控制

10.1 一般规定

10.1.1 高强钢筋混凝土结构工程施工，除应符合本文件要求外，还应符合 GB 50666 和 GB 50204 的规定。

10.1.2 钢筋牌号和规格应按设计文件的规定采用，当进行钢筋代换时，除应符合设计要求的钢筋延伸率、构件承载力、裂缝宽度、挠度控制以及抗震规定以外，尚应满足最小配筋率、钢筋间距、保护层厚度、钢筋锚固长度、接头面积百分率及搭接长度等构造要求，应经设计单位同意，并应办理设计变更文件。

10.1.3 高强钢筋使用前应进行进场检验，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，表面不应有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈，外观质量不合格的不应使用。并经监理工程师认可。钢筋的性能、公称截面面积、理论重量应符合本文件附录 A、附录 B 的规定。

10.1.4 施工过程中应采取防止钢筋混淆规格、锈蚀或损伤的措施。

10.1.5 施工中发现钢筋脆断或力学性能显著不正常等现象时，不应使用该批钢筋。

10.2 钢筋加工

10.2.1 高强钢筋工程宜采用专业化生产的成型钢筋，其加工、配送、施工及验收应符合 JGJ 366 及地方标准的有关规定。

10.2.2 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应使用。

10.2.3 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不应将钢筋进行加热。钢筋应一次弯折到位，不应反复弯折。冬期施工和雨期施工应符合 GB 50666 和 JGJ/T 104 的规定。

10.2.4 钢筋宜采用机械设备进行调直。当采用机械设备调直时，调直设备不应具有延伸功能。调直后的钢筋应平直，不应有局部弯折。

10.2.5 高强钢筋弯折后平直段长度应符合设计要求及 GB 50010 的有关规定，钢筋弯折的弯弧内直径应符合下列规定：

- a) 当直径为 25 mm 及以下时，弯弧内直径不应小于钢筋直径的 6 倍；
- b) 当直径为大于 25 mm 时，弯弧内直径不应小于钢筋直径的 7 倍；
- c) 箍筋弯折处弯弧内直径尚不应小于纵向受力钢筋的直径，钢筋弯折处纵向受力钢筋为搭接钢筋或并筋时，应按钢筋实际排布情况确定箍筋弯弧内直径。

10.2.6 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现行相关标准的规定。钢筋的弯钩和机械锚固应符合下列规定。

- a) 钢筋端部的弯钩位于构件的侧边或角部时,应偏向内侧布置锚固锚头的方向。
- b) 锚板和锚头的承压面积应不小于锚筋截面面积的 4.5 倍;当锚板和锚头为方形时,边长不应小于 $2.07d$;圆形锚板时直径不应小于 $2.35d$;六边形锚板时直径不应小于 $2.58d$, d 为锚固钢筋直径。
- c) 当机械锚头较集中时,机械锚头的钢筋净距不应小于 $4d$, d 为锚固钢筋直径。
- d) 采用钢筋锚固板时,锚板的制作和安装应符合 JGJ 256 的有关规定。

10.3 钢筋连接与安装

10.3.1 钢筋连接方式除符合设计要求,尚符合下列规定:

- a) 纵向受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处;
- b) 接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于 $10d$ (d 为钢筋的公称直径);
- c) 同一跨度或同一层高内的同一纵向受力钢筋不宜设置两个或两个以上接头;
- d) 有抗震要求的框架柱、梁,不宜在端部的箍筋加密区内设置纵向钢筋接头。

10.3.2 钢筋机械连接符合下列规定。

- a) 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。
- b) 进行连接施工前应进行工艺检验,检验所有接头的有效型式检验报告。
- c) 机械连接接头的混凝土保护层厚度应符合 GB 50010 中受力钢筋的保护层最小厚度的规定;接头之间的横向净间距不宜小于 25 mm 。
- d) 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 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,止规旋入不应超过 $3p$, p 为螺距。
- e) 机械连接接头的适用范围、工艺要求、套筒材料及质量要求等应符合 JGJ 107 的有关规定。

10.3.3 纵向受力钢筋采用机械连接接头时,接头的设置以及接头面积百分率应符合 GB 50010 和 JGJ 107 的有关规定。

10.3.4 施工现场螺纹连接锚固板钢筋丝头加工符合下列规定:

- a) 加工钢筋丝头的操作工人应经专业技术人员培训合格后方可上岗;
- b) 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;
- c) 钢筋端面应平整,端部不应弯曲;
- d) 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;
- e) 钢筋丝头宜满足 $6f$ 级精度要求,应采用专用螺纹量规检验;
- f) 丝头加工时应使用水性润滑液,不应使用油性润滑液。

10.3.5 钢筋焊接施工应符合下列规定。

- a) 从事高强钢筋焊接施工的焊工应持有焊工考试合格证,并应按照合格证规定的范围上岗操作。
- b) 在钢筋工程焊接施工前,参与该项工程施焊的焊工应进行现场条件下的焊接工艺试验,经试验合格后方可进行焊接。工艺试验使用的材料、设备、辅料及作业条件均应与实际施工条件一致。

10.3.6 纵向受力钢筋采用绑扎搭接接头时,接头的设置、接头面积百分率以及纵向受力钢筋的最小搭接长度应符合 GB 50010 的有关规定。钢筋绑扎施工应符合 GB 50666 的规定。

10.3.7 构件交接处的钢筋位置应符合设计要求。当设计无要求时,应保证主要受力构件和构件中主要受力方向的钢筋位置。框架节点处梁纵向受力钢筋宜放在柱纵向钢筋内侧;当主次梁底部标高相同,次梁下部钢筋应放在主梁下部钢筋之上;剪力墙中水平分布钢筋宜放在外侧,并宜在墙边弯折锚固。

- 10.3.8 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，施工过程中应保护成品质量，未经允许，不应随意弯曲。
- 10.3.9 钢筋安装应采用定位件固定钢筋位置，并宜采用专用定位件。定位件应具有足够的承载力、刚度、稳定性和耐久性。定位件的数量、间距和固定方式，应能保证钢筋的位置偏差符合国家现行有关标准的规定。混凝土框架梁、柱保护层内，不宜采用金属定位件。
- 10.3.10 易形成腐蚀的地区使用钢筋时，应采用保护措施。

11 检测与验收

11.1 一般规定

- 11.1.1 当钢筋的品种、级别或规格需作变更时，应具有设计变更文件。
- 11.1.2 钢筋进场应有出厂质量证明文件，钢筋表面应有明确标志，钢筋的品种和牌号应符合设计要求，并按 GB 50204 的规定对钢筋进行检验。
- 11.1.3 采用成型钢筋时，应符合 JGJ 366 及地方标准的相关规定。
- 11.1.4 钢筋机械连接及钢筋锚固板施工前，应提供型式检验报告，并按 JGJ 107、JGJ 256 的要求进行现场抽样检验，合格后方可用于工程。
- 11.1.5 钢筋调直后应进行力学性能和重量偏差的检验，检验项目和方法应符合 GB/T 1499.2 及本文件附录 A 的规定。盘卷钢筋和直条钢筋调直后的断后伸长率、重量负偏差应符合表 17 的规定。

表 17 盘卷钢筋和直条钢筋调直后的断后伸长率、重量偏差要求

钢筋牌号	断后伸长率 $\delta/\%$	重量偏差/%		
		直径 6 mm~12 mm	直径 14 mm~20 mm	直径 22 mm~50 mm
HRBF630	≥ 14	± 5.5	± 4.5	± 3.5
HRBF630E	≥ 14			
断后伸长率 δ 的量测标距为 5 倍钢筋公称直径； 重量负偏差 (%) 按公式 $(W_0 - W_d) / W_0 \times 100$ 计算，其中 W_0 为钢筋理论重量 (kg/m)， W_d 为调直后钢筋的实际重量 (kg/m)。 对直径为 28 mm~40 mm 的带肋钢筋，表中断后伸长率可降低 1%；对直径大于 40 mm 的带肋钢筋，表中断后伸长率可降低 2%				

- 11.1.6 在浇筑混凝土之前，应进行钢筋隐蔽工程验收，其内容包括：
- a) 纵向受力钢筋的牌号、规格、数量、位置等；
 - b) 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；
 - c) 箍筋、横向钢筋的牌号、规格、数量、间距，箍筋弯钩的弯折角度及直段长度；
 - d) 预埋件的规格、数量、位置等。

11.2 钢筋材料验收

11.2.1 主控项目

- 11.2.1.1 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：根据图纸要求进行现场检查。
- 11.2.1.2 钢筋采用机械连接或焊接连接时，钢筋机械连接接头、焊接接头的力学性能、弯曲性能应符合国家现行有关标准的规定。接头试件应从工程实体中截取。检查数量和方法按 JGJ 107 和 JGJ 18 的规定确定。

11.2.1.3 采用机械连接时，螺纹接头应检验拧紧扭矩值，挤压接头应量测压痕直径，检验结果应符合 JGJ 107 的相关规定。

11.2.1.4 采用螺栓连接锚固板连接时，应进行工艺检验、抗拉强度检验和拧紧扭矩检验，检验结果应符合 JGJ 256 的相关规定。

11.2.2 一般项目

11.2.2.1 钢筋接头的位置应符合设计和施工方案要求。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。

11.2.2.2 钢筋机械连接接头的外观质量应符合 JGJ 107 和 JGJ 18 的规定。

11.2.2.3 螺栓连接锚固板连接接头的外观质量应符合 JGJ 256 的规定。

11.2.2.4 当纵向受力钢筋采用机械连接接头时，同一连接区段内纵向受力钢筋的接头面积百分率符合设计要求；当设计无具体要求时，符合下列规定。

a) 受拉接头，不宜大于 50%；受压接头，可不受限制。

b) 直接承受动力荷载的结构构件中，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 5 m 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。

注 1：接头连接区段是指长度为 35 d 且不小于 500 mm 的区段，d 为相互连接两根钢筋的直径较小值。

注 2：同一连接区段内纵向受力钢筋接头面积百分率为接头中点位于该连接区段内的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

11.2.2.5 当纵向受力钢筋采用绑扎搭接接头时，接头的设置符合下列规定：

a) 接头的横向净间距不应小于钢筋直径，且不应小于 25 mm；

b) 同一连接区段内，纵向受拉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，符合下列规定：

1) 梁类、板类及墙类构件，不宜超过 25%；基础筏板，不宜超过 50%；

2) 柱类构件，不宜超过 50%；

3) 当工程中确有必要增大接头面积百分率时，对梁类构件，不应大于 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 5 m 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。

注 1：接头连接区段是指长度为 1.3 倍搭接长度的区段。搭接长度取相互连接两根钢筋中较小直径计算。

注 2：同一连接区段内纵向受力钢筋接头面积百分率为接头中点位于该连接区段长度内的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

11.2.2.6 梁、柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内箍筋的设置应符合设计要求；当设计无具体要求时，符合下列规定：

a) 箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 1/4；

b) 受拉搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100 mm；

c) 受压搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍，且不应大于 200 mm；

d) 当柱中纵向受力钢筋直径大于 25 mm 时，应在搭接接头两个端面外 100 mm 范围内各设置二道箍筋，其间距宜为 50 mm。

检查数量：在同一检验批内，应抽查构件数量的 10%，且不应少于 3 件。检验方法：观察，尺量。

11.3 钢筋加工质量

11.3.1 主控项目

11.3.1.1 钢筋弯折的弯弧内直径应符合 10.2.5 条的规定。检查数量：按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查，不应少于 3 件。检验方法：尺量。

11.3.1.2 纵向受力钢筋的弯折后长度应符合设计要求。检查数量：按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查，不应少于 3 件。检验方法：尺量。

11.3.1.3 盘卷钢筋调直后应进行力学性能和单位长度质量偏差检验，非抗震钢筋其强度、断后伸长率，应符合附录 A.2 的规定；抗震钢筋最大力下总延伸率，应符合 5.1.4 条的规定，高强钢筋强度应符合 5.1.5 条的规定。盘卷钢筋调直后重量允许偏差应符合 5.1.2 条的规定，力学性能和重量偏差检验符合下列规定。

- 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。
- 重量允许偏差应按附录 C 中式 (C.2.3) 计算。
- 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 500 mm；长度和重量的量测精度分别不应低于 1 mm 和 1 g。
- 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：同一加工设备、同一牌号、同一规格的调直钢筋、重量不大于 60 t 为一批，每批抽取 3 个试件。检验方法：检查抽样检查报告。

11.3.1.4 钢筋锚固端的加工应符合国家现行规范标准的相关规定。钢筋锚固板应符合 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。

11.3.2 一般项目

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 18 的要求。检查数量：按每工作班同一加工设备、同一类型钢筋抽查不应少于 3 件。检验方法：尺量。

表 18 钢筋加工允许偏差

项目	允许偏差/mm
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10
弯起钢筋的弯折位置	±20
箍筋外轮廓尺寸	±5

11.4 钢筋连接质量

11.4.1 主控项目

11.4.1.1 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。检查数量及方法按 JGJ 107 的相关规定确定。

11.4.1.2 采用机械连接时，螺纹接头应检验拧紧扭矩值，挤压接头应量测压痕直径，检验结果应符合 JGJ 107 的相关规定。

11.4.1.3 采用螺栓连接锚固板连接时，应进行工艺检验、抗拉强度检验和拧紧扭矩检验，检验结果应符合 JGJ 256 的相关规定。

11.4.2 一般项目

11.4.2.1 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，梁端、柱端箍筋加密区范围内不应进行搭接。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。检验方法：观察，尺量。

11.4.2.2 检验方法：观察，尺量。钢筋机械连接接头的外观质量应符合 JGJ 107 和 JGJ 18 的规定。

11.4.2.3 螺栓连接锚固板连接接头的外观质量应符合 JGJ 256 的规定。

11.4.2.4 当纵向受力钢筋采用机械连接接头时，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，符合下列规定：

- a) 受拉接头，不宜大于 50%；受压接头，可不受限制；
- b) 直接承受动力荷载的结构构件中，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 5 m 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。

注 1：接头连接区段是指长度为 35 d 且不小于 500 mm 的区段，d 为相互连接两根钢筋的直径较小值。

注 2：同一连接区段内纵向受力钢筋接头面积百分率为接头中点位于该连接区段内的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

11.4.2.5 当纵向受力钢筋采用绑扎搭接接头时，接头的设置应符合下列规定：

- a) 接头的横向净间距不应小于钢筋直径，且不应小于 25 mm；
- b) 同一连接区段内，纵向受拉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，应符合下列规定。
 - 1) 梁类、板类及墙类构件，不宜超过 25%；基础筏板，不宜超过 50%。
 - 2) 柱类构件，不宜超过 50%。
 - 3) 当工程中确有必要增大接头面积百分率时，对梁类构件，不应大于 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 5 m 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。

注 1：接头连接区段是指长度为 1.3 倍搭接长度的区段。搭接长度取相互连接两根钢筋中较小直径计算。

注 2：同一连接区段内纵向受力钢筋接头面积百分率为接头中点位于该连接区段长度内的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

11.4.2.6 梁、柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内箍筋的设置应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

- a) 箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 1/4；
- b) 受拉搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100 mm；
- c) 受压搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍，且不应大于 200 mm；
- d) 当柱中纵向受力钢筋直径大于 25 mm 时，应在搭接接头两个端面外 100 mm 范围内各设置二道箍筋，其间距宜为 50 mm。

检查数量：同一检验批内，应抽查构件数量的 10%，且不应少于 3 件。检验方法：观察，尺量。

11.5 钢筋安装质量

11.5.1 主控项目

11.5.1.1 钢筋安装时，受力钢筋的品种、级别、规格和数量应符合设计要求。钢筋代换应符合现行国家标准、设计图纸及技术核定单的要求。检查数量：全数检查。检验方法：观察，钢尺、设计图纸、钢筋代换技术核定单。

11.5.1.2 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。

11.5.2 一般项目

钢筋安装位置的偏差及检验方法应符合表 19 的规定。受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90% 以上，且不应有超过表 10.5.3 中数值的 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 5 m 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 19。

表 19 钢筋安装位置和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	钢尺量连续 3 档，取最大偏差值
	网眼尺寸	± 20	尺量
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	钢尺量两端、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 3 档，取最大偏差值
钢筋弯起点位置		20	尺量，沿纵、横两个方向测量，并取其中偏差的较大值
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。			

附录 A
(资料性)

HRBF630、HRBF630E 级钢筋技术性能

A.1 钢筋的牌号和化学成分应满足下列要求。

- a) 钢筋牌号、化学成分和碳当量(熔炼分析)应符合表 A.1 的规定。根据需要钢中还可加入 V、Nb、Ti 等元素。
- b) 碳当量 C_{eq} (百分比)值可按式(A.1)计算。

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + V + Mo)/5 + (Cu + Ni)/15 \dots\dots\dots (A.1)$$

- c) 钢中铜的残余含量应不大于 0.30%。
- d) 钢的氮含量应不大于 0.012%，供方如能保证可不作分析。钢中如有足够数量的氮结合元素，含氮量的限制可适当放宽。
- e) 钢筋成品的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。碳当量 C_{eq} 的允许偏差为+0.03%。

表 A.1 钢筋牌号、化学成分和碳当量

钢筋牌号	化学成分(质量分数)最大值/%					碳当量 C_{eq} 最大值 %
	C	Si	Mn	P	S	
HRBF630、HRBF630E	0.28	0.80	1.60	0.045	0.045	0.58

A.2 钢筋的力学性能应满足下列要求。

- a) 交货状态的力学性能特性值应符合表 A.2 的规定。
- b) 有抗震要求的结构适用牌号为表 A.2 中的 HRBF630E 钢筋。该类钢筋除应满足表 A.2 中的规定之外，尚应满足以下要求：
 - 1) 钢筋抗拉强度实测值 f_{st}^0 与屈服强度实测值 f_y^0 之比不小于 1.25；
 - 2) 钢筋屈服强度实测值 f_y^0 与表 A.2 中规定的屈服强度标准值 f_{yk} 之比不大于 1.30；
 - 3) 钢筋的最大力下总延伸率 δ_{gt} 不小于 9%。
- c) 根据供需双方协议，伸长率类型可从 δ 或 δ_{gt} 中选定。如伸长率类型未经协议确定，则伸长率采用 δ ，仲裁试验时采用 δ_{gt} 。

表 A.2 交货状态钢筋力学性能特征值

钢筋牌号	屈服强度 标准值 f_{yk} ， MPa	极限强度 标准值 f_{stk} ， MPa	断后伸长率 δ /%	最大力总延伸率 $\Delta_{gt}/\%$	f_{st}^0/f_y^0	f_y^0/f_{yk}
	不小于					不大于
HRBF630	630	790	14	7.5	—	—
HRBF630E			14	9.0	1.25	1.30

f_{st}^0 为钢筋抗拉强度实测值； f_y^0 为钢筋屈服强度实测值。

公称直径 28 mm~40 mm 钢筋的断后伸长率 δ 可降低 1%；公称直径大于 40 mm 钢筋的断后伸长率 δ 可降低 2%。

HRBF630E 的钢筋伸长率可根据断后伸长率 δ 或最大力下总延伸率 δ_{gt} 进行判定。

当 f_{st}^0/f_y^0 和 f_y^0/f_{yk} 试验时，自然时效时间不宜小于 96 h；如有争议应进行人工时效，人工时效参照 GB/T 28900 进行

- A. 3 钢筋的工艺性能应满足下列要求。
- a) 钢筋应进行弯曲试验。按表 A. 3 规定的弯曲压头直径弯曲 180° 后，钢筋受弯曲部位表面不应产生裂纹。
 - b) 钢筋应进行反向弯曲试验。经反向弯曲试验后，钢筋受弯曲部位表面不应产生裂纹。反向弯曲试验的弯曲压头直径比弯曲试验相应增加一个钢筋公称直径。
 - c) 钢筋的实际晶粒度为 9 级或更细，如供方能保证可不作晶粒度检验。
 - d) 钢筋的疲劳性能可通过疲劳性能试验测定，疲劳试验的技术要求和试验方法应按照 GB/T 28900 的规定。

表 A. 3 钢筋弯曲性能

钢筋牌号	公称直径 d/mm	弯曲压头直径/mm
HRBF630、HRBF630E	6~25	6 d
	25~40	7 d
	40~50	8 d

- A. 4 钢筋的外形、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书参照 GB/T 1499.2 中的规定执行。
- A. 5 钢筋的复验与判定应符合 GB/T 17505 的规定。钢筋的重量偏差项目不应进行复验。

附录 B
(资料性)
钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量

钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量见表 B. 1。

表 B. 1 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量

公称 直径	不同根数钢筋的公称截面面积/mm ²									单根钢筋 理论重量
mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	kg/m
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	254	0.222
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	679	792	905	1017	0.888
14	153.9	308	462	616	770	924	1078	1232	1385	1.208
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.578
18	254.5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1.998
20	314.2	628	942	1257	1571	1885	2199	2513	2827	2.466
22	380.1	760	1140	1521	1901	2281	2661	3041	3421	2.984
25	490.9	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3.853
28	615.8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.834
32	804.2	1608	2413	3217	4021	4825	5630	6434	7238	6.313
36	1018	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1257	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.865
50	1964	3928	5892	7856	9820	11784	13748	15712	17676	15.42
注：理论重量按密度为 7.85 g/cm ³ 计算。										

附录 C

(资料性)

HRBF630、HRBF630E 级钢筋检验

C.1 检验项目

C.1.1 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 C.1 的规定。

表 C.1 热轧带肋高强钢筋检验

序号	检验项目	取样数量/个	取样方法	试验方法
1	化学成分 (熔炼分析)	1	GB/T 20066	GB/T 223、GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20125、
2	拉伸	2	任意两根钢筋切取	GB/T 28900、本文件 C. 2. 2
3	弯曲	2	任意两根钢筋切取	GB/T 28900、本文件 C. 2. 2
4	反向弯曲	1	任意一根钢筋切取	GB/T 28900、本文件 C. 2. 2
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 1499. 2		
7	连接性能	JGJ 18、JGJ 107		
8	尺寸	逐根	——	本文件 C. 2. 3
9	表面	逐根	——	目测
10	重量偏差	本文件 C. 2. 3		本文件 C. 2. 4
对于化学成分的试验方法优先采用 GB/T 4336，对化学分析结果有争议时，仲裁试验应按 GB/T 223 规定的相关部分进行。 疲劳性能、晶粒度、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。该产品初次使用应提供晶粒度、金相组织与连接性能的检测报告。 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 GB/T 1499. 2 附录 B 的规定				

C.1.2 钢筋的成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定，碳当量 Ceq 的允许偏差为+0.03%。

C.2 试验方法

C.2.1 拉伸、弯曲、反向弯曲试验应符合下列规定。

- a) 拉伸、弯曲、反向弯曲试验试样不应进行车削加工。
- b) 试验试样截面面积应采用公称横截面面积。
- c) 反向弯曲试验时，经正向弯曲 90°后的试样，应在 100℃±10℃温度下保温不少于 30 min，经自然冷却后再反向弯曲 20°。两个弯曲角度均应在保持载荷时测量。当钢筋的人工时效后的反向弯曲性能满足要求时，正向弯曲后的试样也可在室温下直接进行反向弯曲试验。

C.2.2 尺寸测量应符合下列规定。

- a) 带肋钢筋内径的测量应精确到 0.1 mm。
- b) 带肋钢筋纵肋、横肋高度的测量应精确到 0.1 mm。带肋钢筋纵肋、横肋高度应按式 (C.1) 计算。

$$h = \frac{d - d_1}{2} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

h ——肋高；

d ——测量截面外径；

d_i ——测量截面内径。

c) 带肋钢筋横肋间距的测量应精确到 0.1 mm。带肋钢筋横肋间距应按式 (C.2) 计算。

$$\text{横肋间距} = \frac{\text{任意11个横肋中心距离}}{10} \dots\dots\dots (C.2)$$

C.2.3 重量偏差的测量应符合下列规定。

- a) 测量钢筋重量偏差时，试样应从不同钢筋上随机截取。试样数量应不少于 5 根，每根试样长度应不小于 500 mm。长度应逐根测量，并应精确到 1 mm。测量试样总重量时，应精确到 1g。
- b) 钢筋实际重量与理论重量的偏差 (%) 应按式 (C.3) 计算。

$$\text{重量偏差} = \frac{\text{试样实际总重量} - (\text{试样总长度} \times \text{理论重量})}{\text{试样总长度} \times \text{理论重量}} \times 100 \dots\dots\dots (C.3)$$

C.2.4 最大力下总延伸率 δ_{gt} 的检验按 GB/T 228.1 的有关试验方法进行。

C.2.5 检验结果的数值修约与判定应符合 YB/T 081 的规定。

C.3 交货检验

C.3.1 检验批确定原则应符合下列规定。

- a) 同一牌号、同一炉罐号、同一规格、同一加工方法、同一交货状态的钢筋，不超过 60 t 为一批，试验试样数量应符合本文件附录 C 表 C.1 的规定。超过 60 t 时，每增加 40 t (或不足 40 t 的余数)，增加 1 个拉伸试验试样、1 个弯曲试验试样和 1 个反向弯曲试验试样。
- b) 当由不同炉罐号组成混合批时，各炉罐号含碳量之差不应大于 0.02%，含锰量之差不应大于 0.15%。混合批不超过 60 t 为一批，试验试样数量应符合本文件表 C.1 的规定。超过 60 t 时，每增加 40 t (或不足 40 t 的余数)，增加 1 个拉伸试验试样和 1 个弯曲试验试样。

C.3.2 钢筋的复验与判定应符合 GB/T 17505 的规定。钢筋的重量偏差项目不应进行复验。

C.3.3 钢筋的表面标志应符合下列规定。

- a) 钢筋应在其表面轧上牌号标志、生产企业序号 (许可证后 3 位数字) 和公称直径毫米数字，还可轧上经注册的厂名或商标。
- b) 钢筋牌号以阿拉伯数字或阿拉伯数字加英文字母 6/EG/规格/003 表示。厂名以汉语拼音字头表示。公称直径毫米数以阿拉伯数字表示。
- c) 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。

参 考 文 献

- [1] GB 175 通用硅酸盐水泥
- [2] GB/T 197 普通螺纹 公差
- [3] GB/T 2101 型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- [4] GB/T 14902 预拌混凝土
- [5] GB/T 28900 钢筋混凝土用钢材试验方法
- [6] GB 50009 建筑结构荷载规范
- [7] GB 50068 建筑结构可靠性设计统一标准
- [8] GB 50153 工程结构可靠性设计统一标准
- [9] GB 50164 混凝土质量控制标准
- [10] GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准
- [11] GB 50352 民用建筑设计统一标准
- [12] GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- [13] GB 50739 复合土钉墙基坑支护技术规范
- [14] GB 55032 建筑与市政工程施工质量控制通用规范
- [15] DBJ 41/T 148 建筑工程钢筋专业化加工应用技术规范
- [16] JGJ 1 装配式混凝土结构技术规程
- [17] JGJ 3 高层建筑混凝土结构技术规程
- [18] JGJ/T 27 钢筋焊接接头试验方法标准
- [19] JG/T 163 钢筋机械连接用套筒
- [20] JGJ/T 322 混凝土中氯离子含量检测技术规范
- [21] T/CCIAT 0016-2020 600MPa 热轧带肋高强钢筋应用技术规范
- [22] TJ 10-74 钢筋混凝土结构设计规范
- [23] CECS 356:2013 高强箍筋混凝土结构技术规程
- [24] CECS 392:2014 建筑结构抗倒塌设计规范
- [25] 李艳艳, 苏恒博. 600 MPa 钢筋粘结锚固性能试验研究[J]. 建筑结构. 2017 (24)
- [26] 中国建筑标准设计研究院. 混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板) 22G101-1 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [27] ACI 319-19 Updates for ULS Design of Reinforcement Concrete
- [28] ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete
- [29] EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structure-Part 1—1: General rules and rules for buildings

条文说明

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,提高建筑安全储备能力。高强钢筋与高强混凝土配合使用,还可以减轻结构自重、减少运输费用、避免钢筋的密集配置、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、锚杆和支护桩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,有利于提高混凝土施工质量。推广高强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。编制本文件是为了落实国家的技术经济政策,规范应用热轧带肋高强钢筋。GB 50011 中 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》2010 年版已列入强度 500 MPa 级的钢筋,GB/T 1499.2 取消了 335 MPa 级钢筋,增加了 600 MPa 级热轧带肋高强钢筋,推广应用高强钢筋将是必要趋势。

本文件中未特别注明的高强钢筋均为 630 MPa 级细晶粒热轧带肋高强钢筋。

1 条文说明:

GB/T 1499.2 已增加了 600 MPa 级热轧带肋高强钢筋;已有地区对强度 600 MPa 的高强钢筋应用技术作了若干规定。江苏省、福建省、陕西省、甘肃省、江西省、安徽省、河北省、河南省、新疆自治区等多地 600 MPa 级及以上高强钢筋混凝土结构应用技术标准相继问世,GB 50010 规定混凝土结构中使用的最高强度等级普通钢筋为 500 MPa 级,630 MPa 的高强钢筋在实际应用中仍缺乏国家规范依据。

郑州大学、上海市建筑科学研究院有限公司等单位分别对 630 MPa 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。本文件在 GB 50010 的基础上,根据有关试验和理论分析,参照已有标准,针对 630 MPa 级高强钢筋在混凝土结构中的应用制定了相关规定,适用于配置高强钢筋 HRBF630、HRBF630E 的普通混凝土结构的建筑物和构筑物的设计、施工和质量验收。

HRBF630、HRBF630E 高强钢筋的延性、韧性以及抗震性能指标参照 GB/T 1499.2、GB 50011 等相关标准的规定,高强钢筋相关性能指标详见附录 A。

高强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。地基基础工程及边坡支护工程中的复合地基增强体、基桩、支护排桩、地下连续墙、土钉与普通锚杆中受力钢筋也可选用高强钢筋。

由于缺乏试验研究,高强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。

试验和研究表明,高强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,如抗爆设计人防结构和抗倒塌设计结构。对于由承载能力极限状态控制配筋的抗爆设计人防结构和抗倒塌设计结构,地下室结构、基础、基坑围护和边坡工程以及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 630 MPa 的高强钢筋,以达到节省钢材用量的目的。

本文件是对强度 630 MPa 级热轧带肋高强钢筋在混凝土结构应用的基本要求。在应用热轧带肋高强钢筋时,除需满足本文件的要求外,本文件未作规定的技术要求尚应符合 GB 55001、GB 55002、GB 55003、GB 55008、GB 50153、GB 50068、GB/T 50476、GB 50009、GB 50010、GB 50011、JGJ 3、JGJ 1、GB 50204、GB/T 1499.2 以及全本强制规定的通用规范的相关规定。本文件无具体规定时,结构和构件分析、计算及构造等均按 GB 50010、GB 50011、JGJ 3 等实施。

4.2 条文说明:

本条为承载能力极限状态设计的基本表达式,与相同,适用于本文件结构构件的承载力计算。

4.3 条文说明:

正常使用极限状态验算的基本表达形式,与 GB 50010 的规定一致。

4.4 条文说明:

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的, 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, 国际上一般都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。GB 50010 在裂缝控制等级的划分上也考虑了以上因素。

5.1.2 条文说明:

本文件采用的高强钢筋 HRBF630、HRBF600E 各项性能指标应符合相关规定, 具体技术指标要求见附录 A, 钢筋的公称截面面积和理论重量应符合本文件附录 B 的规定。

5.1.3, 5.1.4 条文说明:

根据 GB 50010 规定, 规定钢筋标准强度的保证率不应小于 95%。给出了高强钢筋 HRBF630、HRBF630E 的屈服强度标准值、抗拉强度标准值、钢筋延性 (最大力下的总延伸率) 特征值, 以及弹性模量等设计参数。

GB 1499.2-2018 列入了 HRB600, 且规定 HRB600 钢筋的极限强度标准值为 730 MPa; 但尚没有列入 HRBF630 钢筋。为了和国际标准接轨, 本文件列入 HRBF630 钢筋, 取 HRBF630 钢筋的极限强度标准值为 790 MPa。

由于没有明显屈服强度的钢筋延性和耗能减震性能较弱, 不宜用于有抗震设计要求部位的情况, 故本文件明确规定了 HRBF630E 抗震直条钢筋的拉伸试验应有明显的屈服平台, 不允许测塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替屈服强度值, 以防止无明显屈服平台的钢筋用于有抗震设计要求的部位。

GB 1499.2-2018 将原标准中的屈服强度标准值改为下屈服强度、极限强度标准值改为抗拉强度。为保持同 GB 50010 规定一致, 本文件中的钢筋力学性能指标仍采用屈服强度标准值和极限强度标准值。

由于制作偏差、基圆面积率不同以及钢筋线捻绞紧度差异等因素的影响, 实际钢筋受力后的变形模量存在一定的不确定性, 而且通常不同程度地偏小。因此, 必要时可通过试验测定钢筋的实际弹性模量, 用于设计计算。

5.1.5 条文说明:

抗拉强度设计值: 630 MPa 级热轧带肋钢筋的抗拉强度设计值由强度标准值除以材料分项系数 γ_s 得到。考虑到目前 630 MPa 级热轧带肋钢筋应用较少, 经验不多, 适当提高安全储备, 取材料分项系数 γ_s 为 1.15。 $f_y = f_{yk}/\gamma_s = 630/1.15 = 547.5$ MPa, 取抗拉强度设计值为 $f_y = 545$ MPa。

轴心受压构件及小偏心受压构件的钢筋抗压强度设计值: 对轴心受压构件依 GB 50010 对轴心受压构件, 由于混凝土压应力达到 f_c 时混凝土压应变为 0.002, 当采用 630 MPa 级钢筋时, 其钢筋的抗压强度设计值 f_y' 取为 400 N/mm²。

大偏心受压构件的钢筋抗压强度设计值: 根据相关实验结果, 受压钢筋应变与钢筋部位混凝土受压应变之比均值为 0.98, 标准差为 0.05, 变异系数为 0.05, 基本上可以认为钢筋的应变和混凝土受压应变是相等的。按 GB 50010 给定的混凝土受压应力-应变关系模型, 取混凝土极限应变 $\epsilon_u = 0.0033$ 。则钢筋的抗压强度平均值为 $\bar{f}_{yk}' = 0.0033 \times 2000000 \times 0.98 = 647$ MPa, 标准差为 $\sigma_{yk}' = 647 \times 0.05 = 32.4$ MPa, 抗压强度标准值为 $f_{yk}' = 647 - 1.645 \times 32.4 = 593.7$ MPa, 考虑到目前 630 MPa 级热轧带肋钢筋应用较少, 经验不多, 适当提高安全储备, 抗压强度设计值取 520 MPa。

用作横向钢筋时取值: 根据试验研究结果, 限定受剪、受扭、受冲切箍筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 不大于 360 N/mm²; 根据 CECS356:2013 的规定, 用作围箍约束混凝土的间接钢筋时, 其强度设计值不受此限。

对 HRBF630 热轧带肋钢筋的疲劳应力幅限值尚未进行系统研究，应根据专门试验确定，本文件未作规定。

根据 GB 50010、GB 50038 和 CECS392: 2014 的规定，提出了人防结构设计及结构抗倒塌设计的强度取值，对高强钢筋的强度可充分利用。

5.1.6 条文说明：

对按一、二、三级抗震等级设计的各类框架构件（包括斜撑构件），要求纵向受力钢筋检测所得的抗拉强度实测值（即实测强度最大值）与受拉屈服强度的比值（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，塑性铰处有足够的转动能力与耗能能力，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的受拉强度标准值的比值（屈强比）不应大于 1.3，主要是为了实现强柱弱梁、强剪弱弯的内力调整，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。纵向钢筋的延性及伸长率，是钢筋延性的重要性能指标，钢筋最大力下总延伸率不应小于 9%，保证在抗震大变形条件下，框架柱、框架梁、伸臂桁架、楼梯梯段纵向钢筋具有足够的延性和塑性变形能力。其取值依据为 GB/T 1499.2 对钢筋抗震性能指标提出的要求。

5.1.7 条文说明：

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牌号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，并应满足钢筋间距、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。

5.2.2 条文说明：

考虑施工的实际情况，设计连接套筒强度时应留有余量，I 级、II 级的屈服承载力标准值及抗拉承载力标准值均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。

5.2.3 条文说明：

GB 55008 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。

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。高强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。

5.2.4 条文说明：

钢筋锚固板试件的极限拉力是保证钢筋锚固板锚固性能的重要环节。

5.3.1 条文说明：

本条提出了混凝土最低强度等级的限制。GB 55008 规定：采用 500 MPa 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。

当墙柱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，提高墙柱混凝土强度等级至 C40 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。

5.3.2 条文说明：

本条规定了混凝土拌合物中水溶性氯离子含量限值及计算方法,指标要求与国家现行有关标准、国外先进国家有关标准大体相当,对钢筋混凝土个别情况的氯离子限制指标有所加严。以前混凝土氯离子含量采用原材料含量累加,因检验对象不同,不利于质量控制。采用实测混凝土的氯离子含量并加以控制,更容易保证混凝土质量。

计算混凝土氯离子含量时,采用氯离子与胶凝材料的质量百分比计算,并且用于计算的胶凝材料中,辅助胶凝材料(主要是指粉煤灰、硅灰、粒化矿渣粉等具有胶凝活性的矿物掺合料)的量不应大于硅酸盐水泥的量,即辅助胶凝材料的量不应大于胶凝材料总量的 50%。这里所说的硅酸盐水泥是指 GB 175 中规定的硅酸盐水泥。混凝土中水溶性氯离子含量与混凝土的材料组成和胶凝材料水化反应过程有关,一部分水溶性氯离子会在混凝土硬化过程中被胶凝材料的水化物所固化。因此,检测硬化混凝土的水溶性氯离子含量时,与混凝土的龄期有关。ACI 319-19 规定检测硬化混凝土水溶性氯离子含量时混凝土的龄期为 28 d~42 d。

主要参考标准:GB 50164 3.1.8 条、GB/T 14902、GB 50010 3.5.3 条、JGJ/T 322 等。

6.1 条文说明:

配置 630 MPa 级高强钢筋作受力钢筋的混凝土结构,在规定的荷载组合下的结构效应分析与 GB 50010 相同。

6.2 条文说明:

本条给出了可以采用塑性调幅设计的构件或结构类型以及塑性内力重分布分析方法设计适用范围。

使用 630 MPa 级高强钢筋时,构件可以考虑塑性内力重分布分析方法设计。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。可利用这一特点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。按考虑塑性内力重分布的计算方法进行构件或结构的设计时,由于塑性铰的出现,构件的变形和抗弯能力调小部位的裂缝宽度均较大,故需要设计时考虑塑性内力重分布构件的使用环境,并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。

6.4 条文说明:

我国现行裂缝宽度计算公式的基本思路是先确定短期荷载作用下裂缝的平均值,然后乘以相关参数得出考虑长期荷载作用的裂缝宽度值,该裂缝宽度值能够包络 95% 的裂缝宽度,即公式的保证率为 95%。裂缝宽度的计算公式按式 (1)~式 (4):

$$\omega_{\max} = \tau_l \tau_s \omega_m \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\omega_m = \alpha_c \psi \frac{\sigma_{sk}}{E_s} l_{cr} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$l_{cr} = \beta \left(1.9c_s + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}} \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\psi = \omega_1 \left(1 - \frac{M_{cr}}{M_k} \right) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\omega_{\max}$ ——为最大裂缝宽度;

τ_l ——为考虑长期作用影响的扩大系数;

τ_s ——为短期裂缝宽度的扩大系数;

Ω_m ——为平均裂缝宽度；

α_c ——为反映裂缝间混凝土伸长对裂缝宽度影响的系数；

ψ ——为受弯构件裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数；

l_{cr} ——为平均裂缝间距。

为研究裂缝宽度计算公式中各参数取值，对配置高强钢筋混凝土梁进行受弯试验，根据收集到的试验数据，分析如下：

- a) 短期裂缝宽度的扩大系数 τ_s ：根据试验数据，按式（5）求出每根梁上的各条裂缝宽度 ω_{si}^0 与同一根梁上的平均裂缝宽度 ω_m^0 的比值 τ_{si} 。

$$\tau_{si} = \frac{\omega_{si}^0}{\omega_m^0} \quad \dots\dots\dots (5)$$

GB 50010 中 $\tau_{si} \sim N(1.0, 0.42)$ ，根据试验数据的统计分析可知，高强钢筋混凝土梁的 $\tau_{si} \sim N(1.0, 0.352)$ ，这说明了配置高强钢筋后，受弯构件产生的裂缝宽度值离散性得到改善。浙江大学的金伟良等在试验研究配置 500MPa 级高强钢筋混凝土梁裂缝宽度时也发现了类似的现象，其统计结果表明配置 500MPa 级高强钢筋混凝土梁的 τ_{si} 分布基本服从正态分布 $N(1.0, 0.372)$ 。

根据试验数据统计结果，当取 95% 的保证率时，短期裂缝宽度的扩大系数 τ_s 的值为：

$$\tau_s = 1.0 + 1.645 \times 0.35 \approx 1.58 \quad \dots\dots\dots (6)$$

GB 50010 中规定 τ_s 的取值为 1.66，是试验结果的 1.05 倍。

- b) 考虑长期作用影响的扩大系数 τ_l ：GB 50010 中规定 $\tau_l = 1.5$ 是基于低强度钢筋长期试验得到的，自 89 版规范引入该参数后，此参数的取值未有变化。由于缺乏长期荷载作用下受弯构件裂缝宽度的实测数据，因此本文件沿用该参数取值。
- c) 反映裂缝间混凝土伸长对裂缝宽度影响的系数 α_c ：根据平均裂缝宽度的试验值 ω_m^0 、纵向受拉钢筋平均应变的试验值 ε_{sm}^0 和平均裂缝间距的试验值 l_{cr}^0 ，由式（7）可求得影响系数 α_c 的试验值。

$$\alpha_c^0 = \frac{\omega_m^0}{\varepsilon_{sm}^0 l_{cr}^0} \quad \dots\dots\dots (7)$$

通过计算可知， α_{mc} 的平均值为 0.725，小于规范中所取的 0.77。华侨大学的杜毛毛在试验研究高强钢筋混凝土受弯的裂缝宽度时建议 α_c 的取值为 0.75。同济大学的赵勇等在研究配置 500 MPa 级高强钢筋混凝土受弯梁的裂缝宽度时也提出了规范中 α_c 取值偏高的观点，其建议 α_c 取值在 0.63~0.68 之间。因此，可以看出通过低强度钢筋混凝土梁统计的数据推算的 α_c 值在钢筋等级提高之后，其准确性值得商榷。

根据试验的结果以及其他高强钢筋受弯构件裂缝宽度的研究，配置高强钢筋受弯构件的 α_c 建议取值 0.73。

- d) 受弯构件裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ ：TJ 10-74 中指出光圆钢筋 ω_1 的取值为 1.2，带肋钢筋的取值为 1.1。GBJ 10-89 未区分带肋钢筋和光圆钢筋与混凝土之间握裹力的差别，将光圆钢筋的 ω_1 取值改为了 1.1，并统一取为该值。GB 50010—2010 沿用了该值。本文件为了如实反映高强钢筋与混凝土之间的握裹力，以实测数据与理论值的对比分析，将 ω_1 的取值修改为 1.0。

$$\psi = 1 - \frac{M_{cr}}{M_k} = 1 - 0.55 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_s} \quad \dots\dots\dots (8)$$

e) 裂缝宽度折减系数：裂缝计算公式得到的计算值偏大，就会使构件为了满足裂缝要求而配置更大的钢筋截面积，这将使高强钢筋的经济性优势得不到发挥。根据试验数据的统计分析，对现行规范中裂缝公式的修改如下。

- 1) 短期裂缝宽度的扩大系数 τ_s 的取值由 1.66 改为 1.58；
- 2) 反映裂缝间混凝土伸长对裂缝宽度影响的系数 α_c 的取值由 0.77 改为 0.73；
- 3) ψ 在计算时，参照式 (8) 考虑；
- 4) 为保证裂缝宽度计算公式中参数的取值和 GB 50010 保持一致，因此裂缝宽度修正：
 $(1.58/1.6) \times (0.73/0.77) \times (1/1.1) = 0.82$ 。

同济大学周建民等在研究高强钢筋混凝土受弯构件裂缝宽度时，选取了 14 根配置 500 MPa 钢筋的混凝土梁和 12 块配置 CRB550 冷轧带肋钢筋混凝土板进行受弯性能试验，定义 C_s 为裂缝宽度综合调整因数，对 GB 50010—2002 裂缝宽度计算公式修正为式 (9)：

$$\omega_{\max} = C_s \alpha_o \psi \frac{\sigma_{sk}}{E_s} \left(1.9c + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}} \right) \dots\dots\dots (9)$$

$\sigma_s > 200$ MPa 时， C_s ：梁取 0.77，板取 0.85。

周建民等由收集到的 73 根高强钢筋混凝土梁裂缝宽度的数据（分别收集了李志华、尚世仲、白生翔、梁书亭、王命平、王铁成、徐风波和张艇等研究人员论文中的试验数据）（ $\sigma_s > 200$ MPa）统计分析得到 C_s 为 0.77。

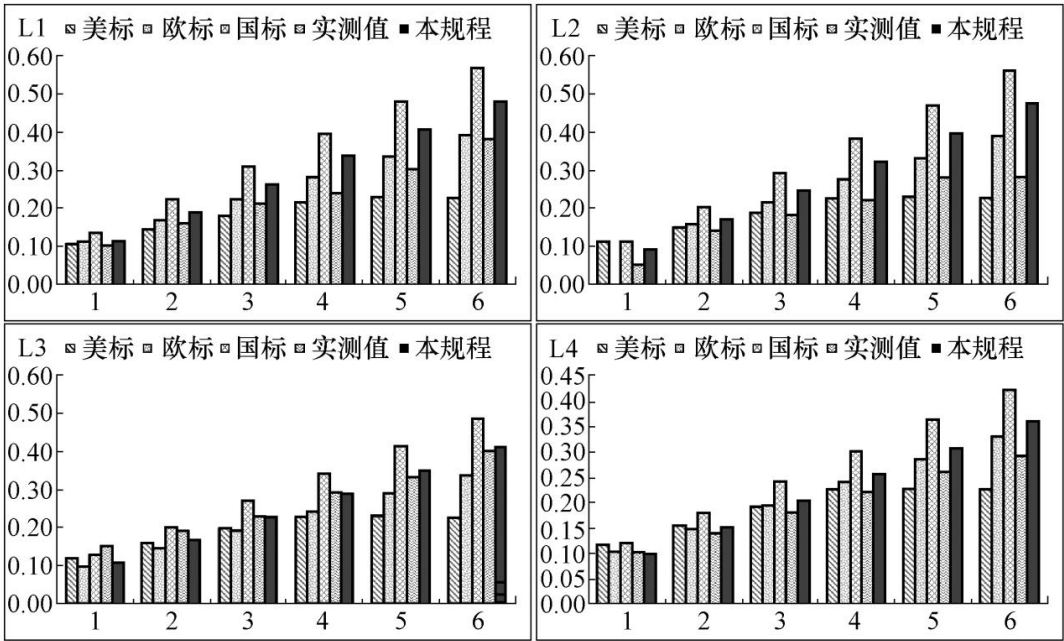
昆明理工大学的陈晨等进行了 4 根配置 600 MPa 级钢筋的混凝土梁在集中荷载作用下的受弯性能试验，最大裂缝宽度计算值 $\omega_{\max}$ 比由试验实测最大裂缝宽度推算出的长期最大裂缝宽度 $\omega_{\max}^o$ 偏大， $\omega_{\max}^o / \omega_{\max} = 0.746$ 。

浙江大学的金伟良等进行了 8 根 HRB500 级高强钢筋混凝土梁的受弯试验，并结合已有试验结果对 56 根 500 级钢筋混凝土梁的受弯开裂特性进行综合研究，在正常使用荷载作用下，当高强钢筋应力超过 300 MPa 以后，相应的裂缝宽度比值 $\omega_{\max}^t / \omega_{\max}^c = 0.787$ ，其中 $\omega_{\max}^c$ 为计算得到的最大裂缝宽度， $\omega_{\max}^t$ 为试验得到的最大裂缝宽度。

根据试验的结果以及上述高强钢筋受弯构件裂缝宽度的研究，适当提高安全可靠度，折减系数取 0.85。

- f) 当混凝土保护层厚度较大时，虽然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高强钢筋锈蚀是有利的。因此混凝土保护层厚度较大的构件，当在外观要求上允许时，可根据实际经验，GB 50010 所规定的裂缝宽度允许值做适当放大。
- g) 根据 GB 50010 对混凝土保护层厚度较大、配置表层钢筋网片的构件，裂缝折减系数取 0.7。
- h) 在等强代换时，需要考虑裂缝，用细直径高强钢筋。

实际工程中混凝土裂缝的产生并不是单纯的由于构件受荷而产生，很多因素都会引起混凝土构件的开裂。目前国际上控制荷载裂缝的方式分为两类，一类为构造控制法，即通过对高强钢筋的直径和间距的限定来控制荷载裂缝；另一类就是理论计算值控制，即通过对裂缝宽度计算公式计算出的理论值的限定来控制荷载裂缝。第一类方法实际上是第二类方法的简化，高强钢筋直径和间距的限定是通过裂缝宽度计算公式的推导得到的。与国外规范对荷载裂缝的规定相比，我国规范中的规定偏于保守。附图 1 为选取的四根具有代表意义的混凝土梁其裂缝宽度实测值与中 (GB 50010-2010)、美 (ACI 318-08)、欧 (EN 1992-1-1:2004) 三种规范以及本文件中裂缝宽度理论值的对比（选取的四根梁为配置 600MPa 级热轧带肋高强钢筋的混凝土受弯梁）。其中，ACI 318-08 中采用限定构造来控制裂缝宽度，但其构造限定是依据 R. J. Frosch 建议的最大裂缝宽度计算公式提出的。



附图 1 三种规范以及裂缝宽度理论值与实测值的对比

注 1: L1~L4 为配筋率和混凝土强度等级不同的 600 MPa 级热轧带肋高强钢筋混凝土梁；
注 2: 图中横坐标为施加的荷载等级标号，纵坐标为相应荷载下梁上出现的最大裂缝宽度，单位为 mm；
注 3: 每组柱状图自左向右依次代表依据美国规范、欧洲规范、GB 50010-2010 得到的裂缝宽度计算值、实测值以及依据本文件得到的裂缝宽度计算值。

从上图可以看出，对于配置高强钢筋的混凝土受弯构件，我国规范的裂缝宽度计算值偏大，过于保守，而美国规范的保证率偏低。本文件中裂缝宽度计算值在欧洲规范与我国规范之间，但仍能保证对实测值的包络。

6.5 条文说明：

裂缝宽度限值是影响高强钢筋使用的主要问题，本条提出了几种符合实际受力状况的可以较合理地弯矩取值的建议，设计人员可以根据具体情况采用。梁的有效翼缘宽度按 GB 50010 的有关规定确定。

7.1.1 条文说明：

配置热轧带肋高强钢筋作受力钢筋的混凝土结构，在规定的荷载组合下的结构效应分析与 GB 50010 完全相同。

8.1.2 条文说明：

与预应力钢筋或钢绞线不同，630 MPa 级钢筋应控制张拉与锁定应力水平，全黏结锚杆将预应力张拉锁定值控制在强度设计值的 50% 以内比较合适。配置高强钢筋的支护桩可以有效的节约工程造价，同时也能改善桩钢筋密集现象，有利于减少钢筋数量同时提高混凝土施工质量。

9.1.1 条文说明：

我国钢筋强度不断提高，结构形式的多样性也使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，GB 50010 给出了以简单计算确定受拉钢筋锚固长度的方法。其中基本锚固长度取决于钢筋强度及混凝土抗拉强度，并与锚固钢筋的直径及外形有关。

河北工业大学土木与交通学院的李艳艳、河北省土木工程技术研究中心的苏恒博在《600 MPa 钢筋粘结锚固性能试验研究》一文中，根据实施的 63 个棱柱体拉拔试验，并参考国内外大量的试验资料，分析混凝土强度、混凝土保护层厚度和锚固长度、配箍率等主要因素，统计分析试验数据并简化计算模型，提出 600 MPa 热轧带肋钢筋临界状态时的锚固长度计算见式（10）：

$$\frac{l_{ab}}{d} = 0.14 \frac{f_y}{f_t} - 5.33 \quad \dots\dots\dots (10)$$

按式（10）计算的钢筋锚固长度小于按 GB 50010 计算的锚固长度，因此按 GB 50010 计算 600 MPa 热轧带肋高强钢筋锚固长度满足力的传递。

9.1.4 条文说明：

规定锚固板与钢筋的连接宜采用螺栓连接是为了提高连接承载力的可靠性和稳定性。采用钢筋锚固板可节约钢材，方便施工。

9.1.5 条文说明：

锚固板承压面积的规定是根据国内外各类钢筋锚固板试验结果做出的规定，大多数钢筋锚固板试验所用的锚固板承压面积，对全锚固板为 9 倍左右的钢筋公称面积，部分锚固板为 4.5 倍左右钢筋公称面积，故规定 630 MPa 钢筋宜采用部分锚固板形式。JGJ 256-2011 规定“对 335 MPa、400 MPa 级钢筋，锚固长度 l_{ah} 不应小于 6 d；对于 500 MPa 级钢筋， l_{ah} 不应小于 7d”，但由于缺乏 630 MPa 钢筋采取锚固板的试验研究，偏于安全，本文件规定当采用部分钢筋锚固板，锚固长度 l_{ah} 尚不应小于 8 d。

9.2.1 条文说明：

钢筋的连接形式多样，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。

JG/T 163 规定的钢筋套筒最小规格为 12 mm 钢筋连接用套筒。采用机械连接，需对高强钢筋端部加工螺纹，造成截面损失，降低高强钢筋的承载力。本条将可采用机械连接的高强钢筋规格限制提高至 16 mm，防止因小直径高强钢筋螺纹加工的截面损失造成的高强钢筋承载力下降，导致结构构件不安全。

9.3.1 条文说明：

GB 50010 对受拉钢筋最小配筋百分率的规定属强制性条文，并结合 GB 55008，制定 630 MPa 钢筋的最小配筋率。

10.1.1 条文说明：

由于 600 MPa 级以上钢筋目前应用不多且缺少相应的国家材料标准，为保证工程质量，要求材料进场时应应对钢筋的力学性能或其他专项进行检验；对细晶粒钢筋，还应该检验该批钢筋的晶粒度。根据鉴定结果处理该批钢筋。

10.2.1 条文说明：

加工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 JGJ 366 的有关规定。

10.2.4 条文说明：

钢筋无局部弯折，一般指钢筋中心线同直线的偏差不应超过全长的 1%。机械调直有利于保证钢筋质量，控制钢筋强度，是推荐采用的钢筋调直方式。带肋钢筋进行机械调直时，应注意保护钢筋横肋，以避免横肋损伤造成钢筋锚固性能降低。

10.2.5 条文说明：

参照国家标准图集 22G101-1 中 500 MPa 带肋钢筋弯折的弯弧内直径 D 的要求，同时根据高强钢筋生产厂家相关试验数据及钢材生产企业标准。

10.2.6 条文说明：

参照国家标准图集 22G101-1 中封闭箍筋及拉筋弯钩构造进行规定。

11.1.3 条文说明：

成型钢筋是指在场外加工成型的钢筋。钢筋加工的专业化、集中化甚至市场化是提高生产效率的发展趋势，本条提出了适应这种趋势的检查规定。

11.1.5 条文说明：

调直主要针对小直径盘卷钢筋，调直不能影响钢筋的外观和力学性能，并且不应以增加钢筋强度和长度为目的进行调直。

在提供调直前产品质量证明文件和质量检验报告的基础上，在调直后尚应进行力学性能和重量偏差检验。

11.1.7 条文说明：

采用高强钢筋的混凝土结构子分部工程的质量验收应按 GB 50204 及 GB 55932 的有关规定执行。

11.2.8 条文说明：

接头连接区段是指长度为 $35d$ 且不小于 500 mm 的区段， d 为相互连接两根钢筋中的直径较小者。

同一连接区段内纵向受力钢筋接头面积百分率为接头中点位于该连接区段内的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

11.2.9 条文说明：

接头连接区段是指长度为 1.3 倍搭接长度的区段。搭接长度取相互连接两根钢筋中较小直径计算。

同一连接区段内纵向受力钢筋接头面积百分率为接头中点位于该连接区段内的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。