

团 体 标 准

T/JSCTS XXXX—XXXX

桥梁工程 660MPa 带肋钢筋混凝土结构技术规范

Technical specification for application of 660MPa ribbed reinforced concrete structure in bridge engineering

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

江苏省综合交通运输学会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和符号 2

 3.1 术语 2

 3.2 符号 2

4 基本规定 2

5 材料 2

 5.1 混凝土 2

 5.2 钢筋 3

6 计算 3

 6.1 极限状态计算 3

 6.2 抗震设计 4

7 构造 4

 7.1 钢筋的锚固 4

 7.2 钢筋的连接 5

 7.3 钢筋的配筋率 7

 7.4 钢筋的间距 7

8 施工 8

 8.1 现场施工 8

 8.2 质量验收 8

附 录 A （规范性） 桥梁工程混凝土结构用 660MPa 热处理带肋钢筋技术条件 10

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。

本文件由华设设计集团股份有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：华设设计集团股份有限公司、江苏天舜金属材料集团有限公司、湖北舜陇源建筑材料有限公司、甘肃省舜陇源建筑材料有限公司、杭州舜越新材料有限公司。

本文件主要起草人：

桥梁工程 660MPa 带肋钢筋混凝土结构技术规范

1 范围

本文件规定了配置660MPa带肋钢筋的桥梁工程混凝土结构的基本规定、材料、计算、构造、施工等技术要求。

采用660MPa带肋钢筋的桥梁工程混凝土结构设计与施工，除本规范另有规定外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

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 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 228 金属材料拉伸试验
- GB/T 232 金属材料弯曲试验方法
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第二部分：热轧带肋钢筋
- GB/T 2101 型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- 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（常规法）
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- 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 20123 钢铁总碳硫含量的测定高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)
- GB/T 20124 钢铁氮含量的测定惰性气体熔融热导法(常规方法)
- GB/T 20125 低合金钢多元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法
- GB/T 28900 钢筋混凝土用钢材试验方法
- GB/T 50152 混凝土结构试验方法标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
- JGJ/T 27 钢筋焊接接头试验方法标准
- JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
- JGJ 256 钢筋锚固板应用技术规程
- JG/T 163 钢筋机械连接用套筒
- JTG/T 2231-01-2020 公路桥梁抗震设计规范
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
- JTG D60 公路桥涵设计通用规范
- JTG 3362-2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T 3654 公路装配式混凝土桥梁施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- YB/T 081 冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定

3 术语和符号

3.1 术语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

660MPa 带肋钢筋 660MPa ribbed bar

具有660MPa 抗拉屈服强度标准值，并满足本文件附录A技术条件的带肋钢筋，简称HRB660钢筋，抗震钢筋简称HRB660E钢筋。

3.1.2

660MPa 带肋钢筋混凝土结构 concrete structure reinforced with 660MPa ribbed bar

以660MPa带肋钢筋作为受力钢筋的混凝土结构。

3.2 符号

E_c ——混凝土的弹性模量；

E_s ——钢筋的弹性模量；

l_{ab} ——受拉钢筋的锚固长度；

f_{ck}, f_{cd} ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{tk}, f_{td} ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

f_{yk} ——钢筋屈服强度标准值；

f_{stk} ——钢筋极限强度标准值；

f_{sd} ——钢筋的抗拉强度设计值；

f_{sd}' ——钢筋的抗压强度设计值；

δ_{gt} ——钢筋的最大力总延伸率。

4 基本规定

4.1 钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁构件中的普通钢筋可选用 660MPa 带肋钢筋；对非裂缝控制的混凝土梁、板中的纵向受拉钢筋、混凝土柱中的纵向受力钢筋和预应力混凝土结构构件中的非预应力受力钢筋，宜采用 660MPa 带肋钢筋。

4.2 660MPa 带肋钢筋混凝土桥梁的设计要求、永久作用、可变作用、偶然作用等取值应满足 JTG D60 的有关规定。

4.3 660MPa 带肋钢筋混凝土桥梁的结构设计、持久状况承载能力极限状态计算、持久状况正常使用极限状态计算、持久状况和短暂状况构件的应力计算、构造规定等应符合 JTG 3362 的有关规定。

4.4 660MPa 带肋钢筋混凝土桥梁应根据设计使用年限、项目所在环境条件进行耐久性设计，混凝土材料性能、钢筋的混凝土保护层厚度、裂缝控制、构造措施等应满足 JTG/T 3310 的有关规定。

4.5 660MPa 带肋钢筋混凝土桥梁的地震作用、抗震分析、构件的强度及变形验算、延性构造细节设计等应符合 JTG/T 2231-01 的有关规定。

4.6 660MPa 带肋钢筋混凝土桥梁的施工应满足 JTG/T 3650、JTG/T 3654 的有关规定，质量检验评定应满足 JTG F80/1 的有关规定。

4.7 660MPa 带肋钢筋混凝土结构的相关试验研究应按现行国家标准 GB/T 50512 执行，660MPa 带肋钢筋须提供国家认可的检测机构进行的实验室试验和新材料实体结构实验、论证报告方可应用。

5 材料

5.1 混凝土

5.1.1 应用 660MPa 带肋钢筋的混凝土结构，钢筋混凝土上部结构、预应力上部结构及预应力下部结构等级不宜低于 C50，钢筋混凝土墩柱、盖梁混凝土强度等级不宜低于 C40，承台混凝土等级不宜低于 C30。

5.1.2 混凝土的强度标准值、强度设计值及相关技术性能指标应符合 JTG 3362 的规定。

5.2 钢筋

5.2.1 660MPa 带肋钢筋的技术条件应满足本文件附录 A 相关要求。

5.2.2 660MPa 带肋钢筋的强度标准值应具有不小于 95%的保证率，屈服强度标准值 f_{yk} 、极限强度标准值 f_{stk} 、弹性模量 E_s 和最大力总延伸率 δ_{gt} 限值，应符合表 1 的规定。

表 1 660MPa 带肋钢筋的屈服强度标准值、极限强度标准值、弹性模量及最大力总延伸率限值

钢筋牌号	符号	公称直径 d/mm	屈服强度标准值 f_{yk}/MPa	极限强度标准值 f_{stk}/MPa	弹性模量 E_s/MPa	最大力总延伸率 $\delta_{gt}/\%$
HRB660		6~50	660	825	2.0×10^5	≥ 7.5
HRB660E						≥ 9.0

5.2.3 660MPa 带肋钢筋的抗拉强度设计值 f_{sd} 和抗压强度设计值 f_{sd}' 应符合表 2 的规定。

表 2 660MPa 带肋钢筋的强度设计值

钢筋牌号	f_{sd}/MPa	f_{sd}'/MPa
HRB660 HRB660E	550	550

注1：构件中配有不同种类的钢筋时，各种钢筋应采用各自的强度设计值。
注2：对轴心受压构件，当采用660MPa带肋钢筋时，钢筋的抗压强度设计值 f_{sd}' 应取400MPa。
注3：钢筋混凝土轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于330MPa时，应按330MPa取用。
注4：横向钢筋的抗拉强度设计值应按表中的数值 f_{sd} 采用；在斜截面抗剪承载力、受扭承载力和冲切承载力计算中垂直于纵向受力钢筋的箍筋或间接钢筋等横向钢筋的抗拉强度设计值大于330MPa时，应取330MPa。

5.2.4 HRB660E 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比值不应大于 1.30，钢筋最大力总延伸率实测值不应小于 9%。

5.2.5 桥梁工程混凝土构件采用 660MPa 带肋钢筋时，除应符合设计要求的构件承载力、最大力总延伸率、裂缝宽度验算及抗震规定外，尚应满足最小配筋率、钢筋间距、保护层厚度、钢筋锚固长度、钢筋连接接头面积百分率及搭接长度等构造要求。

6 计算

6.1 极限状态计算

6.1.1 660MPa 带肋钢筋混凝土构件的抗弯承载力、抗剪承载力、抗压承载力、抗拉承载力、抗扭承载力、抗剪扭承载力、抗冲切承载力等应按照 JTG 3362 的有关要求进行验算。

6.1.2 660MPa 带肋钢筋混凝土桥梁的持久状况设计应按正常使用极限状态的要求，采用作用频遇组合、作用准永久组合，或作用频遇组合并考虑作用长期效应的影响，对构件的抗裂、裂缝宽度和挠度进行验算，各项计算值不超过 JTG 3362 的相关要求。

6.1.3 受弯构件的正截面相对界限受压区高度 ζ_b 应按下表 3 选用。

表 3 相对界限受压区高度 ζ_b

钢筋牌号	混凝土强度等级			
	C50及以下	C55、C60	C65、C70	C75、C80
HRB660	0.43	0.41	0.40	-

注：截面受拉区配置不同种类钢筋的受弯构件，其 ζ_b 值应选用相应于各种钢筋的较小者。

6.1.4 660MPa 带肋钢筋混凝土构件和 B 类预应力混凝土受弯构件，其最大裂缝宽度按照公式（1）计

算:

$$W_{cr} = C_1 C_2 C_3 \frac{\sigma_{ss}}{E_s} \left(\frac{c+d}{0.36+1.7\rho_{te}} \right) \quad (1)$$

式中: W_{cr} ——构件最大裂缝宽度 (mm);

C_1 ——钢筋表面形状系数, 对普通带肋钢筋, $C_1=1.00$; 对环氧树脂涂层带肋钢筋, $C_1=1.15$;

C_2 ——长期效应影响系数, $C_2=1+0.5M_1/M_s$, 其中 M_1 和 M_s 分别为作用准永久组合和作用频遇组合弯矩计算值;

C_3 ——与构件受力性质有关的系数, 对板式受弯构件, 取 1.15, 其他受弯构件取 1.0; 对轴心受拉构件, 取 1.2, 偏心受拉构件, 取 1.1; 圆形偏心受压构件, 取 0.75, 其他偏心受压构件取 0.9;

c ——最外排纵向受拉钢筋的混凝土保护层厚度 (mm), 当 $c>50\text{mm}$, 取 50mm;

d ——纵向受拉钢筋直径 (mm);

σ_{ss} ——钢筋应力 (MPa), 按照 JTG 3362-2018 第 6.4.4 的有关要求计算;

ρ_{te} ——纵向受拉钢筋有效配筋率, 当 $\rho_{te}>0.1$ 时, 取 0.1; 当 $\rho_{te}<0.01$ 时, 取 0.01, 按照 JTG 3362-2018 第 6.4.5 的有关要求计算。

6.1.5 当矩形、T 形和 I 形截面偏心受压构件满足 $e_0/h \leq 0.55$, 或圆形截面偏心受压构件满足 $e_0/r \leq 0.55$ 时, 可不进行裂缝宽度验算。其中, e_0 为轴心力对截面重心轴的偏心距, h 为截面高度, r 为圆形截面半径。

6.1.6 660MPa 带肋钢筋混凝土构件在进行短暂状况设计时, 应计算其在制作、运输及安装等施工阶段, 由自重、施工荷载等引起的正截面和斜截面的应力, 受拉钢筋的应力应按照公式 (2) 计算:

$$\sigma_{si}^t = \alpha_{ES} \frac{M_k'(h_{0i}-x_0)}{I_{cr}} \leq 0.75 f_{yk} \quad (2)$$

式中: σ_{si}^t ——短暂工况钢筋拉应力 (MPa);

α_{ES} ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值;

M_k' ——短暂工况构件弯矩内力值 (N·m);

h_{0i} ——受压区边缘至受拉区第 i 层钢筋截面重心的距离 (cm);

x_0 ——换算截面的受压区高度 (cm);

I_{cr} ——开裂截面换算截面的惯性矩 (cm⁴)。

6.2 抗震设计

6.2.1 B 类、C 类桥梁顺桥向和横桥向 E1 地震作用效应和永久作用效应组合后, 应按 JTG 3362 的相关规定验算桥梁墩台各部件的纵向受力钢筋的强度, 构件承载力取材料强度设计值计算。

6.2.2 B 类、C 类桥梁抗震设计的桥梁墩台各部件的纵向受力钢筋, 抗震设防烈度在 VII 区及以上时, 当选用 660MPa 带肋钢筋时, 应采用牌号带 E 的抗震钢筋。

6.2.3 B 类、C 类桥梁顺桥向和横桥向 E2 地震作用效应和永久作用效应组合后, 应满足下列要求:

- 桩基应按 JTG 3362 及 JTG 3363 的相关规定验算单桩承载力和截面强度, 在验算截面抗弯强度时, 截面抗弯能力采用材料强度标准值计算。
- 墩柱应按照 JTG/T 2231-01 的相关规定验算斜截面抗剪承载力和变形, 在验算截面抗剪强度时, 截面抗剪能力取材料强度设计值计算。
- 在验算墩柱变形时, 截面的等效屈服曲率、极限破坏曲率宜按照 JTG/T 2231-01-2020 的附录 A 进行计算, 混凝土及钢筋材料强度取标准值计算。
- 盖梁应按照 JTG 3362 的相关规定验算正截面抗弯强度和斜截面抗剪强度, 在验算截面抗弯强度时, 截面抗弯能力采用材料强度标准值计算。

7 构造

7.1 钢筋的锚固

7.1.1 当计算中充分利用钢筋的强度时, 其最小锚固长度应符合下表 4 的规定。

表 4 660MPa 带肋钢筋最小锚固长度 l_a

混凝土强度等级		C30	C35	C40	C45	C50	$\geq C55$
受压钢筋（直端）		50d	48d	43d	40d	38d	35d
受拉钢筋	直端	60d	58d	53d	50d	48d	45d
	弯钩端	50d	48d	43d	40d	38d	35d
注1：d为钢筋公称直径。 注2：当采用环氧树脂涂层钢筋时，受拉钢筋最小锚固长度增加25%。 注3：当混凝土在凝固过程中易受扰动时，锚固长度应增加25%。 注4：当受拉钢筋末端采用弯钩时，锚固长度为包括弯钩在内的投影长度。							

7.1.2 受拉钢筋的末端带弯钩技术要求应符合下表 5 的规定。

表 5 受拉钢筋的末端带弯钩技术要求

弯曲角度	技术要求
90°	当钢筋直径为28mm以下时弯钩内径不应小于6d，当钢筋直径为28mm及以上时弯钩内径不应小于7d，弯后直段长度为12d
135°	当钢筋直径为28mm以下时弯钩内径不应小于6d，当钢筋直径为28mm及以上时弯钩内径不应小于7d，弯后直段长度为5d
注：d为钢筋公称直径，D为钢筋弯钩内直径。	

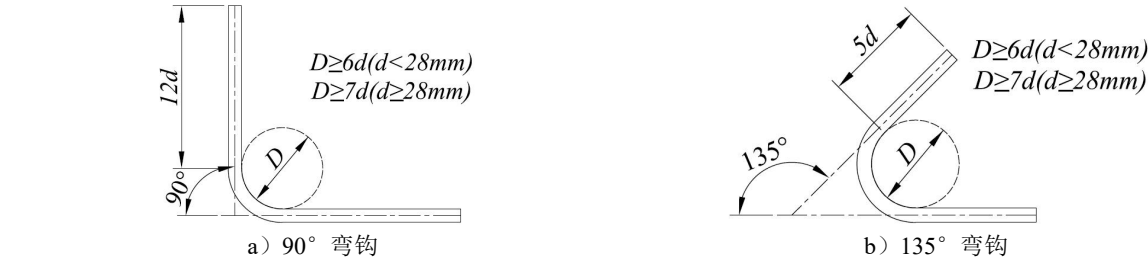


图 1 钢筋末端带弯钩形式示意图

7.1.3 墩柱纵向钢筋宜延伸至盖梁顶面和承台底面。墩柱纵向钢筋的锚固和搭接长度应在本文件第 7.1.1 要求的基础上增加 10d。墩柱伸入盖梁和承台的束筋应增加锚固长度，对于由 2 根钢筋组成的束筋应增加 20%，对于由 3 根钢筋组成的束筋应增加 50%，4 根及 4 根以上钢筋组成的束筋不能在延性构件中使用。

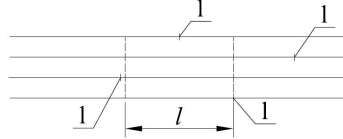
7.2 钢筋的连接

7.2.1 钢筋的连接宜设在受力较小区段，并宜错开布置。接头宜采用焊接接头和机械连接接头；当施工或构造条件有困难时，除轴心受拉和小偏心受拉构件纵向受力钢筋外，也可采用绑扎接头。

7.2.2 660MPa 带肋钢筋焊接接头应符合下列要求：

- a) 当采用焊接连接时，在钢筋工程焊接开工之前，参与该工程施焊的焊工必须进行现场条件下的焊接工艺试验，应经试验合格后，方准许焊接生产。各类焊接方法的具体要求和适用范围按 JGJ 18 中的相关规定执行。
- b) 钢筋焊接接头宜采用闪光接触对焊；当闪光接触对焊条件不具备时，也可采用电弧焊(帮条焊或搭接焊)、电渣压力焊和气压焊。电弧焊应采用双面焊缝，不得已时方可采用单面焊缝。电弧焊接接头的焊缝长度，双面焊缝不应小于钢筋直径的 5 倍，单面焊缝不应小于钢筋直径的 10 倍。帮条焊接的帮条应采用与被焊接钢筋同强度等级的钢筋，其总截面面积不应小于被焊接钢筋的截面面积。采用搭接焊时，两钢筋端部应预先折向一侧，两钢筋轴线应保持一致。

- c) 在任一焊接接头中心至 35 倍钢筋直径且不小于 500mm 的长度区段 l 内，如下图 2 所示，同一根钢筋不得有两个接头；在该区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分数，普通钢筋在受拉区不宜超过 50%，在受压区和装配式构件间的连接不受限制。
- d) 帮条焊或搭接焊接头部分钢筋的横向净距不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm，同时非焊接部分钢筋净距应符合本文件第 7.4 条的规定。



标引序号说明：
1——焊接接头中心（图中所示 l 区段内接头钢筋截面面积按两根计）。

图 2 焊接接头设置示意图

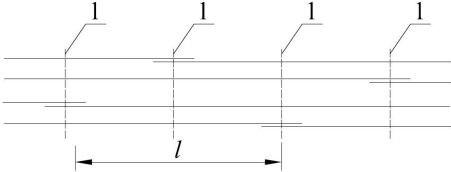
- 7.2.3 660MPa 带肋钢筋机械连接接头应符合下列要求：
- a) 机械连接宜用于直径不小于 14mm 的受力钢筋的连接，机械连接类型及质量要求应符合 JGJ 107 的规定。
- b) 钢筋机械连接件的最小混凝土保护层厚度，应符合 JTG 3362 受力主筋保护层厚度的规定，且不得小于 20mm。
- c) 连接件之间或连接件与钢筋之间的横向净距不应小于 25mm。
- d) 660MPa 带肋钢筋采用直螺纹套筒连接时，钢筋连接用机械套筒应符合 JG/T 163 的规定。直螺纹套筒宜采用 45 号优质碳素圆钢或低合金度结构钢，45 号钢应经过强化处理，其屈服强度不宜低于 660MPa，抗拉强度不应大于 800MPa，断后伸长率不宜小于 14%；不得采用淬火等热处理工艺提度。套筒原材料也可选用经接头型式检验证明符合 JGJ 107 等相关标准中接头性能规定的其他钢材，其外观及力学性能应符合现行国家标准的规定，套筒实测受拉承载力不应小于 660MPa 带肋钢筋受拉承载力标准值的 1.1 倍。
- 7.2.4 660MPa 带肋钢筋绑扎接头如下图 3 所示，应符合下列要求：
- a) 绑扎接头的钢筋直径不宜大于 28mm，对轴心受压和偏心受压构件中的受压钢筋，可不大于 32mm。
- b) 纵向受拉钢筋绑扎接头的搭接长度，应根据位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分率按下列公式（3）计算，且不应小于 300mm。

$$l_l = \zeta_l l_a \dots\dots\dots (1)$$

式中： l_l ——纵向受拉钢筋的搭接长度（mm）。

ζ_l ——纵向受拉钢筋搭接长度修正系数，按下表 6 取用，当纵向搭接钢筋接头面积百分率为表的中间值时，修正系数可按内插取值。

l_a ——纵向受拉钢筋最小锚固长度（mm），当带肋钢筋 $d > 25\text{mm}$ 时，其受拉钢筋的搭接长度应增加 $5d$ ；当带肋钢筋 $d < 25\text{mm}$ 时，搭接长度可减少 $5d$ 。



标引序号说明：
1——绑扎接头搭接长度中心（图中所示 l 区段内有接头的钢筋截面面积按两根计）。

图 3 受力钢筋绑扎接头

表 6 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

纵向受拉钢筋接头面积百分率（%）	≤25	50	100
ζ_l	1.2	1.4	1.6

- c) 构件中的纵向受压钢筋当采用搭接连接时,其受压搭接长度不应小于纵向受拉钢筋搭接长度的 70%,且不应小于 200mm。

7.3 钢筋的配筋率

7.3.1 钢筋混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋率应符合下列要求:

- 轴心受压构件、偏心受压构件全部纵向钢筋的配筋率不应小于 0.5%,当混凝土强度等级 C50 及以上时不应小于 0.6%;同时一侧钢筋的配筋率不应小于 0.2%。大偏心受拉构件的受压区配置按计算需要的受压钢筋时,其配筋率不应小于 0.2%。
- 受弯构件、偏心受拉构件及轴心受拉构件的一侧受拉钢筋的配筋率不应小于 $45f_{td}/f_{sd}$,且不应小于 0.2%。
- 轴心受压构件、偏心受压构件全部纵向钢筋的配筋率和一侧纵向钢筋(包括大偏心受拉构件受压钢筋)的配筋率应按构件的毛截面面积计算。轴心受拉构件及小偏心受拉构件一侧受拉钢筋的配筋率应按构件毛截面面积计算。受弯构件、大偏心受拉构件的一侧受拉钢筋的配筋率为 $100A_s/(bh_0)$,其中 A_s 为受拉钢筋面积, b 为构件截面宽度, h_0 为截面有效高度。
- 受弯剪扭构件纵向钢筋的配筋率,不应小于受弯构件纵向受力钢筋的最小配筋率与受扭构件纵向受力钢筋的最小配筋率之和。当受剪扭作用时,纵向钢筋的最小配筋率为 $0.08(2\beta_t-1)f_{cd}/f_{sd}$,当受纯扭作用时,取 $0.08f_{cd}/f_{sd}$ 。 β_t 为剪扭构件混凝土抗扭承载力降低系数,按下式(4)计算,当 $\beta_t < 0.5$ 时,取 0.5;当 $\beta_t > 1$ 时,取 1.0。

$$\beta_t = \frac{1.5}{1 + 0.5 \frac{V_d W_t}{T_d b h_0}} \dots\dots\dots (1)$$

式中: W_t ——截面抗扭塑性抵抗矩 (mm^3);

V_d ——剪力设计值 (N);

T_d ——扭矩设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$);

b ——截面宽度 (mm);

h_0 ——截面有效高度 (mm)。

7.3.2 预应力混凝土受弯构件最小配筋率应满足下列要求:

$$\frac{M_{ud}}{M_{cr}} \geq 1.0 \dots\dots\dots (2)$$

式中: M_{ud} ——受弯构件正截面抗弯承载力设计值 ($\text{kN}\cdot\text{m}$);

M_{cr} ——受弯构件正截面开裂弯矩值 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)。

部分预应力混凝土受弯构件中普通受拉钢筋的截面面积,不应小于 $0.003bh_0$ 。

7.3.3 墩柱、桩基的纵向配筋率不宜超过 5%。

7.3.4 对抗震设防烈度 VII 度、VIII 度地区,圆形、矩形墩柱潜在塑性铰区域内加密箍筋的最小配箍率应满足 JTG/T 2231-01 的有关规定。

7.3.5 延性墩柱的纵向钢筋宜对称配筋,纵向钢筋的面积不宜小于 0.006 倍 A_g (墩柱截面面积),且不应超过 $0.04A_g$ 。

7.4 钢筋的间距

7.4.1 受弯构件的钢筋净距应考虑浇筑混凝土时,振捣器可以顺利插入。各主钢筋间横向净距和层与层之间的竖向净距,当钢筋为 3 层及以下时,不应小于 30mm,并不小于钢筋直径;当钢筋为 3 层以上时,不应小于 40mm,并不小于钢筋直径的 1.25 倍。对于束筋,采用等代直径。

7.4.2 墩柱纵向钢筋的净距不应小于 50mm 且不应大于 350mm。

7.4.3 构件箍筋的布置应满足 JTG 3362 的有关规定。

7.4.4 承台钢筋布置应满足 JTG 3362 的有关规定。

7.4.5 当构件受拉侧钢筋的混凝土保护层厚度大于 50mm 时,可在保护层内增设抗裂措施。对于不会出现拉应力的墩柱类受压构件,可以不在厚保护层内增设钢筋网片。

8 施工

8.1 现场施工

8.1.1 采用 660MPa 带肋钢筋的混凝土结构工程施工应符合 GB 50666、JTG/T 3650、JTG/T 3654 的有关规定。

8.1.2 钢筋的强度级别或规格应按设计文件的规定采用。当需用 660MPa 带肋钢筋代换其他强度等级的钢筋时，应符合本文件的规定，应经设计单位同意，并应办理设计变更文件。

8.1.3 受力钢筋的机械连接应按 JGJ 107 的规定进行钢筋连接施工。采用钢筋锚固板锚固时，应按 JGJ 256 的规定施工。

8.1.4 安装钢筋时应符合下列规定：

- a) 钢筋的级别、直径、根数、间距应符合设计的规定。
- b) 对多层多排钢筋，宜根据安装需要在其间隔处设立一定数量的架立钢筋或短钢筋，但架立钢筋或短钢筋的端头不得伸入混凝土保护层内。
- c) 半成品钢筋和钢筋骨架采用整体方式安装时，宜设置专用胎架或卡具等进行辅助定位，安装过程中应采取保证整体刚度及防止变形的措施。
- d) 绑扎或焊接的钢筋骨架和钢筋网不得有变形、松脱和开焊。

8.1.5 钢筋的绑扎应符合下列规定：

- a) 钢筋的交叉点宜采用直径 0.7~2.0mm 的铁丝扎牢，必要时可采用点焊焊牢。绑扎宜采取逐点改变绕丝方向的 8 字形方式交错扎结，对直径 25mm 及以上的钢筋，宜采取双对角线的十字形方式扎结。
- b) 结构或构件拐角处的钢筋交叉点应全部绑扎；中间平直部分的交叉点可交错绑扎，但绑扎的交叉点宜占全部交叉点的 40%以上。
- c) 钢筋绑扎时，除设计有特殊规定者外，箍筋应与主筋垂直。
- d) 绑扎钢筋的铁丝丝头不应进入混凝土保护层内。

8.1.6 对集中加工、整体安装的半成品钢筋和钢筋骨架，在运输时应采用适宜的装载工具，并应采取增加刚度、防止其扭曲变形的措施。

8.1.7 钢筋加工的允许偏差应符合下表 7 的规定。

表 7 钢筋加工允许偏差

项目	允许偏差/mm
受力钢筋顺长度方向加工后的全长	±10
弯起钢筋各部分尺寸	±20
箍筋、螺旋筋各部分尺寸	±5

8.2 质量验收

8.2.1 660MPa 带肋钢筋混凝土结构子分部工程的质量验收，应符合 GB 50204、JTG F80/1 的相关规定。

8.2.2 660MPa 带肋钢筋的机械连接、焊接连接、绑扎搭接的质量验收应符合 JGJ 107、JGJ 18、JTG/T 3650 的相关规定。

8.2.3 钢筋材料质量验收应符合下列要求：

- a) 钢筋应有出厂质量证明书或检验报告单，钢筋表面或每捆（盘）钢筋均应有标志，并确认为订货钢筋的牌号。
- b) 钢筋进场时，应按 GB/T 1499.2 的相关规定抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验，检验结果应符合本文件附录 A 及其他相关标准的规定。
- c) 成型钢筋进场时，应抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验，检验结果应符合国家现行相关标准的规定。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。

8.2.4 钢筋工程质量验收应符合下列要求：

- a) 钢筋连接的外观质量、力学性能、弯曲性能应符合国家现行有关标准的规定。
- b) 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 18、JGJ 256 的要求进行施工现场抽样检验，合格后方可用于工程。
- c) 对机械连接接头应按 JGJ 107 的要求和检验批规定，对螺纹接头进行检验拧紧扭矩检验，对套筒挤压接头进行检查压痕处直径或挤压后套筒长度和钢筋插入套筒长度检验，当验收批挤压接头的外观尺寸检验不合格时，可从上述外观尺寸检验不合格的接头中取样进行极限抗拉强度检验。
- d) 钢筋焊接接头力学性能检验时，应在接头外观质量检查合格后随机切取试件进行试验。试验方法应按 JGJ/T 27 有关规定执行。

附录 A

(规范性)

桥梁工程混凝土结构用 660MPa 热处理带肋钢筋技术条件

A.1 钢筋的主要技术要求

A.1.1 钢筋的牌号和化学成分应满足下列要求：

- a) 钢筋的牌号、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、Cr、Mo 等元素。

表 A.1 钢筋牌号的构成及含义

钢筋牌号	化学成分（不大于，%）					
HRB660 HRB660E	C	Si	Mn	P	S	C _{eq}
	0.28	0.80	1.60	0.035	0.035	0.58

- b) 碳当量 C_{eq} 值（百分比）可按式 (A.1) 计算：

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

- c) 钢中铜的各残余含量应各不大于 0.30%，且总量不应大于 0.60%。经需方同意，铜的残余含量可不大于 0.35%。
- d) 钢的氮含量不应大于 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。
- e) 钢筋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%。
- f) 钢中的 V、Cr 等含量按不同规格钢筋配置，提供钢筋型式检验，需方合同中不体现。

A.1.2 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。

表 A.2 交货状态的力学性能特性值

钢筋牌号	R _{eL} /MPa	R _m /MPa	A/%	A _{gt} /%	R ⁰ _m /R ⁰ _{eL}	R ⁰ _{eL} /R _{eL}
HRB660	660	825	15	≥7.5	/	/
HRB660E	660	825	15	≥9.0	≥1.25	≤1.30

- b) 有较高要求的抗震结构，适用牌号为在表 A.2 中已有牌号上加“E”的钢筋。该类钢筋除应满足下列要求外，其他要求与相应牌号钢筋相同：

- 1) 钢筋实测抗拉强度与实测屈服强度之比 R⁰_m/R⁰_{eL} 不小于 1.25；
- 2) 钢筋实测屈服强度与表 A.2 规定的屈服强度特征值之比 R⁰_{eL}/R_{eL} 不大于 1.30；
- 3) 钢筋的最大力下总伸长率 A_{gt} 不小于 9%。

注：R⁰_m 为钢筋实测抗拉强度；R⁰_{eL} 为钢筋实测屈服强度；A 为钢筋标准中热处理钢筋的断后伸长率，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。

- c) 对于没有明显屈服强度的钢筋，其屈服强度特性值 R_{eL} 应采用规定非比例伸长应力 R_{p0.2}。

A.1.3 钢筋的工艺性能应满足下列要求：

- a) 弯曲性能应符合表 A.3 的规定。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得产生裂纹。

表 A.3 弯曲性能

钢筋牌号	公称直径/mm	弯曲压头直径/mm
HRB660 HRB660E	6~25	6d
	28~50	7d

- b) 反向弯曲性能应满足下列要求：

- 1) 根据需方要求，钢筋可进行反向弯曲性能试验；
- 2) 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直径；
- 3) 反向弯曲试验为先正向弯曲 90°，再反向弯曲 20°。经反向弯曲试验后，钢筋受弯曲部位表面不得产生裂纹。

A. 1. 4 钢筋机械连接的质量检验与验收应符合行业相关标准的规定。

- a) 公称直径不小于 14mm 的受力钢筋机械连接推荐采用剥肋滚丝直螺纹套筒连接。
- b) 钢筋机械连接接头应根据极限抗拉强度、残余变形、最大力下总伸长率以及高应力和大变形条件下反复拉压性能分 I 级、II 级、III 级三个等级。
- c) I 级、II 级、III 级钢筋机械连接接头应能经受规定的高应力和大变形反复拉压循环，且在经历拉压循环后，其实测极限抗拉强度应符合表 A. 4 的规定。
- d) I 级、II 级、III 级钢筋机械连接接头变形性能应符合 JGJ 107 中表 3. 0. 7 的规定。

表 A. 4 接头的实测极限抗拉强度

接头等级	I级	II级	III级
接头实测极限抗拉强度 f_{mst}^0	$f_{mst}^0 \geq f_{stk}$ 钢筋拉断；或 $f_{mst}^0 \geq 1.10f_{stk}$	$f_{mst}^0 \geq f_{stk}$	$f_{mst}^0 \geq 1.25f_{yk}$
注：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形式的连接组件破坏。			

A. 1. 5 660MPa带肋钢筋的外形如图A. 1 所示，尺寸、重量允许偏差及表面质量应符合GB1499. 2的规定，外形尺寸应符合表A. 5 的规定。

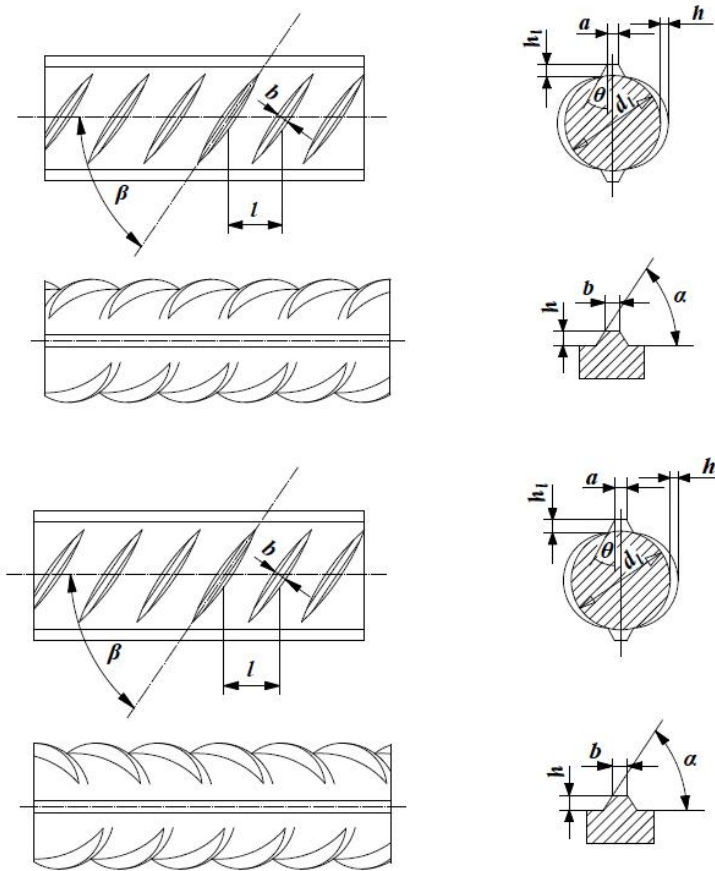


图 A. 1 660MPa 带肋钢筋表面及截面形状

标引序号说明：

d_1 — 钢筋内径；
 α — 横肋斜角；
 h — 横肋高度；
 β — 横肋与轴线夹角；
 h_1 — 纵肋高度；
 θ — 纵肋斜角；
 a — 纵肋顶宽；
 l — 横肋间距；
 b — 横肋顶宽。

表 A.5 660MPa 带肋钢筋尺寸及允许偏差

公称直径 d/mm	内径/mm		横肋高 h/mm		纵肋高(不 大于)/mm	横肋宽 b/mm	纵肋宽 a/mm	间距 l/mm		横肋末端 最大间隙 (公称周 长的 10% 弦长)/mm
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差				公称尺寸	允许偏差	
6	5.8	± 0.3	0.6	± 0.3	0.8	0.4	1.0	6.0	± 0.5	1.8
8	7.7	± 0.4	0.8	$+0.4$ -0.3	1.1	0.5	1.5	8.3		2.5
10	9.6		1.0	± 0.4	1.3	0.6	1.5	10.5		3.1
12	11.5		1.2	$+0.4$ -0.5	1.6	0.7	1.5	12		3.7
14	13.5		1.4		1.8	0.8	1.8	13.5		4.3
16	15.5		1.5		1.9	0.9	1.8	15.0		5.0
18	17.4	± 0.5	1.6	± 0.5	2.0	1.0	2.0	15.0		5.6
20	19.4		1.7		2.1	1.2	2.0	15.0		6.2
22	21.4		1.9	± 0.6	2.4	1.3	2.5	15.8	± 0.8	6.8
25	24.3	± 0.6	2.1		2.6	1.5	2.5	18.8		7.7
28	27.3		2.2	$+0.8$ -0.7	2.7	1.7	3.0	18.8	± 1.0	8.6
32	31.1		2.4		3.0	1.9	3.0	21.0		9.9
36	35.1		2.6	$+1.0$ -0.8	3.2	2.1	3.5	22.5		11.1
40	38.9	± 0.7	2.9	± 1.1	3.5	2.2	3.5	22.5		12.4
50	48.9	± 0.8	3.2	± 1.2	3.8	2.5	4.0	24.0		15.5
注1：纵肋斜角 θ 为 $0^\circ \sim 30^\circ$ 注2：尺寸 a 、 b 为参考数据。 注3：基于对月牙纹带肋钢筋与混凝土粘结锚固破坏特征的分析，在GB 1499.2的基础上增大了660MPa带肋钢筋的横肋间距 l ，对应不同公称直径的钢筋，其横肋间距 l 增大0.3~0.5倍。										

A.1.6 660MPa带肋钢筋芯部和边部的金相组织均为铁素体加珠光体，不得有影响使用性能的其他组织，其奥氏体晶粒度、铁素体最低含量、铁素体晶粒尺寸应满足不同规格钢筋的要求。

A.1.7 660MPa带肋钢筋抗腐蚀能力按供需双方要求。

A.2 应用技术条件及检验项目

A.2.1 为确保混凝土结构用钢筋的质量，正确评价660MPa带肋钢筋混凝土结构和构件的性能，应采用GB/T 50152 规定的试验方法进行相关的实验室试验。实验室试验应根据试验目的不同采取相应的标准试验方法，660MPa带肋钢筋混凝土结构和构件应进行下列实验室试验：

- 梁式粘结锚固性能试验、拉式粘结锚固性能试验；
- 梁构件正截面受弯性能试验、斜截面受剪性能试验；
- 柱构件轴心受压性能试验、偏心受压性能试验；

d) 柱构件抗震性能试验。

实验室试验结果应符合相关国家强制性标准的要求，以保证钢筋在工程结构中的安全应用。

A. 2. 2 每批钢筋的检验项目、取样方法和试验方法应符合表A. 6 的规定。

表 A. 6 取样方法和试验方法

项目	取样数量	取样方法	试验方法
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
拉伸	2	任选两根钢筋切取	GB/T 28900、GB/T 228、GB 1499.2
弯曲、反向弯曲	2	任选两根钢筋切取	GB/T 28900、GB/T 232、GB 1499.2
金相组织	2	不同根（盘）钢筋切取	GB/T 13298、GB 1499.2
疲劳试验	供需双方协议		
连接性能	GB 55008、JGJ 107、JGJ 163		
尺寸	逐支	—	GB 1499.2
表面	逐支	—	目视
重量偏差	GB 1499.2		
注：注：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。热处理带肋钢筋初次应用需提供金相组织与连接性能的检测报告。			

A. 3 试验方法

A. 3. 1 拉伸、弯曲、反向弯曲试验应满足下列要求：

- a) 拉伸、弯曲、反向弯曲试验试样不允许进行车削加工。
- b) 计算钢筋强度用截面面积采用公称横截面面积。
- c) 最大力总延伸率 δ_{gt} 的检验，按表 A. 6 的规定采用 GB/T 228.1 的相关试验方法。
- d) 反向弯曲试验时，经正向弯曲后的试样，应在 100℃温度下保温不少于 30min，经自然冷却后再反向弯曲。当供方能保证钢筋经人工时效后的反向弯曲性能时，正向弯曲后的试样亦可在室温下直接进行反向弯曲。

A. 3. 2 尺寸测量应满足下列要求：

- a) 内径的测量应精确到 0. 1mm。
- b) 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。
- c) 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. 3 重量偏差的测量应满足下列要求：

- a) 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 1g。
- b) 钢筋实际重量与公称重量的偏差(%)应按式(A. 2)计算：

$$\text{重量偏差} = \frac{\text{试样实际总重量} - (\text{试样总长度} \times \text{公称重量})}{\text{试样总长度} \times \text{公称重量}} \times 100 \text{ 碳当量} \cdots \cdots (A. 2)$$

A. 3. 4 检验结果的数值修约与判定应符合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 特性值检验应满足下列要求：

- a) 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，经供需双方协议一致的检验；

3) 第三方产品认证及仲裁检验。

b) 特征值检验应按 GB 1499.2 的规定进行。

A.4.3 交货检验应满足下列要求：

a) 交货检验适用于钢筋验收批的检验。

b) 组批规则应满足下列要求：

1) 钢筋应按批进行检查和验收，每批由同一牌号、同一炉号（或同一轧批号）、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批号组成混合批，但各炉批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) 钢筋检验项目和取样数量应符合表 A.6 和本条第 2 款第 1 项的规定。

4) 各检验项目的检验结果应符合第 A.1 节的相关规定。

5) 钢筋的复验与判定应符合 GB/T17505 的规定。

A.5 订货内容

A.5.1 按本附录订货的合同至少应包括下列内容：

a) 本附录编号。

b) 产品名称。

c) 钢筋牌号。

d) 钢筋公称直径、长度（或盘径）及重量（或数量、盘重）。

e) 特殊要求。

A.6 包装、标志和质量证明书

A.6.1 660MPa带肋钢筋的表面标志应符合下列规定：

a) 660MPa 带肋钢筋应在表面轧上牌号符号、生产企业行政区划代码前 2 位和公称直径毫米数字，可轧上经注册的厂名或商标代替行政区划代码前 2 位。

b) 钢筋牌号标志应以英文字母加阿拉伯数字表示，HRB600 以“6H”表示，抗震钢筋以加“E”表示。

c) 标志应清晰明了，标志的尺寸应由供方按钢筋直径大小作适当规定，与标志相交的横肋可取消。

A.6.2 钢筋的包装、标牌和质量证明书上可赋包含产品信息的条形码、二维码。

A.6.3 钢筋的包装、标志和质量证明书应符合GB/T 2101 的有关规定。