

RISN-TG007-2009

热轧带肋高强钢筋在混凝土 结构中应用技术导则

Technical guidelines for application of high strength hot rolled
ribbed bars in concrete structure

住房和城乡建设部标准定额研究所 编

中国建筑工业出版社

743)
20112

热轧带肋高强钢筋在混凝土 结构中应用技术导则

Technical guidelines for application of high strength hot
rolled ribbed bars in concrete structure

RISN-TG007-2009

住房和城乡建设部标准定额研究所 编



中国建筑工业出版社

2009 北 京

热轧带肋高强钢筋在混凝土
结构中应用技术导则

Technical guidelines for application of high strength hot
rolled ribbed bars in concrete structure

RISN-TG007-2009

住房和城乡建设部标准定额研究所 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京密东印刷有限公司

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：11 $\frac{1}{2}$ 字数：335 千字

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月第一次印刷

定价：36.00 元

统一书号：15112·17739

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.china-cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

编写委员会名单

主任委员：徐有邻 白生翔
编委：黄小坤 朱爱萍 王晓锋 刘刚 刘立新
赵勇 傅剑平 王铁城 康谷贻 朱建国
杨勇新 谢丽丽 于秋波 张维汇 李庆钢
习朝位 胡伦坚 张毅斌 黄正玉 杨建忠
朱启柱 李义长 杨印

参编单位名单

中国建筑科学研究院

郑州大学

同济大学

重庆大学

天津大学

中冶建筑研究总院有限公司

山东省建筑设计研究院

辽宁省建筑设计研究院

河北省建筑设计研究院

河南省第一建筑工程集团有限公司

江苏沙钢集团有限公司

上海申特型钢有限公司

新抚顺钢铁有限责任公司

攀枝花钢铁(集团)公司

沈阳联印经贸有限公司

前 言

工程建设标准是在建设领域试行科学管理、强化政府宏观调控的依据和手段,对规范建设市场各方主体行为、确保建设工程安全 and 质量、促进建设工程技术进步、提高建设工程经济效益与社会效益等具有重要作用。

近年来,随着我国社会主义市场经济体制的建立和不断完善,以及加入世界贸易组织的实际需要,作为工程建设标准化的直接成果,已经发布数千项工程建设标准,基本覆盖了工程建设各领域、各环节,规范并指导着建设活动各方的技术行为和管理行为。但同时,由于建设领域科学技术迅速发展、建设经验的不断积累、建设活动的复杂性以及标准制定条件的限制,现行标准还不能及时并全面为建设活动各方,尤其是广大工程技术与管理人员提供指导。

我所作为住房和城乡建设部工程建设标准化研究与组织机构,在长期标准化研究与管理经验的基础上,结合工程建设标准化改革实践,组织国内外相关领域的权威机构和人员,通过严谨的研究与编制程序,为推进建设科技新成果的实际应用,促进工程建设标准的准确实施,引导建设技术发展方向,拓展工程建设标准化外衍成果,将陆续推出各专业领域的系列《技术导则》,以作为指导广大工程技术与管理人员建设实践活动的重要参考。

《热轧带肋高强钢筋在混凝土结构中应用技术导则》是该系列《技术导则》之一,编号 RISN-TG007-2009,内容包括:基本规定、材料、结构分析及极限状态计算、构造规定、抗震设计、施工及质量验收、附录以及热轧带肋高强钢筋应用的相关技术资料等。

该系列《技术导则》及内容均不能作为使用者规避或免除相关义务与责任的依据。

住房和城乡建设部标准定额研究所

2009年10月

目 录

第一部分 热轧带肋高强钢筋在混凝土结构中应用技术导则	1
1 总则	2
2 术语、符号	3
2.1 术语	3
2.2 符号	3
3 基本规定	5
4 材料	9
5 结构分析及极限状态计算	12
6 构造规定	18
6.1 钢筋的锚固	18
6.2 钢筋的连接	22
6.3 纵向受力钢筋的最小配筋率	23
6.4 钢筋在节点中的锚固	24
7 抗震设计	27
8 施工及质量验收	35
8.1 施工措施	35
8.2 质量验收	37
附录 A 钢筋牌号的鉴别方法	40
A.1 带肋钢筋的标志	40
A.2 钢筋的金相检验	41
A.3 钢筋的维氏硬度检验	42
A.4 钢筋的晶粒度检验	42
附录 B 无需作裂缝宽度验算的条件	44
附录 C 焊接封闭箍筋制作工艺及质量检验	45
附录 D 钢筋极限拉应变试验方法	47
第二部分 热轧带肋高强钢筋应用的相关技术资料	49
前言	50

1 钢筋研制开发	53
我国 HRB500 钢筋产品情况介绍	53
承钢含钒高强钢筋的开发与推广	57
HRB500 钢筋的生产和应用	65
科学推广应用高强钢筋	70
纵向钢筋可利用的最高强度设计值	77
HRB500 级带肋钢筋强度的设计取值及应用条件	110
2 构件试验研究	120
HRB500 级钢筋混凝土梁受弯及受剪性能的试验研究	120
500MPa 级热轧带肋钢筋混凝土梁正截面受弯承载力	129
500MPa 级热轧带肋钢筋混凝土梁斜截面受剪承载力	139
HRB500 级钢筋混凝土轴心受压构件受力性能的研究	157
500MPa 级钢筋混凝土偏心受压构件受力性能的研究	168
500MPa 级高强钢筋混凝土框架柱受剪承载力试验研究	178
HRB500 级钢筋部分预应力混凝土梁受力性能的试验研究	194
配 500MPa 钢筋混凝土梁裂缝宽度计算模式评析	206
平截面假定在裂缝截面计算中的适用性	225
钢筋混凝土受弯构件无需作裂缝宽度验算的条件	234
配 HRB500 钢筋的混凝土柱低周反复加载试验	239
框架顶层端节点 500MPa 级钢筋带锚固板搭接方案的 抗震性能试验	252
500MPa 级热轧带肋钢筋粘结锚固性能的试验研究	266
柱箍筋体积配筋率中若干问题的讨论	276
3 试点工程及效益分析	285
HRB500 级钢筋在试点工程中的应用及分析	285
用 PKPM 程序设计 HRB500 级钢筋混凝土结构的方法	293
HRB500 级钢筋试点工程钢筋用量分析	303
500MPa 级钢筋工程应用的试验与研究	314
HRB500 钢筋在沈阳陆港综合办公楼的设计总结	326
4 施工及验收	341
HRB500 级钢筋施工要点	341
HRB500 级钢筋连接性能研究	348
HRB500 级钢筋墩粗电渣压力焊施工工法	358

第一部分

热轧带肋高强钢筋在混凝土结构中应用技术导则

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家节能环保技术经济政策，在混凝土结构中推广应用热轧带肋高强钢筋，做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量，制定本导则。

【1.0.1 解析】 编制导则是为落实国家的技术经济政策，推广应用高强钢筋，以达到省材、节能、降耗、环保的目的。同时在混凝土结构中应用高强钢筋还能减轻结构自重；降低运输费用；避免配筋密集；方便浇筑施工；保证工程质量。

1.0.2 本导则适用于配置 400MPa、500MPa 级热轧带肋高强钢筋的混凝土结构和预应力混凝土结构的房屋和一般构筑物的设计、施工和质量验收。

【1.0.2 解析】 本导则的应用范围为采用 400MPa、500MPa 级热轧带肋钢筋作受力钢筋的混凝土结构，不仅包括设计，还涉及施工及验收，对应用高强钢筋提出了配套的技术要求。

1.0.3 应用热轧带肋高强钢筋作为普通钢筋时，除按本导则的要求外，尚应符合国家现行标准的相关规定。

【1.0.3 解析】 在应用高强钢筋时，除要满足本导则的要求外，其余技术要求尚应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2001（2006 版）、《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002、《建筑抗震设计规范》GB 50011-2001（2008 版）、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204-2002、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2-2007 等标准的相关规定。

在国家现行的标准、规范尚未纳入高强钢筋的有关内容时，本导则的发布提供了技术依据，便于高强钢筋的推广应用。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 热轧带肋钢筋牌号 brand of hot rolled ribbed bars

用以标志热轧带肋钢筋品牌的符号，由钢筋品种的英文字母的字头及其屈服强度标准值（特征值）组成。

2.1.2 普通热轧带肋钢筋 hot rolled ribbed bars

按热轧状态交货的带肋钢筋。其金相组织主要是铁素体加珠光体，不得有影响使用性能的其他组织存在。

2.1.3 细晶粒热轧带肋钢筋 hot rolled ribbed bars of fine grains

在热轧过程中，通过控轧和控冷工艺形成的带肋钢筋。其金相组织主要是铁素体加珠光体，不得有影响使用性能的其他组织存在，晶粒度不粗于 9 级。

2.2 符 号

f_{yk} ——普通钢筋的屈服强度标准值或特征值，即钢筋标准中的 R_{el} ；

f_{stk} ——普通钢筋的抗拉强度标准值或特征值，即钢筋标准中的 R_m ；

f_y ——纵向受力钢筋或约束混凝土用的间接钢筋、箍筋的强度设计值；

f_{yv} ——抗剪、抗扭箍筋的强度设计值；

l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度；

l_a ——受拉钢筋的锚固长度；

ψ_a ——锚固长度修正系数；

ϵ_{su} ——钢筋的极限拉应变，钢筋达到抗拉强度时所对应的受拉极限应变值，即钢筋标准中的最大力下总伸长率 A_{gt} ；

A ——钢筋标准中热轧钢筋的断后伸长率，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。

3 基本规定

3.0.1 钢筋混凝土结构构件中的各种受力钢筋，均可采用热轧带肋高强钢筋。

对仅作承载能力极限状态计算的钢筋混凝土结构构件中的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 500MPa 级热轧带肋钢筋。

【3.0.1 解析】 热轧带肋高强钢筋的适用范围与一般钢筋相同，且可与其他类型的钢筋搭配使用。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，以及预应力混凝土结构构件中的非预应力受力钢筋，推荐优先采用 500MPa 级钢筋，以充分发挥其强度较高的优势。

3.0.2 对于正常使用极限状态，结构构件应分别按荷载效应的标准组合、准永久组合并考虑长期作用的影响，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——正常使用极限状态下规定的荷载效应组合值；

C——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度、应力等的限值。

荷载效应的标准组合、准永久组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

【3.0.2 解析】 正常使用极限状态验算的基本表达形式，与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 的规定保持一致。

3.0.3 结构构件正截面的受力裂缝控制等级分为三级，其划分

应符合下列规定：

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

二级——一般要求不出现受力裂缝的构件。按荷载效应标准组合计算时，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——允许出现受力裂缝的构件。对钢筋混凝土构件，按荷载效应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本导则第 3.0.4 条规定的最大裂缝宽度限值。对预应力混凝土构件，按荷载效应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本导则第 3.0.4 条的规定。

结构构件应根据其使用功能、环境类别和重要程度，选用适宜的裂缝控制等级。

【3.0.3 解析】 工程实践以及与国际标准规定的对比都表明，我国现行规范中对于受力裂缝宽度的控制偏严，可作适当放松。对结构构件正截面的裂缝控制等级，仍按规范 GB 50010-2002 划分为三个等级。

根据国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153-2008，及作为其主要依据的国际标准《结构可靠性总原则》ISO 2394 和欧洲规范《结构设计基础》EN 1990 的规定，荷载组合应根据正常使用极限状态的可逆性与不可逆性以及外观要求（限制过大的裂缝和挠度）等进行选择。

根据上述三本标准的要求，并参考欧洲规范《混凝土结构设计》EN 1992 中的规定，对钢筋混凝土和无粘结预应力混凝土结构构件，可以选用荷载的准永久组合进行正常使用极限状态的验算。欧洲规范 EN 1990 中第 6.5.3 条明确规定：准永久组合一般用于结构的长期效应和结构外观的分析。在我国标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153-2008 第 8.3.2 条也作了类似的规定。因此本导则对裂缝控制等级为三级的钢筋混凝土构件，

采用荷载的准永久组合进行裂缝宽度验算。

照例对预应力混凝土构件也可对荷载组合作出相应的选择。例如,欧洲规范 EN 1992 对有粘结预应力混凝土结构就选用了荷载的频遇组合;我国标准 GB 50153 也有类似的规定。但是考虑预应力结构耐久性的影响,裂缝控制可能更为重要。而且本导则的重点是 400MPa、500MPa 级热轧带肋钢筋的推广应用,不便过多地涉及预应力混凝土结构的裂缝控制,而应留待设计规范 GB 50010 对其作出全面修改的规定。因此本导则仍保持现行规范 GB 50010-2002 对预应力混凝土构件的原有规定基本不变。仅在裂缝控制等级为二级时,删除了关于“按荷载效应准永久组合计算时,构件受拉边缘混凝土不宜产生拉应力,当有可靠经验时可适当放松”的规定,这样对二级裂缝控制稍有所放松。

3.0.4 对裂缝控制等级为三级的结构构件,应根据环境类别和结构类型,按表 3.0.4 的规定选用裂缝宽度限值 w_{lim} 。

表 3.0.4 结构构件的裂缝宽度限值

环境类别	钢筋混凝土构件	预应力混凝土构件
一	0.30(0.40)	0.20
二	0.20	—
三	0.20	—

注:1 对处于年平均相对湿度小于 60%地区一类环境下的受弯构件,其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值;

2 在一类环境下,对钢筋混凝土屋架、托架及需作疲劳验算的吊车梁,其最大裂缝宽度限值应取为 0.20mm;对钢筋混凝土屋面梁和托梁,其最大裂缝宽度限值应取为 0.30mm;

3 在一类环境下,对预应力混凝土屋面梁、托梁、屋架、托架、屋面板和楼板,应按二级裂缝控制等级进行验算;在一类和二类环境下,对需作疲劳验算的预应力混凝土吊车梁,应按一级裂缝控制等级进行验算;

4 对于烟囱、筒仓和处于液体压力下的结构构件,其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定;

5 对混凝土保护层厚度较大的构件,在外观要求允许的情况下,可根据实践经验对表中的最大裂缝限值适当放宽。

【3.0.4 解析】 本条基本保持了现行设计规范 GB 50010-2002 的

规定,列出了最大裂缝宽度限值的具体要求。

在注5中允许对厚保护层构件适当放宽裂缝宽度限值的规定,是根据规范 GB 50010-2002 第 8.1.2 条的条文说明给出的。由于耐久性要求而增大受力钢筋的保护层厚度后,会导致构件表面产生较大的裂缝宽度。但是钢筋表面的裂缝宽度实际并不大,尚不至于明显影响钢筋的腐蚀及构件的耐久性。

3.0.5 配置热轧带肋高强钢筋的钢筋混凝土和预应力混凝土受弯构件的挠度控制应符合下列要求:

1 构件的挠度不应严重影响其使用功能和外观,也不应超过与非结构构件相接处可调节的尺寸;

2 受弯构件最大计算挠度应按本导则第 3.0.3 条的荷载效应组合并考虑长期的影响进行计算,并不应超过《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 表 3.3.2 规定的挠度限值;

3 当使用上允许构件起拱时,其起拱值不得超过挠度限值。

【3.0.5 解析】 混凝土受弯构件挠度验算的荷载效应组合应与裂缝控制等级的划分相一致;其中,对钢筋混凝土受弯构件,本导则明确规定按荷载效应准永久组合进行验算。

挠度控制应根据使用功能和外观的具体情况提出要求,例如:应考虑长期变形对隔墙、幕墙、挂板或饰面等安装余量的影响;或应满足生产工艺或屋顶排水等建筑功能的要求。

对最大计算挠度的限值保持了规范 GB 50010-2002 的规定;此外,参照欧洲规范 EN 1992 对起拱值进行了限制。

4 材 料

4.0.1 本导则的热轧带肋高强钢筋应为国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2-2007中规定的强度级别为400MPa级、500MPa级的普通热轧带肋钢筋（HRB）和细晶粒热轧带肋钢筋（HRBF）。

钢筋的牌号可按附录A的方法鉴别。

【4.0.1解析】 本导则采用的热轧带肋钢筋是指钢筋标准GB 1499.2-2007中强度级别为400MPa、500MPa的普通热轧带肋钢筋（HRB）和细晶粒热轧带肋钢筋（HRBF）。本导则不包括余热处理钢筋（RRB）。

钢筋的各项性能应符合标准GB 1499.2-2007的规定。为防止混料错批，钢筋牌号按附录A的方法鉴别。

4.0.2 热轧带肋高强钢筋的标准强度应具有不小于95%的保证率。

热轧带肋高强钢筋的强度及其弹性模量、断后伸长率和极限拉应变的标准值，应按表4.0.2的规定取用。

表 4.0.2 高强钢筋的强度及弹性模量、断后伸长率和极限拉应变的标准值

钢筋牌号	$f_{yk} (R_{el})$ (N/mm ²)	$f_{stk} (R_m)$ (N/mm ²)	E_s (N/mm ²)	A(%)	$\epsilon_{su} (A_{gt})$ (%)
HRB400 HRBF400 HRB400E HRBF400E	400	540	2.0×10^5	16.0	7.5 9.0
HRB500 HRBF500 HRB500E HRBF500E	500	630	2.0×10^5	15.0	7.5 9.0

注：1 表中带括号的符号为国家标准GB 1499.2-2007采用的符号，与本导则中不带括号的符号等价；符号下标带“k”者为强度的标准值（或特征值）；

2 带后缀“E”的牌号为抗震钢筋，除极限拉应变 $\epsilon_{su} (A_{gt})$ 要求较高外，其屈服比和超强比性能尚应符合本导则第8.2节的要求；

3 直径为28mm~40mm的钢筋，断后伸长率A可按表中规定值降低1%取用；直径为40mm以上的钢筋可按表中规定值降低2%取用。

【4.0.2 解析】 根据规范 GB 50010-2002 规定, 要求钢筋标准强度的保证率不应小于 95%。

国家标准 GB 1499.2-2007 给出了 400MPa、500MPa 级钢筋的屈服强度标准值 (特征值)、抗拉强度标准值 (特征值)、钢筋延性 (断后伸长率或极限拉应变) 特征值, 以及弹性模量等设计参数。

带后缀 “E” 的抗震钢筋, 性能检验的要求在本导则 8.2 节中详细规定。

4.0.3 热轧带肋高强钢筋的强度设计值应按表 4.0.3 的规定采用。

表 4.0.3 热轧带肋高强钢筋的强度设计值 (N/mm²)

钢筋牌号	f_y	f'_y	f_{yv}
HRB400 HRBF400 HRB400E HRBF400E	360	360	360
HRB500 HRBF500 HRB500E HRBF500E	435	435	360

在结构设计中, 热轧带肋高强钢筋的强度设计值的选取应符合下列规定:

1 纵向受拉钢筋和约束混凝土用间接钢筋、箍筋的抗拉强度设计值按 f_y 取用;

2 纵向受压钢筋的抗压强度设计值按 f'_y 取用;

3 用于抗剪、抗扭的箍筋, 其抗拉强度设计值按 f_{yv} 取用;

4 用于疲劳验算的 HRB 400 级热轧钢筋的疲劳应力幅限值应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 的规定取用; 本导则中其余热轧钢筋的疲劳应力幅限值应经专门试验确定;

5 按国家标准《人民防空地下室设计规范》GB 50038 设计的人防地下室结构, 动力强度设计值可按本条第 1、2、3 款规定的强度设计值乘以钢筋强度综合调整系数 1.2 后取用;