

《690 至 960 MPa 高强钢结构设计标准》编制说明

(1) 工作简况，包括任务来源、主要工作过程、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等；

1) 任务来源：

随着我国钢结构行业向高性能、轻量化方向发展，690 MPa 及以上高强钢的应用日益广泛，但现行国家标准《钢结构设计标准》（GB 50017）和现行行业标准《高强钢结构设计标准》（JGJ/T 483）主要针对 Q690 及以下强度钢材，缺乏更高强度钢材（如 Q690、Q890、Q960 等）的设计规定，导致工程应用缺乏统一技术依据。为此，中国钢结构协会组织相关单位编制本团体标准，以推动高强钢的规范化工程应用，为高强钢结构设计提供技术依据，并填补行业空白。

2) 主要工作过程：

成立标准编制组，成员包括政府部门、业界协会、高等院校、研究中心、设计院、钢构制造商、承建商及施工企业等。整理编制组在 690 MPa 及以上高强钢领域取得的最新研究成果，调研国内外高强钢研究进展和应用现状，分析欧盟（BS EN 1993-1-1、BS EN 1993-1-8、BS EN 1994-1-1）、大陆（GB 50017、JGJ/T 483、JGJ 138、GB 50936）及香港（SUOS）等相关技术标准，形成标准大纲。

标准编制组于 2025 年 5 月 22 日召开编制工作会议，重点讨论和审查材料性能指标、设计方法、计算公式及构造要求等，修改后形成征求意见稿。

3) 主要参加单位、编制组成员及分工:

单位	人员	分工
香港理工大学	钟国辉 教授	主编, 总体技术框架
清华大学	石永久 教授	副主编, 总体技术框架
华南理工大学	周福霖 院士	主要起草人员, 抗震性能化设计
香港土木工程拓展署	方学诚 工程师 JP	主要起草人员, 钢结构设计
华诚博远工程技术集团	王立军 大师	副主编, 材料性能指标及抗震性能化设计
北京工业大学	张爱林 教授	副主编, 抗震性能化设计
中国宝武钢铁集团有限公司	贺明玄 教授级高工	主要起草人员, 钢结构设计
华南理工大学	王湛 教授	主要起草人员, 钢结构设计
中国建筑业协会钢木建筑分会	党保卫 常务副会长	主要起草人员, 钢结构设计
中建钢构股份有限公司	陈振明 教授级高工	主要起草人员, 连接和节点
河北津西钢铁股份有限公司	奚铁 教授级高工	主要起草人员, 材料性能指标
福建省建筑设计研究院股份有限公司	曾志攀 总工	主要起草人员, 钢结构设计
香港大学	陈德明 教授	主要起草人员, 连接和节点设计
哈尔滨工业大学	王玉银 教授	主要起草人员, 组合结构设计
北京工业大学	杨璐 教授	主要起草人员, 钢结构设计
香港理工大学	何浩祥 首席研究员	主要起草人员, 组合结构设计
清华大学	班慧勇 特别研究员	主要起草人员, 钢结构设计
同济大学	王彦博 教授	主要起草人员, 钢结构设计
重庆大学	柯柯 教授	主要起草人员, 抗震性能化设计
重庆大学	徐菲 教授	主要起草人员, 连接和节点设计
天津大学	宗亮 教授	主要起草人员, 钢结构设计
哈尔滨工业大学	苏安第 教授	主要起草人员, 组合结构设计
华南理工大学	胡方鑫 教授	主要起草人员, 连接和节点设计
广州大学	熊明祥 副教授	主要起草人员, 抗震性能化设计
重庆大学	王宣鼎 副教授	主要起草人员, 组合结构设计
西南石油大学	陈成 副教授	主要起草人员, 钢结构设计
凯德集团	王隽 博士	主要起草人员, 焊接工艺
中建钢构股份有限公司	夏林印 先生	主要起草人员, 焊接工艺
中国路桥工程有限责任公司	阚军 先生	主要起草人员, 焊接工艺
上海振华重工股份有限公司	马立芬 总工	主要起草人员, 焊接工艺
香港建筑金属结构协会	李开源 总工	主要起草人员, 焊接工艺
建盛(亚洲)工程顾问有限公司	关景辉 行政总裁	主要起草人员, 组合结构设计

俊和发展集团有限公司	陆伟霖 董事	主要起草人员，钢结构设计
金门建筑有限公司	陈志发 总经理	主要起草人员，钢结构设计
艾奕康工程顾问公司	黄港来 董事	主要起草人员，组合结构设计
福建金强钢构集成工业有限公司	刘金铃 先生	主要起草人员，焊接工艺
香港金门建筑有限公司	侯志超 先生	主要起草人员，焊接工艺
新加坡 TJJ 工程设计有限公司	Y.H.NG 先生	主要起草人员，钢结构设计

(2) 标准编制原则和主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据，解决的主要问题，修订标准时应列出与原标准的主要差异和水平对比；

1) 标准编制原则

技术先进性：基于国内外最新研究成果及工程实践，参考和借鉴欧盟、大陆及香港技术标准对高强钢结构的设计规定，确保标准与国际接轨。

安全可靠性：基于试验验证、理论分析和数值计算，确保高强钢性能指标的可靠性，确保高强钢构件、连接节点的承载力、稳定性和抗震性能。

适用性：覆盖建筑、桥梁、风电塔筒等典型结构类型，明确 Q690～Q960 高强钢的设计方法。

兼容性：与现行国家标准（GB 50017、GB/T 483 等）保持兼容，补充 Q690～Q960 高强钢的要求。

2) 标准主要内容及技术依据

(i) 材料性能要求

强度设计值：Q690、Q890、Q960 高强钢的屈服强度标准值和抗拉强度按 GB/T 1591 规定，但屈服强度设计值需在标准值的基础上除

以材料分项系数 γ_m 。本标准提供了两种可供选择的高强钢材料分项系数取值。当钢材制造商能够提供具有 100 %保证率的钢材最低屈服强度满足牌号标准值要求时， γ_m 可取 1.0，相关强度指标按照标准中的表 4.4.1(a)采用。当只能提供具有 95 %保证率的钢材强度达标时， γ_m 取 1.1，相关强度指标按照表 4.4.1(b)采用（依据：CNERC 香港分中心材性试验数据）。

屈强比限值：钢材屈强比不宜大于 0.95，防止高强钢塑性变形能力不足（依据：CNERC 香港分中心材性试验数据及钢材制造商提供的统计报告）。

断后伸长率：钢材的断后伸长率不宜小于 12 %（依据：CNERC 香港分中心材性试验数据）。

（ii）抗震性能化设计

应用于抗震性能化设计的高强钢可用于塑性耗能区。在大震作用时，钢结构和钢-混凝土组合结构底层框架柱脚部位允许出现塑性发展。对于 Q690 钢，可采用整体弹性分析或弹塑性分析；对于 Q890 及 Q960 钢，只允许采用整体弹性分析，且均应满足材料性能指标要求（依据：广州大学和重庆大学提供的抗震性能试验数据）。

（iii）板件截面分类

基于板件宽厚比、材料强度、截面塑性发展能力、受力状态及边界条件的综合评估，对不同应力分布特征的截面进行等级划分。旨在确保设计时合理考虑局部屈曲或塑性发展对承载力和延性的影响。这一分类决定了截面承载力的计算方式（依据：BS EN 1993-1-1:2022）。

(iv) 轴压构件的稳定系数与截面分类

基于试验结果和理论分析，对板厚 $t \leq 40\text{mm}$ 的三种类型截面的轴心受压钢构件的截面类型进行重新分类，并归纳提出了 a^* 类截面和稳定系数表达式（依据：标准编制团队提供的最新研究成果及国外内发表于权威期刊的相关研究成果）。

(v) 受弯、拉弯和压弯构件的塑性设计

对受弯、拉弯和压弯构件的强度和稳定性计算，采用与截面类型和截面模量相关的塑性设计（依据：BS EN 1993-1-1:2022）。

(vi) 钢管连接节点设计方法

引入欧标关于圆钢管及矩形钢管焊接节点设计方法。欧标对高强度钢管连接节点强度设计值的材料系数 C_f 规定过于保守，故本标准对 C_f 的取值进行了修正，并补充 Q890 和 Q960 高强钢管节点的 C_f 取值，使承载力计算公式总体仍偏于保守（依据：国内外试验结果和数值分析结果，以及 BS EN 1993-1-8:2024）。

(vii) 钢-混凝土组合梁设计和抗剪连接件设计

增加部分和完全抗剪连接的钢-混凝土组合梁的抗弯和抗剪承载力计算方法；增加圆柱头焊钉抗剪连接计算方法（依据：BS EN 1994-1-1:2004，香港标准《钢结构作业守则》，及香港理工大学钟国辉教授团队研究成果）。

(viii) 钢-混凝土组合柱设计方法

增加型钢-混凝土和钢管-混凝土组合短柱的轴压和偏压承载力、组合长柱的轴压和偏压稳定承载力以及组合柱截面抗剪承载力设计

计算方法（依据：标准编制组最新研究成果、国内外相关试验结果，BS EN 1994-1-1:2004、香港理工大学钟国辉教授团队研究成果，以及 SCI Publication 142 “Composite Column Design to Eurocode 4”）。

（ix）焊接工艺评定

针对 Q690~Q960 高强钢的焊接问题，提出焊接工艺评定方法和焊接过程控制细节（依据：标准编制组最新研究成果及欧标和国标的相关条文规定）。

3) 解决的主要问题

（i）填补标准空白：现行 GB 50017 和 JGJ/T 483 仅覆盖 Q690 及以下钢材，本标准提供了 Q690~Q960 高强钢结构及高强钢-混凝土组合结构的完整设计方法。

（ii）更新设计理论：针对高强钢的特点和优势，采用截面塑性设计方法，调整稳定系数、截面分类、宽厚比限值等关键参数，避免直接套用普通钢的计算公式而导致安全隐患或成本增加。

（iii）规范节点连接：解决高强钢螺栓滑移、焊接冷裂纹等行业痛点问题。

（iv）与国际接轨：基于标准编制组近 20 年的最新研究成果，结合国内外最新研究进展，参考并借鉴欧盟、大陆及香港技术标准对高强钢结构的设计规定，制定本标准，力求设计理念与设计方法的互联互通，以促进本标准的国际化应用和推广。

4) 与原标准的主要差异及水平对比

项目	GB 50017	本标准	技术依据
钢材范围	$\leq Q690$	Q690~Q960	国内钢厂已经能做到量产 Q690~Q960 钢
材料分项系数	γ_m 根据不同板厚和不同强度等级进行细化规定	$\gamma_m = 1.0$ 或 1.1	CNERC 香港分中心材料性试验数据表明：当钢材制造商能够提供具有 100 %保证率的钢材最低屈服强度满足牌号标准要求时， γ_m 可取 1.0；当只能提供具有 95 %保证率的钢材强度达标时， γ_m 取 1.1。
抗震性能化设计指标	构件塑性耗能区采用的钢材应符合以下条件： 1) 钢材的屈服强度与抗拉强度的比值不应大于 0.85； 2) 钢材的断后伸长率不应小于 20 %。	对于 Q690 钢，可采用整体弹性分析或弹塑性分析；对于 Q890 及 Q960 钢，只允许采用整体弹性分析，且均应符合以下条件： 1) 钢材的屈服强度与抗拉强度的比值不宜大于 0.95； 2) 钢材的断后伸长率不宜小于 12 %。	Q690~Q960 高强钢构件可用于允许发生塑性发展的部位，本条调整了屈强比和伸长率的要求。另外，考虑到罕遇地震作用下结构的内力重分布可能使得高强钢发生屈服，故本条给出了对于高强钢用于抗震钢结构材料性能最低要求。目前，国内大型钢材制造企业完全具备生产材料性能指标合格且性能稳定的 Q690~Q960 高强钢的能力和条件。
板件截面分类和宽厚比等级划分	根据构件的不同受力状态和板件宽厚比，将构件截面划分为 5 个等级：S1 级、S2 级、S3 级、S4 级和 S5 级。	基于板件宽厚比、材料强度、截面塑性发展能力、受力状态及边界条件的综合评估，对不同应力分布特征的截面进行等级划分。将截面板件宽厚比划分为 3 类：1 类、2 类和 3 类截面。Q690~Q960 高强钢构件的板件不允许发生第 4 类截	最新欧盟标准：BS EN 1993-1-1:2022。

		面的破坏失效模式。	
轴心受压钢构件的截面类型、缺陷系数和稳定系数	根据板件截面形状、板件厚度、宽厚比、加工成型方式(焊接或轧制),将轴心受压钢构件的截面划分为 a、b、c、d 四类,每类截面具有不同的缺陷系数。稳定系数表达式与欧盟标准不同,但均基于 Perry-Robertson 公式得到。	基于试验结果和理论分析,对板厚 $t \leq 40\text{mm}$ 的三种类型截面的轴心受压钢构件的截面类型进行分类,并归纳提出了 a*类截面和稳定系数计算公式。	标准编制团队提供的最新研究成果及国外内发表于权威期刊的相关研究成果。
受弯、拉弯和压弯构件的强度和稳定性	对受弯、拉弯和压弯构件的强度和稳定性计算,采用考虑截面塑性发展系数的设计方法。	对受弯、拉弯和压弯构件的强度和稳定性计算,采用与截面类型和截面模量相关的塑性设计,合理考虑局部屈曲或塑性发展对承载力和延性的影响。	最新欧盟标准:BS EN 1993-1-1:2022。
钢管连接节点设计方法	以大量试验研究为基础,通过精细化的节点分类和构造措施,采用基于极限状态设计法的多失效模式验算方法,确保钢管节点在各种可能荷载下的安全性和可靠性。	引入欧标关于 K 型、T 型、X 型圆钢管及矩形钢管焊接节点设计方法。欧标对高强度钢管连接节点强度设计值的材料系数 C_f 规定过于保守,故本标准对 C_f 的取值进行了修正,并补充 Q890 和 Q960 高强钢管节点的 C_f 取值,使承载力计算公式总体仍偏于保守。	国内外试验结果和数值分析结果,香港理工大学钟国辉教授团队研究成果,以及最新欧盟标准:BS EN 1993-1-8:2024。
钢-混凝土组合梁设计和抗剪连接件设计	在保证结构足够安全的前提下,通过精巧的组合作用设计,最大限度地发挥钢与混凝土两种材料的力学性能,以达到技术先进、经济合理的目的。组合梁截面的抗弯承载力计算	引入欧盟标准设计理念,依据现有成果,并结合香港标准《钢结构作业守则》,对部分和完全抗剪连接的钢-混凝土组合梁抗弯和抗剪承载力计算公式进行推导(亦基于截	欧盟标准:BS EN 1994-1-1:2004; 香港标准《钢结构作业守则》; 香港理工大学钟国辉教授团队研究成果。

	公式基于应力和力矩平衡条件给出,表达形式较为笼统。	面应力和力矩平衡条件得出),并分类给出计算方法;补充圆柱头焊钉抗剪连接计算方法。	
钢-混凝土组合柱设计方法	规定了钢管混凝土柱及节点的构造措施。钢管混凝土组合柱和节点的设计计算方法参考《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的相关规定,其他形式组合柱的设计方法参考《组合结构设计规范》JGJ 138 的相关规定。	引入欧盟标准及设计指南 P142,并依据最新研究成果,对型钢-混凝土和钢管-混凝土组合短柱的轴压和偏压承载力,型钢-混凝土和钢管-混凝土组合长柱的轴压和偏压稳定承载力设计方法和计算公式进行了细致规定。	标准编制组最新研究成果、国内外相关试验结果、BS EN 1994-1-1:2004、香港理工大学钟国辉教授团队研究成果、SCI P142 : “Composite Column Design to Eurocode 4”。
焊接工艺评定	未给出钢结构焊接工艺评定方法、焊接质量控制及相关技术要点。普通结构钢的焊接工艺评定参考《钢结构焊接规范》GB 50661 的相关规定。	针对 Q690~Q960 高强钢的焊接问题,提出相应的焊接工艺评定方法和焊接质量控制要点。	标准编制组最新研究成果及欧标和国标的相关条文规定。

水平对比结论：本标准在技术指标、设计理念及设计方法上达到了国际先进水平（与 BS EN 1993-1-1、BS EN 1994-1-1 相当），并针对中国钢结构设计和工程实践进行了优化，填补了国内 Q690~Q960 高强钢结构设计标准的空白。

（3）主要试验（或验证）情况分析；

1) 材料性能试验

（i）基础力学性能试验：对 690 MPa、960 MPa 两种钢材的标准试样进行拉伸、冲击、弯曲试验，得出其最低屈服强度均在标准值以上，屈强比在 0.90~0.95 之间，断后伸长率均在 12 % 以上。960 MPa

高强钢的屈强比接近 0.95，需在设计时考虑塑性储备降低。 -40°C 冲击功满足标准要求。

(ii) 微观组织分析：通过对 690 MPa、960 MPa 两种钢材的微观组织进行分析发现：960 MPa 高强钢中 M-A 组元含量达 10 %，是导致低温韧性下降的主因；提出控制轧制终冷温度不高于 300°C 的工艺优化建议。

2) 钢结构构件稳定试验

通过大量试验研究，690MPa 高强钢焊接 H 形截面短柱、长柱轴压构件、长柱压弯构件；冷弯圆钢管短柱轴压构件、长柱轴压构件；以及焊接工字形截面受弯构件的结构性能都经过了试验验证。

试验在保证 690MPa 高强钢焊接质量的情况下，所有构件试验均未发生焊缝的局部破坏，690MPa 高强钢构件的承载力未产生折减。

3) 钢结构节点及连接试验

通过试验研究、数值分析和可靠度分析，证明了 690MPa 高强钢螺栓连接和焊接圆管 T 形节点的结构性能满足结构设计需求。

通过与相关规范设计方法进行对比，表明现行的欧盟规范可以用于设计 690MPa 高强钢焊螺栓连接和焊接圆管 T 形节点的承载力，提出了对高强钢节点设计折减系数的改进建议。

4) 组合柱承载力试验

通过试验研究、数值分析和可靠度分析，证明了 690MPa 高强钢也混凝土组合结构性能满足结构设计需求。通过与相关规范设计方法

进行对比，表明现行的欧盟规范可以用于设计高强钢管混凝土组合柱的承载力。

(4) 明确标准中涉及专利的情况，对于涉及专利的标准项目，应提供全部专利所有权人的专利许可声明和专利披露声明；

无

(5) 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况；

1) 社会效益

(i) 推动绿色低碳发展

Q690~Q960 高强钢的工程应用比 Q355-Q460 普通结构钢显著减少用钢量，有效降低资源消耗。此外，每吨钢材生产碳排放减少约 15 %，同时减轻运输、施工环节的能源消耗。

(ii) 提升工程安全性与耐久性

通过规范高强钢的制造、设计和施工，避免因材料误用导致的工程事故（如脆性断裂、节点失效等）。明确抗震性能设计要求，增强重大基础设施（如桥梁、超高层建筑）的灾害防御能力。

(iii) 促进技术创新与标准国际化

填补国内 Q690~Q960 高强钢设计标准的空白，推动中国钢结构标准与国际（欧盟标准、美国标准）接轨，助力“一带一路”海外工程应用。

2) 对产业发展的作用

(i) 拉动高强钢产业链升级

促进钢厂研发更高性能钢材，推动国产高强钢替代进口；引导设计院掌握高强钢专项技术，提升复杂结构设计能力；推动焊接机器人、高精度切割等智能建造技术的普及应用。

(ii) 拓展工程应用场景

在建筑结构领域，Q690~Q960 高强钢可推广应用于大跨度体育场馆和超高层建筑；在交通工程领域，Q690~Q960 高强钢的应用，可显著减轻桥梁自重 30 %以上，延长服役寿命（如香港将军澳跨湾连接路双拱钢桥、澳门澳氹四桥）；在能源基础设施领域，Q690~Q960 高强钢的推广应用，可显著优化风电塔筒、LNG 储罐等特种结构的经济性。

(iii) 经济效益估算

项目	短期（5 年内）	长期（10 年以上）
市场规模	年产值 50 亿元（Q690 主导）	年产值 200 亿元（Q960 普及）
成本节约	降低综合造价 8 %~12 %	全生命周期成本降低 15 %
就业带动	新增至少 5000 个高技能岗位	形成完整的高强钢产业链

综上，高强钢的推广应用，从环保、经济、安全等多维度推动社会经济高质量发展，是建筑业转型升级的关键技术之一。

(6) 采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况；

1) 主要参考的国际标准

(i) 欧盟钢结构建筑设计标准:BS EN 1993-1-1:2022.《Eurocode 3 — Design of steel structures, Part 1-1: General rules and

rules for buildings》

- (ii) 欧盟钢结构节点设计标准：BS EN 1993-1-8:2024.
《Eurocode 3 — Design of steel structures, Part 1-8: Joints》
- (iii) 欧盟钢-混凝土组合结构设计标准：BS EN 1994-1-1:2004.
《Eurocode 4 — Design of composite steel and concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings》
- (iv) 香港钢结构作业守则 SUOS: Code of practice for the structural use of steel 2011 (2023 Edition)

2) 国际标准采用情况

本标准在编制过程中充分参考了上述国际先进标准,主要技术内容的对应关系如下表所示:

技术内容	本标准条款	对应国际标准条款	采用程度
截面分类	第 3 章第 3.3 节	欧盟标准 BS EN 1993-1-1:2022 第 7 章第 7.5 节	参考采用
材料分项系数	第 4 章第 4.4 节	欧盟标准 BS EN 1993-1-1:2022 第 8 章第 8.1 节	修改采用
轴心受力构件	第 5 章	欧盟标准 BS EN 1993-1-1:2022 第 8 章第 8.2 节、第 8.3 节	修改采用
受弯构件	第 6 章	欧盟标准 BS EN 1993-1-1:2022 第 8 章第 8.2 节	修改采用
拉弯和压弯构件	第 7 章	欧盟标准 BS EN 1993-1-1:2022 第 8 章第 8.2 节、第 8.3 节	改进采用
连接和节点	第 8 章	欧盟标准 BS EN 1993-1-8:2024 第 5 章、第 6 章、第 9 章	改进采用
钢-混凝土组合梁	第 9 章	欧盟标准 BS EN 1994-1-1:2004 第 6 章	改进采用
钢-混凝土组合柱	第 10 章	欧盟标准 BS EN 1994-1-1:2004 第 6 章	改进采用

本标准的制定充分吸收借鉴了国际先进经验,同时结合中国工程实践进行了优化创新,整体技术水平达到国际先进,部分指标达到国际领先。

(7) 在标准体系中的位置,与现行相关方针、政策、法律、法规、规章及相关标准,特别是强制性标准的协调性;

1) 本标准在标准体系中的位置

(i) 中国钢结构协会团体标准体系定位:本标准属于中国钢结构协会(CSCS)团体标准体系中的“钢结构领域中具有前瞻性、前瞻性的技术”类别,填补了现有国家标准(GB 50017)对 690 MPa 以上高强钢设计规范的空白。与现行行业标准 JGJ/T 483《高强钢结构设计标准》形成互补和延伸,共同完善高强钢材钢构应用技术体系。

(ii) 与国家标准体系的衔接:本标准作为《钢结构设计标准》(GB 50017)和《高强钢结构设计标准》(JGJ/T 483)的补充和延伸,专门针对 Q690~Q960 高强钢的材料性能、构件设计、节点连接、焊接工艺等特殊要求进行细化。此外,本标准与 GB/T 1591《低合金高强度结构钢》协调,明确 Q690~Q960 钢的化学成分、力学性能等基础要求。

(iii) 行业应用定位:适用于超高层建筑、大跨度桥梁、能源基础设施等对轻量化与高强度需求突出的领域,与交通、建筑等行业标准(如 JTGD64《公路钢结构桥梁设计规范》)形成配套。

2) 本标准与现行政策法规及标准的协调性

(i) 与现行政策法规的协调性

首先，本标准符合“双碳”战略计划对绿色建材的要求，通过高强钢的减量化使用可降低全生命周期的碳排放。其次，《中国制造2025》支撑高端装备制造业对高性能材料的需求，本标准与“强化基础材料创新”政策方向一致。最后，本标准积极响应《钢结构行业“十四五”发展规划》制定的行业目标：“推广高强钢应用”，有望推动产业结构升级。

（ii）与强制性标准的协调性

与《钢结构设计标准》（GB 50017）的协调性：GB 50017 未涵盖 Q690 及以上钢材的构件稳定系数、连接节点构造措施和设计方法、焊接工艺评定、组合柱的设计计算方法等，本标准补充了这些内容；此外，本标准对 GB 50017 中关于钢-混凝土组合梁的设计计算方法进行了改进和完善。

与《钢结构工程施工质量验收标准》（GB 50205）的协调性：GB 50205 对高强钢焊接工艺评定无细化规定，本标准新增了这部分内容。

与《钢结构焊接规范》（GB 50661）的协调性：GB 50661 未明确 Q690~Q960 高强钢焊材匹配特性，本标准规定低氢焊条+焊后热处理温度在 200℃~300℃的工艺控制。

本标准实施后，将显著提升我国钢结构产业的高端化、绿色化水平，助力“双碳”目标实现，并增强国际竞争力。

（8）重大分歧意见的处理经过和依据；

1) 高强钢抗震性能化设计指标的分歧

抗震性能化设计中，Q690~Q960 高强钢是否允许发展塑性，并

应用于塑性耗能区是本标准编制组各方的争议焦点之一。GB 50017 和 JGJ/T 483 认为，采用抗震性能化设计的普通钢和 690 MPa 以下的高强钢不宜用于塑性耗能区。原因是：地震作用下，钢材塑性区要求具有在往复荷载作用下的塑性发展能力，因而其屈强比和断后伸长率的要求更高（普通结构钢：0.85 和 20%；Q460~Q690 高强钢：0.9 和 16%）。本标准认为，高承载力、低延性的性能化设计方法同样适用于 Q690~Q960 高强钢。应用于抗震性能化设计的高强钢可用于塑性耗能区。在低烈度区或地震组合工况不起控制作用的情况下，地震时，钢材处于弹性状态，可以不控制屈强比和断后伸长率。在中、高烈度区，可通过控制地震时钢材的屈服程度，放宽屈强比和断后伸长率的限制。此外，根据现行国家标准《建筑隔震设计标准》GB/T51408（2021）对超高强钢结构进行隔震设计时，减隔震结构可以大大降低主体结构构件的地震反应，从而降低其屈服强度，进而可放宽屈强比和断后伸长率的限制。因此，本标准规定：在大震作用时，钢结构和钢-混凝土组合结构底层框架柱脚部位允许出现塑性发展。结构采用抗震性能化设计时，钢材应符合下列规定：对于 Q690 钢，可采用整体弹性分析或弹塑性分析；对于 Q890 及 Q960 钢，只允许采用整体弹性分析，且均应满足：钢材的屈服强度与抗拉强度的比值不宜大于 0.95；钢材的断后伸长率不宜小于 12 %。

2) 高强钢材料分项系数取值分歧

Q690~Q960 高强钢强度设计值是否按照 GB 50017 的要求进行折减是本标准编制组各方的争议焦点之二。因考虑到不同生产技术水平

和面向不同市场需求的钢材制造商的协同发展与优势互补，本标准提供了两种可供选择的高强钢材料分项系数取值：当钢材制造商能够提供具有 100 %保证率的钢材最低屈服强度满足牌号标准值要求时， γ_m 可取 1.0，相关强度指标按照本标准表 4.4.1(a) 采用；当只能提供具有 95 %保证率的钢材强度达标时， γ_m 可取 1.1，相关强度指标按照本标准表 4.4.1(b) 采用。

3) 高强钢全截面塑性设计与部分塑性设计的分歧

Q690~Q960 高强钢构件强度与稳定设计方法和理念的不同是本标准编制组各方的争议焦点之三。GB 50017 和 JGJ/T 483 均采用了部分塑性发展的截面设计方法，故在相关设计公式中，引入了截面塑性发展系数、净截面模量、毛截面模量等计算参数，主要出于抗震安全性和设计保守性考虑。本标准编制组根据重要研究成果（具有侧向支撑的 690 MPa 工字钢梁的弯扭屈曲，Lateral torsional buckling of partially restrained beams of high strength S690 welded I-sections，发表于钢结构领域国际顶级 SCI 期刊《Journal of Constructional Steel Research》）和塑性截面应力分析发现，采用全截面塑性假定得出的截面塑性承载力是采用部分塑性假定的 1.21 倍，且应力-应变实测结果表明，690 MPa 高强钢梁截面在弯扭过程中，能够发展全截面塑性。因此，按照全截面塑性设计方法设计的钢材用量可节约 21 %，显著节约了成本。基于此结论，并结合欧盟标准 BS EN 1993-1-1，本标准采用全截面塑性设计方法，对截面进行重新分类，并引入塑性截面模量和弹性截面模量，做到了与国际先进

标准接轨，以适应国内外标准之间的互联互通和国际化应用与推广。

(9) 标准性质的建议说明；

一方面，本标准定位于创新性、互补性和先进性标准，旨在填补我国 690~960 MPa 级高强钢结构设计标准的行业空白，与 GB 50017《钢结构设计标准》和 JGJ/T 483《高强钢结构设计标准》形成“基础标准+专项补充+升级完善”的配套体系，技术指标整体达到国际先进水平；另一方面，本标准作为推荐性团体标准，具有非强制性，供市场灵活自愿采用，建议优先适用于重大工程专项技术要求、设计合同特别约定和行业示范项目等场景。

(10) 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）；

1) 组织措施

(i) 管理机构设置建议：协会标准委员会→技术推广站→企业标准工作组。专项工作组职责见下表。

工作组类型	组成单位	主要任务
设计应用组	设计院+高校	编制标准应用指南
施工验证组	施工企业+检测机构	开展工艺工法验证
材料保障组	钢厂+供应商	建立质量追溯体系

(ii) 培训认证计划建议：2025 年起开展“高强钢专业设计师”认证；焊工需通过理论和实操专项考核。组织专业技术人员完成机器人焊接理论培训、VR 焊接模拟、现场机械臂激光焊实操、执业资格考试和从业资格认证等。

2) 技术措施

实施技术路线：从设计、施工、验收三个阶段来实施。在设计阶段，强制采用 BIM 模型进行碰撞检查，节点设计需进行有限元辅助验证；在施工阶段，建立“三专”控制体系，即专用焊接工艺评定(WPS)、专项检测方案(UT+TOFD)、专门施工日志(电子化追溯)；在验收阶段，新增三类必检项目，即残余应力、微观组织、表面硬度。

技术支撑平台：建立“高强钢标准服务云平台”，包括材料数据库(实时更新各大钢厂 Q690~Q960 高强钢材料性能数据)、案例库(实时更新收录国内外工程案例)、在线计算工具(自动生成设计参数和结果，如承载力、稳定系数等)。

3) 过渡办法

因本标准定位于填补 Q690~Q960 高强钢结构及高强钢-混凝土组合结构技术标准的行业空白，故无过渡时期。

4) 实施日期

本标准发布后，建议从 2026 年 1 月 1 日起，全行业贯彻实施。

(11) 废止现行相关标准的建议；

无

(12) 其他应予说明的事项。

无