

《螺栓球节点用大直径高强度螺栓》

编制说明

一、编制工作简况

螺栓球节点空间网格结构在工业厂房、体育场馆、交通枢纽和会展中心等大跨度建筑中得到了广泛应用。近年来，跨度越来越大成为该类建筑的主要发展方向之一。对于跨度较大的螺栓球节点空间网格结构，其杆件和节点的内力也相应增大，因此需要大规格、高承载力的高强度螺栓来满足结构受力要求。现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》（GB/T 16939-2016）涉及的高强度螺栓最大规格为 M85，无法满足某些（超）大跨度螺栓球节点空间网格结构的受力要求，这在一定程度上限制了螺栓球节点在（超）大跨度空间网格结构中的应用。

为了促进现行标准之外的大直径高强度螺栓（M85 以上）的工程应用，拓宽螺栓球节点空间网格结构的应用范围，标准主编单位山东建筑大学和北京工业大学牵头申报立项了本标准（中国钢结构协会[2021]26号文《关于发布中国钢结构协会 2021 年第二批团体标准编制计划的通知》）。主编单位联合国家网架及钢结构产品质量检验检测中心、中国钢结构协会空间结构分会、杭州华凌钢结构高强螺栓有限公司、南通海洲紧固件制造有限公司、浙江东南网架股份有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、中国建筑科学研究院有限公司、徐州卓一建设有限公司、国家塔架质量监督检验中心、山东华亿钢机股份有限公司、上海

同磊土木工程技术有限公司、北京云汇光科技有限公司、徐州通域空间结构有限公司、河南天元装备工程股份有限公司、徐州九鼎钢结构有限公司、江苏蓝华建设有限公司、安徽玖环重工科技有限公司、河北冶金建设集团有限公司、山东省钢结构行业协会、北京新智唯弓式建筑有限公司、上海鼎一工程技术有限公司共同编制了本标准。编制组制定了详细的工作方案，组织了多次研讨和调研，进行了一系列的理论分析、数值模拟和试验研究。经过主编和参编单位的共同努力，形成了标准《螺栓球节点用大直径高强度螺栓》（征求意见稿）。

主要起草人：

杨大彬 吴金志 王浩 薛素铎 凌庆华 章卫煜 周观根 邓鑫明 张绍田
张树勋 刘磊 王喆 马明 钟宪华 张其林 汪海峰 胡浩 周学军 张猛
郑乃凡 陈伟刚 付晓东 王世俊 刘智健 张广胜 周海兵 王辉 吴小俊
王建国 刘志伟 刘启军 杨鸿 李平 魏晔 黄祥海 王昊 朱宝琛

二、标准编制原则和主要内容

1. 标准编制原则

- (1) 按照《标准化工作导则》GB/T 1.1—2020 的要求起草。
- (2) 符合国家有关法律法规、强制性标准及相关产业政策要求。
- (3) 兼顾统一性、协调性、适用性、一致性、规范性和可实施性。

2. 标准主要内容

本标准共 11 部分，包括：1. 范围；2. 规范性引用文件；3. 术语和定义；4. 型式与尺寸；5. 技术条件和引用标准；6. 标记；7. 机械性能；8. 试验方法；9. 验收规则；10. 标志、包装；11. 运输、贮存。

标准主要为网格结构螺栓球节点用大直径高强度螺栓（M90×6～M130×6）提供产品标准和技术依据。

三、主要研发情况和编制依据

1. 高强度螺栓、套筒的规格、尺寸

经过编制组的研讨和调研，确定本标准涉及的高强度螺栓为 M90、M100、M110、M120 和 M130 五种规格，螺距均取为 6mm。其中 M130 螺栓的设计承载力已超过 M85 螺栓的 2 倍，可满足绝大部分螺栓球节点空间网格结构的工程需要。编制组进行了必要的理论分析、数值模拟和试验，并参考《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939-2016 确定了螺栓和配套套筒的示意图和尺寸表。

2. 高强度螺栓的材质

现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939-2016 推荐的 M39～M85×4 螺栓材质为 40Cr 和 42CrMo，目前行业大多采用 40Cr 材质。与 40Cr 钢相比，42CrMo 的含碳量稍高，具有更好的强度与韧性。Mo 元素的加入一定程度上消除了回火脆性，尤其是淬透性高于 40Cr 钢，因此更适合于大直径螺栓。42CrMo 的价格稍高于 40Cr，但考虑到本标准涉及的大直径螺栓主要用于结构的关键螺栓球节点，且在实

际工程中的用量一般不多，因此本标准确定 42CrMo 为螺栓推荐材料牌号。编制组进行的螺栓加工和拉伸试验也验证了采用该材质的合理性。

3. 高强度螺栓的主要机械性能

国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939 将高强度螺栓的性能等级按照其直径大小分为 10.9 级与 9.8 级两个等级，对其中较大直径的高强度螺栓（M39 及以上），可能存在芯部不能完全淬透的风险，从稳妥、可靠、安全的原则出发将其性能等级定为 9.8 级。2016 年修订形成的现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939-2016 增加了 M68×4~M85×4 几种更大直径的螺栓，在螺栓性能等级方面仍然维持上述分类方式。近年来，M68×4~M85×4 的螺栓也越来越多的应用于实际工程，工程实践表明，该性能等级的分类方式是合理可行的。在螺栓性能等级方面，本标准涉及的螺纹规格为 M90×6~M130×6，从加工角度来看，螺栓直径的增大降低了淬透性，但本标准推荐的螺栓材质为碳含量更高、淬透性更好的 42CrMo，结合本标准相关参编单位对 M85 等大直径高强度螺栓的制造经验和试验数据，将本标准涉及螺栓的性能等级确定为 9.8 级。该种处理方式也和现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939-2016 相统一。

材料试件的抗拉强度范围、屈服强度最小值等机械性能（标准表 4）与现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939-2016 中 9.8 级材质的规定一致。

螺栓拉力荷载是其关键机械性能，其确定方法同《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939-2016 等相关标准。螺栓应力截面积 $A_s = \pi(d - 0.9382P)^2/4 \text{ mm}^2$ ，螺栓拉力荷载取值范围为 $(900 \cdot A_s \sim 1100 \cdot A_s) / 1000 \text{ kN}$ ，具体数值示于标准表 5。

基于本标准相关参编单位对空间网格结构螺栓球节点用高强度螺栓的加工、试验数据和经验，本标准对螺栓硬度及其试验方法的相关规定同《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16939-2016 的相关规定保持一致。

4. 高强度螺栓主要机械性能试验

编制组加工了若干 M100 高强度螺栓，并专门加工了 M100 高强度螺栓拉伸试验用夹具，在参编单位国家网架及钢结构产品质量监督检验中心的大型力学试验室进行了螺栓拉伸试验，试验情况如图 1 所示。



(a) 10000kN 卧式拉力试验机



(b) M100 高强度螺栓



(c) 拉力试验前



(d) 拉力试验后

图 1 M100 高强度螺栓及拉伸试验

试验结果如表 1 所示，螺栓的破断荷载和位置均满足本标准的相关规定，且与 GB/T 16939-2016《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》的相关规定一致。拉断的高强度螺栓如图 2 所示。

表 1 螺栓参数及试验结果

螺栓型号	编号	拉力荷载 (kN)	本标准规定拉力荷载范围 (kN)	破坏位置与破坏形态	是否满足标准要求
M100	1	7235	6296~7695	螺纹与螺杆交接处断裂	是
	2	7325			是
	3	7211			是



(a) 试件 1



(b) 试件 2



(c) 试件 3

图 2 拉断的 M100 高强度螺栓

依据《金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法》GB/T 230.1-2018 进行了 5 个 M100 螺栓的洛氏硬度试验，测得的洛氏硬度值分别为 32.3、33.4、32.8、33.5、32.9，均在本标准规定的 32HRC~37HRC 范围之内。

四、涉及专利情况

本标准未涉及专利。

五、预期达到的社会效益

本标准的编制可为网格结构螺栓球节点用大直径高强度螺栓（M90~M130）提供产品标准和技术依据，拓宽螺栓球节点空间网格结构的应用范围，有利于螺栓球节点空间网格结构行业的健康发展，具有较好的社会效益。

六、相关标准及法规的协调情况

本标准在编制过程中主要参考了如下标准：

- [1] GB/T 2 紧固件 外螺纹零件末端
- [2] GB/T 90.1 紧固件 验收检查
- [3] GB/T 90.2 紧固件 标志与包装
- [4] GB/T 193 普通螺纹 直径与螺距系列
- [5] GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- [6] GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法
- [7] GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- [8] GB/T 699 优质碳素结构钢

- [9] GB/T 700 碳素结构钢
- [10] GB/T 1237 紧固件标记方法
- [11] GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- [12] GB/T 3077 合金结构钢
- [13] GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- [14] GB/T 3103.1 紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母
- [15] GB/T 5779.1 紧固件表面缺陷 螺栓、螺钉和螺柱一般要求
- [16] GB/T 9145 普通螺纹 中等精度、优选系列的极限尺寸
- [17] GB/T 16939 钢网架螺栓球节点用高强度螺栓

本标准与国内相关标准协调，不与现行相关方针、政策、法律、法规、规章及已有技术标准相冲突。

山东建筑大学 北京工业大学

2023.1.4