

GB/T 32076.11 《预载荷高强度栓接结构连接副

第 11 部分：载荷指示垫圈》编制说明

（征求意见稿）

一、 工作简况

1. 任务来源

本项目根据国家标准化委员会下发的“国标委发[2020]53 号”文《关于下达 2020 年第四批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》要求，由全国紧固件标委会负责归口并组织相关单位制定，项目名称为《预载荷高强度栓接结构连接副 第 11 部分：载荷指示垫圈》（项目编号：20204712-T-604）。计划应完成时间为 2022 年。

2. 主要工作过程

起草（草案、论证）阶段：

本项目在 2018 年全国紧固件标准化技术委员会第六届二次年会上提请全体参会人员表决，全票通过，技术委员会委员总数 100 人/参与投票人数 87 人/赞成票数 87 人，超过委员总人数的 3/4，符合相关规定要求。全国紧标委及时上报了国家标准制定计划建议，国标委于 2020 年 12 月下达本项计划，项目编号：20204712-T-604，项目周期 24 个月。

计划下达后，在全国紧标委秘书处的组织下组建了载荷指示垫圈工作组，确定了工作方案，提出了进度安排。对国内外载荷指示垫圈产品和技术的现状与发展情况进行了全面调研，同时广泛搜集和检索了国内外的技术资料。经过大量的研究分析、资料查证工作，结合实际应用经验，全面地总结和归纳，在此基础上编制了《预载荷高强度栓接结构连接副 第 11 部分：载荷指示垫圈》标准草案初稿，并组织专家对标准中的主要内容进行多次研讨和认真修改。于 2022 年 9 月 1 日形成标准征求意见稿，经组长审核后报至秘书处。

征求意见阶段：

2022 年 9 月，标委会秘书处通过电子邮件、微信群推送等方式公开征求意见，共向 150 家行业有关单位、科研院所、大专院校及有代表性的标准利益方发函征求意见。

3. 主要参加单位和工作组成员

本标准起草单位：中机生产力促进中心有限公司等。

主要起草人：

二、标准编制原则和主要内容

1. 标准编制原则

本标准在制定工作中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则，标准制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据 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》进行编写。在确定本标准主要技术性能指标时，综合考虑生产企业的能力和用户的利益，

寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和技术上的合理性。

2. 标准主要内容

本文件与 GB/T 32076.1 和 GB/T 32076.2 一起规定了载荷指示垫圈的要求。载荷指示垫圈可作为螺纹规格为 M12 到 M36、性能等级为 8.8 / 8 和 10.9 / 10 的 GB/T 32076.3、GB/T 32076.4 高强度栓接结构螺栓组件的一个部分。

3. 解决的主要问题

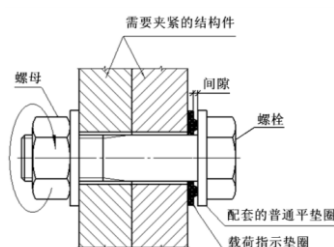
我国目前预载荷高强度栓接结构连接副拧紧主要靠扭矩系数控制，而扭矩系数受温湿度、润滑等影响很大，导致预载荷高强度螺栓的紧固轴力离散性大，尤其是大规格螺栓，为保证扭矩系数的一致性，对表面处理要求较严苛。应用“载荷指示垫圈”可解决以上所述不足。载荷指示垫圈是预载荷高强度栓接结构连接副组件之一，带有一系列同心凸出物，圆周上有缺口。载荷指示垫圈的凸出物被压平，紧固轴力即达到标准要求，通过研究载荷指示垫圈的材料、热处理、尺寸公差、性能等级、表面处理和试验方法等要求，确定凸出物压缩变形量与紧固轴力之间的关系，解决栓接连接副安装过程中紧固轴力离散的问题。

本项目是国家标准体系建设中紧固件领域提出的制定项目之一，进一步完善现有紧固件国家标准，为载荷指示垫圈的设计选用和生产制造提供技术依据。本标准属 GB/T 32076 系列标准之一，可与该系列标准中任意一款预载荷高强度螺栓连接副配套应用，也可单独与其他连接副配套应用，如机体螺栓等，适用于工业与民用建筑、桥梁、塔桅结构、锅炉钢结构、起重机械、输送管道及其他钢结构用预载荷连接的高强度螺栓连接副。本标准的制定将促进我国拉力指示垫圈的生产和推广应用，同时使预载荷高强度栓接结构连接副在拧紧技术方面和国外同步发展，乃至领先。

4. 主要技术内容确定依据

本文件在编制过程中参考了 EN 14399-9:2018 《High-strength structural bolting assemblies for preloading Part 9: System HR or HV - Direct tension indicators for bolt and nut assemblies》，并结合国内实际情况，在确定技术指标时，综合考虑了生产企业的能力和用户的利益。对载荷指示垫圈和螺母面垫圈（HN）/螺栓面垫圈（HB）、验收要求、支撑块的尺寸等进行了修改。

（1）型式尺寸



载荷指示垫圈是预载荷高强度栓接结构连接副组件之一，放置在螺栓头面垫圈下或螺母面垫圈下、与螺母面垫圈(HN)或螺栓头下垫圈，一个面上有凸起，凸起在压缩载荷下变形，表明在螺栓组件中至少达到了所需的预紧力。凸起的形状和尺寸由制造商自行选择，数量应不少于 4 个。

载荷指示垫圈可作为螺纹规格为 M12~M36、性能等级为 8.8 / 8 和 10.9 / 10 的 GB/T 32076.3、GB/T 32076.4 高强度栓接结构螺栓组件的一个部分。

与 GB/T 32076.5 中垫圈相比，螺母面垫圈(HN)的内径、外径较小，厚度基本一致。螺栓面垫圈（HB）的垫圈与 GB/T 32076.6 中垫圈尺寸完全一致。

(2) 功能性试验

应对载荷指示垫圈成品进行功能性试验，在经过校准的载荷测量装置上进行测试，当载荷指示垫圈凸起高度被压缩到 0.4 mm 时，应满足标准文本表 3 中压缩载荷要求。当间隙小于 0.4mm 时，最大值还会提高。

(3) 硬度

产品	EN 14399-9	GB/T 32076.5/ GB/T 32076.6	本文件
载荷指示垫圈	≤380HV	—	≤350HV
螺母面垫圈(HN)和螺栓面垫圈 (HB)	38HRC—45HRC 372 HV30—448 HV30	—	40 HRC ~ 45 HRC 381 HV ~ 441 HV
垫圈	—	345 HV ~ 445 HV 热浸镀锌垫圈 270 HV ~ 445 HV	—

为与螺母面垫圈(HN)和螺栓面垫圈 (HB) 及 GB/T 32076.5、GB/T 32076.6 中垫圈的硬度拉开梯度，并适应国内材料和生产工艺要求，标准文本中载荷指示垫圈采用硬度≤350HV，螺母面垫圈(HN)和螺栓面垫圈 (HB) 采用 381 HV ~ 441 HV。

(4) 表面处理

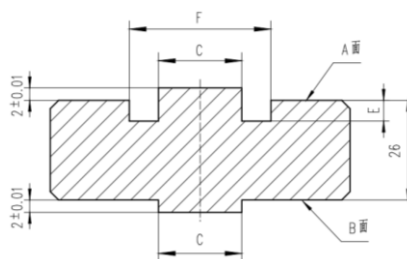
载荷指示垫圈和螺母面垫圈(HN)/螺栓面垫圈 (HB)，对于不考虑防腐蚀的使用条件，推荐使用“不经处理(无涂镀层)”表面处理；对于耐腐蚀环境，推荐使用“粉末渗锌技术要求按 ISO 17668”表面处理。粉末渗锌被认为具有相当于热浸镀锌的防腐蚀作用，相比于非电解镀锌涂层和热浸镀锌，在受压情况下更易保持耐腐蚀性能。供需双方可以协商使用其他涂层，但不应降低机械性能或功能特性。不允许使用镉或镉合金镀层，不应进行电镀或采用任何可能导致氢脆的工艺过程。

(5) 验收

EN 14399-9:2018 中，载荷指示垫圈的验收按 EN ISO 3269:2000 (GB/T 90.1-2002) 表 5 和表 6，使用 0.65 AQL，Ac=0。ISO 3269: 2019 已代替 2000 年版，根据指规定样本量，引入一种基于 $N_A=0$ 的小样本验收检查附加方法。鉴于验收检查标准的修订，标准文本中对验收的要求引用 GB/T 90.1(修改采用 ISO 3269: 2019，待发布)。

(6) 支撑块的尺寸

考虑到载荷指示垫圈的最小材料厚度为 2.16mm，所以支撑块两个平面中间突出高度取整为 2mm，两个高度的误差不大于 0.02。



三、主要试验（或验证）情况

载荷指示垫圈与符合 GB/T 32076.3 的栓接结构连接副组合使用，配套的螺栓规格为 M30、性能等级为 10.9 级；平垫圈硬度为 40~45HRC；载荷指示垫圈强度等级为 H10。螺栓头、螺母下各放置一个带倒角的平垫圈 (GB/T 32076.6)，螺栓头下再放置一个载荷指示垫圈。不同批次产品各取 8 件进行功能特性试验，

转动螺母，测得扭矩、紧固轴力和扭矩系数。

表 2 3 批次功能特性试验结果

编号	试验日期/垫圈编号	扭矩 Nm	紧固轴力 kN	K	0.4mm 间隙规检查
1	2019/11/28-1	1681.0	443.0	0.126	所有间隙无法插入
2	2019/11/28-2	1686.0	444.0	0.127	所有间隙无法插入
3	2019/11/28-3	1669.0	441.0	0.126	所有间隙无法插入
4	2019/11/28-4	1692.0	454.0	0.124	所有间隙无法插入
5	2019/11/28-5	1675.0	449.0	0.124	所有间隙无法插入
6	2019/11/28-6	1627.0	428.0	0.127	所有间隙无法插入
7	2019/11/28-7	1698.0	461.0	0.123	所有间隙无法插入
8	2019/11/28-8	1684.0	452.0	0.124	所有间隙无法插入
	平均值	1676.5	446.5	0.125	
	σ_n-1	21.968	9.957	0.001	
	$\lambda/\%$	1.3	2.2	1.2	
编号	试验日期/垫圈编号	扭矩 Nm	紧固轴力 kN	K	0.4mm 间隙规检查
1	2021/11/18-1	1772.7	455.9	0.130	所有间隙无法插入
2	2021/11/18-2	1740.1	453.5	0.128	所有间隙无法插入
3	2021/11/18-3	1705.7	396.0	0.144	所有间隙无法插入
4	2021/11/18-4	2012.4	436.2	0.154	所有间隙无法插入
5	2021/11/18-5	1659.7	416.4	0.133	所有间隙无法插入
6	2021/11/18-6	1812.5	463.4	0.130	所有间隙无法插入
7	2021/11/18-7	1601.7	474.2	0.113	所有间隙无法插入
8	2021/11/18-8	1566.7	450.8	0.116	所有间隙无法插入
	平均值	1734.0	443.3	0.131	
	σ_n-1	139.900	25.882	0.013	
	$\lambda/\%$	8.1	5.8	10.3	
编号	试验日期/垫圈编号	扭矩 Nm	紧固轴力 kN	K	0.4mm 间隙规检查
1	2021/9/10(2)-1	1520.4	467.1	0.109	所有间隙无法插入
2	2021/9/10(2)-2	1660.3	466.6	0.119	所有间隙无法插入
3	2021/9/10(2)-3	1684.4	465.4	0.121	所有间隙无法插入
4	2021/9/10(2)-4	1801.1	445.1	0.135	所有间隙无法插入
5	2021/9/10(2)-5	1510.5	456.0	0.110	所有间隙无法插入
6	2021/9/10(2)-6	1560.9	444.8	0.117	所有间隙无法插入
7	2021/9/10(2)-7	1492.0	442.4	0.112	所有间隙无法插入
8	2021/9/10(2)-8	1601.8	494.7	0.108	所有间隙无法插入
	平均值	1603.9	460.3	0.116	
	σ_n-1	105.972	17.343	0.009	
	$\lambda/\%$	6.6	3.8	7.6	

3 批次产品抽样试验结果显示，在间隙压缩至 0.4mm 以内时，除 474.2、494.7 两组试验数据以外，紧固轴力基本符合标准文本表 3 压缩载荷的要求，变异系数 ≤ 0.10 ，符合 GB/T 32076.2 适应性试验要求。

标准文件中表 3 的载荷范围对应 0.4mm 的间隙，适用于载荷指示垫圈压缩载荷试验。在适用性试验时（包括实际安装时），只要求间隙 $\leq 0.4\text{mm}$ 。当间隙小于 0.4mm 时，压缩载荷肯定比间隙 0.4mm 时的载荷大。所以当试样的目标平均值为 $0.77 R_m \times A_s$ 时，单个试样的载荷可能会大于表 3 规定的最大值，但不应该大于 $0.9 R_m \times A_s$ ，以避免螺栓屈服。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准是 GB/T 32076《预载荷高强度栓接结构连接副》的第 11 部分，规定了载荷指示垫圈的要求，通过优化结构设计，利用载荷指示垫圈材料变形量与紧固轴力之间的固定关系，规避了安装过程中摩擦系数、

扭矩系数等因素对紧固轴力的影响，提高紧固轴力的一致性，从而提高工程质量。载荷指示垫圈在工程中的应用，在几乎不提高成本的前提下，将降低管理成本。

通过本标准的研究和实施，有助于规范载荷指示垫圈的设计、生产、安装和使用，提高产品的精度和一致性，在连接副安装过程中摆脱扭矩系数的羁绊，降低因其离散带来的制造成本和安装成本；并可与欧美标准接轨，提升我国载荷指示垫圈的出口竞争力，满足“一带一路”建设发展的需求；为完善和优化紧固件标准体系、引领紧固件专业化生产、提高产品档次和满足市场需求起到积极的作用，是载荷指示垫圈产品设计选用和生产制造重要的技术依据。

六、与国际、国外对比情况

在国外，载荷指示垫圈产品应用于工程较多，且有产品标准，主要是美国标准和欧洲标准。美标 ASTM F959M/F959-06《结构紧固件用可压缩垫圈型直接拉力指示器标准规范》、ASTM F2437-06《碳钢和合金钢制内六角螺栓、螺栓、锚栓和双头螺柱用可压缩垫圈型直接拉力指示器标准规范（美制）》，并将该产品列入预载荷高强度螺栓连接副的施工规范中。欧盟将其列入 EN14399 系列标准中，EN 14399-9:2018《预载荷高强度结构螺栓 第 9 部分：HR 或 HV 系列-用于螺栓和螺母组件的直接拉力指示器》。

本标准为国内先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准属于紧固件标准体系“产品”大类“组合件-连接副”小类。

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议按推荐性国家标准发布。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。

载荷指示垫圈国标工作组
2022-9