



中华人民共和国国家标准

GB/T 32076.2—2015

预载荷高强度栓接结构连接副 第 2 部分：预载荷适应性

High-strength structural bolting assemblies for preloading—
Part 2: Suitability for preloading

2015-10-09 发布

2016-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 32076《预载荷高强度栓接结构连接副》包括以下部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：预载荷适应性；
- 第3部分：HR型 大六角头螺栓和螺母连接副；
- 第4部分：HV型 大六角头螺栓和螺母连接副；
- 第5部分：平垫圈；
- 第6部分：倒角平垫圈；
- 第7部分：M39～M64 大六角头螺栓和螺母连接副。

本部分是GB/T 32076的第2部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国紧固件标准化技术委员会(SAC/TC 85)归口。

本部分负责起草单位：中机生产力促进中心。

本部分参加起草单位：山东高强紧固件有限公司、上海高强度螺栓厂有限公司、浙江烨凌实业有限公司、江苏中成紧固技术发展有限公司、宁波中京电气科技有限公司、徐州市瑞达紧固件有限公司、宁波九龙紧固件制造有限公司、北京金风科创风电设备有限公司、陕西海丰石油机械制造有限公司、晋亿实业股份有限公司、机械工业通用零部件产品质量监督检测中心。

本部分由全国紧固件标准化技术委员会秘书处负责解释。

预载荷高强度栓接结构连接副

第 2 部分：预载荷适应性

1 范围

GB/T 32076 的本部分规定了预载荷高强度栓接结构连接副(以下简称栓接连接副)技术要求和试验方法,以确保在金属结构中栓接连接副的预载荷适应性。

预载荷适应性试验规定了校核栓接连接副特性的方法,以保证按有关规定的拧紧方法达到要求的预载荷及足够的安全系数,以防止超拧或断裂。

本部分适用于工业与民用建筑、桥梁、塔桅结构、锅炉钢结构、起重机械及其他钢结构用预载荷连接的高强度螺栓连接副。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 32076.1	预载荷高强度栓接结构连接副	第 1 部分:通用要求
GB/T 32076.3	预载荷高强度栓接结构连接副	第 3 部分:HR 型 大六角头螺栓和螺母连接副
GB/T 32076.4	预载荷高强度栓接结构连接副	第 4 部分:HV 型 大六角头螺栓和螺母连接副
GB/T 32076.5	预载荷高强度栓接结构连接副	第 5 部分:平垫圈
GB/T 32076.6	预载荷高强度栓接结构连接副	第 6 部分:倒角平垫圈
GB/T 32076.7	预载荷高强度栓接结构连接副	第 7 部分:M39~M64 大六角头螺栓和螺母连接副

3 术语和定义

GB/T 32076.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 代号和单位

A	机械加工试件的断后伸长率, %;
$A_{s, \text{公称}}$	螺纹公称应力截面积, mm^2 ;
d	螺纹公称直径, mm ;
F_b	试验中螺栓轴力, kN ;
F_{bi}	单个螺栓轴力值(与螺母转动、扭矩或螺栓伸长有关), kN ;
F_{bm}	F_{bi} 值的平均值, kN ;
$F_{bi \text{ max}}$	试验中, 螺栓达到的最大轴力值, kN ;
F_p	规定预载荷, 数值为 $0.7 R_m A_s$, kN ;
R_m	公称抗拉强度, MPa ;
k	扭矩系数;
k_i	扭矩系数的单个值;

k_m	扭矩系数的平均试验值；
l_b 有效	有效预载荷螺栓长度,数值为总夹紧长度 $\sum t$ 加螺母公称高度之半,mm；
M	试验中施加的扭矩, $N \cdot m$ ；
M_i	试验中施加的单个扭矩值, $N \cdot m$ ；
M_{pi}	试验中螺栓轴力第一次达到 F_p 时施加的单个扭矩值, $N \cdot m$ ；
M_{spec}	施加到螺栓的规定扭矩值, $N \cdot m$ ；
n	试验结果的数量；
s_F	F_{bi} 值的标准偏差；
s_k	k 值的标准偏差；
t	一个夹紧零件的厚度,mm；
V_F	F_{bi} 值的变异系数；
V_k	k_i 值的变异系数；
θ	螺母相对于螺栓转动角度, ($^\circ$)；
θ_{pi}	角度 θ 的单个值,在此角度时螺栓轴力首次达到 F_p 值, ($^\circ$)；
θ_{1i}	角度 θ 的单个值,在此角度时螺栓轴力达到其最大值 $F_{bi\ max}$, ($^\circ$)；
θ_{2i}	角度 θ 的单个值,在此角度时试验中止, ($^\circ$)；
$\Delta\theta_{1i}$	单个的角度差值 $(\theta_{1i} - \theta_{pi})$, ($^\circ$)；
$\Delta\theta_{2i}$	单个的角度差值 $(\theta_{2i} - \theta_{pi})$, ($^\circ$)；
$\Delta\theta_{2\ min}$	在相应产品标准中规定要求的角度差值 $\Delta\theta_{2i}$ 的最小值, ($^\circ$)；
$\sum t$	总夹紧长度,螺母支承面与螺栓支承面之间的夹紧零件总长度,mm；
$\sum l$	夹紧长度,总夹紧长度减去垫圈厚度,mm。

5 技术要求

栓连接副的技术要求应符合 GB/T 32076.1 第 4 章的规定。

6 适应性试验

6.1 试验原理

栓连接副的适应性应按相关产品标准和本部分的规定,通过适应性试验进行验证。

试验原理:在拧紧栓连接副的过程中进行测量,其参数如下:

- 螺栓轴力；
- 螺栓和螺母之间的相对转角；
- 如有要求,测量扭矩；
- 如有要求,测量螺栓伸长。

6.2 试验装置

安装栓连接副的夹具应有足够的刚性。

注:通常,液压测量装置不能满足要求。

建议试验装置的刚度应尽可能高。

在螺栓头与螺母之间的螺栓长度应按表 1 规定的垫片进行调整,但垫片总数不应超过 4 片。

表 1 垫片

单位为毫米

螺栓螺纹规格	通孔直径	外径	厚度	垫片硬度 ^a	平行度
$d \leq M14$	$d+1$	应不小于栓接连接副垫圈外径,能有效地将载荷适当地传递到装置	≥ 2	45 HRC~ 50 HRC	$\leq 1\%$
$M14 < d \leq M24$	$d+2$				
$d > M24$	$d+3$				
^a 与垫圈相接触的垫片。					

螺栓轴力应通过一个校准的装置(如测力计)进行测量,不确定度为实际测试值的 $\pm 2\%$,重复性误差为 $\pm 1\%$ 。

转角测量的不确定度为 $\pm 1^\circ$ 。

扭矩测量应使用校准过的扭矩测量装置,不确定度和重复性误差应在 $\pm 1\%$ 之内。

螺栓伸长量测量的不确定度应在 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 之内。

6.3 试件

本试验应在栓接连接副试件上进行,该试件中至少应在螺母支承面下方安装一个垫圈。

按表 1 规定的栓接连接副试件应从一个单个栓接连接副批或扩展栓接连接副批中抽取(见 6.2)。

试验栓接连接副的每个零件,只能使用一次。

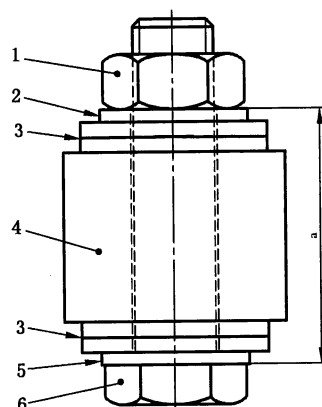
除非供需另有协议(参见附录 A),试验应在与交货状态相同的栓接连接副试件上进行,并不可改变各零件的润滑状况。

6.4 试件安装

试件安装示意图(图 1)可以包括测量装置需要的一组垫片(表 1)。

栓接连接副试件和垫片应如下放置:

- 连接副的一个垫圈放在螺母支承面下方;
- 一个倒角垫圈或者一个倒角垫片放在螺栓支承面下方;
- 总夹紧长度包括垫片和垫圈,应是相应产品标准允许的最小值。



说明:

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 1——螺母,在拧紧过程中转动; | 4——校准的螺栓轴力测量装置(螺栓轴力传感器); |
| 2——栓接连接副的垫圈,防止转动; | 5——栓接连接副倒角垫圈或倒角垫片; |
| 3——垫片(组); | 6——螺栓,防止转动。 |
- ^a Σt 总夹紧长度。

图 1 试件安装示意图

6.5 试验程序

试验应在环境温度为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下进行。

连续平稳转动螺母进行拧紧,并在试验过程中记录测量结果。

试验转速应为 $1\text{ r/min}\sim 10\text{ r/min}$ 。

螺栓或螺母支承面下方的垫圈/垫片在试验过程中均不应发生转动。如果在拧紧过程中任何一个发生转动,本次试验作废,并应更换试件重新试验。

当以下任何一个条件最先得满足时,应中止试验:

——螺母转动角度超过 $(\theta_{pi} + \Delta\theta_{2\text{ min}})$;

——螺栓轴力下降到 F_p ;

——螺栓断裂失效。

对于每个栓连接副试件,应测定下列曲线:

——转角-螺栓轴力曲线;

——扭矩-螺栓轴力曲线;

——要求时,伸长量-螺栓轴力曲线。

这些关系曲线的的数据应能精确解释其结果,并与试验仪器的精度一致(见图 2~图 5)。

6.6 试验结果评估

6.6.1 转角-螺栓轴力曲线

从图 2 曲线中应获得下列数据:

——记录螺栓轴力首次达到 F_p 时的角度值 θ_{pi} ;

——记录螺栓轴力达到其最大值 $F_{bi\text{ max}}$ 时的角度值 θ_{li} ;

——记录试验中止时的角度值 θ_{2i} 和对应的螺栓轴力值 F_{bi} 。

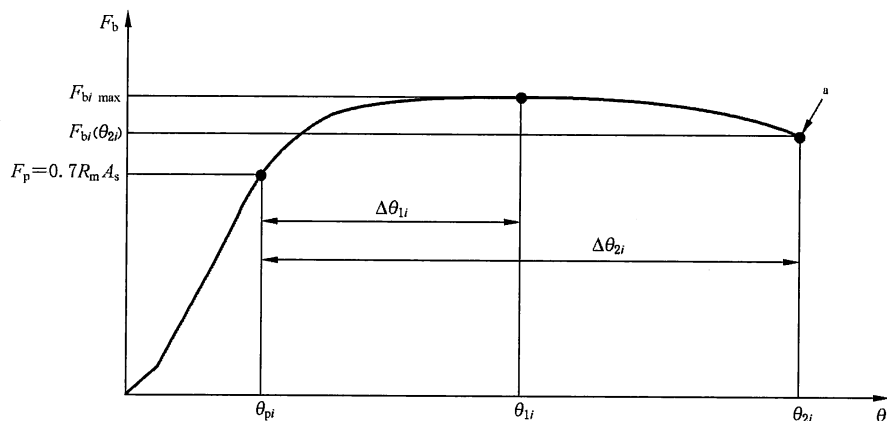
当 θ_{li} 不能从测量数据中精确测定时,应当通过计算曲线与比试验中得到的最大螺栓轴力 $F_{bi\text{ max}}$ 值低 1% 水平线的两个交点对应的角度的平均值作为其数值。

测量角度 θ_{2i} 的目的是获得一个螺母转动的指示指标,在此点螺栓轴力下降回到 F_p 。实际上,当角度之间的差值 $\Delta\theta_{2i}$ 达到根据相关产品标准(见 6.5)规定要求的最小值 $\Delta\theta_{2\text{ min}}$ 时,试验可以停止。

从上面的角度测量可以确定下列值:

——角度差值 $\Delta\theta_{li}$; 定义为 $(\theta_{li} - \theta_{pi})$, 对应达到螺栓最大轴力 $F_{bi\text{ max}}$ 点;

——角度差值 $\Delta\theta_{2i}$ 定义为 $(\theta_{2i} - \theta_{pi})$, 对应试验结束点。



^a 试验结束点。

图 2 转角-螺栓轴力曲线

6.6.2 设计预载荷下的扭矩-螺栓轴力曲线

按图 3 曲线获得一个单独的 k 值(k_i),表示扭矩 M_i 对应的螺栓轴力 F_p 。 k_i 值的计算如下:

$$k_i = \frac{M_i}{d F_p}$$

k_i 值的变异系数 V_k ,是通过计算标准偏差和平均试验值 k_m 的比值得到的。

标准偏差 s_k 和平均试验值 k_m 的计算如下:

$$s_k = \sqrt{\frac{\sum (k_i - k_m)^2}{n - 1}} \quad \text{和} \quad k_m = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n}$$

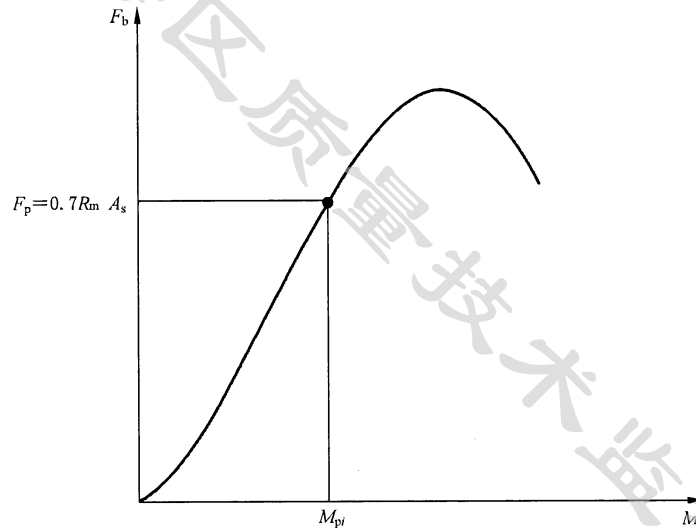
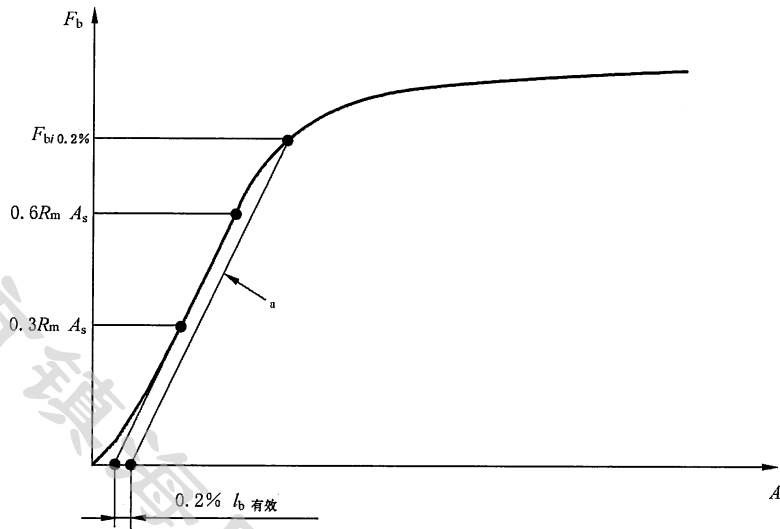


图 3 扭矩-螺栓轴力曲线

6.6.3 伸长量-螺栓轴力曲线

一个螺栓永久伸长为 $0.2\% l_{b \text{有效}}$ 时,对应的单个螺栓轴力值 F_{bi} ($F_{b 0.2\%}$)应根据图 4 的曲线得到, $l_{b \text{有效}}$ 是有效预载荷螺栓长度。

0.2% 永久伸长线是画一条和曲线上螺栓轴力值分别为 $0.3R_m A_s$ 和 $0.6R_m A_s$ 的两点之间的直线的平行线。



a 0.2%永久伸长线。

图 4 伸长-螺栓轴力曲线

6.6.4 施加规定扭矩时, 单个螺栓的扭矩-螺栓轴力曲线

当规定扭矩值有要求时:

按图 5 曲线得到一个单个螺栓轴力值 F_{bi} , 表示在一个规定的扭矩 M_{spec} 时对应的螺栓轴力:

$$F_{bi} = F_{bi}(M_{spec})$$

F_{bi} 值的变异系数 V_F 是通过计算标准偏差 s_F 和平均值 F_{bm} 的比值得到的。

标准偏差 s_F 和平均值 F_{bm} 的计算如下:

$$s_F = \sqrt{\frac{\sum (F_{bi} - F_{bm})^2}{n - 1}} \quad \text{和} \quad F_{bm} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{bi}}{n}$$

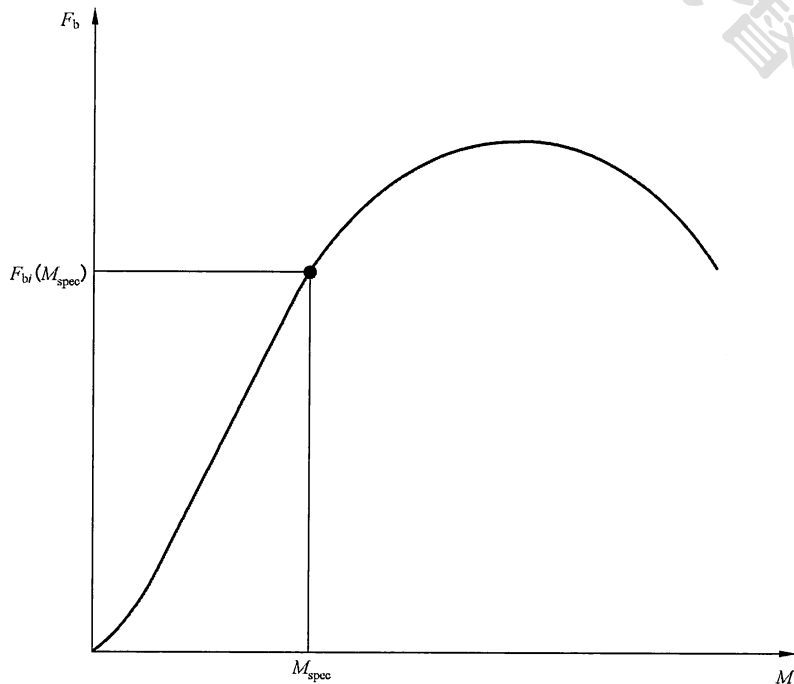


图 5 扭矩-螺栓轴力曲线

6.7 试验报告

当试验由栓接连接副制造者进行试验时,在试验文件中至少应包含下列信息:

- 试验日期;
- 试验设备型号;
- 单个栓接连接副批号或扩展栓接连接副批号;
- 试验数量;
- 按 GB/T 32076.3~GB/T 32076.7 规定的栓接连接副标记代号;
- 试验总夹紧长度;
- 试验拧紧转速;
- 有关试验的备注(包括特殊试验条件和试验程序,参见附录 A);
- 试验结果;
- 结论。

当试验不由栓接连接副制造者进行试验时,在试验文件中至少还应增加下列信息:

- 实验室资质;
- 指定试验机构的资质;
- 栓接连接副接收日期;
- 试验装置情况,包括刚度和垫片数量;
- 拧紧条件。

附录 A

(资料性附录)

特殊试验条件和程序

根据供需协议,可以应用下列特殊条件进行试验,但其试验结果不可与标准试验条件的结果相比较:

a) 长螺栓

为评价螺栓长度大于 10 倍直径的螺栓,6.6.2 中为获得扭矩系数 k 值的程序是有效的,但对转角或形变的特殊评定标准,应经双方同意。

b) 短螺栓

当螺栓太短不能满足 6.4 规定的试验条件时,可以考虑以下一种可能性:

- 1) 拧紧后,螺栓末端和螺母之间未承受载荷的长度应有一扣螺纹长度;
- 2) 从其他类似的批次中抽取较长螺栓按标准试验条件进行试验。长度差异应尽可能地小,仅适用于扩展的栓连接副批。

c) 润滑剂

可以改变交付时的润滑剂。

d) 拧紧

拧紧方法:

- 1) 可以改变转速。
- 2) 可以通过转动螺栓头部达到拧紧。

在这种情况下,要求在螺栓头下放置垫圈,并防止螺母和螺栓头下垫圈转动。如果它们在试验中发生转动,应更换试件重新试验。

- 3) 可以采用不连续的拧紧方式进行。
-