

文章编号:1673-2049(2018)01-0009-08

# 钢结构用国产自锁式 8.8 级单向螺栓承载性能

李国强<sup>1,2,3</sup>, 张杰华<sup>2</sup>, 蒋蕴涵<sup>2</sup>, 陈琛<sup>3</sup>, 张龙<sup>2</sup>, 许炎斌<sup>2</sup>

(1. 同济大学 土木工程防灾国家重点实验室, 上海 200092; 2. 同济大学 建筑工程系, 上海 200092;  
3. 同济大学 国家土建结构预制装配化工程技术研究中心, 上海 200092)

**摘要:**研制开发出钢结构用国产自锁式 8.8 级单向螺栓 STUCK-BOM, 并针对 6 种不同型号的 8.8 级单向螺栓进行了单个螺栓的轴向拉伸和剪切的静力试验, 每个螺栓均进行了多种钢板厚度的试验。通过试验得到了国产自锁式 8.8 级单向螺栓在轴向拉力和剪力作用下的荷载-位移曲线, 由此获取了单个单向螺栓抗拉极限承载力、抗剪极限承载力及初始刚度等力学性能指标。结果表明:除了用于连接钢板较薄的情况, 国产自锁式 8.8 级单向螺栓的抗拉承载力和同等级承压型高强螺栓相同, 抗剪承载力优于同等级承压型高强螺栓, 满足工程应用的需求, 为钢结构用国产自锁式 8.8 级单向螺栓的工程应用提供基础数据和依据。

**关键词:**8.8 级单向螺栓; 轴向拉伸; 剪切; 静力试验; 承载力

**中图分类号:**TU311 **文献标志码:**A

## Bearing Performance of Domestic Class 8.8 Self-lock One-side Bolt for Steel Structure

LI Guo-qiang<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Jie-hua<sup>2</sup>, JIANG Yun-han<sup>2</sup>, CHEN Chen<sup>3</sup>,  
ZHANG Long<sup>2</sup>, XU Yan-bin<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory for Disaster Reduction in Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;  
2. Department of Structural Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. National Engineering  
Technology Research Center for Prefabrication Construction in Civil Engineering, Tongji University,  
Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The domestic class 8.8 self-lock one-side bolt STUCK-BOM was developed. The axial tensile and shear static tests of single bolt for 6 different types of class 8.8 self-lock one-side bolts with varied steel plate thicknesses were carried out. The load-displacement curves of domestic class 8.8 self-lock one-side bolt under axial tension and shear force were obtained through experiments. The mechanical properties, such as ultimate tension bearing capacity, ultimate shear bearing capacity and initial stiffness of single one-side bolt were obtained. The results show that except for the thinner connection steel plate, the tension bearing capacity of one-side bolt is equal to the same grade high-strength bolt and the shear bearing capacity is better. The one-side bolt can meet the requirements of engineering application. The research can provide basic data and basis for the engineering application of domestic class 8.8 self-lock one-side bolt for steel structure.

**Key words:** class 8.8 one-side bolt; axial tension; shear; static test; bearing capacity

收稿日期:2017-06-11

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0701200)

作者简介:李国强(1963-),男,湖南株洲人,教授,博士研究生导师,工学博士,E-mail:gqli@mail.tongji.edu.cn。

0 引 言

常规螺栓紧固件一般由螺母、螺杆组成,安装时需要在 一侧夹紧螺母或螺栓头,从另一侧用扳手拧紧螺栓头或螺母。通常安装人员能够接触到被紧固物体的两侧,但对于特殊应用场合,比如封闭的管状结构或一端不易触及的结构,普通螺栓的使用受到很大限制。以钢结构梁柱节点为例,对于 H 形梁与 H 形柱之间的端板连接,由于 H 形梁与 H 形柱都是开口截面,因此常规螺栓可以使用;如果将开口的 H 形柱换成矩形钢管柱,由于后者是闭口的封闭截面,此时常规的高强螺栓无法使用。因此,对于采用封闭截面的构件连接提出了新的要求,需要一种能够从封闭截面钢构件外侧完成连接的螺栓,即单向螺栓。

钢结构用单向螺栓的研发始于 20 世纪 80 年代,Horne 等<sup>[1]</sup>改进高强螺栓的头部或尾部构造成为单向螺栓,用于方钢管或者圆钢管的连接。国外使用的螺栓和铆钉已由原来需要在被紧固的板材 2 个方向同时工作,改为只需要从板材的一个方向进行紧固。这种改进不但大大加快了施工进度,而且在很多工程结构施工中解决了本来无法进行或者要采用特殊手段才能双面进行的紧固作业。因此,大幅节省了建设资金,也保证了工程质量和安全施工。从 1994 年开始,一些国家陆续开发出几类较成熟的单向螺栓产品,例如英国 Lindapter International 公司的 Hollo-Bolt 以及根据 Hollo-Bolt 改进而成的 RMH 螺栓<sup>[2-3]</sup>和 EHB 螺栓<sup>[4-5]</sup>、英国 Advanced Bolting Solutions 公司的 Molabolt 螺栓、英国 Blind Bolt 公司的 Blind Bolt 螺栓、美国 LNA Solutions 公司的 BoxBolt、Huck International 公司的 BOM、HSBB<sup>[6]</sup>和 Ultra-Twist 螺栓、澳大利亚 Ajax Engineered Fasteners 公司的 ONESIDE Fastener 螺栓、荷兰 Flowdrill B V 公司的 Flowdrill 技术等。另一方面,国内外也有学者进行了单向螺栓连接及节点受力性能研究<sup>[7-14]</sup>。

单向螺栓具有很多的应用场景,工字梁与方钢管柱之间的单向螺栓连接保证了节点安装高效快捷;方钢管柱间的单向螺栓连接解决了传统法兰连接使柱截面突出的缺点,形成的节点外形美观,承载性能优越;管状结构与管状结构间的单向螺栓连接解决了普通螺栓无法连接的问题。

鉴于中国以前没有国产单向螺栓产品,进口国外的单向螺栓价格较高,本文研制开发出 8.8 级自锁

式单向螺栓 STUCK-BOM(包括 SB16 和 SB20 各 3 种型号),为了给国产单向螺栓在实际连接节点中的应用提供依据,本文对单个国产单向螺栓进行力学性能研究,通过单向拉伸和单向剪切试验分别获得了单向螺栓在拉力和剪力作用下的荷载-位移曲线,根据试验结果获得单向螺栓的抗拉极限强度、抗剪极限强度等力学性能指标,明确单向螺栓在拉力或剪力下的破坏模式和破坏机理,为此类单向螺栓在工程上的设计使用提供依据。

1 国产单向螺栓

国产自锁式 8.8 级单向螺栓(图 1)主要由 5 个部件组成:金属垫圈、橡胶垫圈、套筒、锥头和螺杆。螺杆为 8.8 级标准普通高强螺栓,套筒采用标准 Q345 钢制成,套筒内侧光滑,开有 4 条缝,套在螺杆上;锥头内侧有螺纹,与螺杆旋紧,卡住套筒。将金属垫圈、橡胶垫圈、套筒、锥头依次套在螺杆上,单向螺栓即可成型。



图 1 国产自锁式单向螺栓

Fig. 1 Domestic Self-lock One-side Bolt

使用时,将螺栓放入螺孔后,先用一个扳手固定住金属垫圈,再用扭矩扳手在六角螺杆头部进行拧紧,利用橡胶垫圈的摩擦锁紧套筒,套筒卡紧锥头使锥头不能转动,旋紧时锥头逐渐将套筒撑开,卡住连接部件(图 2)。因此,这种单向螺栓克服了普通高强螺栓不能直接用于钢管等闭合截面的缺点,具有单边拧紧、施工快捷的优点。

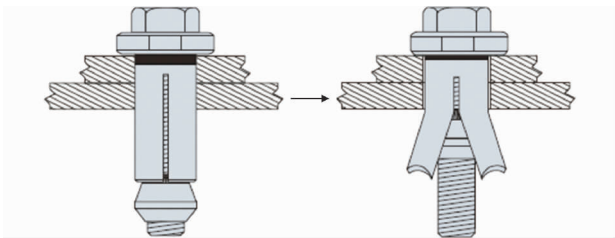


图 2 国产自锁式单向螺栓工作原理

Fig. 2 Working Principle of Domestic Self-lock One-side Bolt

本文研究的国产自锁式单向螺栓有 6 种型号(表 1),螺栓等级全部为 8.8 级,表 1 中尺寸表示的

表 1 单向螺栓型号  
Tab.1 Types of One-side Bolts

螺栓型号	尺寸	适用板厚/mm	最小螺栓中距/mm	最小螺栓内边距/mm	最小螺栓外边距/mm	安装扭矩/(kN·m)
SB16-1	M16×75	12~29	55	20	32.5	300
SB16-2	M16×100	29~50				
SB16-3	M16×120	50~71				
SB20-1	M20×90	20~36	70	25	33.0	400
SB20-2	M20×120	36~60				
SB20-3	M20×150	60~86				

是单向螺栓中螺杆的尺寸,另外由于橡胶垫圈的关系,靠近螺栓头的钢板厚度不得小于 8 mm。

2 试验方案

2.1 抗拉试验辅助装置

单向拉伸试验辅助装置如图 3 所示,其中  $h$  为单块辅助构件的连接板板厚,随不同的试验组别而改变。抗拉试验辅助装置如图 4 所示。材料均采用 Q345 钢材,一个试件由 4 块钢材焊接而成,一组试验有 2 个试件,经验算焊缝强度、钢板强度与刚度均满足规范要求。试验时利用单向螺栓将 2 块辅助构件牢固拼接在一起,然后安装在拉伸试验机上进行单向拉伸试验。

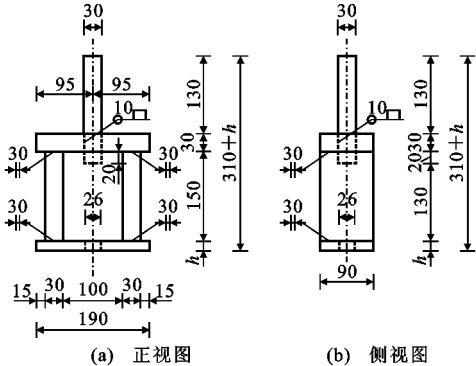


图 3 抗拉试验辅助装置示意(单位:mm)  
Fig.3 Schematic Diagram of Auxiliary Device in Tensile Test (Unit:mm)

2.2 抗剪试验辅助装置

抗剪试验辅助装置如图 5,6 所示(钢材厚度  $b$  为单块辅助构件的连接板板厚,随不同试验组别而改变),材料均采用 Q345 钢材,1 个试件由 2 块钢材焊接而成,1 组试验有 2 个试件,经验算焊缝强度、钢板强度与刚度均满足规范要求。试验时利用单向螺栓将 2 块辅助构件牢固拼接在一起,然后安装在拉伸试验机上进行抗剪试验。

2.3 试验设备

试验采用的主要设备包括新三思(SANS)电液



图 4 抗拉试验辅助装置照片  
Fig.4 Photo of Auxiliary Device in Tensile Test

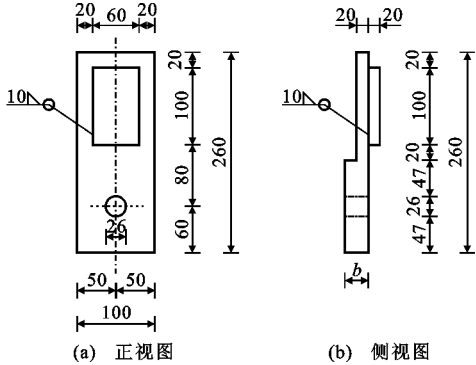


图 5 抗剪试验辅助装置示意(单位:mm)  
Fig.5 Schematic Diagram of Auxiliary Device in Shear Test (Unit:mm)



图 6 抗剪试验辅助装置照片  
Fig.6 Photo of Auxiliary Device in Shear Test

伺服万能试验机(图 7)和 SHT4206 电液式万能试



图 7 新三思电液伺服万能试验机

Fig. 7 SANS Electro-hydraulic Servo Universal Testing Machines

验机(单剪试验中 2 块连接板板厚之和大于 40 mm 的采用后者,其余采用前者)、扭矩扳手、电动扳手等。

2.4 抗拉与抗剪试件

根据不同型号单向螺栓的适用板厚范围,选取 2 种和 3 种板厚组合,合理覆盖了其适用范围,拉伸试验试件见表 2,剪切试验试件见表 3,每种测试 3 个试件。

表 2 抗拉试验试件

Tab. 2 Specimens of Tensile Tests

螺栓型号	试验连接的单块钢板厚度/mm	试件编号
SB16-1	10	L-SB16-1-1
	12	L-SB16-1-2
	14	L-SB16-1-3
SB16-2	16	L-SB16-2-1
	20	L-SB16-2-2
	25	L-SB16-2-3
SB16-3	25	L-SB16-3-1
	30	L-SB16-3-2
	35	L-SB16-3-3
SB20-1	14	L-SB20-1-1
	16	L-SB20-1-2
	18	L-SB20-1-3
SB20-2	18	L-SB20-2-1
	25	L-SB20-2-2
	30	L-SB20-2-3
SB20-3	30	L-SB20-3-1
	35	L-SB20-3-2
	40	L-SB20-3-3

3 拉伸试验现象与结果

使用扭矩扳手将单向螺栓牢固连接于 2 块辅助

表 3 抗剪试验试件

Tab. 3 Specimens of Shear Tests

螺栓型号	试验连接的单块钢板厚度/mm	试件编号
SB16-1	10	S-SB16-1-1
	14	S-SB16-1-2
SB16-2	16	S-SB16-2-1
	20	S-SB16-2-2
	25	S-SB16-2-3
SB16-3	25	S-SB16-3-1
	30	S-SB16-3-2
	35	S-SB16-3-3
SB20-1	14	S-SB20-1-1
	16	S-SB20-1-2
	18	S-SB20-1-3
SB20-2	18	S-SB20-2-1
	25	S-SB20-2-2
	30	S-SB20-2-3
SB20-3	30	S-SB20-3-1
	35	S-SB20-3-2

试件上(SB16 型单向螺栓安装扭矩为 300 kN·m, SB20 型单向螺栓安装扭矩为 400 kN·m),即可安装于万能试验机上进行试验。按照设定的扭矩值,通过扭矩扳手拧紧单向螺栓,即对单向螺栓施加了预紧力。单向螺栓的工作原理可认为类似于高强螺栓的工作原理。

部分试件破坏记录与结果见图 8~11,其中,荷载-位移曲线表示的是试验机施加的荷载与 2 块被连接钢板在试验中被拉开的距离的关系。拉伸试验现象与结果列于表 4。



图 8 试件 L-SB16-1-3 破坏情况

Fig. 8 Failure Phenomenon of Specimen L-SB16-1-3

4 剪切试验现象与结果

部分试件破坏记录与结果见图 12~15,其中,荷载-位移曲线表示的是试验机施加的荷载与 2 块



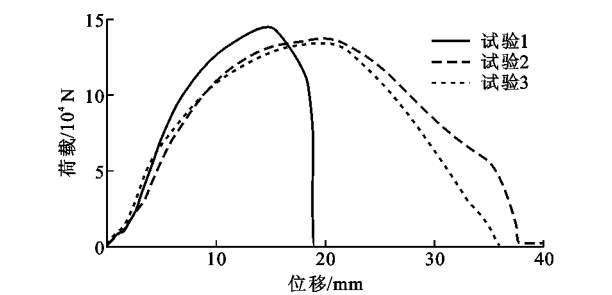


图 9 试件 L-SB16-1-3 荷载-位移曲线

Fig. 9 Load-deformation Curves of Specimen L-SB16-1-3



图 10 试件 L-SB16-3-1 破坏情况

Fig. 10 Failure Phenomenon of Specimen L-SB16-3-1

被连接钢板端部在试验中被拉开的距离的关系。剪

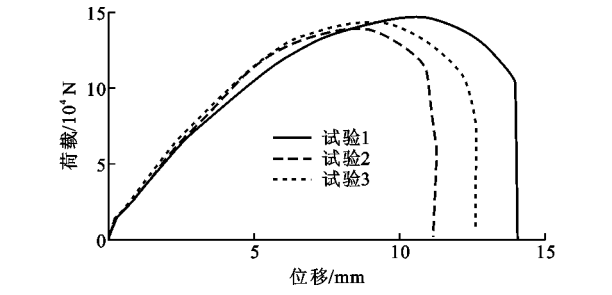


图 11 试件 L-SB16-3-1 荷载-位移曲线

Fig. 11 Load-deformation Curves of Specimen L-SB16-3-1

切试验现象与结果列于表 5。

5 试验结果分析与讨论

5.1 拉伸试验

在单向拉伸试验中,对于小型号的单向螺栓(SB16-1 和 SB20-1),大部分由于连接钢板变形过大,螺栓孔变形,撑开的套筒被压回和最终单向螺栓被拔出而失效,SB16-1 的抗拉极限承载力在 140 kN 左右,SB20-1 的抗拉极限承载力在 170 kN 左右;对于其他型号的单向螺栓,破坏模式均为螺杆被拉断,受力模式为靠近螺栓头部的钢板把力传到钢垫圈上进而传到螺杆上,靠近锥头的钢板通过套筒把力传到锥头和螺杆上,因此套筒只受到来自钢板

表 4 拉伸试验现象与结果

Tab. 4 Phenomenons and Results of Tensile Tests

试件编号	试验现象	峰值荷载 均值/kN	峰值荷载时钢 板位移/mm	48%峰值荷 载均值/kN	48%峰值荷载时 钢板位移/mm
L-SB16-1-1	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,且其变形逐渐增大,撑开的套筒被压回,最终因单向螺栓被拔出而失效。	135.10	29.80	64.85	5.64
L-SB16-1-2		134.54	17.99	64.57	5.03
L-SB16-1-3	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,其变形较小,3 组试验中 2 组因单向螺栓被拔出而失效,1 组因螺栓拉断而失效。	138.67	17.86	66.56	4.80
L-SB16-2-1	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,无明显变形,最终因螺栓拉断而失效。	153.88	11.66	73.86	4.90
L-SB16-2-2		154.44	10.23	74.13	3.44
L-SB16-2-3		151.57	11.22	72.76	4.25
L-SB16-3-1	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,无明显变形,最终因螺栓拉断而失效。	143.86	9.40	69.05	2.69
L-SB16-3-2		145.94	9.36	70.05	2.39
L-SB16-3-3		148.17	9.30	71.12	2.42
L-SB20-1-1	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,有明显变形,最终因螺栓拉断而失效。	228.58	25.23	109.72	9.30
L-SB20-1-2	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,无明显变形,撑开的套筒被压回,最终因单向螺栓被拔出而失效。	178.10	25.58	85.49	8.24
L-SB20-1-3		165.02	21.88	79.21	6.12
L-SB20-2-1	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,无明显变形,最终因螺栓拉断而失效。	238.93	19.44	114.69	5.30
L-SB20-2-2		234.82	16.46	112.71	4.38
L-SB20-2-3		241.02	19.27	115.69	5.10
L-SB20-3-1	被连接钢板随荷载增大逐渐被拉开,无明显变形,最终因螺栓拉断而失效。	216.42	17.06	103.88	5.46
L-SB20-3-2		223.27	16.74	107.17	4.86
L-SB20-3-3		211.57	17.67	101.55	5.18



图 12 试件 S-SB16-1-2 破坏情况

Fig. 12 Failure Phenomenon of Specimen S-SB16-1-2



图 14 试件 S-SB16-3-1 破坏情况

Fig. 14 Failure Phenomenon of Specimen S-SB16-3-1

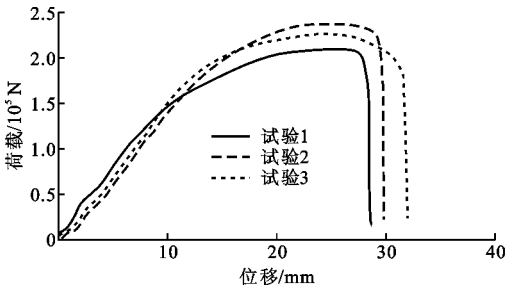


图 13 试件 S-SB16-1-2 荷载-位移曲线

Fig. 13 Load-deformation Curves of Specimen S-SB16-1-2

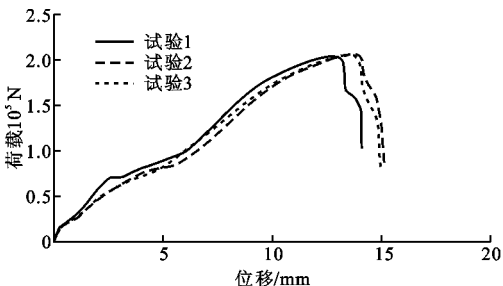


图 15 试件 S-SB16-3-1 荷载-位移曲线

Fig. 15 Load-deformation Curves of Specimen S-SB16-3-1

表 5 剪切试验现象与结果

Tab. 5 Phenomenons and Results of Shear Tests

试件编号	试验现象	峰值荷载 均值/kN	峰值荷载时钢 板位移/mm	30%峰值荷 载均值/kN	30%峰值荷载时 钢板位移/mm
S-SB16-1-1	被连接钢板随荷载增大变形逐渐增大,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板与套筒均有较大变形,螺杆被剪断。	193.86	22.98	58.16	5.06
S-SB16-1-2		224.26	20.90	67.28	5.04
S-SB16-2-1	被连接钢板随荷载增大出现微小变形,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板有少量变形,螺杆与套筒同时被剪断。	195.54	14.69	58.66	4.79
S-SB16-2-2	荷载-位移曲线稳定上升,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板无明显变形,最终螺杆与套筒同时被剪断。	198.98	14.18	59.69	5.34
S-SB16-2-3		215.44	13.93	64.63	4.55
S-SB16-3-1	荷载-位移曲线稳定上升,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板无明显变形,最终螺杆与套筒同时被剪断。	205.40	14.30	61.62	3.67
S-SB16-3-2		200.86	11.00	60.26	3.55
S-SB16-3-3		211.16	13.74	63.35	4.74
S-SB20-1-1	被连接钢板随荷载增大变形逐渐增大,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板与套筒均有较大变形,螺杆被剪断。	305.89	31.35	91.77	5.02
S-SB20-1-2		317.16	32.72	95.15	5.13
S-SB20-1-3		304.56	31.17	91.37	6.59
S-SB20-2-1	被连接钢板随荷载增大出现微小变形,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板有少量变形,螺杆与套筒同时被剪断。	293.44	24.87	88.03	6.76
S-SB20-2-2		303.74	24.04	91.12	7.58
S-SB20-2-3	荷载-位移曲线稳定上升,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板无明显变形,最终螺杆与套筒同时被剪断。	307.52	14.78	92.25	6.89
S-SB20-3-1	荷载-位移曲线稳定上升,套筒与螺杆共同受剪,至破坏时钢板无明显变形,最终螺杆与套筒同时被剪断。	299.32	13.71	89.80	5.60
S-SB20-3-2		305.89	31.35	91.77	5.02

和锥头的挤压力,全部拉力均由螺杆承担。由此可知,除 SB16-1 和 SB20-1 以外的单向螺栓,其理论抗

拉极限承载力即为 8.8 级螺栓的抗拉极限承载力。SB16-2 和 SB16-3 理论抗拉极限承载力  $F_{\max} =$

$\sigma_s A_e = 125.33 \text{ kN}$ , 其中  $\sigma_s$  为螺杆的抗拉强度,  $A_e$  为螺栓的有效面积。SB20-2 和 SB20-3 的理论抗拉极限承载力为 195.74 kN。

在本次试验中, SB16-2 和 SB16-3 的抗拉极限承载力为 140 kN, SB20-2 和 SB20-3 的抗拉极限承载力为 210 kN。

单向螺栓破坏模式和现有承压型连接的高强螺栓破坏模式相同, 均为螺杆拉断导致连接失效, 故可知单向螺栓抗拉承载力的理论值和高强螺栓承压型连接的抗拉承载力理论值相同。由以上分析可知, 除个别情况以外, 单向螺栓抗拉承载力的试验值均高于理论值, 单向螺栓抗拉承载力和同等级的承压型高强螺栓相当。

对于小型号的单向螺栓(SB16-1 和 SB20-1), 由于连接钢板较薄, 连接板厚度对试验测得的刚度影响较大, 初始刚度随板厚增大而逐渐增大, 但另一方面, 由于短单向螺栓与长单向螺栓受力原理基本一致, SB16-1 和 SB20-1 可取其对应的长螺栓测得的初始刚度。对于其他型号的单向螺栓, 钢板厚度的影响基本可以忽略, 试验中测得的初始拉伸刚度可以认为是国产自锁式单向螺栓的初始拉伸刚度, SB16 初始拉伸刚度约为  $110 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ , SB20 初始拉伸刚度约为  $90 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

### 5.2 剪切试验

对于小型号的单向螺栓(SB16-1 和 SB20-1), 试验期间随着荷载增大, 被连接钢板逐渐弯曲变形, 使单向螺栓从纯受剪作用转向拉剪共同作用, 由于从钢板传递的力由套筒式螺杆同时承担, 而钢板的弯曲变形使只承担剪力的套筒受力占比逐渐减少, 同时承担剪力和拉力的螺杆受力占比逐渐增加, 最终因螺杆拉剪破坏而失效, 套筒和钢板均有较大变形, SB16-1 的抗剪极限承载力为 190 kN 左右, SB20-1 的抗剪极限承载力为 300 kN 左右。对于其他型号的单向螺栓, 由于其适用板厚较厚, 被连接的钢板变形较小甚至几乎无变形, 可以认为单向螺栓受纯剪作用, 随着荷载增大, 荷载-位移曲线发展正常, 最终由于套筒和螺杆同时被剪断而失效, 其抗剪承载力为套筒的抗剪承载力和螺杆的抗剪承载力之和。

SB16 理论抗剪极限承载力为  $V_{\max} = \tau_s A_s = 174.70 \text{ kN}$ , 其中  $\tau_s$  为单向螺栓的抗剪强度(包括螺杆和套筒),  $A_s$  为单向螺栓的截面积(包括螺杆和套筒)。SB20 理论抗剪极限承载力为 287.78 kN。

根据试验结果, SB16 单向螺栓抗剪极限承载力为 190 kN 左右, SB20 单向螺栓抗剪极限承载力为

300 kN 左右, 试验值与理论值吻合较好。

另外, 普通 8.8 级 M16 螺栓的极限抗剪承载力为 87.92 kN, 普通 8.8 级 M20 螺栓的极限抗剪承载力为 137.21 kN。

由于单向螺栓中套筒和螺杆共同受剪, 单向螺栓的抗剪承载力相较于普通螺栓有较大提高。

初始剪切刚度与初始拉伸刚度类似, 薄钢板连接受钢板连接影响较大, 以厚钢板试验所测得的刚度为准, SB16 初始剪切刚度约为  $80 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ , SB20 初始剪切刚度约为  $80 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

### 5.3 设计承载力建议

按照《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)<sup>[15]</sup> 对高强度螺栓强度设计值的取用方法, 选取 48% 抗拉极限承载力为 8.8 级单向螺栓的抗拉设计承载力, 取 30% 抗剪极限承载力为 8.8 级单向螺栓的抗剪设计承载力。

钢结构用国产自锁式 8.8 级单向螺栓的拉剪极限承载力与建议设计承载力如表 6 所示。

表 6 自锁式 8.8 级单向螺栓的承载力极限值与建议设计值

Tab. 6 Ultimate Values of Bearing Capacity and Proposed Design Values of Class 8.8 Self-lock One-side Bolt				
螺栓型号	抗拉极限承载力/kN	抗拉设计承载力/kN	抗剪极限承载力/kN	抗剪设计承载力/kN
SB16-1	140	65	190	55
SB16-2	140	65	190	55
SB16-3	140	65	190	55
SB20-1	170	80	300	90
SB20-2	210	100	300	90
SB20-3	210	100	300	90

对比英国 Hollo-Bolt 同尺寸产品(表 7)可以发现, 钢结构用国产自锁式 8.8 级单向螺栓的性能更好, 但本文对设计承载力安全系数取值更大, 相比英国产品更为安全。

表 7 英国 Hollo-Bolt 承载力  
Tab. 7 Bearing Capacity of British Hollo-Bolt

螺栓型号	抗拉极限承载力/kN	抗拉设计承载力/kN	抗剪极限承载力/kN	抗剪设计承载力/kN
HB16	84.3	70	139.0	75
HB20	124.0	110	211.0	100

## 6 结 语

(1) 单向螺栓克服了普通高强螺栓不能直接用于钢管等闭合截面的缺点, 具有单边拧紧、施工快捷

的优点,有良好的工程应用前景。

(2)依据抗拉试验结果,SB16 单向螺栓的抗拉极限承载力为 140 kN,SB20-1 的抗拉极限承载力为 170 kN,SB20-2 和 SB20-3 的抗拉极限承载力为 210 kN。

(3)根据抗剪试验结果,SB16 的单向螺栓的抗剪极限承载力为 190 kN,SB20 的单向螺栓的抗剪极限承载力为 300 kN。

(4)单向螺栓抗剪承载力相较于同等级普通螺栓有较大的提高。本文的国产自锁式单向螺栓抗拉抗剪性能良好,能够满足一般工程应用需要。

#### 参考文献:

#### References:

- [ 1 ] HORNE M R, MORRIS L J. Plastic Design of Low-rise Frames[M]. London: MIT Press, 1982.
- [ 2 ] 吴玉全,汪 发. 梁-钢管柱节点暗螺栓连接研究概述[J]. 低温建筑技术, 2011(2): 48-50.  
WU Yu-quan, WANG Fa. Overview of Research of Beam-hollow Column Joints with Blind Bolts[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2011(2): 48-50.
- [ 3 ] TIZANI W, RIDLEY-ELLIS D J. The Performance of a New Blind-bolt for Moment-resisting Connections [C]//JAURIETTA M A, ALONSO A, CHICA J A. Tubular Structures X: Proceedings of the 10th International Symposium on Tubular Structures. Rotterdam; Balkema A A, 2003: 395-400.
- [ 4 ] RAHMAN N A. Fatigue Behaviour and Reliability of Extended Hollobolt to Concrete Filled Hollow Section [D]. Nottingham: University of Nottingham, 2012.
- [ 5 ] TIZANI W, WANG Z Y, HAJIRASOULIHA I. Hysteretic Performance of a New Blind Bolted Connection to Concrete Filled Columns Under Cyclic Loading: An Experimental Investigation [J]. Engineering Structures, 2013, 46: 535-546.
- [ 6 ] MOURAD S. Behaviour of Blind Bolted Moment Connections for Square HSS Columns[D]. Hamilton: McMaster University, 1994.
- [ 7 ] WANG J F, HAN L H, UY B. Behaviour of Flush End Plate Joints to Concrete-filled Steel Tubular Columns[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2009, 65(4): 925-939.
- [ 8 ] 李国强,段 炼,陆 烨,等. H 型钢梁与矩形钢管柱外伸式端板单向螺栓连接节点承载力试验与理论研究[J]. 建筑结构学报, 2015, 36(9): 91-100.  
LI Guo-qiang, DUAN Lian, LU Ye, et al. Experimental and Theoretical Study of Bearing Capacity for Extended Endplate Connections Between Rectangular Tubular Columns and H-shaped Beams with Single Direction Bolts [J]. Journal of Building Structures, 2015, 36(9): 91-100.
- [ 9 ] 王静峰,张 琳,戴 阳. 半刚性钢管混凝土框架梁柱端板连接抗震性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(11): 13-21.  
WANG Jing-feng, ZHANG Lin, DAI Yang. Seismic Experimental Study of End Plate Connections for Semi-rigid Concrete-filled Steel Tubular Frames[J]. China Civil Engineering Journal, 2012, 45(11): 13-21.
- [10] WANG J F, SPENCER B F. Experimental and Analytical Behavior of Blind Bolted Moment Connections [J]. Journal of Constructional Steel Research, 2013, 82: 33-47.
- [11] LIU Y, MALAGA-CHUQUITAYPE C, ELGHAZOULI A Y. Response and Component Characterisation of Semi-rigid Connections to Tubular Columns Under Axial Loads[J]. Engineering Structures, 2012, 41: 510-532.
- [12] BARNETT T C, TIZANI W, NETHERCOT D A. The Practice of Blind Bolting Connections to Structural Hollow Sections: A review[J]. Steel and Composite Structures, 2001, 1(1): 1-16.
- [13] FRANCE J E, DAVISON J B, KIRBY P A. Strength and Rotational Response of Moment Connections to Tubular Columns Using Flowdrill Connectors [J]. Journal of Constructional Steel Research, 1999, 50(1): 1-14.
- [14] KOROL R M, GHOBARAH A, MOURAD S. Blind Bolting W-shape Beams to HSS Columns[J]. Journal of Structural Engineering, 1993, 119(12): 3463-3481.
- [15] GB 50017—2003, 钢结构设计规范[S].  
GB 50017—2003, Code for Design of Steel Structures [S].