

螺栓和铆钉连接 设计准则指南

[美] J.W.费雪 J.H.A.斯特鲁克 著

王志遂 译
胡春农 刘瀛洲 校

人 民 交 通 出 版 社

1983年北京

内 容 简 介

本书系“铆接和栓接结构连接研究委员会”主持编写，1974年美国约翰·惠莱公司出版。该书以多年来大量丰富的实验资料为依据，着重对高强度螺栓的强度、松弛、腐蚀、脆断等性能以及安装方法，重复使用等问题做了全面的分析。同时还对高强度螺栓连接的接头的基本性能，抗滑、刚度、表面处理、夹紧力、握合厚度等特性，以及钉孔尺寸、填板、错孔、涂层等对高强度螺栓联结的接头的影响，汇集了试验成果和做了分析。此外，还按对接、拼接、错接、搭接、偏心受载、以及混合接头、梁的拼接、抗拉连接、梁—柱连接等分别研究了它的性能 and 设计方法，并提出了存在的和需要研究的问题。各章最后都提出了设计建议，介绍了设计方法。全书资料丰富，内容全面，可供从事钢结构的研究、设计人员和大专院校师生参考。

螺栓和铆钉连接设计准则指南

Guide to Design Criteria for Bolted and Riveted Joints

本书根据美国约翰·惠莱公司1974年在美国出版的英文版本译出

王志遂 译 胡春农 刘瀛洲 校

责任编辑 王应荣

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：11 字数：229千

1983年9月 第1版

1983年9月 第1版 第1次印刷

印数：0001—5,500册 定价：1.70元

前 言

自威廉·范尔勃恩 (William Fairbairn) 于一百三十五年前论述铆接连接强度的最早试验研究以来, 大量研究人员完成了难以计数的试验, 以探求对铆接和栓接结构接头性能的更为深刻的认识。

杨日 (de Jonge) 在1945年出版的他的书目中列出了有关这个问题的1300篇文章。从那时起, 不论由“铆接和栓接结构连接研究委员会” (The Research Council on Riveted and Bolted Structural Joints) 发起主办的“螺栓连接的文献目录”, 和由“美国土木工程师学会” (American Society of Civil Engineers) 1967年出版的“美国土木工程师学会工程实践手册, 第四十八分册” (ASCE Manual on Engineering Practice, No.48), 或者作为增刊发表在“美国土木工程师学会杂志, 结构分册” (Journal of the ASCE Structural Division) 上的, 列出的补充的论文在八百篇以上。后一部分的庞大份量是由“铆接和栓接结构连接研究委员会”自1947年成立以来发起主办的大量研究工作的产物。

在从所主办的研究工作中获得的最重大的单项成就是高强度螺栓的发展。其使用规定包括在“铆接和栓接结构连接研究委员会《采用 ASTM A325 或 A490 螺栓的结构连接规范》”内, 这是该委员会迄今为止仅有的出版物。采用其它型式的机械式紧固件规则的颁布是其它规范拟制单位的权利, 这些单位成立在该委员会之前。

然而，由于积累了这么多有关用后面几种紧固件组装的接头性能的新资料（多数是该委员会研究计划的成果），我们感到这些材料的简要文摘的单独出版物对规范写作单位和从事这种连接的设计和研究人员将是有裨益的。为了这个理由，委员会筹备并批准这本书出版。

铆接和栓接结构连接研究委员会，规范
分会主席 T.R.海琴斯 (T.R.Higgins)

序 言

本书是提供已完成的实验和理论研究的技术发展水平的汇集以供对铆接和栓接结构连接性能和强度的理解。已经根据这些资料制定设计准则,这对设计人员,教员,学生和规范拟制人员应该是有益的。

本书企图提供栓接和铆接的结构接头资料的广泛来源以及在不同荷载条件下它们的性能的解释。对容许应力设计和荷载系数设计两者都提供设计建议。在所有情况下,主要的考虑是连接的基本性能和它的极限能力。

手稿是在宾夕法尼亚州,伯利恒,利哈伊大学,弗里茨工程研究所(Fritz Engineering Laboratory, Lehigh University, Bethlehem, Pa.)完成的。铆接和栓接结构连接研究委员会从1969年开始就发起主办这个计划。

本工作得到该委员会由主席海琴斯博士(Dr. Theodore R. Higgins)领导的规范委员会的指导。委员会的其它成员包括: R.S. Belford, E. Chesson, Jr., M.F. Godfrey, F.E. Graves, R.M. Harris, H.A. Krentz, F.R. Ling, W.H. Munse, W. Pressler, E.J. Ruble, J.L. Rumpf, T.W. Spilman, F. Stahl, 和 W.M. Thatcher。著者感谢委员会提出的意见和指导。在准备本手稿时,得到了许多有益的建议。还衷心感谢“铆接和栓接结构连接研究委员会”和利哈伊大学对这一工作的支持。

这样重要的一本书不能没有许多曾经赞助在弗里茨工程研究所进行铆接和栓接结构连接研究的组织的协助。在弗里

茨工程研究所做的许多铆接和栓接结构连接性能研究提供了对这一研究的基本情况和广泛的引用。赞助这些工作的有：美国钢结构协会 (American Institute of Steel Construction)，宾夕法尼亚州运输部 (Pennsylvania Department of Transportation)，铆接和栓接结构连接研究委员会 (Research Council on Riveted and Bolted Structural Joints)，美国运输部—联邦公路管理局 (United States Department of Transportation—Federal Highway Administration)，和路易斯安那州运输部 (Louisiana Department of Transportation)。

著者特别感谢海琴斯博士 (Dr. Theodore R. Higgins) 和库拉克博士 (Dr. Geoffrey L. Kulak) 提供的意见。许多有用的意见使手稿和设计建议得到很大的改进。

(下略)

J. W. 费雪 (John W. Fisher)

J. H. A. 斯特鲁克 (John H. A. Struik)

伯利恒 (Bethlehem)，宾夕法尼亚州 (Pennsylvania)

1973年7月

目 录

1. 绪言	1
1.1 目的和范围	1
1.2 历史的记载	1
1.3 结构紧固件的类型和机械性能	4
2. 一般规定	10
2.1 结构钢	10
2.2 连接的型式	13
2.3 荷载	17
2.4 安全系数——荷载系数设计	19
2.5 栓接和铆接的剪力拼接	21
2.6 疲劳	23
2.7 断裂	26
2.8 容许工作应力	29
3. 铆钉	34
3.1 铆钉的类型	34
3.2 铆钉的安装	34
3.3 单个紧固件的性能	36
3.3.1 承受拉力的铆钉	36
3.3.2 承受剪力的铆钉	37
3.3.3 承受组合拉力和剪力的铆钉	39
3.4 设计建议的依据	41
3.4.1 承受拉力的铆钉	41
3.4.2 承受剪力的铆钉	41
3.4.3 承受组合拉力和剪力的铆钉	42
4. 螺栓	44
4.1 螺栓的类型	44

4.2	单个紧固件的性能	48
4.2.1	承受拉力的螺栓	48
4.2.2	承受剪力的螺栓	54
4.2.3	承受组合拉力和剪力的螺栓	61
4.3	高强度螺栓的安装	63
4.4	松弛	69
4.5	高强度螺栓的重复使用	71
4.6	镀锌的螺栓和螺母	72
4.7	垫圈的使用	74
4.8	腐蚀和脆断	75
4.9	螺母强度的作用	76
4.10	设计建议的依据	77
4.10.1	承受拉力的螺栓	77
4.10.2	承受剪力的螺栓	78
4.10.3	承受组合拉力和剪力的螺栓	78
5.	对称的对接拼接	84
5.1	滑动前的接头性能	84
5.1.1	引言	84
5.1.2	基本滑动阻力	84
5.1.3	滑动特性的计算	85
5.1.4	接头几何形状和接触面数目的影响	88
5.1.5	接头的刚性	89
5.1.6	钢号、表面加工和处理对滑动系数的 影响	89
5.1.7	螺栓夹紧力波动的影响	92
5.1.8	握合厚度的影响	98
5.2	较大滑动后的接头性能	98
5.2.1	引言	98

5.2.2	接头性能	98
5.2.3	接头的刚性	103
5.2.4	表面加工和处理	104
5.2.5	荷载分配和极限强度	104
5.2.6	接头几何尺寸的影响	109
5.2.7	紧固件类型	121
5.2.8	握合厚度的影响	121
5.2.9	支承应力和端距	124
5.3	重复荷载下的接头性能	128
5.3.1	基本破坏形式	128
5.3.2	栓接对接接头的疲劳强度	131
5.4	设计建议	138
5.4.1	引言	138
5.4.2	设计建议——紧固件	139
5.4.3	设计建议——连接材料	150
6	桁式连接	164
6.1	引言	164
6.2	桁式连接的性能	166
6.2.1	静荷载	166
6.2.2	重复荷载	170
6.3	设计建议	173
7	错接接头	175
7.1	引言	175
7.2	错接接头的性能	176
7.3	接头刚性	178
7.4	荷载分配和极限强度	180
7.5	接头几何尺寸的影响	181
7.5.1	A_n/A_s 比和接头长度变化的影响	181

7.5.2 每个区段紧固件的数目	182
7.5.3 区段的数目	184
7.6 设计建议	186
7.6.1 近似分析方法	186
7.6.2 连接材料	190
7.6.3 紧固件	190
8. 搭接接头	192
8.1 引言	192
8.2 搭接接头的性能	192
8.3 设计建议	196
8.3.1 静载条件	196
8.3.2 重复式加载	196
9. 尺寸过大和长圆的螺栓孔	198
9.1 引言	198
9.2 螺栓孔尺寸对螺栓拉力和安装的影响	199
9.3 接头性能	203
9.3.1 滑动阻力	203
9.3.2 极限强度	203
9.4 设计建议	205
10. 板面间的填板	208
10.1 引言	208
10.2 填板的类型和荷载的传递	209
10.3 设计建议	213
11. 螺栓孔错位	214
11.1 引言	214
11.2 螺栓孔错位接头的性能	214
11.3 设计建议	217
12. 板面涂层	218

12.1	引言	218
12.2	涂层类型对短期滑动阻力的影响	219
12.2.1	热浸镀锌	219
12.2.2	喷涂金属	223
12.2.3	富锌漆	225
12.3	持久荷载下的接头性能	229
12.4	重复荷载下的接头性能	231
12.5	设计建议	233
13.	偏心受载的接头	237
13.1	引言	237
13.2	紧固件群在偏心荷载下的性能	237
13.3	偏心受载紧固件群的分析	241
13.3.1	抗滑接头	242
13.3.2	极限强度分析	244
13.4	理论分析和实验结果的比较	246
13.5	设计建议	247
13.5.1	连接材料	247
13.5.2	紧固件	248
14.	混合接头	260
14.1	引言	260
14.2	在共同剪力面上分担荷载的混合接头的性能	263
14.2.1	高强度螺栓与焊缝联合使用	264
14.2.2	高强度螺栓与铆钉联合使用	266
14.3	设计建议	268
14.3.1	静载情况	268
14.3.2	重复加载情况	269
15.	节点板	271
15.1	引言	271

15.2	节点板的分析方法和实验工作	272
15.3	设计建议	279
16.	梁的拼接	281
16.1	引言	281
16.2	梁拼接的类型和特性	281
16.2.1	翼缘拼接	284
16.2.2	腹板拼接	286
16.3	设计建议	287
16.3.1	翼缘拼接	287
16.3.2	腹板拼接	287
17.	抗拉式连接	289
17.1	引言	289
17.2	单个紧固件受拉	289
17.3	螺栓群受拉荷载—撬开作用	293
17.4	抗拉式连接的重复加载	299
17.5	撬开作用的分析	301
17.6	设计建议	309
17.6.1	静荷载	309
17.6.2	重复加载	313
18.	梁—柱连接	316
18.1	引言	316
18.2	梁—柱连接的分类	317
18.3	梁—柱连接的性能	320
18.3.1	柔性的梁—柱连接	320
18.3.2	半刚性连接	323
18.3.3	刚性连接	325
18.4	栓接梁—柱连接的加劲肋要求	330
18.5	设计建议	334
	附录: 若干译名对照表	339

第 一 章

绪 言

1.1 目的和范围

本书的目的是提供能作为指南来改进螺栓和铆钉接头的现行设计方法和规范的基本资料和准则。为了达到这个目的，回顾了美国，加拿大，澳大利亚，德国，荷兰，英国，挪威和日本所做的大量研究工作。

在作为设计基础的准则中，是对接头部件荷载变形特性的计算。重点放在用美国材料试验协会 ASTM-A325或 A490 高强度螺栓的结构连接的性能上。考虑的连接材料的范围是从规定屈服应力在33和36千磅/英寸²之间的结构碳素钢到屈服应力幅度从90到100千磅/英寸²的经淬火和回火的合金钢。

不同式样的紧固件，连接，加载情况和设计方法在第一、二章里作简要讨论。第三、四章论述在不同加载情况下单个紧固件的性能。第五章叙述对称的对接拼接的性能、分析和设计。特殊型式的接头，诸如桁式连接、错接接头、大梁拼接和梁一柱连接，在后面各章中讨论。

1.2 历史的记载

在钢、铁的最初年代里，铆钉是主要的紧固件，但是，软钢螺栓偶而也在结构中使用。1.6, 1.8长期以来就知道热铆铆钉一般会产生夹紧力。可是，其轴向力是不能控制的，并且基本上是变化的。因此，它不能用于设计计算。

巴索 (Batho) 和贝特曼 (Bateman) 是最初建议用高强度螺栓组装钢结构的。^{1.1}1934年, 他们向英国科学和工业研究钢结构委员会 (the Steel Structures Committee of Scientific and Industrial Research of Great Britain) 报告, 在结构连接上, 螺栓可以拧紧到足以防止滑动。结论说, 最低屈服强度为54千磅/英寸²的螺栓可以拧紧到足够抵抗连接部件的滑动而且有足够的安全限度。

根据在伊里诺大学 (University of Illinois) 完成的试验, 威尔逊 (Wilson) ^{1.2}在1938年报告说:

如果螺母拧到在螺栓中产生高拉力, 则明显地小于板中孔眼的高强度螺栓的疲劳强度和铆合良好的铆钉一样大。

直到1947年铆接和栓接结构连接研究委员会 (Research Council on Riveted and Bolted Structural Joints, 以下均简称 RCRBSJ) 成立, 对高强度螺栓的工作做得并不多。该委员会的目的是:

对看来需要确定的用于结构框架的各种类型的接头的适应性尽量进行研究。

该委员会发起对高强度螺栓和铆钉以及用于结构连接的研究。在最初阶段, 螺栓在桥梁维修中极为有用这一事实, 有助于支持这一研究工作。自从 RCRBSJ 成立以来, 高强度钢螺栓作为永久性紧固件使用才成为普遍。在此以前, 热处理过的碳钢螺栓仅用于装配目的和在架设时承受荷载。螺栓被拧紧以使接头的板层贴在一起。那时并没有想尝试获得夹紧力的精确数量。

美国材料试验协会 (ASTM) 和 RCRBSJ 协作编纂了高强度螺栓材料暂行规范, 规范在1949年第一次被批准^{1.3}。利用研究的成果, RCRBSJ 在1951年1月编辑和发布了它的采用高强度螺栓的结构连接的第一个规范。^{1.4} 该规范容许在

一比一的基础上用螺栓代替铆钉。

早在二十世纪五十年代，对安装方法、经不同表面处理的接头的抗滑阻力和在重复荷载下的接头性能就进行了研究。^{1.6}在美国以外，高强度螺栓也引起了很大注意。从实验室和桥梁建筑得来的充分经验使德国钢结构委员会 (German Committee for Structural Steel Work, 简称 GCSS) 发行了一本初步的实施规程 (1956年) ^{1.7}。在英国，一般实践经验是和美国的实践和规定一样的。英国标准协会 (British Standard Institution) 在 1959 年发行了关于螺栓材料的英国标准 (BS) 3139。在 1960 年，发行了 BS 3294 以确定设计方法和施工要求。

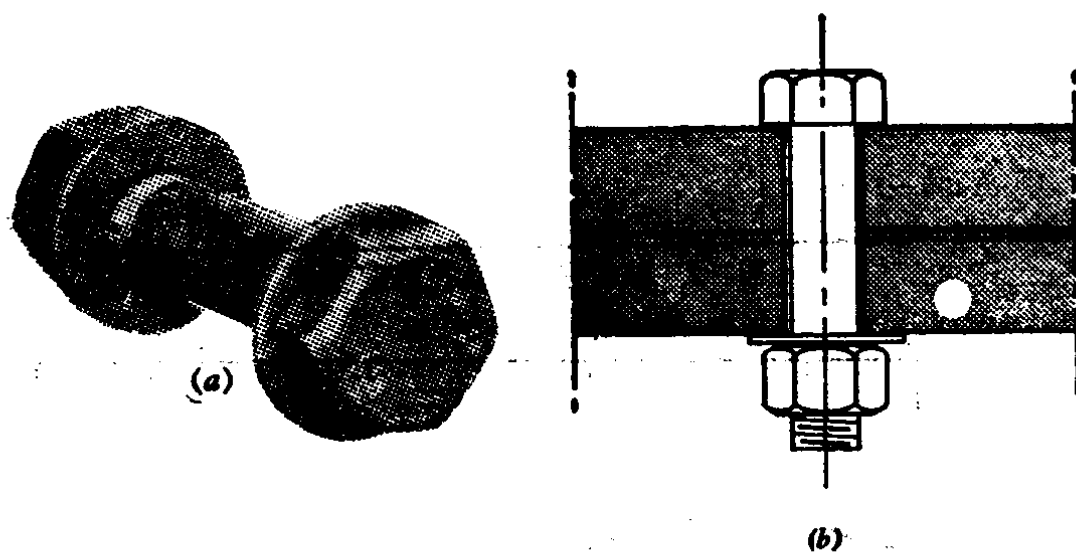


图1-1 大六角螺栓
(a)高强度螺栓；(b)已安装的螺栓

研究的进展导致 RCRBSJ 规范有若干版本。容许应力得到提高，拧紧方法得到改进，并且编进了如采用 A490 合金钢螺栓，镀锌接头和螺栓以及长圆孔等新的进展。^{1.4}

1.3 结构紧固件的类型和机械性能

用于结构连接的机械紧固件可分为铆钉或螺栓。两者具有同样目的，但是外表完全不同。两种类型的紧固件标准见参考资料1.5。

结构螺栓最常用的类型是：(1) ASTM A307A 级低碳钢螺栓，(2) ASTM A325高强度钢螺栓，(3) ASTM A490合金钢螺栓。1.3, 1.9, 1.10

ASTM 名称	螺栓直径 (英寸)	抗拉强度 ^a (千磅/英寸 ²)
A307—68	全部	最低 60
A325—70a	$\frac{1}{2} \sim 1$ $1\frac{1}{8} \sim 1\frac{1}{2}$	最低 120 最低 105
A490—70a	$\frac{1}{2} \sim 1\frac{1}{2}$	最低150~最高170

图1-2 结构螺栓的抗拉强度要求

a 按应力面积计算

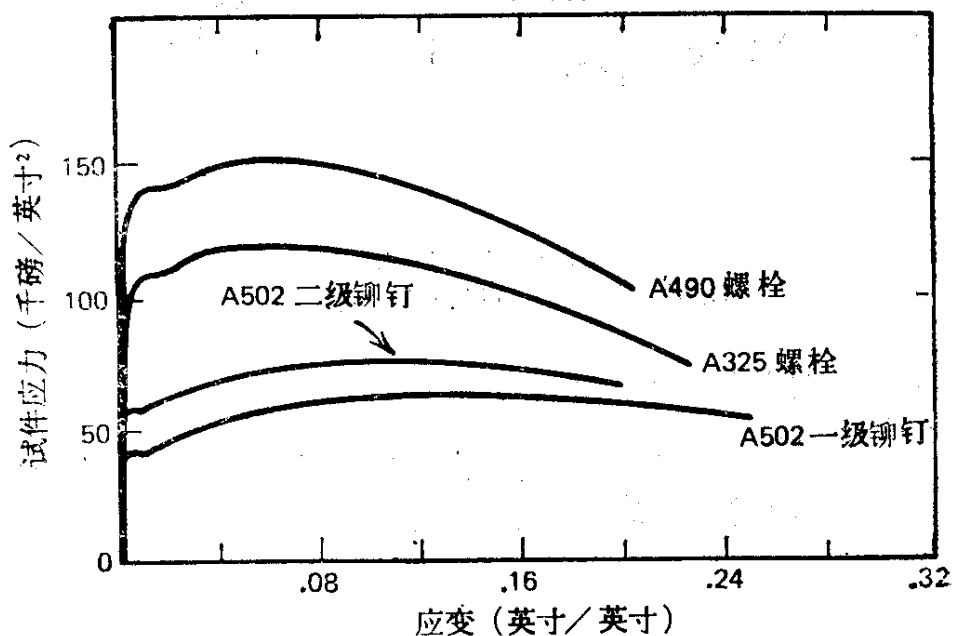


图1-3 不同紧固件材料的试件的应力—应变关系

最初 ASTM A307 低碳钢紧固件用于轻型结构，承受静荷载。高强度 A325 和 A490 螺栓是大六角结构螺栓，和大六角螺母配合使用（见图1-1）。

A307 螺栓是按 ASTM A307 规定的机械性能的低碳钢制造的。A325螺栓是用经热处理，淬火和回火的中碳钢制造的。两种不同的强度等级是按螺栓尺寸来规定的（见图1-2）。^{1.3} 经淬火和回火的合金钢螺栓，称为A490螺栓，比 A325 高强度螺栓有更高的机械性能。它是特别为用于高强度钢杆件而发展的。A490规范要求按 A325 规范的大螺头和短螺纹长度并且和 A354BD 级螺栓大致一样的物理和化学性能。^{1.11} 为了发展 A490螺栓，用按 A490 规范要求制造的 A354BD 级紧固件做了许多标定试验。用于结构连接的不同类型螺栓的机械性能汇总在图1-2和1-3。与铆钉不同，螺栓的强度规定按照带螺纹的紧固件的抗拉试验。螺栓的荷载—伸长特性比母材的应力—应变曲线更为重要，因为它的性能是由螺纹控制的。还有，应力沿螺栓的变化则是力从螺母逐步传递和断面从有螺纹到没有螺纹部分的改变的结果。任何螺

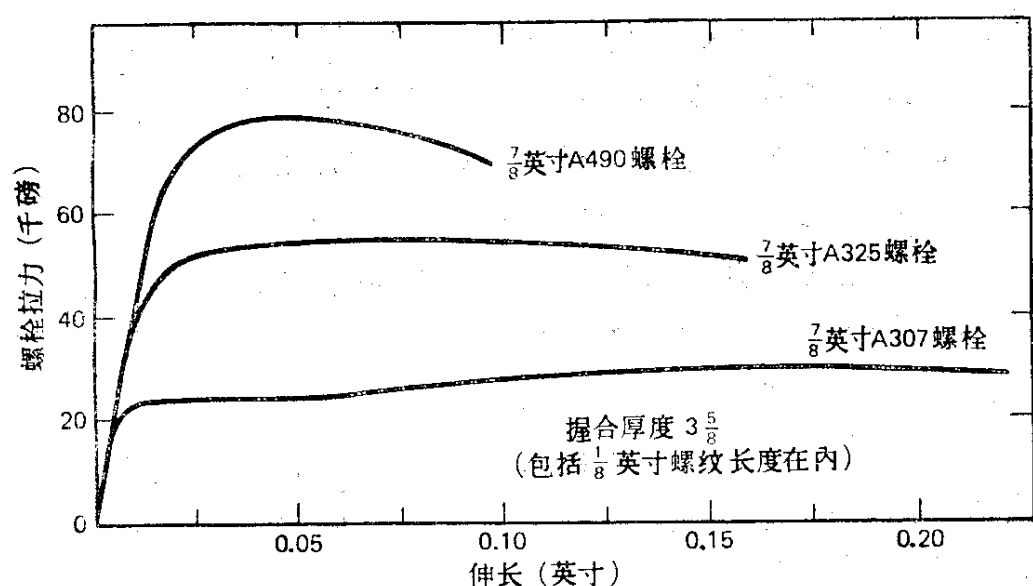


图1-4 螺栓类型的比较（直接受拉）