

# 紧固件连接设计手册

---

《紧固件连接设计手册》编写委员会

国防工业出版社



# 紧固件连接设计手册

《紧固件连接设计手册》编写委员会 编

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本手册包括设计、标准和展望三篇。设计篇着重介绍各种紧固件的特点、应用、计算和设计方法；标准篇根据设计需要给出有关常用的国家标准、国家军用标准和部标准；展望篇阐述当前国内外紧固件及其连接的发展趋势以及新型紧固件的结构特点和应用前景。

本手册内容简明、实用，可供从事机械设计、工艺、科研和标准化的工作人员以及大专院校师生使用。

### 紧 固 件 连 接 设 计 手 册

《紧固件连接设计手册》编写委员会 编

责任编辑 周润芬

\*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092 1/16 印张31 $\frac{1}{2}$  插页2 725千字

1996年12月第一版 1996年12月第一次印刷 印数：00,001—10,000册

ISBN 7-118-00741-2/TH·51 定价：25.00元

科技新书目228-053

## 序 言

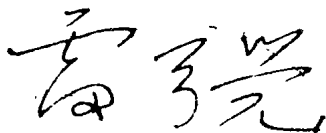
新中国成立以来，特别是改革、开放以来，我国紧固件的技术和生产水平有了很大的提高，从产品种类、质量、生产规模、标准化程度、新品种开发等方面来看，正在进入世界前列。然而，随着各种机械和航空航天技术的加速发展，对紧固件的需求不论是质量上还是数量上都愈来愈高；新材料和新结构的开发，都要求在非常苛刻的工作条件下保证可靠性和工作寿命，因而对紧固件提出了更高的要求。

由于技术经济因素，紧固件的生产和开发早已形成了一个独立的行业，有它独立的市场。这市场的竞争是非常激烈的。特别是目前最发达国家为了将精力集中到精尖技术，常企图将紧固件一类产品转移到一些既能提供较高技术，而工资又较低的国家。在这方面我国首当其冲。我国紧固件行业正面临着一场挑战。这是机遇和困难并存的形式，迫切要求紧固件技术有更迅速的发展。

为了适应这种需要和促进紧固件连接技术的发展，并为从事这方面的生产和科研人员提供一本实用的参考书，航空航天工业部航空紧固件标准化技术委员会组成编写委员会，编出了这部《紧固件连接设计手册》，作为我国紧固件技术和紧固件生产中的一项基本建设。它兼顾一般机械和航空航天机械两个方面，也是多年来发展我国紧固件技术的总结性综述，对我国新型紧固件，特别是航空航天用新型紧固件的技术经验有较详细的阐述，同时也介绍了当前国内外紧固件及其连接的发展趋势，以及有代表性的新型紧固件的结构特点与应用前景，还包括了国外有关标准的概况和检索。因此，本书对大专院校师生和标准制订与管理人员、从事外贸人员也极有参考价值。

手册的选材针对紧固件及其连接的设计、工艺、科研和标准化的需要，并以设计为主，在编写上充分体现手册的结构特点，做到了理论联系实际、精炼、实用。作为紧固件连接设计手册，尤其是能做到融合设计、制造、安装、使用为一体，在国内出版界尚属创举，在国外也还没有这样规模的专著。

希望这本手册能构成我国紧固件市场上取得胜利的基础之一。



1990年9月9日

## 前 言

本手册由航空航天工业部航空紧固件标准化技术委员会组织的手册编写委员会编写，并于1989年5月经航空航天工业部航空紧固件标准化技术委员会工作会议审查通过。本手册编写的目的是为了适应我国当前紧固件及其连接的设计、紧固件的开发与应用研究以及标准化工作的需要，其编写遵照以下原则：

1. 围绕设计需要选择安排内容，并适当编入与设计有关的制造和使用等方面的内容；
2. 兼顾一般机械和航空航天机械两方面的需要；
3. 取材既注意总结设计、研究、制造、使用以及编制标准的实践经验，又注重反映新的技术成就和新产品研究与开发成果；
4. 体现手册结构特点，内容做到简明、实用。

本手册分为设计、标准和展望三篇。设计篇在简述紧固件及其连接的发展概况和标准体系后，着重介绍了各种紧固件(其中包括我国近几年研究与开发的高性能紧固件)的特点、应用、计算、设计方法和设计注意事项等，并设专章分别介绍其计算与设计实例。标准篇给出常用的国家标准、国家军用标准和部标准，按基础标准与各种紧固件标准分章，并根据设计需要进行整理编写，力求避免写成标准汇编或简编。展望篇介绍当前国内外紧固件及其连接的发展趋势以及有代表性的新型紧固件的结构特点与应用前景，并阐述了国外有关标准的概况和检索。

中国科学院学部委员雷天觉教授为手册作序，西北工业大学濮良贵教授、北京航空航天大学李恩至副教授、机械电子工业部机械标准化研究所李安民高级工程师对本手册内容进行了审阅，并提出了许多宝贵的意见，张叙荣同志为计算实例提供了宝贵资料，对此，谨表示感谢。

手册编写委员会由郭可谦、杨育中、余公藩、吴崧、翟为稼、李生安、杨馨姒组成，郭可谦、杨育中和余公藩担任主编。

由于编写者的水平与经验所限，手册中可能有不妥之处欢迎读者批评指正。

《紧固件连接设计手册》编写委员会

1989年7月

## 主要符号表

$A$	面积	$Q_p$	预紧力
$a$	边距	$R$	横向力、可靠度
$B$	宽度	$r$	半径、距离
$b$	宽度、极限强度代号	$S$	安全系数、屈服强度代号、强度
$C$	刚度	$s$	应力、剪切代号
$D$	直径	$T$	旋转力矩、拧紧力矩
$d$	直径	$t$	间距
$E$	弹性模量	$u$	变形能
$F$	工作拉力	$V$	体积、变异系数
$F_s$	工作剪力	$w$	单位宽度上的压力、弯曲代号
$f$	摩擦系数、面积	$z$	圈数、个数、联结系数
$H$	高度	$\alpha$	螺纹牙形角
$h$	高度	$\beta$	螺纹升角
$I$	干涉量	$\epsilon$	尺寸系数
$K$	各种系数	$\lambda$	变形、柔度
$k$	各种系数	$\mu$	泊松比
$L$	长度	$\rho$	摩擦角
$l$	长度	$\sigma$	拉应力、标准离差
$M$	翻转力矩、米制螺纹	$\sigma_a$	应力幅
$m$	接合面数、受剪面数	$\sigma_b$	抗拉强度、强度极限
$N$	力、疲劳寿命	$\sigma_s$	屈服强度
$n$	安全系数、数目	$\sigma_{-1}$	持久极限
$P$	轴向力、螺距、概率	$\tau$	剪应力
$p$	压强、挤压代号	$\tau_b$	抗剪强度、剪切强度极限
$Q$	力、螺栓总拉力		

## 目 录

## 第一篇 设 计

<b>第一章 紧固件连接概述</b> .....	1
第一节 紧固件发展简述 .....	1
第二节 紧固件连接的一般特性 .....	2
一、紧固件连接的结构形式 .....	2
二、紧固件连接的受力和传力方式 .....	3
三、紧固件连接的失效形式 .....	4
四、紧固件连接的设计要求 .....	1
第三节 航空航天紧固件连接的特点 .....	5
<b>第二章 铆钉连接</b> .....	7
第一节 铆钉连接的分类和应用 .....	7
一、铆钉连接的性质 .....	7
二、铆钉连接的应用 .....	7
三、铆钉的材料及种类 .....	8
第二节 铆钉连接的受力分析与计算 .....	12
一、铆钉连接的受力分析与计算 .....	12
二、铆钉的边距、间距和排距 .....	17
三、提高铆缝疲劳寿命的铆钉排列 .....	18
第三节 几种特殊的铆钉连接 .....	19
一、抽芯铆钉连接 .....	19
二、环槽铆钉连接 .....	21
三、干涉配合铆钉连接 .....	21
四、钛合金铆钉连接 .....	33
五、密封铆接 .....	34
六、胶铆连接 .....	35
第四节 铆钉连接设计注意事项 .....	36
一、为保证铆接质量设计时应注意的事项 .....	36
二、为提高铆钉连接的生产性应注意的事项 .....	37
<b>第三章 螺栓连接</b> .....	38
第一节 螺栓连接及其分类 .....	38
一、按受力形式分类 .....	38
二、按安装状态分类 .....	38
三、按产品质量和结构形状分类 .....	39
第二节 螺栓连接的预紧 .....	42
第三节 螺栓连接的防松 .....	45

第四节 相旋合各圈螺纹牙受轴向力不均问题	53
第五节 螺栓和螺母各部分的受力与强度计算	57
一、螺栓各部分的受力与强度计算	57
二、螺母各部分的受力与强度计算	59
第六节 受拉螺栓连接的受力和强度计算	59
一、松连接螺栓的强度计算	59
二、紧连接螺栓的受力和强度计算	61
第七节 受剪螺栓连接的受力和强度计算	67
一、螺栓杆的抗剪强度条件	67
二、螺栓杆与孔壁间的挤压强度或耐磨性条件	68
第八节 受拉、受剪螺栓连接的受力和强度计算	68
一、螺栓螺纹部分的抗拉强度条件	69
二、螺栓杆受剪面的抗剪强度条件	69
三、螺栓杆和被连接件孔壁的挤压强度条件	69
第九节 螺栓组连接的受力分析	69
一、受轴向力 $P$ 的螺栓组连接	70
二、受横向力 $R$ 的螺栓组连接	70
三、受旋转力矩 $T$ 的螺栓组连接	71
四、受翻转力矩 $M$ 的螺栓组连接	72
第十节 干涉配合螺栓连接	72
第十一节 螺栓连接的可靠性设计	73
第十二节 特殊结构的螺纹紧固件	74
一、高锁螺栓和高锁螺母	74
二、扭剪型高强度螺栓(摩擦)连接	78
三、钢丝螺套	81
四、钛合金螺栓	84
第十三节 提高螺栓连接强度的措施	86
一、受拉螺栓连接	86
二、受剪螺栓连接	89
第十四节 螺栓连接设计的注意事项	90
<b>第四章 销连接</b>	<b>92</b>
第一节 销的类型、特点和应用	92
一、圆柱销	92
二、圆锥销	93
三、槽销	94
四、销轴和带孔销	95
五、开口销	95
六、安全销	95
七、快卸销	96
第二节 销连接的设计要点和强度计算	96
<b>第五章 紧固件试验</b>	<b>99</b>
第一节 试验要求	99



一、根据生产和研制需要提出的试验项目	99
二、根据紧固件结构特点需要提出的试验项目	100
<b>第二节 一般生产验收试验</b>	100
一、拉伸强度试验	100
二、双剪试验	103
三、板夹紧力试验	103
四、芯杆固紧力试验	105
五、锁紧性能试验	105
六、密封试验	106
<b>第三节 鉴定验收试验</b>	107
一、航空航天紧固件振动试验	107
二、一般机械紧固件横向振动试验方法	108
三、扳手特性试验	111
四、旋具槽扭矩试验	112
五、紧固件杆部膨胀特性测量	112
六、托板自锁螺母推出试验	114
七、托板自锁螺母扭脱试验	114
八、自锁螺母永久变形试验	115
九、应力松弛试验	116
十、应力持久性试验	118
十一、应力腐蚀试验	118
十二、晶间腐蚀试验	119
十三、盐雾试验	120
十四、湿度试验	121
十五、抗拉疲劳试验	121
<b>第四节 一般机械紧固件的主要试验</b>	124
一、抗拉强度试验	124
二、保证载荷试验	124
三、楔负载试验	125
四、头部坚固性试验	125
五、扭矩试验	126
<b>第六章 紧固件连接的计算与设计实例</b>	127
<b>第一节 螺栓连接的计算与设计实例</b>	127
一、起重吊钩螺栓连接	127
二、气缸盖螺栓连接	127
三、联轴器凸缘螺栓连接	128
四、轴承托架底板螺栓连接	129
五、钢结构螺栓连接	132
六、飞机拉杆接头螺栓连接	133
七、飞机水平尾翼轴与摇臂的螺栓连接	134
八、机翼机身固定接头螺栓连接	138
九、承受冲击载荷的受拉螺栓的结构设计	140
十、螺栓连接的可靠性设计	142

第二节 铆钉连接的计算与设计实例 .....	144
一、制动器制动带的铆钉连接 .....	144
二、钢建筑结构的铆钉连接 .....	145
三、飞机机身蒙皮对接铆缝 .....	146
第三节 销连接的计算实例 .....	148

## 第二篇 标 准

第七章 紧固件标准体系 .....	149
第一节 标准化与紧固件连接设计 .....	149
第二节 紧固件标准体系表 .....	149
第八章 基础标准 .....	153
第一节 材料 .....	153
一、一般机械紧固件的常用材料 .....	153
二、航空航天紧固件的材料 .....	169
第二节 螺纹标准 .....	178
一、普通螺纹 .....	178
二、MJ螺纹 .....	191
三、MJ螺纹和普通螺纹的首尾 .....	195
四、一般机械用螺纹首尾 .....	201
第三节 紧固件用公差与配合 .....	203
一、紧固件用公差与配合 .....	203
二、紧固件用形状和位置公差 .....	219
三、航空航天专业用一般公差 .....	230
四、一般机械专业用未注公差 .....	239
第四节 量和单位及其换算 .....	241
一、国际单位制 (SI) .....	241
二、紧固件连接设计常用单位换算式和数字修约 .....	246
三、紧固件连接设计常用计量单位换算表 .....	246
第五节 其它有关标准 .....	249
一、表面粗糙度 .....	249
二、金属镀层及化学处理表示方法 .....	255
三、紧固件的标记方法 .....	258
第九章 螺纹紧固件 .....	260
第一节 螺纹紧固件用基础标准 .....	260
一、螺纹零件的标志 .....	260
二、螺栓、螺钉和螺柱 (桩) 用的通孔尺寸 .....	265
三、螺栓和螺钉的沉头座 .....	266
四、螺栓的螺纹部分在螺母及夹层中的位置 .....	269
五、航空航天紧固件和定位销孔中心距公差 .....	270
六、航空航天六角零件的保险孔 .....	282
七、螺纹连接的防松方法 .....	284
八、扳手口和被扳处尺寸与公差 .....	290

九、一般机械螺栓和螺钉的头下圆角半径 .....	292
十、螺栓和螺钉用十字槽 .....	292
十一、紧固件的内扳拧六角花形——T型 .....	293
十二、紧固件的外扳拧六角花形——E型 .....	295
<b>第二节 螺纹种类和公差带</b> .....	296
一、螺纹的种类 .....	296
二、螺纹的公差带 .....	296
三、螺距 .....	297
<b>第三节 螺栓</b> .....	297
一、螺栓的主要类型和参数 .....	297
二、螺栓头部的形状、特点和应用 .....	317
三、螺栓端头的形状、特点和应用 .....	318
四、螺栓光杆与配合孔的精度和表面粗糙度 .....	319
五、螺栓常用表面处理的特点和适用范围 .....	319
六、螺栓的标记示例 .....	320
七、强度数据 .....	321
<b>第四节 螺母</b> .....	324
一、螺母的主要类型和参数 .....	324
二、螺母的主要结构型式及其特点和应用 .....	342
三、螺母的材料 .....	344
四、螺母的标记示例 .....	345
<b>第五节 常用螺栓、螺母、垫圈配套表和连接示例</b> .....	346
一、垫圈的作用和选择 .....	346
二、航空航天螺栓、螺母和垫圈的常用配套 .....	346
三、垫圈的标记示例 .....	350
四、螺栓连接示例 .....	350
<b>第六节 钢丝螺套</b> .....	351
一、钢丝螺套的主要类型和参数 .....	351
二、钢丝螺套的标记和连接示例 .....	351
<b>第七节 螺钉</b> .....	351
一、螺钉的主要类型和参数 .....	351
二、螺钉的结构特点和应用 .....	351
三、螺钉的标记和连接示例 .....	351
<b>第八节 双头螺柱(螺桩)</b> .....	377
一、双头螺柱的主要类型、特点和应用 .....	377
二、双头螺柱的标记和连接示例 .....	380
<b>第九节 螺栓、螺钉组合件</b> .....	381
一、组合件的主要类型和参数 .....	381
二、组合件的标记 .....	390
<b>第十节 其它国家标准紧固件</b> .....	399
一、其它国家标准紧固件的标准号、简图和规格 .....	399
二、吊环螺钉的承载能力 .....	397
<b>第十章 铆钉</b> .....	398

第一节 铆钉的选择 .....	398
一、铆钉的主要类型及其参数和用途 .....	398
二、铆钉的材料标志 .....	398
三、铆钉的破坏剪力 .....	398
四、铆钉的标记和连接示例 .....	398
第二节 环槽铆钉 .....	422
一、环槽铆钉的主要类型和参数及用途 .....	422
二、环槽铆钉的强度数据 .....	423
三、环槽铆钉的标记和连接示例 .....	429
第三节 拉丝型抽芯铆钉 .....	429
一、拉丝型抽芯铆钉的主要类型和参数及应用 .....	429
二、拉丝型抽芯铆钉的强度数据 .....	434
三、抽芯铆钉的标记和连接示例 .....	435
第四节 无头铆钉 .....	436
一、无头铆钉的结构特点和参数及用途 .....	436
二、无头铆钉的标记和连接示例 .....	436
<b>第十一章 销 .....</b>	<b>438</b>
第一节 销的主要类型和参数 .....	438
一、销的主要类型和参数 .....	438
二、销的特点和应用 .....	438
三、销的破坏剪力 .....	440
第二节 销的标记和连接示例 .....	456
一、销的标记示例 .....	456
二、销连接示例 .....	456
<b>第十二章 挡圈 .....</b>	<b>457</b>
第一节 挡圈的主要类型和参数 .....	457
第二节 挡圈的标记示例 .....	457
<b>第三篇 展 望</b>	
<b>第十三章 对紧固件的需求趋势与紧固件技术的发展 .....</b>	<b>472</b>
第一节 对紧固件的需求趋势 .....	472
第二节 紧固件技术的发展 .....	473
第三节 几种紧固件的发展现状 .....	474
一、碳纤维复合材料用的紧固件 .....	474
二、用塑料制造的紧固件 .....	476
三、嵌入式紧固件 .....	478
四、塑料制品用自攻螺钉和推入式螺钉 .....	479
五、抽芯铆钉 .....	480
<b>第十四章 紧固件标准化的发展趋势和标准化简介 .....</b>	<b>482</b>
第一节 紧固件标准化的发展趋势 .....	482
第二节 紧固件标准化技术委员会简介 .....	483

一、全国紧固件专业标准化技术委员会 .....	483
二、航空紧固件标准化技术委员会 .....	483
三、航天紧固件标准化技术委员会 .....	484
四、国际标准化组织第2技术委员会 .....	484
五、国际标准化组织第20技术委员会第4分委员会 .....	485
<b>第三节 部分国外紧固件标准检索方法 .....</b>	<b>485</b>
一、国际标准化组织 (ISO) 标准 .....	485
二、美国国家标准 (ANSI) .....	486
三、美国军用标准 .....	486
四、英国国家标准 (BS) .....	487
五、法国国家标准 (NF) .....	487
六、联邦德国国家标准 (DIN) .....	487
七、日本工业标准 (JIS) .....	488
八、苏联国家标准 (ГОСТ) .....	488
参考文献 .....	488



# 第一篇 设计

## 第一章 紧固件连接概述

### 第一节 紧固件发展简述

人类自开始制造工具的时候起,就面临着连接的问题。最初,用植物的藤和茎把石斧、石刀和木柄连接起来。随着生产实践的发展,人类的智力不断提高,各种解决连接问题的方法相继出现,其中之一就是使用紧固件连接。紧固件是用于把两个或两个以上的零件(构件)连接成一个整体的机械零件。在我国,春秋战国时期的兵器和车辆上已经使用了铆接件。在西方,由于阿基米德螺线的发现,公元前2世纪左右就出现了最原始的“螺丝”,那是由手工业工人制成的。可以说,紧固件的使用已有两千多年的历史了。但是,在很长一段时间里,社会生产力发展缓慢,紧固件的应用和发展也很缓慢。

16世纪开始的第一次工业革命,是生产力的一次大解放,随之机械工业的发展引起对紧固件的需求激增,因而促进了螺纹切削机的发明。由法国人设计制造成功的这种机器,使得螺纹紧固件的生产效率大大提高而成本降低。接着,英国研制成功热锻造机,用来锻造紧固件头部,改进了紧固件质量,提高了生产率。随后,木螺钉加工和光制螺栓切削过程全部实现了自动化。在生产力迅猛发展的20世纪,冷挤压、螺纹无切屑加工、冷镦等工艺的发明和改进,从根本上改变了紧固件的生产状况,产生了明显的经济效益。这也为紧固件得到更广泛的应用打下物质基础。

社会需求是人类发明创造的一个动力。机械制造、交通运输、冶金、采矿、能源、建筑等行业的发展,提出了许许多多需要解决的连接问题。于是,新的连接构思产生出来,新的紧固件被设计、制造和投入使用。紧固件和连接技术的研究已经成为专门的学问,紧固件的生产已经形成专门的行业,成为机械工业的一个重要的基础部分,紧固件技术也已成为机械科学技术的一个重要组成部分。特别需要提出的是航空航天工业对紧固件发展的影响。由于航空航天器是在空中或太空中使用的机器,因此,要求紧固件连接可靠和有足够的寿命,能够经得起苛刻的环境条件和载荷的变化,同时要求紧固件尽可能地轻。此外,还有其它一些特殊要求,例如高强度、密封、单面安装等等。近三、四十年很多新型紧固件都首先在航空航天工业得到应用和发展,然后才扩展到其它行业。

紧固件发展到今天,已形成了螺栓、螺柱(桩)、螺钉、螺母、垫圈、铆钉、销、挡圈和嵌入件等几大类结构不同、功能各异、尺寸规格系列繁多的机械零件“家族”(见表7-1和7-2紧固件的体系),而新结构、新材料紧固件仍在不断涌现,新的紧固件制造工艺也在不断的发展中。

## 第二节 紧固件连接的一般特性

由于结构、设计、制造、装配、运输、使用和维修等原因，一般机械和航空航天器等有相当多的零件、构件需要彼此连接，因此，机械连接成为各种机器中的不可缺少的联系环节和组成部分，对机械连接的研究、设计、制造、使用和标准化，已成为各种机械工业中的一项专门的科学技术，而紧固件连接则是机械连接中体系最大、品种最多和应用最广的连接形式。

机械连接分为静（不动）连接和动（可动）连接两大类。在静连接，被连接件相互固定，不容许出现相对运动；在动连接，被连接件能以一定的形式作相对运动。表 7-2 中所列的紧固件大多属于静连接，作为铰链或销轴的螺栓或销连接属于动连接（见图 6-4 和图 4-4(f)）。

机械连接还分为可拆和不拆（不可拆）两大类。可拆连接拆散后可以重装而继续使用（一般能拆装若干次），不拆连接拆开时连接件或被连接件要遭到破坏，除非经过修整或另换零件，否则不能继续使用。螺纹紧固件连接和销连接绝大多数是可拆连接，铆钉连接是不可拆连接。

### 一、紧固件连接的结构形式

作为一个实体，连接是由被连接件和连接件双方组成的，有的带有辅助件或附件，例如，参看图 3-24，在一个气缸盖螺栓连接实体中，缸盖和缸体是被连接件，螺栓和螺母是连接件，还可能有垫片或密封环（见图 3-48）、垫圈和防松装置等辅助件。

对于某一具体的紧固件连接，选用哪种紧固件？被连接件与连接件组成什么样的形式？这是紧固件连接的结构形式问题。一般说来，连接的结构形式主要由被连接件的结构和连接的受力来决定，然而，所选紧固件有时对被连接件的结构也会有一定的影响。

例如在图 1-1 所示的飞机起落架转轴支架的螺栓连接，载荷是来自三个相互垂直方向的集中力，需要通过连接组把这些集中力分散到飞机结构的纵向和横向承力件上，因此要有许多螺栓和相应的面积较大的支架底板，并能使螺栓穿过某些构件而把底板紧固到承力件上。由于承力件结构特点不同，影响到螺栓连接的传力方式，有的螺栓受拉，有的受剪，有的兼受拉剪，各个螺栓连接处的结构细节也随之而异。螺栓的布置要考虑承力件的结构形式和传力的需要。

被连接件的材料对连接的结构形式有很大的影响，例如被连接件为塑料时，其螺栓孔就可能需要保护衬套。此外，连接处的空间是否开敞也影响到被连接件和连接件的结构形式。

被连接件上有连接部分，供安装连接件而构成连接，图 1-1 中支架的底板、转轴轴承的凸台，就是连接部分。所谓连接的实体，实际上就是连接部分与连接件的组合。连接部分多为板状、块状、管状，也有其它形状，需要有相应的连接件结构与之配合。至于连接部分的范围，有时较难划分，在很多场合可以按所受力的影响的递减程度定出，例如从一个集中力分散到较大区域的过渡处（见图 3-19）。

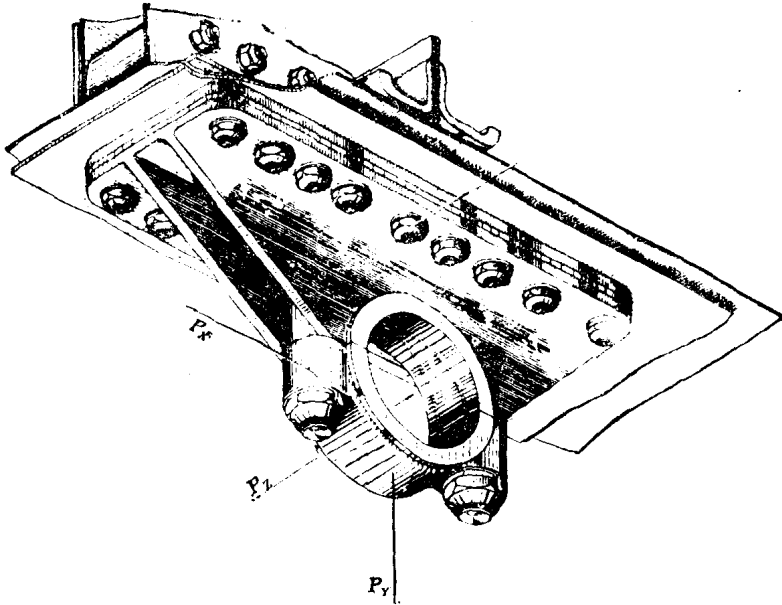


图1-1 飞机起落架转轴支架螺栓连接

## 二、紧固件连接的受力和传力方式

从两个被连接件之间有可能产生相对运动来看，所谓连接，就是对这种相对运动的约束。例如，两个被连接件连在一起，由于有本身的结构特点和没有连接件，可能有沿三个互相垂直方向的相对移动和绕三个互相垂直轴线的相对转动。而用连接件连接之后，或者所有的相对运动都被约束住了——静连接，或者只允许沿某一方向的相对移动或绕某一轴线的相对转动——动连接。伴随着对这几种可能的相对运动的约束，就有受力方式的问题。归纳起来有4种方式：

一种是作用在一垂直于连接接合面的平面内而使两被连接件有分离趋势的轴向力，例如图1-1中使支架底板有与飞机结构承力件分离趋势的 $P_y$ 力；

一种是沿连接接合面作用而使两被连接件有相对移动趋势的横向力，例如图1-1中使支架底板有在飞机结构承力件上相对滑动趋势的 $P_x$ 和 $P_z$ 力；

一种是作用在连接接合面内而使两被连接件有相对转动趋势的力偶——旋转力矩，例如图1-1中使支架底板与飞机结构承力件有相对转动趋势的 $P_z$ 力的旋转力矩作用， $P_z$ 力位于底板螺栓组形心的一侧，能起到旋转力矩的作用；

一种是作用在一垂直于连接接合面的平面内而使两被连接件有相对翻转趋势的力偶——翻转(倾覆)力矩，例如图1-1中使支架底板相对于飞机结构承力件，有翻转趋势的 $P_x$ 和 $P_z$ 力的翻转力矩作用， $P_x$ 和 $P_z$ 位于连接接合面的上边，能起到翻转力矩的作用。

当然，有的连接可能同时受到这几种力或力矩的组合，这时，可分别分析各力或力矩对连接中各件的影响，再综合加起来，以求出总的影响。

紧固件连接通过不同受力方式接受载荷。载荷在连接中怎样传递？这就是传力方式问题。归纳起来有两种方式：

一种是通过被连接件和连接件的连接部分的接触直接传力，此时这些部分或受拉伸，或受压缩，或受弯曲，或受剪切，或受挤压，或者兼受几种。例如图1-1中，轴承螺栓

栓杆受到拉伸、剪切和挤压，其螺纹牙受到压缩、弯曲、剪切和挤压，其头部受到弯曲、剪切和挤压，轴承盖的凸台则受到压缩。如果连接中有几个连接件或传力的结构元素（如螺纹牙），则常有各件或各元素受力不均问题。

一种是通过连接中被连接件接触面间的摩擦来传力，而连接件则起夹压被连接件的作用，以保证接触面间有足够的正压力。如果连接中有几个连接件，则有各连接件处摩擦力不均的问题存在。

当然，也有连接同时通过两种方式传力。此时，常以一种方式为主。

传力方式的选择，主要根据被连接件的结构形式、连接受力的大小与性质、连接部分的制造和装配工艺条件等。一般说来，采用摩擦传力方式时，要多考虑可靠性问题。

### 三、紧固件连接的失效形式

紧固件连接的失效形式与其传力方式有关。

在通过连接部分接触直接传力的连接中，由于强度不够而引起的破坏是失效的主要形式，并发生在连接件或被连接件的连接部分。一般情况下，连接件是根据已知的被连接件的结构、尺寸、材料和受力设计的，所以发生在连接件的失效要多一些。前面所提，传力时连接部分受到的拉伸、压缩、弯曲、剪切、挤压等等，都有可能导导致破坏。对于不同的连接，主要的可能的破坏形式不一定相同，它是由许多因素决定的。例如主要由材料特性决定的连接部分对各种破坏的抵抗力和主要由结构形式、尺寸及受力决定的这部分的应力水平，要具体分析、计算，以找出其中的薄弱环节和主要的破坏形式。

在静连接中，由于强度不够所产生的破坏，可能是静力性质，但多数属疲劳性质。

在变载荷连续作用下产生的连接件和被连接件接触表面的微动磨损，也是这种传力方式下的一种失效形式。

在动连接中，主要失效常常是过度磨损。当然，如果抵抗磨损能力足够，则也可能发生前面提到的各种强度破坏。

在通过摩擦传力的连接中，主要失效形式是由于摩擦力不够而引起的被连接件的相对滑动，因而丧失工作能力。一旦发生滑动，被连接件和连接件的连接部分就通过接触直接传力，其失效的可能形式与上述相同。

不论是哪种传力方式，下面两种失效形式都有可能发生。

静连接的一个特征是连接件把被连接件紧固在一起，所以连接的松动和松脱是一种失效形式。一旦发生松动，连接就不能保证正常工作，最后也可能导致破坏。在动连接中虽然被连接件没有被紧固而可以相对运动，但连接件仍有可能松脱以致引起连接的失效。

在有密封要求的连接中，由于被连接件接触面间的压强小于密封容器内的压强而发生流体泄漏，这也是连接的一种失效形式。

### 四、紧固件连接的设计要求

根据紧固件连接在各种机械装置和设备中应用的广泛性和作为组成机械与传递载荷环节的重要性，可以提出连接的普遍设计要求如下：

(1) 所选紧固件的类型和结构，及对成组紧固件的布置，应能适应被连接件的结构形式和材料特性。一般说来，紧固件连接的应用已积累许多经验，其结构设计也有典