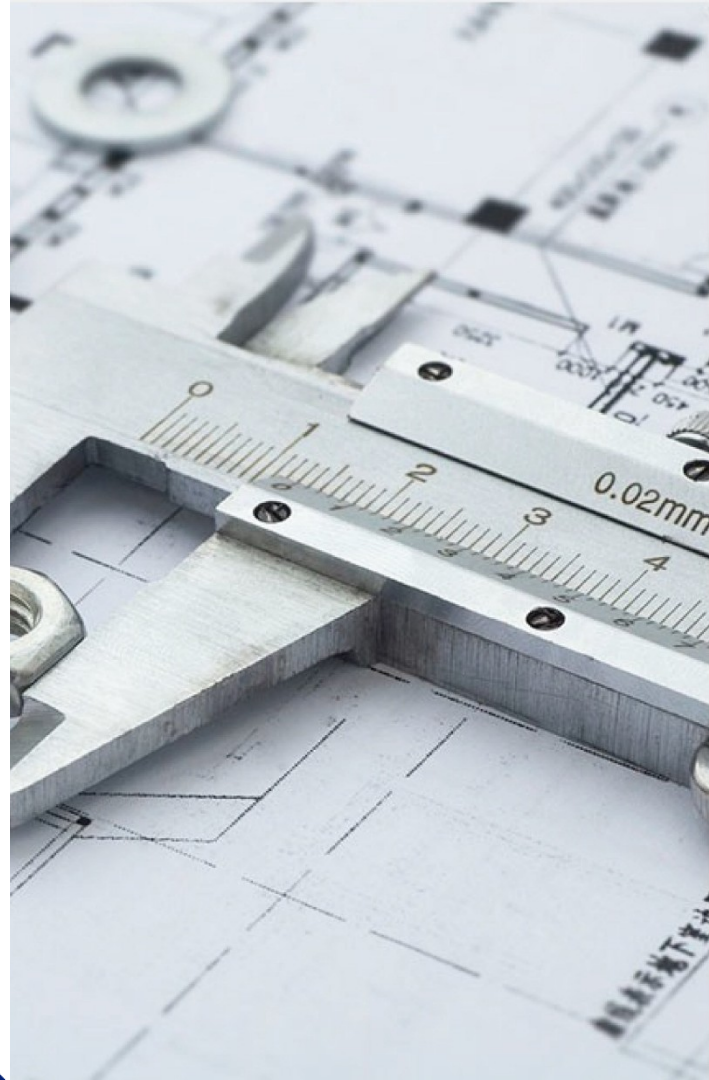




国检检测

CHINA COMPONENTS TEST



浅析中国紧固件的应用技术现状及趋势

国检紧固技术应用中心

•王 慧





◆ 目 录

① 背景

② 现状及原因

③ 展望与小结

背景

➤中国已跃升为全球最大的紧固件制造国

我国紧固件产量居世界第一（40%，2019年为850万吨），生产大国和出口大国。

附加值不高，出口均价低（2020年出口307万吨，均价为2.33美元/千克；进口27万吨，均价是出口均价的近5倍，达到了10.83美元/千克。
来源：中国海关，智研咨询）

➤第一大出口国美国（贸易摩擦）；汇率上升；印度、土耳其等挤压中国出口市场份额；

➤原材料涨价，进一步压缩利润空间；

➤国内低端同质化竞争普遍（高端紧固件能生产，如何推广应用？）



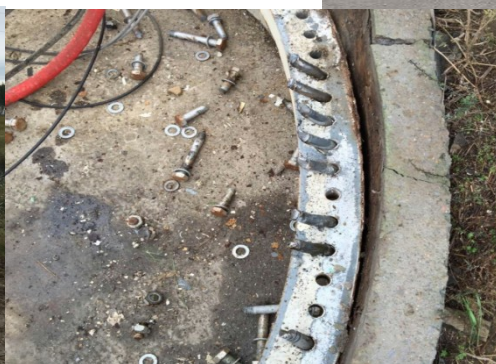
紧固失效可能导致严重的事故



1969年前苏联N1火箭发生大爆炸



2007年华航波音客机发生起火爆炸



武汉电梯坠落事故原因查明

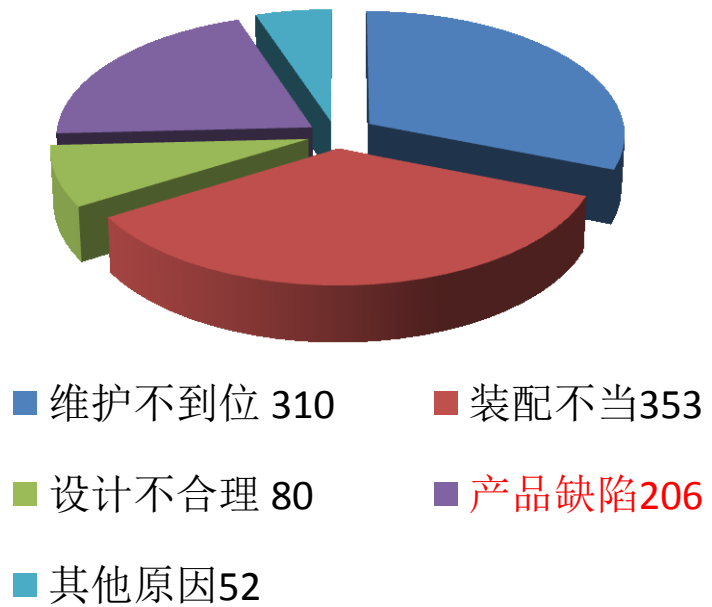
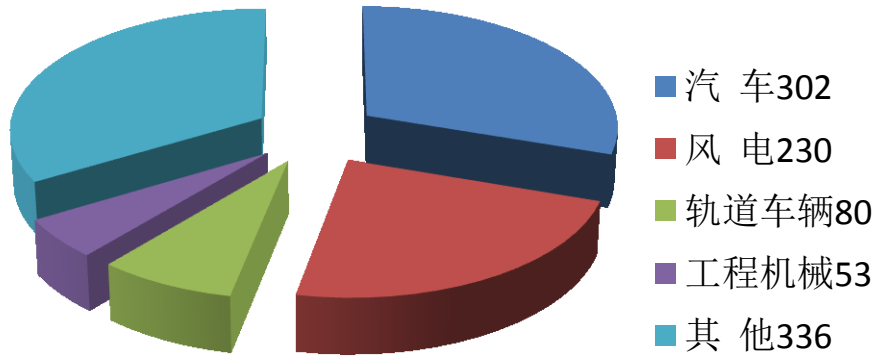
导轨架螺母脱落致电梯坠落造成19人死亡

日前，湖北省政府批复了武汉市东湖生态旅游风景区“9.13”重大建筑施工事故调查报告。认定为生产安全责任事故。

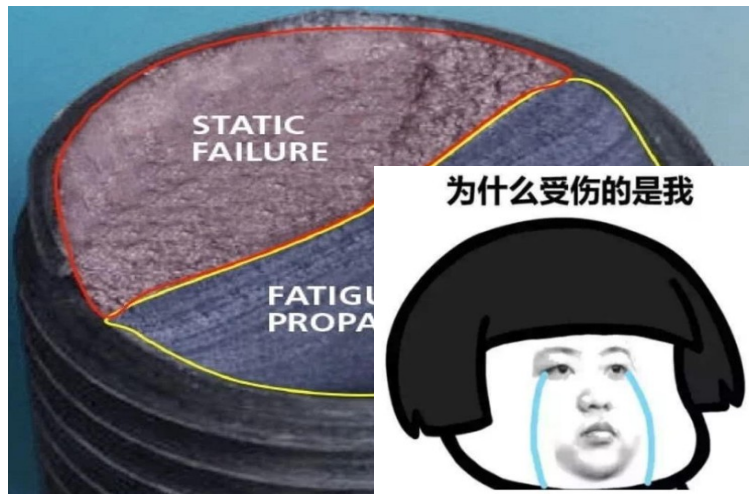
2012年9月13日，武汉市一建筑工地发生一起施工升降机（电梯）坠落事故，造成19人死亡，直接经济损失约1800万元。

经调查，事故发生时，事故施工升降机导轨架第66和67节标准节连接处的4个连接螺栓只有左侧两个螺栓有效连接，而右侧（受力边）两个螺栓的螺母脱落，无法受力，致升降机左侧吊笼超载倾翻。

由产品缺陷引起的紧固失效仅占20%左右



数据来源: 国检检测 15~19年失效分析报告, 样本大小1001



➤ 注意力放在紧固件上，忽视了“**该如何用好紧固件**”。

供应商与用户之间缺乏技术沟通

紧固件是否也需要一份“**使用说明书**”？

➤ “通用机械零部件” **可以随意互换**？
“从上到下”都不够重视

➤ 理性、科学、严谨的态度有待普及



[期刊] 高强度螺栓在运营桥梁上的使用
 出处：铁道标准设计 1965 第12期 P37 1004-2954
 关键词：高强度螺栓；钢结构；摩擦力；使用过程；拱
 摘要：...、加固及修理旧钢结构时大量使用。高强度螺栓用,如大量生产时单价还可降低。一些国家使用高强度螺栓
 获得途径：[超星期刊](#) [文献传递](#)

[期刊] 105系列柴油机连杆螺栓扭紧力矩的选定 (CA)
 作者：詹先泽, 许鼎荣 (南昌柴油机厂)
 出处：农业机械学报 1964 第4期 P303-309 1000-1298
 关键词：扭紧力矩；连杆螺栓；系列柴油机；附加弯曲应力；残余变形
 摘要：为了找出2105型柴油机连杆螺栓在使用中个别场合下发生伸长
 算结果表明:连杆螺栓的强度足够,但规定的扭紧力矩偏高了...
 获得途径：[超星期刊](#) [文献传递](#)



[期刊] 汽车用螺栓的防松措施
 作者：徐志伟
 出处：国外汽车 1979 第3期 P61-66 1005-9008
 关键词：螺栓紧固；轴向力；连接件；接合面；紧固件；螺栓松动
 摘要：螺栓松动的原因螺栓(包括螺钉。下同)松动的原因,由于其使用
 而如将这些螺栓松动的原因加以分类,则如表1所示。
 获得途径：[超星期刊](#) [文献传递](#)

最重视的领域：每辆汽车各类紧固件数量约3000件，价值约占整车的2.5%，装配工作量占比70%

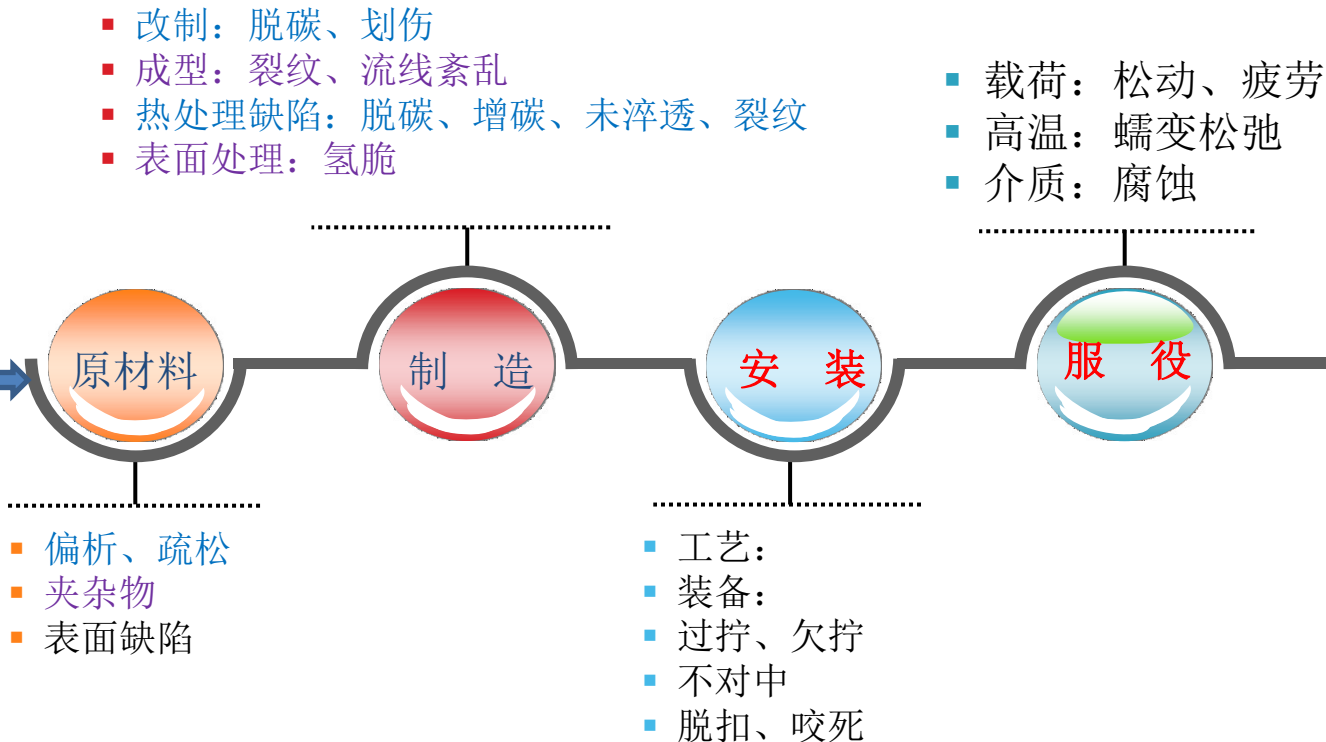
在全部故障总数及各分组中由紧固件引起故障的统计表

统计对象		故障类别				
		致命	严重	般	轻微	合计
按项统计	各类故障数	144	995	2783	1067	4997
	其中紧固件故障数	33	126	734	463	1356
	占比	22.9	12.7	26.4	43	23.1



■ 源头不重视

设计



■ 计算步骤VDI2230 ■ 共142页

输入:

R0 公称直径
极限尺寸 d, G

R1 拧紧系数 α_A

R2 最小夹紧力 F_{Kerf}

变三角形:

R3 区分工作载荷/载荷系数 F_{SA}, F_{PA}, Φ

R4 预加载变化 $F_Z, \Delta F'_{Vth}$

R5 最小装配预加载荷 F_{Mmin}

R6 最大装配预加载荷 F_{Mmax}

应力例子和强度验证:

R7 装配应力 $\sigma_{red,M}, F_{Mzul}$

R8 工作应力 $\sigma_{red,B}, S_F$

R9 交变应力 $\sigma_a, \sigma_{ab}, S_D$

R10 表面压力 p_{max}, S_P

R11 最小联接长度 $m_{eff min}$

R12 滑动, 剪切应力 S_G, τ_{Qmax}

R13 拧紧力矩 M_A

■ 螺纹连接的设计p60~73, 共13页



VDI2230

B	0.08~0.16	光亮的金属 黑色氧化层 磷化处理 电镀，镀敷，如 锌，锌/铁，锌/镍 锌片包复 铝合金及镁合金	固体润滑剂，如 MoS ₂ ，石墨，PTFE，PA，PE，PI 在润滑剂中，作为表面层，或在膏状 物中，蜡熔融物，蜡弥散，润滑脂， 润滑油，供货状态
		热镀锌	MoS ₂ ；石墨 蜡弥散
		有机涂层	含有固体润滑剂 或蜡弥散
		奥氏体钢	固体润滑剂或蜡；膏状物

范围内变动，表 6-1-67 推荐的 K 值可供设计计算时参考。

表 6-1-67

拧紧力矩系数 K

摩擦表 面状态	精加工表面		一般加工表面		表面氧化		表面镀锌		干燥粗加工表面	
	有润滑	无润滑	有润滑	无润滑	有润滑	无润滑	有润滑	无润滑	有润滑	无润滑
K 值	0.10	0.12	0.13~0.15	0.18~0.21	0.20	0.24	0.18	0.22	—	0.26~0.30

一般来讲，K 值主要取决于两个摩擦副的摩擦因数 μ_s 和 μ ，对标准螺栓来说，尺寸大小对 K 值的影响是很小的。为了进一步简化，一般机械中常假设 $\mu_s = \mu = \mu'$ （此条件常近似符合工程实际），这样拧紧力矩的公式可简

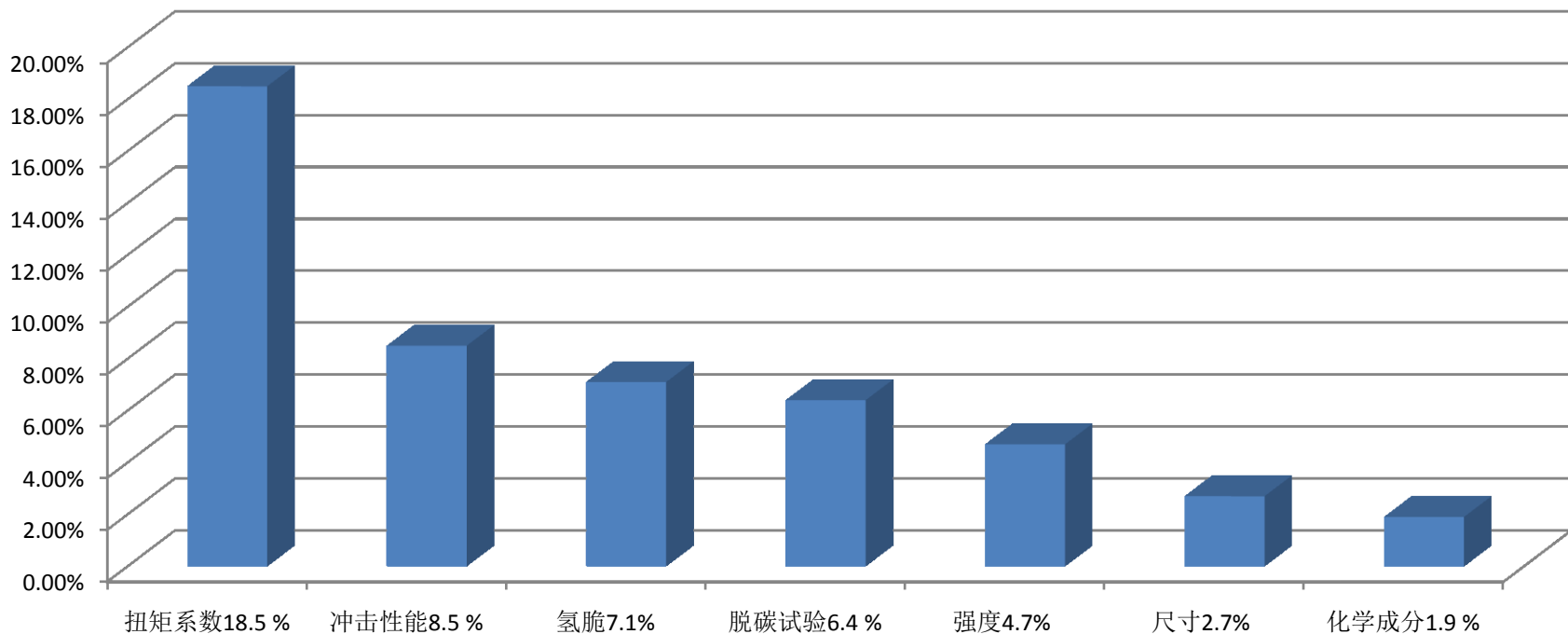
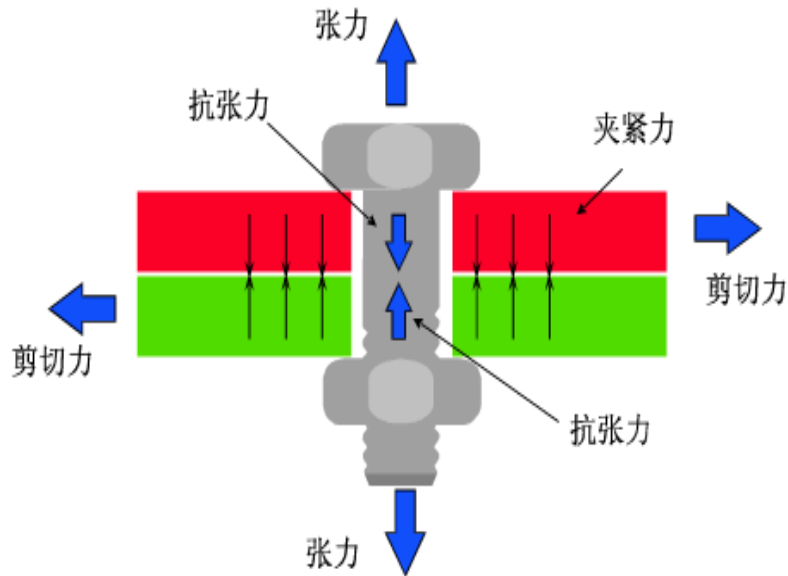


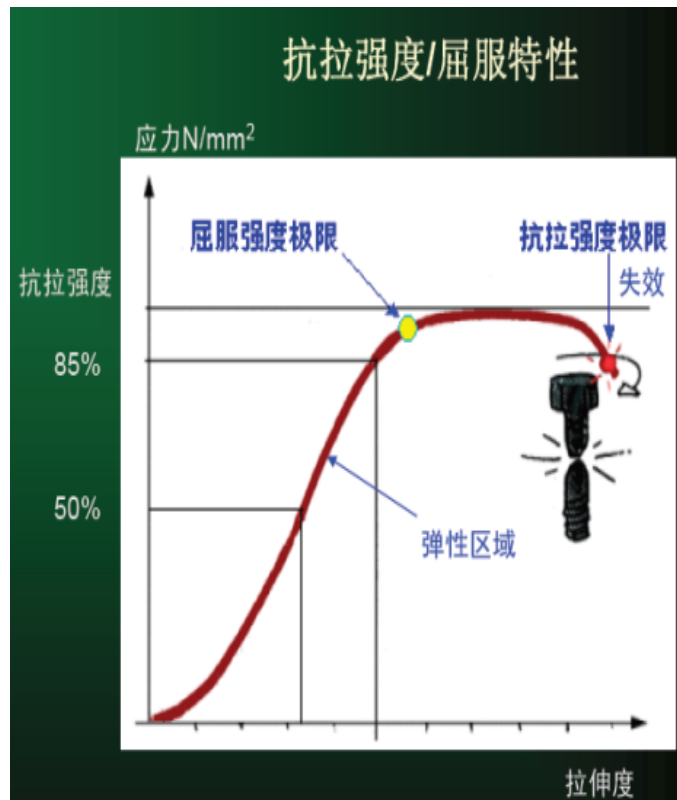
图1、紧固件检测项目不合格率分布

内容来源：国检检测14,15年数据，样本大小约：50000

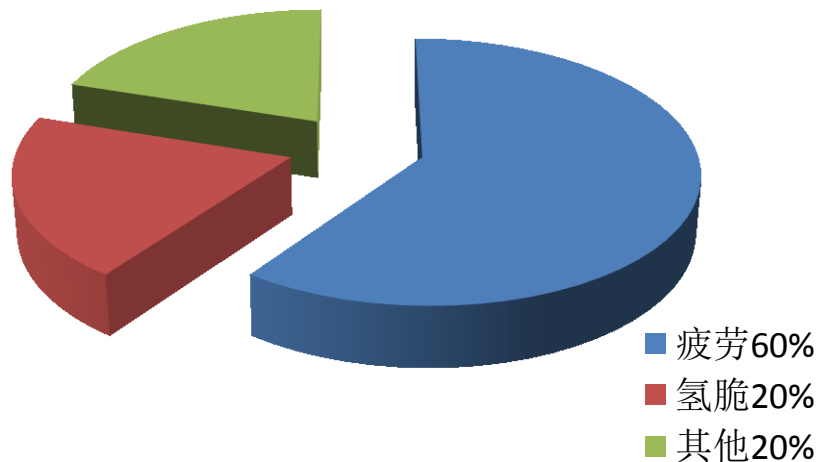
$$F = T / dK$$



最终目的是为了获得**紧固夹紧力**
扭矩系数是实现螺栓合理装配的重要参数。

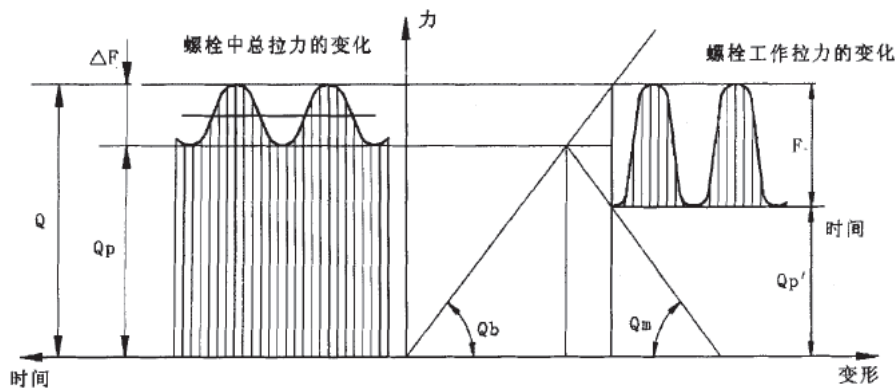
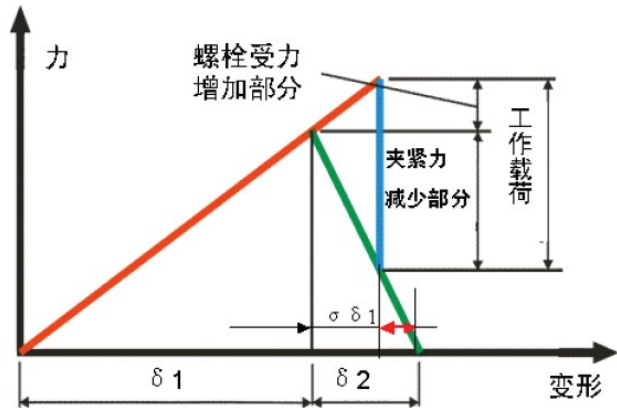
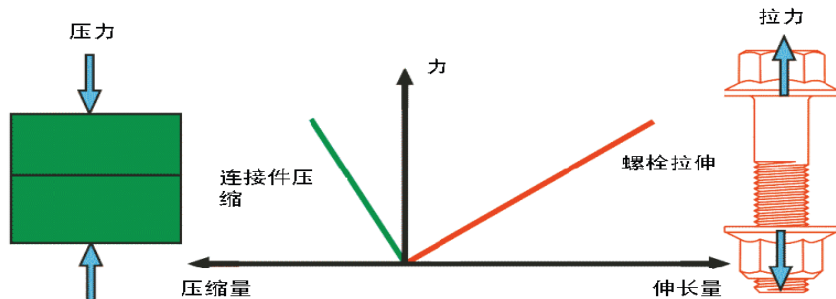
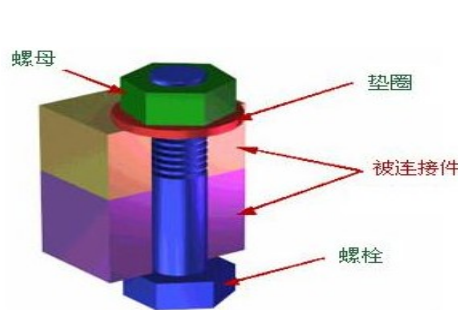


十个疲劳九个“松”！



数据来源：国检检测 15~19年失效分析报告，样本大小1001

◆预载荷下螺栓的疲劳——不要让螺栓独自承受外部载荷

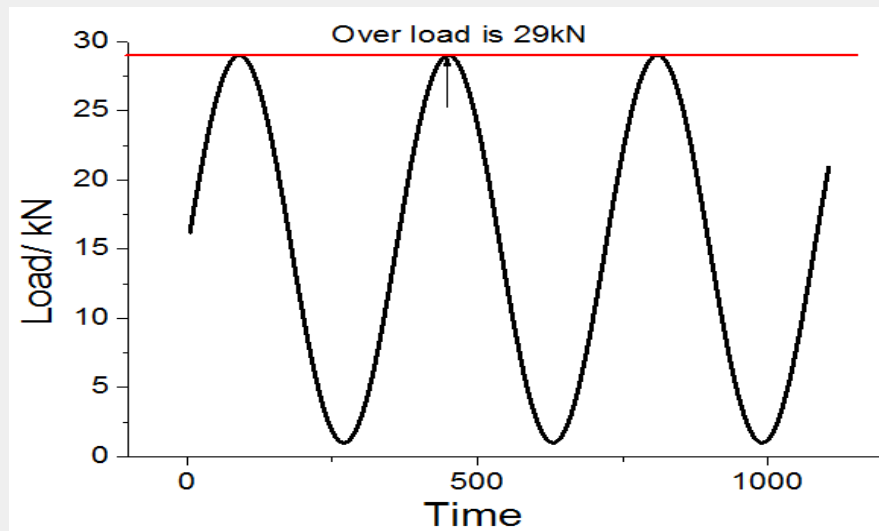
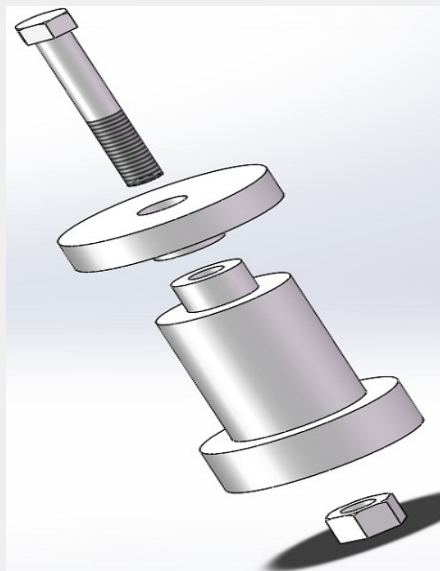


螺栓与被连接件刚度比是1:5；螺栓承受的工作载荷是外部载荷的 $\frac{1}{1+5}$

预载荷下螺栓的疲劳

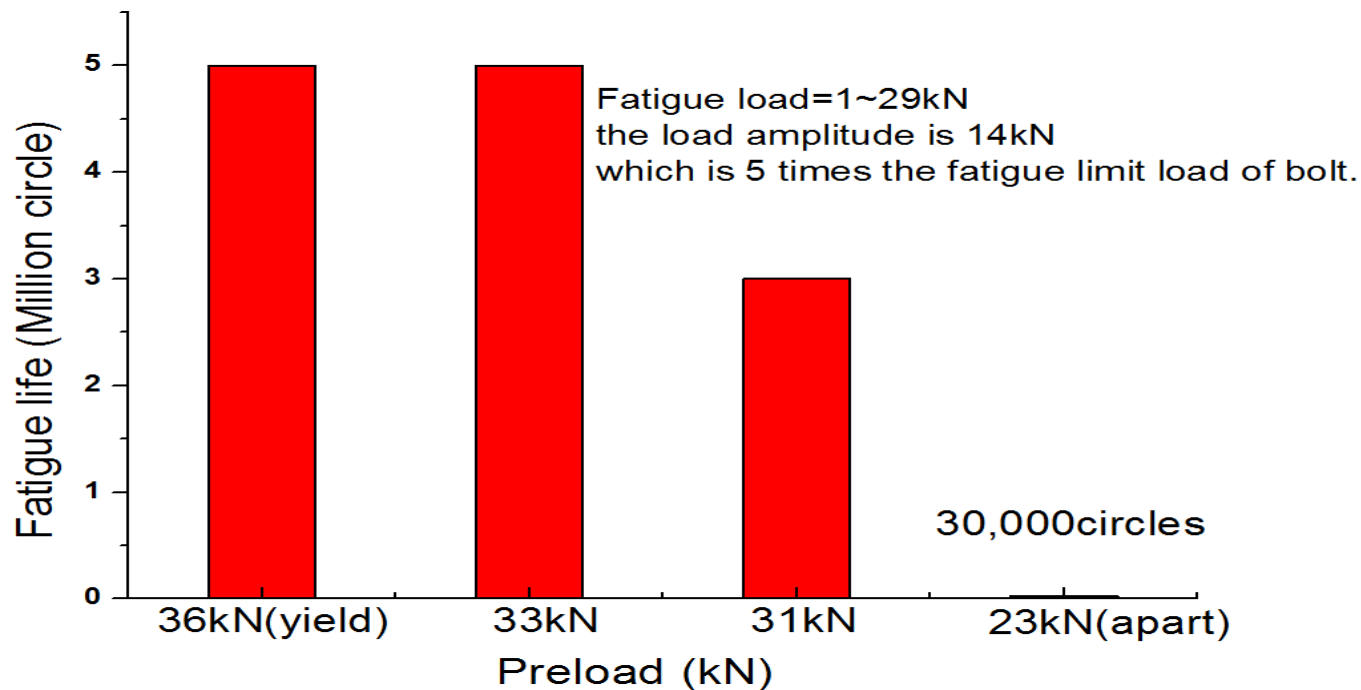
(本项目得到了上海电气风电事业部的支持)

相同外载荷下，不同预紧力 36（过屈服）、33、31、23（分离）kN 对疲劳的影响



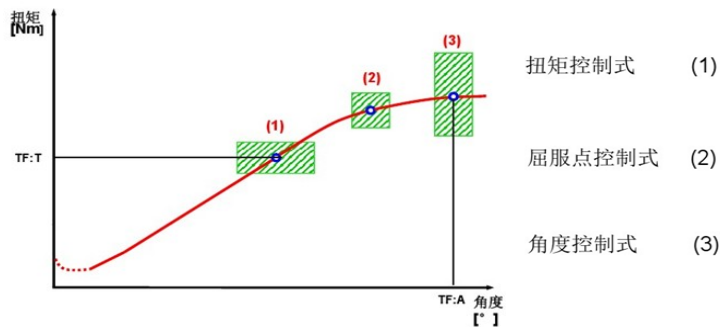
螺栓与被连接件的刚度比是1:5

相同外载荷条件下，不同预紧力（36、33、31、23kN）下螺栓的疲劳寿命

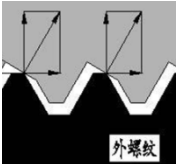
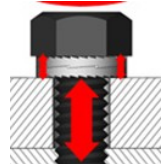
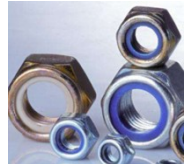
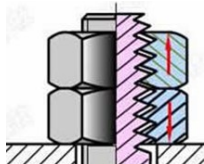


◆ 紧固件应用研究的关键词

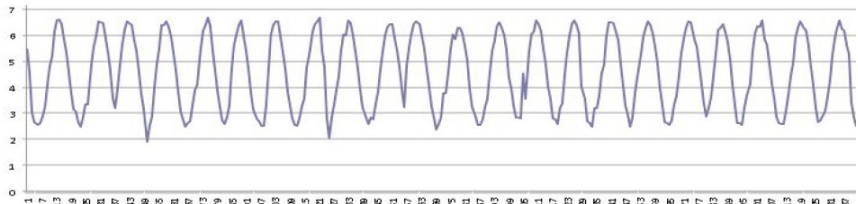
➤ 控制预紧力装配（正向设计）



➤ 防松



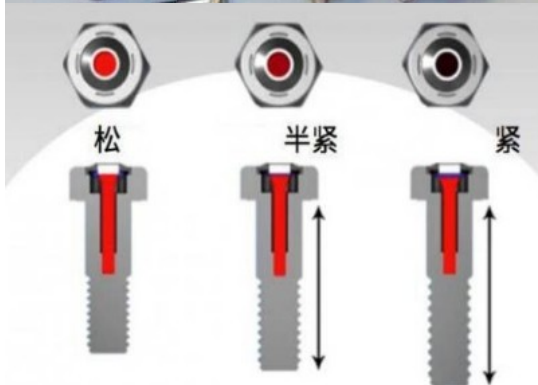
➤ 预紧力在线监测



8.8级M8螺栓--以100Hz频率，静载4.6kN，动载2kN（峰值），进行正弦振动试验，动态采集螺栓力

预紧力在线监测





视觉指示螺栓（智能螺栓 Smart Bolt）

- 螺栓顶部颜色随载荷的变化而变化，不受摩擦等其他因素的影响，主要用于安装指示；
- 可实时监控（察看）螺栓预紧力，静态观察，不能反映螺栓的动态性能；
- 弹性段使用，范围为保证载荷（30%-90%）；
- 受温度波动影响不明确；
- 精度， $\pm 10\%$ ？，半定量测试。

垫圈式预紧力传感器



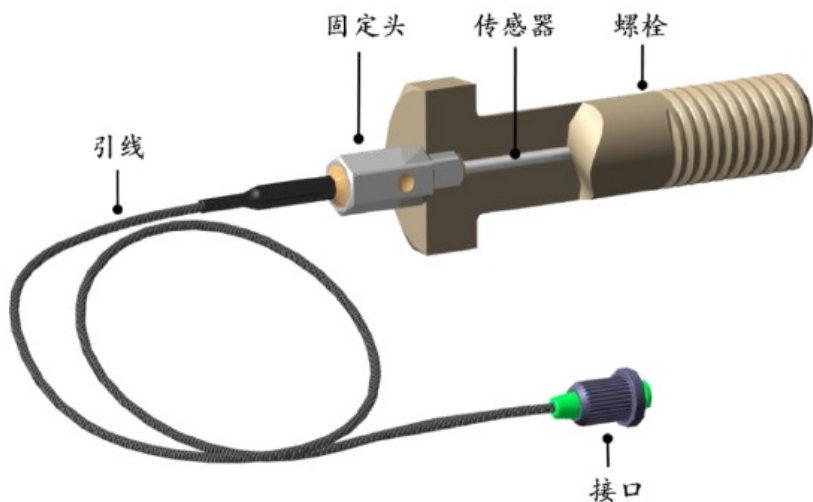
- ◆使用方便，但需调整结构结构；
- ◆规格受限；
- ◆可在螺栓屈服段工作；
- ◆精度较高，温度补偿方便；
- ◆可动态采样，频率可达1000Hz；
- ◆可实现多试样长时监测。

超声波技术



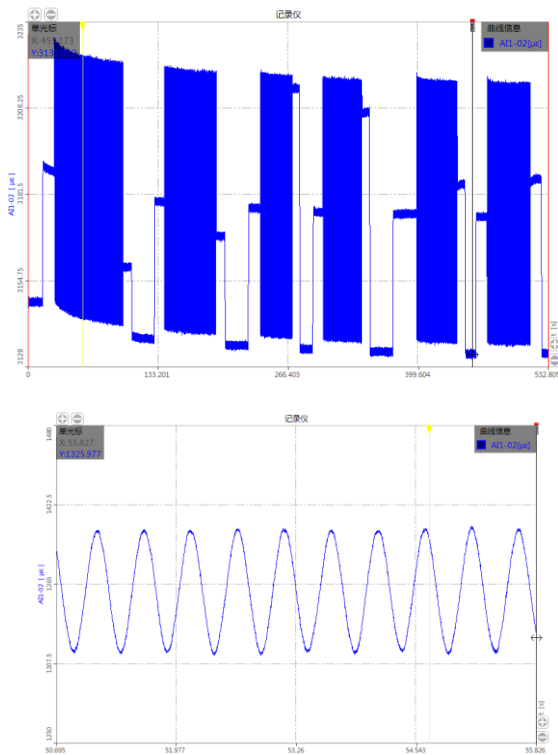
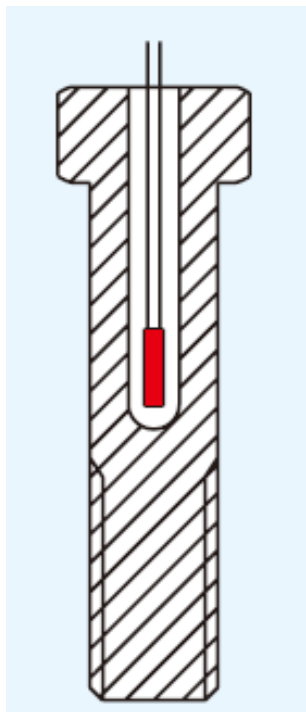
- 螺栓改动小，不影响性能；
- 精度 $\pm 3\%$ ；
- 工作温度 $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；
- 温度补偿容易实现；
- 可在屈服段工作；
- 螺栓改造成本低，终端成本高。
- 多样品长时监测系统复杂。

光纤传感器测力螺栓



- 螺栓有改动，会损失部分强度；
- 实际精度 $\pm 5\%$ ；
- 动态采样，频率可达1000Hz；
- 工作温度范围广-20~100℃；
- 一般在弹性段工作；
- 螺栓/终端成本高；
- 多样品长时监测系统较复杂。

内置应变计测力螺栓



- 螺栓有改动，会损失部分强度；
- 实际精度 $\pm 3\%$ ；
- 动态采样，频率可达5000Hz；
- 一般在弹性段工作；
- 螺栓成本较高，终端成本低；
- 可实现多样品长时监测；
- 温度补偿难度大。



小结

- 正向设计、控制预紧力装配、防松和在线监测是提高紧固件应用水平的有效途径
- 中国制造“从无到有”向“从有到优”的转变，紧固应用技术研究大有作为

THANKS

微信号：139 5734 7476

