

# 工厂设备中的法兰连接体的紧固管理

## 1. 前言

今年是日本华尔卡工业株式会社创业90周年，在纪念版杂志发行之际，我衷心地表示祝贺，同时对于一直以来支撑起密封行业的各位相关人士致以最深的敬意。

对于工厂设备的稳定、安全作业，法兰连接体中防内部流体泄漏技术占据着非常重要的地位。此外，作为工厂设备连续运行长期化、基于泄漏排放管制的环境方面的应对需求，对其可靠性的要求也越来越高。为了实现可靠性，必须确立Figure1所示的各阶段的技术和技能。特别是板材密封垫片方面，由于石棉管制的无石棉化，使氟树脂密封垫片成为主流。其中考虑了运行过程中特性的紧固力的设定和与该设定相符的可靠正确的紧固作业、以及管理都非常重要。

本文将对在无石棉化背景下而采用的替代型密封垫片的评价，对阐明氟树脂类密封垫片在运行时的特性的共同研究内容，以及对以实施正确紧固管理为目的的公司的认证制度进行介绍。

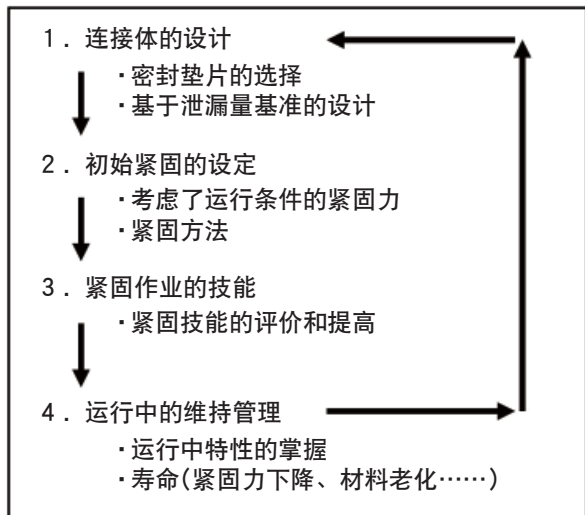


Figure1 连接体的管理概念

## 2. 密封垫片的选择

关于板材密封垫片，以往出于耐热性、密封性、使用性以及成本方面等因素的考虑，主要使用石棉压缩板材密封垫片。

2006年根据劳动安全卫生法施行令的修正案，除了部分特殊情况外，一律禁止制造和使用石棉等材料。因此，必须使用无石棉密封垫片替代以往的石棉压缩板材密封

垫片，作为石棉压缩板的替代品，首先跃上备选清单的是使用了芳纶纤维等有机纤维或无机纤维材料的无石棉压缩板。然而，石棉纤维比较细长，纤维之间能够紧密缠绕在一起，纤维本身就是密封垫片确保强度的部件，而非石棉纤维由于纤维较粗，纤维之间的相互缠绕性较差，主要是由作为粘合剂的橡胶承担强度保证。因此，如果在超出橡胶耐热温度的条件下使用，就可能因橡胶硬化导致功能下降。因此，本公司针对无石棉压缩板的温度实施了评价测试。

Figure2展示了试验管线的概要图。在内压为1.3MPa、温度为190℃的工厂设备蒸汽线中设置测试用配管，实施了为期6个月的负荷试验。虽然试验期间未能通过目测到确认泄漏至外部的情况，但在试验结束后打开时，将无石棉压缩板材密封垫片从法兰密封面拆除时，发现了因硬化产生的裂痕(Figure3)。根据该结果判断，无石棉压缩板材垫片无法在高温环境中长期使用，且无法再次紧固，因此判断不能以此替代。此外，本试验中同时安装了其他种类的密封垫片，膨胀石墨类密封垫片容易粘着在法兰密封面上，使用性较差，因此判断不能以此替代。另一方面，氟树脂类密封垫片在外观上不存在大的问题，因此它成为了首选替代品。

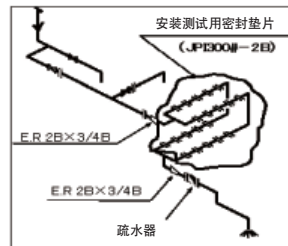


Figure2 试验管线概要



Figure3 拆除品

## 3. 氟树脂类密封垫片的特性确认试验

在无石棉化以前，氟树脂类板材密封垫片就一直被作为具有高耐化学品性的密封垫片使用。由于氟树脂独特的流动性，当紧固力下降时，可以通过再次紧固进行应对，但关于是否需要追加紧固以及应在何时追加紧固，则大多依靠经验进行判断，为了实现合理的维护管理，有必要掌握氟树脂类密封垫片的这些特性，以采取合理正确的应对措施，为此我们实施了各种实验。

### 3-1) 试验装置

Figure4展示了试验概要图, Table1展示了试验条件<sup>1)</sup>。通过贴在连接螺栓上的应变计测定螺栓轴力, 根据密封垫片接触面积计算出密封垫片表面压力。根据JIS B 2251 (2008)实施了紧固操作<sup>2)</sup>, 使该密封垫片表面压力达到25MPa(以下的螺栓连接依据相同标准)。其中, 密封垫片采用No.GF300。

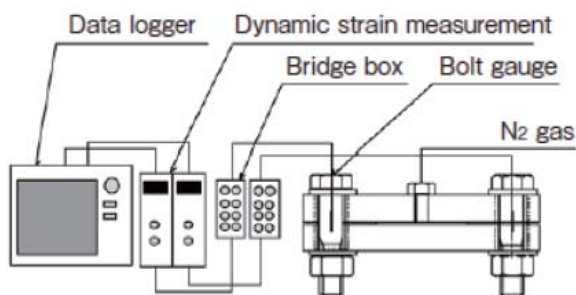


Figure4 应力松弛试验概要图

Table1 应力松弛试验条件

试验尺寸	JIS 10K 50A RF
试验温度	200℃ (24 小时循环)
密封垫片	V/NO.GF300
法兰	材质: SS400 密封表面粗糙度: Rz = 14.4 μm (Ave.)
螺栓 (带应变计)	尺寸: M16 X 4 根 材质: SS400

### 3-2) 热循环应力松弛试验

利用电炉加热到200℃, 测定密封垫片表面压力的经时变化。比较常温、作为加热条件持续加热到固定200℃的情况、以及在200℃和常温之间进行热循环的情况。其中, 热循环以24小时为一个周期, 升温2小时, 降温约3小时。

Figure5展示了试验结果。与常温情况相比, 温度负荷时, 表面压力的下降程度变大。在热循环中, 降温时确认到较大的表面压力下降, 再次加热时密封垫片表面压力会上升, 但并没能恢复到降温前的表面压力。在定期修理后开始投入运行前, 在常温状态(该试验的降温时)下实施气密测试, 为了在确认不存在泄漏问题后进入开始准备, 当因降温导致的表面压力下降量较大时, 必须实施恢复表面压力的应对措施。此外, 对于热循环频繁部位, 由于密封垫片表面压力会缓慢下降, 因此同样需要恢复表面压力。

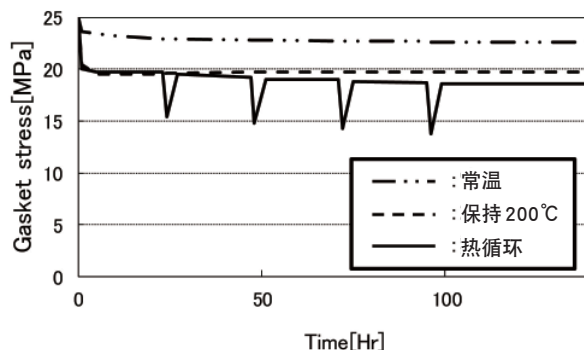


Figure5 热循环应力松弛试验结果

### 3-3) 追加紧固效果的确认

作为表面压力下降时的应对措施, 通常会实施追加紧固操作。关于应在何时实施追加紧固操作, 包括在开始运行后的高温状态下实施的情况和在因定期修理等原因停止运行的常温状态下实施的情况, 我们分别对上述情况实施了效果确认试验。

Figure6展示了试验结果。确认了通过追加紧固能够提高残留表面压力, 并具维持表面压力的效果。关于应在何时进行追加紧固操作, 试验结果表明, 在高温状态下实施比在常温状态下实施, 可以获得更高的残留表面压力。这应是因为在高温状态下, 密封垫片的刚性下降, 在其具流动性的情况下进行的紧固, 因此紧固后的流动量较少, 应力松弛也随之减小了的缘故。但是, 在刚性下降状态下实施的追加紧固操作也可能导致破坏强度下降, 因此必须注意紧固力的大小。虽然效果不如在高温状态下实施的追加紧固, 但在常温状态下实施的追加紧固也具有维持表面压力的效果, 且判断此方法已足够应对在开始运行前的气密测试。

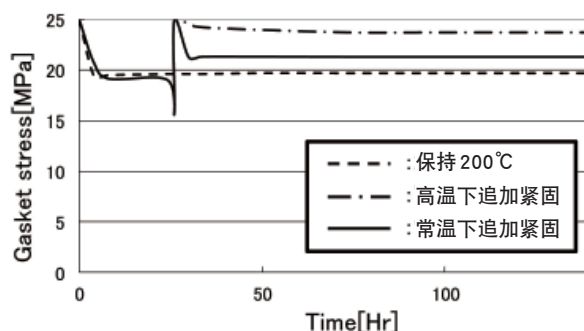


Figure6 追加紧固效果确认试验结果

## 4. 公司内部认证制度

掌握法兰连接体的特性, 对所有法兰进行定量的紧固管理, 按照受到管理的方法实施紧固是最为理想的状态,

但因实施管理需要工具、测定会产生费用、还有工期等因素，故实施对象具有局限性。因此，大部分的法兰连接体的紧固操作是基于作业人员的技能和经验实施的。以往存在因安装时弄错密封垫片的规格、紧固不足、紧固不均匀等导致的不良现象，本公司制定并在使用密封垫片作业负责人认证制度。Table2展示了认证讲习内容。由通过考核的密封垫片作业负责人在密封垫片安装作业中指挥、指导、监督作业人员作业，并在安装完成后亲自实施最终确认，对密封垫片的安装负责，当密封垫片作业负责人不在时，禁止实施密封垫片安装作业。到目前为止，已经有约3,000名密封垫片作业负责人通过了认证。此举在防止发生不良现象方面具有一定的效果，认证讲习全部为讲座培训，有助于提升受训人的知识面，但关于技能方面，则非常依赖现场的作业经验。然而，仅凭现场的经验，虽然能够理解弹性相互作用导致的螺栓轴力下降与因紧固姿势带来的紧固问题的区别，但对于螺栓轴力值以及扭矩值在何时，是如何影响的等问题，无法通过数值来实现可视化。有鉴于此，我们将部分移动培训系统带入了本公司水岛事业所，实施了针对作业人员的技能讲习会。Figure7展示了技能讲习会上的情形。讲习会的内容包括法兰紧固技能评价、扭矩感觉培训、螺栓整備重要性的理解、容易压缩破坏的密封垫片的理解等四个方面，包括没有现场经验的新员工以及具有30年经验的熟练工等，合计有43名受训人参加了讲习会。关于听讲后的感想，超过90%的受训人表示能够很好的理解、完全理解，得到了“螺栓轴力变化被可视化，非常容易理解”的好评，效果非常好。今后，我们将研究如何将其加入到使用了本系统的本公司认证制度之中。但是，本次的课程中仅安排了每天40名受训人听讲，对于定期修理时期等的以数百人听讲为假定前提的情形，则必须对课程的内容以及增加装置数量等进行研究。

Table2 认证讲习的内容

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 密封垫片作业人员的职责</li> <li>2. 防止错误安装密封垫片的培训             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 密封垫片的种类与操作</li> <li>· 压力评级与法兰规格</li> <li>· 各工厂设备的螺栓规格</li> <li>· 芯、紧固不均匀的确认要领</li> <li>· 紧固要领(全周紧固)</li> <li>· 验收以及记录的提交</li> </ul> </li> <li>3. 石棉密封垫片的操作</li> <li>4. 过往的问题事例</li> <li>5. 确认试验</li> </ol>
---



Figure7 讲习会现场

## 5. 结语

由于熟练作业人员因高龄化隐退以及年轻作业人员远离职场等原因，导致现实情况中从事法兰连接作业的作业人员正在减少，技术及技能水平正在走下坡。今后，需要一套不依赖熟练作业人员也能够实现正确紧固管理的机制。例如，采用密封施工管理系统，就可以通过自动紧固工具按照程序化的紧固步骤，以事先设定好的扭矩值自动实现紧固操作，因此即使是紧固作业的新手也能够以正确的紧固力按照步骤完成紧固操作。

我们希望通过本文中介绍的培训与认证制度、和通过移动培训系统实施的讲习会等来努力维持技术水平，并通过导入新系统，探究可靠性更高的防泄漏技术。

## 6. 参考文献

- 1)野野垣 肇，山边 雅之，森本 吏一：密封垫片连接体的应力松弛特性，配管技术，Vol.52.No.7，p28(2010)
- 2)法兰接头紧固方法，JIS B 2251(2008)



森本 吏一

三菱化学株式会社  
水岛事业所 设备技术部  
机械 2 组