

# 进行大口径法兰的螺栓紧固时的工具选择和施工注意事项

## 1. 前言

螺栓紧固作业中可以使用的紧固工具有许许多多，根据使用的环境、所需的紧固精度，选择合适的工具并正确使用该工具，就能减轻作业负担、提升紧固精度和作业效率，并能提升安全性。

除了工厂设备建设时需要螺栓的紧固作业，在保养检修时同样需要螺栓的紧固作业。但是由于螺栓紧固作业的管理难度大，即使是现在，很多时候依然都是依靠工作人员的感觉和经验在进行的。此外，在熟练工不断减少的同时，虽为造成工厂设备发生泄漏及火灾等事故的重大原因，但却没有对同为一个系统内的紧固工具的选择及使用方法进行培训和教育。近年来，许多国家都制定了法兰紧固作业的资格认定制度<sup>1)</sup>，在防止泄漏方面取得了一定的成果。但是在日本国内，目前还是依赖于设备所有人或工程公司的判断。

本公司的主营业务是销售和出租那些单靠人力难以完成紧固的大型螺栓紧固所需的工具。同时，我们在现场监督人方面也倾注了很大的努力，以对每次作业都有人员更换、紧固技术不稳定的现场进行监督管理，并在此方面获得了极高的肯定。

下面将从工具选择和施工注意事项2方面，对本公司在现场积累而得的紧固作业经验进行阐述。

## 2. 选择合适的工具

首先，使用工具的优点如下所示：

### 施工品质上的优点

- 给予螺栓正确的紧固力
- 避免给密封垫片、法兰、螺栓过度的负担。
- 可按扭矩值或轴力值管理，具有重现性。

### 作业上的优点

- 所需作业人员和作业时间更少，可减少工时。

- 可省去高强度作业，减轻作业人员的负担。
- 可在周围没有空间的狭窄位置作业。

若要享受上述的优点，选择合适现场的工具是极为重要的。下面将对各要点逐一展开说明。

### ① 紧固扭矩值或轴力值

一旦知道了紧固扭矩，就能以工具的70%以下的最大输出发挥该扭矩。

【要点】考虑工具的紧固能力。

一般的参考标准为，从具有目标扭矩值1.5倍左右的能力的工具中选出候选名单。将轴力值(螺栓拉伸值)作为目标时，如Figure1所示，则将根据螺栓张紧器或液压扭矩扳手和超声波轴力计进行管理。



Figure 1 通过超声波轴力计实施的拉伸测量

### ② 螺栓、螺母的形状、个数

全螺纹螺栓、双头螺栓、六角螺栓、盖形螺帽等，工具受到螺栓、螺母的形状的限制，所选的工具必须能够适用。

【要点】确认工具是否适用

如果螺栓突出螺母顶面较长，则将不能使用六角套筒，而应选择穿心孔式工具或螺栓张紧器。

【要点】考虑工具的速度

因需要尽量缩短每1根螺栓的作业时间，故应选择紧固速度快的工具或考虑多台工具同时紧固。

### ③ 周围的余隙、设置环境

确认紧固对象螺栓周围的余隙及设置环境。

【要点】螺栓轴向上有无空间

气动扭矩扳手等，也即所谓的手枪型工具在轴向上需要较大的空间，而液压型扭矩扳手则不太需要太大的空间，适用范围更广。但是，如配管的弯头下方等位置，部位位置没有空间的案例中，需要引起注意。

#### 【要点】工具的设置方向

这对作业性会有很大影响，尤其是从下面操作时，工具的重量非常重要。当使用超过10kg的工具从下往上作业时，必须要有相应的保持及防坠对策。

#### ④ 可确保的动力源

确认可准备的动力源。

#### 【要点】确保200V电源、稳定的压缩空气

如果没有动力时，则只能选择增力扳手或电池式扭矩扳手(需要充电)。也可使用手压泵对螺栓张紧器加压。

根据以上要素，比对Table1中所示的各工具的特长，就可找到可作为候选的工具。其中，螺栓张紧器与根据扭矩法进行紧固时不同，它是通过直接张紧螺栓，以达到给予

轴力的目的的工具。其优点是，基本不会受到接触面的摩擦系数的影响、具有极高的紧固精度且不会损伤螺纹部和法兰面。但是，因为有很多机器设备并不是以使用螺栓张紧器进行紧固而设计的，因此对于现有设备而言，有时需要对设备进行部分改造，如更换螺栓等。

## 3. 施工注意事项

### 3-1) 螺栓、螺母的保养

接下来非常重要，对紧固对象的螺栓和螺母的保养。尤其是扭矩紧固时，该保养状态的差异将会影响到螺栓负荷的轴力，因此非常重要。

以下①~④为保养的步骤。

- ① 去锈、去氧化皮
- ② 螺纹牙损伤的保养
- ③ 向螺母接合面及螺纹部位涂覆润滑剂
- ④ 法兰表面的平滑性(如不可则安装垫圈)

根据迄今为止去过的现场，①、②都有执行，但③做的

Table 1 各工具的特长和评价

	增力扳手	电池式扭矩扳手	气动扭矩扳手	液压扭矩扳手	螺栓张紧器
对象螺栓	M16~36	M20~48	M20~56	M30~76	M30~100以上
扭矩范围	300~2,000N·m	500~4,000N·m	500~6,000N·m	1,000~30,000N·m	按轴力(kN)管理
主要特长	使用极小的力就能 负荷极大的扭矩	无线&手枪式，操作简单	手枪式，操作简单	相同扭矩下为最小型、 最轻量	无螺纹咬合， 可多根同时紧固
优点	无需动力	任何人都能简单操作 速度快	任何人都能简单操作 速度快	扭矩精度高 扭矩范围广	高精度紧固 无跟转问题
缺点	紧固用时长	需定期充电	需要稳定的空气供应	需要泵及液压软管	安装麻烦 工具较重
动力源	不需要(人力)	充电电池	压缩空气500Kpa~	压缩空气500Kpa~、 电源100V、200V	压缩空气500Kpa~
防暴应对	○	×	○	○参照泵	○
适用条件1	螺栓轴向需250mm 以上的空间	螺栓轴向需500mm 以上的空间	螺栓轴向需500mm 以上的空间	螺栓轴向仅需 最小限度的空间即可	螺栓轴向约需 300mm以上的空间
适用条件2	确保相邻螺栓等的 反作用力点	←	←	←	螺栓头需伸出1d以上 (d:直径)
管理方法	输入扭矩扳手	数字预设	空气压力	液压压力~70Mpa	液压压力~150Mpa
同时紧固	不可	不可	不可	可(~4根)	最佳选择(2根~半数)
作业人数	1人/台	1人/台	1人/台	1~2人/台	0.5~1人/台
螺母安装	套管	套管	套管	套管 or 直挂	装卸器
速度	☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆
精度	☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
操作性	☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
工具轻量度	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆
多根紧固	☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆
多尺寸应对	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
引进成本	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆	☆☆☆

不充分的案例较多。采用扭矩紧固时,对于受摩擦影响极大的螺母接合面而言,通过涂覆润滑剂,可使轴力值发生很大的变动。此外,当法兰表面状态不佳时,通过安装垫圈即可得到改善的例子有很多。

此外,全螺纹螺栓时,不在紧固一侧的相反一侧螺母接合面涂覆润滑剂,可使不易跟转。

### 3-2) 紧固步骤

为了达到在均匀压缩密封垫片的同时紧固法兰螺栓的目的,须按照 JIS B2251<sup>2)</sup>或 JPI-8R-15<sup>3)</sup>等的所示,分阶段实施紧固。

但现实情况是,这些标准并没有被严格遵守。而且,这些标准都是以使用1台工具为前提所制定的步骤。当使用的工具数量不同时,正确的操作步骤也会不同。因此,应该制定与使用的工具数量相符的高效的作业步骤。其中,本公司尤为推荐的是,如Figure2所示,至少在对角方向上使用2台以上的工具同时进行紧固作业。



Figure2 使用2台液压扭矩扳手同时紧固

这不仅可以减少到紧固完成为止的每根螺栓的作业次数、缩短施工时间,而且还能获得均衡的密封垫片压缩效果,可防止因紧固偏颇而导致的不良问题。至于其效果,在日本华尔卡工业株式会社的密封培训中心<sup>4)</sup>配备有可体验大口径法兰的同时紧固的设备,建议可去亲身体验一下。

### 3-3) 反作用力点的注意事项

一般而言,进行扭矩紧固的工具,在其结构上都需要反作用力。因此,确保稳定的反作用力点,将直接关系到正确的紧固力和安全性。从要紧固的螺栓的中心在以水平

延长线上作为基准的位置上,在施力时牢牢固定反作用力臂是即为重要的。在一般的法兰案例中,多数情况下都能在相邻的螺母上确保反作用力点。除此以外的情况时,应事先做好充分研究,以便能够确保正确的反作用力点。

### 3-4) 为实现高效作业

选择工具后,在进入实际作业之前,一些简单的准备可大幅缩短施工时间。因此,建议尽可能进行以下所示的准备工作。

#### ① 防跟转扳手

Figure3所示为防跟转扳手的照片。这是一种设置在与紧固侧相反一侧的螺母上,防止发生跟转且能简单拆下的工具。如果没有防跟转扳手,那么就必须使用敲击扳手或锤子等工具来防止跟转,此时与螺母的紧固时间先比,拆除扳手所需的时间更长。



Figure3 防跟转扳手

#### ② 大排出量的液压泵

液压扭矩扳手和螺栓张紧器的速度取决于泵的排出量。因此,特别是使用大型工具时,将会有很大差距。但因会有移动不便的问题,故需根据现场情况进行研究考虑。

#### ③ 液压软管不能太长

过长的液压软管不仅会影响站立移动而且还会影响操作,此外还会导致工具速度变慢。应以5m左右为标准长度。

#### ④ 螺母劈开器

Figure4所示为液压式的螺母劈开器的照片。此仅限于松开时,当螺母和螺栓粘合、螺母无法转动时,可使用液压力快速切断螺母。拔出螺栓。



Figure4 螺母劈开器

#### 4. 结语

本章介绍了用于大口径法兰的螺栓紧固时的工具选择和施工注意事项。

迄今为止，本公司一直都以解决现场的螺栓紧固作业问题和课题为第一目的，致力于对于现场有用的产品的开拓，与各个现场相符的工具选择和及时地安排、操作上的现场指导以及通过超声波轴力计实施的紧固管理等工作。

在这些经验中，我们看到了许许多多的例子，都是因为

不知道或没能做好一些很小的注意事项，最终导致发生了各种问题。20年前，还有很多的熟练工，他们的作业都非常熟练，但是通过超声波轴力计对紧固的螺栓作实际检测后，还是会发现几乎所有的螺栓都存在过度紧固的问题。可以想象，想必当时肯定有很多法兰上的密封垫片都没能发挥密封垫片原本应该发挥的功能。

日本华尔卡工业株式会社所开展的密封培训中心的主要目的是，通过消灭“不知道”，以便大幅降低因用户的“不知道”而引起的风险。

此外，通过在法兰连接部的泄漏原因中占绝大多数的“施工不良”中的“螺栓紧固”部分加入我们的产品及服务，可以加深无法在纸上谈兵中获得的宝贵经验，我们的目标是为设计人员和工作人员提供有用的信息，并共同构建可对“从密封的选择到螺栓紧固的完成”提供全套支持的体制。

#### 5. 参考文献

- 1)配管技术志：2017.11月号 菊池 务、近藤康治  
《法兰、螺栓紧固管理标准》
- 2)法兰接头紧固方法，JIS B 2251(2008)
- 3)法兰、螺栓紧固管理基准，JPI-8R-15-2013
- 4)村松 晃：华尔卡技术志：No.33, 15-18(2017)



北原 真一  
扭矩系统株式会社  
代表取締役