

通过通用法兰连接认证制度 在改善施工品质上的努力

1. 前言

在石油，石化工厂的运作中，作为地区社会的一员，为了稳定提供安心，高品质的产品，设备的妥善维护管理必不可少。

使用的流体中不管是气体，液体还是固体，其种类多种多样，其中一部分还具有可燃，易燃，易爆等特点，或是含有对人体，环境有毒的成分，因此，必须要避免因法兰连接部位的问题而导致出现泄漏的现象。

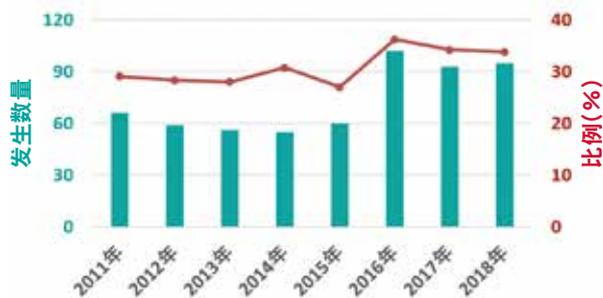
另一方面，工厂内的法兰连接部位有几十万之多，虽然在日常的检修中也会去尽力及早发现问题隐患，但最终还是要依靠法兰连接时的正确紧固管理来防止将来发生泄漏灾害。

但现实情况是，日本国内“起因于法兰连接”的灾害，事故始终呈现出增加的趋势。如Table1 及Figure1 所示，因设备维护管理方面的问题而发生的灾害，事故总数每年都在增加，其中超过30%都是“起因于法兰连接”的灾害，事故，其发生数量，比例都呈增加趋势。近年来，这个比例一直保持在较高水平。

Table1 因设备维护管理方面的问题导致的灾害数量

西历	腐蚀管理 欠佳	法兰连接 原因	检查管理 欠佳	检修欠佳	容器管理 欠佳	合计
2018年	121	95	18	34	13	281
2017年	113	93	29	30	7	272
2016年	109	102	20	41	10	282
2015年	93	60	31	17	21	222
2014年	78	55	19	11	16	179
2013年	80	56	28	16	20	200
2012年	65	59	65	8	11	208
2011年	67	66	66	8	20	227

出自：经济产业省“高压气体相关事故统计”



出自：经济产业省“高压气体相关事故统计”

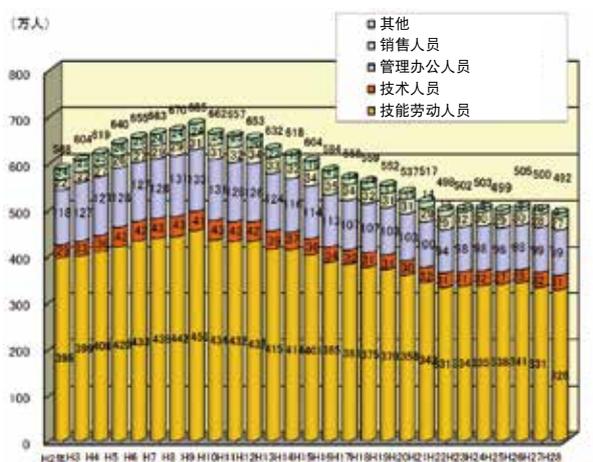
Figure 1 因法兰连接原因导致的灾害数量、比例

最近几年，因法兰连接原因而导致的故障问题呈现出增加的趋势，其原因是“资格制度”和“产业结构”的问题。

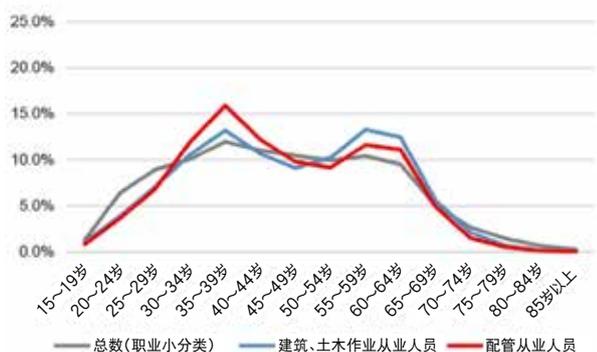
前者是关于法兰连接作业，没有一个官方的资格制度，只能依靠施工人员内部的技术传承，这是问题所在。比如，焊接作业，非破坏性检查作业，索吊作业，脚手架作业，缺氧作业等，工厂中的危险且重要的作业都有官方的资格制度，都有一套通过理论学习，实际技能训练等来系统地掌握知识，技能的机制。然而，法兰连接作业虽然也是非常重要的作业，但却没有相关的官方资格制度，目前的现状是，不管你是否具有相关的知识和技能，谁都可以实施法兰连接的作业。

后者是日本国内建筑业的从业人员数量本身就在逐年减少，而且老龄化的问题也相当严重。如Figure2 所示，建筑业从业人员数量在20年间，约减少了3成。此外，如Figure3 所示，从事配管作业的人员的年龄构成为55岁以上者占了3成，因此，此前依靠其知识和经验在作业的熟练工们，在将来不可避免地会出现断崖式的人员减少。

鉴于以上的情况，尤其是在确保年轻作业人员，外国人作业人员，钟点作业人员的安全和提高施工品质上，急需构建一套完善的法兰连接教育培训体系。



出自：国土交通省“建筑业及建筑施工从业人员的现状”
Figure2 建筑业从业人员数量推移



出自：总务省统计局“国势调查抽样详细统计”
Figure3 配管从业人员的年龄构成

ENEOS(株)水岛制油所于2019年4月1日，与附近的联合企业各公司成立了“水岛法兰连接委员会”(Table2)，构建起了地区通用的法兰连接认证制度，其制度的运用效率及效果都非常显著。以承袭水岛的教育培训体系，认证制度的方式，ENEOS(株)川崎制油所及根岸制油所为了引进通用认证制度，也与RAIZNEXT(株)，(株)华尔卡一起成立了京滨地区法兰连接联合会，并在2020年度的定期维修施工(以下称之为“定期维修”)中实验性地做了引进，且正在推进构建通用认证制度的相关研究讨论。

Table2 水岛法兰连接委员会成员事业所

· 旭化成株式会社 制造统括本部 水岛制造所
· 日本Zeon株式会社 水岛工厂
· 三菱气体化学株式会社 水岛工厂(MGC)
· 三菱化学株式会社 冈山事业所(MCC)
· ENEOS 株式会社 水岛制油所

本技术志中对在2020年3月实施的定期维修中实验性引进的川崎制油所法兰连接认证制度的概要，结果，效果检验作了记载。

2. 法兰连接认证制度的概要

要想提升法兰连接的品质，实施法兰连接作业的作业人员的技能及对该作业下达指示的监督人员的知识非常重要。因此，法兰连接认证制度中分为两大块，分别为“技能培训(实际技能)”和“知识培训(理论教学)”，并通过教育培训内容的统一和教育培训水平的标准化，建立起了一套高效的教育培训体系。

此外，对于获得了认证的监督人员和作业人员还将发放认证证书，这样一来，即使到其他事业所去实施法兰的连接作业时，只需出示认证证书即可进行作业，而无需进行重复的教育培训，这样也能提升效率。

2-1)技能培训(实际技能)

技能培训的目的是学习法兰连接时的法兰动作，并使对自身的技能有一个清晰的理解。在此之前，都是通过基于监督人员的经验性指导等进行手感训练的培训，而现在通过作业人员在螺栓紧固模拟设备(Figure4)上的亲身体验，可以量化地检测自身的技能水平。通过这款模拟设备，可对以往的感性化技能做一个量化的评价。

本模拟设备的判断标准为“给予了密封垫片充分的紧固力”，“各螺栓的紧固轴力未见不平衡”，“密封垫片未发生不平衡的压紧压损”等。



Figure4 螺栓紧固模拟设备

2-2)知识培训(理论教学)

知识培训的资料使用了在2018年9月发行的HPI TR Z110(法兰连接作业培训指南)的基础之上编写而成的水岛法兰连接委员会的教育培训资料。此外,与该委员会相同,也为培训等级设定了4个阶段(Table3),并根据不同等级设定了相关的培训项目和培训对象,形成了一套高效的培训体系。

Table3 法兰连接认证制度的知识培训等级划分

培训等级	对象	培训项目	培训时间
四级	培训讲师	依据HPI TR Z110“管理人员”	4hr
三级		依据HPI TR Z110“作业人员”	2hr
二级	监督、督导	ENEOS 基准(理论学习+实际技能)	1hr
一级	作业人员	ENEOS 基准(实际技能)	5-20min

3. 工作的成效

3-1)制度运用的概要

2019年11月,在川崎制油所实施了三级培训(培训人数:17人)。三级培训是对培训讲师的认证培训,培训项目方面,根据HPI TR Z110实施了理论学习的培训(培训时间:2小时)。

培训内容包含“连接件的密封垫片,螺栓紧固管理”,“紧固载荷,目标扭矩设定和步骤”,“耐压气密试验”,“连接件的开放”,“问题故障事例”等。

此外,在技能培训(实际技能)方面,则是使用了螺栓紧固模拟设备,根据JIS B 2251实施了“紧固步骤的教学”,而对于法兰连接时的注意事项,则是在实施实际技能操作前的教学的基础之上,针对弹性相互作用及紧固失衡的原因及对策,对各人的技能(合格与否)作了判定。

之后,在川崎制油所的定期维修(2020年3月)中开始了本制度的试用。对从事静态设备施工的法兰作业的监督,作业人员实施了一级培训(培训人数:411人)。该培训是由获得了上述三级认证的讲师根据以下流程负责实施的。

在这个培训的过程中,首先会进行集中培训(10~20分钟左右),对“实施对角紧固/圆周绕圈紧固时的法兰动作”,“设置的重要性”,“弹性相互作用,紧固失衡的说明”等进行说明。然后,在此基础上,各作业人员可使用螺栓紧固模拟设备对各自的技能进行评价,并判定是否合格。对于合格的人员将发放认证证书,持有证书者可在现场实施法兰连接的作业。

3-2)对接受培训人员的意见征询结果

在接受了三级培训的人员当中,回答“提升了对于法兰连接的意识”的有九成,回答“授课内容对于现场作业很有帮助”的有八成,总体来说获得了非常好的结果。此外,对于以培训讲师为对象的授课内容,回答“第一次知道这方面的内容”的有六成,再一次确认了作为这样一个重新学习的机会,其效果还是非常不错的。

在接受了一级培训的人员当中,回答“集中培训的内容非常通俗易懂”的有七成,回答“实际技能认证的方法非常好”的有八成。我们还收获了“法兰连接时的各螺栓轴力变化非常简单易懂,培训实施时间短这一点非常好”等的意见。

3-3)作业人员技能分析的结果

我们使用螺栓紧固模拟设备对作业人员的技能进行了分析。本模拟设备可保存连接过程中的日志,因此可对作业人员连接时的习惯(过度紧固,紧固不足,紧固失衡)进行确认。因此,可针对该习惯提出正确的意见和建议,可快速高效地提升作业人员的技能水平。

在这次的作业人员技能分析的结果中,我们发现相比于紧固不足,过度紧固的比例更高,约是紧固不足的2倍左右。此外,在对过度紧固的案例进行了分析后发现,相较于整体的过度紧固,一部分螺栓的过度紧固的比例更高。这应该是因为作业姿势导致了螺栓间出现了轴力差。此外,关于紧固失衡(法兰面间隙参差不齐)的问题,初期阶段的设置以及正确的紧固步骤非常重要。

3-4)综合气密试验培训成果的检验

在定期维修的最后阶段,为了对设备,配管法兰等开放部位以及其他装置整体的可靠性进行确认,需要对系统内注入氮气以便实施综合气密试验。具体方法如下:先是注入氮气,然后在升压后对各法兰等开放部位有无氮气泄漏进行气泡测试,若检测到了泄漏,则需要对法兰进行追加紧固。如果在追加紧固后泄漏还是没有停止,则需要先将系统内的氮气排出,然后重新开放法兰并对密封垫片面进行清扫等处理或更换密封垫片,然后再一次进行升压试验。

对于培训成果的检验,我们采用了比较的方法,即对“因法兰连接而造成的再次升压系统数量”进行调查,上一次与2016年度定期维修时的再次升压数量进行了比较。如Table4所示,与上一次的成绩相比,其再次升压系统数量减少了约一半,这说明培训取得了一定的成果,此外,作业工时数及工程延长风险也得到了降低。

Table4 因法兰连接而造成的再次升压系统数量调查

综合气密试验系统数量	再次升压系统数量		2020年度定期维修处理位置数量(参考值)
	2020年度定期维修	2016年度定期维修 (上一次同等规模定期维修成绩)	
307	6	11	4520

对于导致再次升压的致因泄漏法兰(6个系统中的14处法兰),我们对法兰,密封垫片规格,泄漏原因和现场布局等进行了调查,其结果如Table5所示。泄漏原因主要有二,具体如下。

- 法兰开放时,因为配管的布局问题而导致无法确保足够的法兰间余隙,因此,未能对密封垫片接触面进行充分的清扫。
- 因障碍物等问题,导致紧固操作不便,从而造成了紧固失衡的问题。

针对上述原因,我们的对策如下:重新评估作业要领及培训内容,以便能够正确作业,从而争取将再次升压试验清零。

4. 总结和今后的展望

4-1)总结

- 通过法兰连接认证制度,可实现培训的通用化,因此,可无需对用户及施工人员进行重复的教育培训。
- 使用螺栓紧固模拟设备可对技能进行定量性的评价,此外因为可以记录下连接过程的日志,故可对作业人员提供针对性的指导。
- 就制度运用(三级,一级)问题对受训人员进行了意见征询,获得了“授课内容通俗易懂”,“提升了法兰连接相关的意识”,“可用到现场作业中”等的良好反应。
- 在综合气密试验方面,与上一次(2016年)定期维修相比,成功减少了再次升压试验系统的数量。

Table5 再次升压致因法兰的详细调查

系统No.	尺寸(B)	等级(磅)	常用压力(MPa)	法兰泄漏原因	法兰朝向	紧固布局	法兰间余隙
1	11/2	300	3.35	紧固失衡	纵向	不良	有
	18	—	3.35	密封垫片接触面清扫不良	横向	不良	有
	11/2	300	3.35	紧固失衡	纵向	不良	有
	18	—	3.35	密封垫片接触面清扫不良	横向	不良	有
	6	600	3.35	RJT 刮研不良	横向	良好	无
2	18	—	2.3	密封垫片接触面经老化	纵向	良好	有
3	6	300	1.48	密封垫片接触面清扫不良	横向	良好	无
	6	300	1.48	密封垫片接触面清扫不良	横向	良好	无
	8	300	1.48	密封垫片接触面清扫不良	横向	良好	无
4	6	150	0.42	密封垫片接触面清扫不良	纵向	良好	无
	12	150	0.42	密封垫片接触面清扫不良	纵向	不良	无
	11/2	150	0.42	紧固失衡	纵向	不良	无
5	18	150	1.08	密封垫片接触面清扫不良	纵向	不良	无
6	1	300	0.35	紧固失衡	横向	不良	有

4-2)今后的展望

ENEOS(株)计划今后在所有制油所中引进法兰连接认证及螺栓紧固模拟设备以实现教育培训的体系化。

不是一个企业的单打独斗，而是构建起日本全国通用的认证制度，这样就能实现作业人员的高效流通，但与此

同时，还有很多课题需要解决，比如作业人员技能数据的集中管理，管理人员等等。

为了使将来日本的起因于法兰连接的故障问题清零，请与我们一起继续进行这方面的努力。



古贺 洋介
ENEOS株式会社
川崎制油所
定期维修计划组



坂井 重夫
株式会社华尔卡
H & S 营业本部