

中国石油和石油化工设备工业协会团体标准《石油化工装置法兰密封结构安装与维修技术规范》编制说明

1 工作概况

1.1 任务来源

根据中国石油和石油化工设备工业协会文件《中国石油和石油化工设备工业协会关于印发2021年第二批团体标准项目计划的通知》（中石协[2021]42号），由炼油与化工设备管理标准化技术委员会提出的团体标准《石油化工装置法兰密封结构安装与维修技术规范》获批立项，完成时间为12个月，牵头单位为中国特种设备检测研究院。

1.2 主要参加单位

起草单位：略。

主要起草人：略。

1.3 主要编制过程

（1）前期工作准备

2021年5月-7月，中石协炼油与化工设备管理专业委员会经研究决定制定团体标准《石油化工装置法兰密封结构安装与维修技术规范》，随后组织人员开展了相关调研工作，收集、了解和掌握了法兰密封结构安装与维修相关资料和信息，并调研了石化企业法兰密封结构安装与维修技术与管理现状。

（2）标准立项申报

2021年8月，中石协炼油与化工设备管理专业委员会确定了由中国特种设备检测研究院牵头编写《石油化工装置法兰密封结构安装与维修技术规范》团体标准，并在会员单位内征集起草单位及个人，组建了标准编制工作组，由中国特检院戴澄担任牵头人。中国特种设备检测研究院组织编写了立项申报书，于10月初完成并向中石协标准化管理委员会报送，于11月获得批准正式立项。

（3）编制工作组第一次会议

2021 年 12 月 14 日，标准编制工作组召开第一次工作会议，受疫情影响，本次会议采用线上和线下相结合的方式召开。会议讨论确定了标准内容框架、标准编制工作分工、明确了标准编制时间进度安排，并对标准的主要技术内容进行了深入、细致的讨论，确立了标准编制的基本思路、原则等。

（4）标准草案编写

按照第一次讨论会后的工作安排，标准编制工作组各团队积极工作，在编制过程中查阅研究相关的文件，到企业开展调研，将标准分为预紧载荷计算方法、安装与维修、风险分级方法及正文几个部分，分别由中国石化工程建设公司、凯特克集团有限公司、中国特种设备检测研究院分头编写草案，然后再合成为总体草案。此阶段召开了多次小型的会议对编写过程中遇到的问题进行讨论。

（5）编制工作组第二次会议

2022 年 4 月 2 日，标准编制工作组召开第二次视频会议，对标准草案进行讨论，会上各部分负责人分别介绍了预紧载荷计算方法、风险分级方法、安装与维修、正文部分编制的进展情况及遇到的问题，参会专家对标准草案架构、主要技术条款进行的深入讨论，形成了修改意见和建议。

（6）征求意见稿编写

根据第二次会议形成的意见和要求，编制工作组对标准草案进行了修改，并形成了标准征求意见稿（讨论稿）。

（7）征求意见稿审查会议

2022 年 10 月 8 日，中石协炼油与化工设备管理标准化技术委员会秘书处组织专家对标准征求意见稿（讨论稿）进行了审查，审查专家包括中国石油化工集团公司总部王建军、何承厚，中海炼化石油有限责任公司王芙庆，中国石化工程建设公司郭雪华、高晖，凯特克集团有限公司高伟，中国石化海南炼化公司章文，中国石油大港石化公司苗海滨，中国石化镇海炼化公司周琦荣，中国石化茂名石化公司陈智，中国石化大庆石化公司李强，中国石化乌鲁木齐石化设备安装公司郭虹，南京金陵石化建筑安装工程有限公司 金涛，张家港市江南锅炉压力容器有限公司王开鹏，瀚洋重工装备制造(天津)有限公司柴智刚，中国特检院戴澄、姜海一、陈祖志等。审查内容包括技术内容审查、规范性审查、完整性审查三个方面，其中技术内容审查主要审查是否符合企业实际需求、是否具有可执行

性与创新性,标准的各项规定是否正确、有无相互矛盾之处,各项指标是否合适,标准内容与国家法律法规、国家/行业标准是否符合协调等;规范性审查主要对标 GB/T 1.1《标准化工作导则 标准化文件的结构和起草规则》以及中石协团体标准编制的有关要求,审查征求意见稿在结构、层次、表述以及格式、图、表等方面是否规范等;完整性审查主要审查标准的内容是否完整,是否与适用范围相一致,以及目前标准的完成程度及水平。会议对标准的条文进行了逐一讨论,提出了修改意见。

(8) 征求意见稿修改完善

标准编制工作组根据审查专家的意见对征求意见稿作进一步修改完善,分别于 2022 年 12 月 9 日、2022 年 12 月 13 日、2023 年 1 月 6 日、2023 年 3 月 20 日组织了对正文部分、螺栓预紧载荷计算方法以及风险分级部分进行讨论,形成征求意见稿终稿。

2 标准编制原则和主要依据

本标准按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。标准的编制还遵循“科学性、实用性、统一性、规范性”的原则,技术指标与现行国家标准、行业标准接轨,同时纳入行业的先进经验和做法,内容重点突出安全性保障方面的技术要求,此外还注重标准的可操作性。

本标准制定过程中参照的主要标准见表 1。

表 1 参照标准

序号	标准号	标准名称
1	GB/T 150	压力容器(所有部分)
2	GB/T 152.4	紧固件 六角头螺栓和六角螺母用沉孔
3	GBZ 230	职业接触毒物危害程度分级
4	GB/T 17186.1	管法兰连接计算方法 第 1 部分:基于强度和刚度的计算方法
5	GB/T 17186.2	管法兰连接计算方法 第 2 部分:基于泄漏率的计算方法
6	GB/T 20801	压力管道规范 工业管道(所有部分)

7	GB 37822	挥发性有机物无组织排放控制标准
8	JB 4732	钢制压力容器-分析设计标准
9	HG/T 20592-20635	钢制管法兰、垫片、紧固件
10	HG/T 20660	压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危害程度分类

3 主要内容的说明

3.1 适用范围的说明

本文件只适用于设计压力不大于 35MPa、设计温度-269℃～900℃的法兰密封结构且法兰密封结构的设计、制造应符合相应国家或行业标准的要求，其中压力容器法兰密封结构应符合 GB/T 150 或 JB 4732 的要求，工业管道法兰密封结构应符合 GB/T 20801 的要求，泵、阀门、压缩机等连接用法兰密封结构应符合相应产品国家或行业标准的规定。本文件不适用于双锥密封，伍德密封，卡扎里密封，卡箍紧固结构。

3.2 材料的说明

本标准涉及的材料主要是指法兰密封结构使用的法兰、紧固件（包括螺栓、螺母、垫圈）、垫片，材料的使用是保障法兰密封结构安全性与可靠性的物质基础，必须采用合格的产品，材料的性能、规格、质量与标志应符合相应材料的国家标准或者行业标准及订货技术条件的规定；材料应具有质量证明书或产品合格证，质量证明书、产品合格证的内容应齐全、清晰，并加盖有材料制造单位的质量检验章（原件或有效复印件）；对于按相关法规标准及企业管理规定需要复验的材料，应按相关要求进行了复验，复验结果应满足要求。

3.3 安装与维修单位能力与人员要求

安装与维修单位及人员的能力是保障安装质量必要条件，从事法兰密封结构安装与维修的专业技术服务机构和施工单位，应具有相应的现场服务经验，并建立了相应的作业指导文件，安装与维修的技术人员应经过相关专业培训，具备按

照本文件进行风险评估、螺栓预紧力分析计算和施工质量管理的能力；安装与维修的作业人员应在螺栓连接、组装、操作和质量保障方面经过相应的实践和理论考试合格，本标准在附录 B 中给出了具体的培训要求。

3.4 风险评估方法的说明

本标准引入了风险评估方法，先对法兰密封结构进行分级，再根据法兰密封结构的级别，采用不同的安装与维修方法。法兰密封结构风险分级方法是一种基于泄漏失效风险的重要度分级方法，也是设备完整性管理的重要手段，其风险由泄漏失效可能性和泄漏失效后果两部分组成，并按风险可接受准则，划分出不同等级的风险，最终根据不同风险等级合理分配法兰密封结构安装、维护和修理的检维修资源，达到在一定的检维修资源下，有效降低所在生产装置法兰密封结构整体泄漏风险的目的。本标准附录 C 提供了快速筛选风险评估和半定量风险评估两种方法，其中快速筛选风险评估为简化评估方法，当评估的数据量足够时，建议采用更精细的半定量风险评估方法。本标准提供的风险可接受准则是区分不同等级风险的重要依据，一般情况下可以很好地区分不同风险等级，特殊情况下，可以根据企业的实际情况，适当调整风险可接受准则，实现法兰密封结构合理风险分布的目的。

3.5 螺栓预紧载荷计算方法的说明

（1）操作条件下，螺栓载荷松弛系数 R_f

此系数用于计算螺栓最小安装力，取值应小于 1，值越小，考虑螺栓安装上紧使用后螺栓松弛的可能影响大一些，计算得出的螺栓最小安装力也就大一些，为可能出现的螺栓松弛引起的螺栓紧固力下降多预留一定的裕量考虑。对于低风险法兰结构， R_f 取 0.9；对于中、高风险法兰结构， R_f 取 0.7。

（2）螺栓强度控制系数 K_b

此系数用于计算螺栓强度控制的最高上紧力，一般情况下，考虑控制螺栓安装应力不超过螺栓材料标准室温下屈服强度 R_{eL} 的 70%，也就是 K_b 取值不大于 0.7，值越小，计算得出的螺栓最大上紧力就小一些。虽然将 K_b 取大值，可以提高螺栓的上紧力，有利于法兰的实际密封，特别是对于密封性能要求高且法兰制造安

装存在一定偏差的情况，但是可能同时会引起垫片的压溃失效、法兰盘变形过大以及密封面的变形损伤，特别是对于金属环垫的密封，应特别控制 K_b 取值不应过大，以免造成金属环垫变形过大和环槽密封面的变形损坏，因此本次修订规定，对于金属环垫的密封，当法兰紧固螺柱大于 M48 时， K_b 取值宜取 0.4，当法兰紧固螺柱大于 M70 时， K_b 取值宜取 0.3。

（3）上紧扭矩系数 K

此系数用于采用扭矩法上紧螺栓时，计算确定实施上紧的扭矩值 T 。一般情况下，上紧扭矩系数 K 可取 0.16~0.20， K 的取值直接影响螺栓安装后螺栓实际的紧固力大小。影响螺栓实施上紧扭矩的因素较多且复杂，系数 K 的取值应是综合考虑这些因素的影响，其中决定 K 值得主要因素是螺栓涂抹润滑防咬剂的情况，不同润滑防咬剂配合不同螺栓材料的上紧扭矩系数 K 可通过测试实验得到，可向润滑防咬剂产品制造商咨询索取。

（4）其它

1) 规定了螺栓预紧载荷确定的原则，明确了确定螺栓预紧载荷时，应综合考虑法兰、垫片和螺栓 3 个部件的情况，应能同时满足相关规范标准规定或工程规定。

2) 本标准表 D.1 给出了常温下（20℃）常用垫片最大压溃应力 $Q_{\max}$ ，表中垫片的 $Q_{\max}$ 的值不很高，这是基于工程要求和经验给出的垫片最低强度要求，参考了 EN 1591-2 和垫片厂商的有关数据，同时考虑在法兰密封结构中，通常垫片的强度低于法兰和螺栓，更容易被压溃失效。实际工程上，对于密封要求高的情况，如高风险的法兰结构，为了有利于密封，提高计算的螺栓预紧载荷，可向垫片供应商索取实际垫片的 $Q_{\max}$ 值，代替表中给定的值用于确定螺栓预紧载荷计算。

3) 本标准 D.4.2 节中，对于使用扭矩法上紧螺栓时，采用了工程上使用较为方便的扭矩值 T 的计算公式 $T = KDW_0/1000$ 。

4) 本标准 D.5 节中，规定了标准法兰的螺栓上紧载荷确定的原则和方法，并且便于工程实施，表 D.2~表 D.6 给出了 HG/T 20615（Class 系列）标准钢制管法兰中 Class150、Class300、Class600、Class900、Class1500 的 WN/RF 法兰的推荐螺栓上紧载荷值，表中的值参考了相关标准和垫片厂商给出的推荐上紧载荷值，

以保证合适的垫片应力为主要确定因素。

5) 本标准 D.6 节中, 规定了非标准法兰的螺栓上紧载荷确定的原则和方法, 对于非标法兰的螺栓预紧载荷的确定, 是基于法兰的校核计算合格为基础。在此基础上, 通过法兰校核计算得到的螺栓设计载荷、满足垫片强度的螺栓载荷、满足螺栓要求的螺栓载荷, 根据三者计算值最终确定最小螺栓预紧力 $F_{\min}$ 、最大螺栓预紧力 $F_{\max}$ 以及实施上紧的螺栓目标上紧载荷 W_0 。

3.6 安装与维修主要技术要求的说明

1) 本标准规定的工机具选用方法中, 对于螺栓紧固的工机具应经过扭矩校验合格的要求, 指的是扭矩法、扭矩-拉伸法两种紧固方式的工机具技术要求。

2) 本标准规定的螺栓编号中的紧固步骤与顺序, 在附录 F 法兰密封结构安装螺栓紧固顺序内容里有详细说明。其中提到了替代传统紧固步骤的方法, 此方法推荐使用尽可能多的工具同时紧固螺栓, 以取得较少的紧固步骤与更好的紧固效果。特别是对于 RJ 等对法兰平行度要求较高的法兰密封型式, 安装的时候, 更应该均匀施加螺栓预紧力, 以免出现法兰间隙不均匀的情况。

3) 本标准中螺栓载荷校验中, 提到了最小扭矩校验、最大扭矩校验两个校验值。对于使用液压拉伸器紧固的螺栓, 校验时应该使用液压拉伸器按照对应的螺栓载荷进行校验, 不需要使用扭矩进行校验。

4) 本标准中关于 VOCs 检测对泄漏量的要求, 只适用于介质含有挥发性有机物的泄漏测量。

4 采标及标准水平的说明

对法兰密封结构的安装与维修, 国内外还没有制定专门的行业、国家标准与团体标准, 对安装人员和设备、安装流程、风险评估、安装施工等方面进行全面的规定, 壳牌、美孚等大型石化企业都制定有企业标准, 但都不对外公开。国家标准 GB/T 38343《法兰接头安装技术规定》, 规定了采用螺栓连接的带垫片圆形法兰接头的螺栓安装载荷的确定方法以及法兰结构选用的附件要求、安装准备、装配、螺栓上紧、检查记录和标记等技术要求, EN 13555 规定了法兰及其接头与圆形法兰接头设计相关的垫片参数及其试验方法, GB/T 17186.1、GB/T 17186.2

分别规定了螺栓连接的带垫片的圆形法兰基于连接强度和泄漏率的连接计算方法，这些标准中都没有引入风险分级方法。

本标准牵头编制单位中国特种设备检测研究院已于 2018 年制定了企业标准 CSEI/JX 0004-2018《法兰密封结构安装技术规范》，并已在中国石化下属各炼化企业得到广泛应用，效果良好。本标准是在该企业标准基础上，通过进一步总结工程经验和应用新的科研成果，对相关规定进行优化编写而成。

本标准中关于螺栓预紧载荷的计算方法，引用了 GB/T 150.3-2011《压力容器第3部分：设计》标准，风险分级的方法应用了标准编制单位的科研成果，螺纹紧固方式、紧固顺序方面的技术要求将根据工程经验总结确定。

本文件的总体技术水平属于国际先进水平。

5 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本文件符合现行法律、法规，并与相关标准协调配套，没有冲突。

6 重大分歧意见的处理经过和依据

无

7 贯彻标准的要求和措施建议

建议在中国石化、中国石油、中国还有、国能集团下属炼化企业的法兰密封结构的安装与维修采用本标准。

8 经济效益与社会效益

介质泄漏是石化企业安全生产的重大危险源，因泄漏导致的安全事故、环境污染和财产损失问题长期困扰我国炼油与化工企业。据统计，石化设备的泄漏绝大多数都发生在法兰密封结构部位，而导致法兰密封失效的主要原因是法兰的安装质量问题。对于法兰，我国制定有包括 JB、SH、HG 行业标准及国家标准等方面一系列标准，但都是针对产品设计制造方面的，还没有针对安装环节的专门标准，因此法兰的安装缺乏必要的标准依据，安装质量难以得到有效保证。

本标准针对上述背景，制定了《石化装置法兰密封结构安装与维修技术规范》团体标准，下一步推动其在石油、石化行业的应用，为法兰安装提供标准依据，明确法兰安装技术要求，规范法兰安装过程，可以保证法兰安装质量，预防法兰泄漏失效，对于提高石化设备的本质安全水平、减少财产损失、避免安全事故和环境污染将发挥积极作用，必将产生较大的社会效益、经济效益和环保效益。

9 其他应予说明的事项

无。