一圈罐板安装完成并检查合格后，使用顶升装置提升，依次进行下一圈的拼接，从第二层拼接开始需在保留最后一块板仅固定一侧，预留一个临时通道，方便进入罐内部进行后续操作，直至该层安装结束升至上一层前，再进行封口，安装层始终都需留出进入罐体的通道。在两层罐板的安装中，需要特别注意以下关键细节，以确保罐体的机构稳定性和密封效果。下图（图 4）中罐板 3 的切角位于其右上角，而罐板 2 的切角位于其左下角。

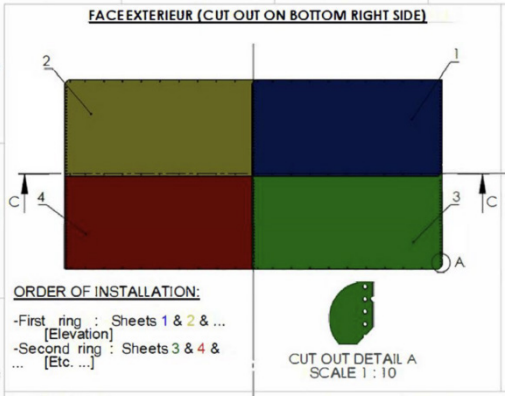

图 4 罐板安装示意图

在罐体组装完成后，应按照以下要求进行圆度测量（表 1）和力矩检查（表 2）。

在罐体底部 200 mm 高度处，水平方向测量罐体内半径。测量方法是：以罐体中心为基准，使用卷尺测量从中心到各罐壁板上的随机点的距离。

表 1 罐体圆度检查标准

罐体直径	圆度
＜ 13.7m	± 6mm
14.5~26.5m	± 12.5mm
＞ 27.3m	± 25mm

STRUCTURAL TIGHTENING TORQUE		
BOLT DIMENSION (METRIC)	BOLT MATERIAL: SS CLASS 70	
	N·m	lbf·ft
M8	19.3	14.2
M10	37.5	27.7
M12	68.3	50.4
M16	99.4	73.3
M20	121.8	89.8

VERY IMPORTANT:
* Tightening torques given in this table are only valid for structural joints: [screw + security nut + washer] system.
* Must be checked all tightening torque of the struts-gusset plate joints.
* If the project includes sliding support, the screws of the MOUNTING BRACKET must be finger tight.

表 2 螺栓力矩紧固值

3.4 悬挂内衬

在完成第二圈罐板安装后，进行顶部管道开孔，用于安装管道、溢流口等组件；在水罐的底部和内壁覆盖聚酯保护毡，做好防护。

通过预留干燥板，将 PVC 内衬袋吊装进入罐体内部。通过按照包装盒或保护膜上的标记方向从罐中心进行展开，展开过程中确保底部周围的焊缝尽可能贴近水罐壁，以防扭曲。确认内衬中心点与罐底板中心点完全一致后，使用螺栓将内衬袋的壁面部分固定到水罐顶部角钢上，需注意的是螺母不需过度拧紧，以防止损坏内衬。定位竖向焊缝，使竖向焊缝对准罐壁，避免后续提升时产生扭曲或额外拉伸。

在内衬的安装过程中要保持罐内清洁，佩戴鞋套，避免石子等锋利物进入罐内，造成内衬损坏的风险。

4 密封

罐板安装过程中有以下 5 个重叠区域需要密封：

4.1 螺栓孔重叠区域

在螺栓孔对齐的重叠板之间应用胶泥。螺栓是从罐的外面拧紧的。螺栓的头部覆盖着一个塑料头。当螺栓插入并拧紧时，板材之间的密封胶将被压缩以填充空白空间并通过板材的边缘展开。在干之前，多余的乳胶油需要用平抹刀去除并正确处理。

4.2 垂直接缝

密封胶涂抹在两个面板之间的垂直接缝处。然后，通过紧固螺栓将两个面板连接起来，将密封胶压缩在面板之间。在内部和外部垂直接缝上涂抹新的密封胶线条，并使用半圆管工具来创建平滑整洁的表面效果。

当螺栓连接的罐体充满水时，它会向外膨胀。这种膨胀常常导致已干的密封胶密封剂在罐体的某些区域脱落或开裂，从而产生泄漏。为了避免这种现象，重要的是在罐体充水前将其强制膨胀到最大尺寸。为此，在插入螺栓时，在面板的垂直部分留出 2~3 个孔。在插入螺栓后，但在紧固螺栓以连接两个面板之前，将插杆插入空孔中并拉开面板之间的间隙。这样可以模拟罐体充水时的膨胀效果。然后，紧固螺栓，使罐体保持膨胀状态——因此，当罐体充水时，膨胀几乎为零，密封胶也不会移位。

4.3 水平接缝

密封胶涂抹在两个面板之间的水平螺栓孔处。然后，通过紧固螺栓将两个面板连接起来，将密封胶压缩在面板之间。紧固螺栓后，一些涂抹在两个面板之间的密封胶会从水平接缝处渗出。擦去这些多余的密封胶。在内部和外部的水平接缝上涂抹新的密封胶线条。

4.4 罐板交汇处

在罐板交汇处涂抹足够的密封胶非常重要。在紧固上下两层第四个面板的螺栓后，将密封胶涂抹到角落处。然后，覆盖中心螺栓的位置，创建一个补丁。

4.5 罐板和罐底板接缝处

为了在罐体和罐底板之间创建密封，地板必须保持干净和干燥。清洁表面，去除所有灰尘和杂物，确保罐底完全干燥，以提供更好的密封胶附着表面。当罐底干燥后，将密封胶涂抹在钢罐和底板之间。

密封胶在潮湿时无法粘合。在下雨天、潮湿的早晨和冬季霜冻的日子里，不可进行密封作业。

5 结语

本文基于伊拉克巴士拉天然气处理厂（BNGL）项目，系统研究了螺栓拼装罐的施工方法，并详细分析了关键技术环节，包括罐底板铺设、罐体组装、穹顶安装及密封工艺。研究表明，螺栓罐结构能够有效提升施工效率，减少现场焊接工作量，同时确保良好的密封性能和结构稳定性。

通过优化螺栓扭矩标准、罐体圆度测量及密封胶应用工艺，本研究提出了一套行之有效的安装优化方案，有助于减少罐体膨胀带来的密封失效风险，提高设备使用寿命，并降低维护成本。

实践证明，采用螺栓连接水罐不仅能提高施工质量，还能显著降低人员和设备需求，优化项目执行成本，为类似项目的水罐安装提供了可借鉴的技术方案。未来可进一步探索不同工况下的螺栓罐性能，以优化施工技术和维护策略。

参考文献

[1] 沈意平;翁晶;刘翊;蒋帅;阳雪兵.基于柔性压电材料传感器的法兰螺栓松动检测. 无损检测,2022(09)：16-21.

[2] 杜飞;徐超.螺栓连接松动的导波监测技术综述[J].宇航总体技术,2018(04)：13-23.

[3] 张宸薪;詹宇声;谭波法兰螺栓连接结构的ANSYS疲劳分析.设备管理与维修,2019(24)：148-149.

 DOI: https://doi.org/10.12345/hgyjxjz.v3i3.24407

The safety management measures of steam turbine equipment in thermal power plant

Hongchao Liu

Shangqiu Yudong Power Generation Co., Ltd., Shangqiu, Henan, 476600, China

Abstract

The safety management of steam turbine equipment in thermal power plants directly affects the stability and economy of electric power production, and any negligence in management may cause serious equipment failure, and even lead to safety accidents. With the growth of power demand and the extension of equipment operation time, the safety management of steam turbine is facing greater challenges. In order to ensure the long-term and stable operation of the steam turbine, it is necessary to improve the emergency handling capacity, daily maintenance, safety supervision and inspection and other aspects to improve the safety management system and improve the management level. Daily maintenance must be strictly implemented to avoid the operation of the equipment with diseases. The operation monitoring needs to rely on advanced monitoring technology to grasp the status of the equipment in real time and find potential problems in advance. Only through various comprehensive management can we ensure the safe and stable operation of steam turbine equipment and improve the overall production efficiency of thermal power plant.

Keywords

thermal power plant; steam turbine equipment; safety management; effective measures

试析火电厂汽轮机设备安全管理措施

刘宏超

商丘裕东发电有限责任公司，中国 · 河南 商丘 476600

摘　要

火电厂汽轮机设备的安全管理直接影响电力生产的稳定性和经济性，任何管理上的疏忽都可能引发严重的设备故障，甚至导致安全事故。随着电力需求的增长和设备运行时间的延长，汽轮机的安全管理工作面临更大挑战。为了确保汽轮机长期稳定运行，需要提升应急处置能力、日常维护以及安全监督检查等多个方面入手，完善安全管理体系，提升管理水平。日常维护必须严格执行，避免设备带病运行，运行监测则需要依托先进的监测技术，实时掌握设备状态，提前发现潜在问题。通过多方面的综合管理，才能保证汽轮机设备的安全稳定运行，提高火电厂的整体生产效率。

关键词

火电厂；汽轮机设备；安全管理；有效措施

1 引言

火电厂作为电力系统的重要组成部分，在能源供应中扮演着至关重要的角色。而汽轮机作为火电厂的核心设备，其运行状态不仅影响发电效率，还直接关系到整个机组的安全性和经济性。随着电力工业的发展，火电机组的运行环境日益复杂，在长时间高负荷运行的条件下，汽轮机内部零部件的磨损、材料老化、振动异常等问题逐渐显现，如果管理不到位，极易引发严重的安全事故。因此，做好汽轮机设备的安全管理，不仅是保障发电机组稳定运行的必要措施，更是提升电厂整体经济效益的重要手段。

【作者简介】刘宏超（1979–），男，中国河南商丘人，本科，电力工程技术工程师，注册安全工程师，从事汽轮机设备安全稳定经济运行研究。

2 火电厂汽轮机设备常见安全隐患与处理措施

2.1 汽封片损坏

汽封片有减少汽轮机内部蒸汽泄漏、提升机组效率的主要功能。不过在长期运行或者启停过程中，汽封片会受到高温以及高速蒸汽冲刷，容易出现磨损、变形乃至断裂的状况，而且安装不当、材料质量存在问题或者出现异常振动等情况，也都有可能致使汽封片损坏。一旦汽封片发生损坏，蒸汽泄漏量便会增加，这会影响汽轮机的经济性，还可能造成局部温度异常升高，损坏其他部件。要解决这个问题，在日常维护时就应当加强对汽封片的检查，要是发现磨损严重或者变形的汽封片，就需要及时进行更换，另外优化汽封片的材料选择，提高其耐磨性以及抗疲劳性能。在机组启停过程中，要严格把控升温和升速曲线，防止因温差应力过大而致使汽封片变形或者断裂。