

Discussions on the Prevention Measures and Countermeasures for the Leakage of Aluminum Storage Tank Dome in International EPC Project Management

Hui Yao*, Liang Hong, Fafu Liu, Bao'an Wu

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei

Email: *yaohui919@foxmail.com, hongliang@cnpc.com.cn, gd2_liufafu@cnpc.com.cn, gj-5c-wba@cnpc.com.cn

Received: Apr. 21st, 2020; accepted: May 21st, 2020; published: Jun. 15th, 2020

Abstract

In this paper, from the design (E), procurement (P), construction (C) and other aspects of EPC management of international projects, the prevention measures of water leakage in the aluminum dome of storage tank were analyzed and demonstrated deeply. It is crucial to clarify the concept of scientific design through the difference in the laminate structure and sealing design of products of two different AB suppliers. At the same time, the selection of excellent suppliers and high-quality products has a profound impact on the leakage of aluminum dome. In addition, the construction process control is closely related to the leakage of the aluminum dome, and the construction process management and quality control measures should be strengthened to ensure that the completed aluminum dome meets the design requirements, meets the spray or rain testing, and meets the delivery conditions. The proposal and demonstration of this issue have important reference significance for the prevention of aluminum dome leakage in similar international projects in the future.

Keywords

Aluminum Dome, Storage Tank, Leakage, Measures

*通信作者。

浅议国际EPC项目管理中储罐铝制拱顶漏水的预防对策及措施

姚 辉*, 洪 亮, 刘法福, 武保安

中国石油管道局工程有限公司, 河北 廊坊

Email: *yaohui919@foxmail.com, hongliang@cnpc.com.cn, gd2_liufafu@cnpc.com.cn, gj-5c-wba@cnpc.com.cn

收稿日期: 2020年4月21日; 录用日期: 2020年5月21日; 发布日期: 2020年6月15日

摘 要

本文从国际项目EPC管理中的设计(E)、采办(P)、施工(C)等方面,对储罐铝拱顶的漏水的预防措施进行了深入分析并论证,通过AB两家不同的供应商产品压条结构及密封设计不同,阐明科学设计的理念至关重要。同时,甄选优秀的供应商及高质量产品,对铝拱顶漏水的影响足够深远。此外,详细论述了施工过程管控与铝拱顶漏水紧密关联,应加强施工流程管理及质量控制的措施,确保完工后的铝拱顶达到设计要求,满足喷淋或者雨水测试,达到交工条件。该问题的提出及论证,对于未来类似的国际项目中铝拱顶漏水的预防,具有重要的借鉴意义。

关键词

铝拱顶, 储罐, 漏水, 措施

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着金属材料技术的发展,铝合金制品以其重量轻和耐腐蚀、安装方式灵活等特性得到广泛应用[1],大中型储罐铝网壳拱顶结构在国外已在大中型储罐上普遍采用。

在一般情况下,储罐铝制拱顶的主体结构由结构框架、罐顶支撑、铝制盖板、螺栓紧固件以及密封剂和密封压条组成[1]。结构框架由铝合金工字梁通过节点板连接成为网状骨架,其结构的连接点排列在一个球面上,铝合金工字梁通过上下翼板与节点板连接[1]。每一个节点板上覆盖有连接盖板,其作用是遮盖节点处所有的螺栓孔和节点板以及铝顶盖板的顶角部位,密封覆盖后为所有邻接的构件和压条末端提供持续的全天候防护,节点处盖板是铝拱顶最容易漏水的地方[1]。近年来,据笔者调研了解,国际工程中有部分铝制拱顶节点处盖板发生密封不严,漏水的情况,遇上雨季,会从拱顶处流入罐内雨水,一定程度上会影响储罐内油品的品质。据调研,目前国内外尚未有针对储罐铝制拱顶漏水的预防对策及措施方面的学术研究及探讨。因此,笔者仅从设计(E)、采办(P)、施工(C)等方面,浅析铝制拱顶漏水的预防对策及措施,谨供各位同仁参考、借鉴。

2. 设计(E)方面及采办(P)方面措施

2.1. 设计方面

总的来说,设计方面,供货商的铝拱顶的构件设计应当科学合理,不得有设计缺陷。其压条结构、密封胶条、铝框架凹槽以及铝浮盘的悬吊支撑构架应科学严密,易于论证。比如,密封条宜选择硅树脂密封胶条或者更优的材质,其兼具有机树脂及无机材料的双重特性,具有独特的物理、化学性能,有很好的电绝缘性质,耐高温及防水的良好效果。若为普通胶皮,造价低,质量差,暴晒及雨水易于腐蚀和老化,达不到长期的有效密封效果,容易漏水。

2.2. 采购方面

采购应反复比选并科学论证,选择好产品,选错了会事倍功半,得不偿失。

应采购全球知名的有资质的铝拱顶供应商品牌,严格筛选,选择性价比高的产品。采购前,应就设计理念,数据单,选材,结构,强度,质量等要素进行反复论证,对比分析,为最终的采购选型,做好正确的决策。

2.3. 压条结构及密封件设计

下面笔者从压条结构及密封件设计方面,从 A、B 两个不同的国际供应商进行对比分析。铝拱顶压条结构及密封设计对比:

2.3.1. A 供应商厂家产品



Figure 1. Before and after repairing
图 1. 修补前与修补后对比

1) 压条结构

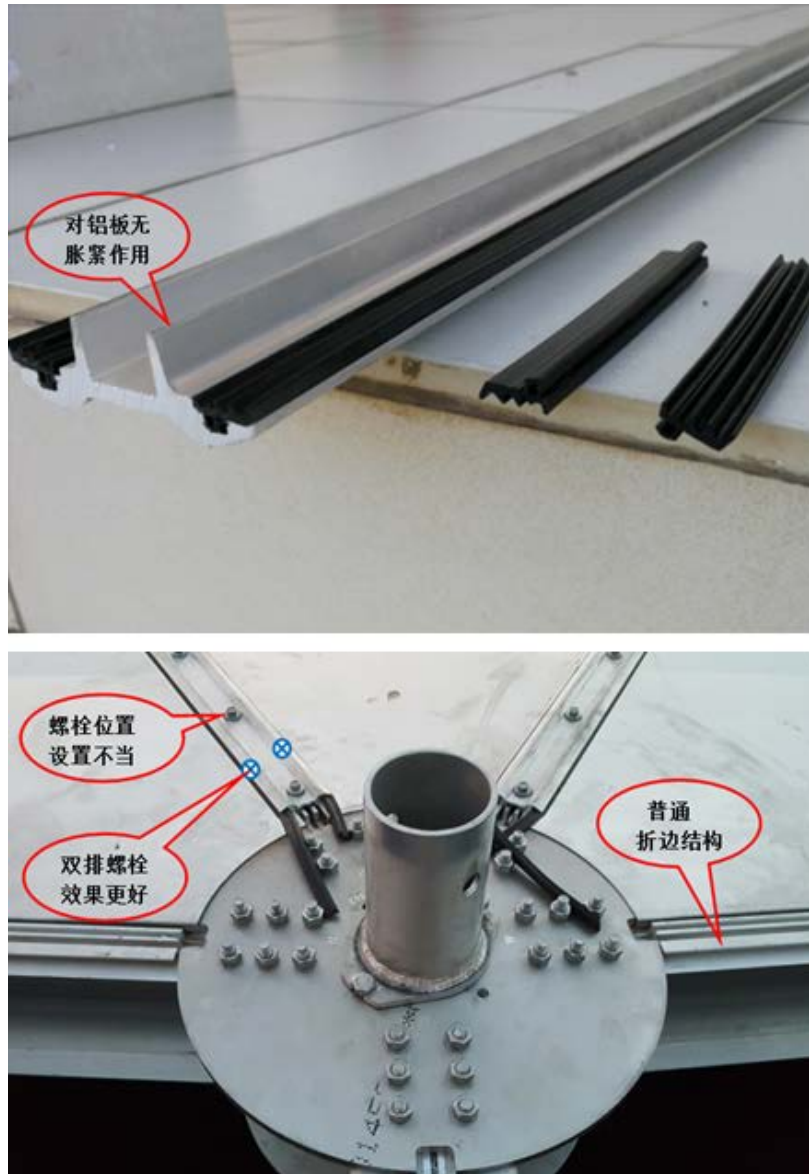


Figure 2. Laminated structure of A Supplier
图 2. A 供应商压条

如图 1、图 2 所示，根据 A 供应商厂家的压条结构，中间的单侧螺栓，不能拧的过紧，过紧的话，会造成压条两侧分别上翘，造成胶条与铝板密封不严，从而漏水。螺栓如果拧的过松，同样不能实现胶条与铝板有效的紧密贴合，依然会漏水。

2) 胶皮密封

如图 3 所示，胶皮与铝板之间为简单的平面密封，密封效果不佳，随着暴雨落在铝板上部，造成铝板一定频率的振动，会使铝板与压条之间不断产生或大或小的间隙，造成雨水进入内部。由于内侧无有效密封，容易造成罐内泄露，或者直接通过铝板和铝框架之间缝隙流入，或者通过压条凹槽流入节点铝盘，进而流入罐内，造成漏雨。



Figure 3. Sealing structure of A Supplier
图 3. A 供应商胶皮密封

3) 铝板折边结构



Figure 4. Aluminum sheet folding structure of A Supplier
图 4. A 供应商铝板折边结构

如图 4 所示，铝皮折边为简单直角不易胀紧，折边应再加折钩等，应为多折边结构更好。

4) 其它因素

密封橡胶条较薄，质量较差，不耐腐蚀及日常暴晒等，螺栓配套的橡胶垫圈质量较差，腐蚀老化较重。见图 5 所示：



Figure 5. Sealing and washer of A Supplier

图 5. A 供应商密封胶条及垫圈

2.3.2. B 供应商厂家产品

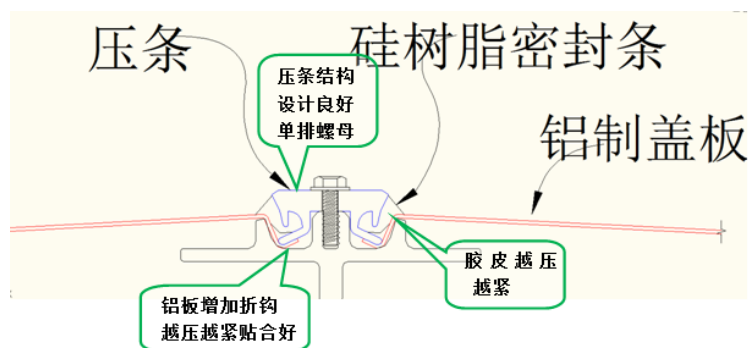


Figure 6. Typical joint design for aluminum dome sealing and connections of B Supplier

图 6. B 供应商铝拱顶典型密封及连接设计图

如图 6 所示，为 B 供应商铝拱顶压条结构的典型连接设计结构图。铝制盖板通过固定压条与结构框架梁相连，铝制盖板边缘的折边与结构框架梁上的凹槽相配套，起密封作用的硅树脂密封条与压条在制造厂内配套预制，现场安装时通过压条螺钉进行固定。

1) 压条结构设计科学合理

如图 6 所示，B 供应商厂家压条主结构设计科学，合理。综合考虑了对各个密封连接件、密封条、铝蒙板的连接及相互胀紧的交互作用，单个螺栓完全可以达到预期的胀紧密封咬合效果，螺栓越拧密封性越好越紧。

2) 铝皮蒙板的多折边结构

如上图所示，压条也采用单排螺栓进行连接固定，由于压条考虑了特殊的结构，随着螺栓的不断拧紧，铝板的多折边结构，在铝板折钩处越压越紧，铝板和铝框架贴合紧密，不易漏水。

3) 硅树脂密封条结构

如图 6 所示, 由于密封压条考虑了特殊的 U 型结构, 随着螺栓的不断拧紧, 硅树脂的密封结构, 在左右两侧密封条越压越紧, 密封条和压条、铝板贴合紧密, 不易漏水。

硅树脂, 是一种具有高度交联结构的热固性聚硅氧烷聚合物, 兼具有机树脂及无机材料的双重特性, 具有独特的物理、化学性能, 有很好的电绝缘性质, 耐温及防水的效果。其耐候性比一般的有机树脂好。因此, 在耐温、耐热及防湿处理保护表层的涂布上, 皆为理想的材料。

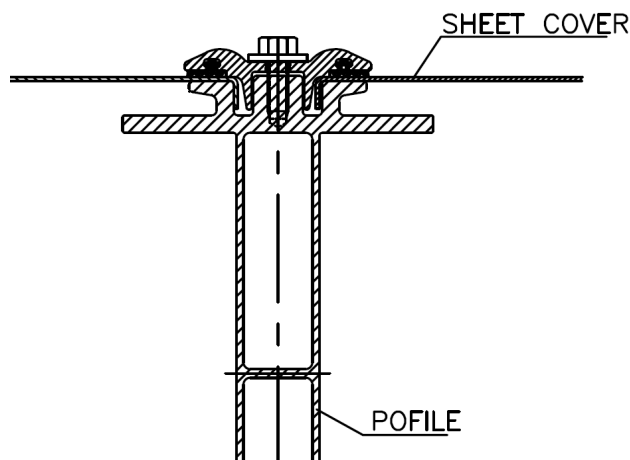


Figure 7. Laminated structure drawing of A Supplier

图 7. A 供应商厂家压条结构图纸



Figure 8. Laminated structure photo of A Supplier

图 8. A 供应商厂家压条结构照片

通过以上比对可以看出, 如图 6、图 7、图 8 所示, A 供应商厂家压条结构设计形式过于简单, 理想化, 并未充分考虑到胶条, 铝皮蒙板, 折边, 盖板等相互间的密封咬合作用, 存在潜在漏雨倾向等等, 而 B 供应商的压条及密封设计则科学合理, 满足施工要求。

经过工程的现场的实践证明, 即使按照厂家的现场指导, 严格按照流程对铝拱顶进行组装及喷淋测试, A 供应商厂家的铝拱顶部分节点处盖板依然存在漏水问题, 而 B 供应商厂家的铝拱顶则没有任何渗漏发生。

3. 施工(C)方面控制措施

除了从设计和采办方面,选择好的加工质量及优秀设计理念的产品之外,从施工方面,我们也必须遵循供应商厂家的指导,严格按照厂家说明及安装图纸进行施工,确保无渗漏发生。即使使用全球最好的铝拱顶产品,如果不严格按照厂家指导说明或者安装图纸进行,施工过程把控不严,质量管理过程疏于控制,那么最终也很可能会造成泄漏的情况发生。

3.1. 操作要点

总的来说,设计方面,供货商的铝拱顶的构件设计应当科学合理,不得有设计缺陷。其压条结构、密封胶条、铝框架凹槽以及铝浮盘的悬吊支撑构架应科学严密,易于论证。比如,密封条宜选择硅树脂密封胶条或者更优的材质,其兼具有机树脂及无机材料的双重特性,具有独特的物理、化学性能,有很好的电绝缘性质,耐高温及防水的良好效果。若为普通胶皮,造价低,质量差,暴晒及雨水易于腐蚀和老化,达不到长期的有效密封效果,容易漏水。

3.1.1. 铝顶框架组装

铝顶框架组装应严格按照铝顶厂家的指导顺序进行。在组装底圈张力环时,相互之间的连接板是临时加强连接板,主要用于铝顶提升,待铝顶提升到位后,将其替换成靴托架,安装铝顶支撑。

随着铝顶框架向中心靠拢,构件安装随之增高,为方便安装,可搭设移动式脚手架用于施工人员高空作业。

3.1.2. 铝顶盖板安装

铝顶盖板安装在铝顶框架组装结束后进行,从中心向四周进行,安装盖板时应注意:

必须确保支撑梁凹槽中无任何污垢和碎屑,并用丙酮液或酒精液进行清洗,以保证安装后的密封性。

覆盖板的铆钉只是定位用,强度很低,在盖板定位后不能在其上行走,必须尽快安装压条,并安装所有压条上的螺钉。

3.1.3. 压条安装

安装压条前必须认真清除压条和盖板连接处的浮土、碎屑以及压条螺丝孔内的碎屑,否则会严重危及压条和盖板连接结构的长期完整性,并导致密封不严。

安装压条螺丝钉时,螺钉头要完全紧紧固定在压条上,并使之完全进入压条。

将压条螺钉全部拧紧后,用橡胶榔头敲击压条,并用合适的力矩扳手再次紧固各个螺钉。

3.1.4. 铝顶提升

对于直径较小的小型铝制拱顶结构,一般采用罐外地面整体拼装,利用吊车整体吊装就位的方法进行安装[1]。而对于直径较大的铝制拱顶结构,由于单台或双台吊车吊装时的回转半径和吊装重量都难于满足安装要求,同时还容易产生较大的吊装变形,所以大型铝制拱顶通常采用在储罐内部(罐底板之上)拼装,整体成型后利用罐壁顶部设置的多组吊杆整体吊装[1],如图9所示,达到要求高度后安装罐壁顶部的支撑,最后回落到罐壁环板或角钢上的安装位置。

3.1.5. 铝顶支撑安装

待铝顶提升到最高处后,先将其中一个提升吊杆的钢丝绳摘下,拆掉提升吊杆和张力环上部临时节点板后,安装铝顶支撑的靴托架部分,然后在对称位置安装另一个靴托架,依次完成所有靴托架的替换安装。

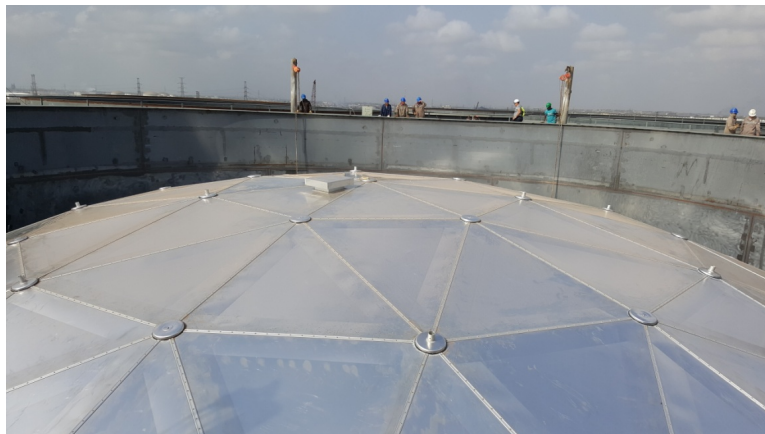


Figure 9. Aluminum dome in lifting
图 9. 铝拱顶提升中

3.1.6. 遮雨板安装

遮雨板安装的注意事项与铝顶盖板类似，但还应注意：遮雨板会在在靴托架的放射状中心线处重叠大约 25 mm，必须用密封剂在重叠处和整个遮雨板连接处密封。

3.1.7. 节点板盖安装和捻缝

节点板盖的作用是遮盖所有的螺栓孔和铝顶盖板、遮雨板的末端空隙，在捻缝后可为所有邻接的支梁、压条端部提供持续防护。由于各节点处是铝顶最容易产生泄漏的地方，因此在安装节点板盖和捻缝时一定要特别小心[1]。

首先用干净的纸巾沾上丙酮液或异丙基酒精使劲擦拭接触面，然后立即用干净的纸巾擦干。接触面必须保持干燥，并在清洁后 4 小时内捻缝[2]。

在安装节点板盖前先检查一下每根压条的末端，确认压条与节点板不重叠且压条垫圈已经修整过。然后将节点板盖直接扣在节点板上，固定在适当的位置，并在盖板的四周用密封剂封好。

在压条末端和节点板盖之间适当加力，用密封剂填住所有空隙，然后再用工具稍加力将密封剂涂抹在连接处的表面，并使用抹刀将密封剂抹在凹处，让连接处中间都抹上了密封剂。

最后用少量的密封剂涂抹在压条末端，均匀并平滑地过渡好。

3.1.8. 螺栓再紧固

在整个安装结束后，必须对压条螺栓进行一次再紧固，一般选用合适的力矩扳手依次均匀紧固所有螺栓。

3.1.9. 安装效果检查

螺栓再紧固结束后，对整个铝顶进行洒水试验，从罐内观察没有渗漏即为合格。根据 API650 [3]，洒水试验的压力为 350 KPa，因此，试验时须采取适当措施保证水压，一般可使用一台小型水泵放置到罐顶抗风圈上，对来自地面的净水再次加压后用于洒水试验。洒水试验应从下而上进行，以免水流影响试验效果。

3.2. 质量控制措施

质量要求：铝顶框架组装能够顺利合拢，无强制组装现象；铝顶滑动支座安装后有足够滑动间隙；铝顶天窗、吊装孔、防鸟网、静电接地等附件安装符合设计要求；铝顶各接缝、节点板盖等位置在 350 KPa

洒水试验条件下[4]无渗漏。具体质量保证措施如下:

- 1) 安装前认真研究厂家技术文件,并邀请供应商厂家代表共同参与编制安装程序,确保整个铝顶安装过程得到良好的操作性指导。
- 2) 向铝顶安装人员进行详细技术交底,交清质量要求,明确质量责任。
- 3) 安排专人负责对铝顶构件种类、数量进行清点,并根据设计图纸,按构件编号逐一发放,确保材料使用一一对应。
- 4) 建立分片负责及质量奖惩措施,杜绝接缝、节点盖板密封不严等质量缺陷的出现。
- 5) 积极和厂家代表进行沟通,及时了解安装细节要求。
- 6) 压条和节点盖板安装前应仔细清理和清洗,确保接合面的清洁。
- 7) 螺栓紧固时必须按照技术文件规定的扭矩值进行紧固。
- 8) 拱顶洒水试验压力必须在规定试验压力下进行,且要保证足够的时间。
- 9) 技术人员应坚守岗位,及时指导各操作、监控人员,并处理各种突发技术、质量问题。

4. 结论

综上所述,在国际 EPC 项目管理中,通常我们能看到结果,比如铝拱顶经测试漏水了,但是由于经验主义或者思维的局限性及差异性,可能无法达成一个对结果的全面认知及深入剖析,有可能造成错误的认知。因此,跳出思维框架,进行追本溯源的 EPC 全过程的项目管控点剖析,对关键性影响因素深入考证,才能得出更符合客观实际的事实和依据。因此,本文从科学的设计理念着手,严格采办选型及选商,对铝制拱顶的安装成效具有举足轻重的作用。同时,从施工方面,应严格按照厂家说明和设计图纸进行安装,特别是节点处盖板的有效密封以及严格的质量保证措施尤为重要,确保完工后的铝拱顶满足喷淋测试要求。该问题的提出及论证,对于未来类似的国际项目中铝拱顶漏水的预防,具有重要借鉴意义。

参考文献

- [1] 卫建良. 大型储罐铝制拱顶结构及施工[J]. 石油工程建设, 2004, 31(3): 51-53.
- [2] 倪志国. 浅析储罐铝合金拱顶的安装[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2013(15): 235.
- [3] American Petroleum Institute (2000) API Standard 650. Tenth Edition. Welded Steel Tanks for Oil Storage.
- [4] 蔡杭平, 许莉. 结构支撑铝制拱顶的设计及其工程应用[J]. 油气储运, 2001, 21(7): 13-15.