

The Sealing Performance and Application of the Film Type Flexible Floating Roof of the Storage Water Tank

Pengji Yuan

Datang Huainan Luohe Power Plant, Huainan
Email: ypjgl2003@126.com

Received: Jun. 12th, 2013; revised: Jul. 5th, 2013; accepted: Jul. 16th, 2013

Copyright © 2013 Pengji Yuan. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: The storage water tank of the unit 5 of Luohe power plant was sealed successfully with the film type flexible floating roof, after the advantages and disadvantages of some sealing methods used in the power plant to prevent the storage water tank from secondary pollution of CO₂ (including a little SO_x, NO_x and superfine particle) in the air were compared comprehensively. Thus, the secondary pollution of CO₂ in the air to the demineralized water was prevented effectively, and the qualified demineralized water supplied to units was ensured.

Keywords: The Storage Water Tank; Secondary Pollution; The Sealing Performance; The Film Type Flexible Floating Roof

储水箱膜式柔性浮顶的密封性能及其应用

袁鹏击

大唐淮南洛河发电厂, 淮南
Email: ypjgl2003@126.com

收稿日期: 2013年6月12日; 修回日期: 2013年7月5日; 录用日期: 2013年7月16日

摘要: 本文通过综合比较发电厂为防止大气中 CO₂(亦有少量 SO_x、NO_x 和微细尘埃)对储水箱中除盐水二次污染所采取的各种密封方法的优缺点, 引进膜式柔性浮顶密封技术, 成功地对#5 机组凝结水储水箱实施了封闭运行, 从而有效地防止了大气中 CO₂对除盐水的二次污染, 确保了向机组补充的除盐水合格。

关键词: 储水箱; 二次污染; 密封性能; 膜式柔性浮顶

1. 引言

超临界机组的补给水质量要求极为严格, 特别是要求电导率(25℃) ≤ 0.2 μs/cm (争取 ≤ 0.15 μs/cm)、SiO₂ ≤ 10 μg/l。

目前各大型火电厂制水系统的除盐水的电导率基本上都可控制在 0.10 μs/cm 以下。但高纯度除盐水本身的缓冲能力相当低, 火电厂周边环境是 CO₂ 和燃烧尘埃密集区, 若除盐水箱敞口运行, 极易受大气 (CO₂ 及尘埃)污染。

众所周知, 大气中的 CO₂ 进入除盐水会生成碳酸 (CO₂ + H₂O = H₂CO₃)。为调节除盐水的 pH 值, 通常向除盐水中加入氨水。CO₂ 与氨接触, 则生成碳酸铵类化合物 (CO₂ + H₂O + NH₃ = NH₄HCO₃, CO₂ + H₂O + 2NH₃ = (NH₄)₂CO₃)。这很难通过物理方法去除。如采用真空或热力除气器, 可将水中氧含量降至 10 μg/L 以下, 但却不能将水中的二氧化碳含量降至 2 mg/L 以下。这些碳酸化合物一旦进入火电机组的热力系统, 会分解并产生 CO₂。

因此,溶入了大气中 CO_2 及尘埃的除盐水进入热力系统后,会直接污染热力系统的水汽品质,增加受热面结垢、积盐和腐蚀的速率。尤其是碳酸盐含量高的过热蒸汽进入汽轮机后,在汽轮机尾部(初凝区)的初凝水中, CO_2 的含量增加,会造成汽轮机尾部的通流面严重腐蚀和积盐,直接威胁汽轮机的安全经济运行。值得一提的是, CO_2 溶入高纯度除盐水随之扩散,不但使其电导率迅速增加,而且导致其 pH 值不断下降,直至相对平衡为止。此时除盐水的 pH 值便会由 6.8~7.0 下降至 6.5~5.5 左右。为防止低 pH 值及含二氧化碳的除盐水对热力系统的腐蚀,势必要增加机组的给水加氨量,这样不但增加药品费用,而且还带来一些副作用,如二氧化碳与凝结水中的氨生成碳酸铵类化合物,对于 300 MW 以上带有凝结水精处理装置的机组,就要增加凝结水精处理混床的负担,缩短其运行周期,增加再生剂耗量,同时还导致精处理混床提前泄漏 SiO_2 ,影响混床的出水品质。

因此,应采用切实有效的措施对除盐水储水箱进行密封,以保证除盐水能用作补给水^[1-3]。

2. 储水箱密封方法

大多数发电机组的除盐水储水箱,设计时都考虑了密封问题。目前国内外已运行的发电机组的除盐水储水箱采用的密封方法大体有以下几种^[1,4-6]。

2.1. 泡沫塑料浮顶密封法

该法系引进日本技术,在少数电厂使用过,效果比较理想。但该法对水箱筒体内壁尺寸要求十分严格,要求:1) 内径从上到下基本一致,且内圆不得呈椭圆状;2) 内壁光滑无阻挡;3) 筒体上下垂直度偏差不大。由于国内机组所配套的除盐水储水箱很难满足上述要求,因而大多数电厂对该法爱莫能及。

2.2. 塑料小球密封法

塑料小球密封法是在水面上覆盖单层或多层塑料小球,隔绝箱内水面与空气的接触,以达到保持水质的目的。最初的小球是圆形实心的,由聚丙烯材料制成,密度为 0.91 kg/m^3 左右。由于运行时大部分小珠已沉入液体中,故覆盖率不尽理想。理论上只有当圆球的密度是覆盖液体密度的 0.5 倍时,覆盖率才最

大。为提高覆盖效率,现已经研发了第四代产品--带边覆盖球、正六角形覆盖球、大球套小球等,目的是解决圆球相切后的空隙问题。第四代产品在设计上解决了圆球与圆球之间的空隙问题,理论覆盖率达到 95%以上,但在实际运行中仍存在较多问题,如放置数量计算问题、球体形成的覆盖层的外径与箱体内径的封边问题、容器的形状问题等,所以第四代产品也几乎不可能达到设计中的“最佳排列”。另外,如果液面不是静态的,即液面波动会引起球本身的运动,从而引起除盐水水质的波动;水位过高或过低时易发生跑球现象。

塑料小球密封法目前在我国有部分电厂在采用,优点是:工艺简单,便于清扫;缺点是:密封效果不尽理想,难以保证水质。

2.3. 碱液呼吸器密封法

碱液呼吸器密封法是将除盐水储水箱加装一套密封呼吸系统。密封呼吸系统由呼吸器和水封组成。呼吸器的工作原理是:外界的空气受除盐水储水箱内部液位下降所形成的负压作用进入水箱,但在进入水箱前先通过吸收液;设计使用的吸收液为 30% 的 NaOH 碱液,NaOH 与空气中的 CO_2 发生反应生成 Na_2CO_3 和水。水封的工作原理是:水箱进水时水箱内空气通过水封排向大气,但水箱吸气时外界大气不能通过水封进入水箱,也就是说水封实际上是水箱的排气装置。除盐水储水箱呼吸器及水封部分根据除盐水储水箱有关参数,并结合现场设备实际布置情况来设计,对除盐水储水箱水渗漏点进行封堵^[7]。

洛河电厂#1~4 除盐水箱采用了该法密封,该法的优点是:空气隔离效果好;缺点是:水箱彻底密封较困难,运行异常时可能发生水箱吸瘪(如洛河电厂#1、2 除盐水储水箱顶部吸瘪较严重)或碱液吸入水箱的现象,冬季应有防止碱液结晶措施。

2.4. 橡胶气囊浮顶密封法

橡胶气囊浮顶密封法,是根据水箱形状设计的一橡胶气囊,充入气体浮在水面上而隔绝空气。此法的优点是:隔离效果好;缺点是:由于水箱体积庞大,大型气囊加工工艺较复杂,同时气囊长期使用后易发生老化龟裂。国内采用橡胶气囊浮顶密封法的机组较

少。

2.5. 充氮密封法

充氮密封法是向水箱上部空间充入并维持一定的氮气压力，使水箱内水不与外界空气发生接触，以防止空气污染。该法在国外电厂应用较广，优点是：对除盐水能起到良好的密封作用；缺点是：水箱必须彻底密封，供氮系统应能精确自动控制，以防止水箱内压力过高或过低，造价及运行费用高。

2.6. 组合式浮顶密封法

组合式浮顶密封法是在水箱内加一套浮顶，使箱内水面与空气隔开。浮顶像活塞一样，随着水箱水位的下降或上升而浮动，从而达到防止箱内水质劣化的目的。

常见的组合式浮顶主要是软浮顶，该浮顶包括不透气的柔性膜、上压环、下压环、浮环(浮块)、底压环，以及用于密封周边的密封环，柔性膜和密封环位于上压环和下压环之间，有螺栓(螺丝)穿经所有环体及柔性膜，将它们连接成整体。其主体覆盖物是一层具有足够强度和气密性的膜，使气液两相隔绝，膜下固定的浮环(浮块)使得浮顶浮于液面。

此法优点是：基本解决了液面密封问题，效果较好。缺点是：只适用于直立式圆柱形或方型贮存设备，不适用于球型和卧式圆柱形设备；由于它的形状及大小固定，对于采用搭焊而非对焊制作的大型贮存设备和内壁形状不规则的设备，易发生部分液面浮顶覆盖不到或浮顶卡涩现象；设备检修时，需将该浮顶整体拆除，且难以重新恢复；浮顶密封环有一定的强度，与设备内壁长时间发生摩擦后，直接影响内壁涂层或防腐层的使用寿命。

2.7. 膜式柔性浮顶密封法

膜式柔性浮顶是一种新型柔性浮顶，由一层单体膜组成，适合于大型除盐水储水箱、浓酸槽、浓碱槽中液体的覆盖。具有覆盖效率高、安装方便、免维护、使用寿命长、对设备形状及结构适应性强、价格低廉等特点^[8]。洛河电厂#5 机组小修时对凝结水储水箱加装了膜式柔性浮顶。

图 1 为膜式柔性浮顶俯视图，图 2 为膜式柔性浮顶的 A-A 剖面图，图 3 为浮顶角料正面图，图 4 为浮

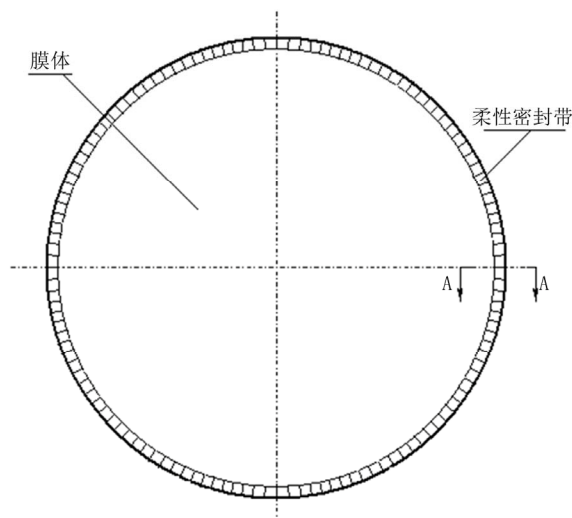


Figure 1. The overlooked photo of the film type flexible floating roof

图 1. 膜式柔性浮顶俯视图

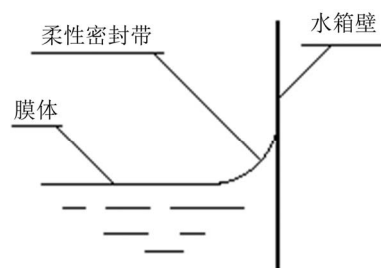


Figure 2. The A-A profile of the film type flexible floating roof

图 2. 膜式柔性浮顶的 A-A 剖面图



Figure 3. The front view of floating point angle

图 3. 浮顶角料正面图



Figure 4. The sideview of floating point angle

图 4. 浮顶角料侧面图

顶角料侧面图。

3. 单层膜式柔性浮顶密封法的特点^[8-10]

3.1. 材质性能优异

膜式柔性浮顶材料由航空材料改进而成，是一种长链有机高分子合成材料，密度低，延展性和回弹性好，湿阻因子 > 4000，具有优异的抗水气渗透能力，热传导系数低，耐温范围广(-50℃~90℃)，性能稳定，有卓越的耐气候、耐酸碱、不易老化和变形、免维护等特性，特别是在水、酸、碱等介质中不存在溶解或小分子析出现象，非常适合用作液体(水、酸、碱)贮存设备的液面覆盖材料。

3.2. 覆盖效率高，适应性强

制作单层膜式柔性浮顶时，要求膜面积比贮存设备内液体表面积略大，浮顶四周同贮存设备内壁相接触部分为柔性膜本体，以增强浮顶的覆盖性，浮顶的实际覆盖效率可达到 99.5%以上。

因为膜体柔软，延展性好，当设备内液面发生变化(上下波动)时，柔性膜本体可以随之发生改变，保持与设备内壁的良好接触，不与设备内壁发生摩擦和不损坏贮存设备内表面的涂层或防腐层；对于表面加工不规则的贮存设备，或采用搭焊方式加工的大型贮罐，柔性膜具有良好的适应性，能随液面的形状发生改变，达到良好的密封状态。所以，单层膜式柔性浮顶对设备形状及结构适应性强，它不仅适用于目前广泛应用的直立式圆柱型罐体，而且对卧式圆柱型、球型、方型等各种不同形状的液体贮存设备同样适用。

3.3. 安装简单，运行安全稳定

单层膜式柔性浮顶安装简单方便，因为浮顶是由单层膜本体构成的一个整体，安装时只需液体贮存设备的进液口在底部即可；全部部件从设备人孔门运入，在设备底部进行安装，无需动力切割、焊接、吊装等设备，无需支架；浮顶适合任意大小的液体贮存设备，当设备形状不规则时，可根据设备实际情况在安装时进行自由调节。

单层膜式柔性浮顶运行安全稳定，因为单层膜式柔性浮顶是一整体，无易脱落的零配件，且浮顶与设备内壁只产生柔性连接，能上下自由浮动，无卡涩、

撕裂的可能，无虚假液位现象产生的可能。

3.4. 免维护、方便设备检修

单层膜式柔性浮顶是一个有机高分子材料整体，结构简单，膜材质柔性大、回弹性好，因而本身免维护；设备检修时，可以在设备内部将浮顶卷起叠放，对设备检修无影响，检修结束后，将浮顶展开即可。

4. 凝结水储水箱密封后的储水水质、给水加氨量、精处理运行情况变化

4.1. 凝结水储水箱出水电导率变化

洛河电厂#5 机组凝结水储水箱是机组补充用除盐水的缓冲水箱，储水来自除盐水箱，通过除盐水泵输送。因基建时未安装密封装置，因此之前凝结水储水箱内储水一直超标(见表 1 中 4 月份数据)。2011 年#5 机组小修时加装了膜式柔性浮顶，于 2011 年 05 月 04 日正式投入运行。膜式柔性浮顶投入运行后，对储水箱内储水的电导率进行了监测，部分监测数据如表

Table 1. The conductivity of the condensated water before and after sealing the storage tank (25℃)
表 1. 凝结水储水箱密封前后内部储水的电导率(25℃)

日期	时间	出水电导率 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	日期	时间	出水电导率 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
04.01	9:00	0.411	06.01	9:00	0.121
	21:00	0.454		21:00	0.143
04.09	9:00	0.397	06.06	9:00	0.209
	21:00	0.357		21:00	0.150
04.16	9:00	0.338	06.11	9:00	0.145
	21:00	0.292		21:00	0.126
04.19	9:00	0.326	06.16	9:00	0.135
	21:00	0.270		21:00	0.178
04.23	9:00	0.296	06.21	9:00	0.136
	21:00	0.267		21:00	0.168
05.05	9:00	0.198	06.26	9:00	0.183
	21:00	0.146		21:00	0.215
05.11	9:00	0.153	07.01	9:00	0.181
	21:00	0.135		21:00	0.152
05.16	9:00	0.139	07.06	9:00	0.161
	21:00	0.152		21:00	0.142
05.21	9:00	0.163	07.11	9:00	0.106
	21:00	0.153		21:00	0.129
05.26	9:00	0.167	07.16	9:00	0.142
	21:00	0.100		21:00	0.145

1. 由表 1 可知, 经过两个月的运行考核(2011 年 05 月~07 月), 凝结水储水箱内储水的电导率, 密封后的比密封前的明显小, 基本上与除盐水箱出水的电导率持平, 满足向机组补充合格除盐水的要求(25℃时电导率 $\leq 0.2 \mu\text{s}/\text{cm}$)。

4.2. 给水加氨量的变化

洛河电厂#5 机组的给水 pH 值是通过自动加氨控制的。在自动加氨控制条件(特别是给定的给水 pH 值)没有改变的情况下, 比较了#5 机组凝结水除盐水箱密封前后给水的加氨量, 发现#5 机组凝结水除盐水箱密封后, 给水加氨量有一定程度的降低。原因是#5 机组凝结水除盐水箱密封后, 储水中的 CO_2 减少了。补充水中 CO_2 减少, 给水的加氨量当然降低。

4.3. 凝结水精处理运行情况的变化

洛河电厂#5 机组的凝结水实施 100%精处理。通过比较凝结水除盐水箱密封前后#5 机组凝结水精处理混床的运行情况, 发现#5 机组凝结水精处理混床的运行周期延长了、年再生次数减少了, 周期制水量也略有增加, 还降低了酸碱耗。原因是#5 机组凝结水除盐水箱密封后, 补充水中 CO_2 减少了, 给水的加氨量降低了, 高速混床的周期自然延长。高速混床的周期延长, 还可减少混床漏 SiO_2 的机会, 提高出水质量。

5. 单层膜式柔性浮顶密封法的相关注意事项^[8]

1) 安装时浮顶原材料由水箱人孔放入水箱内部(如图 5)。放入时要小心, 不要接触尖锐物体, 以防划破。

2) 浮顶安装最好在除盐水箱内部进行安装剪裁(如图 6), 要注意保持水箱内部干净, 进入内部安装的人员要求脱去鞋。

3) 安装完毕后单层浮顶与水箱内壁应严密接触(如图 7), 水箱进/出水管均应在底部, 进水管应加装一弯头, 管口朝下(如图 8)。

4) 水箱检修时, 浮顶可成为一张单层膜状卷起, 检修完毕后再摊开, 且确保浮顶搭在进水弯头上方, 先缓慢进水, 直到水位到进水管上方时可全开进水阀。



Figure 5. Raw materials of the floating roof put in the demineralized water storage tank from lower part of the tank manhole
图 5. 浮顶原材料由水箱下部人孔放入水箱内部



Figure 6. Install clipping in the demineralized water storage tank
图 6. 水箱内部进行安装剪裁

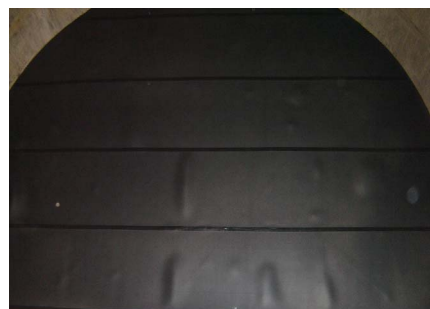


Figure 7. The film type flexible floating roof of the demineralized water storage tank (the overlooked photo)
图 7. 除盐水储水箱膜式柔性浮顶(俯视照片)



Figure 8. The inlet pipe elbow of the demineralized water storage tank (the overlooked photo)
图 8. 除盐水储水箱进水管弯头(俯视照片)

6. 结论

1) 单层膜式柔性浮顶密封的系统简单, 工艺明

了,运行可靠,维护量小,投资少,效益高,适合推广。

2) 大型除盐水储水箱经加装单层膜式柔性浮顶密封、实现密闭运行后,可确保向机组提供合格的除盐水,一定程度上降低给水加氨量、延长高速混床的周期、减少混床漏 SiO₂ 的机会,提高出水质量。

参考文献 (References)

- [1] 张广文,潘春生. 火电厂除盐水箱密封问题的探讨[J]. 东北电力技术, 2002, 23(4): 37-39.
- [2] 王昶,郭春,陈文俊. 除盐水箱出口水质劣化的原因分析及处理[J]. 内蒙古电力技术, 2004, 22(3): 22-24.
- [3] 王建东. 除盐水箱水质下降原因分析及解决方法[J]. 江苏电机工程, 2004, 23(2): 55-56.
- [4] 李长志. 除盐水箱密封装置的优选与密封改造[A]. 中国电厂化学网 2009 高峰论坛会议论文集[C], 2009, 10: 307-310.
- [5] 汤舟虹. 火力发电厂除盐水箱密封技术探讨[J]. 贵州电力, 2012, 8: 15-17.
- [6] 于佰俭,杨宏伟,郭立,姚婷. 我国非金属浮顶的研究进展[J]. 当代化工, 2012, 41(10): 1-4.
- [7] 沈栋进,卜新方. 除盐水箱 CO₂ 碱液吸收密封方法[J]. 华东电力, 2003, 31(3): 44-46.
- [8] 张铁铸. 除盐水箱膜式柔性浮顶的密封性[J]. 工业水处理, 2010, 9: 87-89.
- [9] 田继红. 单层膜式柔性浮顶[P]. 中国专利: 200520096791.9, 2006-11-01.
- [10] 唐复全. 除盐水箱密封试验[J]. 湖北电力技术监督, 1998, 10(1): 1-2.