# N1GGR 主油箱内部涂层失效原因分析

**事件描述：**

10 月 29 日技术人员在进行现场巡查时，发现 N1GGR 两个主油箱中的一个油箱内部涂层开裂、脱落比较严重，不符合使用要求，工程公司随即要求山东电建发不符合项报告（NCR），并与东汽现场代表联系，由东汽出处理方案及补供油漆。

**失效情况描述：**

N1 两个 GGR 主油箱到厂安装后，其中一个主油箱内部的防腐涂层出现大面积脱落、起泡现象，如图 1 和图 2 所示。



图 1. GGR 主油箱内部底板涂层脱落



图 2. GGR 主油箱内部顶板涂层起泡

从图 1 可以明显看出，主油箱内部底板上的防腐涂层出现大面积开裂及脱落现象，脱落处暴露出碳钢基体，且基体已出现了锈迹。而位于主油箱内部顶板处的涂层起泡现象严重，特别是在竖壁与顶板焊缝处，起泡面积较大，气泡边缘有清晰的收缩尾纹，且部分气泡已有破裂，如图 2 所示。

**涂层失效原因分析：**

通过对现场涂层失效情况的进一步调查，结合所用油漆的技术特性，该涂层失效原因可从以下几方面考虑：

**1. 涂层的选用问题**

1.1 油漆性能

通过与东汽的进一步联系获知，该 GGR 主油箱内部所用防腐涂层为 Hempel 45080 环氧底漆（灰白色，50μm）+Hempel 55210 聚氨酯面漆（乳白色，50μm）体系。Hempel45080 是一种厚浆、改性、双组份环氧漆，固化形成的漆膜具有良好的抗水性，抗矿物油和脂肪族碳氢化合物的溅污性，良好的耐磨损、耐撞击性。对芳烃、强溶剂，酸和氧化材料具有一定的抵抗力。Hempel55210 是一种双组份、半光丙烯酸聚氨酯涂料，使用脂肪族异氰酸酯固化，漆膜具有良好的保光保色性。施工表面要求清洁、干燥且温度高于露点以免凝露。尤其是重涂间隔较长时，应用适当

的清洁剂清除表面一切污物、油脂等。用淡水洗净表面的盐迹，以确保漆层间的附着力。

1.2 涂层体系

根据 ALSTOM 公司提供的 STV JG0005A、IBV VE2002C 及 IBV V34001A 等规范，轴承箱、轴承、低压缸轴承座及油箱等部件的油接触表面采用 Hempel 45080 环氧底漆+Hempel 55210 聚氨酯面漆体系进行防护。据东汽与 ALSTOM 的沟通可知，ALSTOM 的多个项目的油箱等部件内表面均采用了该体系进行防护，因此该套涂层体系从实际应用及配套的科学性来说是符合工程要求的。另外，经过对出现涂层失效的主油箱内壁进一步检查时发现，失效部位仅出现在内部底板及顶板处，而竖壁部位涂层性能良好（除预留的管线接口处），如图 5 所示，说明底漆及面漆的配套方案可以达到要求。



图 5. GGR 油箱内壁涂层状况

**2. 施工质量问题**

现场进一步调查发现，该油箱内壁涂层的失效形式主要有四种，分层/剥落、起泡、针孔、桔皮，如图 6~9 所示。



图 6.



图 7.



图 8. 内壁顶部针孔



图 9.

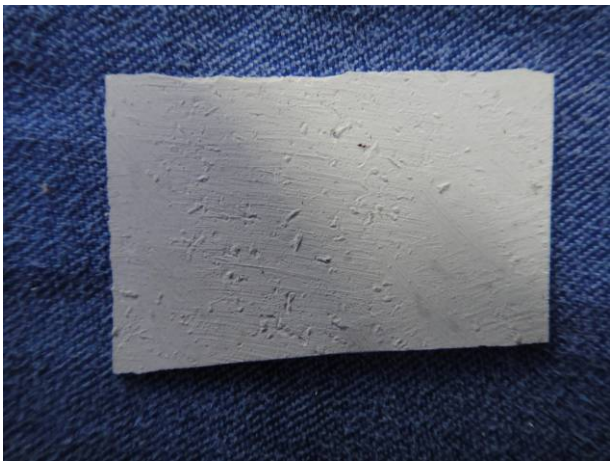
2.1 分层/剥落

该油箱内部底板处涂层出现大面积分层/剥落，已暴露出碳钢基体，涂层底漆和面漆同时剥落，这是由于底漆与基材之间的附着力不足所造成的，主要原因有：

- 碳钢基体表面处理不合理；

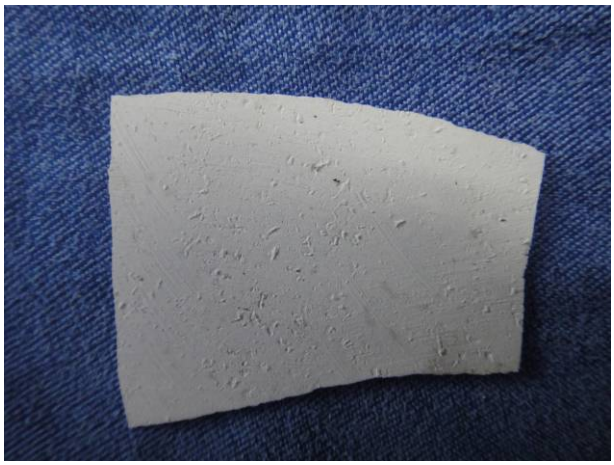
按照 GB50393-2008《钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范》及 Hempel45080 油漆施工要求，施工前应对基体表面处理到 Sa2.5 级，从对现场剥落涂层底部基体进行检查发现，基体表面处理不均，粗糙度各异，且剥落严重的部位，基材上存在大量蜂窝状小坑，这可从脱落的内涂层底部纹理看出，如图和图所示；





- 基体或者内涂层受到污染；

基体表面清洁度不够（例如油污、水份、盐渍等）或者底漆与基体附着面受到污染也将直接影响到涂层与基材的附着力，对现场暴露的基体表面及脱落涂层底部进行检查发现，基体上存在少量油污，用手可以直接触摸到。另外，脱落的内涂层底面上有少量污染物存在，如图所示



由此可见，油箱内部底板处涂层的大面积脱落的一个主要原因是涂装前碳钢基体表面处理未达到要求，表面粗糙度及清洁度均存在问题。

2.2 起泡

起泡是与涂层附着力相关的最常见的涂装缺陷之一，其形态有时为干燥泡状，而有时则充满液态物质。起泡有大有小，多成半球状。尺寸通常取决于涂层与底材或者相邻涂层间的附着程度，以及内部气体或者液泡的压力。

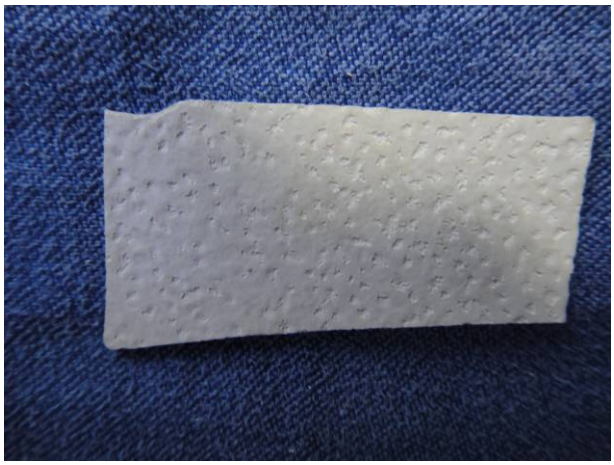
对现场起泡处的涂层进行检查发现，气泡内无液态物质，且体积较大。气泡发生在底漆与面漆之间，如图所示



对于该涂层起泡的成因，可有以下几方面：

- 被覆涂层受到水溶性盐分的污染。没有任何涂层系统可以确保 100%防水，因此潮气可能透过涂层将可溶性盐分溶解形成溶液，这些高浓度溶液中的压力会造成起泡。
- 涂装间隔过长，导致底漆表面受到污染（诸如：油脂、石蜡、灰尘等等），从而削弱了涂层间的附着力。
- 涂层间溶剂的挥发。滞留的溶剂可增大涂层的吸水性和涂层间的水分转移，由此形成起泡。

从对现场起泡处涂层的取样发现，起泡涂层的内表面有很多小气孔，如图所示。参考 Hempel 55210 技术手册，施工时采用无空气喷涂。喷涂时先雾喷一道 Hempel 聚氨酯面漆 55210，2-15 分钟后，再喷涂至完整膜厚形成均匀漆膜。在任何情况下都要求表面绝对清洁，以确保漆层间的附着力。尤其是重涂间隔较长时，用适当的清洁剂清除表面一切污物、油脂等。用淡水洗净表面的盐迹。由此可知，起泡的主要原因为溶剂挥发过快形成的干起泡。



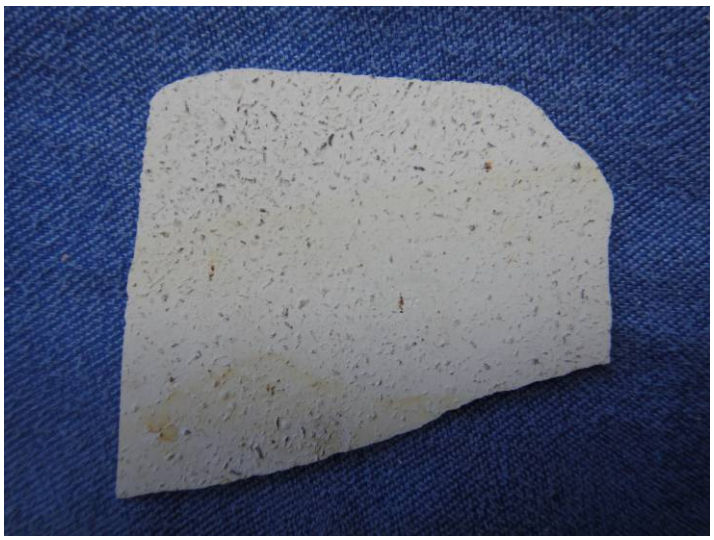
针孔

采用错误的喷涂技术，诸如气压过高、漆膜过厚、风力过强（过于通风）以

及施涂距离过长，可能会产生开裂、针孔和气孔。如果这种情况在漆膜中显而易见，请检查喷涂设备以保证正确的压力及喷嘴规格。漆膜中的针孔也可能是由于过量喷涂所造成。如果漆膜过厚，漆层中会夹带空气。逃逸的空气将产生针孔，导致其后发生微小锈蚀。随后侵蚀针孔周围的涂层。



针孔处涂层取样正面



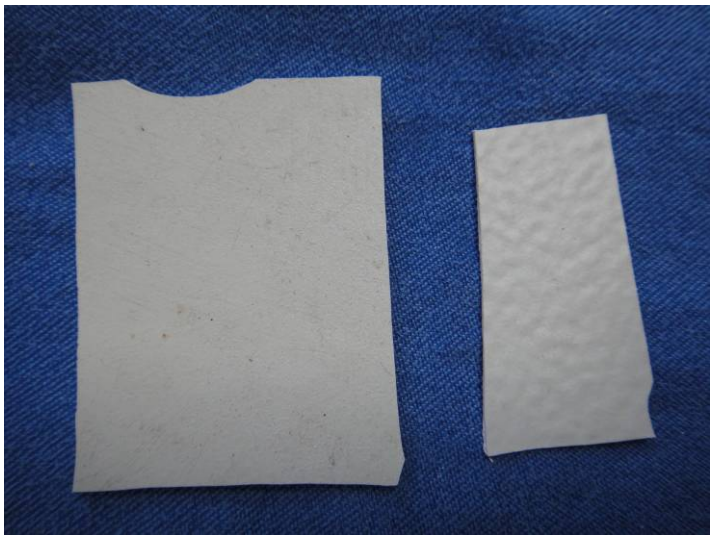
针孔处涂层取样背面

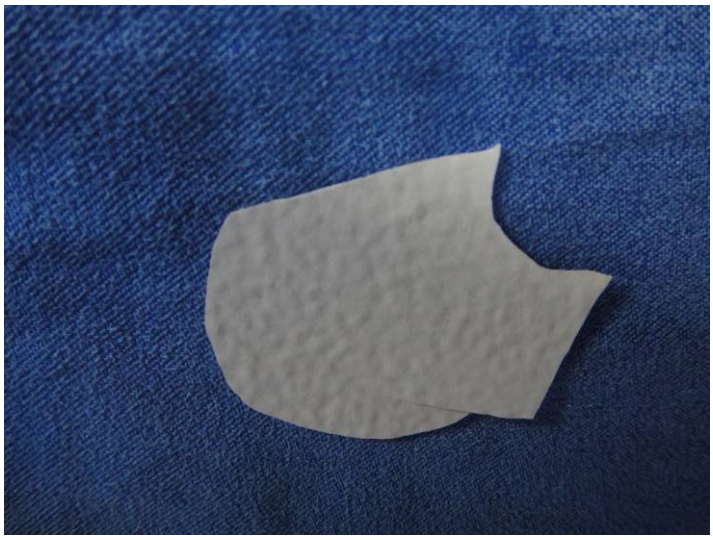
2.3 桔皮

涂层表面出现细小的卵石状或涟漪状纹理，类似于桔子皮。其原因为：

- 由于空气压力不足造成的不恰当雾化
- 喷嘴距离底材表面过近。
- 溶剂挥发过快。

桔皮通常为装饰性缺陷。





桔皮处涂层取样正面



桔皮处涂层取样背面

**失效模式**

通过上述对该涂层四种失效形式的分析，该油箱内部涂层的失效原因可总结为以下几方面：

1. 碳钢基底表面处理不当；
2. 涂料本身附着力不好；
3. 固化剂加得太多；
4. 涂膜太厚；
5. 耐液性能不好；

**失效原因分析：**

直接原因：

根本原因：

**纠正措施建议：**

**后续管理方案：**

**总结：**