

水泥系统流化板安装及卸货系统效用

董祥东

中国船级社实业有限公司南京分公司，江苏 南京 210015

DOI:10.61369/ETQM.2025090016

摘 要： 本文通过对水泥系统卸货系统中的流化板安装及过程控制进行分析，介绍前期结构开孔、中期安装、后期调试的相关注意事项，为整体质量控制做好铺垫，避免系统使用中出现大的质量问题。

关 键 词： 流化板；空气管；数切开孔；定位安装；橡皮垫片；密性检查；系统效用

Installation of Fluidisation Plates and Unloading System Efficiency in Cement Systems

Dong Xiangdong

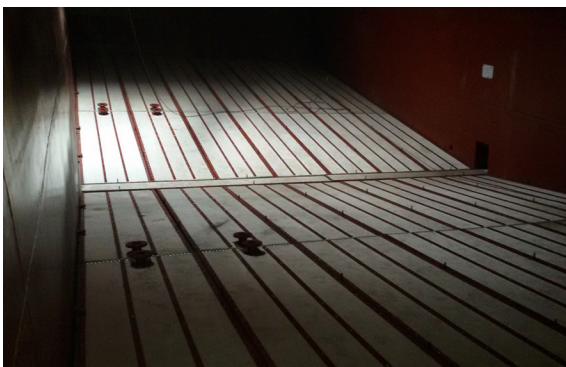
China Classification Society Co., Ltd. Nanjing Branch, Nanjing, Jiangsu 210015

Abstract： This paper analyses the installation and process control of fluidisation plates in cement system unloading systems, introducing key considerations for preliminary structural openings, mid-term installation, and post-installation commissioning to lay the groundwork for overall quality control and prevent major quality issues during system operation.

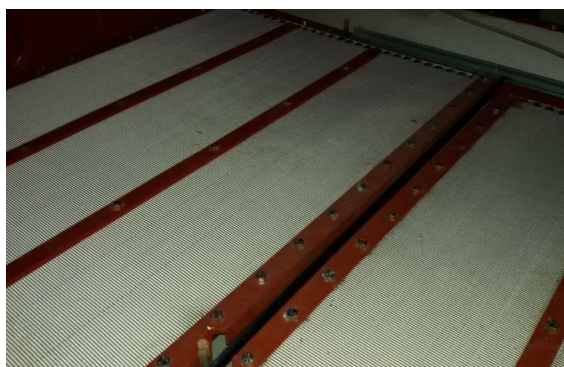
Keywords： fluidisation plates; air pipes; numerical control cutting; positioning installation; rubber gaskets; airtightness testing; system performance

引言

水泥运输船是专用船舶，相关系统及配套根据水泥的特性进行设计，经过在南京金陵船厂为太古集团建造的9000T水泥船的施工经验。将水泥系统关键性的流化板系统安装进行梳理分析。流化板是将散装水泥从静态堆积在货舱内，转变为流动状态的从而流向码头储藏罐内的关键性舾装件。他既要承载装载的散装水泥的重量，又是需要专用空压机产生的压缩空气通过系统管路达到流化板，然后经过流化板上的特殊材质的面板将压缩空气平均分配到整个面，这样散装水泥就被压缩空气吹起成流体状；然后流经水泥泵再经水泥泵及卸货管路的压缩空气吹响码头。



货舱内流化板的整体布置



流化板上特殊材质的表面

一、流化板的保管及转运

1. 由于流化板表面的特殊尼龙织物需要禁火、禁水、禁油及紧碰撞。因此保存需专用室内场地，且外部使用防水膜进行全包裹进行防潮^[1]。

2. 转运吊装注意起吊点，避免因起吊受力导致流化板变形，

转运时尽量使用厂家来货的托盘整体吊装转运。吊装上船后尽快转运进货舱避免露天摆放^[2]。

3. 对厂家到货的流化板进行抽检，确认到货批次，到货的货舱编码，并与图纸进行核对，为船上的空气管开孔及定位螺栓之间距离尺寸核对做好基础，同时领用时严格按照到货货舱编号领用，并根据当天的工作量合理规划领用数量。

4. 相关转运、调运、舱内转运、扩孔、定位螺栓修改工具、油漆修补等相关工作的前期准备^[3]。由于流化板表面紧碰撞因此吊带使用尼龙带，由于舱内甲板有斜度无法使用工装进行转运因此只能使用人工转运，人员的准备需要10人左右。

5. 流化板的领用及安装应有专人负责，做好每个流程的组织护理，并对领用及每天的工作进行统计。

二、流化板安装货舱内底板的开孔

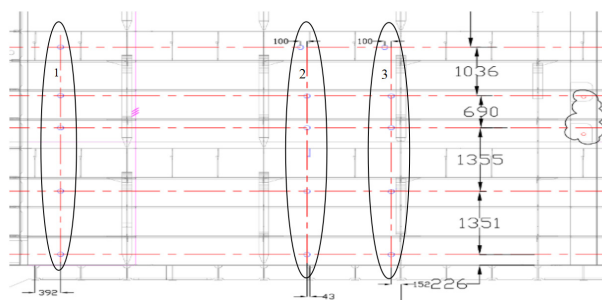
因为流化板的下方有压缩空气系统的管路接头，需要从货舱内底板开孔内插入到货舱下方的空舱内。为保证每块流化板顺利平铺安装不出现互相干扰、打架的现象，内底板的开孔坐标至关重要^[4]。

1. 纵向开孔：根据图纸开孔尺寸确认1处孔的开孔位置与图纸一致，然后根据1来核对2的位置，根据流化板的图纸以及开孔的图纸可以看出这两个孔之间的距离（流化板上1、2两个孔在同一块流化板上，因此这两个孔之间距离与图纸一致，流化板就能顺利安装到位^[5]。（注意：不同的流化板两者之间的距离不同，要提前根据图纸或流化板的尺寸进行确认，有两种尺寸一种3715mm，一种3815mm）。3孔根据开孔图进行核对，孔的最大误差可以参考厂家提供给的误差范围，不同的水泥系统厂家有不同的要求，要提前与厂家沟通^[6]。

2. 横向开孔：货舱内底板左右方向的开孔应提前根据货舱整体横向尺寸进行布局，根据图纸进行核对分段建造时的数切开口尺寸，考虑流化板安装的空间留有一定的余量，确保安装尺寸及安装空间。

3. 内底板开孔可以提前数切，但是在分段装配建造过程中应做好精度控制^[7]。后期安装过程中如出现开孔位置无法安装流化板可以根据厂家建议对开口进行扩大，但扩大尺寸应符合厂家资料要求，避免运营中出现流化板位移，导致水泥从孔内扩散到下方空舱内导致水泥污染。

4. 所有现场扩孔或者现场破坏货舱内底板油漆的位置应及时进行涂装修补，确保整个货舱的尤其完整性，因为涉及到货舱底部的空舱，空舱内还有流化板空气管的安装，待相关安装工程结束后应对这些舱室进行涂装修补并进行完工验收。



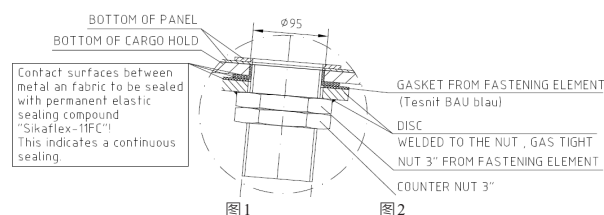
三、流化板的系统安装

1. 根据厂家技术交底的安装顺序建议，从最远端角度一块开

始安装（领用时就要根据图纸编号领用转运到现场），由于第一块流化板两端都有空气管，因此前期数切孔及定位螺栓件相互尺寸检查很重要。若流化板上空气管无法放到孔内，那就需要根据厂家的最大扩孔10mm要求进行扩孔，大于10mm就需要对孔进行长肉确保管子与甲板之间间隙不超过13mm，否则后期系统使用时会出现水泥从此间隙流到下方空舱的现象^[8]。

2. 流化板放置到甲板上要做到与甲板贴合，不能有间隙，固定流化板用的螺栓应根据流化板放置的位置现场定位烧焊再内底板上，且焊接后进行油漆修补，确保内底板油漆的完整性。螺栓使用8.8级螺栓采用双螺栓形式并设有防松垫片，且固定螺栓要双螺母并且根据螺栓扭力要求进行扭力紧固^[9]。

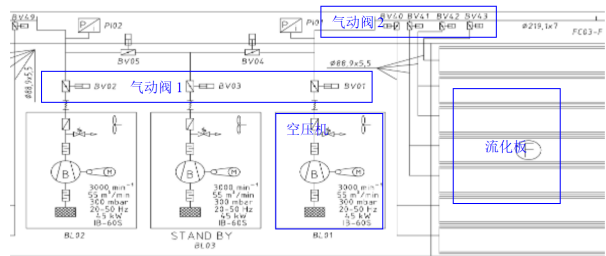
3. 流化板安装固定到位后就可以进行下方空气管与甲板间隙封堵的作业了，根据厂家图纸及工艺要求将间隙内用厂家提供的硅胶填充，之后为厂家提供的普通硬质垫片，然后硅胶涂抹之后为盖板压紧再用锁紧螺帽锁紧即可（下图1）。（厂家提供的工艺存在泄漏隐患，在后期运营中出现了大量水泥泄露到下方空舱的售后问题。根据现场实际情况以及船东的运营经验，经过与厂家沟通对此安装工艺进行优化。将流化板安装后使用硅胶填充空气管与孔之间的间隙，然后将GASKET FROM FASTENING ELEMENT更换为有压缩量的橡皮，且增加一块面积比下方由令接头稍大的钢制垫片用于压紧橡皮。橡皮与船体结构之间涂抹硅胶用于密封，橡皮有补偿量会补偿货舱水泥重量带来的压缩，同时在运营过程中定期对由令接头进行收紧，这样一段时间后流化板就固定在有水泥重压的位置，散装水泥就不会从内底板孔与流化板空气管之间的间隙泄漏（下图2）。整改后经过船东运营验证此方式大大减少了水泥的泄漏，满足运营要求。）



4. 待压盖锁紧之后就可以安装空气管的油令接头了，根据现场服务商意见此油令接头应该使用麻绳加专用油漆混合使用，这样能保证密性；由于这种很古老的密性形式我厂已长时间未使用，经与服务商商定使用生料带加厂家推荐的 Sikaflex-11FC型硅胶形式密封，全船共计252个油令接头。

5. 所有管系安装要确保管系中心线要对中，误差不能超2mm，同时安装油令接头时内外螺纹都要进行清洁，生料带与硅胶的使用要求均匀涂抹，配合螺母要有一定距离，确保进牙量在2/3之上。

6. 流化板的充气过程是一个间断性的动作，因此在整个过程中，流化板表面的纤维布始终与周围的物件进行摩擦，如果由于在纤维布与钢板之间存在飞溅，焊渣、垃圾、毛刺、刺边、锐角等，会加速这种摩擦损耗。一旦某个局部出现损坏造成漏气。则会使整块昂贵的纤维布报废，并产生重大的返工。因此，要避免这种情况的发生，就不能简单采用常规批、磨、补的手段，而必须组织专门队伍采取专门的方法进行处理，否则是很难避免这种情况发生的。事实上船东和设备服务商也对其格外注意，完全超乎常规的打磨方法①。



四、系统调试及接头密性检查

在水泥卸货系统完善后，要经过系统联动检验整个系统使用的稳定性，并对流化板的空气管接头进行注意查漏，确保每个接头不会有泄漏，从而保证进入货舱流化板的空气压力将散装水泥流动化，通过水泥泵的流转至卸货管路，最终流向码头水泥储藏罐。同时还要经过长时间的联动检查水泥泵的各部件运转是否正常，确认系统各项需监控参数以及各管路的配备是否正确。卸货系统主要联动需准备及关注的有：

1. 确保流化板整个系统正常运转需要3台专用螺杆空压机用于流化板的供气使用压力0.3bar左右，1台控制空压机用于提供系统中气动控制阀的开闭，2台空压机间风机用于空压机吸气量的供气；密性检查前应将整个货舱的舱口盖，导门全部封闭，以确保空气在货舱内形成一定的压力。
2. 由于流化板压缩空气系统是有3台专用的螺杆空压机供气，因此在空压机动车，管路中的控制气动阀效用测试后；整个流化板系统接头即可进行密性检查，使用高浓度肥皂水，使用2台空压机，每次开启两个控制阀，用于确保检查管路中有充足的压力用于密性检查，（系统压力在0.3bar，使用检查密性压力会在0.4~0.5之间，这样细小泄露即可检查出来。每个货舱逐一排查，发现泄

漏可先标记再处理，最后进行复查。

3. 在检查每个货舱的流化板空气管接头的同时对压缩空气路上的气动截止阀进行效用及核对，确认每个阀与电脑端控制的——对应，（如上图气动阀1与气动阀2）

4. 确认整个货舱区域所有流化板接头密性后即可进行独立货舱的效用试验。因为货舱甲板安装有压力释放装置，因此按照正常卸货使用的2台流化板空压机，将独立的货舱所有流化板的空气阀打开，向整个货舱输送压缩空气，运转水泥泵，打开卸货管路主控阀，压缩空气随着管路排放至大气，从而可以检查管路系统上各个阀件的动作是否正确。重点需要关注水泥泵的长时间运转，因为水泥泵的密封装置是特殊材料的，在长时间运转过程中会出现发热磨损的现象，对此应提前注入油脂进行润滑，减少磨损出现的损耗。同时在控制电脑上核对每个参数是否满足厂家推荐要求。在系统效用的同时也应对整个水泥系统的卸货管路进行渗漏检查，虽然此管路独立做过密性试验，但是在效用期间仍要关注是否存在渗漏现象^[10]。注意：系统效用期间卸货管路出口是露天的，压缩空气排出压力较大，应注意周围安全防护，避免人员在周围，同时通过系统效用将管路中的残留的施工残留吹干净。

5. 经过长时间的系统运转效用，卸货系统的效用结束，因为此系统运转效用需要整个水泥各个系统之间的配合，因此之前各系统的调试已经具备使用，无需再进行调试，所以此系统运转效用结束后水泥系统的船厂调试基本结束，待后期进行装卸载的时候进行实际使用验证。

五、结束语

由于专用散装水泥运输船用途专一、市场存在感不强，导致于刚开始建造时能参考案例不足。现场根据厂家以及船东的使用要求进行图纸梳理，施工方案细化，现场施工组织，以至于现场施工中出现问题较多，特别是流化板的安装定位。在安装过程中出现因分段建造精度控制没有考虑流化板的空气管安装孔的事情，导致流化板安装过程中有约30%的孔需要扩孔补孔的情况，由于货舱分段建造及合拢过程中没有对合拢缝的焊角高度进行控制，导致于流化板安装不水平出现无法与货舱内底板紧密贴合的事情，由于流化板反手即货舱下方空舱内的固定方式存在泄漏隐患，导致于后期营运过程中出现大量水泥泄露到空舱的售后。因此对于流化板的固定安装在整个水泥系统的施工中至关重要，需在施工中给与重点关注。

参考文献

[1] 陆方东. 9000T 自卸式散装水泥船设计与建造中的若干关键技术研究 [D]. 上海海事大学, 2006.

[2] 董一晨, 张亚新. 多晶硅气固流化床数值模拟与结构优化 [J]. 化学工程, 2023, 51(08): 49-54.

[3] 马春龙. 循环流化床锅炉安装技术探讨 [J]. 黑龙江科技信息, 2011(26): 42.

[4] 裴未迟, 韩炬, 李耀刚. 散装水泥运输罐车流化床改进方案的研究及仿真 [J]. 中国粉体技术, 2011, 17(04): 5-7+19.

[5] 杨振乾, 丛龙成, 唐永江, 董磊. 水泥磨系统优化实践 [J]. 水泥工程, 2025, 38(02): 50-52. DOI: 10.13697/j.cnki.32-1449/tu.2025.02.011.

[6] 李伟. 水泥工厂火灾自动报警系统设计 [J]. 水泥技术, 2025(02): 52-57. DOI: 10.19698/j.cnki.1001-6171.2025.02.052.

[7] 陈星华, 周晓刚. 散装水泥长距离输送及贸易计量系统设计与应用 [J]. 水泥, 2025(02): 53-56. DOI: 10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2025.02.014.

[8] 李浩文, 翁思浩, 汪峥. 应用于水泥熟料烧成系统实时优化的煤耗建模 [J]. 工业控制计算机, 2025, 38(01): 25-26+29.

[9] 许越, 万群, 樊华, 郑峰, 陈琼. 3G-CK490 外循环水泥立磨终粉磨系统的应用 [J]. 水泥, 2025(01): 54-57. DOI: 10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2025.01.016.

[10] 冯传华. 水泥粉磨系统机械故障停机防范措施分析 [J]. 中国机械, 2024(36): 110-113.