

船舶建造中的临时通风设计

姜福茂, 邹杰, 刘进魁, 薛吉敏

(大连船舶重工集团有限公司, 辽宁 大连 116021)

提 要 船舶建造中的安全生产一直是造船企业追求的目标, 由于船舶舱室划分的特殊情况, 以及造船施工焊接等过程所释放的烟尘及有害、可燃、易爆成分等, 使得造船生产中的通风工作成为安全生产至关重要的工作。

关键词 船舶建造 通风 安全

中图分类号 U671 **文献标识码** B

1 前言

船舶建造过程中的临时通风工作一直是各造船企业非常重视的一项安全工作。各造船企业虽然在这方面采取了相应的措施, 投入了很大的精力和财力, 但关于气体伤害方面的事故仍然时有发生。所以, 如何搞好船舶建造过程中的通风工作, 使工人有一个良好、安全的工作环境, 是造船人正在不断探索的工作。大连船舶重工集团有限公司自2000年以来, 从工作的每个细节入手, 提前策划安全通风工作, 即在船舶的生产设计过程当中就将建造合拢时的临时通风方案设计好, 施工时按照通风方案进行施工, 不仅提高了造船过程的壳舾涂一体化水平, 更为安全工作打下了基础。

2 机械通风

机械通风系统主要由通风罩、通风管道和风机三部分组成。当需要对所排放的污染空气进行净化时, 系统中还包括净化设备部分。由于机械通风不受自然风压与热压的限制, 因此适用性强, 在自然通风不能满足要求的情况下可发挥作用。

为了避免或降低有害气体和粉尘对于人体的危害, 在船舶建造施工过程中都采用机械通风方式, 为了提前策划通风方式, 在进行船舶生产设计的同时, 依据机械通风的原理和要求在生产设计的图面上进行临时通风的布置设计工作。

根据机械通风时空气流动组织形式, 可将机械通风分为送风式和排风式两种。在某些情况下, 也

可将送风与排风结合起来, 构成送排风式通风系统, 以提高通风效果。

按通风范围大小不同, 机械通风又可分为局部机械通风、全面机械通风和自然通风。

3 局部通风

指在船舶分段建造和分段合拢过程中的通风, 其设计标准主要以局部排风为依据来制订。局部通风是指利用局部气流直接在有害物质产生地点对其加以控制或捕集, 使其不能扩散到其他作业面, 使施工环境符合卫生标准。局部通风具有排风量小, 控制效果好等优点。

目前局部通风所使用的主要设备包括, 轴流管道式通风机 5.5kW(双筒) 45kW(多筒); 离心管道式通风机 37kW(多筒)。

3.1 风管

轴流管道式5.5kW、45kW和离心管道式37kW通风机是局部通风系统中的动力装置, 风管是该系统中输送气体的管道。只有风机和风管联接成一个整体, 系统才能进行局部通风作业。同时对风管的粗糙性和风管的封闭性有严格的要求。

(1) 风管的采用。要求风管材料具有阻燃性、柔韧性、重量轻、制成风管后内壁粗糙度适中; 风管要便于安装, 同时又能够承受一定的风压。

(2) 风管的安装与联接。风管与风机联接时, 采用的捆绑物质须用铜制品和铝制品, 严禁采用铁丝捆绑联接。风管与风管的联接同样采用以上材质进行联接。需要注意, 风管联接前, 应检查风管的破损情况, 发现损坏应立即修复, 如破损严重应进行更换。防止气流的动能在破损处消耗。

(3) 风管长度的选用。5.5kW轴流管道式风机进行局部通风时, 风管长度应控制在10~15m。

45kW轴流管道式风机进行局部通风时, 风管长度应控制在10~30m。

37kW离心管道式风机进行局部通风时, 风管长度应控制在10~30m。

以上风机, 如果风管长度超过各自的限制数, 则

通风效果难以保证。

3.2 局部排风通风系统的阻力和风量

进行通风管道系统计算时,必须首先确定管道系统的布置和风管的材料,以及排风口的位置和吸入的风量,管道的型式等,目的是确定风管内风压的损失,从而确定风管的长度,以保证通风效果。因其技术性较强,这里不做详细说明,仅以 5.5kW 轴流式管道风机为例加以简要说明。当风管长度取 20m,风管的粗糙度取值 4,加上摩擦阻力和局部阻力,风管内风压损失为 20Pa/m,而 5.5kW 风机风压为 500~600Pa,风压与风量成正比,风量随着风压的减少而减少,所以 5.5kW 风机风管的长度必须控制在 10~15m 内,以达到良好的通风效果。

3.3 局部排风系统在船舶建造过程中设计标准和实例

(1) 底部分段合拢时的设计标准。在适当的位置(人孔、临时孔)拉入风管,风管置于污染源附近进行局部排风,确保有害气体能及时有效地排出,保持施工部位环境相对清洁。此时局部排风应选用 5.5kW 轴流式管道通风机进行作业。

(2) 当底部分段合拢结束,舷侧分段与之合拢时的设计标准。因舷侧分段摆放 5.5kW 风机比较困难,所以在能够放置风机的部位放置 5.5kW 风机,参照底部通风设计标准执行。在不能放置风机且风管无法拉至有害气体发生处时,风机应安放于底部分段,风管以最短的距离拉至有害气体发生处进行通风。如风管无法拉设则采用 11kW 轴流式(直筒)风机,风机同样置于底部分段(底部分段靠近污染源附近的人孔、临时孔)。

舷侧分段进行局部通风主要采用 5.5kW 管道式轴流风机和少量 11kW 直筒式轴流风机。

(3) 舷侧分段合拢结束,甲板分段与之合拢时采用的通风设计标准。在甲板未形成密闭舱室时,在甲板面上放置 5.5kW 管道式轴流通风机,风管置于污染源附近进行局部通风。如形成密闭舱室,则压载舱采用 11kW 直筒式轴流风机,风机置于甲板人孔处进行全面通风。货油舱采用 45kW 管道式轴流风机或 37kW 管道式离心风机进行全面通风。

(4) 机舱区域在施工建造过程中的通风设计标准。由于机舱内无法放置 11kW 直筒式风机,所以采用局部通风方式进行通风作业时。采用 45kW 管道式轴流风机或 37kW 管道式离心风机,风机布置于机舱甲板面,接入风管(控制风管长度),把风管引

入施工区域(或严重污染处)。45kW 管道式轴流风机、37kW 管道式离心风机可同时引入多根风管进行局部排风,这样能使多个污染源被同时排出机舱外,最大限度地保持施工环境空气的洁净。

(5) 狭小密闭舱室在施工建造过程中的通风设计标准。狭小密闭舱室在通风作业时,应考虑到此时大部分船体已成型,而其他风机无法抵达此处,此时应选用 45kW 管道式轴流风机、37kW 管道式离心风机进行局部通风作业或全面通风作业。因为此时风管拉设的距离均比较远,达 30m 左右,其他风机无法保证安全有效通风。要求把风管从最近的人孔或梯道拉至舱内(此时应保证该舱至少有两个人孔,风管占用一人孔)进行局部通风或全面通风作业。

在局部通风设计时应绝对避免进行阶段性(接力式)排风,因为阶段性排风是把有害气体、可燃气体从发生点排放至非发生点,再经非发生点排至空中。这样有害气体经过的面积扩大,使污染区域扩散,损害更多的作业区域。如排除可燃气体则停工面更大,甚至有时可燃气体聚集某处,产生极大的安全隐患。

4 全面通风

指在船舶建造过程中各种密闭舱室内涂装作业或少量焊接作业的通风,其设计标准主要以全面通风为依据来制订。

4.1 全面通风换气量的理论计算式:

计算公式如下:

$$l = \frac{x}{cz - cj} \cdot m^3/s$$

式中 l ——全面通风换气量(m^3/s);

x ——舱内有害物质散发量(mg/s);

cz ——舱内空气中有害物质的最高容许浓度(mg/m^3);

cj ——进入舱内空气中有害物质的浓度(mg/m^3)。

该计算式成立的前提条件:有害物质连续均匀地从内向外散发;有害物质散发后立即均匀地散布于舱内;稀释过程处于稳定状态,即通风时间足够长。

实际上,通风过程中不可能满足以上的条件,因此引入安全系数 k ,该式修正为:

$$l = \frac{kx}{cz - cj} \cdot m^3/s$$

一般情况下系数 k 的取值范围是 4~6。

4.2 全面通风气流组织

空气按照设计好的流程流动称为全面通风气流组织。常见的气流组织形式有上排下送、下排上送、上下送中间排等。在通风工艺设计时需综合考虑有害物质源与施工人员的相互关系、有害物质挥发量与舱室封闭情况等诸多因素。在封闭舱室进行全面通风时应尽量使进风气流均匀分布,减少涡流,避免有害气体的积聚。进、排风口的位置应安排得当,防止进风气流不经污染源地带就直接排出舱外,形成所谓的“气流短路”现象。

因为全面通风的换气范围大所需的换气量也较大,所以在全面通风工艺设计上采用性能较高的风机 45kW, 11kW 风机。

4.3 VLCC 通风工艺的设计

4.3.1 VLCC 压载舱通风工艺的设计

在 VLCC (Very Large Crude Carrier) 压载舱通风工艺的设计中,不能使用风管式风机,为使气流组织很好地流动,采用上排下送的全面通风方式。VLCC 压载舱舱容为 9736m^3 , 型深 31m, 型宽 29m, 型深加型宽 60m, 取全面通风系数 $k=5$, 要求风机每小时产生的风量为 $48\,680\text{m}^3$ 。该船结构复杂, 涂装作业的工作量很大, 普通风机已不能承担此任, 只有采用风量大、风压高的风机才能把有害物质排出舱室外。考虑通风原理, 在压载舱底部开设临时工艺孔, 同时在甲板面均匀布置风机, 11kW 高效能的风机就能满足以上技术要求, 如图所示。

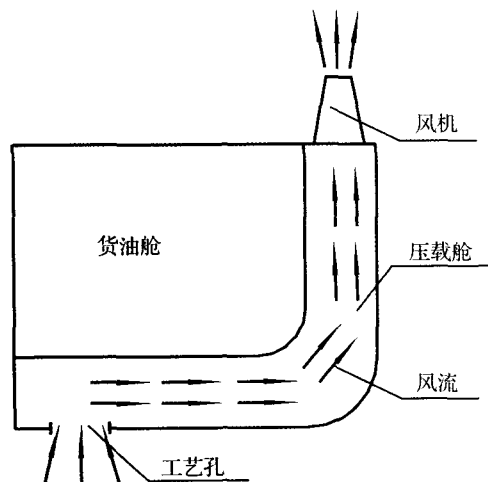


图 压载舱通风工艺布置图

4.3.2 VLCC 货油舱通风工艺的设计

在 VLCC 货油舱通风工艺的设计中,采用上下送中间排的全面通风方式。VLCC 中间货油舱舱容为 $32\,670\text{m}^3$, 左右边货油舱舱容为 $20\,353\text{m}^3$, 型深

31m。取全面通风系数 $k=3$, 则要求风机每小时产生的风量为 $61\,059\text{m}^3$, 采用此种气流流动形式进行通风, 可采用我公司目前新购置的 45kW、37kW 大型组合式风管式风机。该风机每小时流量为 $60\,000\text{m}^3$, 8 个风管、风压较大, 风管能均匀地布置于货舱内进行排风, 并能在风管长度为 40m 时将有害气体排出舱室外。若使用 5.5kW 风管式风机, 该风机每小时流量为 $11\,000\text{m}^3$, 2 个风管、风压较小, 因为风量从管壁内损耗掉, 当风管为 30m 长时, 就已失去排出有害气体的作用。

4.3.3 VLCC 其他舱室通风工艺的设计

在该船艏艉、机舱区域的全面通风过程中, 因为型深 31m, 密闭舱室大部分均在底部, 所以风管拉设距离较长, 必须用 45kW 大型组合式风机进行通风, 风管拉设距离为 40m。利用其他类型的风机进行阶段式(接力式)排风也不行, 因为我公司所用的 3.0kW 以上的风机开关均不防爆。

4.4 5600 集装箱船系列的通风设计

5600TEU 船是具有国际领先水平高技术含量的船舶。该船结构复杂, 各舱室的分布与其他船舶完全不同。

4.4.1 压载舱的通风设计

采用 11kW 风机, 进行全面通风。气流组织形式上排下送、下排上送。风机置于内底平面, 在压载舱的外板和水密纵壁上开设临时孔, 以保证该区域的通风要求。管遂道, 燃油舱, 调平舱的通风设计上同样采用该 11kW 风机进行通风。为保证效果在各舱局部进行开孔, 堵孔。确保有效通风。

4.4.2 船艏、艉、机舱区域的全面通风设计

采用管道式设计。风管拉设距离为 30~40m。其他风机已不能满足要求。所以在船艏、艉、机舱区域各布置 1 台 45kW 风机。确保有效通风。

4.5 从以上通风工艺设计表述得出的结论

11kW 直筒式风机, 适用船舶建造过程中的压载舱通风(气流组织形式上排下送)部分适用于艏、艉舱。

45kW、5.5kW 风管式风机, 适用船舶建造过程中的货油舱和各类舱室的通风(气流组织形式上下送, 中间排), 5.5kW 风管式风机主要适用于 10 万吨级以下, 型深不超过 20m 的船舶。

5 自然通风

自然通风是依靠风压或热压使空气流动来达到

[下转第 21 页]

横向收缩 2.10mm,平均纵向收缩 0.44mm,如表 2 所示。

表 2 纵向、横向平均收缩比较

	实验结果	计算结果
平均横向收缩,mm	1.92	2.10
平均纵向收缩,mm	0.40	0.44

在三坐标测量仪上对距离板边缘 10mm、60mm、110mm 处测量对接试板焊后的面外变形,并与数值模拟计算结果得到的 Z 方向变形分布相比较,可以看出,离边缘距离越近,面外变形越大,如图 5 所示。面外变形在焊接开始段较小,沿着焊接方向逐渐增加,逐渐稳定,在焊缝收尾处稍有减小。计算结果与实验吻合,在焊缝两端位置有细小的偏差。

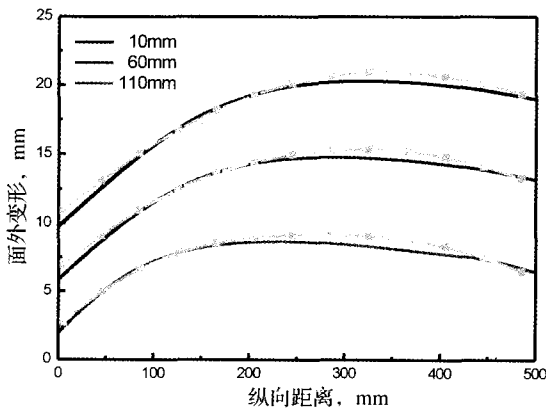


图 5 TIG 填丝对接焊试板面外变形对比

6 结论

通过对 5083 铝合金平板对接焊接变形实验结果与计算结果的比较,得出以下结论。

(1) 有限元计算结果与实验测量结果相当接近,约有 90% 精度。

(2) 横向变形在焊接开始端较小,沿着焊接方向逐渐增加,大致呈线性增加,中间段有一段较平缓的区域。

(3) 纵向收缩大致以焊缝为中心,对称分布。试板两侧纵向收缩较小,越靠近焊缝区域,其收缩越厉害,到焊缝中心时,收缩达到最大值。

(4) 离焊缝距离越近,面外变形越大。面外变形在焊接开始段较小,沿着焊接方向逐渐增加,逐渐稳定,在焊缝收尾处稍有减小。

7 参考文献

- 1 吴国芬. 5083 厚板 TIG 焊焊接工艺研究与应用. 材料开发与应用, 2004, 19(4): 16
- 2 魏良武. 固有应变法预测焊接变形的研究及其工程应用: [学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2004.
- 3 胡效军, 齐淑改, 陈波. 铝合金 5083 及 6061 的焊接. 焊接技术, 2006, 35(4): 72
- 4 陈家权, 肖顺湖, 吴刚, 等. 焊接过程数值模拟热源模式的比较. 焊接技术, 2006, 35(1): 9
- 5 Eager T W, Tsai N S. Temperature fields produced by traveling distributed heat sources. Welding Journal, 1983, 62(12): 346

[上接第 14 页]

通风目的。风压指的是由于风力在建筑物迎风面与背风面之间产生的气压差,热压是由于建筑物内外温度差导致空气密度差而引起的气压差。由于自然通风不需要人为提供动力,是一种既经济又节能的措施,因此在一般工业建筑中,应首先考虑充分利用有组织的自然通风来改善作业环境,只有当自然通风不能满足要求时,才考虑采用机械通风的方法。

6 船舶建造临时通风三维设计环境

船舶临时通风的设计,涉及到生产设计方法,要熟悉工艺流程和施工组织方式,而且对于很繁杂的

舱室布置区域,要考虑通风量、风机的摆放位置,电源、安全通道等,要想做好这方面的工作,设计人员应对船体结构、舾装、设备布置,合拢顺序、公司生产的设施能力了解和熟悉。利用三维生产设计模型来解决这个问题,可以切实让设计人员的设计成果符合生产要求。大连新船重工有限责任公司,充分利用了 Tribon 的三维设计环境,让设计人员在电脑上看见整个船舶各个舱室以及设备的布置情况,并结合船舶建造的合拢顺序,确定各个阶段的通风方案。可以说,Tribon 的应用为通风的布置设计工作打下了坚实的基础。