

船舶空调新风量计算方法的探讨

陈安扬

(中国船舶工业集团第 708 研究所, 上海 200011)

摘 要 空调系统消耗的能量在船的总能耗中所占据的比例较高, 新风量的占比大是其主要原因。通过对 62n 新标准的学习, 认为新的新风量计算方法, 对船舶空调系统的负荷计算有参考作用, 对降低空调能耗具有积极意义。

关键词 船舶 空调 新风量 计算

DISCUSSION OF VESSEL'S A/C FRESH AIR CALCULATION METHOD

Chen Anyang

(Marine Design & Research Institute of China, Shanghai 200011)

Abstract Air-conditioning system occupies a large proportion of power consumption for whole vessel, the main reason is the large percent of the fresh air. Through the study of new standard 62n, it is considered that fresh air calculation method is for reference when doing heat load calculation for vessel's Air-conditioning system, and has a positive significance in reducing Air-conditioning power consumption.

Keywords Ship Air-conditioning Fresh air Calculation

0 概述

随着人员对舒适性要求的提高, 以人为本的理念逐渐深入, 空调系统在船上的地位也日渐重要。空调系统所消耗的能量在船的总能耗中所占据的比例也越来越高, 达到 20%以上, 客船等人员较多的船更是达到 1/3 以上。在能源需求日益增加的时代, 无论是改善地球环境、降低污染, 还是减少运输成本, 降低能源消耗, 都是极为重要和极需考虑的。

在以往的研究中, 众多工程技术人员和学者大多把目光关注在围护结构的传热计算上, 并且也已取得了很大的成果, 从采用简单的稳定传热计算到考虑变化的反应系数法和计算机的动态模拟仿真, 无不为了更精确地进行负荷计算, 更好地节约能源。然而, 在整个船舶空调系统的能耗比例中所占据最大份额的无疑是由新风负荷所引起的部分, 一般船用空调系统的新风比为 50%, 有些甚至要求达到 80%, 新风的能耗约为整个空调系统的 55%以上,

所以, 除了合理选取舱内外的环境参数、采用更为先进的传热计算方法外, 如何合理地选择计算舱外进风新风量是每个船舶空调设计人员需要关心的重要工作。

目前船舶新风量的计算标准都是按照 ISO7547[1], 其中关于新风比的要求, 2001 版和 1998 版略有区别, 分别为 40%和 50%, 我国的国家标准《船舶起居处所空气调节与通风设计参数和计算方法》(GB/T13409-92)基本上参照上述的 ISO 标准。而陆用空调系统对新风量的选取经过多年的研究、探讨, 形成了较为详细的规范规则。我国有《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019-2003、《公共建筑节能设计标准》GB50189-2005 等, 目前在这些规范和标准中, 新风量还都是以人均需求量的方式给出设计要求。国外比较权威的是 ANSI/ASHRAE 62 标准, 该标准在沿用多年后于 2005 年颁布了全新的 62.1-2004 标准。

1 新风量的计算方法

船用空调系统的设计舱外进风新风量按三个

方面确定, ①船东要求, 即建造规格书的约定; ②规范、标准和船旗国的要求; ③考虑通风效果的换气次数要求; ④设计计算中风量平衡的结果。

在进行系统设计时, 计算送风量是由两个层面所决定, 即各分区层面和总的系统层面, 船舶空调通常为全空气一次回风中、高速送风空调系统, 除 SOLAS 规定的厨房和机械处所外, 整个居住生活区采用一个集中系统。

1.1 设计标准和方法

目前船用空调系统的负荷计算标准都是按照 ISO7547-2002 (以下简称 ISO 标准) 进行, 在该标准中, 新风量有两个标准, 其一是人均最小新风量, 其二是最小新风比的要求。最小新风比从 1998 版的 0.5 降低为 2002 版的 0.4, 从中也可以看出修订者对能源消耗的关注。

在该标准中, 舱室层面的送风量选择原则是根据按热负荷、换气次数、人员新风量分别计算后的最大值确定的, 系统层面的总送风量由每个舱室送风量叠加而成。由于整个船上的船员人数不变, 按每个舱室内可能占据的人员所需新风量相加后, 整个系统的舱外新风进风量实际上远大于人员所必需的要求, 新风比的上升必然增大能源的消耗。

按照 ISO 标准方法计算的系统风量是将每个舱室的所需最大风量相加而成, 每个舱室的最大风量所含新风量都大于等于该房间内人员所需要的新风量, 因此, 系统风量中的舱外进风新风量将远远大于整个系统中按人员所需的新风量值, 而餐厅、会议室和居住舱内的人员是不可能叠加的, 必然有一部分新风未经使用而重新回到系统之中加入循环, 则重新进入循环的新风使得系统新风比将大于设定的设计新风比。

为了说明问题, 我们把常规运输船舶分为两类, 即面积紧凑的集装箱、多用途船和吨位较小的船 (简称 A) 和人均面积较大的油船、散货船和吨位较大的船 (简称 B)。目前比较典型的船员配备为 25~30 人, 根据统计 A 类船的空调面积在 600~700m², 空调系统风量约 13000m³/h; B 类船的空调面积在 900~1100m², 整个空调系统风量一般在 20000m³/h 左右, 而人员所需新风量若按 ISO 标准人均 28.8m³/h 计约为 850m³/h, 由此计算出, 理论上最小新风比仅仅需要 5%~7%即可满足人员的新风量要求。

1.2 ASHRAE 的计算方法

通过上述统计计算分析, 可以认为 ISO 标准规定的最小新风比 40%可能有不合理的因素存在, 通过对 ANSI/ASHRAE62.1-2007^[2]标准的学习, 并运用其概念和推荐的方法, 对 A 类和 B 类船分别进行分析计算。

美国供暖制冷与空调工程师学会在标准 62-2001 中推荐的新风量计算方法基本上是在 1981 年形成的, 已在美国沿用了 20 多年, 同时也暴露出一些问题, 为此 ASHRAE 后来颁布了标准 62-2001 的补遗 62n。该标准提出了系统新风量的新的计算方法, 明确地将新风标准分为人均所需新风量 R_p 和单位面积所需新风量 R_a 两部分, 运用分区的通风空气分布效率计算出各分区的所需新风量,

经修正后通过公式
$$V_{ou} = D \times \sum_{\text{各区}} (R_p \times P_z) + \sum_{\text{各区}} (R_a \times A_z)$$
 计算出系统新风量^[3]。

由于船用空调一般整个系统覆盖多达几十个不同舱室, 按相似的使用类别、使用密度、区域空气分布效率和单位面积一次风量的空间, 分成三个通风分区, 分别为居住区、办公会议室和就餐区。按 ANSI/ASHRAE 标准推荐的方法对上述典型船舶的空调系统进行计算, 计算结果显示: 当 A 类船的实际所需新风比为 14%, B 类船的最小新风比为 12%时, 已经能够满足 ANSI/ASHRAE 标准规定的要求。显然, 以按照 ISO 标准规定的最小新风比 40%进行设计的空调系统, 仅仅从新风需求的角度讲, 实际新风量可能远远大于实际所需要的新风量, 造成不必要的能源消耗。因为船舶空调系统在布置上的特殊性, 造成部分风量无法回收, 如驾驶室、更衣室、餐厅等, 使得平衡风量加大而造成新风比的上升, 该新风比一般都大于 15%。

根据上面的分析, 我们提出新的计算原则: ①舱室层面的风量计算时, 送风量计算将不进行新风量的校核; ②由于船用空调系统的特殊性, 平衡风量将占一定的比例, 所以系统层面的计算新风比按平衡后的风量计算, 通常不小于 30%。

2 计算实例分析

采用上面所提出的计算原则, 经对一型主流的干线 4700TEU 集装箱船的空调系统进行风量和新风比的计算, 该型船的空调面积分别为: 居住舱室和驾驶室约 600m²、会议和办公室约 130m²、餐厅

约 70m² 以及需要局部送风的处所约 30m²，层高 2.1m，船员总数 30 人。取室外参数 35℃、φ=70%，舱内参数 26℃、φ=50%计算。以下为计算结果：

表 1 计算结果的比较

	系统风量 (m3/h)	新风比 (%)	舱外进 风量 (m3/h)	人均新 风量 (m3/h/p)	制冷 负荷 (kW)
ISO 标准	15000	40	6000	200	194
推荐 方法	15000	20	3000	100	149

通过上述结果的对比，可以看出人均新风量能够满足要求，而制冷量可以减少 45kW，降低比例达 23%，同时，通过计算可以认为上述的计算原则是可信、可行的。

3 结论

3.1 按照 ISO 计算标准，对新风比的要求可能过高。

3.2 采用上述原则方法计算的系统总的制冷负荷可以降低（新风量降低 10%，则制冷负荷亦可降低约 10%），既减少了能耗，也使设备投资费用得以降低。

3.3 以上方法仅讨论了一般运输类船舶的空调系统设计中新风负荷的计算，尚未对舰艇、客船、公务船和工程船等人员较多的船舶空调系统计算进行探讨，对该类空调系统的新风比计算将另行讨论。

3.4 由于上述结果仅根据部分统计和计算而得，样本参数不够多，每条船又具有多样性和特殊性等多种原因，该方法还需要在实践中加以印证。

参考文献

[1] Ships and marine technology—Air-conditioning and ventilation of accommodation space—Design conditions and basis of calculations (ISO7547-2002) [S].ISO/TC8

[2] Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007) [S]. Atlanta: ASHRAE

[3] 汪昌训. 62n 补遗对 ASHRAE 62-2001 标准修改的解读 [J]. 暖通空调, 2005, 35 (7): 39-46

[4] 王力, 刘传聚. 空调系统新风量的确定方法[J]. 建筑热能通风空调, 2007, 26 (4): 47-51

[5] 叶大法, 杨国荣编著. 变风量空调系统设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007