

相关技术

瓦锡兰 RT-flex 主机校中与安装的技术要领

柴子豪

(上海外高桥造船有限公司船舶与海洋工程设计研究院, 上海 200137)

摘 要: 船舶主机是船舶动力装置中的重要组成部分, 主机安装质量和轴系校中的好坏直接关系到动力装置的正常运行和船舶的航行性能。介绍了瓦锡兰 RT-flex 主机校中与安装工艺, 并进一步分析了安装和校中的各项技术要领, 可对主机的实船安装和制定瓦锡兰 RT-flex 主机安装和校中的工艺标准起到指导作用。

关键词: 主机; 安装; 校中

中图分类号: U671.91⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2012)05-0042-04

The Technical Key Points for Wärtsilä RT-flex Main Engine Alignment and Installation

Chai Zihao

(Marine Design and Research Institute, Shanghai Waigaoqiao Shipbuilding Co., Ltd., Shanghai 200137)

Abstract: The marine main engine occupies the important part of marine propulsion system. The main engine's installation quality and shaft alignment condition may directly influence the normal running of power equipment and the navigation performance of ships. The technology of Wärtsilä RT-flex main engine alignment and installation is introduced. Moreover, the technical key points of alignment and installation is studied, which offers reference for on-board installation of main engine and the formulation of technical standard for Wärtsilä RT-flex main engine's installation and alignment.

Keywords: main engine; installation; alignment

0 引 言

由于瓦锡兰 RT-flex 机型能满足氮氧化物 TierII 和硫化物排放标准, 并且具有低油耗、智能高压共轨系统、极低负荷下无烟运行等优势, 越来越多的船东考虑使用该类机型。瓦锡兰 RT-flex 机型从 2001 年起已累计销售 700 多台, 并迅速得到市场认可。目前全球已有超过 85 家航运企业选择 RT-flex 主机, 超过 50 家船厂建造了以 RT-flex 为主机的船舶, 其中中国的船厂就占了将近一半, 包括中国、韩国和日本等船舶制造大国在内的 12 家许可证厂生产 RT-flex 的主机, 其中以中国的许可证厂和缸径种类为最多。这说明瓦锡兰 RT-flex 机型的制造和装配经验

已经成熟, 并且得到船检和船东的肯定, 可能以后会有更多的船型装配 RT-flex 机型。由于瓦锡兰 RT-flex 主机与曼恩主机有着很大的差别, 通过对瓦锡兰主机安装和轴系校中的技术要领进行研究探讨, 不仅对主机的实船安装会起到一定的指导作用, 而且有利于后续制定瓦锡兰 RT-flex 主机安装和校中的工艺标准。

1 瓦锡兰 RT-flex 主机校中与安装工艺简介

瓦锡兰 RT-flex 主机安装与校中工艺参考瓦锡兰主机厂吊装和轴系校中指导性文件, 并结合船厂的建造规范和实际装配能力以及船检的相关要求。

收稿日期: 2012-06-11
作者简介: 柴子豪(1982-), 男, 工程师, 主要研究方向为船舶推进系统, E-mail: swschaizihao@hotmail.com。

主机实船安装和校中必须严格按照工艺过程和要求来施工。

1.1 主机吊装过程

- (1) 根据拉线照光的结果初步确定主机环氧垫片的高度，预先在基座平面上放置几块硬木；
- (2) 在主机机座和曲轴装配结束后，按照瓦锡兰推荐的要求测量并调整主机机座的挠度，参考主机台架试验的数据测量并调整曲轴甩档；
- (3) 主机整机装配结束后，参考主机台架试验的数据测量并调整曲轴甩档。

1.2 在船坞内或出坞后，轴系连接前

- (1) 将主机 1 号缸(最后一缸)曲拐盘至上止点，螺旋桨 A 桨叶位于正上方后一定角度，进行主机输出端和中间轴法兰联接螺栓孔镗孔；
- (2) 按照轴系校中计算书的要求，在中间轴上装妥临时支撑，以及在螺旋桨轴上施加一个垂直向下的附加压力；
- (3) 调整主机、中间轴承和临时支撑的高度，直到螺旋桨轴前法兰和中间轴后法兰以及中间轴前法兰和主机输出端法兰的‘曲折’和‘偏移’满足计算书中的要求；
- (4) 参考主机台架试验的数据测量并调整曲轴甩档；
- (5) 应用冷冻安装工艺分别连接主机和轴系铰制孔螺栓，拆除螺旋桨轴法兰处的附加力和中间轴上的临时支承。

1.3 连接轴系螺栓后，主机浇注环氧前

- (1) 船舶出坞后，螺旋桨处于半浸没状态，船舶艏艉吃水差一般应小于 3m，艏尖舱此时为空舱；
- (2) 测量并调整艏轴管前轴承、中间轴承以及主机最后三道轴承负荷，直至艏轴管前轴承、中间轴承负荷与计算书的结果误差在 ±20% 以内，且主机最后三道轴承负荷满足瓦锡兰的推荐要求；
- (3) 按照瓦锡兰推荐的要求测量并调整主机曲轴甩档；
- (4) 按照图纸的要求，安装主机侧向支撑座。

1.4 主机浇注环氧后

- (1) 将垫在主机基座面板上的钢质楔铁全部拆除，并安装主机底脚螺栓；
- (2) 将底脚螺栓涂上二硫化钼，并根据造机厂提供的方法泵紧底脚螺栓；
- (3) 复测艏轴管前轴承、中间轴承以及主机最后三道轴承负荷，检查主机曲轴甩档；
- (4) 安装主机侧向支撑。

2 瓦锡兰 RT-flex 主机校中与安装技术要领

瓦锡兰主机与曼恩主机在安装和校中上有着很大的差别，瓦锡兰主机机座较曼恩主机偏软，在校中的过程中应先调整好主机，再校中轴系，如不能达到预期结果，可将甩档和测量负荷发给瓦锡兰公司，请他们给于建议后再进行调整。以下主要就瓦锡兰主机在实船安装和校中过程中的一些关键点进行研究探讨。

2.1 主机推力套筒与基座底脚螺栓孔径向间隙

较曼恩主机一个很大的不同之处在于瓦锡兰主机未配备端部支撑，其主要是靠输出端数个推力套筒与主机基座螺栓孔间隙中的环氧树脂传递主机轴向推力，见图 1。

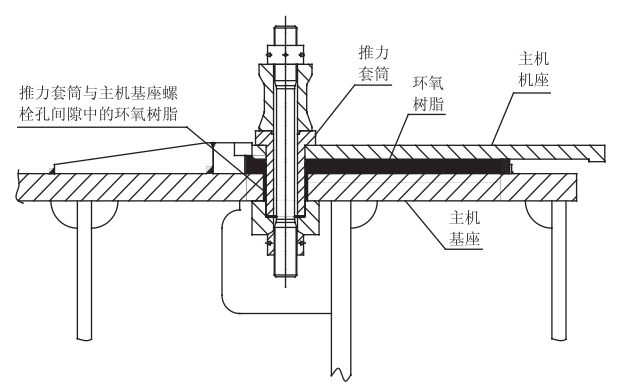


图 1

这个方法的优点是安装方便，但需要注意以下几点：

因环氧树脂本身材料的属性，如果浇注厚度太薄，在承受较大的压力后有可能会出现脆裂，甚至有可能在浇注过程中不能干固成型。又由于该间隙的理论尺寸较小，并且基座底脚螺栓孔中心定位尺寸的测量和基座底脚螺栓孔的加工会有误差，以及在整个校中调整安装过程中，主机需要前后、左右移动，这些都将导致主机机座和基座底脚螺栓孔的两孔中心线很难保证做到较小的偏差，结果是极有可能出现间隙内的环氧浇注问题。在综合考虑环氧树脂厂家和瓦锡兰主机专利商的推荐范围后，将该径向间隙定为不小于 5mm 比较合适。

虽然工艺中将该间隙测量的时间排在主机浇注环氧前，但是假如此时才发现两者的中心线偏差较大，而主机安装和轴系校中已完成并提交数据，已经不可能对主机再进行调整，唯有对基座内孔进行再加工，这样不仅增加了人力和物力，而且可能会对整个工程的进度带来一定的影响，因此在主机吊

装以及后续的校中、安装过程中，现场施工人员需经常监测该径向间隙，必须在校中过程中就使该间隙满足工艺的要求。

2.2 主机机座挠度 SAG 值

一般来说，希望主机在热态运行过程中机座接近理想的平直状态。但是随着吃水的增加，热态机座会出现上拱，因此主机在冷态安装时，就需要考虑到这个变化，预先将机座调整成下凹的曲线。图 2 为瓦锡兰 7RT-flex84T-D 型主机对机座挠度的要求。

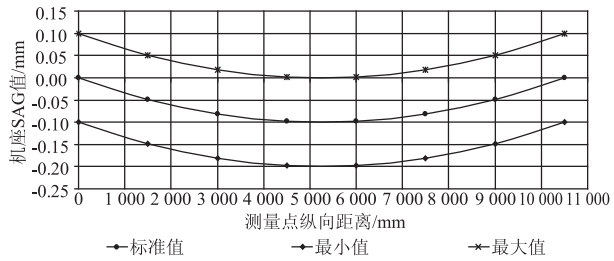


图 2 主机机座挠度 SAG 值

虽然机座挠度是瓦锡兰主机安装过程中的第一项调整目标，但是瓦锡兰的观点是如果所有缸的曲轴甩档在推荐要求的范围内，且 2 号缸至自由端倒数第 2 缸的甩档垂直方向皆为正值，就已经说明机座挠度状态已满足瓦锡兰的要求，机座已呈现预下

凹。而且，瓦锡兰认为与具体的挠度值相比较，瓦锡兰更看重挠度曲线的光滑程度。因此瓦锡兰并不将主机机座的挠度值作为校中状态的确认值。

除了工艺中的要求和以上需要注意的内容外，在测量主机机座挠度的过程中还需注意以下方面：

(1) 按照瓦锡兰规定，在主机第一吊完成后，基座面板平面上的所有钢质楔铁必须全部受力，只有在这种状态下测量所得的数据才能真正反映出主机机座的挠度。

(2) 尽管主机装配好以后的校中过程中不须测量主机机座挠度，但是假如后续的校中过程中出现主机甩档异常，就须检查主机机座挠度，以便查找问题出现的原因。

2.3 主机曲轴甩档

主机曲轴的轴线状态在曲轴的外观形态上主要表现为曲轴的甩档(曲柄臂距差)。甩档的大小是曲轴由于失中及纵振所引起的附加弯曲应力值的直观表现，过大的甩档会降低曲轴的可靠性，严重的会引起曲轴的疲劳损坏。

为了确保曲轴的安全运行，各主机厂都对主机甩档有严格的规定，船厂须严格按照主机厂推荐的曲轴甩档范围来调整主机。表 1 中列出两种瓦锡兰 RT-flex 型主机在环氧前对甩档的要求。

表 1 瓦锡兰 RT-flex 型主机在环氧前对甩档的要求 单位：mm

	垂直方向				水平方向	
	1 号缸	2 号缸至 倒数第 2 缸	最前缸	两相邻曲拐 最大绝对偏差	所有缸	两相邻曲拐 最大绝对偏差
7RT-flex84T-D 曲轴甩档极限值/mm	+0.53 -0.32	±0.32	+0.32 -0.58	0.32	±0.13	0.13
7RT-flex82T 曲轴甩档极限值/mm	+0.59 -0.36	±0.36	±0.36	0.36	±0.14	0.14

其中，7RT-flex84T-D 机型最前气缸的垂直方向负值绝对值比正值绝对值要大，是由于当主机自由端装有扭振减振器，额外的重量会产生一个附加弯矩，使得曲轴在自由端会产生更大的负值甩档。而两者 1 号缸的垂直方向正值绝对值比负值绝对值要大，一方面是为了促成主机 1 号主轴承负荷足够的小，校中计算模型上会设定中间轴承的 OFFSET 值较主机轴承的小，当主机曲轴与中间轴连接后，中间轴会对主机曲轴产生上拉的作用力；另一方面是由于主机热态运行时，主机内部上下方向因受热不均匀，以及随着船舶吃水的增加带来的船体变形，都会使得曲轴出现上拱，1 号缸的垂直方向甩档朝正值方向增加，因此冷态时须考虑预补偿。水平方向的甩档数值反映了主机机座的扭曲情况，因

此对其调整有着更加严格的要求，其数值也较垂直方向要小得多。而对相邻曲拐最大绝对偏差的要求，瓦锡兰的建议是按推荐的要求来调整，但是不作为最终验收的标准，如果最终调整值还是超差，瓦锡兰会做出详细的分析，并给出最终的判断。

除了工艺要求和以上需要注意的内容外，在测量主机甩档的过程中还需注意以下方面：

(1) 瓦锡兰要求盘车机齿轮须压住主机飞轮盘车，所以在测量的过程中须注意盘车机的布置位置，左右位置不同会使得主机盘车的方向不同；

(2) 在测量下止点的甩档时，拐档表应尽可能靠近连杆；

(3) 曲柄销在盘至每一个测量点后需倒转一点，以防盘车机齿轮上的切向力使读数有差错；

(4) 在测量甩档过程中务必一次测完所有缸，以免船舶吃水和机舱内环境温度的变化给测量带来误差；

(5) 因为连有中间轴的原因，主机输出端和自由端的甩档调整方向会相反。

2.4 主机轴承负荷

轴系校中是将轴系安装成某种曲线状态，处于这种状态的轴系，其各轴段内的应力和各轴承上的负荷，均应处在允许范围内，或具有最佳的数值，以保证轴系及与之相连接的机械(如主机曲轴、齿轮箱等)能持续正常地运转。主机轴承负荷测量值就成为整个轴系状态是否吻合轴系校中设定状态的一个重要体现。表 2 中列出两种瓦锡兰 RT-flex 型主机在浇注环氧前主机主轴承负荷的要求。

表 2 瓦锡兰 RT-flex 型主机浇注环氧前主机

主轴承的负荷要求			单位：kN
主机主轴承 允许负荷	第一道 主轴承	第二道 主轴承	第三道 主轴承
7RT-flex84T-D	5 ~ 120	290 ~ 600	270 ~ 630 And ≥60% F(MB2)
7RT-flex82T	5 ~ 130	330 ~ 600	270 ~ 630 And ≥60% F(MB2)

其中，第一道主轴承的负荷范围较大，主要是瓦锡兰针对同机型不同船型的要求，如对于 VLCC，因船体变形较大，第一道主轴承的负荷应尽可能的接近允许负荷的最小值。第三道主轴承的允许负荷范围比较特殊，与第二道主轴承的实际负荷有一定的关系，因此在调整第三道主轴承的过程中须时时关注第二道主轴承的实际负荷值。

除了工艺中的要求和以上需要注意的内容外，在测量主机主轴承负荷的过程中还需注意以下方面：

(1) 瓦锡兰主机主轴承负荷测量前不需测量主轴承顶部间隙，因此负荷测量前先预顶到目标高度然后放下就更加有必要；

(2) 在测主机第一道主轴承的负荷时，1 号缸曲拐须盘至上止点；

(3) 测量前要明确千斤顶的有效活塞面积，压力表和百分表要校检准确度；

(4) 测量过程中须等百分表指针稳定后再读数；

(5) 在测量主机主轴承负荷过程中务必与轴系轴承同时测完，以免船舶吃水和机舱内环境温度的变化给测量带来误差；

(6) 如果曲轴甩档出现异常，须检查主机所有主轴承的负荷，同时须注意测量点处于轴承前后的位置，位置不同，顶举系数会有所不同。

3 结束语

随着造船业科学技术的不断进步，对船舶设备的要求也越来越高，特别像主机等船舶主要设备，船东对其性能和操作非常注重，而且主机前期的安装和校中工作对后面主机的热态运行，船舶的航行性能起着至关重要的作用，因此前期的工作质量就显得尤其重要。瓦锡兰 RT-flex 主机在安装和校中上与曼恩主机有着较大的差别，所以对瓦锡兰主机安装和校中的技术要领进行研究探讨，不仅对主机的实船安装起到一定的指导作用，而且还有利于下一步制定瓦锡兰 RT-flex 主机安装和校中的工艺标准。

参考文献

[1] 周继良,邹鸿钧. 船舶轴系校中原理及其应用[M]. 北京人民交通出版社. 1985.

[2] 许宝森. 船舶动力装置安装工艺[M]. 北京:人民交通出版社. 2007.

[3] D. Strödecke. Engine alignment direct-coupled marine propulsion[M]. 2011.

[4] Wärtsilä Switzerland Ltd. Marine Installation Manual[R]. 2009.