船舶轴舵系制造安装质量控制要点与风险预防的研究

摘要

船舶轴舵系在机加工、运输以及安装过程中，难免会因各种因素的影响内导致质量事故的发生。作者通过对各生产环节的分析，找出潜在的质量风险，同时结合以往经验教训，提出相应的控制措施，以最大限度避免质量事故的发生。

关键词：船舶轴舵系；机加工；风险预防；质量控制

■质量部/吴建强

1.铸钢件采购

采购环节主要风险源是铸造质量问题造成的纳期风险。产品纳期有一定的提前量，但如果提前太长时间，会增加库存成本。因此产品来货质量的管控就至关重要的。如何确保来货质量，厂家的选择是关键。采购员在寻找铸锻件厂家时，第一要了解厂家是否具备相关资质，其产品质量信誉度可通过了解其以往客户产品的使用情况来确认；第二要充分了解厂家各种铸锻件的制造周期，万一前面产品出现质量问题，厂家能否及时供换新产品。船厂可以在前期方面做好应急预案，避免对生产造成重大影响；第三要了解厂家的生产负荷情况，看能否满足船厂的纳期要求，尽量避免厂家采购第三方产品供货；最后要了解厂家的过程控制和检验配合情况。

2.入库检验

在入库检验时，首先要核对产品编号是否属于相应船舶，核查材质证书、船检证书、试验报告及实物标记。试验报告需包含化学成分报告、热处理报告、力学性能报告和无损探伤报告。验证过程检验是否符合要求；其次是检查轴件在运输过程中是否有损伤，特别是轴件的关键部位。如中间轴舵轴轴承部位；另外就是外形尺寸的确认。产品的外形尺寸需要根据图纸认真核查；最后是对入库产品进行无损检测。对于一些关键部位，如填角和截面突变、退装焊接部位，可能承受高应力区域等进行表面磁粉或着色探伤，检查是否存在表面裂纹、气孔等缺陷。同时对因机报定的、焊接过的部位或根据经验有可能出现严重内部缺陷的部位需进行超声波探伤。以上的检验程序完成，产品即可入库。

3.轴加工检验

轴加工检验主要有以下几方面：轴件产品检验标记的转移；轴件加工尺寸和精度测量；轴件精加工后表面探伤。

船舶的机加工图样主要有：舵杆、舵销；中间轴、艉轴、艉管、艉管轴承；轴舵系的液压螺母、不锈钢衬套以及舵杆托轴承龙抽承等。

3.1 轴件机加工检验

轴件的加工检验，除了基本的长度尺寸、外径尺寸等，还有四个数据需要重点检查。第一是轴件的挠度。由于轴系属于高速旋转的系统，如果挠度超标，系统会产生强烈的震动，这不仅会缩短轴承使用寿命，甚至还会危及船舶安全。在精加工测量时，必须在车床上测量各个位置的跳动量，合格后才可以下车床；第二是表面粗糙度。特别是轴承位表面粗糙度须符合工艺要求。如果粗糙度太低，会加快轴承磨损；第三是轴件法兰面的垂直度，它会直接影响船舶轴下水后的轴系对中。测量也须在车床上进行，可通过测量手面的跳动量来判断；第四是无损检测。高速轴件不允许有表面或内部的缺陷，否则轴件受力时容易产生应力集中，形成裂纹，所以在精加工后需进行无损检测，包括磁粉探伤、超声波探伤。

3.2 螺栓检验

螺旋桨与艉轴、舵杆与舵柄、舵杆与舵叶及轮毂与舵叶属于无键连接方式，两者间需要进行锥配。锥配效果的好坏直接影响连接件的牢固程度。螺旋桨与轴系的配合，要求锥孔色油均匀接触，每25×25的面积上不少于3个接触点，桨壳与轴毂的接触面积不少于70%。在螺旋桨锥孔两端“无锥区”接触点要求要明显好于中间区域，因为两端良好的接触可以保证在压装时建立径向油压，防止漏油。

3.3 桨毂与桨壳轴承检验

（1）艉管轴承座通常为铸件，而铸件免不了存在一些缺陷。铸件在精机加工过程中经常会出现铸造缺陷，如气孔、夹渣及裂纹等。如果这些铸造缺陷，超出了允许范围就必须报废。对于可以修补的，须严格按照修补工艺进行处理，修补完后需做无损检测。

（2）由于在加工过程中温度的变化或者刀具的磨损，都会导致加工尺寸的偏差，如艉管内孔圆柱度及同轴度偏差等，故应进行尺寸的测量。由于艉管及轴承过盈配合，通常过盈量在0.01～0.05mm之间，而过盈量受到温度的影响较大。在直径方向，艉管和艉管轴承的缩胀方向是相反的，对过盈量的影响是叠加的，所以在艉管轴承精加工阶段，要求在相同的环境温度下测量艉管内孔的尺寸，以此来确定艉管轴承外圆的精加工尺寸。

（3）在确定艉管轴承外圆尺寸时，应读考虑压装时的气温情况。如果压装时环境气温比加工时的气温高，则加工时的过盈量可以取下限值，相反则取其上限值。这样即使温度变化，过盈量还能保持在要求的范围内。

（4）椭圆度和同轴度超标的主要原因有车床本身的精度不够，加工过程温度变化大和过刀量过大或刀具磨损等，这些问题主要由加工厂家控制，可尽量安排在温度变化不大的时间进行加工，同时注意设定进刀量及刀具的冷却，避免刀具磨损。

3.4 舵系镗孔质量风险预防

（1）镗孔表面粗糙度

铸件镗孔表面存在铸造缺陷，镗刀经过缺陷位置时容易产生跳刀，致使刀具损坏，镗孔表面出现凹槽划痕，在精加工阶段如果出现类似情况，会导致表面粗糙度超标。在镗孔过程要经常检查刀具的磨损情况及镗孔表面的状态，发现异常须及时停机处理。

（2）镗孔表面圆度和圆柱度

通常造成这两个指标超标的因素主要是刀具的磨损。而造成刀具的异常磨损主要原因是进刀量和吃刀深度。如果进刀量太大，则会增加镗杆的工作负荷，使镗杆产生挠度变形；会加快镗杆滑动轴承磨损；会使刀具温度过高，加快刀具磨损；会增加切向力，容易拉伤加工面等。另外，精镗时进刀量过大，表面粗糙度难以保证。

（3）上轮承、下轮承及挂舵臂孔圆柱度

三孔同轴度是舵系镗孔重要的参数指标，它直接影响舵杆轴承及轮辋轴承的间隙配合，甚至出现单边间隙为零的情况，致使轮叶灵活性下降，轴承偏磨等。影响这一指标的因素有下列几方面：镗孔工装的安装精度、镗杆本身存在挠度、工装滑动轴承的间隙、镗孔作业环境温度的变化以及镗孔作业的连续性等。

为了避免环境温度的影响，最好选择在阴天或晚上作业。在每镗一刀前须仔细检查工装的牢固情况，看调节螺栓有无松动，固定支撑有无脱焊现象；检查镗杆的对中情况，如有异常需查明原因，及时调整；检查涡轮箱、轴承的润滑情况，及时补充油脂。

4.产品运输和储存

轴舵系机加工件属于精细零件，在运输过程如稍有不慎就容易造成损伤。

根据轴件的特点，须做好以下几点措施：

（1）注意防水、防锈的保护。轴件机加工报验完毕后要加一层防锈油，入库检验完成后需重新涂油保护。

（2）吊装过程需要使用适当的吊装工具，避免对工件表面造成损伤。

（3）运输过程需要制作可靠的夹具或固定工装，避免货物移动碰伤。在入库检验完毕后同样要做好以上的保护措施。

5.轴系安装质量控制

5.1 轴舵系望光扯线

5.1.1 检查望光扯线的条件

大面积的火工作业及大型设备的安装对于船体结构会造成局部的变形，从而影响拉线精度。所以在精线之前必须具备如下条件：

（1）机舱前壁往后、主甲板以下的船体结构焊接完成，包括下舵承、脚部舵墙、腐蚀车舱壁、舵部带筋板及加强焊、艉管座；

（2）机舱前壁向船首第一条大焊缝和大接缝焊装结束；

（3）上述区域的火攻矫正作业结束；

（4）机舱区域与船体连接的油水舱密性工作结束；

（5）机舱主要设备进舱到位（除主机外）；由于环境温度的变化对精拉线精度影响较大，所以拉线应安排在晚上或阴天温度变化不大的情况下进行，同时拉线期间禁止一切震动作业。

5.1.2 望光扯线需要重点测量的数据

（1）船体基线的测量：由于船体底板存在挠度，所以测量基线高度时有偏差，直至偏心量被消除为止，然后取平均值，以减少挠度对确定基线的影响。

（2）激光定位：检查激光线与地样中心线的重合度。如果横向需要偏移调整，激光与地样中心线偏移量不得超过0.03mm，而后激光点的偏离量必须一致，如有偏差，激光线沿船首方向会被逐渐放大，导致激光所打出的船系中心线与理论中心线产生夹角。

（3）关键数据的测量：

a)光靶靶芯与船系理论中心线偏差；

b)基线至水平激光线的距离；

c)激光与横标杆十字线中心的重合度；

d)前、后艉管座端面的间距；

e)后艉管端后端面至中间轴承基座中心距离；

f)中间轴承基座高度、垫片厚度；

g)主机座半宽及半宽对称度；

h)主机斜氣垫块厚度；

j)挂舵臂下端面至上舵承上平面的距离；

j)舵系中心线至后艉管尾后端面的距离；

k)舵孔中心与轴系中心的在右偏差及垂直度偏差；

（4）现场判断是否合格的数据：

a)前后艉管座内孔在上下、左右方向的半径值，是否满足环氧树脂厚度的要求；

b)基线至水平激光线的高度，该高度既是轴系中心线的高度；

c)上舵承前后、左右方向上的内孔半径是否满足镗孔余量的要求；

d)下舵承前后、左右方向上的内孔半径是否满足镗孔余量的要求；

e)挂舵臂前后、左右方向上的内孔半径是否满足镗孔余量的要求；

f)挂舵臂下端面至上舵承上平面的距离，是否满足加工余量；

g)主机半宽值是否满足主机地脚螺栓钻孔的公差要求；

h)主机高度值是否满足主机地脚环氧厚度的要求。

5.2 舵管安装校制要点

5.2.1 穿舵管前的清洁扶验

浇注环氧的注入管和通气管需焊接完成，同时做好管子内部的清洁，必须保证环氧固无尘、锈、油污、水等。另外，侧管座上的定位螺栓孔需要清洁除锈，否则安装螺栓时孔螺纹上的脏东西会掉到灌环氧区域。

5.2.2 舵管定位

舵管定位的精度容易受到环境温度的影响，所以定位时环境温度应与精拉线时的环境温相近；舵管轴承具有一定的偏心量，如果测量点取在白合全区域，必须将偏心量计算在内，如果在轴承止口位测量就不存在偏心量问题。

5.2.3 浇环氧树脂

前艉管密封座与艉管前端面间要求水密，两个平面用垫片或胶圈保证密封。安装前要确保两个平面的平面度及垂直度；灌环氧前密封座固定螺栓必须上紧，环氧前密封座上附件管子需焊接完成，避免烧焊对环氧性能的影响。

5.2.4 环氧树脂密封放的封堵

以往船舶密封胶封堵后，经常发现有漏气漏水的现象。主要位置在密封胶端面、固定螺栓孔、环氧注入口和通气口以及调节螺栓孔填焊位置。密封胶端面渗漏，主要原因是密封面在封堵前没有清洁干净，存在灰尘、锈、油污、水等；环氧开口的填焊位置渗漏，主要原因是补焊位置有裂纹。由于艉管座为铸件，在填焊如果没有进行预热，焊后没有保温，则经常会产生裂纹；另外，填焊作业应该在密封胶封堵前完成，否则会烧坏密封胶。环氧的固高温性为六约在90℃，超过该温度会影响环氧的机械性能，所以需要控制加热温度。最后，各环氧开口补焊完成后需打磨光顺，做表面探伤。

（2）舵装过程需要使用适当的吊装工具，避免对工件表面造成损伤。

（3）运输过程需要制作可靠的夹具或固定工装，避免货物移动碰伤。在入库检验完毕后同样要做好以上的保护措施。

6.轴系安装质量控制

6.1 轴舵系望光扯线

6.1.1 检查望光扯线的条件

（1）检查望光扯线的条件

（2）检查侧轴与中间轴、中间轴与主机飞轮法兰的开口值和偏移值。

（3）检查主机基座的下垂量是否符合厂家要求。

（4）检查主机最后一道主轴承顶部的间隙。

5.7 轴系负荷承重

5.7.1 轴系的连接

（1）中间轴与艉轴应配对镗孔加工，过盈量应符合工艺要求。

（2）中间轴与主机飞轮应配对镗孔加工，过盈量应符合工艺要求。

（3）饺孔螺栓应液氮冷冻安装，保证螺栓孔与螺栓一一对应

5.7.2 轴系负荷测量

（1）按指定的位置进行冷态负荷测量。

（2）记录油压每上升10～40bar时顶升压力和顶升量，顶升总量不得超过该部位轴承间隙。

（3）记录油压每下降10～40bar时压力和下降量。

（4）根据以上的数据画出油压与轴垂直位移曲线。

（5）轴承的实际负荷：

$$R=\frac{P1+P2}{2}KS \quad (N)$$

式中：

K——顶举修正系数；

S——千斤顶的活塞面积（mm2）；

P1、P2——千斤顶上升及下降油压力（MPa）。

5.8 主机环氧浇注校验

（1）主机环氧浇注区域，需打磨除锈，并用丙酮彻底清洗干净。

（2）浇注前需测量环境温度，冬天低于13℃需要加热设备对主机浇注部位及环氧进行加热；环氧浇注后同样需保温，直到环氧固化；夏天温度超过30℃不能浇注。

（3）环氧浇注速度需服务商指导，合理的速度保证气体能够及时排出或在浇注过程把气泡扯碎。

（4）环氧浇注前、后半程分别浇注两个样品放在主机相应的位置。

（5）环氧固化时间：13℃-18℃ 48h；19℃-21℃ 24h；21℃以上 18h。

6.舵系安装

6.1 舵系镗孔测量

（1）检查镗孔部位的加工表面是否存在气孔夹渣的缺陷。

（2）检查表面粗糙度是否满足要求。

（3）测量验证镗孔圆柱度及舵系中心线与轴系中心线相应情况。

（4）做好数据、温度测量记录（数据作为塞龙加工的依据）。

6.2 塞龙抽承安装

（1）冷冻安装前需量新复核舵杆销孔的内径及塞龙抽承外径尺寸是否符合过盈量要求。

（2）冷冻剂充足，保证抽承完全浸泡。

6.3 舵杆轮毂压装

压装步骤与螺旋桨类似，但要注意几点：

（1）确保轮叶是否在零位上。

（2）确保舵机轮角机械指示器指针在零位上。

（3）压装时舵叶底部需有效支撑。

6.6 舵机安装校制要点

（1）检查舵销滑块间隙，判断舵机安装是否平衡。

（2）测量舵机铰孔与铰制螺栓，注意过盈配合量是否符合要求，同时孔与螺丝要一一对应。

（3）检查地脚螺丝及上舵承该螺丝扭力。

（4）检查侧推块挡配。

7.总结

本文研究的内容基本涵盖了轴舵系各个生产环节，文中总结了的一些措施及质量控制要点，在后续的实船运用中取得了良好的效果，值得推广和供同行参考。

参考文献：

[1]《中国造船质量标准》[M].CB/T 4000-2005.

[2]《轴舵系照光拉线工艺》[Z].江门市南洋船舶工程有限公司.

[3] “KEMEL double security COMPACT Seal INSTRUTION MENUAL”[Z] 7-9.

专利的故事

我对南洋专利申报工作的一点感想

■技术部/梁坤龙

专利是受国家法律保护的发明创造，它是指一项发明创造向国家审批机关提出专利申请，经依法审查合格后向专利申请人授予的该项内规定的时间内对该项发明创造享有的专有权，并需要定时缴纳年费来维持这种国家的保护状态。

授予专利权的发明和实用新型，应具备新颖性、创造性和实用性。

专利的特点：排他性、区域性、时间性。

专利申请原则——先申请原则。

国人对持专利的思维方式与发达国家的人有很大不同，这往往不利于科技的发展；例如武术家的“绝活”传子不传女；国人发明了春卷、豆腐、热干面，却仅仅停留在春卷、豆腐、热干面的层面，无法像汉堡包那样形成产业化；发明了火药，却用来做烟花、爆竹；发明了罗盘，却用来看风水。而国外，专利支撑着通用电气、IBM、贝尔试验室、微软、苹果这样的企业发展，壮大益至垄断某些行业，使创新企业成个人在获取巨额利润的同时，也极大地推动了社会的发展。

近年来，国内也有所转变，如毕为、中兴、格力、振华、三一等企业的快速发展与创新是密不可分的。

南洋的专利申报工作，源于高新企业申报的需要。

在我们申报高新企业的第一年，只有一项关于镀锌的专利，还是协议引进的，费用不菲不说，与是船核心增值的生产活动也不对口，就是从专利数量上看，也显得很寒酸。

后来，公司出台了专利管理办法，鼓励员工在展开专业工作的同时，将一些有创意的工作成果申报专利。

近年来，专利申报作为申报高新企业工作的一项重要内容，成绩斐然，经国家专利局授权的专利近90项；专利申报工作硕果累累，在配合申报高新企业、省级技术中心、省级工程创新中心、省级创新型企业方面不可或缺。其中，集配中心杨祥裕主任的《大型法兰现场防削机》专利最值得赞赏，通过小发明，成功解决安全吊法兰面加工问题，避免了到外厂去借用炮座镗床，既解决了生产限制问题，又节约成本，并获得了新会区年度发明二等奖、江门市三等奖的殊荣，提升了公司的形象。

笔者在过去的几年，受领导所托，负责生产部配合申报高新企业的工作，实际承担生产部的专利申报日常管理工作。在申报过程中涌现了一批专利申报的先进个人，如杨祥裕主任、彭茂清主任、林先礼、洪森、温志钊等同仁，他们发挥聪明才智，在本职工作中开动脑筋，解决了公司设计、生产过程中的不少实际困难；并利用业余时间，撰写专利申报文件，既配合公司的申报，提升公司的形象，又取得不少奖励、补助，解决部分个人生活费，真是一举多得呀！

感谢技术中心的老专家——梁华辉的无私指导与热心支持！使公司的专利申报工作蓬勃发展。

但申报过程中发现很多因事或对工作中的创意性改进，不好意思申报；或觉得专利很神秘，认为那是发明家干的事，专利自普通人无关；很多创意与成果没申报，错过了很多机会！

其实我的理解专利只要是好的想法或构思，如国内无人申请，且对社会无害，就有可能申报成功。

我的几个专利，就是在应对JNS611船东月足尔的欧洲造船习惯和较高质量的要求，对精拉线较为特殊的要求而开发的一些小工具，并用业余时间写申报文件申报成功的。

造船厂参与船东全球招标，与全世界的竞争，实力全强。只有持续创新才能逐步确保质量、提高效率、降低成本，使产品具备一流的“性价比”，只有一流“性价比”的产品才能获得订单，企业才能生存发展。科技是业绩好的生存发展，才能给我们提供个人职业规划的发展平台。这就要求我们在工作中