

平均消耗量			
序号	类型	消耗量	备注
1	电力	252kWh/t	每吨钢材消耗量
2	氧气	13.5kg/t	每吨钢材消耗量
3	可燃 ¹ 气 (LNG+LPG)	2.6kg/t	每吨钢材消耗量
4	CO ₂	22kg/t	每吨钢材消耗量

总降压站：总装机容量11800kW，两条进线0.6万伏

各变电所根据生产需要限时供电。

总压缩空气站：350m³/min。（6300m³·h×3台、3300m³·h×1台），使用压力6kg（空压机出口压力7kg）

12 体会总结

该造船厂管理的最终宗旨是平衡管理、平衡生产。

12.1 切实可行、细致入微、严格执行的生产计划管理

12.1.1 系统性、综合性及事先指导性

该造船厂造船生产计划体系是全厂性的，入中小计划形成系统，涵盖经营、管理、设计、物资、生产等各个方面，并对经营活动提出努力目标。

12.1.2 具体性、详细性

每一个零部件都有名称编号，组立（装焊）成为一个新的部件或分段后又有一个新的名称编号，每一个部件或分段何段时间在哪个厂房内加工装焊多少时间都规定得一清二楚。

12.1.3 切合实际、具有可操作性

根据实际生产能力、人员状况并借鉴以往实例制订计划，既不会拖延，也不会抢进度，因为那会降低质量，损坏企业声誉。

12.1.4 计划的严肃性及可调整性

计划就是管理的法律，严格执行。同时也根据生产实际进程，适时调整，这也是慎重的，修改后的计划也予以严格执行。

12.1.5 计划的目的

该造船厂造船生产计划体系的目的是使造船生产任务均衡、流程顺畅连续，对生产真正起到指导作用。

12.2 合理的生产流程布置

造船是一个物流的概念。切割加工装焊的工作量是确定的，整个造船过程就是把东西吊来运去，要最大化地提高流程效率，关键是要减少吊运次数、吊运路程、吊运重量。这一理念，对于我们船舶工业设计人员来说，于今后的工作具有实际指导意义。

12.3 相对配套、比较先进的生产设备及设施

该造船厂的设备，虽然在日本来说已不属先进，但还是大量使用了移动式作业平台的生产形式，厂房一般都有二层行车以及局部的半龙门吊、小型行车等，使设备和部件、分段之间的相对移动非常便利。在切割设备、焊接设备方面，自动化程度也还是比较高的。除大型数控切割机外，还大量使用小型手提式自动切割机，以及小型半自动焊机，平均每位焊工3台。

12.4 先进的经营战略与总装厂管理理念

该造船厂具有较强的船舶前期开发实力(营业开发本部有 23 人搞船舶前期开发),对世界造船市场不断跟踪分析,结合自身情况,开发满足顾客特殊需要的产品,供顾客选择,这样一来,船厂在经营上比较主动,起到引导消费的作用,船厂技术风险比较小,因此造船的成本、质量、周期可控。

以满足顾客特殊需要的船型设计开拓市场,目前的主要产品是 AFRA 型油轮、AFRA 型散货船及 PANAMAX 型散货船,可以根据船东的特殊要求,按非常规尺度设计,备有世界上各种主要流行船型的设计基础,接获订单后可以立即开始设计。在设计和制定生产计划时就考虑现场生产如何提高质量、提高速度、提高效率。

不追求造船产量、产值,而以盈利最大化为目的。

周密计划是一切生产活动的前提,生产活动严格按照计划进行,没有无计划的工作,计划就是命令,制定计划时保证计划的协调性和连续性,保证设备及劳动力的平衡配置。通过严格的计划管理,做到没有富裕的劳动力,以及基本上的零库存,当天工作当天完成,尽量不安排、并限制加班。

难以相处、过分挑剔的船东的订单不一定承接。合同中的造船周期并非越长越好,因为那样的话,企业的现金流会较差,船东也会有太多的时间无端挑剔。

根据总装厂的经营理念,同时也由于近年日本经济总体状况的原因,制造本部正式员工人数已经压缩到 280 人。分段小组立的部分工作量就由外协公司承担,当然一些外协公司本身就是厂里独立出去的,某些还是集团的全资子公司。舾装件全部外购,厂里仅有集配仓库。管子加工与集配同预舾装占用组立厂房的一跨,仅加工部分铁管,此外并无专门的管子加工厂房,其余的铁管和全部的塑料管、不锈钢管的加工均外协。

轮机、电气设计:基本设计由自己,详细设计也外协。

外协公司 30 多家,厂内运输全部由专业公司承担,600 吨、300 吨自行式液压平板车由工厂租赁给运输专业公司;探伤工作也外包。

12.5 在现代造船模式的基础上追求精益生产模式

所谓现代造船模式,我国有关学者认为就是“以统筹优化理论为指导,应用成组技术原理,以中间产品为导向,按区域组织生产,壳舾涂作业在空间上分道、时间上有序,实现设计、生产、管理一体化,均衡连续地总装造船”。经过我们在该造船厂一个月的研修学习,根据我们所学到的、听到的、看到的、问到的,感觉到该造船厂是实实在在的在应用造船的先进理念,并且其效率相当高,且其根本和我国学者的观点是一致的。但是,他们仍不满足于现状,目前正与丰田公司合作,学习被世界制造业称为“精益生产模式”的丰田生产模式。

传统的生产模式往往注重于提高作业加工的生产效率,通过设备的更新改造、工艺技术的进步和工人的熟练技能,想方设法缩短增值时间部分来提高产量;而精益生产模式则更侧重于缩短非增值时间部分来缩短生产周期,从而来减少生产中间环节的成本。丰田公司把非增值时间部分的浪费描述为以下七种。

A、生产过剩。就是在客户(内部和外部)需要之前提前生产了大量的产品(中间产品和最终产品)。这种生产造成了生产停顿,不能使生产顺畅的流动,同时产生大量的库存,是生产中最基本的浪费。

B、次品。次品妨碍了流畅的生产,导致了许多次品需要处置或返工重做的浪费。

C、库存。包括原材料、在制品和成品的库存。库存需要大量的堆放场地和空间,占用了大量的资金,而且容易造成库存的损坏,并掩盖了许多隐含的问题。

D、人和物的移动。任何不增加市场和客户价值的人和物的移动都是浪费。

E、过度加工。任何超过市场和客户需求的额外加工都是浪费。

F、运输。任何不符合产品增值要求的原材料、在制品和成品的搬运都是浪费。

G、人和物的等工。物的等待造成生产不能连续作业；人的等工造成企业最重要资源的浪费。

造船厂和丰田的合作，正在取得一个又一个的成果，其造船成本逐渐下降，工作效率不断提高。“精益生产模式”这一理念，对我们船舶工业设计人员来说，于今后的工作具有实际指导意义。

12.6 成熟的市场经济环境

日本作为发达的市场经济国家，市场经济的体制、机制比较配套完善，企业间的诚信也相对可靠。因此，外购的钢材、设备以及外协服务劳务都不会出现严重脱期的情况。

该造船厂的外协厂家及设备供应商基本相对固定，在技术水平、产品质量、企业诚信方面确保的前提下，相对固定的长期合作伙伴在合作的过程中也比较容易沟通协商（国内船厂反复变更协作及供货厂家，无穷尽地招投标，不顾质量地压低价，增加了很多工作量，也牵涉了主要领导大量的精力）。

12.7 严格精细的企业日常管理制度及勤俭节约控制成本的理念

该造船厂厂区环境整洁干净、办公室安静禁烟，工作人员彬彬有礼，专心工作，工厂作息制度严格并认真执行，每天早操。午间和工间休息按时结束。生活和生产垃圾均分类处理。

室内室外、坞里船上所有生产场所的分段、舾装托盘托架、零部件、钢材、吊索工具均摆放整齐、标识明确。厂区交通也有严格的规定，在午间及工间休息时段，禁止车辆行驶。行人穿过主干道路须走横道线，穿行前还应举手指点左右两侧，表示开始穿行。工人的生产工作按部就班，井然有序，虽有极高的劳动生产率，却毫无匆忙紧张的工作景象。

工厂非常注重勤俭节约控制成本的理念，设计部门的电脑相对较新，而计划技术、生产管理部门的电脑就比较陈旧，外壳都有点发黄，办公室面积也比较拥挤。工厂内部运转使用的纸张均是略微发黄的再生纸，对外的文件才使用白纸。办公室暂时无人的区域都不开灯。

从钢材到办公用品都是集团统一采购的。

12.8 认真敬业的企业员工队伍、科学合理的人才培养及干部任用理念

日本企业的员工相对比较认真敬业，自己的工作绝对负责完成，一丝不苟。每日班前会结束时要围成一圈，呼喊鼓励。

日本企业有一套完善的工资福利制度，以增强企业的凝聚力。日本的工资人事制度对忠于企业、勤恳工作的职工提供了逐步升迁的机会。日本的工资福利主要包括：基本工资部分（一般管理技术职每 3~4 年升一级，技能工人职每 6~8 年升一级）；定期升给部分；奖金部分；法定内福利（厚生年金即养老金、健康保险、雇佣保险、工伤保险等）；法定外福利 5~6 万日元/月；现物给予（廉价租房等，如企业的单身宿舍 0.7 万日元/月，100 平方米左右家庭住房 1.5 万日元/月，而社会上同类家庭住房 5~6 万日元/月）。

该造船厂的人才培养、干部任用也有一套比较科学合理的理念和制度。大学毕业生到厂工作后，被安排到不同的技术或管理部门分别工作几年。他们认为，能胜任不同工作岗位的人是优秀的职工。由于他们熟悉了企业不同部门的工作，因此得到提升，企业也需要他们的贡献。干部上任时需要宣誓，申明决心达到的目标。我们接触的企业中层干部，年龄都在 30 至 40 多岁，一般均在至少 5 至 6 个不同的技术或管理部门各工作过几年，显得非常精明强干，精通业务，勤奋努力。

13 对今后工作的思考

该造船厂的全套生产管理计划体系都有价值在中国的造船厂里应用，其生产管理计划体系的指导原则和具体思路甚至也可在工程设计等领域得到借鉴。当然国内环境中影响计划执行的变数较多，因此可以像该造船厂一样，一方面加强“日常管理”全力保证正常计划的制订、运行（按 ISO2000 标准或 PDCA 循环），另一方面配备专门力量，处理内外部的各种变数影响，以确保计划的顺利运行。

13.1 加强对“精益生产模式”的研究

精益生产首先把从原材料加工到成品交货的生产全过程分成两大部分。一部分叫做增值时间部分（对船体制作来说就是预处理、切割、拼板、分段制作、分段涂装、分段预舾装、搭载）；另一部分叫做非增值时间部分（对船体制作来说就是钢材堆放、分料、理料、等待制作、等待涂装、等待预舾装、等待搭载、物流）。一般情况下，在传统的生产模式当中，非增值时间部分远远大于增值时间部分。所以，我们在船舶工业建设工程项目的设计中，一方面要注重提高作业加工的生产效率（缩短增值时间部分），另一方面更要注重研究如何缩短非增值时间部分，从而来减少生产中间环节的成本，缩短造船周期，为我国船厂提高劳动生产率作出应有的贡献。

13.2 加强对总装化造船管理体系的研究

在船舶工业建设工程项目的设计中强化造船物流概念，对船体建造工艺流程的设计要精益求精，反复斟酌。为船厂提高劳动生产率作出贡献。树立现代化的大型造船厂一定是专业协作程度非常高的总装厂，这样才能充分发挥投资强度极大的造船坞、舾装码头、大型起重设备、大型生产厂房的投资效益。而生产设施投资强度不大，专业化程度却较高的机电舾装件的生产可以依靠甚至培育一些专业生产厂家来进行协作。

13.3 积极推进造船业信息化建设

无论是现代造船模式，还是精益生产模式，都离不开信息化的支撑。离开了信息化，其生产模式只能是“形似”，而非“神似”，生产效率提高不大，效益不明显。从现行的实际情况来看，我国造船业要达到日方目前的生产水平，设计和管理部门依靠计算机要脚踏实地做相当多的细致工作，而且需要一个全厂性的信息平台，冲破部门间的隔阂，信息资源必须共享。所以说，船厂的建设和信息化建设要同步进行，促使船厂的管理由现场管理到信息管理的转变，促使部门间信息流的畅通，真正发挥现代造船模式高效造船的优势，使我国尽快成为名副其实的造船大国。

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题发言

球鼻艏翘唇外板加工压模设计与制作技术

杨荣德

(沪东中华造船(集团)有限公司)

摘要: 本文详细介绍球鼻艏翘唇合金钢板外板的钢板压模设计和制作的全过程。从问题的展现、构思的成立、改进工作的准备、制作压模、工件试压和压制后的工件成形效果,该设计是合理的,表明科技创新、技术革新是具有良好的经济性,压制后工件质量达到了设计要求且具有较好的社会效益。压模的制作成功从根本上解决了球鼻艏翘唇外板难以加工和存在的质量问题,在后续船上继续使用发挥了应有的作用。

关键词: 合金钢板 模具制作 质量

1 前言

球鼻艏翘唇外板是船壳板中最具典型的复杂零件之一。该零件首端与艏部铸钢体球鼻梁连接,下端与球鼻头上口处连接,具有三维弯曲线型,且劣势很大,形状极为复杂,该零件为高强度低合金钢,硬度高、韧性强、热加工时收缩率少而不易成形,但它的热膨胀系数较大,被加工零件厚度薄、蓄热量小,这些特点都给热加工带来很大的难度。特别是零件纵、横呈“S”形正反弯曲,若用烘煨空冷及水冷跟踪弯曲,则加工面会产生涡轮凸块或过烧缺陷,而达不到产品的外表质量要求,只能通过一次性热压加工成形来完成,热压加工的关键乃是压模的设计与制造技术。

2 课题的引出和数据调研

球鼻艏翘唇外板是外板中线型最为复杂的三维弯曲状、加工难度极高的零件。完成这样高难度零件的加工任务,对提高舰船的建造质量水平是有着现实性的意义。

2.1 课题的引出

球鼻艏翘唇外板是低合金钢板,它屈服强度高,然而可塑性差。若采用手工烘煨热加工是难以成形,而用水冷跟踪法,会改变其金相组织而使钢板变脆,严重时会产生裂纹。加工零件具有唇沿一样的反弯扭曲度,靠反复氧乙炔火焰烘煨根本成不了形,况且经过重复地烘煨在其表面留下线条形的增厚现象以及榔头印和油压机留下的印痕。课题的分析结果是选用钢板结构压模热加工压制,它不仅仅能解决表面质量,更关键的是低合金钢板内部金相组织在热加工过程中避免材质变脆及产生电腐蚀现象而降低使用价值。

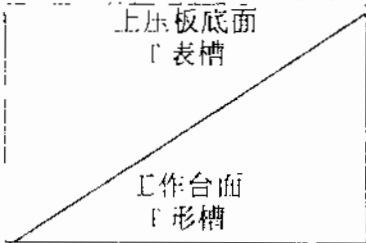
2.2 模具设计的要求

模具设计的前提是:(1)上、下模面板线型必须镜面吻合;(2)上、下模之间间隙必须与工件的厚度相吻合;(3)上、下模的设置状态必须利于进料;(4)上、下模反变形收缩量必须使工件

冷却后达到施工图的数据要求；(5)压制时工件裙边增厚量必须达到公差范围。上述技术前提必须保证压制后的工件表面质量使船东满意——表面光滑、线型和顺符合产品质量标准。

2.2.1 调研

设备要素——500 吨油压机参数（见表 1）

项 目 及 代 号		参 数
最大工作压力		吨
最大单位面积压力		kg/cm
旋转吊杆起重量		吨
最大工作行程		h
工作台面（前后×左右）		A1×B1
上压板与工作台面最大距离		H
上压板中心与架体内侧距离		S
最大偏心距		e
上压板尺寸	前后	Ay
	左右	By
工作台距地面尺寸		Hg
	方向	h h
	数量	4 8
	槽距	B1, B2
	口宽	K1, K2
	底宽	d1, d2
	槽深	t1, t2
	底深	h1, h2

2.2.2 曲面专用压模设计前提

压制零件的外形尺寸必须在油压机工作台尺度的范围内；

低合金钢的压制零件其屈服强度 σ 比一般船用碳素钢的 σ 高出一倍。

2.2.3 压模基面及压力中心选择

2.2.3.1 为使工件能平稳地搁置于下模上，一般应使下模成凹形，上模成凸形，并使下模四角距基面的高度尽可能接近。

2.2.3.2 尽量使压模面板与作用力方向垂直，避免在压制时产生横向推力 N 而对模具的固定产生不利的影响，如图 1。

2.2.3.3 尽量避免由于基面选择不当而使工件在压制时产生滑移，以致影响工件定位和成形的正确性，见图 2。

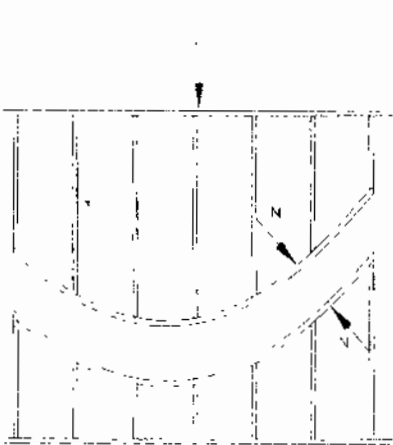


图 1 压模面上的横向推力

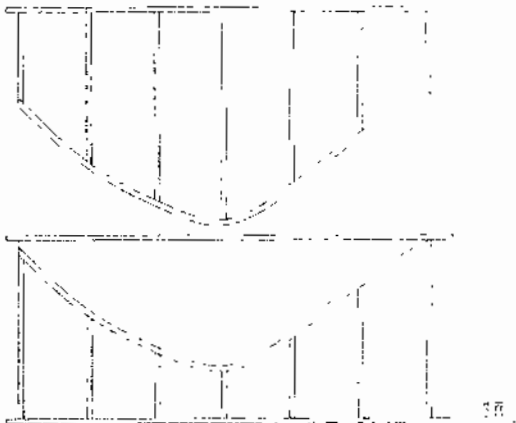


图 2 基面位置合理

模具设计时，因本工件为低合金钢板σ高，故模具应有足够的强度和韧性，下模面板至工作平台的距离应在 450~550mm 之间。

2.2.1 模具设计能满足液压机的尺寸参数，参见图 3。

2.2.5 上、下模具承压面四周尺寸较工件四周每边放大 10mm，使压制时能起到控料作用以防止产生褶皱裙边，在压制后可按正确的零件外形剔除外形余料，如图 1。

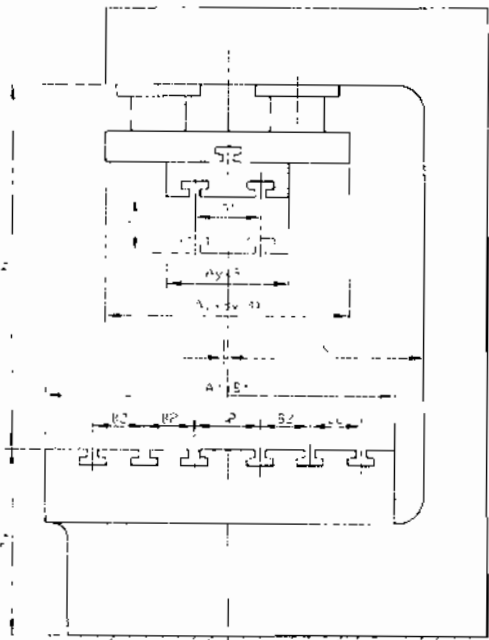


图 3 油压机参数示意图

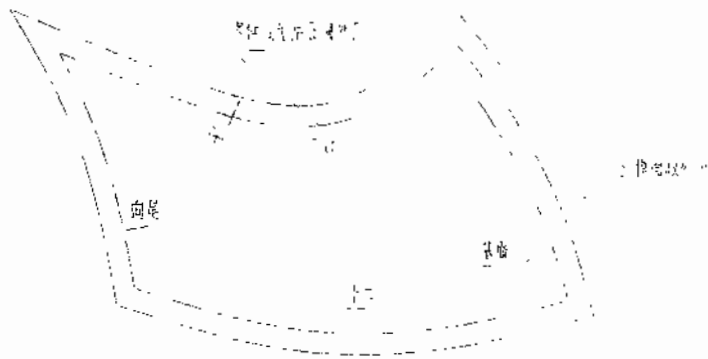


图 4 压模面板的外形尺寸

3 钢板结构模具设计与制作

由于工件尺寸为厚度 8×宽 1200×长 1400 (mm)，设计模具时应考虑结构的可焊性，则采用碳素船用钢板的余料，其零件结构尺寸（如下表所列）：

表 2

件 号	名 称	规 格 (mm)	数 量	材 料
1	上模面板	10×1280×1480	1	“A3”
2	下模面板	10×1280×1480	1	“A3”
3	纵向撑板	14×1000×1456	5	“A3”
4	横向撑板	12×1000×1252	6	“A3”
5	纵向包板	14×1000×1480	2	“A3”
6	模向包板	12×1000×1280	2	“A3”
7	上、下模底板	24×1380×1580	2	“A3”

3.1 上、下模具结构形式与制作如图 5（撤去模具面板）

注：纵向撑板连续。横向间断。



图 5 压模结构示意图

3.2 上、下模纵横构架制作以加工样箱为依据来制样

首先用 8mm 粗的圆钢来敲制拢样，因为该零件材料厚度为 8mm，根据样箱的线型先敲制出每挡肋骨的散样并修去余量磨光毛刺，然后根据样箱的整体线型，将每根散样焊接成拢样，再将焊接好的拢样置放在样箱的线型上检验其是否与线型吻合，根据拢样的内尺寸来割制上模面板，因为整块面板线形十分复杂很难加工，故根据实际操作经验宜将其分解成四小块，每块适当增加些加工余量，一则便于加工，二来可保证质量。然后采用冷热加工相结合的方法，把四小块面板根据拢样的线型一一加工到样后割除余量拼装成整块上模面板，用点焊连接好接缝后，用拢样来检验一下与面板的线型是否吻合，如有误差就及时修正到样为止，否则对制作压模的精确度有影响。上模面板制作好后，用同样的制作方法来根据拢样的外尺寸制作好下模面板，然后将上模面板与拢样和下模面板用点焊叠加连接好，（如图 6 所示）。因为拢样就是后续产品的替代品，拢样的准确性直接影响到产品的质量。

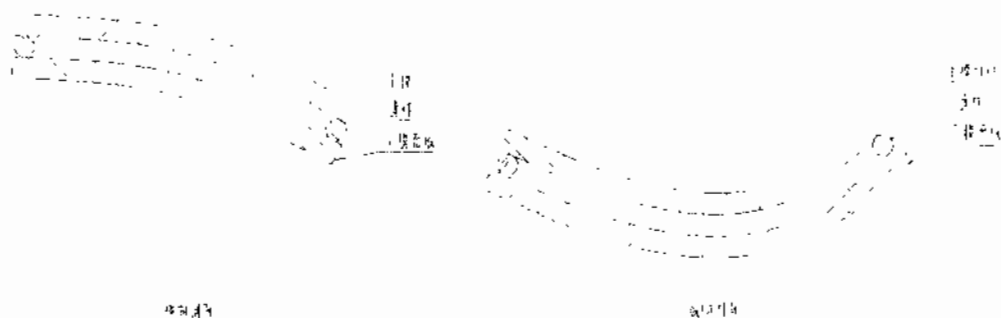


图 6 上模面板与拢样和下模面板叠加连接图

叠加连接好以后，将其放在平台上，把上模面板的四个角垫到相应的水平位置，这样才能保证压力中心垂直来确保压制时零件板材不会滑出，工件四边的扯边速度一样，确保成形效果。然后在上模面板的背面分别把纵向分成 6 等份，横向分成 7 等份，划出所要安装撑板的每根位置线，并敲出每根线型的样棒，根据样棒来划出每块撑板的下口线型。撑板的宽度就是样棒的长度，高度在平台上用自做的龙门架来测量出各点的数据，如图 7 所示。

结构尺寸表中纵横撑板和包板的高度为 1000mm，用套料的方法切割成上、下模的纵横撑板和包板。待划好线后，在每块撑板的下口要根据上模面板的背面线型开出坡口（有的开正坡口，有的开反坡口），切割后的每块撑板下口线型和尺寸数据要求准确，才能制作出一套精确度高的压模来。还有难度较高的一点是压模四边的包板，有外弯的线型，也有内弯的线型，就是说压模四周包板有

平面弯曲线型，还有下口弯曲线型，这就给划线下料带来较高的难度。根据这一情况采取敲 2 根样棒来解决这一难题，即一根用于划下口线型样棒；另一根是平面弯曲的样棒，根据平面样棒的线型，用水火弯板法来弯制出撑板的平面弯曲度。用同样的方法弯制好每一块包板，成形后经检验与样棒局部误差不超过 1mm，在装配每块撑板时用一把直角三角尺来测量撑板的垂直度，如图 8 所示。

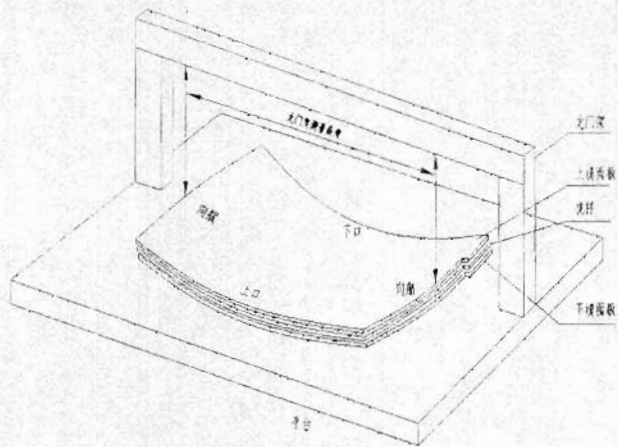


图 7 龙门架测量高度示意图

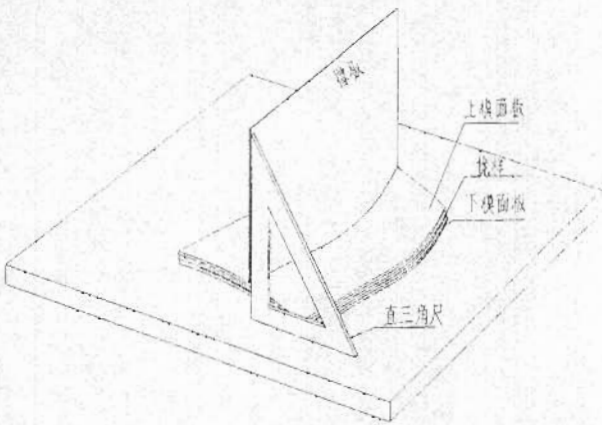


图 8 撑板垂直安装图

待纵向撑板装好后，其余各横向间断撑板的宽度为 210mm 左右，上模撑板全部装配好后，反身用同样的方法装配下模撑板。下模的每块撑板在装配时要与上模的撑板对垂直，这一制作工艺为纵向连续横向间断结构。待纵向向撑板经焊接后把上下模底板装配焊接好，包板装配时采取中间部位部分开槽口烧塞焊的方法。在压模完工拆开上、下模后增加一道磨光工艺，磨去上、下模面板表面的焊缝高出部分和水火弯板增厚处，使模具基准面具有曲度准确光顺度好的特点。

3.3 上、下压模之间间隙值的确定

受压零件在加热和成形过程中会产生热胀现象，因此钢板结构压模设计制作时必须考虑到上、下模之间的间隙。考虑到这套压模压制的零件面积大，板材又较薄，不同于以往其它压制较厚的零件和较深或较小的横向小圆弧零件，故被压制的零件板材的厚、薄其模具间隙值是不一样的。本模具的间隙考虑要素是根据本工件板材厚度为 8mm，结合以往模具的间隙等各种因素，最后确定本上、下模的间隙为 1mm 即下模周界放大 1mm 即可，此间隙值在以后的实践试压中被确认为最佳间隙间距。

3.4 上、下压模模具工件收缩反变形值的确定

球鼻艏翘唇外板零件钢板结构压模的制作，不能同以往其他船舶零件压模的制作，考虑到这套压模压制的材质是高强度合金钢板，而不是一般普通船舶的低碳钢板，所以为了能使压制后零件的成形不受外界各种因素的影响，设计时对上、下模反变形收缩变形值给予了充分的考虑。凭着对以往设计各式各样压模的经验和试验后，认为该上、下模反变形的收缩值为 2mm~3mm 比较合适。

4 试压

4.1 模拟试压零件下料图已考虑到收缩料的余量如图 9 所示

4.2 坯料加热温度的确定

钢结构压模制作完毕后进行试压。球鼻艏翘唇外板零件的材质是高强度低合金钢板，其性能主要表现在其硬度与屈服强度指标上，它比低碳钢复杂的多，所以加热温度也有所不同，故对加热的温度控制要特别严格。在试压时不断地用测温笔或激光测温仪测出加热温度的变化，并将所测得的数值作一一记录，（见表3）。

加热方式：地炉（带临时盖板）、焦炭

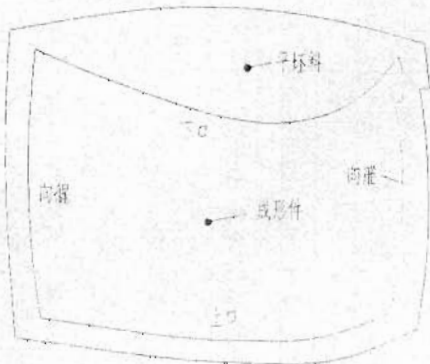


图9 模拟试压零件坯料图

表 3

温度测量方法	加热温度	保热时间	出炉温度	起压温度	止压温度
辨色	淡黄色	20min	黄色	橘黄	樱红
激光仪	998℃		990℃	960℃	750℃

经过试压测温得出的数据来看，对该零件压制时的最佳加热温度控制在 1000℃左右为宜。合金钢板的加热温度不宜太高，起压温度应控制在 950℃~1000℃之间为好，止压温度也不能太低应控制在 750℃左右为宜。压制后的成形工件何时取出也是一个重要部份。经验证实不同于一般的普通钢，故不能随意性地取出，应该在使其止压后保持原状自然冷却到约 200℃左右时再从下模中取出最恰当，因为该零件的材质不一样，而且板较薄面积又较大，过早取出会产生收缩变形。从最后试压的结果来看，加热温度、起压温度和止压温度这三个温度值是最佳数值，所压制出的工件完全符合设计的各项要求，无论是钢材的内部结构性能，以及表面光顺度均符合质量要求。

4.3 试压精度状况确定

4.3.1 精度状况与样箱的吻合度

由于零件在加热和压制时采取了一系列有效的严格控制，使压制后的零件用样箱检验时与样箱的线型吻合度良好，局部地方与样箱的空隙只在 2mm 以内，成形精度达到 99%，表面光滑线型和顺稍作修正一下便完全达到了质量检验要求。

4.3.2 工件压制状况分析

由于在烘煨上、下面板时精度高与拢样之间的线型吻合度好，即使局部地方出现与拢样线型的微量出入也严格控制在 2mm 之内。装配时对空隙要求也比较严格，采用拉力强的 507 焊条逐段焊接法，对控制压模焊接变形起到十分理想效果。由于压模的精确度高，压制时对加热温度进行有效严格控制等一切有效措施，使压制后的零件具有成形率高、表面光顺度好之良好质量特性，这表明钢板结构压模的制作获得成功。

5 课题的总结

在当前激烈的市场竞争机制中，谁拥有完善的质量管理体系，谁就有了立足市场的资本。

针对舰船的质量要求，为今后能承接到更多的造船订单，必须下功夫要把产品的质量提高到更高的层次。针对球鼻艏翘唇外板的质量问题，总结出用模具热压一次成形能解决该零件的质量问题。但考虑到制造铸钢模的周期长、工艺复杂、铸钢模笨重、运输困难、成本费用高等因素，不符合工厂的提高质量、降低消耗的根本方针。为了能既达到既降低造船成本，又能解决零件的质量问题，

总结了以往自做的 70000 吨, 1170188G 导流管和 117010G 球头钢板结构压模的经验 (这二套压模在后来的同类型船上都得到广泛应用, 取得较大的经济效益), 还有一些舰船柴油机排气管压模的设计制作的经验。经过深思熟虑后, 结合本设计是为特殊产品制作压模, 受压工件是合金钢板材, 它的屈服强度等指标都不同于一般的船用钢板, 另外更要考虑到压制后的零件具有相当高的光滑和顺度。

5.1 模具设计的特点

为了便于压模面板的加工, 将上、下模面板各分解成四小块, 根据拢样的线型一一加工到样, 然后把上、下模各四小块加工好的面板拼装成整块面板。按照拢样的纵横向线型修正至公差范围内, 把拢样夹在上、下模面板的中间, 然后根据上、下模面板的线型来下料每一块撑板的做法, 优点是便于制作和准确性高。

现在一套压模的制作成功之处是选择了便于制作和准确性高的压模制作方案。

总结了以往自做钢板结构压模的所有经验, 吸取了以往在制作中的各项优点, 采用敲制样棒来划出线型的准确切割线, 用龙门架来测量出每块撑板所需要的高度, 用直角三角尺来测量每块撑板的垂直度等一些即简便, 又正确的方法, 来制作出现在这一套最精确的钢板结构的压模。

5.2 加工零件扯薄与增厚, 裙边现象的解决经验

在该套压模设计与制作时, 将上模芯与下模芯四周各放大了 10mm 来解决增厚裙边现象的产生, 在下模四周增加了一道磨光工序, 把四周边口磨成小圆弧来解决零件在压制时所产生的拉毛和扯薄现象, 避免出现废次品现象。

5.3 手工加工与压模加工比较分析

采用压模压制后的零件成形度完全符合本设计的成形标准, 而且零件的质量和表面的光滑和顺度也绝对好。而手工加工出来的零件质量和表面的光滑和顺度很差, 留有大量的压印, 敲击痕和过烧现象, 根本不符合船东提出的质量要求, 二者相比之下差距很大。还有用压模压制时零件成形速度快、质量高, 而手工加工三个人要做三到四大才能基本完成, 而且劳动强度高, 质量低劣。该压制后的零件被安装在舰上后与相邻的零件接缝和顺度也很好。该外板的质量和表面的光滑和顺度都得了检验部门和船东的一致好评, 为今后工厂承接舰船产品打下了良好基础, 也为工厂带来了良好的质量信誉。

6 经济效益及质量效果

6.1 效果

在各方面的共同努力下, 这套模具的制作比原定提前 2 天完成。钢板结构压模的制作成功, 从根本上解决了球鼻艏翘唇外板加工难、质量差的关键问题。工件热压成形后质量完全达到检验标准, 工件钢材内部结构未起质的变化, 它的抗疲劳塑性、拉力强度、冲击韧性、受压指数等各项性能完全符合设计预期要求, 工件的表面光滑顺度远远胜于烘煨成形零件, 无任何印痕, 无筋状隆起或过烧叠烧现象。

6.2 经济效益

现在制作的一套钢板结构压模, 在放样人员的配合下由我们自己设计, 自己装焊完成的, 用去的材料和人工费成本经济核算约在一万元左右。而如果用铸钢浇制模具的话, 据了解制作这套模具约需七万元, 为工厂节约资金约六万元。压模的使用比烘煨加工提高了工效 3 倍, 总的经济效益约七~八万元, 压制后的压模无变形状态, 在后续建造的舰船时中继续使用。球鼻艏翘唇外板钢板结构压模制作成功, 对提高舰船的建造质量占有重要的地位和具有一定的影响。

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题发言

现代造船模式在海洋工程中的应用

——引入现代造船模式，提升春晓生活模块制造技术

王建明 郭 歆

(江南造船(集团)有限责任公司)

摘要：制造技术的发展进步依靠创新，通过不断技术创新，转变生产模式，从而有效地提高生产效率、控制生产成本、缩短生产周期。本文通过介绍在海洋工程中引入现代造船模式，实现壳舾涂一体化生产，对海洋工程制造技术的创新作了一些探讨。

关键词：现代造船模式 海洋工程 壳舾涂一体化 制造技术

海洋工程项目有着极其严格的技术标准和管理标准，且因其海上作业的特殊性使得其最后交货日期绝对不容变更。如何才能确保按预定周期交付合格产品，是一个值得深入研究的课题。在春晓生活模块的建造过程中，我们结合“渤海明珠”FPSO 和平湖生活模块的经验，通过应用现代造船模式的先进理论及技术成果，取得了有效的成果。

1 现代造船模式

1.1 什么是现代造船模式

现代造船模式指的是以统筹优化理论为指导，应用成组技术，实现以中间产品为导向，按区域组织生产，壳舾涂作业在空间上分道、时间上有序，实现设计、生产、管理一体化，均衡连续地总装造船模式。

1.2 现代造船模式的八项基本概念

1.2.1 成组技术(Group Technology)

《现代管理科学词库》定义成组技术(GT)是将具有某些相似信息的事物集合成组进行处理，以使单件、或中小批量生产，获取大批量生产效益的高效的生产技术和管理技术。《词库》还认为，GT 是一门包含有工程技术、系统工程、经营科学、生产管理、劳动心理和社会学等许多学科内容的综合性的技术科学。

1.2.2 中间产品(Interim Product)

在成组技术的研究中，为了突破传统的“半成品”一词，而提出“中间产品”概念。中间产品是从最终产品分解的层层部件和零件，按它们的相似性分类，组织专业化生产，以提高设备的利用率。舰船是船厂的最终产品，船体的零部件与分段、舾装件与舾装单元和系统调试等都是“中间产品”。“中间产品”是舰船某一构成部分，或某项造船任务，它是从管理角度提出的概念，核心在于以中间产品调集人员、信息和物资，组建独立的生产实体，被称为“GT 生产单元”、“微型工厂”、

“独立制造岛”、“中心”等等。“区域”是船舶的空间划分，表示生产对象。“区域”和“中间产品”，两者所指的是同一个事物。

1.2.3 产品导向工程分解 (Product Work Breakdown Structure)

产品导向工程分解是按船上区域、作业类型和施工阶段的相似性，将全船逐级分为各类“中间产品”，直至市场采购的物资。产品导向工程分解旨在按“中间产品”的专业化生产，组建整个生产系统。

1.2.4 船体分道建造 (Hull Process Lane Construction)

船体分道建造是按船体零件、部件、分段和总段的工艺过程的相似性组建各类生产线，达到均衡生产和生产资源的高效使用。同时，采用建造“精度控制”技术，以减少，直至消除修整作业。采用“线加热”校正和成形技术，使船体零部件和分段达到规定尺寸，且节省工时。

1.2.5 区域舾装 (Zone Outfitting)

区域舾装是在船舶产品设计之前即制订建造策略，最大限度地把舾装作业提前在施工条件较好的车间内完成，开展单元舾装和分段舾装，采用各类模块，严格按区域划清各个舾装阶段。在实施区域舾装时，应建立计算机辅助的“物资采办系统”，确保舾装所需的物资，准时抵达船厂；同时，建立厂内的“托盘集配系统”，把物资和“中间产品”准时送抵制造更高一级“中间产品”的现场。

1.2.6 区域涂装 (Zone Painting)

区域涂装是在设计阶段就严格规定涂装的区域和阶段，即原材料涂装、部件涂装、分段涂装和船上涂装，使涂装成为贯穿所有制造级的作业过程，从而提高涂装质量，并消除不同工种的相互干扰。

1.2.7 管件族制造 (Pipe Piece Family Manufacturing)

管件族制造是把具有相似工艺过程的管子集聚为族，按“族”组织流水线生产，使管件安装的下一个循环期所需的各族管件，在本循环期完成，并以“托盘”形成集配，适时地提供给各个舾装现场。

1.2.8 壳舾涂一体化 (Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting)

壳舾涂一体化是在上述船体、舾装、涂装和管件加工等4项技术实施并完善的基础上，运用统计控制技术分析生产过程，使各类造船作业实现空间分道、时间有序、责任明确、相互协调的作业排序；并由计算机全面辅助，这就是造船 CIMS。

2 引用现代造船模式，建造春晓生活模块

2.1 以中间产品为导向，划分立体分段组织生产

对于生活模块的建造，通常采用的做法不外乎两种：一种是先把整体框架制造完成，然后将内、外围壁板等其他结构件散装上去。另一种就像是平时造房子一样一层一层地叠加上去。对于第一种做法，大大加大了结构大合拢的工作量，并造成大量的高空作业和结构、舾装、涂装交叉作业，既加大了劳动难度又加大了劳动强度，无论是对于我们进行施工管理，或是质量保证，或是成本控制，都是极为不便的。而对于第二种做法，是类似于我们制造船舶上层建筑所采取的做法，以平面甲板为界，每层作为一个分段进行反造，然后进行总体拼装。但是生活模块与船舶上层建筑的结构是完全两样的。因为对结构强度的要求不一样，所以两者的结构形式也是不一样的。生活模块属于桁架结构，而船舶上层建筑属于板结构。而且生活模块对于结构焊接的要求极其严格，尤其是桁架接头处要求 100%无损探伤。如果采用第二种做法建造生活模块，必然人为地造成桁架接头过多的情况，

给我们结构施工大大地带来了不便，同时也给我们的制造成本倍增。

因此，为了提升建造存晓生活模块的建造技术，达到缩短建造周期、保证建造质量、控制建造成本的目的，我们引入了现代造船模式，应用成组技术，按生活模块的区域、作业类型和施工阶段的相似性，进行产品导向工程分解，将其分为“中间产品”——立体分段，将模块结构划分为框架、甲板等平面分段制造，然后中合拢组成立体分段，然后进行翻身，使其“底朝天”进行预舾装，预舾装结束后再一次翻身，送入大合拢组装。通过以中间产品为导向，划分立体分段组织生产，为后续工艺改进、实现“壳舾涂一体化生产”奠定了扎实的基础。

2.2 分段制造流程的确定

根据分段划分方案，我们确定了相应的分段制造流程，具体如图 2.1、图 2.2、图 2.3 所示。

CHX 模块共计 13 个分段（具体参见分段划分图），组装成 I、II 两个立体分段及 501 直升飞机甲板分段和配电间分段进入大合拢。CHX 模块第 I 立体分段中以 2.1 和 2.1' 外侧为基面分别在胎架上制造，框架分段装焊结束后，将已制成的甲板分段 101、201、301、401 安装在 2.1 框架分段上，组成 2.1 半立体分段，已制成的 2.1 半立体分段用临时加强材加固后，翻身吊装至 2.1' 框架分段上，然后装焊成第 I 立体分段竖态参与大合拢的吊装。CHX 模块中第 II 立体分段的制造与第 I 立体分段中 2.1 半立体分段制造方法相似，以 2.2 外侧为基面分别在胎架上制造，框架分段装焊结束后，将已制成的甲板分段 102、202、302、402 安装在 2.2 框架分段上，组成 2.2 半立体分段（II 立体分段）。甲板层间用临时加强材加固后，以竖态参与大合拢吊装。CHX 模块中 501 分段为直升飞机甲板分段，由于尺寸超大等原因，分两部分制造（甲板框架及构架分为主、辅二个分段），然后总装成一个分段，吊装至顶层甲板分段上，与相应方管立柱对接，进行大合拢。

RLQ 模块共计 12 个分段（具体参见分段划分图），也分为 I、II 两个立体分段及配电间分段进入大合拢。第 I 立体分段也以 2.1、2.1' 外侧为基面在胎架上制造，不同于 8 人模块的是，72 人 2.1 框架装焊结束后，将 401、301、201、101 甲板分段安装在 2.1 框架后，由于 2.1' 框架不连续的原因，制造时分成两段，即：2.1' +B0 立柱，与 2.1' +B2 段，中合拢制成后，分别吊装在 2.1 框架与各甲板分段组成的半立体分段上部，从而最后组成第 I 立体分段，即 2.1' 框架采取高空吊装、焊接。第 II 立体分段也以 2.2 外侧为基面在胎架上制造，装焊结束后，将 402、302、202、102 甲板分段安装在 2.2 框架上，组成 2.2 半立体分段，即第 II 立体分段。RLQ 模块配电间分段在小、中合拢制成立体分段后，大合拢整体吊装在 401（顶层甲板分段）上。

CEP 模块共计 26 个分段（具体参见分段划分图）。建造时先在中合拢以 AB、A、A1、B、B1 为建造基面，框架分段装焊后再吊装各层甲板分段（A 框架除外），组成 I、II、III、IV 立体分段再加上直升机甲板分段，进入大合拢。CEP 模块第 II 立体分段为大合拢定位分段（先行制造），然后大合拢以 III、I、IV 的顺序吊装其他立体分段与直升机甲板分段。CEP 模块各立体分段中，第 II 立体分段以 AB 框架及 A 框架外侧为基面在胎架上制造，装焊结束后，将 502、402、302、202、102 甲板分段安装在 AB 框架上，组成 AB 半立体分段后，翻身吊装至 A 框架上，其他立体分段以 A1、B、B1 外侧为基面在胎架上制造，框架装焊结束后，将相应的各甲板分段吊装上，组成 I、III、IV 立体分段。601 分段（直升机甲板分段）制造方法与 CHX 模块 501 分段相似。

2.3 结构装焊工序工艺改进

为了实现“壳舾涂一体化生产”，想方设法缩短模块结构制造周期，为机、电、舾系统及设备安装抢出时间，船体车间将十六立体分段做成反转预舾装分段（CHX 模块：I、II、501 分段，RIQ 模块：I、II 分段，CEP 模块：I、II、III、IV、601 分段），为此，我们对模块部件的装焊工序，重新进行调整，其中改动最大的是将内外围壁等结构的安装顺序调整到中合拢阶段装焊；设计部编制的原则工艺中明确要求，内外围壁、挡风板等结构均在大合拢装焊；经过船舶监造室与船体车间的反复考虑认为，内外围壁、挡风板等结构所占模块结构数量很大，与模块内部构架互相交错相连，结构复杂，累计焊缝长，补板数量多；若安排在大合拢装焊，由于垂向和朝天装焊工作多，不但费工费力，加之若与其他工种在大合拢交叉作业其效率低，是影响结构制造周期的主要原因，若能将其置于甲板平面分段装焊，则优点很多：

- (1) 面施工可扩大 CO₂ 半自动焊施工面，焊接位置佳，焊缝成形美观，焊接变形小，质佳而效率高。
- (2) 块主要尺度容易控制，能及时消除分段的积累误差。
- (3) 甲板分段与框架分段形成半立体分段时，可增加其刚性，便于翻身吊运。
- (4) 零部件不易漏装，便于检验。
- (5) 扩大了分段预密性范围，可将密性工作提前在平台施工阶段完成。
- (6) 减少了总装现场除锈涂装工作等，符合公司提倡的 EHS 管理目标要求。

由于采取了这样的重大工艺改进，同时在实施过程中对其可行性进行探索性攻关，最后在造船部领导、船舶监造室、船体车间和其他部门的大力支持下，达到了预期的效果，收到了良好的回报，缩短了近二分之一结构制造周期。

2.4 冲砂涂装工艺改进

按原模块建造说明，生活模块在大合拢完成后进行现场整体冲砂，在这样的条件下进行冲砂，不利于舾装施工作业开展，无法有效保证施工质量，同时也极不符合环保要求和 EHS 规范要求。于是，船舶监造室会同涂装车间向设计、业主、DNV 验船师提出，要求在立体分段结构密性完成之后，把立体分段送进冲砂工场进行封闭式立体分段冲砂一次喷涂，将来大合拢以后在接头处进行修补，外圈面漆待所有装焊作业结束之后进行整体喷涂。在经过讨论和认证之后，这一工艺改进被采纳施行。为此，在分段划分讨论之时，我们提出立体分段的划分必须考虑到厂内道路运输条件和冲砂工场的现实要求，从而使得立体分段的划分满足了这一工艺的要求。在结构制造之时，我们要求船体车间尽可能多地进行结构件中小合拢组对，并适当预装围壁板、挡风板等结构附件，减少大合拢嵌补。通过施行这一工艺改进，我们节约了大量脚手搭设和工程布围盖的工作量，并切实保证了生产在环保要求和 EHS 规范要求下进行，同时为后续舾装工作创造了便利条件和提供了更为宽裕的周期。

2.5 托盘分割及管理

在设计部门进行综放开始，我们就要求其按立体分段划分进行托盘分割，细化舾装托盘设计，同时采用 KCS 公司的 TRIBON 造船软件进行立体建模，将各种管路、电缆、风管的走向与布置用三维立体图的形式形象地表现出来，使得各种管路、电缆、风管的位置一目了然，同时进行综放平衡，大大地优化了机电生产设计。设计部门将各种管系、电缆托架、通风管道等按不同立体分段划分并进行符号编制，作成零件图。然后根据不同的区划，编制不同的编号，在安装图上，记入零件的编号、安装状态、标注安装尺寸，供现场作业使用。然后把属于同一立体分段的、同一安装状态的零件放入一个托盘中，写成托盘清单。同时，我们要求车间加强托盘管理和工艺分解，以托盘形式向按区域、阶段、类型，适时向各生产现场提供配套齐全的管件、附件、舾装件等。通过做好托盘分割和加强托盘管理，缩短了生产周期，节省了制造成本，也为我们随后进行立体分段反转预舾装创

造了良好的条件。

2.6 立体分段反转预舾装

立体分段制成后, 根据我们制定的立体分段反转预舾装的要求, 立体分段将进行反复翻身。需反转预舾装的分段共计十只 (CHX 模块: I、II、501 分段, RLQ 模块: I、II 分段, CEP 模块: I、II、III、IV、601 分段), 其中将直升机甲板分段在反置状态舾装后, 再以正置状态二接一预组装。船体车间工艺人员在征求部分起重骨干师傅意见后, 经与设计人员讨论, 编制了模块立体分段吊马布置、翻身工序设想方案, 并由主管监造师召集有关各方人员召开专题会对此进行讨论。在反复严格论证后确立了如图 2.4 所示的立体分段反转翻身方案。由于反转舾装后重量的增加和结构变化, 要满足分段正反转要求, 必须对分段最后的重量、重心进行重新核定, 同时吊马也要进行强度复核。所谓分段正反转要求; 即将分段底部反转至上, 将原来各层甲板朝天安装的机、电、管系的马脚、风管、管道、电缆等在平置状态安装好, 然后再将分段翻身到原状。由于分段重量超重, 一般采用 1、2 号 150t 高吊双车联合操作完成; 在后期, CEP 模块分段还利用 5 号 100t 高吊与 1、2 号 150t 高吊三车联合操作。立体分段在翻身时, 主要按如下步骤操作: 分段反转时, 上纲马、辅助马同时受力后, 先将分段吊起 (水平状), 离地面一定高度时停顿一下, 然后上纲马下降, 辅助马上升, 每次分段只能翻一个垂直面 (90 度), 然后将分段落地换吊索点, 下一次翻身重复前面的过程, 直至分段到位。分段舾装后需正转时, 按上述方法逆向操作即可。

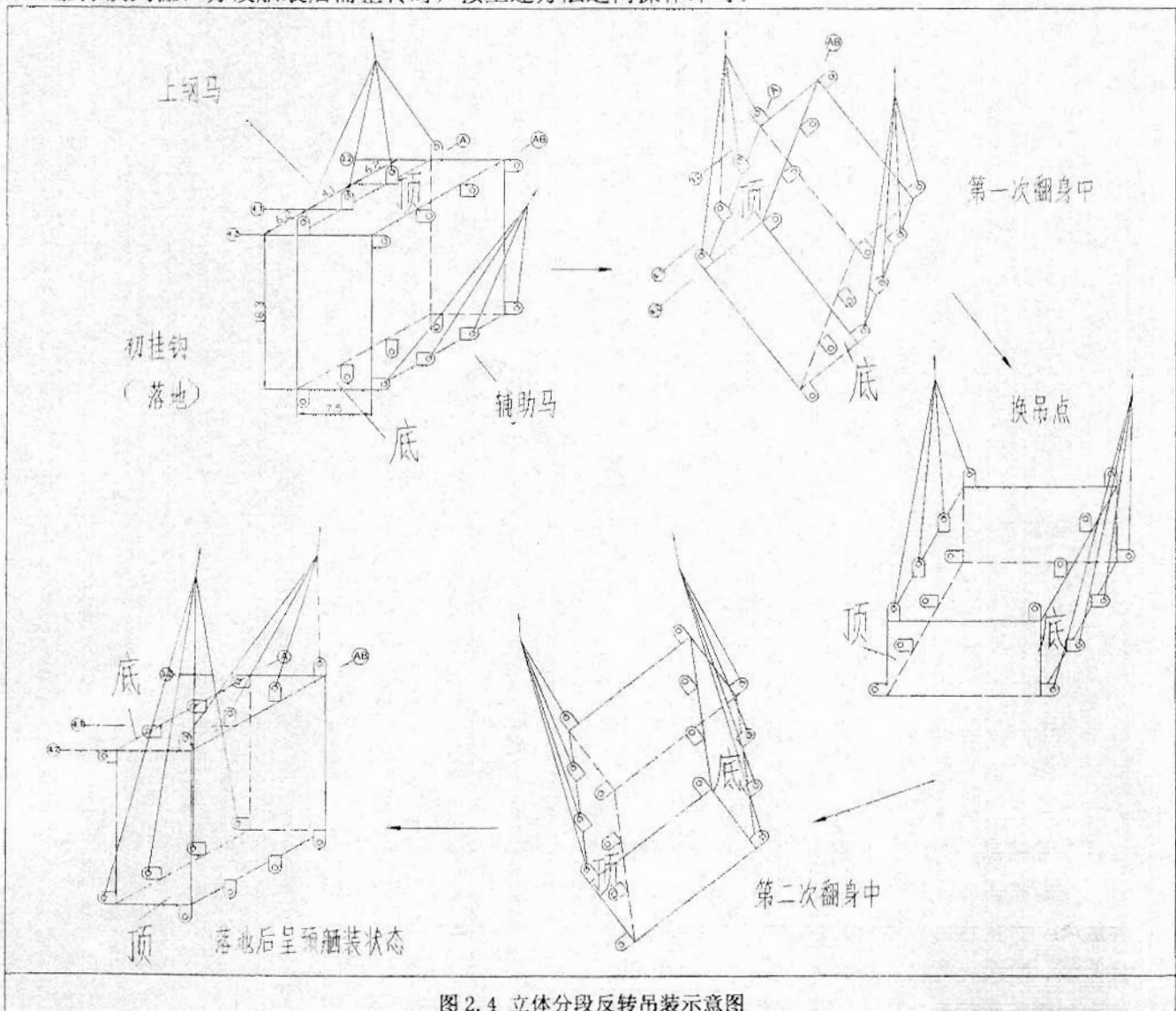


图 2.4 立体分段反转吊装示意图

由于采用了立体分段反转倾侧装这一创新工艺,我们成功地实现了高空作业平地做、外场作业内场做、朝天作业地面做,大大地降低了建造成本、缩短了建造周期、提高了作业质量,同时很好地改善了劳动条件,保证了安全生产。由于这一重大工艺改进,使我们按原定计划如期进行了结构大合拢,一下子把前期设计所耽误的两个月的进度时间抢了回来,获得了业主、DNV 验船师的一致好评,同时也完全打消了业主对于我们是否能够按期交货的疑虑。

3 结论

我们通过引入现代造船模式,地运用了统筹优化理论、成组技术,以中间产品为导向进行生活模块分段划分和制定建造流程,按区域组织生产,实现了壳舾涂作业一体化,在空间上分道、时间上有序,大大缩短了建造周期、节省了建造成本、提高了建造质量,在前期设计脱期达两个月之久的情况下,按期向业主中国海洋石油总公司交付了三个优质的海上平台生活模块。

在本文的调研、实践和写作过程中得到了江南造船集团造船事业部、科技发展部等有关部门领导的关心与支持,特别是船体车间技术管理科以祁建成为首的工艺员的鼎力相助和设计部军一所积极合作,在此表示衷心的感谢!

江南造船集团造船事业部策划室的专家对本文的立意、写作、修改进行了悉心指导和帮助,在此也表示由衷的感谢!

参 考 文 献

- 1 徐学光 现代造船模式研究总报告 北京:中国船舶工业总公司,1999年6月
- 2 郑 言 抓住机遇 积极拓展海洋工程业务 国际船艇,2003(1)
- 3 张庙银 提高先行舾装量,缩短船舶建造周期 船舶工业技术经济信息,2003(6)
- 4 陈 强 论管理出效益 外高桥造船技术,2003(1)
- 5 冯海涛 区域模块化是总装造船的发展方向 造船技术,2004(4)
- 6 左 胜 秦皇岛3 2 -6 井口平台组块建造工艺流程 中国修船,2003(2)

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题发言

浅谈国内船厂信息化规划设计

江华

(第九设计研究院)

摘要: 目前我国正处于国民经济大踏步前进的良好时机, 各行各业都在逐步加大信息化建设的投资, 船舶行业在造船业迅猛发展的形势下, 信息化建设已成为造船业建设的重要主题之一。本文首先阐述了目前在船舶行业信息化建设中存在的一些问题, 然后针对船厂建设中设备的配置一些情况进行了阐述。

关键词: 信息化 三维设计 生产管理 PDM 舰船保障系统

1 信息化概述

21 世纪初期是我国综合国力快速提高的重要机遇期, 世界信息产业和世界技术的快速发展, 既给我国信息产业带来了难得的发展机遇, 也使我们信息产业面临着严峻的挑战。

中国从 2005 年开始, 未来 3 年中国行业信息化年均提速 15%, 2007 年行业信息化 IT 投入将达到 3817 多亿元, 比 2004 年的 2549 亿元增长 49.7%。今后三年, 中国信息化建设的 IT 投入累计将超过 1 万亿元。在我国 300 家国家重点企业中, 80% 以上已建立办公自动化系统 (OA) 和管理信息系统 (MIS), 70% 以上接入因特网, 50% 以上建立了内部局域网。其中效益好的部分企业和多数三资企业采用了制造资源计划 (MRP II) 和企业资源计划 (ERP) 系统, 在企业的生产、经营、管理和决策中发挥了重要作用。

中国已加入 WTO, 中国企业与国外企业在技术上和管理上的差距迫使国内企业只有奋起直追才能不被淘汰。我国已经是造船第三大国, 各造船企业的制造设备、工厂条件与国际先进水平差距不大, 但信息化技术和管理技术依然落后, 为实现中国船舶工业公司提出的“五三一”目标, 必须加大信息化建设, 按先进的造船生产模式转换, 必须大力提高船舶行业的信息化水平。

造船行业的特点是船舶产品复杂, 小批量, 多品种, 工艺流程繁多, 劳动密集。这些都使得造船周期较长, 管理复杂, 这也是制约船舶行业信息化发展的主要原因。

作为船厂的规划设计院, 信息化建设责无旁贷的是我们的一份责任, 必须配合好船舶行业的信息化建设, 为我国的船舶行业信息化进程贡献一份力量。

2 我国船舶行业信息化现状与问题

我国船厂信息化建设从 20 世纪 70 年代开始起步, 80 年代进行铺垫, 90 年代后期进入了快速发展阶段, 特别是近几年呈现突飞猛进的特点。对于船厂来说, 目前的信息化建设有以下一些情况:

2.1 信息化投入与国外仍有差距

据国家经贸委经济信息中心对 300 家国家重点企业的问卷调查, 有 70% 的企业认为企业对信息化投资不足。与发达国家大企业在信息化上的投入占总资产 8%~10% 的水平相距甚远。

2.2 船厂的信息化投入和运用的分布不均衡

信息化的应用程度上。基础应用的普及面较宽，MIS、ERP、PDM 等高端应用普及率低，有些企业应用效果不好。目前船厂设计部门计算机应用水平较高；决策部门和生产管理部门的信息化建设依旧很薄弱，如供应、生产、销售等环节的计算机基本上是空白，也即是目前的企业信息化建设还处于“战术层”的居多，而企业的“决策层”和“战略层”是相当薄弱的，也是下一步企业信息化建设中的一个重点。

2.3 大型软件开发水平不高, 缺乏相关人才

庞大的信息化工程如 CIMS、ERP 等系统要量身定制的，需要包括管理技术专家、造船专家、计算机专家等大量的技术人才支持等。而我国大部分造船企业这方面的人才非常之缺乏。以企业信息化为特长的咨询机构极少，专业从事企业信息化工程监理机构太少，对国外产品依赖程度较高，核心技术受制于人。

2.4 系统的集成问题日渐显现

缺乏一体化、集成化的设计系统，与生产进程联系不够紧密。生产设计图纸中物量及制造信息没能充分及时反映，相关数据库有待建立与充实。不能自动更改设计错误，不能自动、无缝地抽取有关信息生成 BOM 表，供后续工序或软件应用。“信息孤岛”是信息技术发展到一定阶段的必然产物。随着企业计算机技术运用的不断深入，不同软件间，尤其是不同部门间的数据信息不能共享，设计、管理、生产的数据不能进行交流，数据出现脱节，即产生“信息孤岛”，势必给企业的运用带来不利，如信息需要重复多次的输入；信息存在很大的冗余；大量的垃圾信息；信息交流的一致性无法保证。解决“信息孤岛”问题的关键不仅仅是在软件的技术方面，更重要的是在企业的流程管理和相关的技术标注化等相关技术方面。

2.5 信息化技术要结合船厂生产管理体制才能出效益

造船信息化的过程还是企业管理模式转变和业务流程优化的过程，更重要的是要对船厂进行重组，以建立一套符合信息化要求的经营管理体制和生产管理体制。管理的不科学、流程的随意性、“人治”与“法制”的混淆，是国内企业的通病，如何运用良好的时机，整合企业的管理，不是某一个或几个信息集成商所能解决的，而是取决于我们的企业领导如何更新观念。目前我国大部分船厂属于国有大型企业，管理模式改变、流程再造和优化工作的推进难度较大。

2.6 信息化应用效果喜忧掺半

喜的是信息化进程在不断推进，某些高端技术也在船厂开始实施了，如大型 ERP 系统、系统设计、PDM 系统、虚拟设计和制造系统；忧的是由于处于信息发展探索阶段，会有一些失败教训。目前中船集团开展了示范工程，先对一部分信息化重点单位开展试点，然后再由点到面在集团全面铺开。示范工程的推广上还有待进一步的推进。

2.7 信息化基础工作薄弱

一些大型集成化软件要求有一定的信息化基础平台，但国内船厂基本没有。

国内对船舶零部件标准化程度缺乏真正可执行的行业统一编码，使得各企业之间、企业内部本身无法做到信息共享和集成。

缺少统一的物资、物流管理系统，无法将正确的零部件产品（Right Product）在正确的时间（Right Time）、按照正确的数量（Right Quantity）、正确的质量（Right Quality）和正确的状态（Right Status）送到正确的地点（Right Place）——即“6R”，导致对物资采购、仓储配送的时间、位置及数量难以有效控制。

缺乏适合造船企业应用的生产计划系统，难以对作业班组、场地、设备及物资等方面做预先安排；难以实现与生产中心模式相匹配的计划管理与工作流程控制；难以模拟、分析计划进程，

对人力、设施进行资源平衡。

船舶设计自顶向下的全过程集成尚未实现系统架构的整体考虑不足，协同能力和柔性应对能力差。

除了以上的几个主要方面外，还有其它一些问题，如对信息化的认识要进一步提高，电子商务应用水平低等，这些都制约了我国船厂信息化水平的提高。

3 信息化设计的原则

信息化建设需要遵循的总原则是：需求主导，突出重点；统一规划，加强领导；整合资源，拉动产业；统一标准，保障安全。针对设计来说，通常遵循以下的原则：

3.1 需求主导，突出重点。就是要坚持需求导向，业务导向，服务导向，讲求实效，不搞花架子。在具体推进时，必须抓住重点，循序渐进，滚动发展，要量力而行，防止摊子铺得太大。注重效益。

3.2 统一规划，加强领导。就是企业的进行总体规划，明确建设目标，分类指导，分层推进，分阶段实施。

3.3 充分利用船厂现有资源。就是要充分整合、利用、发挥现存网络基础、业务系统和信息资源，促进互联互通，资源共享，而不是另起炉灶，推倒重来。通过规范采购，制定相关的技术装备和招投标政策，促进国内 IT 产业的发展。

3.4 软件的选配要统一标准，保障安全。就是要解决统一交换平台、统一标准接口问题，实现资源共享，促进企业各部门的协调运转，要正确处理发展与安全的关系。高度重视信息安全问题。

3.5 在信息化应用中，应当优先采用国内成熟的技术和产品，必须使用国外设备的采用自主发展与对外合作相结合中国的思路，坚持以我为主的原则。引进、吸收、消化国外先进的技术、产品和管理经验，开展广泛的国际交流与合作。

3.6 注重资金使用的合理性和实用性，对于建设资金充裕的项目进行细致考虑，不漏项，并兼顾未来发展，对于资金较紧的项目，针对问题，重点解决。

4 信息化规划时需考虑的一些问题

4.1 船厂的规模，设计所人数的确定

对于新建船厂要先确定该厂的计算机系统的规模。由于计算机系统的特殊性，计算机系统的规模不能按照通常核算的生产纲领配置设备，而要综合考虑工厂人数和船型，一般来说，按统计，通常完成初步设计、详细设计、生产设计任务的设计人员占工厂的总人数(不含外包工)的 7%—10%，管理人员大约占 13~18%，以此来确定该船厂的信息化规模。然后，参考该船厂的代表船型，以确定最后的设计所人员数。以人数为 3000 人、年代表船型为 4 型的船厂为例设计人员按 8%取，大约是 240 人左右，管理人员按 18%取大约 540 人，以此为依据进行船厂信息化建设的规模。

4.2 建设项目资金来源的确定

我国的投资体制决定了来源不同的项目资金使用起来也不一样。因此，资金使用的目的和功能就有很大的不同，如果是军工专项的资金来源，一定要与专项纲领有直接关系，在这种项目中对生产管理系统和其它高端的应用是不允许的，只能配置生产直接相关的信息化设备，如果是信息化专项，则是对信息系统进行大幅度提升。

4.3 船厂的性质和信息化建设目的确定

不同规模和性质的厂目标也会不一样，新建的国有大中型企业的信息化系统一般立足于高起点，一方面因为生产任务多，生产管理复杂，因此对信息化有较大的需求，另一方面国有大型企业比较注意长期规划，考虑企业的未来发展，对资金的使用较宽余。对于中小船厂特别是地方船厂来说，效益是第一位的，因此，对信息化的投入保证最根本的配置，价格要低，能用就行，以解决眼前的生产问题为主。

4.4 软、硬件配置的统一性

必须具备合理的编码体系和基础数据架构，能够对物资编码、作业代码、生产计划、工作任务包、托盘清单等大量基础信息进行统一整合。

4.5 注意软件的集成性

必须掌握有关信息技术和二次开发能力，能够较好地实现系统的本地化和客户化，能将相关业务信息集成在统一的信息平台上，及时准确地收集、处理、传输与存储各类管理信息。

4.6 可靠性与安全性

对于民品来说，可靠性指的是系统结构的可靠，要求采取容错措施，关键部位有备份，重要的网点要有冗余。要提供负载优化能力以及利用交换机之间的冗余链接实现无缝化解故障的能力。对于军品来说，除了要求从网络技术上要可靠外，还要求有较高的安全保密措施。

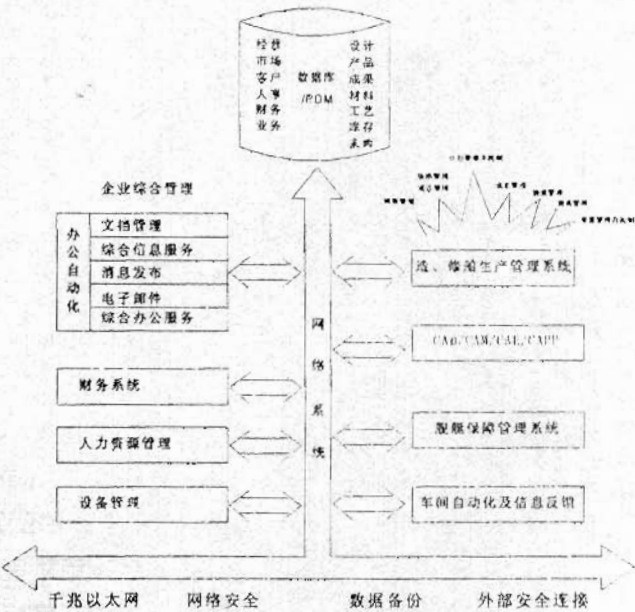
4.7 可扩充性

由于许多工程的投资及建设并不是一次完成，因此要考虑今后的建设，能灵活的使各类设备或应用系统接入网, 满足系统规模扩充的需要，考虑未来发展需要，对于网络来说主干网要在第一次建设时就要注重品质，主干网设备必须选用高档次、高性能、高可靠性的设备。企业由于所处的行业及历史背景各不相同，企业的运作模式虽有雷同，但企业在信息化建设过程中的需求是互异的，就需要“量身定制”，以工具化、成组的设计来实现不同的需求，同时考虑信息的集成性和开放性是信息集成商所面临的挑战。

5 信息化系统设计主要设备的配置

新建的船厂要不断建立和完善一个以技术（包括 CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM）、管理（包括 ERP/CRM/SCM/DSS）、协作（包括 OA/EIP/EC）三部分为应用核心，以高速传输媒质为主干网的先进协同信息系统，筑造管理和发展的信息网络，实现企业活动中三要素（人、管理和技术）及三流（物流、信息流和资金流）的集成优化。

信息化建设主要内容有：①五个数字化（设计、制造装备、生产过程、管理、企业）；②在五个数字化基础上，实现企业信息流、资金流、物流畅通、及时、正确，达到人、技术和资金三要素的集成优化；③建立数字化造船应用平台；④确立现代造船模式；⑤建立数字造船企业。系统组成框图如右图示：



目前船厂的信息化投入已经摆脱了以硬件为主的投资方向,出现了硬件和软件同时并重的局面,在长兴基地的信息化建设中,信息化系统中软件的投资占了51%。

下面就谈谈船厂信息化规划时配置的一些主要设备和系统:

5.1 计算机网络

组建局域网时要注意以下几点:

(1) 采用何种网络技术作为企业网的支撑技术

前几年,在组网时对网络的构架考虑较多,当时以太网技术只有百兆,同等速率的网络还有令牌环网技术, FDDI 光纤分布数据接口技术, ATM 技术等,这些技术在当时各有优缺点,但如今高速以太网已达 1000M、甚至 10000M 速率,由于速度的提升,以太网技术的优势以十分明显,而且市场 80% 以上是以太网的天下,以太网设备市场上较多,容易买到,以后的维护也更容易。

高速率使得船厂的多媒体应用和三维数据的传输已不成问题,船厂可以充分利用带宽实施多媒体培训,进行局域网视频会议。

一般来说,以太网产品目前多选用 cisco 和 华为 3com 等大品牌的产品,由于 cisco 设备的价格稍贵,因此这两年配置的设备多选用 华为 3com 的设备。另外,环形以太网技术的出现使网络的安全可靠性更高,该产品主要是采用赫斯曼交换机。

(2) 计算机网络平台的划分

目前,在新建的船厂中,一般都会有三到四类功能不一样的网络存在。对于民用造船厂来说,一般存在厂局域网和 Internet 网两类网络,对于这种情况,以前的方案通常会把这两个网连接起来,但随着计算机安全意识的提高,现在规划信息系统时主张还是对两个网络采取物理隔离。对于一些军品厂来说,厂内可能既存在军品网,又存在民品网,既存在集团专网,同时也需要 Internet 网,当然,这些网也都是彼此隔离的。

5.2 网络管理

集中网络管理平台是网络正常运行的保障,它能对各种设备进行自动的远程实时监控和分析,寻找出故障点和原因,以便及时采取相应措施,并且能够对网络设备流量进行分析,同时可以将流量、配置、故障报警、异常报警、设备利用率等分析的数据信息以直观的图形、图表形式输出到显示设备上,方便值班人员查看网络系统运行状况。为了提高效率,降低成本,避免管理员每天进行大量的数据观察,还需要网络监管系统拥有自动报警的功能,当出现异常情况时能够以声、光、电等形式进行报警,及时自动通知和提示管理员发生的问题所在。

网络管理系统在一定程度上结束了完全依靠人工来维护和管理计算机网络的时代。目前比较好的通用网管软件有 IBM 公司 Tivoli 和 HP 公司的 OpenView 解决方案,这两种软件模块较多、功能较强,对于中小船厂来说,配置这两种软件偏贵,因此,可以配置与网络交换设备配套的网管软件,华为 3com 的交换机配置 Quidview 网管软件, cisco 交换机配置 ciscoworks 网管软件。

5.3 CAD/CAM/CAPP/CAE 系统

中国的船厂从 90 年代末期开始应用了计算机三维设计技术,经过了十多年的发展,取得了显著的进步,这方面是目前船厂信息化建设中做的最好的。目前国内的三维设计软件形成了两大格局,民品以 TRIBON 为主,军品以 CADDS5 为主,近期,国外有西班牙 Sener 公司的 FORAN,法国达索公司的 CATIA,美国 Intergraph 公司的 intelliship、芬兰的 NAPA 系统也打进了中国市场,虽然这些软件在使用上也不比 tribon 和 CADDS5 逊色,但由于造船设计软件的专业性过强,而且还有一个兼容性的问题,因此,目前设计的配置还是以 TRIBON 和 CADDS5 为主。

对于国内的中小船厂,由于受投资限制,无法购买国外的大型造船软件,因此,目前可选择的国内造船软件有沪东欣软件公司的三维设计软件和中国船舶工业第十一研究所与上海船厂联合

开发的船舶制造二维设计系统 SB3DS 三维造船软件, 对于一些小型船厂, 主要是配置一些放样和套料模块。中国船舶工业第十一研究所和上海船厂联合开发的船舶制造三维设计系统 SB3DS。

目前船舶行业的 CAD/CAM 系统应用仍存在着一些问题:

(1) 船厂的三维设计系统的开发已取得了相当的成绩, 但还没有很好的和生产工艺流程和生产组织有机的结合起来。

(2) 船舶设计自顶向下的全过程集成尚未实现。

(3) 协同设计还不成熟, 没有很好的应用案例。

(4) 由于国外的造船工艺与我国并不完全相同, 国外的软件也不完全适合我国国内的使用情况, 因此, 需要进行大量的二次开发来进行后处理工作, 而且价格昂贵。

(5) 船舶设计数据是船厂的核心数据, 而某些国外的三维设计软件对数据的定义未采取标准格式, 进行数据抽取时难度较大, 这也是制约船厂信息化提高的一个重要因素。

以上这些都是今后的规划中要重点考虑并着手去解决的问题。

CAPP 即计算机辅助工艺流程规划在许多船厂并未专门将此内容单独抽取出来进行设计开发, 而是和 CAD 结合在一起研究。

由于国内船厂主要是进行生产设计, 前期的初步设计和详细设计多数是由设计院承担, 因此, CAE 软件在船厂应用相对较少, 这部分软件除了在 TRIBON、CATIA、NAPA 的初步设计模块中有所体现外, 还有如 ANSYS、Nastran 等专业软件。

5.4 服务器

应用平台的建设都是以网络为中心, 每一个业务流程都有大量的数据需要被有效管理和存储, 因此, 处理这些大量数据的服务器的选择就成为了建设中的核心内容之一。服务器是船厂的重要设备, 是各个系统运行的核心设备。

其中文件服务器、ERP 应用及数据库服务器对性能的要求较高, 通常这块配置相当于 HP 公司 rx4640 的小型机; 系统备份服务器、办公自动化服务器、网络安全服务器、网管服务器性能要求次之, 通常配置相当于 HP 公司 HP580 系列的 PC 级服务器, 其它的如杀毒服务器、WEB 服务器、E-mail 服务器、Proxy 服务器、打印服务器等的应用稍低, 通常配置相当于 HP 公司 HP380 系列的 PC 级服务器。

5.5 办公自动化

要提升企业的核心竞争力, 就必须对企业的各种事务流、信息流、资金流、物流等各种流程在有机结合在一起, 以一种最优的方式进行, 这样才能在现有的各种资源基础上提升企业竞争力, 形成企业管理强有力的办公自动化平台, 最大程度地创造价值。

办公自动化系统的开发方式很多, 目前通常采用购买专用开发工具开发此系统, 比如购买 IBM 的 lotous 软件, 然后使用该工具开发船厂的办公自动化系统。

5.6 数据库

数据库是实现信息化的基础平台。船厂数据库主要用于存放设计、生产管理、及 ERP 应用的数据, 对于大型船厂, 数据量较大, 要求数据库稳定性较高, 通常在 oracle 和 sybase 中选择, 它们的操作系统都是基于 unix 的; 对于中小型船厂, 由于数据相对较少, 从性价比上说配置 SQL 数据库是比较适合的。

5.7 生产管理及 ERP 系统

随着造船能力的提升, 大型的造船厂由于涉及的船舶数量大, 厂内物流复杂, 都有实施生产管理及 ERP 系统的要求, 通过系统的实施提高企业的生产管理水平、提高生产效率。

目前, 国外的生产管理及物流集成商已瞄准了中国市场, 一些企业已进入中国, 主要的有德

国 EMG 公司的生产计划管理软件、韩国的汉拿 ERP 系统、丹麦 Logimatic 公司的企业资源管理软件 MARS 等,最近又有韩国大宇公司开发的韩国大宇 ERP 软件 BES MARINE 进入中国,该软件在韩国已有相当的实施案例。其中 EMG 公司侧重在生产计划和生产控制等方面,而物流是 SAP 比较擅长的,汉拿和大宇则是比较全面的开发商。

对于中小型造船厂,配置国外大型软件较贵,不太适合,对此,可采用国内目前已开发的一些生产管理软件,比如沪东欣软件公司开发的东欣生产管理系统和船舶工艺研究所开发的生产管理系统,这些中小船厂可以先对单模块进行实施,然后集成,不必一步到位。

另外,对修船厂来说,它的修船生产管理系统和造船厂又有了很大不同:

- 客户关系管理的成本高:面对的船东分布在全球各地;
- 生产=经营,经营的核心是服务;
- 修理单和实际修理工程的差距大;
- 库存备用材料数量品种多;
- 修船产品短平快;
- 劳动密集型,人员管理的工作繁巨;
- 单船成本核算不能准确提供利润的产生点;
- 实时成本统计难度大。

由于修船的生产任务具有随意性,变化比较大,因此,这部分生产管理开发较复杂,目前国内仅有天津智舟信息技术有限公司为中远集团开发过修船生产管理系统,并投入实用多年。

5.8 虚拟现实 (VR) 技术在 CAD/CAM 系统中的应用

虚拟现实技术在英美国家广泛应用于军船设计的各个阶段,特别是在空间布置校验、维修空间检测、作战能力分析、实战模拟等方面的应用,大大提高了设计质量,缩短了设计周期和设计成本。

虚拟现实系统在船厂的应用主要有:(1)虚拟模型;(2)虚拟制造;(3)工程分析设计修改;(4)操作模型和训练。

对该设备的配置国内一直颇有争议,大家各执一方。不可否认,该设备在设计单位的虚拟设计,船厂的虚拟装配、干涉检查上有一定的用处,但是价格太昂贵,如果配置大屏幕投影设备,每增加一个通道就要增加 200 多万的费用。

目前,国内使用过和正在配置该系统的主要单位有武昌造船厂、渤海重工有限公司、沪东中华集团和 708 所。长兴岛的信息化规划中也配置了该系统。

5.9 产品数据管理 (PDM)

产品数据管理 (PDM) 在国外已较成熟,进入我国较晚,但由于该软件在信息化建设中起着举足轻重的作用,在国内较快得到认可。目前随着船厂规模的扩大,信息化系统的不断增加,最迫切的是需要一个统一的数据管理平台,因此,新建的大型船厂对这个系统有一定的需求。

业内较有名气的 PDM 软件有 PTC 公司的 winchill,UG 公司的 Teamcenter,IBM 公司的 PDM 解决方案(含 CATIA、ENOVIA、SMARTEAM)。这些公司的 PDM 产品在非船舶行业已有应用,但船舶行业应用较少,其中只有 PTC 公司的 winchill 在渤海船舶重工有限责任公司使用过。

由于 PDM 软件价格较贵,因此,配置时不宜一下配置到位,否则价格太昂贵,风险较大,但如果配置较少,根本无法启动,反而浪费了,因此要掌握一个度,一般都先做基本的文档管理、项目管理。

配置 PDM 系统时要注意和三维设计系统的兼容问题。由于 PDM 要从 CAD 设计软件中抽取数据,必须能和设计软件实现通讯,而目前 tribon 软件的通用性稍差,数据转换上比较麻烦,所

以,如果是tribon的设计软件配CADDS 5的PDM系统,数据的抽取工作要专门列为工作重点。

5.10 网络信息安全

网络与信息安全不仅关系到信息化的健康发展,而且关系到国家的政治安全、经济安全、国防安全和社会稳定。在我国,随着信息网络发展和应用的加快,同样也面临着信息安全问题带来的严峻挑战,一场不见硝烟的信息战已在不知不觉中来到了。另外,从我国信息网络系统和应用业务系统现状来看,也不容乐观。不论从硬件、软件及系统本身,还是从管理角度来看,都还不同程度地存在着各种安全隐患,因重大故障而引发系统停机、业务停顿的现象也曾有发生;被黑客攻击,病毒传染致使系统瘫痪,数据丢失也不乏其例。这些事实都告诉我们在大力发展信息化的同时,必须十分重视并妥善解决好网络与信息安全问题。我们要按照中央的要求,采取有效措施,切实保障网络与信息安全。要把采取技术手段与加强日常管理和健全体制紧密结合起来,加快国家信息和网络安全保障体系建设。大力研究开发具有自主知识产权和信息安全核心技术和产品,实现产业化。加大对有害信息的鉴别与打击力度,有效防范各种对信息网络的攻击,保障网络与信息内容的安全,促进信息化顺利发展。

信息安全需配置的设备较多,根据国家保密法,硬件需配置视频干扰仪、监控系统、手机干扰仪、门禁系统、屏蔽室等,软件需配置入侵检测、网闸、漏洞扫描、非法外联、冗余备份系统等设备,要使用MAC绑定技术等信息安全技术。

在项目设计中有时会碰到一些新问题,保密法和保密规定中没有明确规定,这主要是因为保密规定一般来说会滞后计算机技术的发展速度2~3年,规划时一般都是依据保密法的基本指导思想按最安全的方法处理。

5.11 舰船保障系统

舰船综合保障工程在国外船舶军品生产中已很普遍,国内这种观念和体制还没形成,但从长远的发展来看,形成舰船保障体制是个趋势。

在舰船装备研制全过程中为满足战备和任务要求,综合规划舰船装备所需的保障问题,是舰船全生命周期内所进行的一系列技术与管理活动。这种活动要达到两个目的:一是通过开展综合保障工作对舰船装备设计施加影响,使舰船装备设计优化便于保障;二是在获得舰船装备的同时,提供经济有效的保障资源和建立相应的保障系统,以便使服役的舰船装备能够得到保障,保持完好的战斗力和航行能力。

舰船保障系统中由船厂所负责的内容是涉及船舶建造期间以及船舶服役后进行船厂级维修期间与船舶综合后勤保障相关的数据管理。

5.12 智能卡“一卡通”

企业智能卡“一卡通”服务是现代化企业必须具备的现代化智能系统,集企业的发卡系统、考勤系统、消费系统、浴室系统、工时管理系统、出入管理系统、人事管理、考勤、电子饭票、身份甄别、企业内电子货币等功能于一体,对于现代化船厂,它使船厂的管理更方便、快捷、安全可靠。目前新建的船厂均考虑配置“一卡通”系统。

5.13 企业的其它增值服务

信息化技术是当今发展最快的技术,不断有新的技术涌现出来,除了以上的一些技术外,通信给企业网络带来了很多增值服务,如企业IP电话、移动分机业务,都使现代化企业充分享受到了信息化带来的便利。在系统的设计中,在许可的情况下,可以对企业实施这些先进的技术,是信息化在方方面面促进船厂。

信息化系统还有很多其它设备,如财务软件、人事软件、UPS、微机、打印机等,在这就不一一阐述了。

6 结束语

目前船厂的信息化建设处在一个重要关头，面临的最大问题是各个软件系统的集成，信息的共享和同步。明确各应用部门之间的信息交流方式、数据接口格式及内容是顺利实现跨接各种应用平台，实现信息互通的基础。使信息在全厂内畅流，这是件有难度的事，但是件很有意义的事。

信息化全面改造的过程，也是管理流程规范化的一场深刻变革。正如在某个项目的方案调整会上一位船厂老总说的：“我们宁可把船坞缩短 1~2 米，也要保证信息化的投资不减。”我想，只要大家对信息化重视了，中国船厂信息化建设的突飞猛进是指日可待了。

参 考 文 献

1. 我国企业信息化存在五大问题 计算机世界网 2005-5-31
2. 我国信息产业发展现状及对策 繁昌科技网 2004-12-29
3. 船舶信息化建设难点、要点和重点 《e 制造》 2005-03-31

上海市造船工程学会 2005 年学术年会
船舶建造工艺专场——专题发言

MAN B&W 主机轴系对中安装新工艺研究

唐华庚

江南造船集团有限责任公司

摘要：随着世界经济的发展，全球航运市场的走强，国际贸易运输对船舶需求量越来越大，促进世界造船业的兴旺发达。现在全世界的造船产量达到 6000 万吨/每年，而其中 10~15% 的船舶的主机选用 MAN B&W 公司生产的低速柴油机，此主机在船上的安装调试，特别是主机轴系对中尤为重要。本文对主机轴系对新工艺作介绍并提出关键工艺的要点。

MAN B&W 公司对船舶主机在运行中损坏情况进行跟踪研究分析，发表了最新研究成果，认为原来传统的轴系对中方法存在许多弊病，部分主轴承负荷偏小，有的甚至受负压，导致轴系及主机主轴承的损坏。MAN B&W 公司提出船上主机安装后其主轴承的正压力必须达到规定的最小负荷，并要求主机轴系的轴承的定位安装要以理论计算为依据，实测支反力为检验标准这样的新概念。这一新概念一提出便得到了各国船级社和船东的认可和赞同。为此，MAN B&W 公司编制了详细的实施工艺细则 60 份多，到各船厂进行宣讲，推广此新工艺。因此实施 MAN B&W 公司主机轴系的新工艺，势在必行为此在厂领导的关心和指导下，我们成立了 MAN B&W 新工艺技术攻关小组，在研究消化 MAN B&W 公司的工艺文件和了解兄弟船厂的经验的基础上编制了新的主机轴系对中安装工艺和实施细则，在第一条 74000DWT 散货船得到应用，并推广到其他船舶产品上，现在此工艺在我厂属成熟工艺，从造船部、机装车间到工段小组，从质管部到监造师基本上人人知晓的通用工艺，施工周期短，质量上乘得到 MAN B&W 公司的认可和赞同，也得到船东和船检的认可。

现就此工艺要求阐述如下：

1 问题的提出

主机轴系的校中都是在冷态轻载漂浮情况下进行，而实际使用时又都是在满载工况及主机热态下，二者差距较大，为了避免引起实际情况与对中情况的不同，MAN B&W 公司提出了在冷态状态下进行反变应的校中新方法，冷态校中将主机放低，并使其机座下垂。热态后由于温度的升高，主机位置升高受力情况得到改善的新概念。

2 校中状态条件

2.1 船舶处于半浸漂浮状态，即艏艉吃水处于轴系中心线向上 50~900mm 左右进行校中（在干船坞和船台上进行校中目前尚无好的方法）。

- 2.2 船舶处于较稳定的压载工况，防止重大移动部件在船上移动。
- 2.3 施工作业应选择天气阴凉气温变化不大的清静环境，防止振动、噪音、电焊等恶劣环境和温度变化剧烈的夏天白天进行校正。
- 2.4 船舶系岸码头相对稳定，足够的水深，防止潮流的变化使船舶搁浅，施工人员也应有一定的技术素质和理论知识。

3 校中工具

- 3.1 测量法兰间距离的厚薄尺和千分表及支架、直尺或专用工具。
- 3.2 测量轴承负荷的油压千斤顶、液压泵（包括软管等）、I级精度的油压表、千分表。
- 3.3 测量主机主轴承间隙的弯头厚薄尺。
- 3.4 测量主机曲轴甩挡的甩挡表。
- 3.5 测量主机机座下垂的琴钢丝拉线装置或照光仪。
- 3.6 测量主机机座扭曲的二个水平仪或角分仪。
- 3.7 调整主机高低左右用的扁油泵组、斜铁组等起升工具。

4 校中新工艺要点

- 4.1 按对中计算书的要求在螺旋桨轴的法兰端中心加固定载荷。
- 4.2 按对中计算书的尺寸和位置要求，设定临时支撑，调正支撑左右高低位置，使中间轴艉端的法兰与艉轴法兰的曲折（GAP）和偏移（SAG）符合计算书要求。见图 2.3。
- 4.3 用扁油泵组或斜铁工具调正主机左右高低位置，使主机曲轴输出端法兰与中间轴艉端法兰的曲折（GAP）和偏移（SAG）符合计算书要求，此时应同时测量主机油池的下垂度（用 B&W 专用工具），测量下垂度要求和方法见 B&W 工艺要求；同时测量和调正主机扭曲度，用二只水平仪或角分仪放在 A 架的前后端，同时对水平仪读数，要求主机水平度误差小于 0.1mm/m。见图 5、6、7。

测量主机曲轴的甩挡是否符合主机厂的要求。

测量主机主轴承间隙，记录并与厂数据进行比较。

- 4.4 上述测量和调正符合要求后，可测量中间轴承基座上垫片的厚度，初拂此垫片后将中间轴承临时固定在基座上。
- 4.5 此时中间轴呈开轴状态前后法兰的曲折和偏移均已按计算书做对，船东、船检如需检查验收可向他们提交（数据仅供参考）。
- 4.6 安装联轴节法兰螺栓或液压联轴节法兰螺栓。
- 4.7 拆除中间轴的临时支撑和艉轴前端法兰处的附加负荷。
- 4.8 测量中间轴承的负荷，顶升距离和修正系数参见轴系计算书。见图 1。
- 4.9 测量艉管前轴承的负荷，顶升距离和修正系数参见轴系计算书。
- 4.10 测量主机最后二通主轴承的支反力，主轴负荷要求见 B&W 要求。
- 4.11 轴承负荷超出范围时，允许略微调整中间轴承垫片的高低或主机高低位置。
- 4.12 复测主机机座下垂度、扭曲度、曲轴甩挡值及轴承间隙要求在规定范围内。
- 4.13 拂配中间轴承垫片安装底脚紧固螺栓。
- 4.14 按浇注环氧树脂工艺要求，浇注主机环氧树脂。
- 4.15 理浇注环氧树脂周边环境，去除泡沫填料，割除多余浇注冒口余料。

- 4.16 安装主机底脚螺栓，并按顺序泵紧底脚螺栓。对于MAN B&W MC 主机泵紧压力为 900bar，对于MAN B&W MCC 主机泵紧压力为 1500bar。
- 4.17 安装主机侧向支撑和端部螺栓。
- 4.18 复测中间轴承负荷、主机机座下垂度、主机扭曲度、主机甩挡值、主机后二道主轴承负荷和主机其他轴承的间隙。
- 4.19 主机码头试验后或航行试验后，再次测量中间轴承、艉轴管前轴承、主机最后二道主轴承的热态负荷（此数量仅供参考）。
- 4.20 测量主机热态甩挡。

5 检验要求

船东需参加检验的项目：

- 1.1 中间轴承垫片拂配及铰孔检查。
- 1.2 主机飞轮端联轴节镗孔后内孔检查。
- 1.3 中间轴与主机飞轮端、艉轴端法兰的曲折和偏移（仅供参考）。
- 1.4 主机浇注环氧树脂过程和试样检查。
- 1.5 中间轴承负荷测量。
- 1.6 主机底脚螺栓泵压及侧向支撑检查，记录曲轴甩挡及主机轴承间隙。

船检需参加检验的项目：

- 1.1 中间轴前后端法兰联轴节螺栓安装。
- 1.2 中间轴承负荷测量。
- 1.3 主机环氧树脂注试样试验，记录曲轴甩挡及主机轴承间隙。

船厂QC 额外参加记录的项目：

- 1.1 艉轴前轴承的负荷记录。
- 1.2 主机曲池平面的下垂度。
- 1.3 主机的扭曲度。
- 1.4 主机后二道主轴承的负荷。

我厂在MAN B&W 轴系新工艺方面已经做到工艺文件齐全，工装设备配套，人员培训上岗，职责分明的二级管理体制，主机系统的清洗投油，检查文件以车间为主，主机组装，轴系对中计算书，主机提交文件以设计部为主。新工艺已得到了广泛的应用和推广，并已制定了船厂的三大规范和标准 JNSR44-041-2002。

目前我厂建造的所有新造船轴系对新工艺都已按照轴系计算书为依据，轴承反力实测为检验标准的新概念，并已推广到其他主机型号的船舶产品上。

附图：1. 散货船轴系布置图

2. 74000DWT 散货船 MAN B&W 5S60MC 轴系校中计算模型
3. 74000DWT 散货船轴系对中过程图
4. 中间轴承支反力测量图
5. 法兰曲折和偏移测量示意图
6. 测量油池下垂度图示意图
7. 测量主机水平度示意图
8. 主机推力轴允许负荷图