

文章编号: 1673 - 4807(2006)02 - 0017 - 05

# 船舶生产设计日程管理系统研究

张 亚, 陈 宁

(江苏科技大学 机械与动力工程学院, 江苏 镇江 212003)

**摘 要:** 为了有效地缩短船舶生产设计周期, 提高生产设计的效率, 分析了目前船舶设计的管理状况, 从生产设计着手, 介绍了依据日程计划, 充分考虑设计人员劳动负荷, 合理分配任务; 着重论述了用关键路径的方法对设计过程进行实时监控, 对人力资源优化配置, 对设计任务及计划作必要的调整, 从而使整个设计工作可以合理高效完成。船舶生产设计日程管理是船舶生产设计的关键因素, 因此, 对其进行深入研究和应用, 对于船舶生产设计工作的顺利展开具有十分重要的意义。

**关键词:** 生产负荷; 生产计划; 项目管理; 计划控制

**中图分类号:** TP311

**文献标识码:** A

## Research on Management System of Ship's Production Design

ZHANG Ya, CHEN Ning

(School of Mechanical and Power Eng., Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang Jiangsu 212003, China)

**Abstract:** In order to shorten the cycle and improve the efficiency of the ship's production design, the nowadays status of ship's production is analyzed. The proper task assignment is introduced by the consideration of designers' work burden according to the date plan of the whole design. The instant control of the design process is also discussed, in which the scheme optimization of human resource and the necessary adjustment of the plan are included. In this way, the whole design work will be accomplished properly and effectually. The research and application of the plan management prove very important in the whole ship's production design.

**Key words:** production burden; production plan; project management; plan control

## 0 引 言

造船是一项庞大而繁杂的大装配过程, 由设备的供应而形成了各供应企业的动态联盟, 这些企业形成了一个因相互合作而结成的虚拟企业。因此, 有时候设计与建造往往不是同一个单位, 甚至不在同一个地方, 这也会导致设计与生产的不协调, 使得设计工作变得复杂, 甚至会影响到整个造船进程。船舶产品设计作业一般分为初步设计、详细设计、生产设计三阶段。站在最终制造者(船厂)的角度来看, 初

收稿日期: 2005 - 06 - 13

基金项目: 部委省市级民品技术攻关课题(2004JD024J)

作者简介: 张 亚(1982 - ), 男, 江苏徐州人, 江苏科技大学硕士研究生。

步设计、详细设计大部分内容为面向使用要求的功能设计,生产设计才是从功能设计走向具体建造的桥梁,是面向制造要求的设计,也就是从纸面到真实的重要一步<sup>[1-2]</sup>。针对这些问题,本文以生产设计为对象,分析了在平衡设计部门及人员劳动力负荷的基础上对设计任务进行分配,以及对整个设计过程进行全程实时监控,避免延时的冗余控制等方法。

## 1 劳动力资源优化配置

船舶产品的生产设计管理属于项目管理工作,船舶的类型繁多,对其设计涉及到许多技术细节,信息量十分复杂。同时,由于目前船厂的设计任务繁杂,各专业的工程师人员有限,因此对设计部门劳动力资源的管理就要做到科学合理。由于船舶产品实行订单制,每个订单都要重新进行生产技术准备工作和设计工作,且产品的类型、功能和用途不一,给设计工作增加了复杂度。在设计部门存在着劳动力负荷不一,人员的熟练程度不一等情况,这些都要求对劳动力需求进行科学分析,进行资源的优化配置。图1为设计部门劳动力资源优化配置方案。

在设计计划进程的管理下,快速处理设计部门每日各科室、各工作项目所发生的实际工时,准确、及时地进行各类统计与分析对比,进行设计工时控制管理,可以合理的分配设计人员的劳动负荷,施行设计工时定额计算是非常必要的。对于设计过程中各工作项目、各工作内容、各设计部门的工时定额计算和统计,并生成派工单,将有效地分解设计人员的劳动负荷。

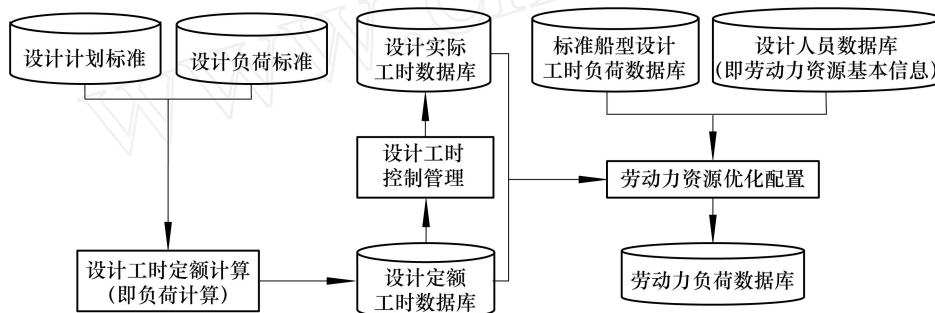


图1 设计部门劳动力资源优化配置方案

Fig. 1 Flow chart of human resource optimization for design department

设计部门劳动力资源需求计划与配置管理,对部门未来即将设计或正在设计的产品进行劳动力负荷的预测,平衡各部门、各科室的劳动力负荷,充分发挥设计部门的工作效率。

## 2 依据日程计划和劳动负荷分配船舶设计任务

现代造船模式,即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、连续的总装造船。现代造船模式的设计方式纳入生产设计,遵循以下原则:按区域设计的原则;以中间产品为导向的原则;设计、工艺、管理一体化的原则;壳舾涂一体化的原则;各设计阶段相互结合的设计原则。实际设计过程中,船舶设计大体上分为3个阶段:初步设计、详细设计和生产设计,图2为船舶设计阶段和设计计划过程<sup>[3]</sup>。由此,可以得到整个船舶的生产设计总任务。设计计划按分类可划分为总体/结构部分、轮机部分、管装部分、电装部分和内/外舾装部分。然后按照设计部门的具体情况,充分考虑各科室、个人的劳动负荷,将设计任务划分到科室、个人,形成设计任务分配原始

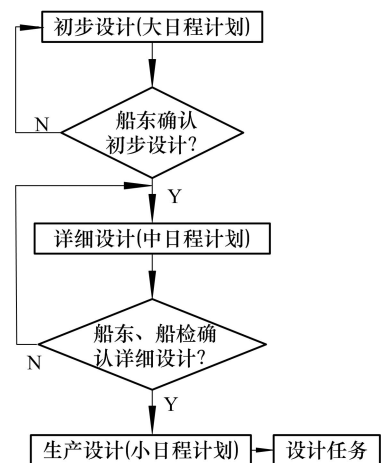


图2 船舶设计阶段和设计计划过程结构

Fig. 2 Flow chart of ship's design plan and phase

数据库。

### 3 实时动态计划控制及预警

设计任务分配后,形成设计人员及设计任务的相关信息数据库,在任务分配甘特图的控制下,设计过程应与计划过程形成时间上的闭环控制。具体如下:

- 1) 设计人员依据已分配设计任务的相关属性,如图纸编码、图纸名称、设计部门、科室、及设计者、设计基准等打开用户个人设计进程管理器,填写设计基准时间,设计开始时间与结束时间,送审及认可时间,船东要求设计更改时间,设备订货更改等耽误时间,发图日期,图纸设计周期等;
- 2) 对一般设计人员来说,有个人承担项目查询,数据归档,一定权限的查询、修改等;
- 3) 对管理人员和任务分配负责人来说,有人员基本信息查询,设计工时管理,实际生产负荷统计,以及单项工程设计计划的超时调整等。

此外,还有新任务的分配划分、返工修改任务分配、出差代办等。尽管在生产计划与控制中已经广泛使用数据处理系统,但是众多的调查研究表明:迄今为止在实际中应用的生产控制系统既不能持续地评价上述目标,也不能够对其进行直接的影响。其后果是:花了很多精力而获得的任务分配表很快就过时而不可信。由于这个原因,为了使设计任务能在有许多延迟和变动的情况下按时完成,本文采用了在控制过程中采用求关键路径的方法,实现船舶生产设计日程管理动态控制监督的关键过程。

#### 3.1 关键路径算法(进行冗余控制)

图3为一个AOE(Activity On Edge)网,即活动的网络。通常表示一个工程的计划或进度。在AOE网中有两个特殊的顶点(事件),一个称为源点,表示整个工程的开始,亦即最早活动的起点,显然它只有出边,没有入边;另一个称为汇点,它表示整个工程的结束,亦即最后活动的终点,显然它只有入边,没有出边。除这两个顶点外,其余顶点都既有入边,也有出边,是入边活动和出边活动的转接点。在一个AOE网中,若包含有 $n$ 个事件,通常令源点为第0个事件(假定从0开始编号),汇点为第 $n-1$ 个事件,其余事件的编号(即顶点序号)分别为 $1 \sim n-2$ 。

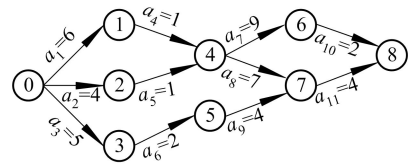


图3 一个AOE网

Fig. 3 AOE net

图3中包含有11项活动和9个事件。一个事件的发生有待于它的所有入边活动的完成,而每个入边活动的开始和完成又有待于前驱事件的发生,而每个前驱事件的发生又有待于它们的所有入边活动的完成。由此可以看出,每个事件的最短发生时间等于从源点到该顶点的所有路径上的最长路径长度。这里所说的路径长度是指带权路径长度,即等于路径上所有活动的持续时间之和。在AOE网中,一个顶点事件的发生或出现必须在它的所有入边活动(或称前驱活动)都完成之后,也就是说,只要有一个入边活动没有完成,该事件就不可能发生,显然,一个事件的最早发生时间是它的所有入边活动,或者说最后一个入边活动刚完成的时间。同样,一个活动的开始必须在它的起点事件发生之后,也就是说,一个顶点事件没有发生时,它的所有出边活动(或称后继活动)都不可能开始,显然一个活动的最早开始时间是它的起点事件的最早发生时间。若用 $ve[j]$ 表示顶点 $v_j$ 事件的最早发生时间,用 $el[i]$ 表示 $v_j$ 一条出边活动 $a_i$ 的最早开始时间,则有

$$el[i] = ve[j] \quad (1)$$

对于AOE网中的源点事件来说,因为它没有入边,所以随时都可以发生,整个工程的开始时间就是它的发生时间,亦即最早发生时间,通常把此时间定义为0,从此开始推出其他事件的最早发生时间。

在不影响整个工程按时完成的前提下,一些事件可以不在最早发生时间发生,而允许向后推迟一些时间发生,我们把最晚必须发生的时间叫做该事件的最迟发生时间。同样,在不影响整个工程按时完成的前提下,一些活动可以不在最早开始时间开始,而允许向后推迟一些时间开始,我们把最晚必须开始的时间叫做该活动的最迟开始时间。AOE网中的任一事件若在最迟发生时间仍没有发生或任一项活动在最

迟开始时间仍没有开始,则必将影响整个工程的按时完成,使工期拖延。若用  $vl[k]$  表示顶点  $vk$  事件的最迟发生时间,用  $l[i]$  表示  $vk$  的一条入边  $\langle j, k \rangle$  上活动  $a_i$  的最迟开始时间,用  $dut(\langle j, k \rangle)$  表示  $a_i$  的持续时间,则有

$$l[i] = vl[k] - dut(\langle j, k \rangle) \quad (2)$$

由式(1)、式(2)得到关于图3中每一活动的3个时间,如表1。

在表1中,有些活动的开始时间余量不为0,表明这些活动不在最早开始时间开始,至多向后拖延相应的开始时间余量所规定的时间开始也不会延误整个工程的进展。如对于活动  $a_5$ ,它最早可以从整个工程开工后的第4天开始,至多向后拖延两天,即从第6天开始。有些活动的开始时间余量为0,表明这些活动只能在最早开始时间开始,并且必须在持续时间内按时完成,否则将拖延整个工期。我们把开始时间余量为0的活动称为关键活动,由关键活动所形成的从源点到汇点的每一条路径称为关键路径。由图3中的关键活动构成两条关键路径  $\{0, 1, 4, 6, 8\}$  和  $\{0, 1, 4, 7, 8\}$ ,如图4所示。

表1 活动时间表

Tab. 1 Time table of activities

$a_i$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$
$E[i]$	0	0	0	6	4	5	7	7	7	16	14
$l[i]$	0	2	3	6	6	8	7	7	10	16	14
$l[i] - e[i]$	0	2	3	0	2	3	0	0	3	0	0

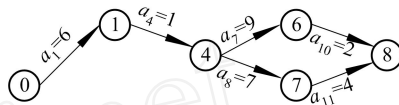


图4 两条关键路径

Fig. 4 Two key paths

关键路径实际上就是从源点到汇点具有最长路径长度的那些路径,即最长路径。整个工程的工期就是按照最长路径长度计算出来的,即等于该路径上所有活动的持续时间之和。当然一条路径上的活动只能串行进行,若最长路径上的任一活动不在最早开始时间开始,或不在规定的持续时间内完成,都必然会延误整个工期,所以每一项活动的开始时间余量为0,故它们都是关键活动。求出一个AOE网的关键路径后,可通过加快关键活动(即缩短它的持续时间)来实现缩短整个工程的工期。但并不是加快任何一个关键活动都可以缩短其整个工程的工期,只有加快那些包括在所有关键路径上的关键活动才能达到这个目的<sup>[4]</sup>。

用求关键路径的方法来估算工程完成时间是行之有效的,但需要注意的是,由于网中各项活动是相互关联的,因此,影响关键活动的因素也是比较复杂的,任何一项活动的持续时间的改变,都可能引起关键路径的改变。所以,当子工程在进行过程中持续时间有所调整时,就要重新计算关键路径。在计划控制管理过程中,采用关键路径算法进行冗余控制,从而达到有效控制整个设计过程的目的。

### 3.2 设计延迟原因分析、设计任务督办预警及督办通知

在实际的生产设计过程中,经常会产生各种原因,导致设计延时,比如说,图纸报审未通过、船东未通过设计审批、因各种原因造成图纸返工修改等。设计过程中,由于设计人员众多和设计任务的复杂,经常会出现人员的出差、请假及人员的调任等不可预知的原因,如果处理不好,会导致设计部门设计管理的混乱和延期,甚至会影响到整个设计进程,因此要对此类情况做出必要的安排。

按照求关键路径的算法,对影响整个设计进度的关键延迟做出督办预警并及时作出督办通知,对一般延迟、非关键延迟可以做出适当的调整,可以允许在一定时间范围内的延迟。

同时对各种延迟情况等做出相应的记录和备注说明。

## 4 设计信息管理及进程查询

### 1) 设计信息管理

由于船舶的复杂性,几乎每条船的设计建造流程均不相同,因此必须给船舶设计过程留有修改流程的工具和空间,将设计工作通过一定的流程管理予以表现。

系统按照用户的不同类型划分用户组,不同用户组有不同的功能模块操作权和不同的处理过程,同

一用户组的用户对不同的任务类别有不同的权限,管理员可以定义不同的角色并赋予这些角色不同的数据访问权限和范围,通过给用户分配相应的角色使数据只能被已授过权的用户获取或修改,充分保证系统的安全可靠。同时也能够使数据能在整个企业的范围内得到充分的共享,同时还要保证数据免遭有意或无意的破坏。其中所涉及到的事件主要有: 审批与圈阅; 版本变更与修改; 更改通知; 安全与保密<sup>[5]</sup>。

## 2) 进程查询

调用数据及 Ms project 显示各阶段各任务的完成情况; 通过调用数据库中的相关内容,按船体分段形成设计完工部分船体图块立体显示,如图5所示。

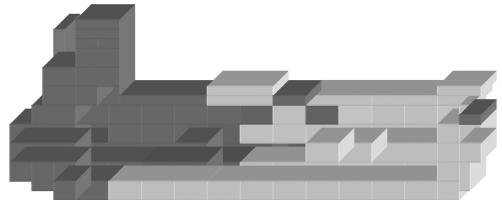


图5 生产设计任务完成情况船体分段显示图

Fig.5 Diagram of hull subsection of completed production design task

## 5 系统设计要点、目标及框架

本系统主框架见图6。系统以 Windows 2000 为平台,以 SQL Server 2000 为后台数据库,以功能强大的完全面向对象的 Visual Basic.net 为前端开发工具,采用客户机/服务器工作模式,实现数据共享和远程访问,同时实现数据的远程自动交换。实现了以下目标:对设计负荷进行分析,使劳动力资源得到合理优化配置;建立完整的生产计划模型;依据模型、标准日程以及标准区域/系统/分段划分,自动编制各类日程计划;人机交互完成各类生产计划的调整;提供从周计划、月计划一直到3年滚动计划的全方位日程计划输出;根据日程计划,充分考虑劳动负荷,合理分配设计任务;即时的远程计划查询、远程实施信息反馈功能,实现无纸操作;对整个设计过程实行冗余控制,实现生产计划的脱期报警和督办通知;统计实际设计工时/负荷及其统计报表的输出;对个人承担项目和完成情况进行查询,对整个设计进程进行可视化查询,形成设计计划与完成情况的对比;对延时、更改及出差代办等情况进行有效处理;对各种设计图文档、电子资料以及接收的外来资料存入数据库并作出必要的备份;对当前船型的负荷数据及船体分段情况等数据入库,形成设计部门的船型资料库;系统按照用户的不同类型划分用户组,不同用户组有不同的功能模块操作权和不同的处理过程,同一用户组的用户对不同的任务类别有不同的权限,充分保证系统的安全可靠。

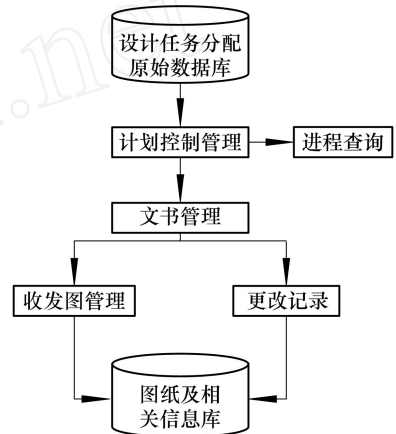


图6 系统主框架

Fig.6 Frame of system

## 6 结 语

本系统通过对设计行为进行全方位的考虑,对整个生产设计过程进行有效管理,旨在缩短设计周期,提高生产设计的效率,节省资金和劳动力资源。设计要结合生产,为生产服务,本系统还可以与生产管理和物流管理系统进行集成,使得生产、设计、管理得以有效结合,实现船舶生产、设计、管理一体化,促进船舶行业的信息化、网络化、现代化。

### 参考文献:

- [1] 龚利民. 深化船舶设计管理[J]. 大连船研, 2001(1): 1 - 4.
- [2] 余宝山. 日本 IHI 爱知工厂的船舶设计概要[J]. 造船技术, 1993(3): 5 - 18.
- [3] 高介祜, 郁照荣. 现代造船工程[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1998.
- [4] 晋良颖. 数据结构[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [5] 邹劲. 船舶设计集成化研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2003.

(责任编辑: 贡洪殿)