

# 上海海运学院

硕士学位论文

## 船舶设备管理信息系统研发

专业：轮机工程

研究方向：现代船舶管理

研究生：陈联沐

导师：郑士君

2003年1月

## 摘 要

本文结合中远集团科研项目《船舶设备计划维修保养管理系统》，对国内外船舶计划维修保养、PMS 检验、CMS 检验及信息管理技术进行分析，采用了面向对象的统一建模方法（UML）建模、各种优化技术对数据库进行优化，最终运用面向对象的开发技术，实现船舶设备计划维修检验信息管理系统。论文解决的问题是：PMS 检验、CMS 检验与船舶设备计划维修保养的关系，系统建模，数据库优化，信息管理系统的最终开发，项目管理及项目变革管理技术对项目开发进度的控制。

本文首先对 PMS 检验、CMS 检验及现行的维修保养方法进行分析。PMS 检验、CMS 检验正是基于可靠性为中心的预防性检验，而在现行的维修保养中，即是为了船舶的航行安全及设备的完好率，也是为了满足船舶检验要求，因而，做好对船舶设备管理与计划维修保养工作显得尤其重要。

本文根据对 PMS 检验、CMS 检验及现行的维修保养方法进行分析的结果，综合比较现行的建模方法，采用面向对象的统一建模语言（UML）对船舶设备计划维修检验信息管理系统进行建模，并着重论述了系统的整个建模过程。

根据所建立的模型，使用映射的方法，导出相应的数据库。为了提高数据库的运行效率，对导出的数据库进行优化，设计合理的数据库表结构及索引结构。为了提高查询效率，对于在数据库中有大量数据排序时，系统采用了基于“中值的中值”的思想和“筛选”原理的最优并行算法进行排序，在论文中，着重对这种算法进行了论述。

本文综合比较了各种面向对象的开发工具，最终采用 Power Builder8.0 对系统进行开发。为了便于用户更好地操作系统，系统中采用了统一的界面风格，对一些数据的编码原则进行统一的规定。

本文对项目管理、项目变革管理在软件开发中的应用进行了研究。在软件开发中，应用项目管理对项目进行控制，对于及时完成项目、优化资源管理有着重要的意义；应用变革管理对项目进行变革管理，对于应付开发中的各种不可预知情况的发生、按时完成项目起着非常重要的作用。论文着重对项目具体控制过程，变革管理对项目影响进行了论述

本课题开发出的信息管理系统已实际运用于中远集团所属的十多艘船舶上，取得了一定的经济效益与社会效益；由于界面友好，便于操作，能解决实际的问题，而深受用户的欢迎。

**关键词：**船舶，设备管理，信息化，船舶检验，系统建模，项目管理

## ABSTRACT

The text combines with the item of COSCO's scientific research "the Ship Facility Planed Repair and Maintenance Management System". It has analyzed planed ship R&M at home and abroad, PMS test, CMS test and information management technology. It adopts OO UML modeling and optimized technology to optimize database. It handles OO developing technology and carries out planed ship facility R&M test information management system. The issues resolved by this study are: PMS test, the relation of CMS test and planed ship facility R&M, system modeling, optimizing database, the ultimate development of system management, items management and item transform management technology's control to item developing schedule.

In the first place, this study analyzes PMS test, CMS test and the current R&M measure. PMS test and CMS test just base on precautionary inspection that takes dependability as its umbilicus. Whereas, the current R&M not only serves the safety of voyage and good condition of equipment, but also helps pass the shipping inspection. Therefore, from now on, it is especially important to maintain and repair the ship facility designedly.

The thesis has accorded to PMS test, CMS test and current methods of maintenance and repair. It integrates more current modeling means, adopts OO UML modeling to model ship PMS information management system and emphatically discourses on livelong modeling course of the system.

According to constituted modeling, it employs mapping method to educe corresponding database. In order to enhance running efficiency, it optimizes educed database, devises reasonable table configuration of database and adopts index structure. By way of increasing query efficiency, the system adopts 'median median' thought and oriental 'filtration' principium to do sort order. The thesis emphatically discusses this arithmetic.

The paper synthetically compares diversified OO exploitation implement and ultimately adopts Power Builder8.0 to develop the system. In order to convenience users to handle the system, it introduces uniform interface style and

adopts uniform provision to coding fundamental of some data.

The disquisition has investigated items management and transforms management application in software exploitation. Applying items management to control the items has much meaning in completing items betimes and optimizing resource management; it is also very important to deal with accidental matter and to completing items on time. The paper emphatically canvasses idiographic control course and transform management's influence to items.

The task has opened up information management system and the system has practically applied to tens of ships of COSCO. It has been acquiring determinate economic benefits. It has been gaining users' ebullient welcome because of its friendly interface and convenient manipulation and its being adept in disposing actual problems.

Lianmu Chen (marine engineering)

Directed by Shijun Zheng

**Key Words:** planed repair and maintenance, information management, PMS test, CMS test, system modeling, optimizing database, items management, transform management.

# 目 录

一、绪论	1
(一) 船舶设备管理体制的发展历史	1
(二) 国内外船舶设备管理信息化软件研究概况	1
(三) 课题的主要研究内容	2
(四) 课题的应用价值与达到的水平	4
二、船舶检验与船舶维护模式	6
(一) CMS 检验介绍	6
(二) PMS 检验介绍	7
(三) CMS 与 PMS 比较	7
(四) 船舶设备维修方式	9
(五) 船舶设备管理信息化	12
三、船舶设备计划维修检验信息管理系统建模	14
(一) 信息系统建模方法	14
(二) 船舶设备计划维修检验信息管理系统建模	16
四、数据库优化	29
(一) 数据库	29
(二) 系统数据库	31
(三) 数据库优化	33
五、船舶设备计划维修检验信息管理系统实现	39
(一) 开发工具介绍	39
(二) 系统实现	41
六、项目管理	48
(一) 项目管理	48
(二) 软件开发中的流程控制	50
(三) 项目评估	54
(四) 项目变革管理	56
七、结束语	57
致谢	58
参考文献	59

# 第一章 绪 论

## 一、船舶设备管理体制的发展历史<sup>[1-6, 18, 44~46]</sup>

我国原来的船舶维修保养管理体制主要沿用的是原苏联计划经济体制下的管理模式，船舶设备的维修保养工作缺少计划性、科学性与可控性，直接导致了船舶设备管理工作的随意性和短期行为，出现了“重修轻养”、“重用轻管”现象，由于管理信息不通畅，船东对船舶设备的维修保养情况与设备状态不能及时了解，无法实现准确的计划和控制。在日常管理工作中，还经常受船员调动或船员技术素质的影响，导致船舶设备日常维护工作不到位或者维修过频，从而造成在岁修和进坞大修以及接受船级社检查时，修理项目集中，船舶修期较长，修费很高，这些都造成了人力物力的巨大浪费。随着船舶技术的发展，设备可靠性与管理手段的提高，仅仅依靠经验判断设备的状态进行的维修工作已不能现代船舶管理要求。为此一些实力较强的航运公司纷纷根据自己船舶管理特点建立相应的船舶设备管理体系，对设备进行定期（时）维修保养。在 80 年代，我国上海远洋运输公司和上海海运集团在原维修管理体制的基础上，吸收国外先进管理经验，如挪威的 TSAR（英文全称）船舶设备管理体系，对船舶设备采用插卡式计划循环管理。随后对此体系进行了完善，在交通部的大力支持和指导下，经过两年的努力，完成了“船舶维修保养体系（CWBT）”国家标准的制定，真正建立了我国标准化的船舶维修保养体系。这一体系是以我国传统的船舶设备维修管理模式为基础，吸收国外先进的管理经验，结合我国船舶设备管理实际而开发建立的。

国际船级社协会注意到船东船舶维护保养体系的不断完善和实施，逐步改变原有观念，接受“以养代检”的方式，首先在 70 年代开始在全球推行“循环检验（英文全称 CMS）”制度，将特别检验项目分解到周期内的各个年度进行检验，充分与航运公司的维修保养体系接轨和配合。此项工作取得了良好的效果，一是将对设备的检验“化整为零”，及时发现设备的缺陷和隐患，二是将部分项目委托船上轮机长进行，大大节约了修船时间，保养工作更具有针对性。随着航运公司保养体系的日趋完善与现代船舶管理的需要，IACS 在 1989 年提出了 PMS 的检验模式，进一步将船舶检验和维修保养工作相结合，也将设备的技术状况判别权力下放到有资格的轮机长。中国作为 IACS 正式成员，在 1996 年钢质海船入级和建造规范中引入了 PMS 要求。

## 二、国内外船舶设备管理信息化软件研究概况<sup>[7-22]</sup>

### (一) 国外船舶设备管理信息化软件应用概况

国际上被船舶管理公司广泛采用的船舶设备管理信息化软件主要有两家开发商：ABS 船级社的 SAFENET 船舶设备管理软件和 SPECTEC 公司的 AMOS 船舶设备管理软件。但国际知名的航运公司、船舶管理公司，如 EVERGREEN、OOCL、WALLEM、BARBER、DENHOLM、COLUMBLA、P&O 及 SEA-LAND 等航运企业大多拥有自行开发的符合本公司管理模式的船舶设备管理软件，信息技术在船舶设备管理中的应用已十分普及，实现了船舶设备管理信息完全浓缩在一台电脑和网络中，做到了船岸信息数据共享，使船舶设备管理过程处于船岸同步监控之下，使管理效率大为提高。

### (二) 国内船舶设备管理信息化软件的应用与开发概况

九十年代后期，我国大部分船舶管理公司都已陆续完成了网络建设工作，已具备了船舶设备管理信息管理系统运行的外部条件，但目前网络功能的开发与利用非常有限，好多计算机还只作为一台打字机在使用，主要原因是缺少与其相配套的各种管理应用软件，使大量硬件建设投入没有产生应有的效益。有的船舶管理公司也组织开发了一些设备管理软件，但限于各种条件限制与传统管理模式与管理理念的影响，开发设备管理软件时过多考虑了让计算机迁就于管理人员现有管理理念，缺少先进性、科学性；有的船舶管理公司开发的管理软件只考虑某个部门或科室的要求，缺少系统性，无法做到数据共享与船舶管理信息化的要求还有很大的差距。

船岸间的沟通仍靠船舶管理人员登轮检查，这已严重制约了船舶设备管理水平的提高，直接影响了船舶安全、营运率、船舶设备寿命及船舶管理人员（包括船员）业务素质的提高，更主要的是船舶营运不能令客户（租船人、货主）满意，直接影响到船舶管理公司的经济效益与声誉。

国外船舶设备管理软件的引进工作也正在探索中进行，但由于受到不同管理体制、管理理念与费用的影响，国外船舶设备管理软件还没有得到我国各大船舶管理公司的普遍认同，主要原因是国外管理软件是按国外船舶管理公司的管理体制与管理理念进行开发的，与我国各大航运公司现行的管理体制、管理理念与运作流程等方面存在较大的差异。以及在软件今后的升级、完善与维护费用等方面也存在不同的看法。

## 三、课题的主要研究内容

本课题在研究时要做如下工作：

### (一) 建立系统模型

在分析船舶设备计划维修保养检验系统的基础上，采用了面向对象的建模技术（OMT）对系统进行建模。在对船舶设备维修的真实数据进行分析的基础之上，将船舶设备、维修保养等事物、概念分解成一个个独立的、可以逐个区分的事件，再建立起相互间的关系，构成系统整体模型。

### (二) 数据库优化

由于关系数据库所具有的优点，系统中将采用关系型数据库。根据已建立的数据模型，建立相应的数据库，并对数据库进行模式规范化，对关系进行分解，避免不必要的存储及操作冗余和数据更新异常。并在对数据进行操作中，采用各种方式对数据库进行优化。

### (三) 用 PowerBuilder8.0 开发系统

数据库采用 SQL server 2000，在系统开发时，采用 PowerBuilder 8.0 进行开发。经编译后生成的应用程序对运行环境的最低要求为：586CPU，32M 内存，200M 硬盘空间，能支持 800×600 分辨率增强 256 色的显示卡，WIN9.x 以上操作系统。

应用程序结构框架如图 1-1 所示。

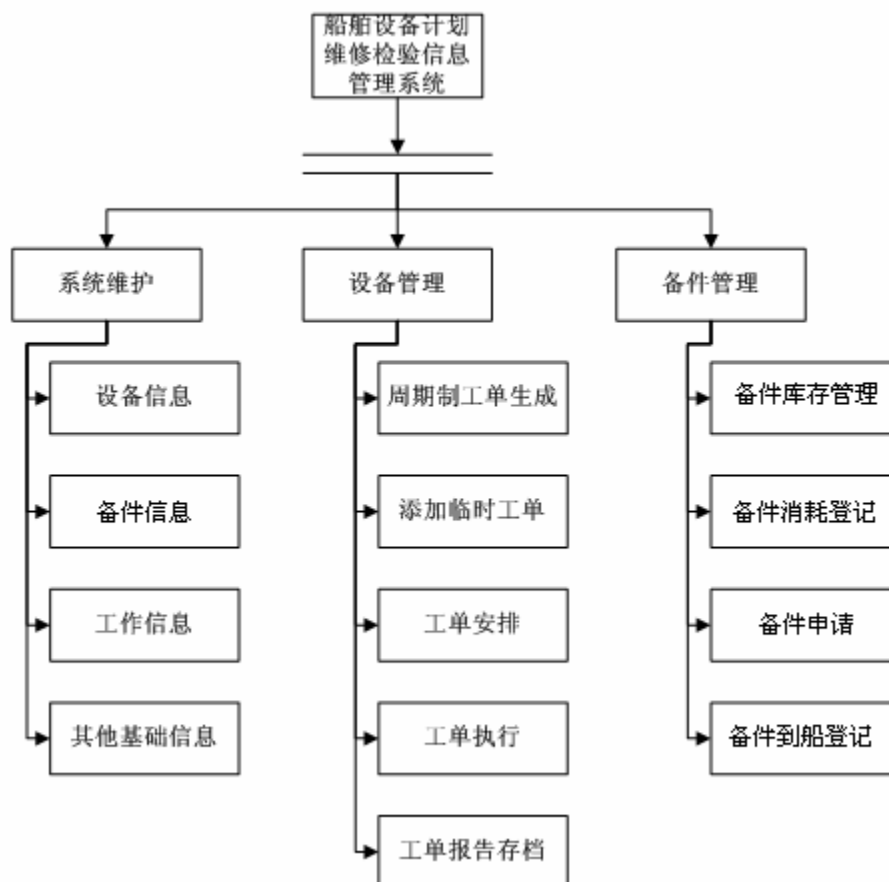




图 1-1 程序框架图

#### **(四) 注重项目管理**

在系统开发过程中，用项目管理的方法对整个项目进行管理、控制。由于在软件开发过程中，用户需求和应用环境是经常会发生变化的，因而，在项目开发过程中，对开发过程进行项目管理、控制是极其重要的；由于软件开发是由一个项目小组进行的，因而，在系统开发时，团队建设也是非常重要的；在项目结束后，对项目及团队成员进行评估也是很必要的。

### **四、课题的实用价值与达到的水平**

系统具有以下的特点：

#### **(一) 适应船舶航行安全的需要**

通过设备计划维修检验信息系统的应用，自动产生船舶设备维修计划，船上用户根据计划对设备进行维修；公司根据船舶传回的数据，监控船舶设备计划维修的执行过程，并对设备维修计划进行指导。由于手工操作存在着对设备计划维修遗漏可能，而在信息化管理支持之下，不但不会遗漏设备的维修，而且还能及时提示用户对设备进行维修，因而它能适应船舶航行安全与港口国检查与船舶检验的需要。

#### **(二) 有利于提高船舶设备维修工作的控制力度**

以设备计划维修检验信息指导船舶设备管理工作，有助于领导监督、决策与用户操作；方便船舶对设备计划维修过程的控制，并实现公司对船舶设备计划维修的监控；

#### **(三) 有利于降低船舶营运成本**

船舶设备计划维修检验体系在信息化管理的支持下，使船舶设备完好率得到提高，降低了偶然事故率，避免了停航损失，提高船舶的准班率，并实现了维修费用的有效控制，降低船舶营运成本。

#### **(四) 有利于提高船舶管理的信息化**

以设备计划维修检验信息指导船舶设备管理工作，有助于领导监督、决策；方便船舶管理人员对设备计划维修过程的控制，实现公司对船舶设备计划维修的监控；提高了船舶管理工作的信息化。

#### **(五) 有利于船舶管理信息系统的与时俱进**

系统采用面向对象的建模方法，便于用户日后对系统升级与完善提供了再开发的可能性。

其技术水平将达到：在国内同类应用软件处于领先水平；管理功能更趋完善；在

性价比方面大大优于国外同类应用软件；具有中国船舶管理公司的管理特色，能满足世界主要船级社船舶检验规范的要求。

## 第二章 船舶检验与船舶维护模式

现行的船舶设备维修保养主要是为了保证船舶航行安全与设备的完好率，同时也是为了保证满足船检要求，实行的是以可靠性为中心的计划维修保养模式。在现行的船舶检验规范中，大多船级社实行的是以可靠性为中心的船检方式，主要有 CMS 检验及 PMS 检验二种形式。

### 一、CMS介绍<sup>[1~6]</sup>

CMS（循环检验）是将特别检验的所有项目分散在特检周期中，以循环的方式进行，以使船舶动力装置的每一部分在一个特检周期内至少被检验一次，而且对任何项目的两次检验的间隔期不超过特别检验周期。CMS 检验不能取代和改变保持船级的其它检验。如果船东在特别检验之间申请启动循环检验，执行检验单位应将轮机（包括电气设备）或货物冷藏装置特别检验项目安排在申请之日至特别检验到期时间内，作为首次循环。在完成首次循环后，船东可协同船级社当地的分支机构重新将特检项目安排在一个特别检验周期内。

图 2-1 是 CMS 检验的典型示例；在图中红色是指过期的检验，黄色是进入检验周期将进行的检验，绿色是指在计划中的检验。

**CHINA CLASSIFICATION SOCIETY**  
COSCO CONTAINER LINE

CCSNO: BJ234453  
Ship's Name: HONG YUN HE

Code	Survey Items	Due Date					
		2002	2003	2004	2005	2006	2007
0172	AUX.E.D.O.SERVICE TANK						11
0175	L.O.SETTLING TANK		11				
0177	No.1 STB.F.O.STORAGE TANK				11		
0178	No.1 PORT.F.O.STORAGE TANK				11		
0179	No.2 STB.F.O.STORAGE TANK					10	
0180	No.2 PORT.F.O.STORAGE TANK					10	
0181	No.3 STB.F.O.STORAGE TANK						11
0182	No.3 PORT.F.O.STORAGE TANK						11
0183	No.4 STB.F.O.STORAGE TANK		11				
0184	No.4 PORT.F.O.STORAGE TANK		11				
0186	M.E.F.O.SERVICE TANK						11
0187	M.E.F.O.SETTLING TANK		11				
0188	M.E.SCAVENGING BOX DRAIN TANK						11
0189	WASTE OIL TANK		11				
0190	AUX.E.L.O.SETTLING TANK						11
0191	HYDOR OIL TANK FOR VAVLE CONTROL		11				
0192	AIR COOLER CHEMICAL CLEANING RANK			3			
0194	ALARM WARNING SYSTEM			3			

图 2-1 CMS 检验典型示例

## 二、PMS 检验介绍<sup>[1~6, 44, 45]</sup>

PMS (Planned Maintenance System Survey for Marine) 检验——船舶机械计划保养系统检验, 是一种由船舶所有人申请, 经 CCS 批准的以船舶计划保养系统来替代船舶机械设备 (包括电气设备) 的年度检验、中间检验和特别检验的制度; 它是船舶检验和船东维修保养体系相结合的产物, 它有利于减少船舶检验时间, 减少验船师的劳动强度, 提高船舶营运率; 有利于船舶保养体系的完善, 对延长设备的使用寿命, 提高船舶管理水平, 保证航行安全起到良好作用。这里介绍 CCS 的 PMS 检验。

图 2-2 是主机上的活塞及连杆的 PMS 检验图, 是 PMS 检验的一个典型示例。

Index	Machinery item	Year 1 (quarters)				Year 2 (quarters)				Year 3 (quarters)				Year 4 (quarters)				Year 5 (quarters)			
		1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th
M. 1	ME No. 1 cyl. Unit. cover piston&rod		■				▲				▲				▲				▲		
M. 2	ME No. 2 cyl. Unit. cover piston&rod			■			▲					▲				▲				▲	
M. 3	ME No. 3 cyl. Unit. cover piston&rod				■			▲					▲				▲				▲
M. 4	ME No. 4 cyl. Unit. cover piston&rod				■				▲				▲				▲				▲
M. 5	ME No. 5 cyl. Unit. cover piston&rod	■					▲				▲				▲				▲		
M. 5	ME No. 5 cyl. Unit. cover piston&rod		■				▲				▲				▲				▲		

▲ Complete overhaul scheduled (maintenance instruction M. E.)

▲ Complete overhaul plus Classification survey scheduled (maintenance instruction M. E.)

■ When a maintenance function is completed the remainder of square coloured in thus. It is then a simple matter to see if the plan is up to date.

图 2-2 PMS 检验典型示例

## 三、CMS 与 PMS 比较<sup>[1, 2, 5, 44, 45]</sup>

从规范的附加标志及其内容来看, CMS 与 PMS 是不同的, 但两者也有相同点。

### (一) CMS 与 PMS 的主要相同点

1. 均可替代特别 (或换证检验)。

如船级社规范把 CMS 与 PMS 并列作为特别检验的替代检验方法。DNV 规范把 CMS 与 PMS 并列作为换证检验的可选择替代检验方法。BV 规范则把特别检验分为常规系统、循环检验及分散检验; 分散检验即为 PMS。

2. 检验项目可分开。

3. 螺旋桨轴检验、锅炉检验仍不变。
4. 轮机长均应授权或具有相应的培训证明。

## (二) CMS 与 PMS 的主要不同点

1. CMS 仅替代特别检验，而年度/中间/特别检验照常进行。PMS 除特别检验外，在其他检验时也有具体要求，即对实行 PMS 检验项目，不再按常规要求进行年度、中间及特别检验。

2. CMS 要求每个项目相继两次间隔不超过 5 年；而 PMS 除有 5 年要求外，对设备制造厂有维修保养要求的项目，可按该要求进行，而不必受 5 年间隔限制。

3. CMS 对轮机长要进行授权，而 PMS 则强调轮机长应具有 PMS 的培训或相应经历。

## (三) 国外预防维修技术的模式及特点。

在国外，以日本为例，从 50 至 60 年代就开始进行船机故障及对策的研究。并在大量数据统计基础上，确定了以可靠性为中心的维修思想（英文全称 RCM）为指导，提出船舶机械维修新构思，建立最佳维修时机的决策方法。另一代表性工作是挪威船舶研究所与航运业的合作下，于 80 年代研制和发展的船舶维修保养体制（原文 TSAR），其主要做法是将船舶自修与陆上支持相结合，构成以计算机技术为基础的科学维修保障体系。在船舶机械检验制度方面：自 80 年代起，国外有几个船级社开展了滑油状态监测以探讨船舶机械的最佳检验周期，并制定了相应的检验规范。1987 年，英国劳氏船级社（LR）与 MOBIL 石油公司合作对 35 个航运公司的 130 艘船舶的机械进行了为期 3 年的油料分析研究，深入探讨滑油与机械状况之间的关系，以作为延长检验间隔期的可接受的方案。研究表明：润滑油分析技术达到了这样一个可靠性与重复性的水平，它已经成为船舶机械检验要求的可接受的一部分。劳氏船级社已经在其 1994 年规范中规定，可根据润滑油状态监测结果延长螺旋桨轴的抽轴检验间隔期，还同意根据润滑油分析等结果延长游艇发动机的 4 年拆检周期。劳氏船级社已经成立了润滑油监测分析的服务机构，MOBIL 公司开发了油料分析服务系统，并在世界各地形成了拥有 25 个以上实验室的工作网。美国船级社（ABS）在 1987 年制定了“基于预防维修技术的检验指南”，将振动监测、润滑油监测及性能参数监测等技术用于基于状态维修的船舶机械检验中。挪威船级社（DNV）在其规范中规定采用润滑油状态监控系统延长螺旋桨轴的 5 年抽轴检验间隔期为 15 年；日本船级社（NK）也开展了油料分析在船舶柴油机中的应用研究。越来越多的船东、验船师从实践中认识到监测能延长机械检验间隔期，从而减轻了工作负荷，节省检验与维修费，减少润滑油消耗量，并能及时发现潜在的故障

## 四、船舶设备维修方式<sup>[1,2,5,6]</sup>

### (一) 以可靠性为中心的设备维修

以可靠性为中心的维修 (Reliability-Centered Maintenance, 简写: RCM) 的定义是: 制定设备预防维修大纲的一种逻辑规则, 它能以最低的费用实现复杂的固有可靠性水平。RCM 采用分析的方法, 确定为保持设备固有安全性可靠性所必须的维修工作量及各项维修任务的最佳安排, 同时做到寿命周期费用最低。RCM 是以充分利用设备固有可靠性为着眼点, 通过科学的分析, 有针对性地确定复杂装置的各项预防维修工作 (包括维修保养、检查等) 的一套原则和方法。它可在保证设备安全可靠的前提下节约费用, 提高设备的利用率, 节约费用是 RCM 目的。

#### 1. RCM 基本观点

(1) 设备的可靠性是由设备设计决定的, 维修工作只能保持或恢复这种固有可靠性, 而不能提高这种可靠性;

(2) 必须根据设备的固有可靠性, 而不应完全根据使用时间来确定应做的预防维修工作内容;

(3) 强调应在科学分析的基础上, 只作为保持或恢复设备固有可靠性所必需的维修工作, 避免做多余的和无效的工作;

(4) 在维修方式上, 不是单纯采用定时 (期) 方式, 而是采用定时方式, 视情维修方式和状态监控方式三者并用。

#### 2. RCM 的具体方法

实行以可靠性为中心的维修, 核心工作是编好维修大纲。编制以可靠性为中心的维修大纲, 一般按以下程序及方法进行:

##### (1) 确定重点维修项目。

首先应确定设备中的哪些项目属于主要项目。项目重要与否不是凭经验或直观来判断, 而是根据该项目发生故障后产生的后果来确定。凡是对设备整体有安全性、使用性以及隐患性后果的, 均属重要项目。具有以下条件之一的都应列为重要项目:

- 出现故障异常, 对设备的安全性有影响;
- 有功能隐患;
- 出现故障异常对设备的使用性能有影响;
- 出现故障异常对设备的费用有明显影响;

##### (2) 明确重要项目的内容。

根据故障后果来确定每个重要项目的维修对策。对于涉及安全性后果的项目需要

采用预防维修，使产生故障的风险能降至一个可接受的水平；对于涉及使用性后果的项目，如果作预防维修的费用低于使用性后果造成的损失和修复故障的费用，则预防维修是可取的；对于有隐患性后果的项目需要预防维修以保证能在有效的水平上防止多重故障的出现。

### (3) 确定适用和有效的维修方式

维修方式是维修思想的反映。以可靠性为中心的维修思想采用的是定时、视情和状态监制的事后维修方式相结合的多种维修方式。对于复杂的可维修设备的各种系统，各部件具体采用什么维修方式最合理是受多种因素制约的，其中主要的是机件的可靠性特性（即故障性质及其统计分布规律）、安全性、有效性（维修质量、维修时间）及经济性等。贯彻以可靠性为中心的维修思想，实质上是要在保证设备可靠性水平的前提下，只作必要的维修工作，以使所需维修费用最小、换言之就是研究故障规律来制定合理的维修策略，控制维修进行的时机和内容，其关键在于选择维修方式。

### (4) 确定各项维修工作的合理时间间隔

对设备所需进行的各项预防维修工作选定正确的时间间隔，即确定“定期”的具体时间量值，并把时间间隔相同的工作组合成套，以便执行。

## 3. RCM 的特点

以可靠性为中心的维修与传统的维修相比，显然有这样一些特点：

(1) 对维修作用认识正确，并不认为预防工作越多越细越频，可靠性就越高。

(2) 维修方式选择合理。根据故障的后果按适用性和有效性的原则来确定视情、定时或状态监制的事后维修方式，打破了过去单一的定时（期）维修和“一刀切”——“全面”维修的做法。

(3) RCM 易于应用。它把维修工作的经验和专业知识、逻辑判断、可靠性数据结合在一起，使所制订的大纲只包括必需做的和最好要做预防维修工作，因而达到了以最低的费用实现设备固有的可靠性的目标。

## (二) 船舶设备维修方式选择

船舶设备的维修一般有表 2-1 所示的四种形式：

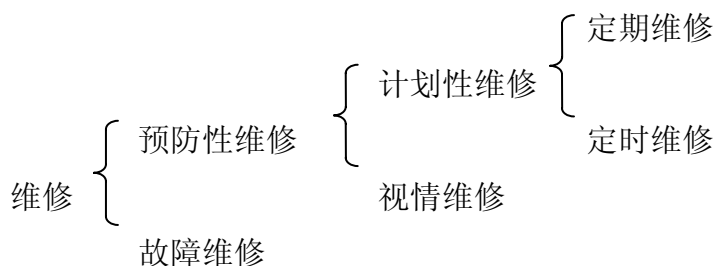


表 2-1 船舶维修方式分类

### 1. 定期维修

定期维修是按照设备的使用频度、使用的重要性、损坏的规律为依据或某些不以磨损为主要特征的设备拟定出一个平均安全运行期限和确保这一使用期限而需要的各级维修。它的特征是设备按照预定的维修计划按日历时间，到时间不论实际情况如何必须进行规定内容的维护保养工作。

### 2. 定时维修

定时维修是以磨损理论为依据，以设备主要零部件的磨损率为基础，定时对设备或设备中某一部件进行维修。它的特征是以设备或重要部件的运转小时来确定维修周期，以检查和更换磨损零部件为维修的主要内容。

定期与定时维修方式都属于计划性维修，它对预防突发性的随机故障，有一定的局限性。

### 3. 视情维修

视情维修也称状态监测维修，它对某一设备不预先规定其维修期，而是以设备的运转工况为依据，以工况参数的变化趋向分析为基础，来决定设备是否需要维修，它的特征是以先进的测试技术进行故障诊断、状态监测、通过监测、比较和分析确定设备或部件的技术状况和需要维修的对象。

视情维修能够发挥设备的最大效益，可有效地减少事故的发生。特别适用于以磨损故障为主的设备上。但是由于对设备的每一部件的状态监测在技术上还存在很多困难，对状态检测设备经济性的要求，因此视情维修尽管是科学的，但尚不可能全面推广应用。

### 4. 事后维修（故障维修）

事后维修是指设备发生故障后才进行维修或更换其中损坏部件，它的原则是不坏不修。除了使用中的一般检查和保养外，不作任何有计划的维护性修理。它的特征是对某种类型的设备采取能修则修、不能修（或不值得修）即换的政策。它适用于某些对生产安全影响不大的设备和低值设备。

在现行的船舶维修中，一是为了船舶安全与设备的完好率，主要也是为了达到船舶检验的目的，因而在现行的船舶维修中，一般采用的是以可靠性为中心的维修方式。而 CMS、PMS 检验正是建立在船舶设备的可靠性基础之上的船检方式，因而对 CMS、PMS 进行研究，开发基于 PMS、CMS 检验的船舶设备计划维修信息管理系统有着十分重要的意义。



## 五、船舶设备管理信息化

### (一) 船舶设备管理流程

船舶设备管理主要是为了保证船舶航行的安全及设备完好率，它的动作流程如图 2-3，其功能如图 2-4 所示。

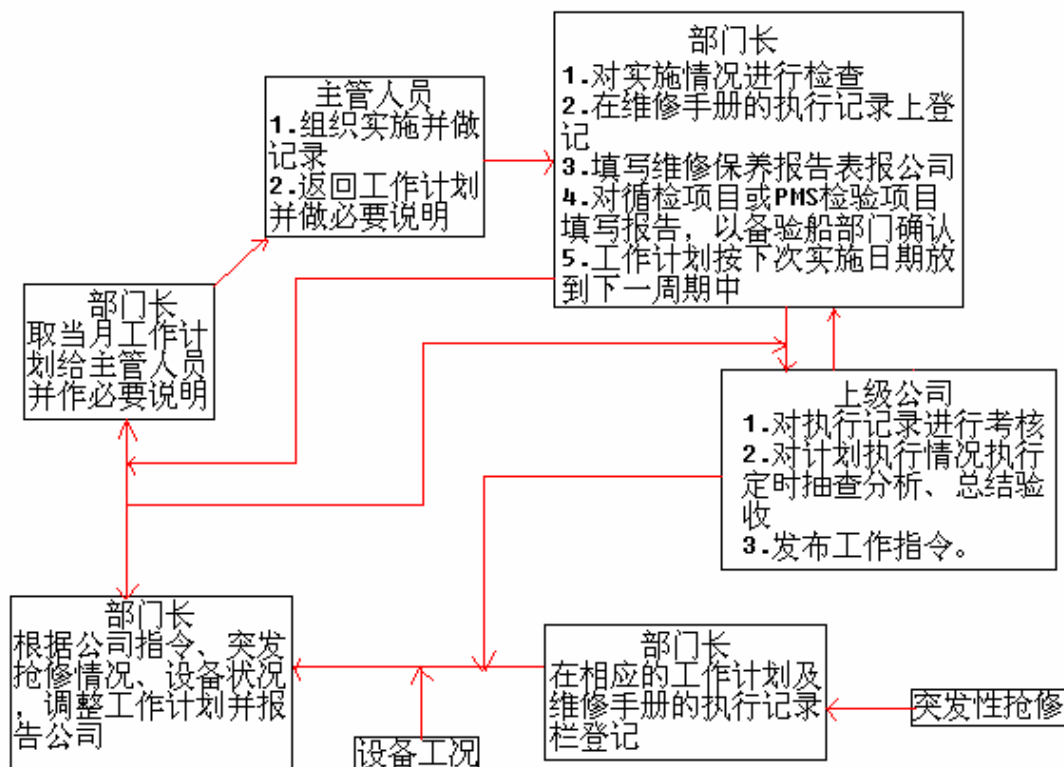


图 2-3 船舶设备管理流程

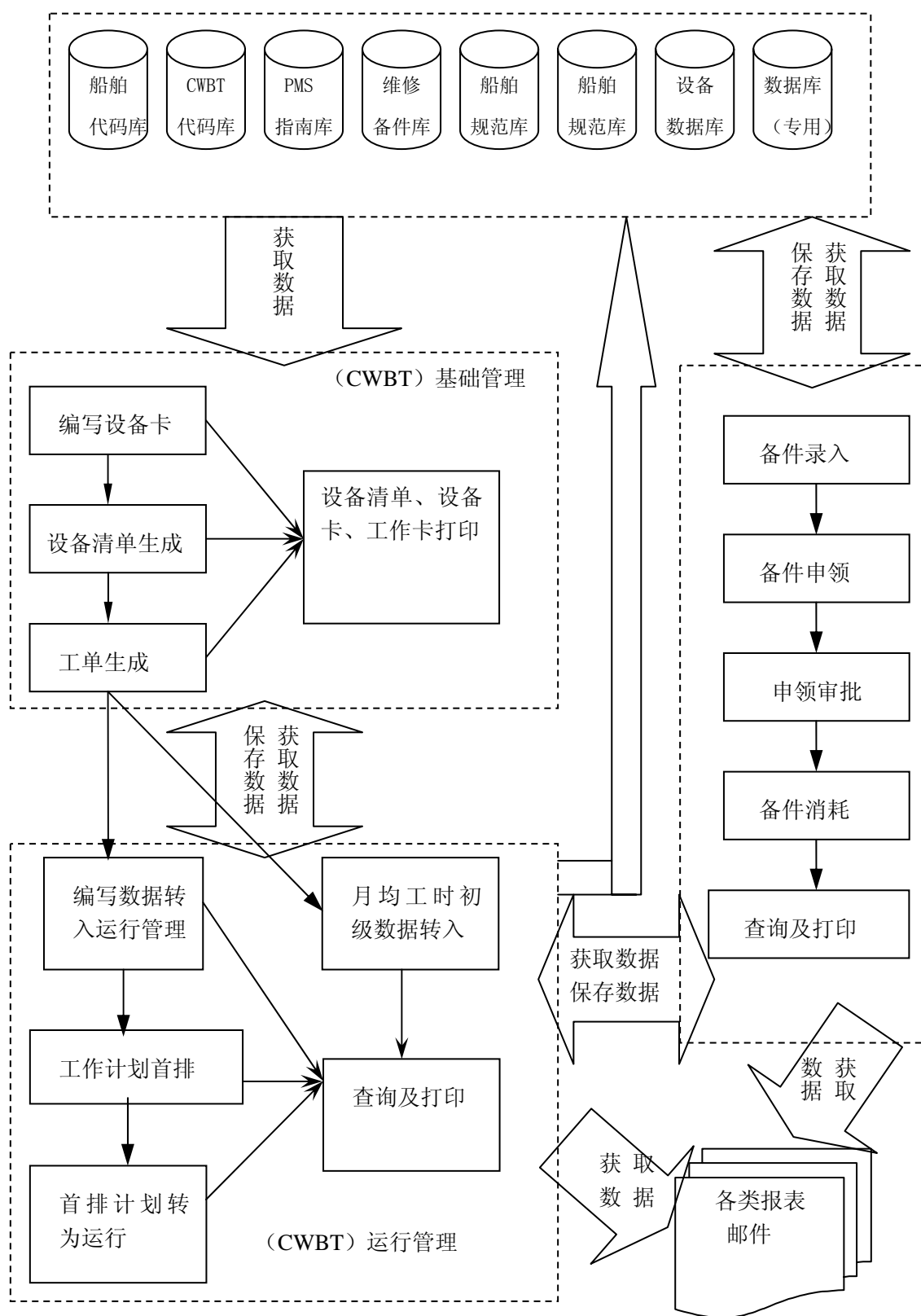


图 2-4 船舶设备维修与检验管理模块功能

## （二）船舶设备管理信息化的意义

航运业是具有资本、技术密集型特点的国际化产业。随着科学技术的进步，各种现代化设备与技术不断被应用于船舶，对船舶设备管理工作的要求越来越高。但航运业又是一个古老而又传统的行业，作为航运业基础的船舶设备管理，受到稳健的传统管理理念的影响，信息技术在船舶设备管理中的应用始终落后于其他行业。自 2000 年初，国家经贸委提出“十五”期间国有企业实现信息化管理的要求以来，船舶设备管理信息化已被列入航运企业“十五”规划之中，信息化是中国与国际接轨、实现现代化的必由之路。

船舶设备管理信息化有以下现实意义：

### 1. 适应国际公约对航行安全的要求

随着国际公约对船舶航行安全要求的不断提高，防污染意识进一步增强，港口国检查日趋严格。在过去的两年里，IMO（国际海事组织）就有 4 套公约修正案通过，11 套公约修正案生效，尤其是 1998 年 7 月 1 日 ISM 规则（国际安全营运和防污染管理规则）生效，对船舶管理公司的工作提出了更高的要求，不但要求实现船舶航行安全与杜绝海上污染事故发生，并要求建立一套严格的安全管理监控体系，完善的安全管理工作机制，强化体系运行意识，从而实现对整个管理过程的有效控制。这就要求在管理过程的各个环节实施标准化、规范化、程序化、数字化管理，而计算机信息化管理能使船舶管理及船舶设备管理的过程控制成为现实。

### 2. 适应国际航运市场对船舶设备管理的要求

近年来，国际航运业随国际经济形势的变化此起彼伏，国际航运落入低潮要求压缩营运成本时，船舶机务成本的节支首当其冲，造成船舶的失修，备件、物料采购质量的下降；航运形势好转时，又要求船舶多装快跑，结果船舶仍得不到适时充分的维修保养。而船舶设备管理信息化能使船舶高山景行管理的过程控制尽可能地排除外界因素的干扰，使管理工作更趋科学化。

### 3. 适应信息化社会环境的要求

随着 IT 技术在整个人类社会中的运用与普及，如 EDI 电子商务的运用，因特网、局域网的运用，要求船舶设备管理在与外界的交往联络中，使用先进的通信联络手段、信息数字交换等技术，如备件的采购，船岸间的技术交流、技术支援、资源共享，船舶动态与动力装置运行工况参数的交换，加强船舶设备管理工作过程的监控力度等，而采用信息化管理就能方便实现。

### 4. 降低船舶营运成本与提高市场竞争力的需要

（1）船舶维修保养体系在信息化管理的支持下，使船舶设备完好率得以提高，

降低了偶发事故率，避免了停航损失，提高了船舶的准班率，并实现了维修费用的有效控制。

(2) 采用船舶设备管理信息化有利于船舶备件实现动态式库存管理，始终保证备件处于最佳保有量，从而使船舶设备的成本开支得到了有效的控制，同时还实现了船舶设备管理所需的维修后勤保障。

(3) 船舶设备管理信息化为船舶安全提供了良好的技术保障，有利于船舶管理公司信誉的提升，促使保险公司保险费率的削减与折扣率的提高。

(4) 船舶设备采用信息化管理后，船舶的通讯成本也将节省 60%—90%。

### 第三章船舶设备计划维修检验信息管理系统建模

#### 一、信息系统建模方法<sup>[17, 18, 23~33]</sup>

大型信息系统通常十分复杂，很难直接对它进行分析设计，人们经常借助模型来设计分析系统。模型是现实世界中的某些事物的一种抽象表示。抽象的含义是抽取事物的本质特性，忽略事物的其他次要因素。因此，模型既反映事物的原型，又不等于该原型。模型是理解、分析、开发或改造事物原型的一种常用手段。例如，建造大楼前常先做大楼的模型，以便在大楼动工前就能使人们对未来的大楼有一个十分清晰的感性认识，显然，大楼模型还可以用来改进大楼的设计方案。

在信息系统中，模型是开发过程中的一个不可缺少的工具。信息系统包括数据处理、事务管理和决策支持。实质上，信息系统可以看成是由一系列有序模型构成的，这些有序模型通常为：功能模型、信息模型、数据模型、控制模型和决策模型，所谓有序是指这些模型上分别在系统的不同开发阶段、不同开发层次上建立的。

##### (一) 信息建模方法介绍

模型的表示形式可以是数学公式、缩小的物理装置、图表文字说明，也可以是专用的形式化语言。模型建立的思路有两种：自顶向下、逐步求精和自底向上、综合集成。

模型的目标即模型研究的目的，知识是指现实系统的知识和模型构造知识，数据是指系统的原始信息，这三方面构成了建模过程的输入。模型构造是具体的建模技术

的运用过程。可信性分析是指分析所建模型能否满足系统目标。

信息系统模型的表现形式与普通系统模型是有区别的。描述信息系统模型最常见的方法是形式化描述和图示化描述。形式化描述方法非常精确、严谨，易于系统以后的实现，但难以掌握和理解，模型可读性差，往往只有专业人员才会使用，因而难于推广。图示化方法直观、自然，易于描述系统的层次结构、功能组成，且简单易学，通常还有工具软件支持，因而成为信息系统的主要描述工具，但这种方法的精确性和严谨性不够。

信息系统的建模方法可以分为：面向过程的建模、面向数据的建模、面向信息的建模、面向决策的建模和面向对象的建模五种。

#### 1. 面向过程建模方法

面向过程的建模方法是把过程看作系统模型的基本部分，数据是随着过程而产生的。最有影响的面向过程的设计方法是 Yourdon 设计法。

#### 2. 面向数据建模方法

面向数据的建模方法把模型的输入输出看成是最为重要的，因此，首先定义的是数据结构，而过程模块是从数据结构中导出的，即功能跟随数据。最有影响的面向数据的设计方法是 Jackson 设计法。

#### 3. 面向信息建模

面向信息建模方法是从整个系统的逻辑数据模型开始的，通过一个全局信息需求视图来说明系统中所有基本数据实体及其相互关系，然后，在此基础上逐步构造整个模型，信息模型记录系统运作所需的信息实体，如：人员、地点、事物、观念等，为分析现行系统提供信息的图形化表示。数据建模的目的是设计和实现满足系统信息需求的数据库结构，即数据建模支持系统设计。面向信息的建模方法与面向数据建模方法的区别就是信息和数据的区别。信息和数据都是信息系统中最基本的术语，数据是指记载下来的事实，是客观实体属性的值，而信息是构成一定含义的一组数据。

#### 4. 面向决策建模方法

决策支持系统由数据库、模型库和各自的管理系统组成。决策支持系统模型需要反映的问题是系统的决策制订原则和机理、系统的组织机构和人员配置。通过对决策系统的建模，企业的领导可以对企业有一个细致的了解，从而发现其中问题。如组织结构臃肿，职权划分不清，权力范围不合理等，据此进行相应的改革。比较成熟的决策支持系统建模方法有 Petri 网和 GRAI 法。

#### 5. 面向对象建模方法

面向对象的分析方法是利用面向对象的信息建模概念，如实体、关系、属性等，

同时运用封装、继承、多态等机制来构造模拟现实系统的方法。传统的结构化设计方法的基本点是面向过程，系统被分解成若干个过程。而面向对象的方法是采用构造模型的观点，在系统的开发过程中，各个步骤的共同的目标是建造一个问题域的模型。

## (二) 统一建模语言(UML 英文全称)

面向对象方法论从 1986 年 Booch 率先提出后，至今已有 50 种以上的方法论出现，常见的有 Rumbaugh 的对象模型技术(OMT)、Booch 及 Yourdon 的面向对象分析与设计(OOA/OOD)、Jacobson 的面向对象软件工程(OOSE)、Martin/Ode11 的面向对象分析与设计(OOAD)、Shlaer and Mellor 的面向对象系统分析(OOSA)、Brock 责任导向设计(RDD)等，各有特色。于是整合面向对象方法论应运而生，由 Rumbaugh、Booch、Jacobson 提出了统一建模语言(UML)。

统一建模语言(Unified Modeling language 或 UML)是一种通用的模拟语言它可以用于确定、展示和记录软件系统。统一建模语言中的图形标记，尤其适用于面向对象的软件设计。

与先前的对象建模方法相比，UML 有如下两个优点：

1. UML 乃国际软件工业界广泛认可的标准，它统一了对象模拟的标记和含义，使软件设计工具能发挥更大效用。现有的对象设计也能容易地被重新使用；

2. UML 取长补短，适当地平衡了简洁性和具体化两个主旨。UML 已成为一个单独系统来演化，不至于像以前那样有多种标准而引起误会。

由于 UML 有这些优点，以及考虑到了设备计划维修的可靠性、船舶设备维修的特点、系统升级的可能性，系统将采用 UML 方法建模。

## 二、船舶设备计划维修检验信息管理系统建模<sup>[7~17, 28, 30~33]</sup>

根据上一章对船舶设备维修保养方式的分析，结合信息系统的建模方法，船舶设备计划维修检验信息系统的建模如下。

### (一) 分析问题领域

分析问题领域的主要任务是：对问题领域进行抽象，提出解决方案；对未来的系统进行需求分析，确定系统的职责范围、功能需求、性能需求、应用环境及假设条件等；用 Use Case 图对系统的行为建立模型，初步确定未来系统的体系结构。

#### 1. 确定系统范围和系统边界

船舶设备计划维修检验信息管理系统用于船舶设备计划维修与保养和相应的备件管理，即完成工单生成、工单计划、工单安排、工单执行、工单报告、备件消耗、备

件申请、备件到船登记、备件库存管理与用户所需的各种输出。凡是这两方面的内容都是船舶设备计划维修检验信息管理系统的职责范围，其他的都不属于系统职责范围。

船舶设备计划维修检验信息管理系统与公司的船舶管理信息系统存在系统边界，公司的船舶管理信息系统中的备件管理的备件申请单、库存查询、备品消耗数据，修船管理中的工单数据取自该系统。该系统与其他的的信息管理系统没有必然的联系，但可以从公司的全局数据库共享数据。

## 2. 定义活动者

根据系统的职责范围和需求确定 5 个活动者：船舶用户、船检人员、机关主管、公司安全与技术管理系统、供应商。

船舶用户：使用该系统的主要用户，包括主管及负责人，工单生成、工单计划、工单安排、工单执行、工单报告、备品消耗、备品申请、备品到船登记、备品库存管理与用户所需的各种输出。

船检人员：外部活动者，查询船检项目完成情况。

机关主管：外部活动者，查询船舶设备的维修保养情况和备品的申请情况、备件库查询库存及备件到船查询。

公司安全与技术管理系统：外部活动者，从该系统获取备件申请单、备件库存、备件消耗与工单数据。

供应商：外部活动者，从该系统取备件到船数据。

## 3. 定义 Use Case

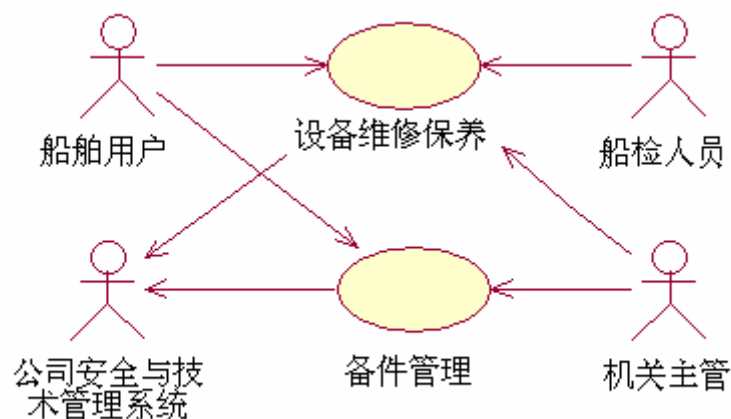


图 3-1 顶层 Use Case 图

从系统的顶层 Use Case 抽象，可以确定两个 Use Case 图（如图 3-1 示）：设备维修保养和备件管理。

### 设备维修保养体系概貌

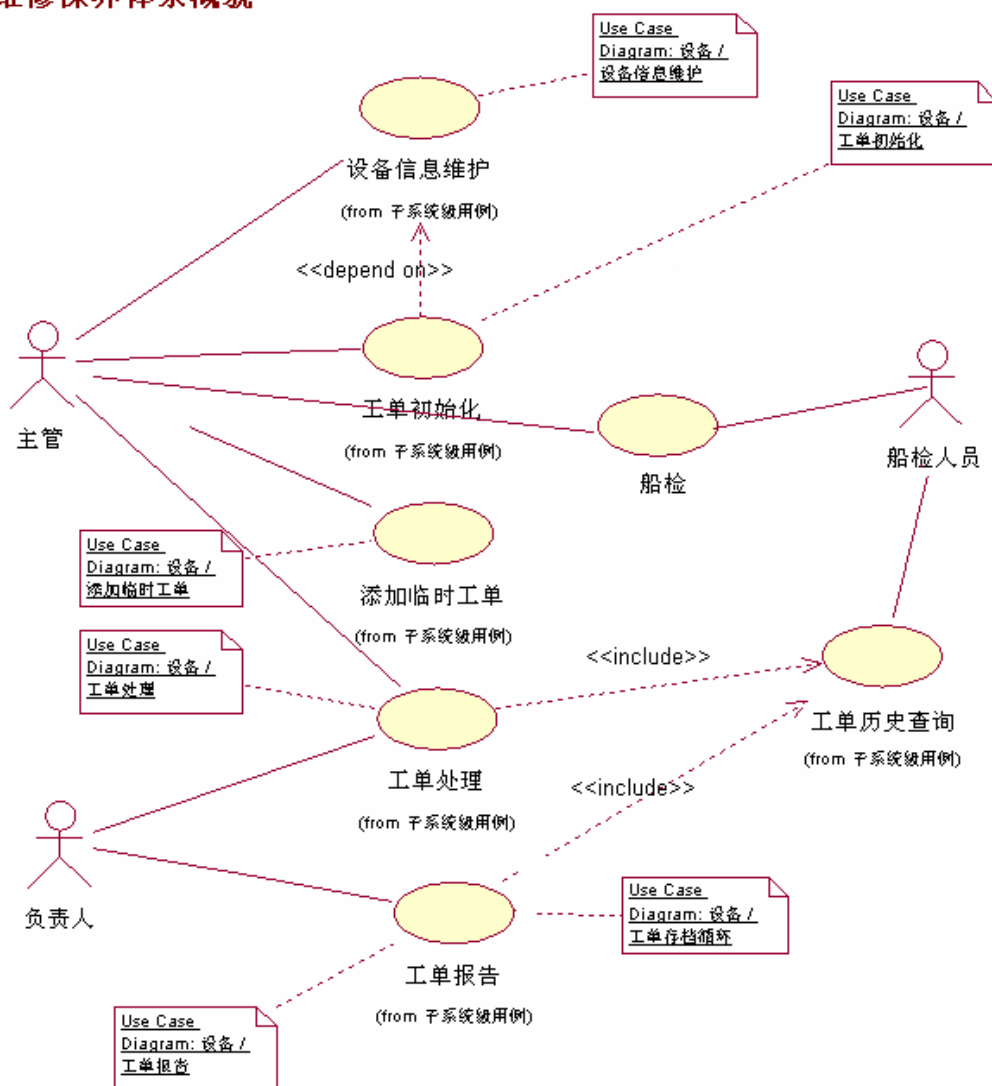


图 3-2 设备维修保养的 Use Case 图

为了便于进一步深入分析系统，需要进一步细化。Use Case 设备维修保养可分解为以下一些 Use Case（如图 3-2 示）：设备信息维护、工单初始化、添加临时工单、工单处理、工单报告、工单历史查询、船检。Use Case 备件管理可分解为以下一些 Use Case（如图 3-3 示）：备件申请、备件到船登记、数据交换、备件订购、备件送船、备件入库登记、备件维护、备件消耗登记、备件查询。



## 备件管理概貌

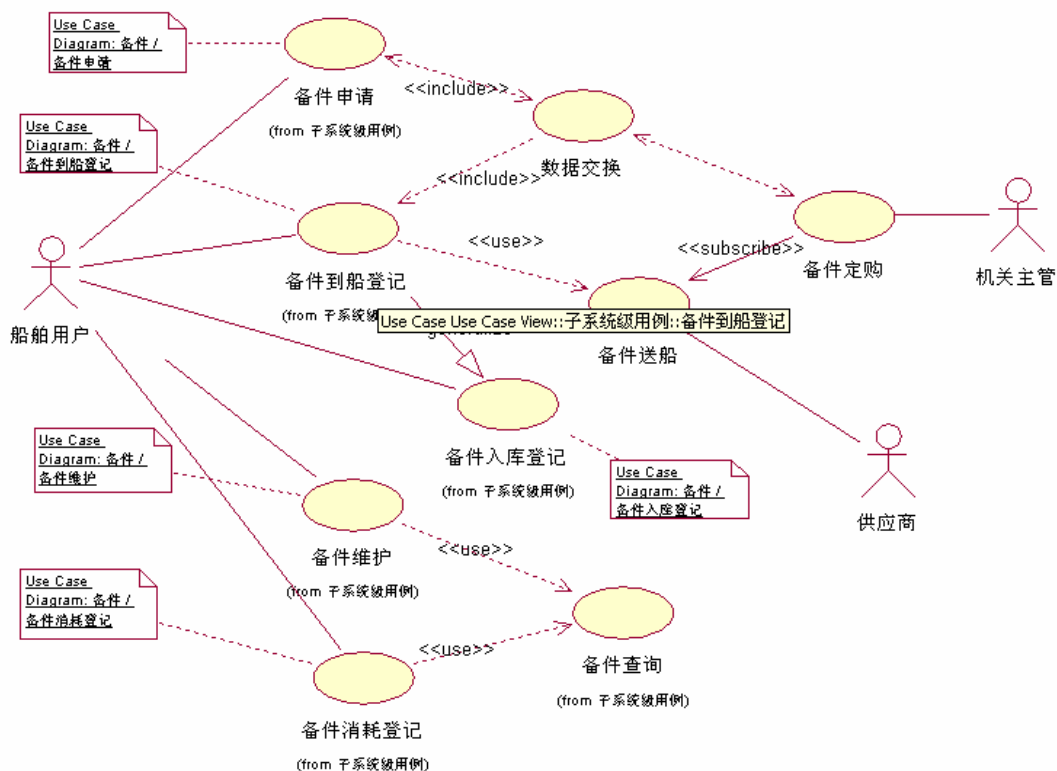


图 3-3 备件管理 Use Case 图

下面对设备维修保养部分的 Use Case 作简要说明：

### (1) Use Case 设备信息维护：

船舶用户启动设备信息维护，Use Case 设备信息维护就开始运行，它提供了查询、修改、添加、删除设备、设备工作、设备备件、设备计数器、工作备件、设备图纸等功能；对于 Use Case 设备信息维护还可以进一步进行细分，它可以分成 Use Case 设备基本信息、设备工作信息、备件预订信息、设备计数器信息、设备图纸信息等。

### (2) Use Case 工单初始化：

船舶用户启动工单初始化时，Use Case 工单初始化就开始运行，它提供了对工单进行初始化的功能，产生定时、定期（周期制）工单。

### (3) Use Case 添加临时工单：

船舶用户启动添加临时工单时，Use Case 添加临时工单就开始运行，它提供了对临时工单进行添加、编辑的功能。

### (4) Use Case 工单处理：

船舶用户启动工单处理时，Use Case 工单处理就开始运行，它提供了对工单进行管理的功能，包括删除工单、取消工单、修改工单、遗留工单、安排工单、预订备件等。

(5) Use Case 工单报告:

船舶用户启动工单报告时, Use Case 工单报告就开始运行, 它提供了填写检测报告、备件消耗、执行工单、工单存档循环等功能。

(6) Use Case 工单历史查询:

船舶用户或船检人员启动工单历史查询时, Use Case 工单历史查询就开始运行。根据输入的查询要求, 显示有关的存档工单 (或者称历史工单)。

(7) Use Case 船检:

船舶用户或船检人员启动船检时, Use Case 船检就开始运行, 它提供了船检项目编辑、查询、船检安排等。

在完成了领域分析, 建立了系统的 Use Case 视图后, 紧接着要建立系统的静态结构模型。

#### 4. 绘制主要交互图

交互图描述 Use Case 如何实现对象之间的交互。交互图用于建立系统的动态行为模型, 它主要有两种——顺序图和协同图, 可以根据需要绘制。

下面对船舶用户 (主管或负责人) 与 Use Case 设备维修保养如何进行交互作简要说明。

当船舶用户进入设备信息活动, 首先要进行用户身份验证, 经验证有权限后, 才可进行交互。

若发出查询设备信息, 系统响应请求, 按照查询条件进行查询, 并反馈查询失败或成功的结果给船舶用户。

若发出添加设备信息, 则系统响应请求, 添加设备, 用户对设备进行修改, 并可添加、删除设备工作信息。

若发出删除设备信息, 则系统响应请求删除设备, 并相应删除对应设备的设备工作信息。

若用户提交修改保存的信息, 系统响应, 进行存储设备、设备工作, 把用户修改的数据真正存入数据库, 若存储成功或者失败进行提示。

若用户结束设备信息活动, 发出退出系统请求, 系统响应请求, 关闭系统。

根据上面的分析, 可以绘制出设备信息活动的顺序图 (如图 3-4 示)。

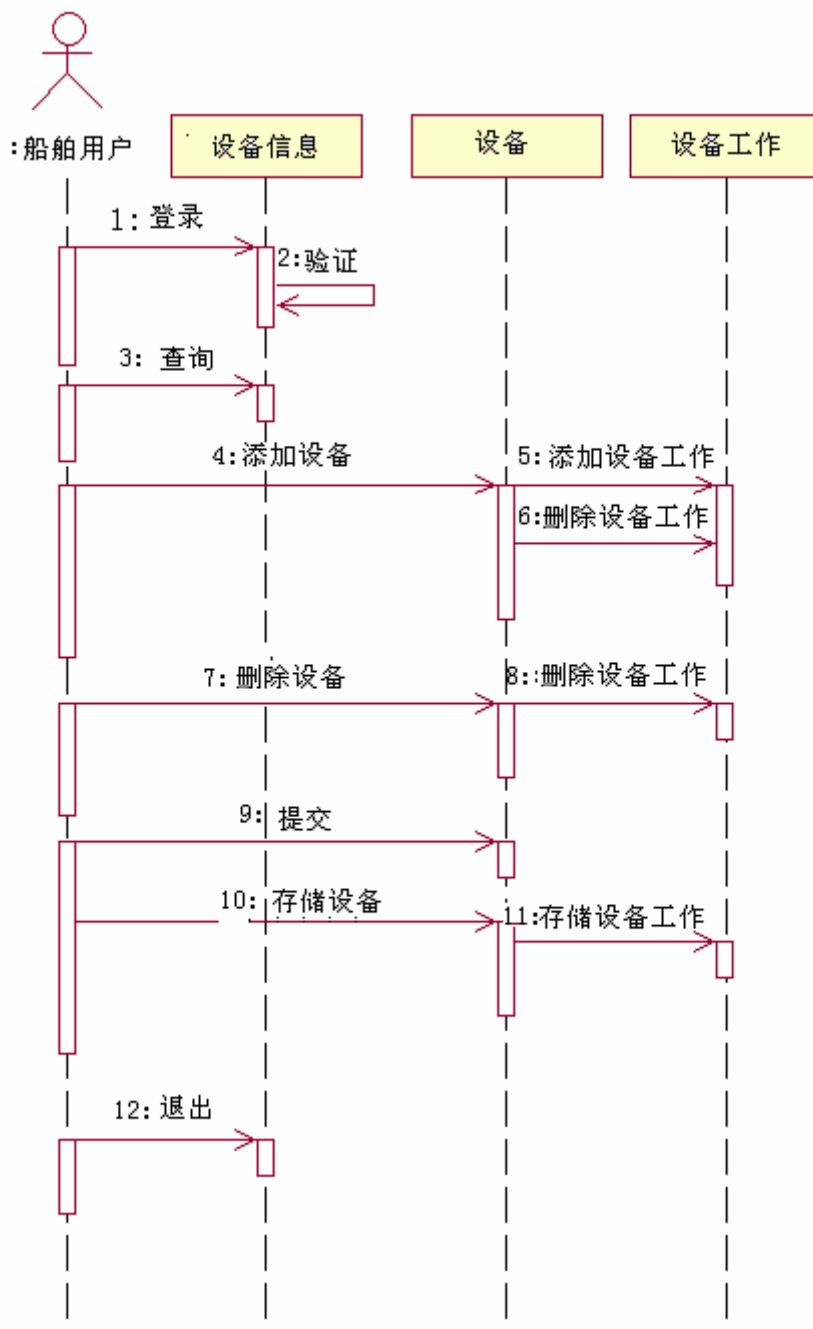


图 3-4 设备信息顺序图

## (二) 静态结构模型

系统的静态结构模型主要由对象类图和对象图表达。下面主要叙述如何对设备维修保养建立结构模型。

### 1. 对象类图:

通过对 Use Case 对于系统和相应的交互图，系统可以抽象出以下一些主要的对象类:

船舶类、用户类（包括船舶用户、船检人员、供应商等）、设备类、备件类、设备工作类、设备备件、工作备件、设备图纸、设备计数器、工单类、工单初始化类、工单历史查询类、船检类、计数器类、工单初始化类。

下面对系统的主要对象类及其主要属性、主要操作做简要说明：

船舶类负责系统的船舶信息的处理，其属性有：船舶中文名称、船舶代码、船舶英文名称、船舶呼号等；对这些属性具有操作是——修改、查询、打印。

用户类负责系统的活动者的处理，它的属性是用户 ID，用户密码，用户操作权限；对这类属性的操作有：添加、删除、修改。

设备类负责系统设备信息的处理，它具有的属性有：设备名称、设备编码、船舶编码、型号、序列号、设备等级、使用位置、设备资料、制造商、制造日期、设备状态、主要参数等；它具有操作有：添加设备、删除设备、查询设备、打印设备等。

备件类负责系统备件信息的处理，它具有属性有：备件编码、备件名称、备件号、规格、库存分类、图纸号码、单位、最低保存量、平均价格、备件详细资料等；它具有操作有：添加备件、删除备件、修改备件等。

设备工作类负责系统设备工作信息的处理，它具有属性有：编码、船检编码、设备编码、标题、主管、周期、工作性质、工作等级、工作方式、维修原因、维修标准、上次完成时间等；它具有的操作是：添加设备工作、删除设备工作、修改设备工作、编辑工作备件预订等。

工单初始化类主要负责由工作卡到工单的处理过程，它具有属性有工单号、工单生成时间等；它具有操作是：生成工单。

工单类负责系统工单信息的处理，它具有的属性有：工单流水号、标题、船检编码、设备编码、主管、工单性质、周期、检测表、工单状态、工单生成时间、工单生成时间、上次保养距今时间、工作等级、工作方式、维修原因、维修标准、前期允差、后期允差、到期时间、工作内容详细要求、承包商、备件预订信息、工作安排时间、工作执行时间、工作完成时间、缺陷标记时间、缺陷种类、整改到期时间、整改结束时间、工作确认（存档）时间、工单取消时间等；它具有操作是：编辑工单、添加临时工单、工单处理、工单报告等。

工单历史查询类负责历史工单查询、统计。它具有工单的大部分属性，它的操作有历史工单查询、历史工单统计、打印历史工单。

船检类负责船检信息的处理，它具有属性有：船检编码、船检项目内容、上次船检时间、本次船检时间、验船师等；它具有操作：编辑船检、打印船检、执行船检、船检历史查询等。

计数器类负责设备数据的处理，它具有属性有：时钟名称、本次运行时间、总运行时间、上次更新时间、本次更新时间等；它具有操作有：编辑设备计数器、计数器更新等。

## 2. 定义用户接口

除一般类外还需要分析与定义系统的用户接口类，系统的接口类如图 3-5 示。

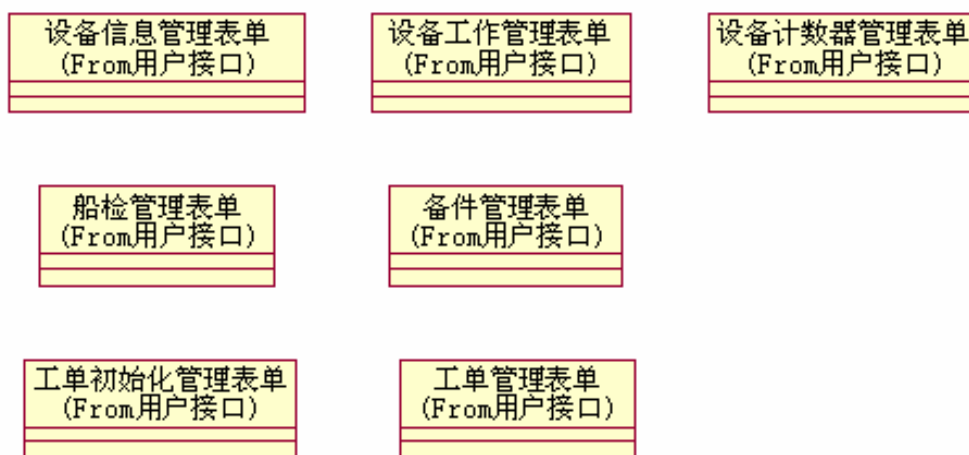


图 3-5 用户接口类

各个用户接口完成的功能大致相同，现以接口工单管理表单为例进行说明。接口工单管理表单为船舶用户提供工单处理、工单报告、工单历史查询、添加临时工单等操作功能。

## 3. 定义联系

在定义了对象类后，需要进一步分析对象为之间的联系。系统的对象类之间的联系有很多种，关联、聚合、泛化、依赖等都有。

(1) 关联。如在设备工作与船检之间存在着关联。

(2) 聚合联系。如设备备件与备件、工作备件与备件之间存在着聚合联系。

(3) 泛化联系。如设备图纸与备件图纸之间有相同的信息，可以把他们共同的属性抽取出来，组成新类。

(4) 依赖联系。工单历史查询是在工单数据上进行的，在工单历史查询类与工单类之间存在依赖联系。

## 4. 绘制对象类图

根据已定义的对象类及其联系，根据需要绘制一些对象图。如图 3-6，定义的是设备与设备工作之间的联系。

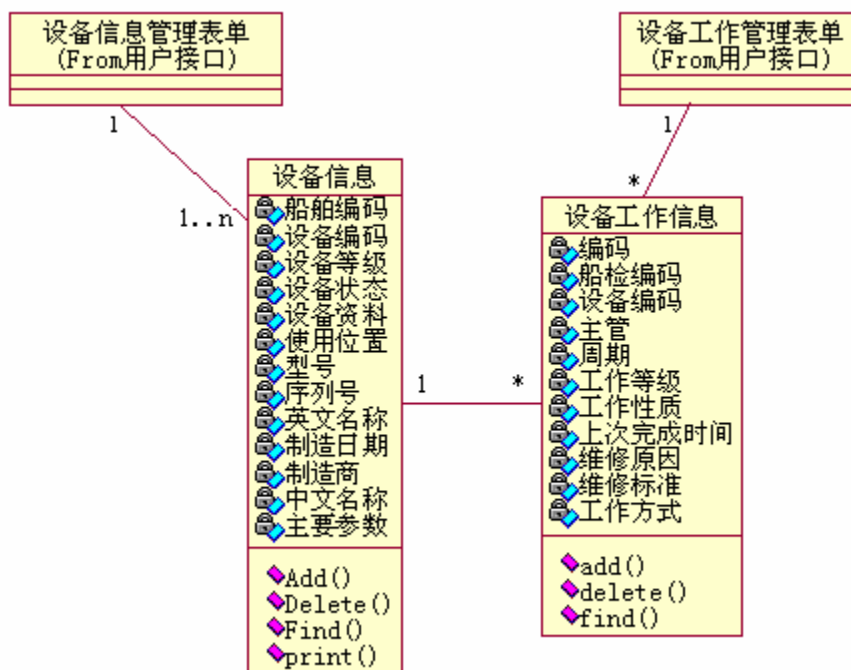


图 3-6 设备与设备工作对象类图

### 5. 建立数据库模型

根据对系统进行分析，要建立 15 个数据表：船舶表、船舶用户表、设备表、船检表、备件表、设备备件表、设备工作表、设备工作备件表、工单表、计数器表、图纸表、工单备件表、备件仓库表、备件申请表、备件库存表。表的基本属性定义将在下章中进行详细叙述。

### 6. 建立包图

包图表示的是系统的静态结构，它把大量的模型元素组织起来，对理解和处理系统起到极大的方便。系统的整体包如图 3-7 示。



图 3-7 系统包图

## (三) 动态行为模型

系统的动态行为模型由交互图（顺序图和协同图）、状态图、活动来表达。

### 1. 建立顺序图

在建立 Use Case 图时已绘制了一些顺序图或协同图，在建立动态行为模型中需要继续这项工作，进一步绘制顺序图或协同图，并逐步细化。如图 3-4 就是一个系统顺

序图的例子。

## 2. 建立协同图

协同图用于描述系统的行为是如何由系统的成分来塞责的。对于协同图，首先要确定参与协同的对象角色、关联角色和消息，然后才绘制协同图。

## 3. 状态图

表现一个对象的生命史。绘制状态图需要确定一个对象的生命周期可能出现的全部状态，哪些事件将引起状态的转移，将会发生哪些动作。如图 3-8 示，绘制的是工单周期的状态图。对于工单状态分为：计划、指令、安排、超期、执行、完成、缺陷、存档、取消、整改（具体在第 5 章说明）。

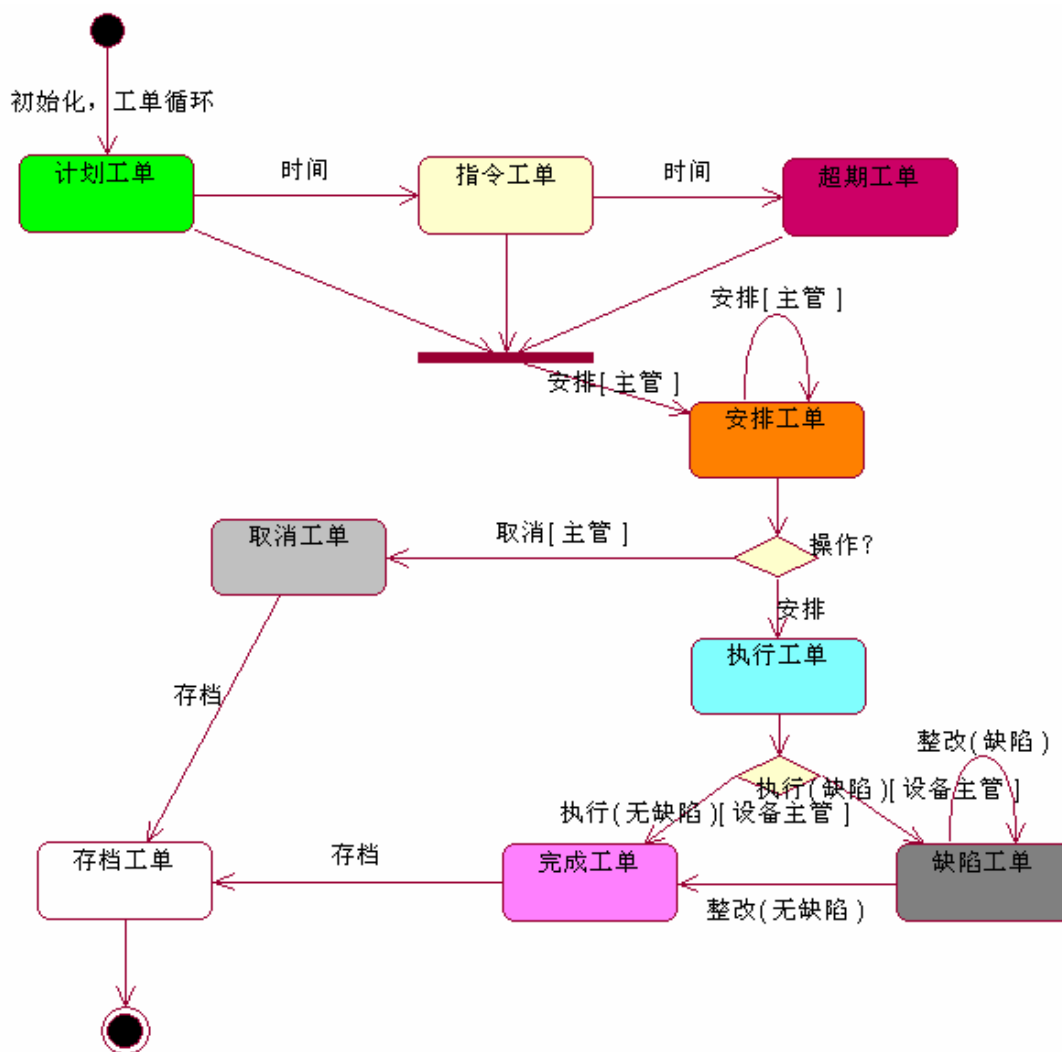


图 3-8 工单周期状态图

## 4. 建立活动图

活动图的主要作用是表示系统的业务 workflows 和并发处理过程。如图 3-9 就是工单处理中的工单报告的活动图。

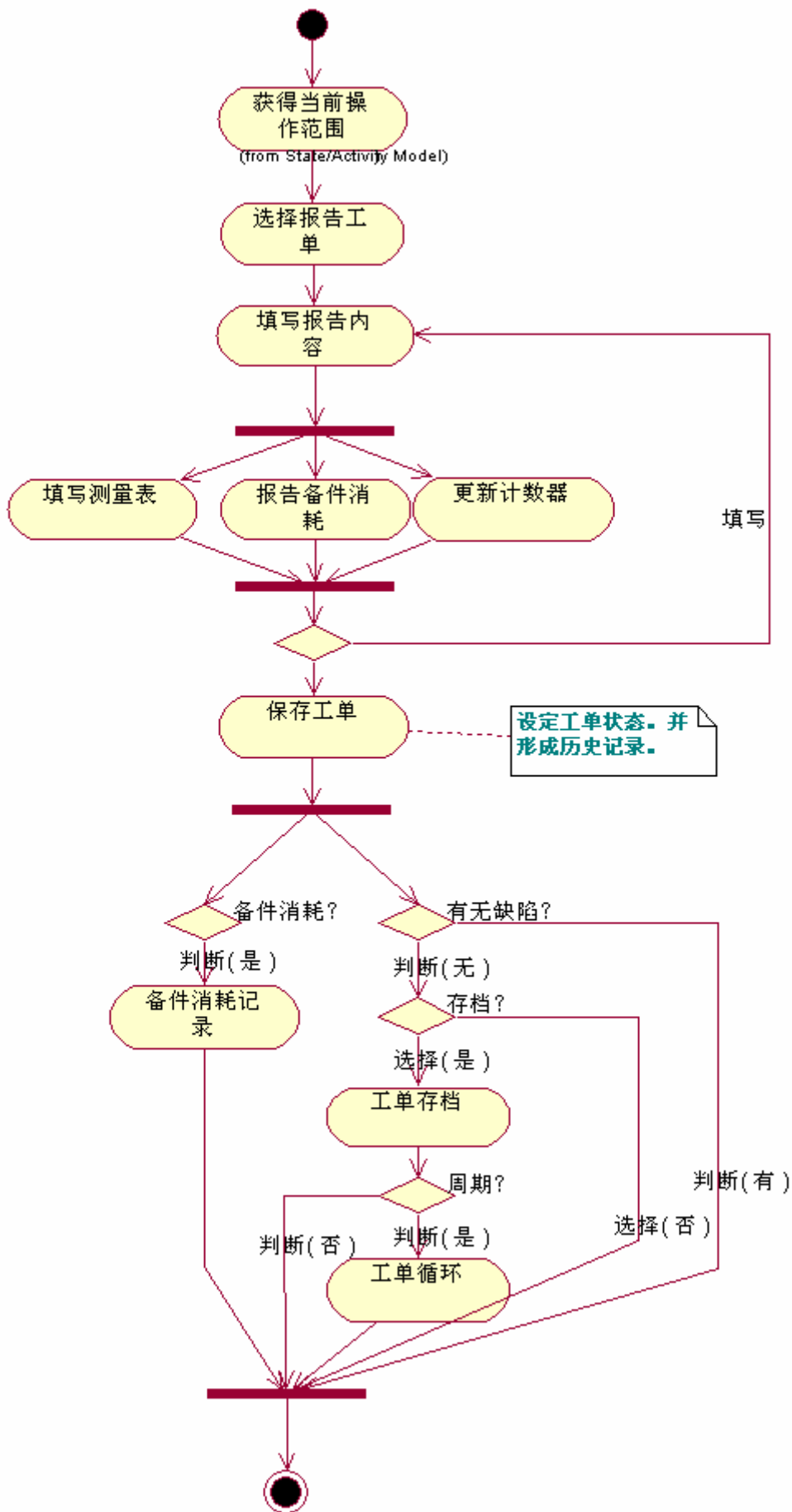




图 3-9 工单报告活动图

#### (四) 物理模型

##### 1. 建立组件图

系统实现的源代码、二进制码、执行码可以按照模块化的思想，用组件的思想，用组件分别组织起来，明确各部分的功能职责和软件结构。

该系统中有设备维修保养、备件管理、用户信息、船舶信息、设备信息维护、工单管理、船检管理、备件基本信息、备件申请、备件出入库、备件库存等组成。系统的组件图，如图 3-10 示。

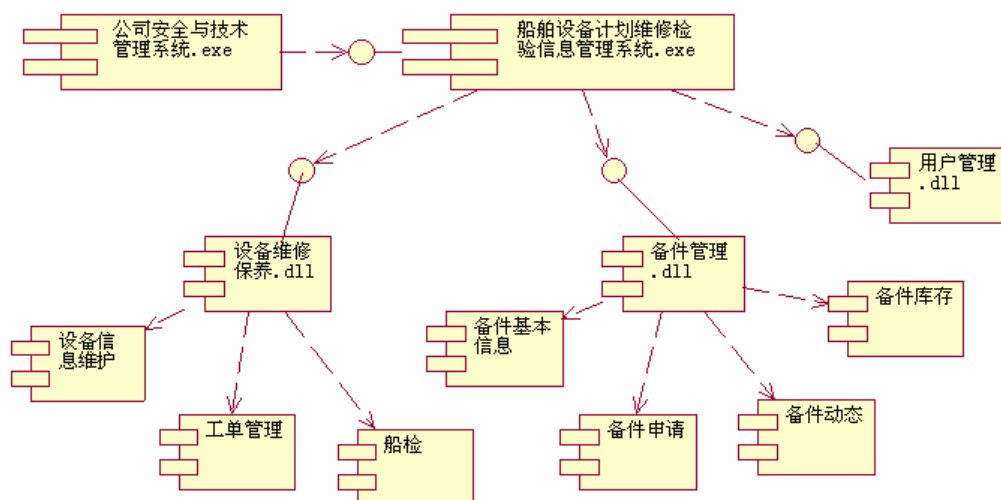


图 3-10 系统组件图

##### 2. 建立配置图

船舶设备计划维修检验信息系统是基于局部网络和数据库的应用系统，因此有必要进行系统的配置图。

系统各个部分可配置在不同的节点上，通过网络相互通信。系统配置如图 3-11 示，把数据库服务器、应用服务器、维修保养体系和备件管理的相应组件配置在不同的节点上。应用服务器与数据库服务器通信，数据库服务器向应用服务器提供数据库服务。维修保养和备件管理与应用服务器通信，应用服务器向用户提供应用服务。维修保养体系和备件管理的服务操作，是应用报务的后台，它们不直接与数据库打交道，而是通过应用服务器向数据库服务器请求访问数据库。

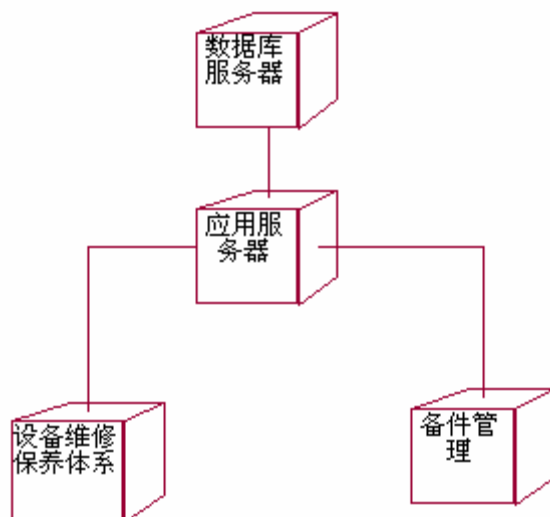


图 3-11 系统配置图

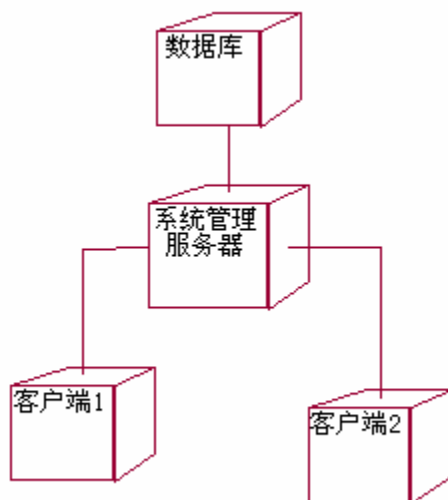


图 3-12 系统客户机/服务器结构配置图

系统是一个客户机/服务器结构的分布式系统，它的核心管理软件和数据库放在船舶的服务器，用户客户端分别放在船舶上的各个用户的客户端计算机上。对于公司的用户则是通过船舶与公司进行数据通信，实现数据共享后，再通过公司的安全与技术管理系统进行相应的操作。

## 第四章 数据库优化

### 一、数据库<sup>[23, 24, 35, 36]</sup>

若要把暂时性的对象永久保留,就必须把对象转换成一定格式的数据,存放在磁盘或其他媒介。这种依照某种数据模型组织起来并存放在二级存储器中的数据集合称为数据库。数据库由数据库管理系统统一管理,数据的插入、修改和检索均要通过数据库管理系统进行。与传统的文件管理系统相比,数据库管理系统具有以下特点:

1. 数据结构化。在文件管理系统中,文件之间不存在联系。文件内部的数据一般是有结构的,但是从数据的整体来说是没有结构的。数据库管理系统也包含许多单独的文件,它们之间相互联系,在整体上也服从一定的结构形式,从而更适应管理大量数据的要求。

2. 数据共享。共享是数据库最重要的特点,它不仅可以为同一个企业或者组织部门的各部门共享,还可以被不同国家、地区的用户所共享。

3. 数据独立性。在文件管理系统中,文件和应用程序相互依赖,一方的改变总要影响另一方的改变。数据库管理系统则力求使这种依赖性较小,以实现数据的独立性。

4. 可控冗余度。由于数据库具有共享的特点,因而在同一数据库中的数据集中进行存储,共同使用,易于避免重复,减少和控制数据的冗余。

数据库一般可分成四种模型:关系数据库、扩展关系数据库、函数数据库和面向对象数据库。关系数据库是建立在表格(table)这一简单的概念之上;扩展关系数据库则在关系户上增加一些对象式的功能;函数数据库以说明式的函数询问语言和访问函数值;面向对象则彻底地基于对象规范。在下面主要对关系数据库、面向对象数据库进行简要介绍。

#### (一) 面向对象数据库

面向对数据库(object-oriented database)中装载持久对象,并提供全面的数据库管理系统功能(如图4-1示)。对象从库中取出,放到电脑存储器中,成为与原本一模一样的对象,即有相同的属性和运算。面向对象的数据库能和对象直接交往,不牵涉任何转换。有多个对象时,它们之间的继承和关联都和原来一样。

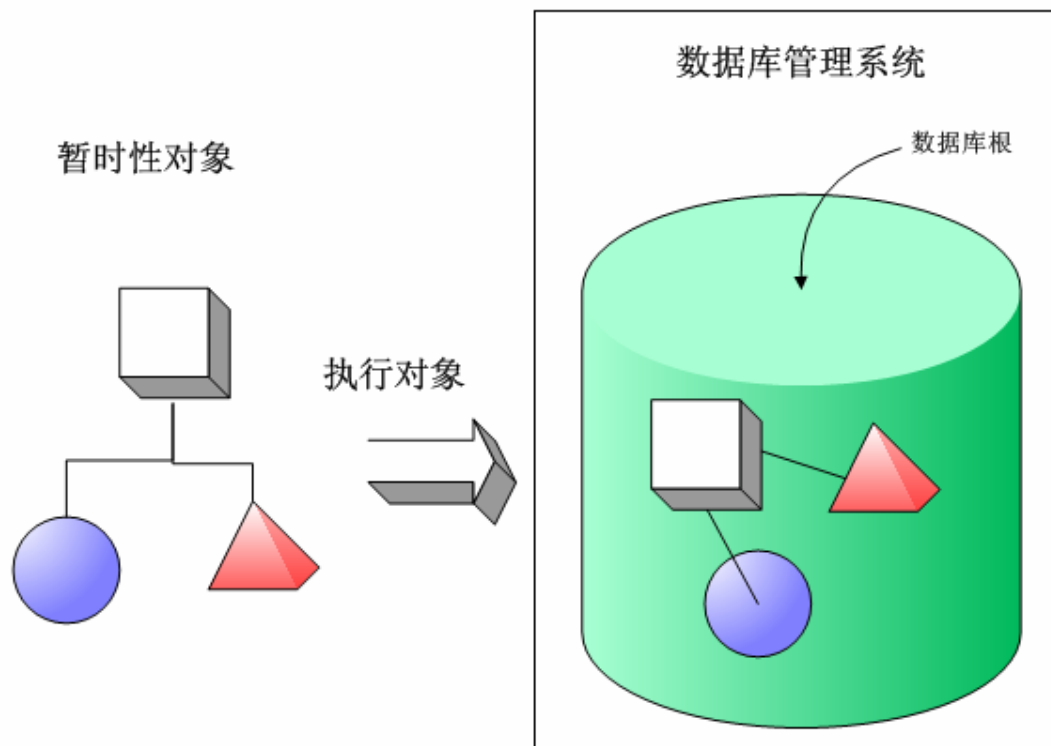


图 4-1 面向对象数据库

库中有一个或多个数据库根 (database root), 是引向所有持久对象的起点。暂时性的对象 (transient object) 通过执行事项 (transaction) 而持久化。

## (二) 关系数据库

关系数据库与面向对象数据库截然不同, 它是由一系列的关系 (relation) 组成, 这些关系以表格 (table) 的形式出现。表格中各元素的类型 (如数字、字符等), 也是构成关系数据库的定义之一。

表格可以二维阵列表达, 有固定数目的垂直列 (column) 和可变数目的横向行 (row)。每一行和列交叉处, 就是一个单元, 单元内放置不可分割的原子性值 (atomic value)。

表格的每一行, 是一个数据记录单位, 称为元组 (tuple)。表格中的列, 则是数据字段 (field)。要唯一认出一行数据, 就必须有独特的标识 (ID)。一个简单可行的方法就是以一或一小组字段作为标识, 并要求它们在不同的行有不同的值。这样的字段或字段小组, 就称为主键码 (primary key)。在表格中, 主键码是寻找数据记录线索。

与对象模型不同, 关系模型中没有联接, 不同表格之间, 乃用相互呼应的字段值 (field value) 相联系。这些字段称这“外键码” (foreign key), 它们对应其他表格中的主键码。由此可见, 关系模型中, 数据记录及其之间关系, 都是通过字段的值

来确定。这是两个模型根本不同的地方。

### (三) 面向对象数据库与关系数据库的比较

面向对象数据库与关系数据库特征的比较：

1. 面向对象数据库通过对象引址，可以非常有效地驾驭于对象之间；关系数据库从一个对象到另一个对象之间，可能要作表格间的联合运算，花费不少时间。

2. 面向对象数据库属于同一类的对象可能散落在数据库的不同地方，以致减慢查询和其他运算速度；关系数据库在同一表内，可进行高性能查询和搜索操作。

3. 面向对象数据库对象以熟悉的面孔出现，并有全套在面向对象特征；关系数据库数据以“元组”存储，元组之间的关系由单元来联系，以致所有关系都建立在这些值之上。

4. 面向对象数据库要求设计人员牢固掌握面向对象设计的方法，数据与对象设计紧密结合；关系数据的关系模型创建于坚实的数学基础之上，关系表格简单易懂，并相对独立于数据本身。

5. 面向对象数据库没有广为人接受的标准数据处理语言；“结构化查询语言”被广泛采用，乃关系数据库的标准法宝。

6. 对象数据库非常灵活和易于扩展，数据类型不受现有的限制，并容易增加新的、更复杂的类型，以迎合新要求；关系数据库扩展能力很有限，缺乏继承机制，比较适合简单的数据类型，以及相互关系不太复杂的情形，对复杂的数据结构，要把它们展开为多个表格。

## 二、系统数据库<sup>[23, 24, 35, 36, 48]</sup>

根据以上对面向对象数据库、关系数据库的分析，系统采用面向对象的建模方法，而由于现有的硬件设备、软件都是建立在关系数据库上，因而系统将采用关系数据库来存储数据。

要把对象存到关系数据库中，就要把对象转换成表格。把对象存放到关系数据库方法有二。一是将面向对象应用围绕关系数据库建立，每一个对象，都要懂得怎样存放和提起数据，并且每一个类要作额外的编程，把对象映射成表格。所以，这一方法称为“映射法”。若对象设计复杂，这将是一个颇为艰巨的过程。第二个方法是把面向对象应用移到关系数据库中实施，以关系表格来模拟对象。但是，关系数据库只有很有限的数据类型，而对象特有的继承、引址等都不能在关系数据库中直接应用，所以运作起来也相当困难。权衡两者，方法一还是比较可行，而且它把应用程序与数据

存储分开,有利于系统的管理和演变。对象与关系映射的“一类一表格”标准法则如下:

1. 带有简单属性的类 A。映射为表格 A,其主键码是 A\_ID。

2. 类 A 和 B 之间的二元关联,并带关联类 L 和多重性 mA 和 mB。映射表格为 A 和 B,其主键为 A\_ID 和 B\_ID,关联类 L 映射为连接表格 L;如  $m_A > 1$  和  $m_B > 1$ ,则连接表格 L 的主键码为 (A\_ID, B\_ID);如  $m_A = 1$  和  $m_B > 1$ ,则连接表格 L 的主键码 B\_ID,连接表格 L 可以被表格 B 吸收,后者有 A\_ID 外键码;如  $m_A > 1$  和  $m_B = 1$ ,则连接表格 L 的主键码 A\_ID,连接表格 L 可以被表格 A 吸收,后者有 B\_ID 外键码;如  $m_A = 1$  和  $m_B = 1$ ,则连接表格 L 可以用主键码 A\_ID 或 B\_ID,连接表格 L 可以被表格 A 或 B 吸收。

3. 聚合、复合和服务类。可以参照二元关联一样映射。

4. N 个类之间的 N 元关联,并带关联类 L。映射为 N 个表格,其各自的主键码为 ID\_n ( $n=1 \cdots N$ ),关联类 L 映射为表格 L;连接表格 L 的主键码包含 N 个外键码,即 (ID\_1, ID\_2, ..., ID\_N),如果任何一个类的多重为 1,则对应的外键码可以去除。

继承树。继承树中每一个类,映射为一个表格,所有表格共用同一主键码;子类从母类继承过来的属性,则存放在母类的字段中;有下一层子类表格的表格,要加上一个种类字段,用来其中每一行属于哪一个子类。

5. 根据这些法则给出的表格,全都满足头三个范式。但在表格数目大时,运算的性能就低。要提高性能,可以将一些表格合起来。例如,如果有两个或多个表的主键码相同,则可以把它们合起来,避免涉及多个表联合运算,以提高数据库的查询速度。

根据上述的运算法则及主键相同表格进行合并的原则,在图 4-2 中,列出了系统主要数据库表及各表的关系(表字段长度、数据类型在这里不予列出),图中,PK 指的是主键、FK 指的是外键。

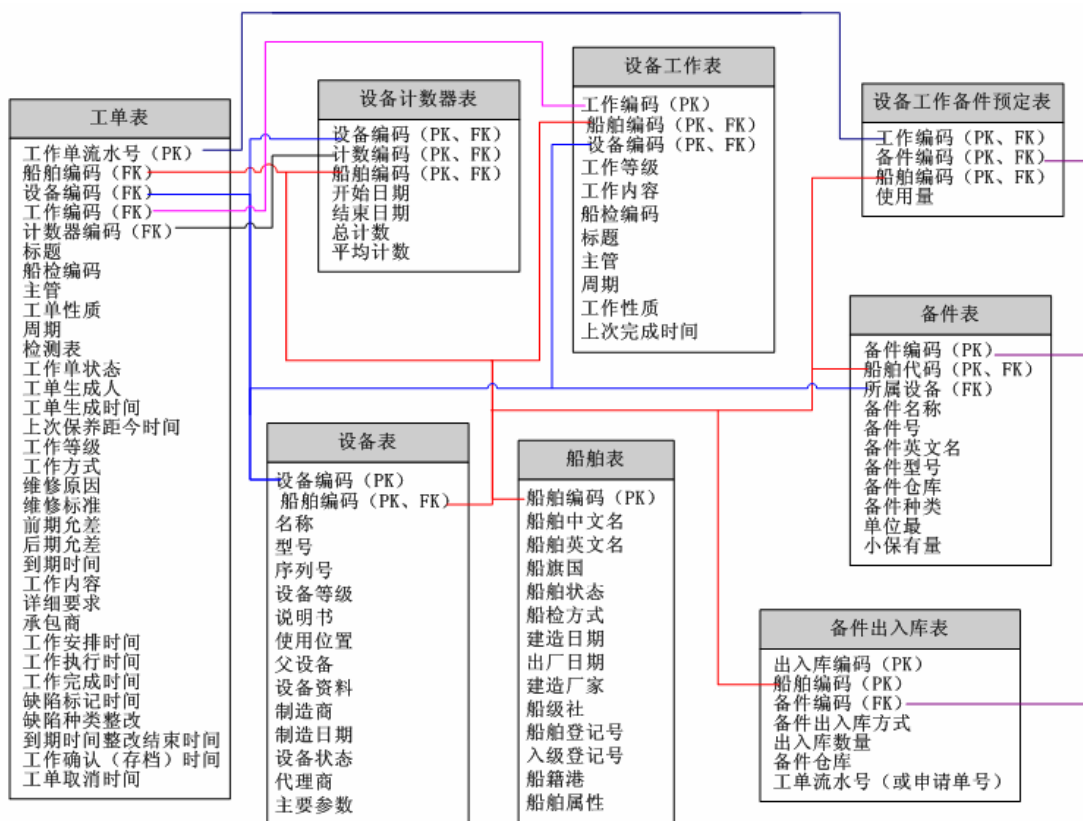


图 4-2 数据库表关系

### 三、数据库优化<sup>[36~38, 51]</sup>

数据库设计的重要标准之一，是具有快速的响应速度，特别是对客户/服务器形式的数据库开发，查询速度的快慢直接影响着数据库的推广和应用。对于大型数据库来说，这一点显得尤为突出。

#### (一) 合理设计数据库

数据库设计的好坏直接影响数据库的运行速度，它是数据库优化中的重要部分。由于系统采用的是面向对象的建模方法，并采用合理的映射方法（在上面已经叙述，这里不再进行叙述），因而，系统的数据库设计还是比较合理的。

#### (二) 建立合理的索引结构

对于每个可优化的子句，优化器都查看数据库系统表，以确定是否有相关的索引能用于访问数据。只有当索引中的列的 1 个前缀与查询子句中的列完全匹配时，这个索引才被认为是有效的。因为索引是根据列的顺序构造的，所以要求匹配方式是精确匹配。对于分簇索引，原来的数据也是根据索引列顺序排序的。采用索引的次要列访问数据，就像想在电话本中查找所有姓为某个姓氏的条目一样，排序基本上没有什么

用，因为你还是得查看每一行以确定它是否符合条件。如果 1 个子句有可用的索引，那么优化器就会为它确定选择性。

所以在设计过程中，要根据查询设计准则仔细检查所有的查询，以查询的优化特点为基础设计索引。

1. 比较窄的索引具有比较高的效率。对于比较窄的索引来说，每页上能存放较多的索引行，而且索引的级别也较少。所以，缓存中能放置更多的索引页，这样也减少了 I/O 操作。

2. SQL Server 优化器能分析大量的索引和合并可能性。所以与较少的宽索引相比，较多的窄索引能向优化器提供更多的选择。但是不要保留不必要的索引，因为它们将增加存储和维护的开支。对于复合索引、组合索引或多列索引，SQL Server 优化器只保留最重要的列的分布统计信息，这样，索引的第 1 列应该有很大的选择性。

3. 表上的索引过多会影响 UPDATE、INSERT 和 DELETE 的性能，因为所有的索引都必须做相应的调整。另外，所有的分页操作都被记录在日志中，这也会增加 I/O 操作。

4. 对 1 个经常被更新的列建立索引，会严重影响性能。

5. 由于存储开支和 I/O 操作方面的原因，较小的自组索引比较大的索引性能更好一些。但它的缺点是要维护自组的列。

6. 尽量分析出每一个重要查询的使用频度，这样可以找出使用最多的索引，然后可以先对这些索引进行适当的优化。

7. 查询中的 WHERE 子句中的任何列都很可能是个索引列，因为优化器重点处理这个子句。

8. 对小于 1 个范围的小型表进行索引是不划算的，因为对于小表来说表扫描往往更快而且费用低。

9. 与“ORDER BY”或“GROUP BY”一起使用的列一般适于做分簇索引。如果“ORDER BY”命令中用到的列上有分簇索引，那么就不会再生成 1 个工作表了，因为行已经排序了。“GROUP BY”命令则一定产生 1 个工作表。

10. 分簇索引不应该构造在经常变化的列上，因为这会引起整行的移动。在实现大型交易处理系统时，尤其要注意这一点，因为这些系统中数据往往是频繁变化的。

### (三) 排序优化

排序是数据库中最基本最重要的问题之一。由于在系统中数据量比较大，所以在系统设计中，采用相应的算法，对数据进行排序。

系统中，有一些数据如工单表中的数据，它们的组成具有一些特殊的性质。比如，



某些输入数据序列已基本有序，某些输入数据有许多相同的关键字，对于这些输入数据序列，若采用通常的串行或者并行算法进行排序，当然能达到数据排序的目的，但是花费了许多本来可以节省的工作量。因此，在系统中对于这一类数据采用一种基于“中值的中值”的思想和“筛选”原理的最优化并行算法。

### 1. 算法设计

设待排序数据系列共有  $n$  个输入数据，记为  $X[1\cdots n]$ ，第  $i$  个数据对应的关键字值为  $X[i].key$ 。记  $X[1\cdots n]$  中  $k$  ( $0 < k < n$ ) 个不同的关键字为  $K_1, K_2, \dots, K_k$ ；并记  $X[1\cdots n]$  中关键字为  $K_j$  数据个数为  $se[K_j]$ ，其中  $0 < se[K_j] \leq n$  ( $j=1, \dots, k$ ) 且  $\sum_{j=1}^k se[K_j] = n$ 。算法所使用的数学模型是 PARM，并行系统共有  $p = n^{1-\varepsilon}$  ( $0 < \varepsilon < 1 =$  个处理器，分别记为  $P_j$ ， $j=1, \dots, p$ 。

依据数据的特性，我们希望尽快地将散布在  $X[1\cdots n]$  中的所有不同关键字对应的数据找出已完成对数据的并行排序。为此采用“中值的中值”的思想和“筛选”原理，对数据进行如下处理：

(1) 将  $X[1\cdots n]$  分成  $p$  个子序列，每个子序列有  $n/p$  个数据，并将此  $p$  个子序列分别映射分配给  $p$  个处理器进行处理。

(2) 处理器  $P_j$  调用串行最优选择算法，选出其子序列  $X[(j-1) \times n/p + 1 \cdots j \times n/p]$  中不同关键字值的中值  $mk_j$  (即若子序列中有  $s$  个不同的关键字值，则从这  $s$  个关键字值中选取第  $[s/2]$  个最小的关键字值作为关键字中值  $mk_j$ )， $j=1, \dots, p$ 。

(3)  $p$  个处理器调用并行最优算法，选取关键字值序列  $\{mk_1, mk_2, \dots, mk_p\}$  中不同关键字值的中值  $MK$ 。

(4) 处理器  $P_j$  将其处理的子序列  $X[(j-1) \times n/p + 1 \cdots j \times n/p]$  划分成关键字值小于、等于和大于  $MK$  的 3 部分， $XL[j]$ ， $XE[j]$  和  $XG[j]$ ， $j=1, \dots, p$ 。

(5)  $p$  个处理器并行地将  $XL[j]$  ( $j=1, \dots, p$ ) 顺序组成序列  $XL$ ，将  $XE[j]$  ( $j=1, \dots, p$ ) 顺序组成序列  $XE$ ，以及将  $XG[j]$  ( $j=1, \dots, p$ ) 顺序组成序列  $XG$ 。显然，此时数据序列  $XE$  已有序，即  $X[1\cdots n]$  中的关键字值为  $MK$  的  $se[MK]$  个数据已最终排好序。这相当于逻辑上将此  $se[MK]$  个数据“筛选”掉，使得以后算法无需再对这些数据进行排序处理，从而加快数据的排序速度。

(6) 递归地对数据序列  $XL$  和  $XG$  执行上述并行排序过程，如此经过若干次迭代后，算法即可完成对原输入序列  $X[1\cdots n]$  的排序。

上述并行排序算法的关键是要使得其递归的深度（层次）最小。为此，一方面要使得在每次递归过程中的所有的  $p$  个处理器都活跃；另一方面由于算法在每次迭代过程中，以  $MK$  作为基准元素，将当前  $X$  序列分成关键字值小于、等于和大于  $MK$  的 3

个子序列 XL、XE 和 XG 之后，XL 和 XG 的数据个数是动态变化的，所以算法要保证能够自适应这种变化，动态地根据子序列 XL 和 XG 中数据的多少分配相应数据的处理器，给它们进行下一次迭代的并行处理，以平衡它们的计算负载，从而达到最快执行速度的目的。

## 2. 算法实现

基于“中值的中值”策略和“筛选”原理的排序并行算法形式描述如下：

Algorithm parallel-sort-data(X, low, high, p)

/\*low 和 high 分别为当前输入序列 X 中的第 1 个和最后一个数据的下标，初始调用本算法时 low=1, high=n, p 为处理器数目。算法结束时数据结果仍然保存在 X[1...n] 中\*/

Begin

(1) for j=1 to p do in parallel

$P_j$  调用串行最优选择算法选取  $X[(j-1) \times n/p + 1 \dots j \times n/p]$  中不同关键字值的中值  $mk_j$ ;

end for

(2) p 个处理器调用并行选择算法选取  $\{mk_1, mk_2, \dots, mk_p\}$  中不同关键字值的中值 MK

(3) for j=1 to p do in parallel

$P_j$  将  $X[(j-1) \times n/p + 1 \dots j \times n/p].key$  与 MK 比较，并将子序列  $X[(j-1) \times n/p + 1 \dots j \times n/p]$  划分成 3 部分 XL[j], XE[j] 和 XG[j]:

$XL[j] = \{x[i] \mid x[i].key < MK, i = (j-1) \times n/p + 1 \dots j \times n/p\}$ ;

$XE[j] = \{x[i] \mid x[i].key = MK, i = (j-1) \times n/p + 1 \dots j \times n/p\}$ ;

$XG[j] = \{x[i] \mid x[i].key > MK, i = (j-1) \times n/p + 1 \dots j \times n/p\}$ ;

end for

(4)  $ss = \sum_{j=1}^p |XL[j]|$

$se = \sum_{j=1}^p |XE[j]|$

$sg = \sum_{j=1}^p |XG[j]|$

/\*ss, se 和 sg 分别为关键字值小于、等于和大于 MK 的子序列 XL, XE 和 XG 的数据个数\*/

(5) if  $ss > 0$  then  $X[low \dots low + ss - 1] \leftarrow \bigcup_{j=1}^p XL[j]$  end if

(6)  $X[low + ss \dots low + ss + se - 1] \leftarrow \bigcup_{j=1}^p XE[j]$ ;

/\*  $X[low + ss \dots low + ss + se - 1]$  部分已排好序\*/

```

(7) If  $sg > 0$  then
     $X[\text{low} + \text{ss} + \text{se} \cdots \text{low} + \text{ss} + \text{se} + \text{sg} - 1] \leftarrow \bigcup_{j=1}^p XG[j];$ 
end if
(8) If  $(\text{se} \leq \text{high} - \text{low} + 1)$  then
    /*并行递归调用 parallel-sort-data*/
    do steps 1 and 2 in parallel
    if  $\text{ss} > 1$  then
        parallel-sort-data( $X, \text{low}, \text{low} + \text{ss} - 1, p * \text{ss} / (\text{ss} + \text{sg})$ );
    end if
    if  $\text{sg} > 1$  then
        parallel-sort-data( $X, \text{low} + \text{ss} + \text{se}, \text{low} + \text{ss} + \text{se} + \text{sg} - 1,$ 
             $p * \text{sg} / (\text{ss} + \text{sg})$ );
    end if
    end
end

```

### 3. 算法举例

为了便于理解，我们考察一个具体的实例的并行排序过程。

设待定排序数据序列的关键字值  $X = \{90, 73, 88, 84, 73, 84, 90, 77, 85, 73, 92, 90, 74, 77, 90, 77, 84, 84, 77, 90, 85, 84, 73, 90\}$ ,  $n=24$ ,  $k=8$ ,  $p=4$ 。则对  $X$  序列用上述并行算法排序的过程如下：

初始调用算法，处理器  $P_1 \sim P_4$  并行排序  $X[1 \cdots 24]$ ： $\text{low} = 1$ ,  $\text{high} = 24$ ,  $p = 4$ ,  $\text{mk}_1 = 84$ ,  $\text{mk}_2 = 85$ ,  $\text{mk}_3 = 77$ ,  $\text{mk}_4 = 84$ ,  $XL = \{73, 73, 77, 73, 74, 77, 77, 77, 73\}$ ,  $XE = \{84, 84, 84, 84, 84\}$ ,  $XG = \{90, 88, 90, 85, 92, 90, 90, 90, 85, 90\}$ 。

排序中间结果为  $X = \{73, 73, 77, 73, 74, 77, 77, 77, 73, 84, 84, 84, 84, 84, 90, 88, 90, 85, 92, 90, 90, 90, 85, 90\}$ 。

第一次递归调用算法，并执行下述步骤：

(1) 处理器  $P_1 \sim P_2$  并行处理  $X[1 \cdots 9]$ ： $\text{low} = 1$ ,  $\text{high} = 9$ ,  $p = 2$ ,  $\text{mk}_1 = 74$ ,  $\text{mk}_2 = 73$ ,  $\text{MK} = 73$ ,  $XL = \emptyset$ ,  $XE = \{73, 73, 73, 73\}$ ,  $XG = \{77, 74, 77, 77, 77\}$

(2) 处理器  $P_3 \sim P_4$  并行处理  $X[15 \cdots 24]$ ： $\text{low} = 15$ ,  $\text{high} = 24$ ,  $p = 2$ ,  $\text{mk}_1 = 88$ ,  $\text{mk}_2 = 85$ ,  $\text{MK} = 85$ ,  $XL = \emptyset$ ,  $XE = \{85, 85\}$ ,  $XG = \{90, 88, 90, 92, 90, 90, 90, 90\}$

(3) 排序中间结果为  $X = \{73, 73, 73, 73, 77, 74, 77, 77, 77, 77, 84, 84, 84, 84, 84, 85, 85, 90, 88, 90, 92, 90, 90, 90, 90\}$

第二次递归调用算法, 并执行下述步骤:

(4) 处理器  $P1 \sim P2$  并行处理  $X[5 \cdots 9]$ :  $low = 5, high = 9, p = 2, mk1 = 74, mk2 = 77, MK = 74, XL = \emptyset, XE = \{74\}, XG = \{77, 77, 77, 77\}$

(5) 处理器  $P3 \sim P4$  并行处理  $X[17 \cdots 24]$ :  $low = 17, high = 24, p = 2, mk1 = 90, mk2 = 90, MK = 90, XL = \{88\}, XE = \{90, 90, 90, 90, 90, 90\}, XG = \{92\}$

(6) 排序中间结果为  $X = \{73, 73, 73, 73, 74, 77, 77, 77, 77, 77, 84, 84, 84, 84, 84, 85, 85, 88, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 92\}$

第三次递归调用算法, 处理器  $P1 \sim P2$  并行排序  $X[6 \cdots 9]$ :  $low = 6, high = 9, p = 2, mk1 = 77, mk2 = 77, MK = 77, XL = \emptyset, XE = \{77, 77, 77, 77\}, XG = \emptyset$ 。

所以排序最终结果为  $X = \{73, 73, 73, 73, 74, 77, 77, 77, 77, 77, 84, 84, 84, 84, 84, 85, 85, 88, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 92\}$ 。

#### (四) 其他优化

##### 1. 高性能应用程序设计

在关系数据库中, 除在数据库的物理设计、关系规范化等方面进行优化外, 一个简单直接有效的方法是对 SQL 语句进行调整, 减少计算量和内存需求, 提高响应速度。对同一个表格进行多个选择计算时, 将较严格的条件写在前面, 较弱的条件写在后面。多个表格的联结选择运算, 如果可以由嵌套 SQL 语句实现, 就采用嵌套 SQL 语句形式减少数据量; 对于不能改写的联结选择运算, 可以采用调整表的排列循序和选择条件, 减少临时表中的列数, 优化系统性能。

##### 2. 尽量使用存储过程少用光标

存储过程减少了网络传输、处理及存储的工作量, 且经过编译和优化, 执行速度快, 易于维护, 且表的结构改变时, 不影响客户端的应用程序。光标可以提供灵活的数据操作能力, 但降低了系统的效率。因此, 应尽量用存储过程来替代光标的使用。

## 第五章 船舶设备计划维修检验信息管理系统实现

在对系统进行建模及系统数据库进行优化基础上,应用现有的一些开发工具,对系统进行开发,实现系统设计功能。

### 一、开发工具介绍<sup>[46~49]</sup>

在对系统进行开发时,数据库工具将采用 Microsoft SQL Server 2000,开发工具采用 PowerBuilder 8.0 进行开发。

#### (一) Microsoft SQL Server2000 介绍

Microsoft SQL Server 2000 (简称 SQL Server) 由一系列相互协作的组件构成,能满足最大的 Web 站点和企业数据处理系统存储和分析数据的需要。SQL Server 提供了在服务器系统上运行的服务器软件和在客户端运行的客户端软件,连接客户和服务器计算机的网络软件则由 Windows NT/2000 系统提供。SQL Server 的客户/服务器提供了许多传统主机数据库所没有的先进功能。数据库的访问并非局限于某些已有的主机数据库应用程序,它能与主流客户/服务器开发工具和桌面应用程序紧密集成,可以使用很多方法访问数据库,如 Visual Basic、Visual C++、PowerBuilder、Delphi、Visual FoxPro、Access 等,而且 SQL Server 的客户端的应用程序可以通过 SQL Server 提供的应用程序接口来访问服务器数据。

作为客户/服务器数据库系统,SQL Server 的特性如下:

1. Internet 集成。SQL Server 数据库引擎提供完整的 XML 支持。
2. 可伸缩性和可用性。同一个数据库引擎可以在不同的平台上使用,从运行 Windows 98 的便携式电脑,到运行 Windows 2000 数据中心版的大型多处理器服务器。SQL Server 2000 企业版支持联合服务器、索引视图和大型内存支持等功能。
3. 企业级数据库功能。SQL Server 2000 关系数据库引擎支持当今苛刻的数据库处理环境所需的功能。数据库引擎充分保护数据完整性,同时将管理上千个并发修改数据的用户的开销减到最小。SQL Server 2000 的分布式查询使用户可以引用来自不同数据源的数据,就好像这些数据是 SQL Server 2000 数据库的一部分,同时分布式事务支持充分保护任何分布式数据库数据更新的完整性。
4. 易于安装、部署和使用。SQL Server 2000 中包括一系列管理和开发工具,这些工具可改进在多个站点上安装、部署管理和使用 SQL Server 的过程。

5. 数据仓库。SQL Server 2000 中包括吸取和分析汇总数据以进行联机分析处理 (OLAP) 的工具。SQL Server 中还包括一些工具, 可用来直观地设计数据库并通过 English Query 来分析数据。

3. 关系数据库功能强大。

## (二) PowerBuilder 8.0 介绍

PowerBuilder 8.0 主要具有以下功能和特性:

1. 专业的客户/服务器开发工具。客户/服务器是一种将任务进行分解, 然后协同解决的计算模式。客户端的应用程序负责提出任务需求, 服务器端的应用程序则为客户服务, 例如数据查询、打印等。用 PowerBuilder 开发出的应用程序能够与数据库服务器完美地协同工作, 构成客户/服务器计算模式。

2. 面向对象的编程。在 PowerBuilder 中创建的窗口、菜单、数据窗口等都是对象。除了使用系统预先定义的对象外, 开发人员可以自行构造新的对象 (称作用户对象), 扩展系统的预定对象, 将各种对象有机地组合起来就构成了 PowerBuilder 的应用程序。

3. 支持多种关系数据库管理系统。用 PowerBuilder 开发的应用程序可以同时访问多个数据库系统, 比如从 Oracle 中查询数据, 然后将结果放入到 SQL Server 中。PowerBuilder 支持多种关系数据库管理系统 (RDBMS), 既包括 Oracle、Sybase、SQL Server、IBM DB2、Informix 等大型数据库, 也包括 Xbase、FoxPro、Paradox 等个人数据库。对于大型数据库来说, PowerBuilder 提供了旨在充分发挥其性能的专用接口, 而小型数据库则可通过 ODBC 接口灵活地访问。而且, PowerBuilder 本身带有一个功能不凡的数据库——Sybase SQL Anywhere, 利用它可以脱离网络环境单机运行应用程序。PowerBuilder 的应用程序与数据库管理系统的关系如图 5-1 示。

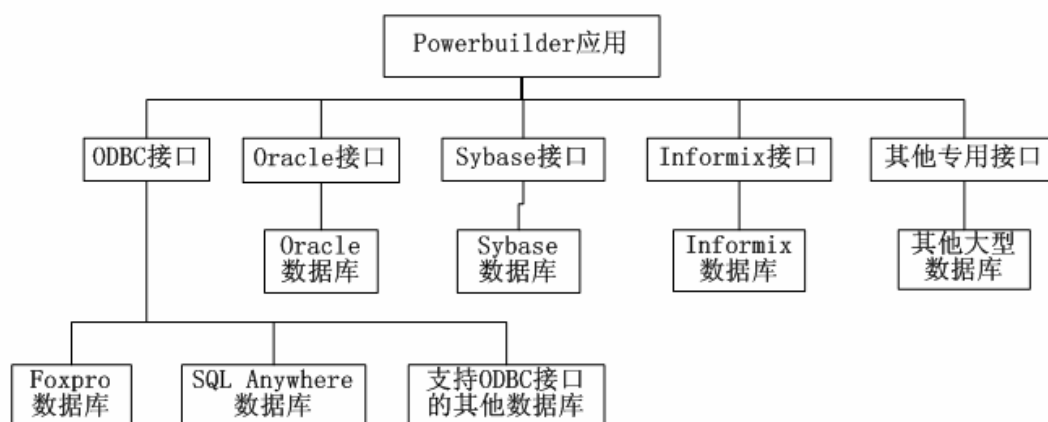


图 5-1 PowerBuilder 应用程序与数据库管理系统的关系

4. 丰富的数据表现风格。PowerBuilder 的数据窗口为展现数据的本质提供了丰富的手段，数据窗口能够从多种数据源提取数据，然后以多种风格展现在用户面前，这既包括文本显示方式，也包括统计图分析方式（在系统的界面中可以看出）。利用数据窗口，用户可以直观地查询、修改、插入、删除、打印、浏览数据。而且，PowerBuilder 的数据窗口还提供了组框和按钮对象，开发人员可以使用它们将数据窗口中的对象进行分组，并且将数据窗口的操作界面集成在数据窗口内部。

5. 灵活快捷的数据转移方法。利用 PowerBuilder 的数据管道，开发人员和应用于能简单、方便、快捷地把数据表从一个表复制到另一个表、从一个数据库复制到另一个数据库、从一个 DBMS 到另一个 DBMS。在复制表的过程中，除复制表数据和表结构外，还可以复制相应表的扩展属性。

6. 功能强大的调试器和多种调试方式。PowerBuilder 提供了一个全新的内置调试器，利用它开发人员能够单步、断点的跟踪应用程序的执行，并在中断模式下查看或修改变量以及对象属性的取值。除了常规的断点设置方法外，开发人员还可以设置条件断点和变量断点，使应用程序在某种条件下进入中断模式。除了内置调试器外，开发人员还可以使用 PowerBuilder 的 PBDEBUG 功能跟踪应用程序，并把执行过程记录到运行日志中。另外，PowerBuilder 还提供了专门跟踪嵌入式 SQL 语句的功能，从而可以找到与数据访问相应的性能瓶颈问题。

## 二、系统实现<sup>[7,8, 16~18, 22, 23, 46~50]</sup>

系统在对需求进行分析，完成系统建模的基础上，对系统进行开发，完成用户所需的功能。

### （一）系统的总体结构

根据对系统进行分析及在建模的基础上，系统的总体结构如图 5-2 示。

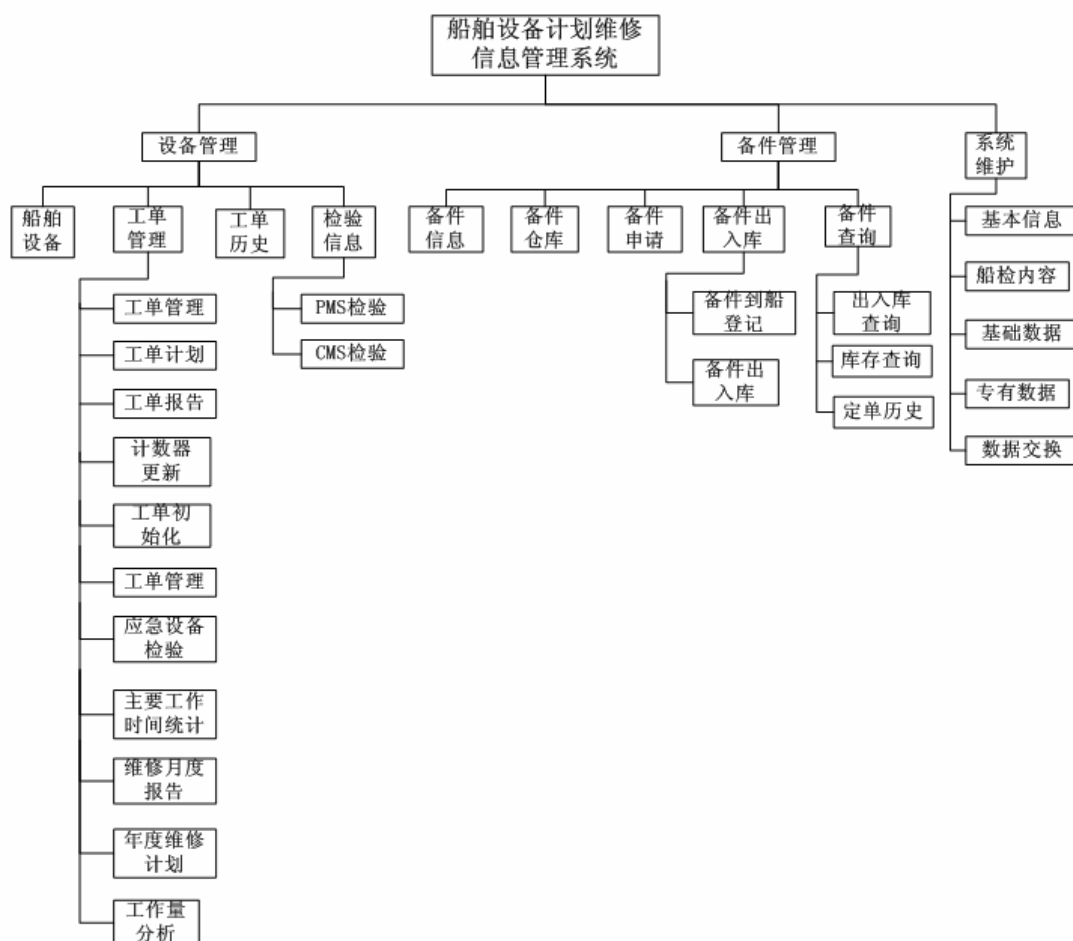


图 5-2 总体结构图

设备管理中船舶设备包括船舶设备信息，船舶设备备件，设备工作信息（包括工作内容及工作备件等），设备图纸信息；对于 CMS 检验包括船检项目录入，船检安排，船检计划打印、检验单，而对于 PMS 的船检内容则在系统维护中，检验方式的选择则在系统维护中的船舶信息中进行选择。

备件管理中备件信息包括备件基础信息，备件仓库，备件图纸，备件申请、备件预留，备件动态。

在系统维护中基本信息包括公司信息，船舶信息，职务信息，用户信息；基础数据包括港口信息、工作报表、航线、备件出入库方式等；专有数据包括计数器、图纸等；数据交换包括数据导入，数据导出及导入导出日志。

## （二）系统开发特性

在该系统开发中具有以下的特性：

1. 在系统开发中，对于系统的整体风格采用的是与浏览器相类似的方式，通过点击，进入相应的功能模块。



2. 对于相类似的窗口，采用统一的风格。如在工单管理中进入工单管理、工单计划、工单报告及工单历史窗口中的查询过滤器窗口，其风格为统一方式（如图 5-3 示），所不同的是不同窗口的默认查询条件不一样。



图 5-3 工单计划过滤器窗口

3. 强大的查询功能。在所有的窗口中，都具有强大的模糊查询功能及多条件的查询设置功能。如图 5-3 示，在该窗口过滤器中，可对设备工单号、设备码、工单周期、CWBT 码等模糊输入，进行模糊查询；可以对所列出的条件进行组合，设定所需的查询条件。

4. 强大的报表功能。由于 Power Builder 具有多种多样的数据窗口，能设计出各种不同的报表，因而，在系统中具有强大的报表功能，能满足用户所需的所有报表，如各种机测报表、各种图表等。

5. 对于录入数据有统一的录入方式。如所有时间录入都可以用手工录入，也可用弹出的框进行录入（如图 5-4 示）；所有的单位、港口、国家可以进行英文模糊录入并也可在下拉框中进行选择，如在录入上海港时，可录入 CN，系统自动在下拉框中把港口转到中国的所有港口，然后再进行选择。



图 5-4 日期录入选择方式

6. 对于所有录入窗口采用相同的风格。在所有的录入窗口中，大部分都有两个数据窗口，上面的数据窗口（Free 风格）用于录入数据，下面的数据窗口（Grid 风格）可进行选择，改变不同的数据行进行录入或修改数据，并可以在下面的数据窗口中点不同的字段名称进行按需排序；如图 5-4 示，上面数据窗口录入数据，选下面数据窗口不同的行，就可在上面窗口中显示不同行，进行录入、修改数据，并点“设备名称”、“CWBT”、“设备工单号”等进行排序。

7. 窗口具有向导功能。如图 5-4 示，在该窗口中选中一行，点击“工单报告”按钮，就能进入工单报告窗口，对选中的工单进行报告。

8. 在部分窗口中应用甘特图。在工单计划、应急设备检查及船检安排窗口中应用甘特图的形式，可以选择在数据窗口中直接录入日期，也可选择在甘特图上进行拉动小方块改变日期，且在小方块上选中后能显示出所选中记录的一些相同数据。如图 5-5 示，在工单计划窗口中，点中小方块，提示生成时间、计划时间、安排时间、上次执行时间、执行时间。

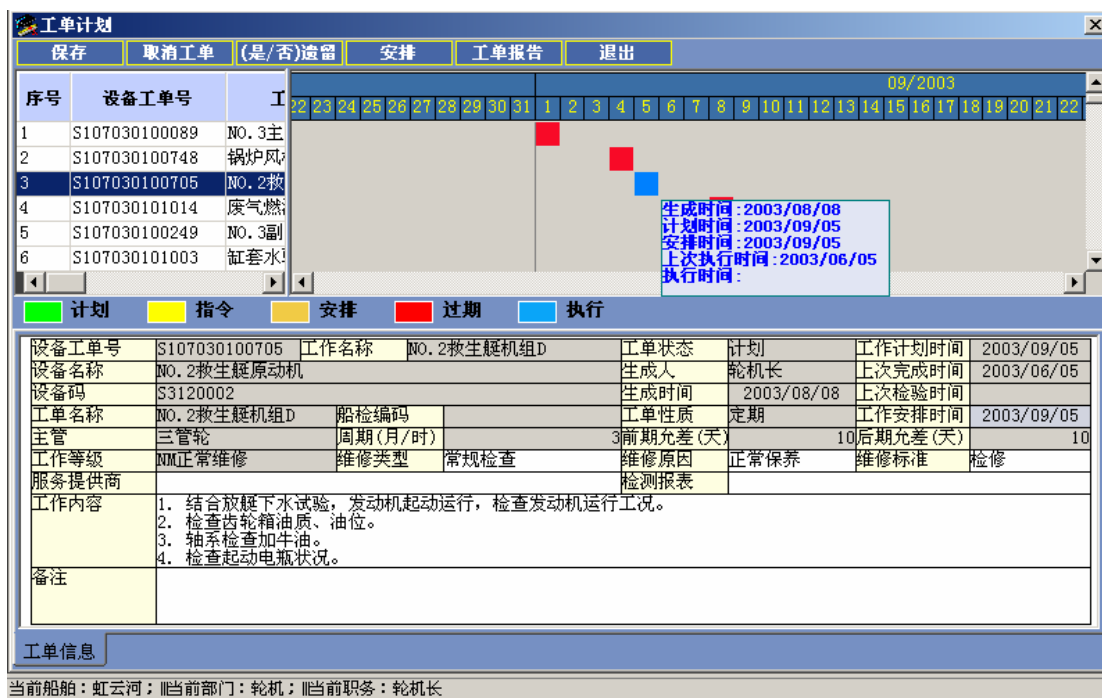


图 5-5 工单计划

9. 预警功能。在窗口的右上方，有二个图标进行提示，预警功能。如果图标进行闪烁，则说明有相应的工作未做，左边的图标闪烁说明存在过期的工单未做，右边的图标进行闪烁，则表明存在过期的船检工单未做，提示用户进入相应的窗口去完成未完成的工作。

#### 10. 系统编码原则。

##### (1) 设备编码原则。

对于设备的编码仍采用的是 CWBT 编码，由于国内对 CWBT 编码已经比较熟悉，且已标准化，为了便于用户建立船舶设备及为已运行的 CWBT 中导入数据提供接口，系统的设备编码仍用 CWBT 编码；在系统中，设备码用了 8 位码，头 5 位是现在用的 CWBT 码，后 3 位用于区别不同的设备，如 A1210001、A1210002 分别表示的是 NO.1 号主空压机、NO.2 号主空压机。

##### (2) 备件编码原则。

由于存在着备件没有备件号的，因而在系统中，备件采用的是内部的一个编码，共由 9 位编码，其中，头 5 位也是相应的设备的 CWBT 码，后四位用于区别不同的备件（流水号），如 M10000001、M10000002 表示的是主机上的第一个、第二个备件。

##### (3) 设备工单号编码原则。

设备工单编码用的是 13 位，头 4 位为船舶码，5~6 两位为年份，7~8 两位为工单所属部门，后 5 位为流水号，如“S107030100011”表示虹云河 2003 年轮机部的第

11 张工单。

(4) 备件申请单编码原则。

备件申请单号用的是 13 位编码，前 4 位为船舶码，5~6 两位为年份，7~8 两位为月份，后 5 位为申请单流水号，如“S107030800001”，表示虹云河 2003 年八月第一张备件申请单。

(5) 应急设备检查的编码原则。

应急设备检查的工单编码用的是 13 位编码，头 4 位为“UETC”表示为应急设备检查，5~10 为年月日各两位，12 位表示的部门，“D”为甲板部，“E”为轮机部，后两位为流水号，如“UETC030801E01”表示应急设备 2003 年 8 月 1 日轮机部第一张应急设备检查。

11. 工单状态。

工单状态分为：计划、指令、安排、超期、执行、完成、缺陷、存档、取消、遗留、整改。未对工单进行安排的都为计划；在计划日期的前后期允差之内计划工单的为指令；已对工单进行安排的工单状态为安排；超过工单后期允差未完成的工单的状态则为超期；已执行的工单状态为执行；已完成的工单状态为完成；有缺陷的工单状态为缺陷；有缺陷已整改的工单状态为整改；已存档的工单状态为存档；取消不做的工单状态为取消；船上无法进行的，要遗留到修船去做的工单状态为遗留。

12. 工单管理流程。

(1) 首先对工单进行初始化，只有第一次或者有添加新的设备工作的时候才进行，正常情况不对工单进行初始化。

(2) 正常操作。工单进行安排——工单进行执行——工单进行报告——工单进行存档。

(3) 缺陷工单操作。工单进行安排——工单进行缺陷登记——工单解除缺陷——工单进行执行——工单进行报告——工单进行存档。

(4) 取消工单操作。工单进行安排（或者不进行）——进行取消工单，只有对工单状态为指令的才可进行取消，即系统时间为工单计划时间前后期允差内才可取消工单。

(5) 遗留工单。工单进行安排（或者不进行）——进行遗留工单，只有在船上不能完成该项工作时，才对工单进行遗留。

(6) 取消遗留工单。选择遗留工单——进行取消遗留工单，只有在工单状态为遗留且船上有条件完成该工单的前提下才可进行取消遗留工单。

13. 备件消耗管理。对于备件消耗可以在工单报告中进行，也可在备件出入库中

进行。

(1) 在船舶设备编辑时, 选择相应的工作备件, 或者在工单管理中对备件进行预留, 在工单报告中, 填写相应消耗的备件。

(2) 不对备件进行预留, 直接在工单报告中, 填写相应消耗的备件。

(3) 不在工单报告中进行, 在备件出入库中选择出库, 出入库方式选择消耗, 并选择相应的工单号, 填写相应消耗的备件。

(4) CMS 与工单联系。对于 CMS 的检验方式, 可以在船检项目中录入相应的 CMS 船检项目, 并在船舶设备——设备工作中, 录入相应的 CMS 编码, 且在工单中选择 CMS 循环检验, 则 CMS 检验与工单之间建立相应的联系。在工单过滤器窗口中可进行设备船检编码、工作等级中选择 CMS 循环检验即可查出相应的船检工单; 或者, 也可在船检中, 双击船检的项目, 查看工单的完成情况 (如图 5-6 示)。

序号	船级社	船检编码	检验名称	执行人	到期日期	安排时间	上次检查时间	备注
1	中国船级社	0002	NO. 1 CYL. COVEER & LINER, PISTON & ROD, VALVE	轮机长	2005/03	2005/03	0000/00/00	
2	中国船级社	0003	NO. 2 CYL. COVEER & LINER, PISTON & ROD, VALVE	轮机长	2007/04	2007/04	0000/00/00	
3	中国船级社	0004	NO. 3 CYL. COVEER & LINER, PISTON & ROD, VALVE	轮机长	2006/10	2006/10	0000/00/00	
4	中国船级社	0005	NO. 4 CYL. COVEER & LINER, PISTON & ROD, VALVE	轮机长	2005/03	2005/03	0000/00/00	
5	中国船级社	0006	NO. 5 CYL. COVEER & LINER, PISTON & ROD, VALVE	轮机长	2008/03	2008/03	0000/00/00	
6	中国船级社	0007	NO. 6 CYL. COVEER & LINER, PISTON & ROD, VALVE	轮机长	2007/04	2007/04	0000/00/00	
7	中国船级社	0008					0000/00/00	
8	中国船级社	0009					0000/00/00	
9	中国船级社	0010					0000/00/00	
10	中国船级社	0011					0000/00/00	
11	中国船级社	0012					0000/00/00	
12	中国船级社	0013					0000/00/00	
13	中国船级社	0014					0000/00/00	
14	中国船级社	0015					0000/00/00	
15	中国船级社	0016					0000/00/00	
16	中国船级社	0017					0000/00/00	
17	中国船级社	0018					0000/00/00	
18	中国船级社	0019					0000/00/00	
19	中国船级社	0020					0000/00/00	
20	中国船级社	0021					0000/00/00	
21	中国船级社	0022					0000/00/00	
22	中国船级社	0023					0000/00/00	
23	中国船级社	0024					0000/00/00	
24	中国船级社	0025	NO. 6 MAIN BEARING AND JOURNAL	轮机长	2007/04	2007/04	0000/00/00	
25	中国船级社	0026	NO. 7 MAIN BEARING AND JOURNAL	轮机长	2007/04	2007/04	0000/00/00	
26	中国船级社	0027	NO. 8 MAIN BEARING AND JOURNAL	轮机长	2007/04	2007/04	0000/00/00	

序号	设备工单号	工单名称	状态	安排时间
1	S107030100440	主机NO. 1连杆及大端轴承(含销)H	计划	2005/03/01

当前船舶: 虹云河; 当前部门: 轮机; 当前职务: 轮机长

图 5-6 CMS 检验与工单联系图

14. PMS 与工单联系。对于 PMS 的检验方式, 在船舶设备——设备工作中, 录入相应的 PMS 编码, 且在工用等中选择 PMS 检验, 则 PMS 检验与工单之间建立相应的联系。在工单过滤器窗口中可进行设备船检编码、工作等级中选择 PMS 检验即可查出相应的船检工单; 或者, 也可在船检中, 双击船检的项目, 查看工单的完成情况。

## 第六章 项目管理

### 一、项目管理<sup>[43]</sup>

项目就是以一套独特而相互联系的任务为前提，有效利用资源，为实现一个特定目标所做的努力。

#### （一）项目特征

1. 项目有一个明确界定的目标——一个期望的结果或产品。
2. 项目的执行要通过完成一系列相互关系的任务，也就是许多不重复的任务以一定的顺序完成，以便达到项目目标。
3. 项目需运用各种资源来执行任务。
4. 项目有具体的时间计划或有限的寿命。
5. 项目可能是独一无二的、一次性的努力。
6. 每个项目都有客户。
7. 最后，项目包含一定的不确定性。

#### （二）项目成功的制约因素

项目成功实现通常受 4 个因素制约：工作范围、成本、进度计划和客户满意度。如图 6-1 示。

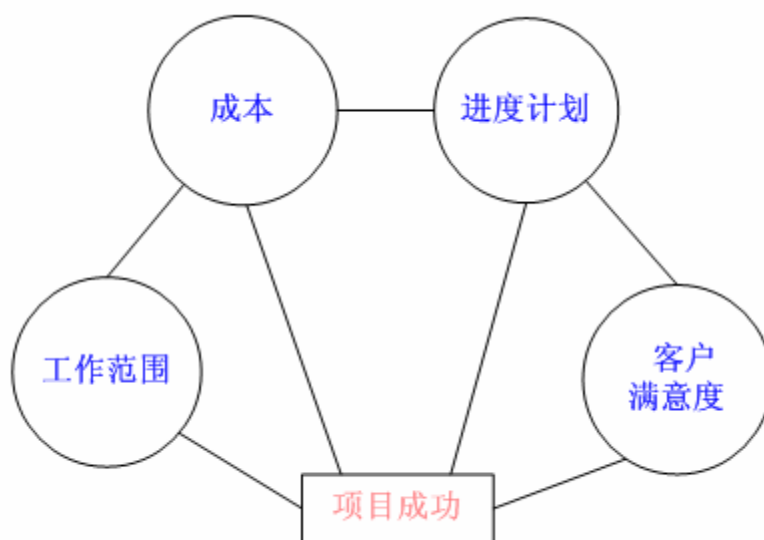


图 6-1 制约项目成功的因素

#### （三）项目生命周期

项目生命周期包括：识别需求、提出解决方案、执行项目、结束项目。如图 6-2 所示项目的生命周期的 4 个阶段及每个阶段相关投入的力量和时间数量。

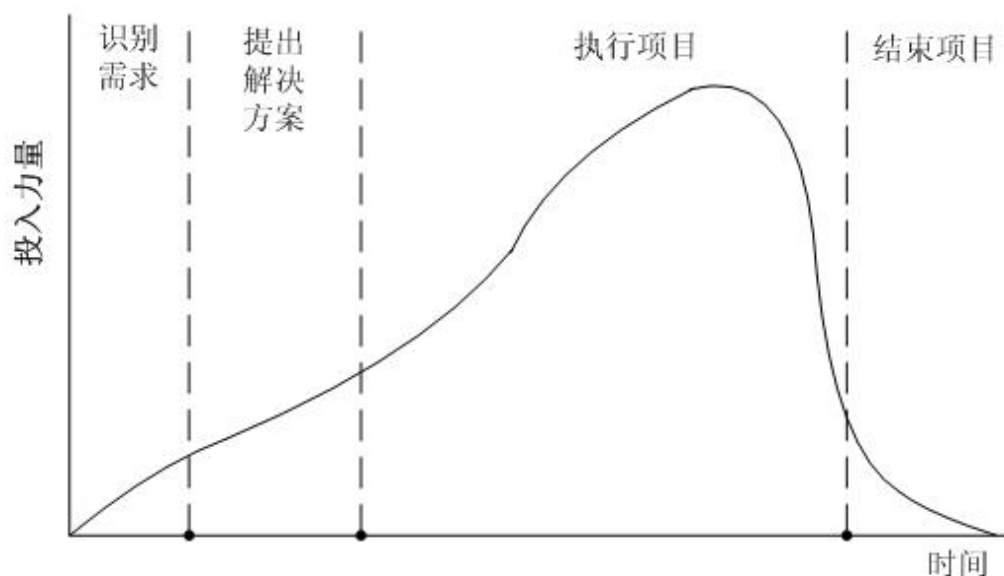


图 6-2 项目生命周期

#### （四）项目管理过程

简单地说，项目管理过程就是制定计划，然后按计划工作。管理项目时所付出的全部努力，必须是集中精力建立一个基准计划。基准计划说明如何按时在预算内实现项目范围。这一计划过程包括：

1. 清晰地定义项目目标。
2. 把项目工作范围详细划分为大的“部件”或“工作包”。
3. 界定每一个工作包必须执行的具体活动。
4. 以网络图的形式描绘活动，表明为实现项目各种活动之间的必要次序和相互依赖性。
5. 做一个时间估计，预计完成每项活动需花多长时间。
6. 为每项活动做一个成本预算。
7. 估算项目进度计划及预算。

项目的基准计划可以用图示或表格形式来显示从项目开始到结束的每一个时期的有关信息。信息就包括：

1. 每项活动的开始与结束日期。
2. 在各个时间段内所需的各种资源的数理。

一旦建立了基准计划就必须执行。这包括计划执行工作和控制工作，以使项目工作在预算内、按进度、使顾客满意地实现。为确保项目按计划进行，项目开始后要监控进程。

### （五）项目管理益处

执行项目管理技术的最终益处，是拥有满意的客户。高质量地按时在预算内完成全部项目范围将会使人产生一种极大的满足感。当项目成功时，每个人都成功了。

## 二、软件开发中的流程控制<sup>[39-43]</sup>

在本节中将叙述软件开发中的流程控制。在软件开发过程中，首先要建立项目的基准计划，然后，再根据计划对项目进度进行控制。

### （一）计划

计划是项目管理的基本组成部分。没有有效的计划，任何项目的失败机率将大增。正如上面所说的项目管理的含义，项目管理过程就是制定计划，然后按计划工作。因而为了对项目进行成功管理，首先就必须建立项目基准计划。

计划过程中的第一步是确定项目目标。对于本项目的项目目标是：在预算内，在2003年8月25号前（48周内），完成船舶设备计划维修检验信息系统的开发，并在船舶中成功运行该系统。

根据项目目标，第二步建立工作分析结构（WBS）。它是项目团队在项目期间要完成或生产出的最终细目的等级树。在该项目中，第一级的主要任务是分析、设计、开发、测试、实施（与传统的项目相比，少了问题的界定）。在这些任务中的每一项目进一步分解为2级任务，一些更进一步分解为3级任务。具体的分解如图6-3示。



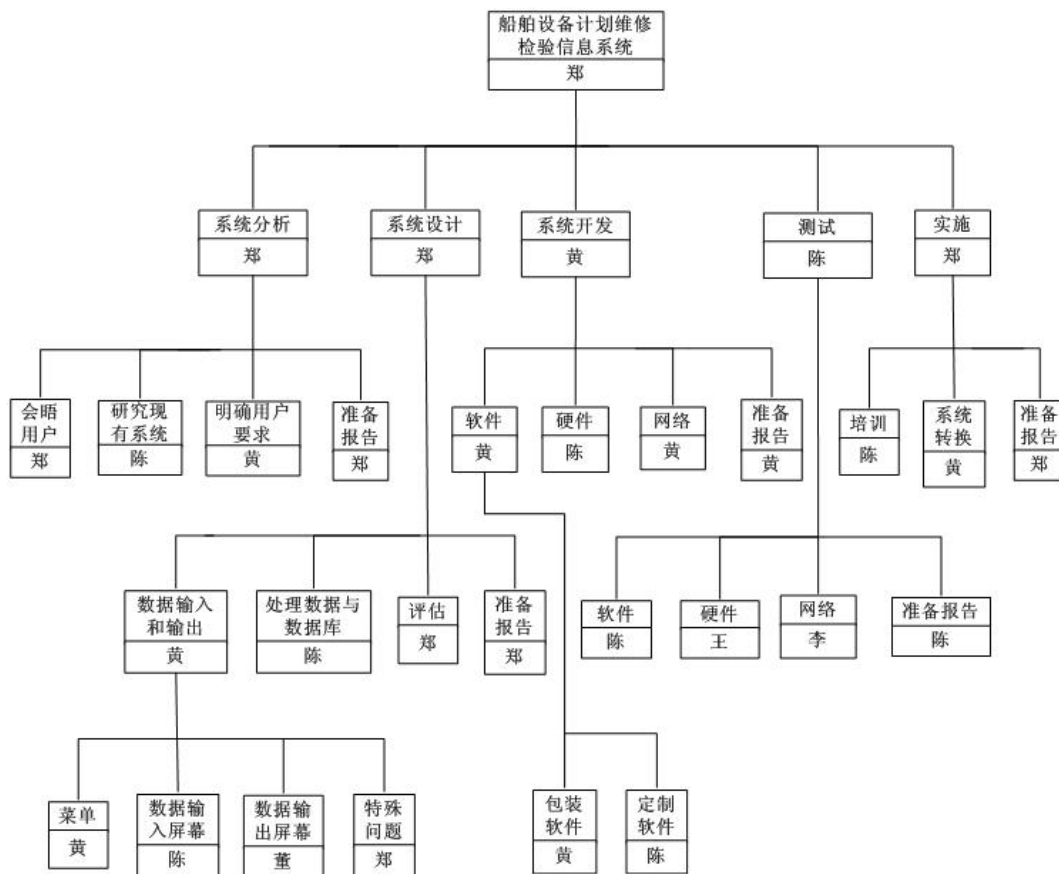


图 6-3 项目工作分析结构图

在完成制定工作分析结构后，又制定了责任矩阵，如表 6-1 示。在这张表格中反映了工作分析结构的所有活动，此外，还标明了每项任务谁负责和谁负次要责任。

WBS	工作细目	郑	黄	陈	董	王	李
	船舶设备计划维修检验信息系统	P	S	S			
1	系统分析	P	S	S			
1.1	会晤用户	P					
1.2	研究现有系统		S	P	S		
1.3	明确用户需求	S	P				
1.4	准备报告	P	S	S			
2	系统设计	P	S	S			
2.1	数据输入和输出	S	P	S	S		
2.1.1	菜单		P				
2.1.2	数据输入		S	P			

2.1.3	数据输出	S	P		
2.1.4	特殊问题	P	S		
2.2	处理数据库	S	P	S	
2.3	评估	P	S		
2.4	准备报告	P	S	S	
3	系统开发	P	S		
3.1	软件	P	S		
3.1.1	包装软件	P			
3.1.2	定制软件		P		
3.2	硬件		P	S	
3.3	网络	P	S		
3.4	准备报告	S	P	S	
4	测试	S	S	P	
4.1	软件		S	P	S
4.2	硬件			S	P S
4.3	网络		S		P
4.4	准备报告		P		S
5	实施	P	S	S	
5.1	培训		P		S
2.2	系统转换		P	S	
5.3	准备报告	P			

注：P=主要责任；S=次要责任

表 6-1 项目责任矩阵

在完成项目责任矩阵后，根据所要完成的主要任务制作甘特图，如图 6-4 所示。甘特图清晰明白地显示出所要完成活动的情况和完成每项活动的时间框架。

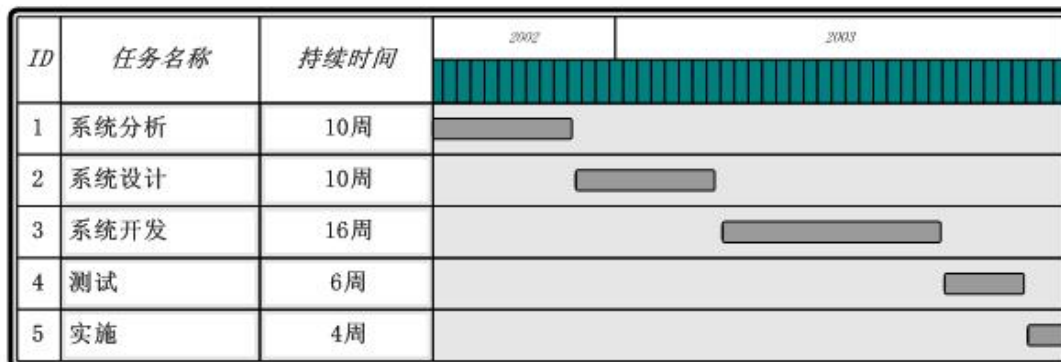


图 6-4 项目甘特图

### (二) 进度安排

根据项目的每项活动的时间（工期估计），对项目安排进度计划，并计算出每项活动的最早开（ES）和最早结束时间（EF），关系如下：

$$EF=ES+工期估计;$$

并用反向法推算出最迟开始时间（LS）和最迟结束时间（LF），关系如下：

$$LS=LF-工期估计;$$

根据 ES、EF、LS 和 LF 计算出总时差，关系如下：

$$总时差=LF-EF \quad 或 \quad 总时差=LS-ES;$$

计算出总时差后，找出总时差最小的就为关键路径。如图 6-5 示，每项活动标出了最早开始、最早结束时间，最迟开始、最迟结束时间，且箭头红色的为关键路径。

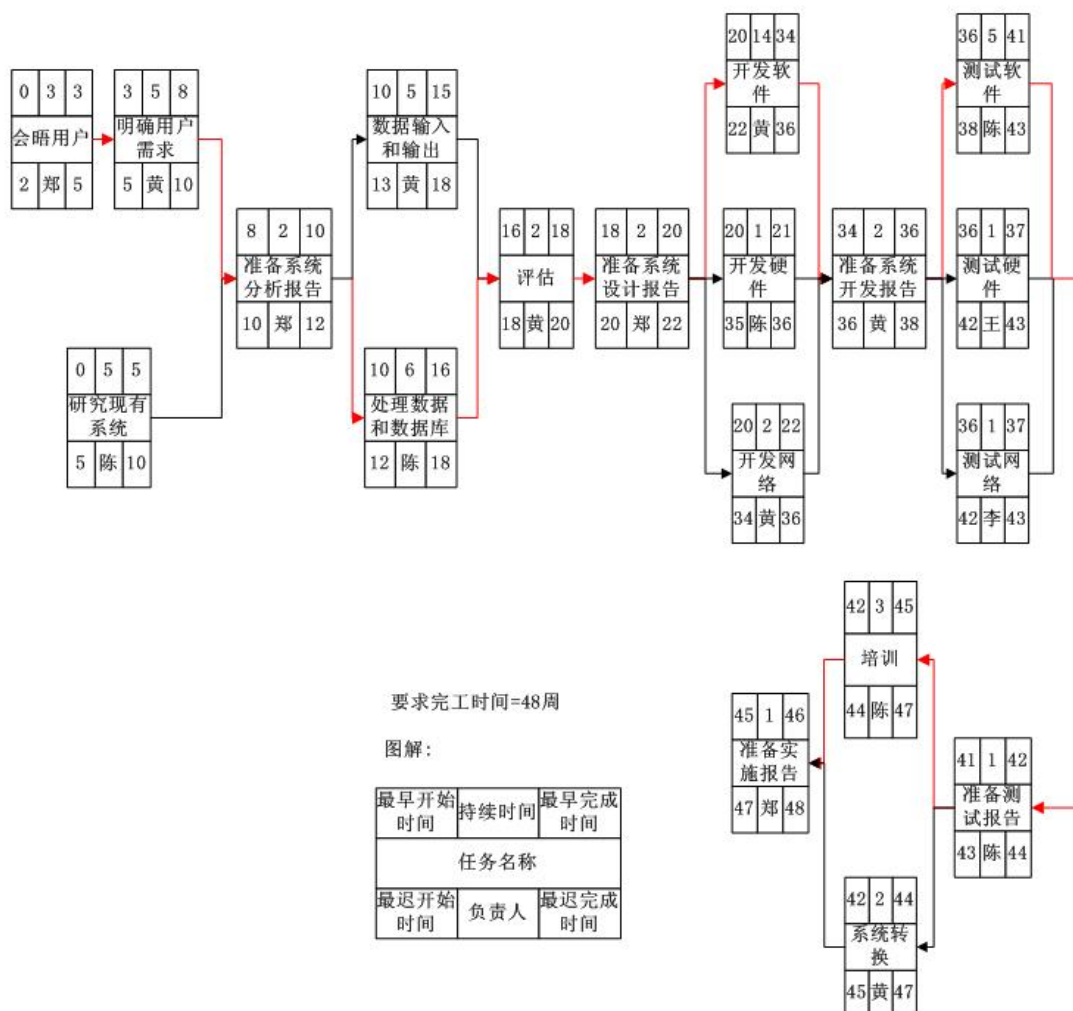


图 6-5 标明关键路径的项目网络图

### (三) 进度控制

有效项目进度控制的关键是监控实际进度，及时、定期地将它与计划进度进行比较，并立即采取必要的纠正措施。

在本项目开发过程中，项目的预计完工时间比要求完工时间少 2 周，因而，在项目开发过程中，比较易于进行进度控制。在第一阶段系统分析过程中，在项目的预计时间内完成。在进行系统设计时，用户提出了新的要求，新的需求增加了船检、应急设备检验这两部分的内容，因而，系统设计增加了 2 周的时间。相应的系统开发要增加 2 周的时间，这时对系统的进度重新进行安排，发现要比整个完工时间多 2 周才能完成。此时为了在要求完工时间内完成项目，在进行系统开发时，增加了一个软件开发人员，这样就保证在系统开发的过程中，按原来的计划进行。这样，实际的完工时间正好与要求完工时间相同，整个项目正好在要求完工时间内完成。

### 三、项目评估<sup>[54-58]</sup>

在项目结束后，对项目进行评估。它包括内部的项目后评估和客户反馈。

#### （一）内部的项目后评估

项目结束后，马上召开会议，讨论项目执行期间发生的事，并确定一些具体的改善意见。会议的内容包括：技术绩效、成本绩效、计划绩效、项目计划与控制、客户关系、团队关系、交流、识别问题与解决问题、建议（如表 6-2 示）。

<p>(1) 技术绩效</p> <p style="padding-left: 2em;">工作范围</p> <p style="padding-left: 2em;">质量</p> <p style="padding-left: 2em;">管理变更</p> <p>(2) 成本绩效</p> <p>(3) 进度计划绩效</p> <p>(4) 项目计划与控制</p> <p>(5) 客户关系</p> <p>(6) 团队关系</p> <p>(7) 交流</p> <p>(8) 识别问题与解决问题</p> <p>(9) 对未来项目的建议</p>
--

表 6-2 项目后评估会议内容

根据项目实施过程，项目内容得出的主要评估结果：

1. 项目整体按原计划进行，基本在控制范围内，项目获得成功。
2. 项目由于要求的变更，在工作范围内发生了小的变化，相应引起了项目计划的变化。由于项目采取了相应的对策，使得项目在预期内完成。
3. 团队成员沟通与协调。在该项目中，有部分模块相互联系的，因而，项目团队成员之间能很好的进行沟通，使得项目如期完成，是项目成功的关键之一。
4. 及时与客户进行联系。不时与客户进行联系，保证与客户之间的沟通也是项目成功的重要因素之一。如在本项目中，由于与客户及时进行沟通，能及时在客户提出新的需求时，对项目计划、进度进行修改，并采取相应的方法，使得项目如期完成。
5. 制定详细的项目计划，并对项目进行控制是项目成功的必要因素。项目计划应尽可能的详细，而在项目发生变化时要能及时地对计划进度进行调整在项目管理中极其重要。

## (二) 客户反馈

在项目结束后，与客户进行沟通，获得客户反馈是很重要。与客户在项目结束后的沟通目的是确定项目是否为客户提供了预期的利益，评估客户满意度，并获得将来可能会对与这家客户或其他客户之间开展业务联系有所帮助的信息。一方面可以与客户坐下来进行交流，另一方面也可以由客户填写评估调查表（如表 6-3 示）。

请完成这张简短的调查表，帮助我们评估和改善项目管理绩效。

如需更多的空间回答，请另附几页。

项目名称：\_\_\_\_\_

	满意度									
	低					高				
工作范围的完成 评价_____	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
工作质量 评价_____	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
计划进度绩效 评价_____	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
预算绩效 评价_____	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
交流 评价_____	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
客户联系	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

评价_____	
总体绩效	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
评价_____	
你意识到实际收获了什么_____或是预期项目结果有_____收益?	
A. 数量收益	
B. 质量收益	
我们如何在未来的项目中改善我们的工作? 请写下你的有关建议。	
_____	
_____	
姓名: _____ 日期: _____	

表 6-3 项目后客户评估调查表

在我们项目结束后,采取的是先给客户填写评估调查表,之后,再与客户坐下来进行交流的方式。经过整理客户评估调查表及与客户的交流,我们可以得出客户对项目的评价比较高。主要的评价如下:

1. 项目在预期时间内完成,并且超过了原先的预期目的(增加了船检及应急设备管理)。
2. 项目有极高的性价比。如果把该项目给别的公司,完成预期的结果,要增加3~5倍的价格。
3. 与客户的联系比较密切,能及时与客户交流,告知客户项目进度。
4. 项目实施后,给日常管理带来了极大的方便,大大提高了工作效率。
5. 主要存在的不足是:在未来的项目开发中,加强团队成员的协调以及加强用户参与项目开发。

#### 四、项目变革管理

在项目开发过程中,有不可预知的情况发生,就必须对项目进行变革管理;而新的系统的实施,则必将带来新的管理模式,这必然与旧的管理模式发生冲突,也必须对项目进行变革管理。

在项目管理,由于需求发生了变化,引起了项目变革管理。在系统进行过程中,由于用户增加了要求,即增加了船检、应急设备检验这两部分。因而在项目管理过程中,必须对修改项目进度计划,制定新的项目进度计划(这在上面已经说明,这里不再进行详细的说明)。

## 第七章 结束语

船舶设备计划维修检验信息管理系统开发对于轮机管理人员提高、改善船舶设备的管理及维修保养工作具有较大的实用价值。本文在了解国内外船舶设备维修保养的最新发展和计算机信息管理技术的基础上,对这一领域进行了探索,在科研项目实施过程中,对中远、中海船舶设备维修保养进行了调研,并与船级社、中远、中海公司的相关人员进行了交流,获得了大量的设备维修保养理论和 PMS 检验、CMS 检验及国外预防维修保养方面的资料。在这基础上,设计和开发了船舶设备计划维修检验信息管理系统。本工作的结论如下:

1. 系统的设计在于满足设备计划维修保养的需求,因而在本课题系统设计中,重点放在对设备的计划维修保养的控制。由于设备管理与备件管理相关联,因而,在系统设计中,也相应地考虑了备件管理的开发。

2. 系统在对国内外船舶设备计划维修保养及船舶设备维修保养信息系统充分研究的基础之上,运用了面向对象的统一建模语言(UML)进行建模。

3. 在系统中,对数据库进行设计地设计,并采用了各种方法对数据库进行优化。在数据库中,设计了合理的表结构及合理的索引结构,并对于在数据库中有大量数据排序时,采用了基于“中值的中值”的思想和“筛选”原理的最优并行算法进行排序。

4. 软件开发采用了当今流行的开发模式,开发、实现均采用面向对象的方法进行,使得软件结构更为紧凑、软件运行效率大为提高。

5. 在软件开发过程中,应用了项目管理的方法对软件开发进行控制,并对项目管理、项目变革管理在软件开发中的应用作了有益的探索。在软件开发中,应用项目管理、变革管理能及时地完成项目开发、优化资源管理。

6. 随着信息化技术的不断发展,船舶设备管理信息化也相应地得到发展;在将来,所有的船舶设备必将实现信息化管理,并且实现船舶与岸上之间的数据共享,达到实时同步。

本课题研究成果已实际运用于中远集团所属的十多艘船舶上,取得了一定的经济效益与社会效益,并得到了用户的认可,正准备推广到更多的船舶上使用。

## 致 谢

首先要感谢我的导师郑士君老师，他在繁忙的教学工作和课题研究中，对本文花费了大量的心血，从整个论文的立题、开题到修改、定稿，给了我孜孜不倦的指导。没有郑老师的关心和指导，论文也不可能顺利完成。在此，向郑老师致以最诚挚的谢意！

此外，对一直以来给予我帮助和支持的老师、同学和朋友们表示感谢！

最后，特别要感谢我的父母等家人，谢谢他们一直以来对我默默的支持！



### 参考文献

1. 船舶维修保养体系. 中远集装箱运输有限公司, 1998
2. 中国船级社. 船舶机械计划保养系统检验指南. 人民交通出版社, 1997
3. 郭俊兰. 浅谈机务设备管理的工作. 经济师, 2002. 4
4. 徐波等. 现代航运企业机务管理模式的设想. 航海技术, 1998. 6
5. 徐进等. 谈船舶 PMS 检验与 CWBT. 航海技术, 2002. 1
6. 魏海军等. 船舶及海上设施检验. 大连海事大学出版社, 2001. 8
7. 郑士君等. 船舶管理信息化研究. 上海海运学院学报, 2002. 2
8. 陈联沐, 郑士君, 李学强等. 船舶维护保养体系 (CWBT) 计算机管理系统. 机电设备, 2003. 1
9. 孙兵. MIS 系统在长航集团老旧船舶管理中应用. 船海工程, 2002. 4
10. 《中远集运船舶备件管理系统》系统设计说明书, 2000
11. 中远集装箱运输有限公司《船舶安全与技术管理信息系统》研制工作报告, 2000
12. 中远集装箱运输有限公司《船舶安全与技术管理信息系统》技术报告, 2000
13. 肖洪群. 面向船舶的备件管理信息系统的研制. 船舶机务技术交流, 第 92 期
14. 王珀. 计算机辅助船舶维修保养体系运行分析与应用. 船舶工程, 2002. 3
15. 杜娟等. 基于 B/WS/DBS 设备管理信息系统的设计. 控制工程, 2002. 4
16. 喻方平等. 基于远程网络技术的船舶机务管理信息系统. 武汉理工大学学报, 2002. 3
17. 任颂华, 周超骏. 船舶设计中面向对象建模初探. 计算机辅助工程, 1996. 1
18. 张坚. DAO 编程技术在设备管理数据库上的应用. 公安大学学报, 2002. 2
19. Machinery Equipment and Systems. ABS, SAFEHULL, 1999
20. P. Coad&E. Yourdon. Object-Oriented Analysis. Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, 1990
21. P. Coad&E. Yourdon. Object-Oriented Design. Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, 1991
22. SpecTec Group BV. AMOS Maintenance & Purchase User Guide 2000
23. 科学数据库与信息技术论文集 (第三集). 中国科学技术出版社, 1996
24. 科学数据库与信息技术论文集 (第四集). 科学出版社, 1998
25. 张维明. 信息系统建模技术与应用. 电子工业出版社, 1997
26. 吴钦藩. 软件工程——原理、方法与应用. 人民交通出版社, 1997
27. 陈文伟. 决策支持系统及其开发. 清华大学出版社, 2000

28. 薛华成. 管理信息系统. 清华大学出版社, 1999
29. 刘惟一等. 数据模型. 科学出版社. 2001. 6
30. 杨正甫等. 面向对象分析与设计. 中国铁道出版社, 2001. 4
31. 王博, 晓龙. 面向对象的建模设计技术方法. 北京希望电脑公司
32. 陈余年, 方美琪. 信息系统工程中的面向对象方法. 清华大学出版社, 1999
33. 葛世伦等. 企业管理信息系统开发的理论和方法. 清华大学出版社, 1998
34. Paul J. fortier 等著, 林瑶等译. 数据库技术大全. 电子工业出版社, 1999. 5
35. 罗晓沛. 数据库技术 (高级). 清华大学出版社, 1999
36. 鄢红国. 三层客户/服务器结构信息系统优化技术探讨. 微机发展, 2002. 4
37. 自然科学中确定性问题的应用数学. 林家翘 L. A. 西格尔著. 科学出版社 1986。
38. 最优化理论与方法. 袁亚湘 孙文瑜著. 科学出版社 1997。
39. 景新海. 项目管理: 软件业必修的基本功. 软件世界, 2002. 5
40. 刘尔烈等. 一种基于 Internet 的项目管理方式. 港工技术, 2002. 2
41. 高英. 浅谈项目管理. 现代计算机, 2002. 4
42. 房东波等. 现代项目管理在软件开发中的应用. 市场. 运营, 2002. 4
43. 杰克. 吉多等著, 张金成等译. 成功的项目管理. 机械工业出版社
44. 范世东. 船舶视情维修与检验的发展及实施对策. 中国修船, 2001. 3
45. 余育聪. 船舶怎样实施机械计划保养系统. 中国水运, 2002. 8
46. 严立等. 面向 21 世纪的交通运输机械设备维修现状与展望. 交通运输工程学报, 2001. 6
47. 刘耀儒. SQL Server2000 教程. 北京科海集团公司, 2001. 10
48. 袁晓君等. Power Builder 计算机语言函数应用. 科学出版社, 2000. 1
49. 网冠科技. Power Builder7.0 时尚编程百例. 机械工业出版社, 2001. 1
50. 朱爱民. Power Builder8.0 与系统开发. 清华大学出版社, 2002. 1
51. 钱文波等. SQL Server 数据库性能优化技术. 计算机学报, 2001. 2