第一章　现代造船理论

理论是人们从实践中概括出来，又在实践中被证明了的关于自然界和人类社会的规律性的系统的认识。推行现代造船模式，需要构筑正确的理论框架，探讨正确的造船理论及其应用方法。

现代造船模式，是以成组技术原理为指导，采用先进制造技术，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的方法。

现代造船模式大量吸收制造业先进技术，运用系统分析理论，面向信息集成、管理集成和工作集成,以数字化的中间产品流,空间上分道,时间上有序,实现资源、计划、质量、成本、人员的有效控制,最终实现船舶生产的高效运作(图 1.1)。

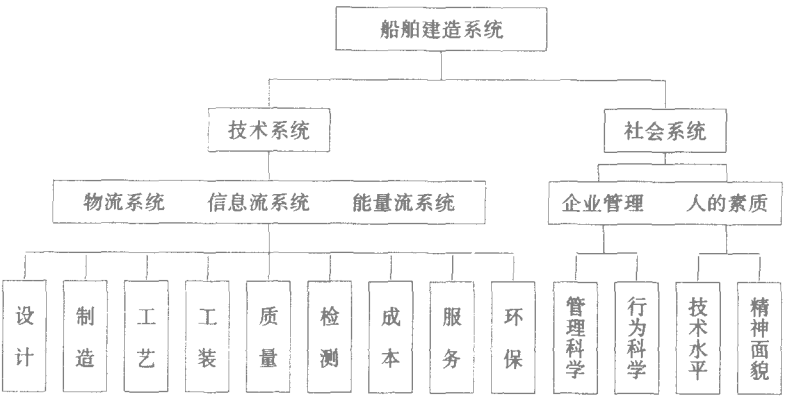


图 1.1　船舶建造系统框图

集成制造是要以信息技术为手段，把船厂经营和生产过程中的物料流、信息流、人员流和资金流进行合理的组织和有机的结合，以获取最佳的综合经济效益。船舶建造中的集成技术主要表现为壳舾涂一体化的制造方式。

科学技术的迅猛发展使造船企业传统生产方式的根本改变具有了必要性和可能性。各种先进制造技术为造船业的发展进步奠定了基础、明确了方向。现代制造技术体系的形成，必将对全球造船业产生重大而深远的影响，并在当前世界范围内激烈展开的综合国力竞争中引发新一轮的挑战。现代先进制造理论，是运用最新科技成果使企业在竞争中立于不败之地的战略武器。

船舶建造系统既是一个技术系统，也是一个社会系统。造船过程是物流、信息流、能量流的运动过程，涉及产品开发、设计、制造、工艺、工装、质量、检测、成本、服务和环保等各个方面。企业的管理更是一项非常重要的工作。

日趋激烈的市场竞争，使传统的造船业必须向现代模式转变（图 1.2）。先进造船理念、先进制造技术以及计算机及网络技术使得这种转变成为了可能。

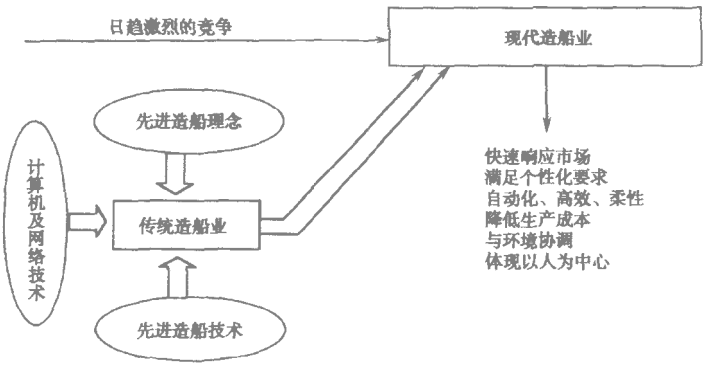


图 1.2 造船业的发展方向

1.1 现代造船的基本理念

在现代造船的基本理念中，成组技术是一个具有指导性的基础内容。成组技术应用相似性原理，对包含设计、制造、管理在内的企业的所有工作进行符合逻辑的安排，使多品种、中小批量生产取得大批量生产的规模经济效益。它是替代传统生产理论，实现生产现代化的核心技术。造船成组技术是船舶工业的系统工程学，它所提出的船舶建造策略是：以中间产品专业化生产为导向，实现船体建造、舾装和涂装一体化。生产组织体制和各项工

作都要遵循该策略,即都以‘中间产品’为基准。建立‘中间产品’专业化生产体系,实现船体分道建造,实行区域舾装、区域涂装、管件族制造,这些都是成组理论指导下船舶集成建造的基本内容，是现代造船的基本理念。

1.1.1 成组技术

成组技术(GT,Group Technology)是一门生产技术科学,也是一项综合性的现代组织管理技术，它是提高柔性制造系统有效性和经济性的重要基础。

成组技术在制造业的应用，是将多种零件按其工艺的相似性分类，以形成零件族，把同一零件族中生产量小的零件汇集成生产量大的组，从而使小批量生产能够获得接近于大批量生产的经济效益。

不同的机械产品虽然其用途和功能各不相同，但每种产品的零件类型却存在着一定的规律。研究表明：占产品总数 5% ~ 10%的是复杂件或特殊件，其结构复杂、产值高。不同产品中的这类零件之间差别很大，重复使用性低。而占总数 70%的零件属于相似件，这类零件相似程度高、结构复杂程度为中等。各种轴、轴承、端盖、齿轮、法兰盘、支座等就属于这一类。剩下的 20% ~ 25%的零件则属于简单件或标准件,如螺钉、螺母、垫圈等。它们的结构简单、重复使用性高,因为可组织大量生产,所以单件成本较低。

根据各种产品组成零件的这种规律，可以发现产品零件大多数的相似件在功能结构和加工工艺等方面都存在着大量的相似性。零件在结构性质及其要素、尺寸、精度、材料、毛坯形式、加工方法及工艺顺序等诸多方面的相似性，就是推行成组技术的客观基础。

成组技术的核心问题就是充分揭示和利用生产关系中出现的各种相似信息，使工厂企业以最有效的工作方式得到统一的数据和信息，从而为企业建成集成信息系统打下基础，以获得最大的经济效益。

随着国民经济改革开放的深化和市场经济的发展，传统的制造企业开始了以成组技术为原理的战略性调整。调整的过程是以相似理论为指导，利用机械制造中所存在的大量的相似性，优化机械工业的产品结构、组织结构，直至整个产业的结构。在过去的若干年间，成组技术主要在企业内部推广应用。随着产业结构的变化，生产组织的社会化，其应用的范围正逐步扩大。应用成组技术，把适应市场变化的多品种、小批量生产与批量法则、规模经济结合起来，走出中国机械工业发展的正确道路，这是指导我国机械工业产业化结构优化的良策。实践已经证明，成组技术是机械工业结构调整的重要指导原则。

适应需求的变化，是机械工业发展的基本原则。当代的市场需求，是趋向多变、快变，而且这种趋势越来越明显。所以生产组织体系必须形成以不变应万变的模式。通过成组技术的分析可知，产品功能纵然千差万别，但是其组成零件的 70% ~ 80%具有相似性，按此去进行成组的制造，是必要也是可能的。

市场对现代企业的要求是适时地、价廉物美地提供多样化的产品，满足不同层次的社会需求。成组技术的本质就是运用相似原理建立具有快速响应能力的柔性连续生产体系，以适应市场的需求。如今，多品种、小批量已成为新的市场需求特点。对于众多的单件、小批生产企业，还得遵从批量法则，按成组技术的分析，找出基础零件的相似性规律，按零件、工序组织生产，使产品的多品种、小批量变为零件、工序生产的少品种、大批量。采用大批量的生产方法，可以获得规模经济的效益。传统的大批量生产的行业，也只有求助于 GT 的方法进行重组，才能适应产品的变化和更新换代的需要(图 1.3)。

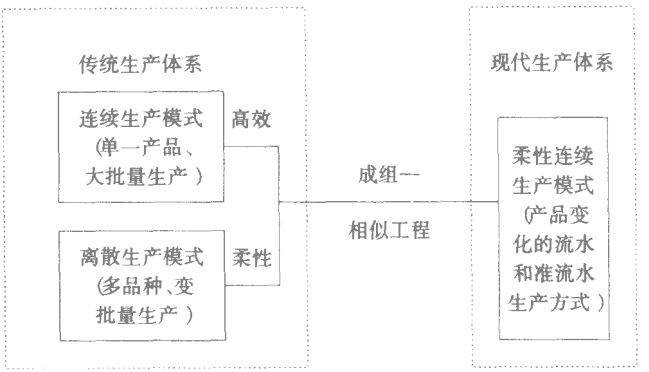


图 1.3 生产体系的转变

对于柔性制造、虚拟制造等先进制造系统来说，成组技术是一个基础。它可实现从传统生产方式向现代生产模式的转换。按相似原理，用 GT 的方法组建企业的设计系统、生产系统和管理系统的结构和工作制度，使得不同类型产品也能进行连续(流水或并行)开发和制造，同时，还继承了传统生产体系‘高效’和‘柔性’的优点。这种变化是质的变化，因为它使企业在满足了市场需要的同时，由‘劳动密集型’转变成了‘设备密集型’，并向‘信息密集’和‘知识密集’的方向发展。

世界上一些主要的造船国家，由于成组技术的引进，导致了船舶建造技

术发生了革命性的转变。由船体分段建造（Hull Block Construction)转变为高效建造不同类型船舶各族“中间产品”的分道的流水生产（Process Lanes)。这种生产体系的建立,使船厂的作业逐步由‘肮脏’‘困难’‘危险’转变为“整洁”‘方便’和‘安全’。世界一流船厂各自的职工总数由 70 万人左右减少到 800～1300 人,而生产效率却比原来提高 3～4倍。

在 GT 和新的 LP、CE、AM 等先进制造技术理论指导下，美国联合世界上最权威的船舶设计、科研、教学和生产单位，投入巨资研究开发了新一代的船舶设计和制造技术。使原来由数千种零件构成的船体中部，改进到只用两种形状和尺寸标准化的零件。使 3 块厚度 20mm 以上的钢板采用自动焊接装置只行走一次就完成焊接。通过自动浸涂使船壳板涂层达 3mm,而该涂层使用寿命可超过船龄。船体和舾装都采用模块化建造方法。这种船舶结构的钢材加工,不再需要大型的数控号料和切割设备、三芯辊、油压机、型材冷弯机等。目前，该项先进技术的所有试验和设计工作都已结束，建造这种新型结构船舶的专业化生产的工厂正在建造中，一旦这种新一代的船舶问世，将震撼全球造船业。因为它把非常繁复的船舶设计和生产，变为十分简单；同时，还大大提高了船舶的使用性能。国外的成功经验充分表明，成组技术是组建现代生产体系的主导技术，成组技术和先进制造技术的理论和实践，是造船业实施先进建造模式的基础和工具。

传统的船厂以最终产品为主线，按工种导向组织生产，作业错综复杂，其造船计划监管办法是：由负责不同船舶、不同专业的监造师来分别主管本船、本专业的生产进度。结果会造成船厂内各生产车间、部门和工种之间在时间、空间上的矛盾，以至于发生众多失控的情况，并无法从整体利益的角度进行协调,从而造成工时损失、计划失控。

成组技术的分道建造体制是按生产区域编制计划，中间产品与船舶分离，因而不会出现在同一时间和空间争夺生产资源的状况。

成组技术体系包含了造船生产全过程的各个方面。在成组技术基础上所提出的船舶建造策略是：以中间产品专业化生产为导向，实现船体建造、舾装和涂装的一体化，以之代替以工种专业化为导向的组织原则。生产组织体制和各项具体的工作都要遵循这个策略，即都要以中间产品为基准。工程项目分解、生产组织体制、物资管理系统、质量管理循环活动等,都要在此基础上进行。船舶过程“壳舾涂一体化”的核心是使船体分段划分和分段生产计划服从于舾装和涂装的要求，从而把不同类型的作业组织为具有相同相位的工艺流程，提高造船的整体效率。船厂以成组的设备平面布置，

即分道作业线替代传统的机群式平面布置；生产管理以短循环的流通量控制替代长期循环的库存量控制 以优化的‘ 壳舾涂一体化 ’作业顺序,替代概略的作业排序；从而使以 “ 分道生产 ” 为特征的区域监造体制替代长期应用的以某船（最终产品）为主线的工种监造体制。这样，就能使单艘或小批量的生产能够转而采用大批量生产的方法，达到近乎大批量生产的效率。

以中间产品为导向的船舶建造策略，是成组技术宏观地应用于船舶建造过程中的结果，有利于促成现代造船设备密集、谐调一致的高效生产。

对于具体的加工过程来看，成组技术是遵循相似性的原理，定性、定量地分析制造过程中的各种问题，并制定符合逻辑的解决方法。

按一定的相似性标准将有关事物归类成组是实施成组技术的基础。过去整理识别这些相似性的工作一般都需要人工来做，这不仅要求工作人员有丰富的实践经验，而且需要花费很大的劳动量和费用，工作效率低，准确度差，这些都直接影响到成组技术的推广应用。而现在，随着计算机技术的发展和成熟，成组技术中的许多工作都可以借助于计算机方便而准确地进行。

计算机在进行分类处理的时候，是要根据一定的编码系统来完成的。零件的分类编码不同于零件的识别码，它对于每种零件而言，不是唯一的，即不同的零件可以拥有相同的或相接近的分类码，因此就能根据这种编码划分出结构相似或工艺相似的零件组来。目前，世界各国都是采用分类编码来描述零件的相似特征，也就是将零件的特征用一定的数字规律表达出来,即用数字来描述零件的尺寸、形状、位置、材料、精度和工艺特征。这种编码能够比较客观地反映零件的固有特性。采用统一的编码形式，能满足通用性的目的，并采用成熟的计算机软件来进行分类处理工作而不受企业经验的约束。

零件分类成组后，便形成了加工族，接着就是针对不同的加工族制订适合于族内各零件的成组工艺过程。

有了成组工艺，接着就需要为各零件组设计成组工艺设备，选择或设计机床，这是推行成组加工的物资基础，也是成组加工赖以取得经济实效的主要技术手段，还要选择正确的方式布置机床组织生产。

可见，成组技术利用的是相似归类的原则。在具有相似特性的不同零部件的制造中，客观上存在工艺过程的相似性。相似归类，即分类成组，就是把特征相似的零部件归并为同一组(族),如 回转体(盘类、轴类、轴心偏异类)、非回转体(平板类、长体类、方体类)、特殊类等。零件归类后,即可进

行工艺过程的相似归类、加工设备的相似归类,设立成组单元、生产中心,采用目标模拟的流水生产方式，以及柔性自动化专用工艺装备，按节拍生产、减少库存，提高制造的效率和水平。

综上所述，成组技术是将具有某些相似信息的事物集合成组（族）进行优化处理，以使单件或中小批量生产获取大批量生产效益的、柔性的高效生产技术和管理技术。它是一门含有工程技术、系统工程学、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。所谓“成组一相似工程”可简述为“以相似理论为指导,综合利用现代科技,发掘、标识、利用产品生产过程的相似规律，实现生产全过程的合理化与现代化，提高企业效益和竞争”。“成组一相似工程”是实现中国特色的先进制造技术的有效途径。

国内外的多年实践证明，成组技术是改变多品种、中小批生产企业落后面貌的一项卓有成效的技术组织措施，可以带来显著的技术经济效益。它不仅可以提高劳动生产率、设备利用率、产品合格率和企业竞争力，还能降低生产准备时间和废品率等,获得最佳的综合经济效益(图 1.4)。

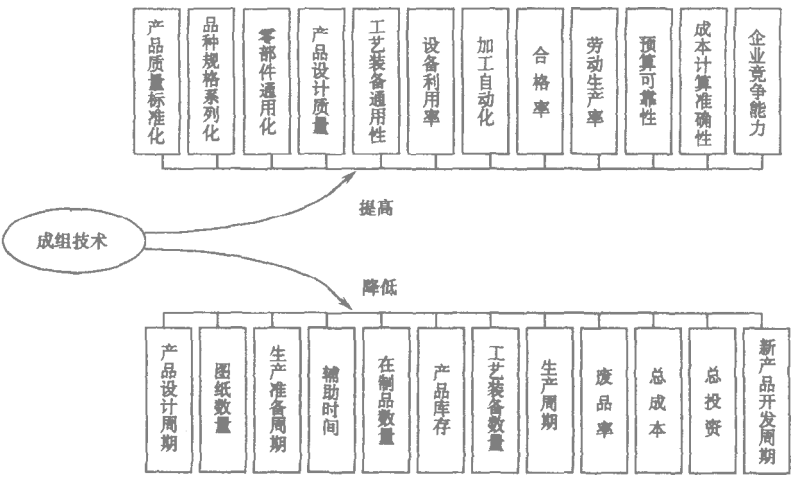


图 1.4 成组技术的作用

成组技术既是实现标准化与规范化的体现，同时也是实现标准化的途径。标准化的基本原理有“最佳协调原理”、“简化统一原理”、“分解合成原理”、“优选再现原理”和“稳定过渡原理”等。“最佳协调原理”是指在标准化系统中的各组成要素增加，在一定范围和条件下，按技术经济的全面要求，

可以找到最好的平衡状态。“最佳协调原理”概括了标准化的意义与依据。“简化统一原理’和‘分解合成原理’概括了标准化的方法。前者是说在标准化系统中，对由许多要素构成的集合体，可以通过定性或定量的组成参数，实现简化和统一。后者则指的是标准化系统中的集合体，都可层层分解为基本单元，反之，各个基本标准单元也可合成为标准化集合体。“优选再现原理’和‘稳定过渡原理’概括了标准的贯彻与修订关系。对标准化系统中，由许多要素构成的集合体，可以主动重复再现其组成要素间的最佳协调，这就是优选再现的含义。而标准化系统中各组成要素间的最佳平衡，都要保持一段时间的相对稳定性，然后才能而且必须过渡到新的最佳平衡。

相似分类的编码过程，一定要遵循标准化的基本原则。

现代生产模式的基本特征是混合工种的生产相似，物流量的生产管理，单向分道的工艺流程和时间有序的作业排序。把成组技术的原理应用于生产组织和计划管理，编制成组生产作业计划，组织成组生产，节省设备投资，从而达到高效与经济的目的，能够使企业适应市场的需要，更好地实现多品种小批量生产。

1.1.2 中间产品

中间产品，是成组技术在造船生产中应用的一个核心问题。

所谓中间产品，是指按船上区域、作业类型和施工阶段逐级分解船舶这一最终产品而得到的舾装单元、分段、部件、零件等各个阶段产品。船舶的中间产品通常可划分为系统部件、多系统模块、分段和总段四种类别。这四类中间产品的复杂程度逐级增高，它们被逐级扩大或装配，最后装配成一艘整船。

船舶生产的主流工序就是装配。由零件装配成部件，由小的部件装配成稍大的部件，然后装配成更大的部件、组件，再后是分段、总段，直至最后形成整船。也可以说，在这个过程中，除了整船之外的所有的部分，都叫中间产品。

中间产品是最终产品和原材料之间的制件。在船舶生产中，完全相同的船舶是不多见的，但是构成船舶的组成部分，即中间产品，相同的或相似的却很多。中间产品，是相对于最终成品而言的在制品。它是从最终产品（船舶）按区域、类型和阶段的相似性逐级分解的‘任务包”，是由专业化团组制成的实物或执行的任务。较低级的中间产品组合为较高级的中间产品，中间产品的不断组合最终建成为一艘船舶。

中间产品是船上区域、作业类型和施工阶段的相似性划分的结果，而在系泊试验和试航阶段，则应以系统划分中间产品。同时，应把零件制造也作为中间产品来管理。

以中间产品的专业化生产调集人员、信息和物资，组建独立的生产实体，被称为“成组生产单元”“微型工厂”“独立制造岛”“中心”等。

“中间产品”是船舶组成品的实物划分，“区域”是船舶的空间划分，用来表示生产对象。“区域”和“中间产品”所指为同一事物。

现代化造船体制是建立在“中间产品”专业化生产的基础上，建造任何类型船舶。首先，按船体首尾、中部和上层建筑划分大的区域；然后，按作业类型和建造阶段划分各级“中间产品”——总段、分段、组件、部件、零件等。将具有相同工艺过程的“中间产品”，组织定场地、定设备、定人员、定流量、定流程的专业化生产。这种“中间产品”的生产组织单元，犹如一家“微型工厂”，只是对按时、按质、按量生产规定的“中间产品”负完全责任而独立于船舶和船舶系统。因为，把每家“微型工厂”生产其“中间产品”所需的信息、物资和人员都调集给它了。这就为实现一体化建造的“分权”体制奠定了基础。也只有在这个基础上，才能进一步实施传统造船体制向现代造船体制的转轨。由单一工种的班组演变为生产某“中间产品”的混合工种组织仅仅是转轨的先决条件，光有这个转变还不能达到高效生产。进一步地，还需把传统的“库存量控制”的生产管理转变为“流通量控制”的生产管理，同时建立以分道生产为特征的工艺流程和全船不同类型作业一体化的“作业优化排序”。这样，由“生产组织”“生产管理”“工艺流程”和“作业排序”等四个方面构成了现代造船体制的基本框架，表达了它的体系结构和运行机制，涵盖了生产过程的空间和时间的优化安排。

1.1.3 船舶工程分解

摩天大楼是一层一层地建起来的。任何一项大型的建造工程，都需要在事前进行一番细致的分析解剖，将其划分成许多细目，以利工程的进行。这种分析解剖就称为工程分解。

船舶是水域运输、作战和作业的巨型装备。它的构造十分复杂，在建造中必须进行工程分解。

传统的造船厂在报价和初步设计阶段常按照船舶的功能系统来分解工程。这种系统导向型的分解方法虽然符合贯常的思维习惯，然而这种系统导向型的方法对于设计、生产的进度安排和实施却是不妥的。因为它导致

作业计划难以平衡,任务包过大,以致不能有效地控制材料、工时和进度。

船舶建造过程和其他的制造一样，不论最后的产品多大，多复杂，其中最基本的加工部分实际上是制造零件，然后把它们组装成部件，再经过多个制造级和装配级逐渐变大、变复杂，直至形成最终产品。这些零件和部件就是所谓的“中间产品”。从中间产品的角度来分解船舶的建造任务是理想的方法，这就是产品导向型工程分解。日本、欧洲和美国的许多船厂就用此法分解其船舶建造任务。采用这样的方法，可在造船全过程中均衡地分配作业量，即使在大小不同、船型各异的船舶混合制造时也能较好地协调分道作业线的产量，从而在制造互不相同的中间产品过程中获得批量生产的许多好处。而这对于以单艘建造为其生产特征的造船工业说来是难能可贵的。

产品导向型工程分解是将船舶工程按层次进行分解，形成为数众多的中间产品，以便有计划、有步骤地制成最终产品。例如在区域舾装法中，每一中间产品可看作是一个任务包。任务包根据专门的安装件材料表对各种材料(不管其属何系统)加以集配从而构成‘托盘”。任务包、托盘和安装件材料表这些术语实际上是同义词，它们都可以代表特定区域／类型／阶段的舾装工作。

与系统导向型法不同的是，产品导向型法便于按生产问题的级别来确定工作。它是成组技术的原理和法则在船厂的应用。产品导向型工程分解的作用就在于将一个复杂的系统的总目标分解成特定任务的具体目标，并据以控制全系统的运行而达到总目标。因此，它在组织生产时总是将一个系统进行最合理的分解，而在建造过程中则又使其达到最佳的组合，从而圆满完成建造任务。

在机械行业中，成组技术是一种提高生产率的方法，即使不同的零件，在加工时也可按它们的相似特征进行分类成组，集中制造。这种组或族的基础是同一组内的所有零件均可用同一工艺制造。成组技术的应用，能提高机械设备利用率，从而使生产效率得到提高。

在造船中运用成组法则，就是要将这些中间产品，即制成的零件和各种部件，根据它们的生产问题进行相似性分类。这种分类法是目前世界上大多数有竞争力的船厂计划作业时使用的唯一方法，这可使得每一条船从合同签订到交船全过程中能够更加均衡地分配作业，甚至在大小不同、船型各异的船舶混合制造时也能较好地协调分道作业线的产量，从而在制造互不相同的中间产品过程中获得批量生产的诸多好处。

按某些产品生产特征进行分类常使零件或部件不仅与船舶设计的系统

或区域有关，而且也与按问题类型和作业阶段划分的作业过程有关。因此，产品生产特征是设计和制造两者共同特征分类的基础，应按产品生产特征分类划分任务包。任务包的划分需要一定的科学依据，也需要实践经验的积累，对于不同类型和尺度的船舶，这种划分工作具有一定共性的规律。

实施成组归类时，需要科学的编码方法。零件、部件等各种中间产品的设计和制造的特性、作业的类型、所需的资源以及产品生产特征等，都要采用一定的编码系统制定出识别代码。代码可表达零件的形状、尺寸、公差、材料以及加工类型和复杂程度，也可表达所需的其他信息。

成组分类的第一依据是产品的相似性 。在产品导向型工程分解的过程中，首先要按照任务本质的不同将船舶建造过程分成船体建造、舾装和涂装三种基本作业类型，因为它们在本质上互不相同。其次，每种类型又可再分为加工、装配两种作业。例如，将船体建造分成零件加工、零件装配、部件装配，小分段装配、分段装配、大分段装配和船体合拢七个制造级。舾装也可分为舾装件制造、配套，单元舾装、分段舾装、船上舾装等阶段。

同时，产品导向型工程分解从中间产品的角度出发将船舶分解成各种零件、部件、分段等中间产品后，按照成组技术相似性原理将其分类成组，以组为单位安排人员、设备和场地，组建成组生产单元或分道作业线，并按船体、舾装、涂装，管子、电缆等系统构成各自的作业区，达到均衡生产的目的。通常建立的有钢材预处理线、T 型材和组合材生产线、内部构件生产线、平面分段生产线、曲面分段制作区、管子生产线，以及机械单元、电气单元、舱室单元、甲板单元等舾装生产线。

装配作业的细分很自然地联系到装配区域，区域是大多数有竞争力的船厂管理系统中最基本的控制单元。区域导向型生产，即船体分段建造法已在大多数船厂中得到应用，但区域舾装则尚未普及，因为它更为复杂，较难实施。

产品导向型工程分解的第二种方式是按其所需的资源对中间产品加以分类。资源系指材料、劳动力、设备和费用。例如，不同的结构板件不论它们拟用在船的哪一部位，均依照相似的参数进行资源分类和配置。同样，不同的舾装件也照此法处理。

产品资源的定义有：

(1)材料 直接或间接用于生产的，例如钢板、机械、电缆、油类等。

(2)劳动力 直接或间接从事生产的，例如焊工、气割工、钳工、整理工、装配工、材料管理员、运输工等。

(3)设备 直接或间接应用于生产的,例如房屋、船坞、机床、工具等。

(4)费用 直接或间接用于生产的,例如设计费、运输费、海上试航费、下水庆典费等。

为了在现实条件下获得最佳生产率，一条船必须按照预先详细制订的下列两点作业计划来建造：

(1)零件及组件的各道工序应能协调，并能在规定的时间范围内将它们装配成舾装单元和结构分段；

(2)各道工序可同时制造不同的系统甚至不同船舶中各种系统的零件和组件。

第三种分类法是按照产品的生产特征,即系统、区域、类型、阶段去分类的。

它们的定义为：

(1)系统 产品的结构功能或者操作功能,即纵舱壁、横舱壁、系泊系统，燃油供给系统、照明系统等。

(2)区域 指生产对象,是产品的某一部位(如货舱、上层建筑、机舱等)划分、再划分或组合。例如一个结构分段或者舾装单元，或者只是一个零件。

(3)类型：按作业问题的相似性来划分生产的全过程。划分的依据是：

①按特征,如 曲面分段或平面分段,钢结构或铝结构,小直径管或者大直径管，管子材料等；

②按数量，如：单件加工或者分道作业线加工，机舱分段的舾装工作量或者其他分段的舾装工作量；

③按质量,如 所需工人的技术等级,设备性能等；

④按工种,如 号料,切割、弯曲、焊接、喷丸清理、装配,油漆、试验、清洁等；

⑤按其他能产生显著不同的作业问题的因素。

(4)阶段 按照生产顺序划分的生产全过程中的一部分。如 零件加工、部件装配、分段装配、大合拢、单元舾装、分段舾装和船上舾装。

过去的几十年里，造船方法的效率不断提高，主要是由于生产过程从传统的系统导向型转变为下列的区域导向型：

1)船体分段建造法；

(2)区域舾装法；

(3)区域涂装法。

产品导向型设计的特点是将产品生产特征作一连串的分类，即按总系统、各分系统、系统／区域、区域／类型／阶段成组。这些成组法分别应用在基本设计、功能设计、转换设计和施工设计中。

1.1.4 船体分道建造

船舶制造技术涉及面非常广，关键技术的创新研究具有很强的带动作用。船体分道建造技术便是其中一种。

船体分道建造(Hull Process Lane Construction)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，以减少或消除修整作业。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。分道建造的根本目的是提高整个造船系统的生产率。

分道建造技术的基本特征是：

(1)以中间产品作为分道划分的基本依据；

(2) 对各类中间产品制定平行作业的工期要求；

(3)管理方式相对独立而又全面统筹；

(4)推行标准化和专业化；

(5)保持上下分道一一对应。

“中间产品”的分解，是船体分道建造法的核心内容，是体现工艺设计思想的最重要环节。分段划分作为一种建造方案，不仅是船舶产品详细设计、生产设计符合船厂建造的前提，也是船厂建造活动的基础；所以也是船厂生产管理、生产计划、质量管理、资材管理、物流管理等部门从工厂全局考虑的主要内容。

船舶建造的过程，应根据成组技术相似性原理和通用船舶建造技术，以分道建造为主要特征进行统筹安排，将全船所有的零件、部件、系统部件和多系统模块划分成若干个族，对同一族的零部件采用相同工艺方法进行逐级加工、装配和组合，按相似工期的进度要求，先后进行零部件的批量切割、系统部件批量装配、多系统模块的批量装配组合、各类分段及总段的建造。

根据造船技术的不断发展，这些作业经由若干道生产流水线或虚拟的固定工艺流程来进行，实行分道建造。严密的工程分解，即区域导向的分段划分是控制船体分道建造法的基础和关键，对造船生产效率的影响也最大。日本有明船厂所采用的工程分解，是按七个制造级划分的。它们依次是：第一级零件加工、第二级零件装配、第三级部件装配、第四级小分段装配、第五

级分段装配、第六级大分段装配(总组)、第七段船体合拢。其间的关系如图1.5所示。

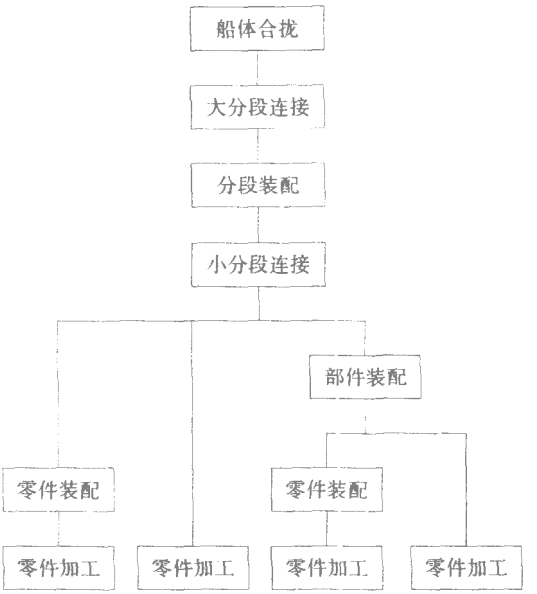


图 1.5 船体分道建造法典型制造级

船体分道建造技术是造船成组技术的关键。它是现代造船模式的基础技术和重要组成部分，船舶建造中的区域舾装技术、区域涂装技术、高效焊接技术、信息控制技术及精度控制技术，都离不开船体分道建造技术。这一技术在很大程度上决定了舾装、涂装及高效焊接的场所、时间、范围、内容和效果。按照分道的原则，各项施工作业有机地结合，就有利于实施空间分道、时间有序、壳舾一体化的现代化造船。

分道建造技术所追求的是造船的流水线化。分道建造的生产组织可以一个系列生产阶段构成一条分道生产线。分道生产线的一部分，即分道生产线中或分道生产线间邻近的几个工位可以组成一个工区。例如，生产曲面分段时，材料集中、装配、焊接和修整等工位可以在分道生产线内形成一个工区。将组合型材、内部板件和平面分段板件的号料与切割工位归并在一起，就是在分道生产线之间组成工区的例子。

分道作业是将船体按零件、部件、组件,平面分段、曲面分段、上层建筑分段来进行。它是以成组技术对船舶作中间产品导向分解的结果。工程分解形成了加工设备的成组布置，这种分道作业线的设备平面布置与传统的

对于工种导向的机群布置的方式是完全不同的。

应按船体分道建造来配置船体生产设施。由于中间产品的相对独立性，可把每条分道生产线看作是一家独立的小型分厂。每条分道生产线都具有加工某类中间产品的能力。

船体分道建造技术包含分道建造设计、分道建造计划和建造精度控制。船体分道建造技术在很大程度上决定了舾装、涂装及高效焊接的场所、时间、范围、内容和效果。

现代造船中采取分道建造的方式，是为了有效的利用时间和空间，使各项施工作业有机地结合起来，同时也为了在专业化生产的情况下，更好地实现技术上的改革与进步。

1.1.5 区域舾装

区域舾装(Zone Outfitting) 是在船舶产品设计之前先制订建造策略，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。

区域舾装遵循的是区域导向的方法，这是一种船舶设计和制造的方法。它将一艘船看成是许多区域的组合，由于各区域所存在的系统和设备的复杂程度有所不同，因此可按不同的区域采用最适宜于该区域的设计施工和制造工艺,一切设计、计划、船体建造和舾装均按船的‘ 地理区域 ’进行,设计、计划和生产三者紧密结合，建造工程的实施和谐而协调。

区域舾装突破了传统的按照船舶功能系统进行舾装的作法，舾装作业不再按系统组织，而是按照区域去计划和组织。一个区域内的所有舾装作业由一个综合施工组来完成。

区域舾装法的首要目标是简化舾装工作。其要领是尽可能将舾装作业提前，以在建造的初始阶段，即在工作安全、出入容易和较好的施工环境下完成全部舾装作业。

“ 区域 ”一词用以定义一项‘ 中间产品 ’(中间目标),它通常是待建船舶的一个立体单元。区域舾装的区域包含一组将装在其内而分属于各系统的舾装件。

舾装件的安装方式有三种：

(1)与船体结构无关，即单元舾装；

(2)当分段倒置时在甲板顶面安装，分段翻身后在甲板表面安装，即分段舾装；

(3)当船体总装时和总装后，在一个舱室内或在舱室内的一个部位，或跨及几个舱室进行安装，即船上舾装。

分段预装和单元舾装要尽可能地多，船上舾装要尽量少，最好是控制在10%以内。

区域舾装法是船舶舾装的一种革命性的变革。舾装不再是船体建造的后继工作，而是与船体建造同时进行。这种舾装法对造船周期和生产效率所起的影响是巨大的。

区域舾装中的一个重要内容是托盘集配。“托盘”一词已成为一种实用的术语，用来表达为完成按区域／类型／阶段划分的工作单元所需的全部信息和资源，是一个作业单位。“托盘”不只是用来汇集材料的一个容器，它更是一种管理思想。

就信息和资源而言“托盘”意味着：

(1)设计：图纸及其材料表；

(2)材料采办：一整套材料；

(3)生产工作量、劳动力和设备。

就工作进度计划而言“托盘”的含义是：

(1)设计：图纸及其材料表的完工和发送日期；

(2)材料采办：一整套材料的发送日期；

(3)生产：一定时期内工时和设备分配。

区域舾装的设计工作分四个阶段，它们是：

(1)基本设计：将船舶作为一个总系统进行描述。

(2)功能设计：处理各系统的管系和电缆的初步布置原理图和诸如锚泊系统等的系统图。

(3)转换设计：将系统导向型信息转变为区域导向型信息。

(4)施工设计：以工位图的形式最终确定各种细节和材料需求。

区域舾装法是将舾装作业分解成为任务包，其原则是：

(1)首先考虑船上所有系统的舾装零件，尽量扩大分段舾装的作业量；

(2)其次考虑分段内所有系统的舾装零件，尽量扩大单元舾装的作业量。

区域舾装法最重要的目标是尽量减少船体合拢时和合拢后的舾装作业

量，简化舾装工作。为了提高生产率，就要想方设法将舾装工作提前，以期在早期阶段能更安全、更容易地开展安装工作。在车间里进行单元舾装比分段舾装效率更高。而分段舾装，特别是俯位甲板顶面舾装，比船上舾装效率高得多。对这种工作能否有效地进行规划，并使之最终体现在区域／类型／阶段的工作图表中，取决于在基本设计阶段和以后整个设计过程中设计工程师与生产工程师之间的交流信息。

1.1.6 区域涂装

区域涂装(Zone Painting）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。

区域涂装法是应用船体分段建造法和区域舾装法后的必然发展。它通过涂装、船体建造和舾装一体化的方法，把传统上在造船坞或舾装码头进行的许多涂装作业转移到在此之前的制造级中去。涂装也是一个自下而上贯穿所有制造级的工艺过程。

区域涂装的顺利实施必须有下列前提：

(1)前后两道涂层的施涂间隔期必须短于前道涂层允许曝晒时间。为了极大地减少因后来的切割、装配和焊接所引起的表面二次除锈和重新涂装的作业量，每个船体分段应该做到实际上的完工。

(2)涂敷在钢板和型材上的车间底漆应不妨碍有效的切割和焊接。

区域涂装，是要将涂装作业从船上转移到各制造级施工阶段，其主要目的是：

(1)作业位置从仰变为俯或至少变为竖向，从高处变为低处以及从狭小空间变为便于出入的场所；

(2)便于使用能控制温度和湿度的厂房，特别是用于特种涂层的施涂；

(3)提供较安全的环境，不使用那些会使操作人员感到不便的特殊设备；

(4)防止建造过程中产生锈蚀和由此引起的返工；

(5)最大限度减少仅供表面除锈和涂装使用的脚手架；

(6)均衡整个建造过程的作业负荷，以免大量作业集中在最后阶段而影响按期交船。

按涂装的施工特征可根据成组特性将典型的涂装作业划分成任务包，满足各制造级中涂装作业的不同需要。在分道作业中，为了平衡计划调度