

船舶产品统一化 概 论

王 中 强 编译

国防工业出版社

前 言

造船工作者历来都注重研究船舶力学、线型和结构，谋求提高船舶性能和可靠性。但是，却不大注意改进工艺性，提高效率，用最少的消耗、最短的建造周期，建造出高质量的船舶。

提高生产效率的根本途径是机械化和自动化。造船生产的主要特点是安装装配工作量很大，其中船体装配和设备安装工作量最大，而装配工作恰恰是最难实现机械化的，因此造船业中大量存在着手工劳动。包括一些造船大国在内，造船业中的手工劳动工作量往往超过50%。所以，造船工业虽然称得上是“大工业”，其生产方式还未能脱离“小生产”的范畴。当然，造船生产的批量小，也是出现这种状况的原因之一。因而造船业极少存在专业化工厂和专业化车间。

造船自动化包括设计自动化、船体加工自动化以及安装装配自动化。在装配工艺过程中，最有效的自动化方式是建立机械化流水线。但是，待装设备和船体构件的多样化，显然与机械化流水线的能力相矛盾，万能的流水线是不存在的。

这就要求实现船舶产品的统一化，除了船舶本身（如船型）之外，主要是船体构件和船用设备的统一化。这是提高造船工艺水平，实现机械化、自动化流水作业的前提。经验表

明，在船舶及其设备的设计中广泛采用统一化的零部件（包括层次更高的组成单元），可以获得巨大的经济效益。在机械化、自动化和统一化三者之间，在一定的时期内，统一化往往起着首要的作用。其原因是：第一，统一化能够显著减少船体构件或船用设备的型式尺寸数，将单件小批生产改为中大批量生产，大大降低造价；第二，构件或设备的型式尺寸成为有限数（令人满意的有限数），可大大提高其可靠性、制造和装配的工艺性；第三，为设计、制造和装配过程的高度机械化和自动化提供了可能性。

产品统一化是标准化的一种特殊形式。一方面是因为所有产品统一化工作，尤其是产品研制中的统一化工作，主要就是在研制的全过程中贯彻标准化的原则和方法，使研制工作始终与标准化工作熔合在一起，或是从事制订标准的前期活动，或是直接贯彻标准；另一方面是因为统一化活动最终并不一定产生独立的标准，大多数仅产生或形成符合标准化原则的产品、工艺或方法。因此，如果说以制定、贯彻标准为中心的标准化活动为“显性标准化”的话，那末，统一化活动则可称为“隐性标准化”。不难看出，二者之间互为因果，互相补充，缺一不可。

由于统一化和标准化之间的内在联系，很多国家把它们放在一起，都纳入标准化范畴去研究；由于统一化与标准化之间的区别，也有相当国家把它们区分开来，并分别进行研究。有的虽然没有正式提出统一化这个概念，如西欧（主要是联邦德国）提出“结构综合”法，国际标准化组织(ISO)强调“品种控制”，实际上也是从某个侧面提出了产品及其组成单元的统一化问题。苏联存在两个学派：一派认为统一化与标准化是一回事；另一派认为统一化有自己的规律，必

须单独研究。我国标准化界对世界各国的标准化理论兼收并蓄，结合本国实际，吸收各家之长，已经初步形成了有中国特色的标准化理论。然而，争论一直是存在的。综观历届标准化学术年会的论文和标准化刊物发表的理论文章，争论的焦点主要有两个：一是“标准化原理”和“标准化原则”之争；二是“广义标准化”与“狭义标准化”之争。关于前者，称为“原理”也好，“原则”也好，它们的共同点都是把某些统一化的规律作为标准化的基本规律；对于后者，如果把广义标准化和狭义标准化看作两个数字，其差值恰恰就是统一化。不同的争论，争论焦点的实质竟然都与统一化有关！这说明，不管把统一化摆在哪里，单独研究也好，放在标准化中一起考虑也好，可以继续讨论下去。但是，统一化活动本身的存在是个客观事实，统一化能够产生巨大的经济效益是个客观事实。向统一化索取经济效益，也正是我们船舶行业（包括其它行业）的当务之急。因此，必须研究统一化的规律性。目前，国内还没有一本有关产品统一化问题的专著，于是，笔者萌生了编一本小册子的想法，这本书就算作一次尝试。书中谈的是船舶产品（CB*3243-85规定，“船舶和各类船舶设备统称为船舶产品”），显然，其基本思路也适用于其它工业产品。书中主要谈的是民船，同样，其基本原则也适用于舰船及其装备。

书中有关船用设备统一化的内容和章节是以苏联《造船业中的统一化》（Унификация В Судостроение, —Л.: Судостроение, 1985）一书为蓝本编译；有关船体构件统一化的章节主要根据文献〔1〕编写；其余章节根据所列文献和有关研究报告编写。在本书编写中，得到了领导机关和本单位领导的大力支持；在技术上得到了林鸿铮同志的帮助。

并由其审阅了全书，笔者谨向他们表示诚挚的感谢！

由于编译本书占有的资料还不够充分，论述的也不一定严谨，书中定有缺点和错误，诚恳希望同行和读者们指正。

编译者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 古代统一化活动	1
第二节 现代统一化的概念	4
第三节 产品统一化的目的	8
第二章 产品统一化的工作阶段和基本原则	10
第一节 产品统一化的开题与准备工作	10
第二节 实施阶段的基本原则	12
第三节 统一化原则的综合运用	19
第三章 船用产品的层次与统一化范围	21
第一节 船用产品的层次	21
第二节 船体构件的分级	26
第三节 统一化范围	28
第四节 统一化的充分必要条件	30
第四章 产品统一化中的参数协调与尺度协调	33
第一节 概述	33
第二节 优先数系与参数协调	36
第三节 尺度协调与模数制	43
第五章 品种控制	48
第一节 概述	48
第二节 限制性标准及其编制程序	50
第三节 产品质量指标的评定	55
第四节 简型化过程的数学模拟	61
第五节 船体结构的数学模拟	68
第六节 船体构件统一化中的极值问题	72

第六章	系列产品的优化论证	81
第一节	概述	81
第二节	参数系列的优化	83
第三节	型式尺寸系列的优化	91
第七章	船舶总体设计中的统一化	99
第一节	总体设计中的统一化对象	99
第二节	主尺度的统一化	102
第三节	船体结构尺寸的统一化	106
第四节	肋距的统一化	113
第八章	船体结构的统一化	120
第一节	零部件的统一化	120
第二节	分段的统一化	125
第三节	船体总段的统一化	128
第九章	船用产品的组合化	135
第一节	组合化的一般原则	135
第二节	电子设备的组合化	138
第三节	机械设备的组合设计和组合安装	140
第四节	管路系统的组合化安装	142
第五节	基型产品的论证与选择	144
第十章	模件化造船	149
第一节	安装单元的合并扩大	149
第二节	模数组合法	153
第三节	西方国家模件化造船简况	158
第四节	苏联模件化造船概况	160
第五节	日本模件化造船概况	166
第六节	模件化原则	176
第十一章	统一化的效果及其评定	182
第一节	统一化熵的基本概念	182
第二节	统一化指标	185

第三节	计划、规划阶段的统一化指标	193
第四节	技术任务书中的统一化指标	195
第五节	初步设计阶段统一化指标的估算	199
第六节	统一化的经济效果	208
参考文献		214

第一章 绪 论

第一节 古代统一化活动

“统一化”是在“统一”一词的基础上产生的。“统一”字样最早出自汉书[●]，意思是归于一，部分合为整体。自然，所谓统一化，也就是使事物“归于一，部分合为整体”的活动。在西方语言中，“统一化(unification)”源于拉丁词“unis(一)”和“facio(作)”，显然，其含义也是“归于一”。

统一化是由于社会生产活动和经济活动的需要而产生并逐步发展的。

春秋战国时期，各诸侯国之间的货币互不统一，形状、尺寸、钱文、轻重都不相同，品种有布币、刀币、蚁鼻钱、圆形钱等等。其中，有方孔、圆孔、无孔之分，重量从4克到40克不等。到战国末期以至秦朝初期，除了本身具有实用价值的布币（秦“金布律”规定：布长8尺，幅宽2尺5寸）而外，作为货币流通的主要是圆形钱，且主要以方孔圆形钱为主。从总体上看，“方孔”、“圆形”这两大几何要素得到了初步统一。尽管后来又有其它形式钱币出现，但随着规格尺寸的逐步完善，方孔圆形钱一直沿用了两千年。

统一化的出现是社会发展的规律。但人类认识了它的意义和作用之后，自觉地推行统一化，对促进社会生产的发展更具有重大意义。我国是世界上最早认识到统一化的重要意

● 汉书九六下西域传赞：“西域诸国，各有君长，兵众分属，无所统一”。

义并把统一化作为社会政治活动和经济活动原则的国家之一。每个朝代，都有根据当时社会生产发展需要，自觉地、能动地推行统一化的大量实例。

秦始皇统一中国，推行书同文、车同轨，统一度量衡，统一驰道，是世界文明史中规模最大的统一活动。这对后来中国的政治统一和经济发展产生了无可比拟的影响。

长城的修建不但反映了我国古代劳动人民的建筑工艺水平，也说明了我国古代建筑标准化和统一化已经达到了很高的水平。据资料记载，长城东半部的墙高、宽、垛口尺寸以及所用的砖，规格都是统一的。如，城墙下宽1丈8尺，顶宽1丈6尺2寸，垛口高6尺，女墙高3尺。

车辆的统一化。春秋时期，各诸侯国的车辆就已基本统一。有关车的品种、等级、结构、零部件、尺寸、材质等都有统一规定。如兵车和官车的车轮周长为6尺6寸，田车为6尺3寸。

河南渑池出土的汉代方形铁砧与河北满城出土的方形铁砧，其结构、形状、规格和化学成分基本相同，可见其制造标准是统一的。

有关典籍中记载的统一化事例也很多。如，《周礼·考工记》中，对当时车辐条加以统一：“辐条三十根，以象日月”；秦律“工律”中规定：“为器同物者，其大小、长短、广，也必等”。《营造法式》和《工程做法则例》中，都统一规定了木材的规格尺寸。在《工程做法则例》中，甚至运用了模数原则。它规定：有斗拱的建筑，其大木作以斗口为标准单位（基本模数），没有斗拱的房屋以柱高为基准（倍模数），其他尺寸随之而定（倍模数或分模数）。难以作出结论的仅仅是所订斗口或柱高的尺寸是否为整数而已。

值得注意的是,在我国古代统一化事例中,有很多已不是简单地把统一化对象“归于一”,而是归于一体。把众多相似事物统一成一体,属于统一化活动的高级形式(系列化),是现代统一化的一个重要特征。

《周礼·考工记》对车辐条作出规定后,到战国时期,车辐条数已从30根演变为25、26、28、30、34、44根6种。对照一下优先数系,竟然与R40系列基本一致。所以,我们没有理由认为这是由统一化向多样化的倒退,就算仅仅是某种巧合,我们也应该把它理解成统一活动的深化,即由简单地“归于一”进而“归于一体”。至少应该说这是系列化的萌芽。

汉代车辆使用的轴承,能充分说明人为系列化的出现。从出土的六角轴承来看,相对两边垂直距离即径长的尺寸共有17种,最小的6.5cm,最大的15.5cm,公差恰为0.5cm。十分明显,这是一个等差系列。

古代西方国家也有很多运用统一化方法的例子。

在建筑业中,很多古国在设计尺寸和建筑材料尺寸上都运用过统一化方法。例如,古埃及建筑金字塔的石块尺寸是统一的;比较发达的古国秘鲁、墨西哥、埃塞俄比亚以及埃及,建筑用砖的统一都出现得比较早;古代日本造民房也运用过类似现代模数的方法。他们按照国内个子最高的居民使用的“塌塌米”尺寸规定建筑结构材料的尺寸,预先加工出类似模件的构件,然后组建房屋。

古罗马在建造供水网时规定了统一的水管直径(约95mm),禁止其它直径的管子接入城市供水网。

在中外造船史中,也不乏采用统一化方法的例子。

古威尼斯的商船和战船建造,我国明代郑和下西洋时建

造的宝船，都运用了统一化方法。当时的建造工艺实际上已经形成一种统一的通用流程，全部组成单元——船体、桅杆、帆、舵、桨等基本上实行了统一化，因而形成了统一工艺流程的基础。威尼斯造船利用专门的运河作为流水线，船舶由船台下水进入运河，船体紧靠着两岸，沿岸的场地上按顺序摆满准备装船的安装件，船一面向前划，一面安装，直至装完。在整个建造周期中，甚至还可以同时完成装载航行用品和升旗工作。

俄国彼得一世时代，在为第二次亚速海航行建造船只时，也运用了一些统一化方法。在建造前，首先选出满足海战需要的帆桨大船作样板（相当现在的原型船），运到莫斯科郊外的木材工厂，按样板尺寸加工出全套组成部件，以半成品形式运到位于瓦隆涅什（Воронеж）的造船厂，再组装成船舶。

现代机械、电气设备中，作为紧固件的螺钉和螺母，在其刚刚出现时，完全靠手工刻制，螺纹深度和螺距完全由操作者掌握，直到焦耳研究制订了统一化螺纹体系之后，才得以保证螺钉螺母的互换性，与制造的时间和地点无关。这一体系的普及运用，为机械制造业的发展奠定了基础。

综上所述，从历史角度看，所谓统一化，主要是在社会经济和生产活动中，以获得经济效益、节约物质资源和时间资源为目的，把同类事物“归于一”或“归于一个体系”的活动。

第二节 现代统一化的概念

现代统一化是脱胎于古代统一化的，所以它继承了古代统一化的基本特征，即在社会经济活动中进行使某些基础要

素（如术语、单位制、接口尺寸等）“归于一”的活动。所不同的是，现代统一化的对象要广泛得多，内容要深刻得多。其中最主要的对象就是工业产品。

现代文明的基础是工业化大生产。迄今为止，全世界的工业产品有多少品种（多少种型式、多少种规格）谁也说不清。甚至连同一种功能和同一种用途的产品有多少品种也难说得清。人们通常把功能和用途相同、结构型式和规格尺寸不同的产品大量存在的现象称为“多样化”。

对于功能和用途相同的产品的多样化，用户是欢迎的。它可以根据需要，选择参数值与实际要求非常接近的产品，使产品使用的经济效益最佳。

至于生产者，甚至整个社会，则显然是反对的。功能、用途相同的产品的多样化，失去大生产的优越性，必然导致成本增加。

解决矛盾的唯一出路就是统一化。显然，这里的所谓统一化，绝不是简单地“归于一”，把多样化的产品统一成一个品种、一种结构型式、一个规格尺寸，而是兼顾消费者和生产者的利益，对于产品的品种、型式和规格，一方面要为不同的消费者提供足够宽广的选择机会，一方面要适当压缩，抑制它的多样化程度，以利于工业化大生产，降低造价。统一化的结果是获得一个最佳的品种系列、最佳的型式尺寸系列。这种统一化，实际上归结为品种控制和型式尺寸优化。其核心是使产品变型数目合理化。

船舶是一种大型的复杂产品，由船体和配套设备两大部分组成。就设备的复杂程度而言，从简单的零部件级（如阀门）到大型成套装置（如船舶动力装置），品种规格非常繁杂。加之为了满足某些特殊要求，往往不得不单件生产一些

设备，使得设备的品种规格有增无减，导致造价上升。就船体而言，它属于一种大型结构件，由众多的结构零件、部件组成分段、总段，最后组成船体。船舶有很多种类型，为了适应各类船舶的“个性”，各式各样的设备应运而生，各式各样的船体构件纷纷出现。于是，又再现了如上所述的多样化。因此，必须从整个船舶行业入手，综合考虑各级船舶配套设备和各级船体构件的统一化问题，其实质是，在各类船舶中，使功能用途相同或相似的组成单元（简称为组元）的变型数目合理化。

综上所述，现代统一化的主要对象是产品，产品统一化的核心是控制其品种、型式和规格数目，使功能和用途相同或相似的产品变型数目合理化。

本世纪初，一些工业发达的国家就已经在生产中开展了统一化活动（主要在机械行业），现在已普及到各行各业，并积累了一定的经验。当人们逐步认识到统一化的经济效益之后，开始注意研究统一化的理论，并运用数学工具揭示产品统一化的内在规律，解决产品统一化的计算问题。几年前，国外把电子计算技术引入产品统一化，使统一化在理论上和实践上有了一个飞跃。但是，到目前为止，作为一个理论体系，还很不完整，只能说初步搭起了一个框架。

关于产品统一化，国外有很多种定义。苏联国家标准（ГОСТ23945.0-80产品统一化基本原则）给出的定义是：

统一化——规定产品变型的合理数目，在此基础上，使产品达到统一。

这个定义概括强调了统一化活动的共性，具有很大的容量。由这个定义可以看出，统一化有很多种形式，既可以是个别的、暂时性的带有规定性的活动，如规定必须使用某种

产品,不准使用某种产品,或者限制产品及其组元的规格以及原材料的规格等等,又可以是一个大规模、长时间的 活动,如建立某种统一化的产品序列,对其合理性与优化程度加以论证等等。

然而,由于思维逻辑和语言表达方式的差异,不能不看到,直译的苏联关于产品统一化的定义比较令人费解。下面按照汉语语言习惯和我国的实际情况来定义产品统一化:

“产品统一化”就是通过规定产品变型的合理数目,使同类产品达到统一的活动。

定义中,所谓产品,是指生产制造方以商品形式向市场或用户提供的制成品或制成品的组合。产品有简单的,也有复杂的,其程度不等。很多复杂产品的组成单元都是一些独立的产品。

所谓产品变型,是指产品的型式变化或规格变化。

所谓同类产品,是指结构、功能、用途相同或相似的产品。

所谓统一,如前文所述,不但可以“归于一”,而且可以“归于一个体系”。对产品而言,后者的情况居多。所谓体系,可以是产品的结构型式体系,可以是规格尺寸体系,也可以是功能参数体系,甚至可以是某种数系,等等。

在这些说明性文字的基础上,应进一步理解。不难看出,产品统一化的实质是使产品变型建立一定的秩序。至于建立秩序的目的和意义何在,将在后面逐步展开讨论。

第三节 产品统一化的目的

如上节所述,统一化的主要对象是产品,核心内容是使

产品变型的数目合理化。所谓产品变型，主要指产品的型式变化和规格变化。

产品型式规格（人们经常称为“品种规格”）的合理化问题，实际上是个优化问题。即在一定的约束条件下，根据一定的判据评定产品的效益与生产费用的关系，选择相应的产品方案。

实现产品统一化，一方面要在产品设计和制造中运用统一的技术方案，另一方面又要减少产品的型式规格，减少结构功能相同或相似产品的变型数目。两个方面既矛盾，又统一。减少产品型式规格的目的是提高生产率，增加产品的批量，相应提高产品的专业化生产水平，不去注意产品使用中的兼容性和互换性问题；而结构方案的统一，在于保证新产品研制中的结构继承性，进而在一定程度上加强生产效果，确保产品的互换性和兼容性。

对于船舶行业来说，任何产品都可以作为统一对象，从最简单的零件开始，一直到最高层次的部门级产品——整船。产品统一化的基本效益既可在其生产阶段获得，也可在其使用阶段获得。统一化工作并不限于任何特定阶段，设计阶段可以进行，生产阶段也可以进行。

实行统一化工作的基本目的是：

缩短产品设计时间、生产准备时间、制造时间以及维修保养时间，加快工业部门科学技术进步的速度；

在设计和生产中，创造各种条件，保证产品使用中组成零部件的互换性；

减少产品研究设计、生产、使用和维护保养过程中的费用，提高经济效益。

为达到上述目的，需要开展多方面的统一化工作。例如，

对于新设计的或改型设计的一组产品，首先可以利用相同的组成单元，事先设计并预制完备的统一化组成单元；第二，选定基型产品；第三，制订参数和结构统一化的产品系列；第四，规定许用制品和材料的品种规格等等。