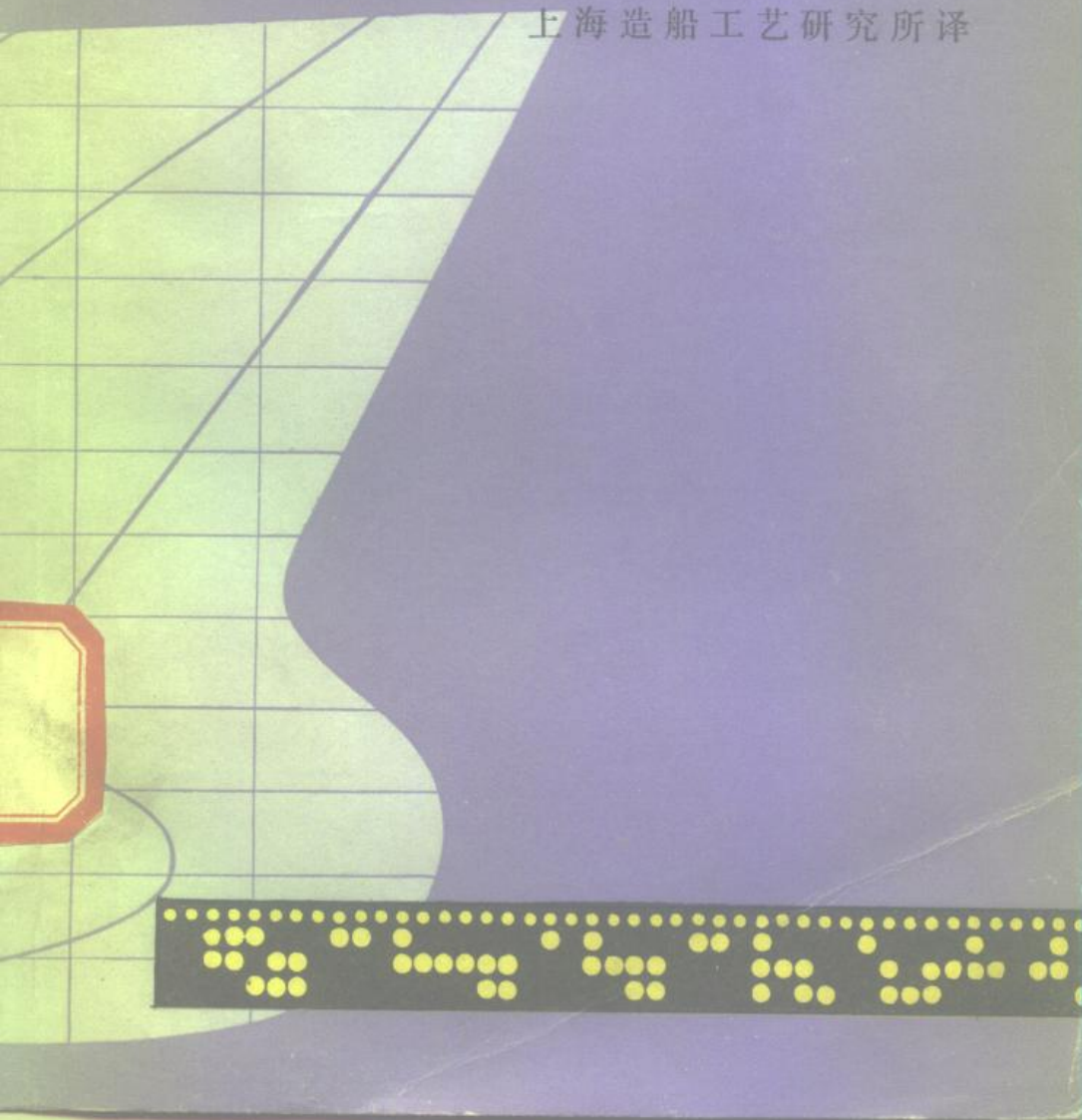


造船数控技术

上海造船工艺研究所译



造船数控技术

日本造船学会·数字控制委员会 编

上海造船工艺研究所 译

上海人民出版社

造船における NC 技術
(社)日本造船学会・数值制御委員会 編
産報株式会社
東京・1972

造船数控技术
日本造船学会・数字控制委员会 编
上海造船工艺研究所译
上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)
新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷
开本 787×1092 1/32 印张 9.875 插页 1 字数 213,000
1976年9月第1版 1976年9月第1次印刷
统一书号: 15171·214 定价: 0.67 元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

译者序

“无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。”我国造船工业,通过伟大的无产阶级文化大革命,狠批了刘少奇、林彪的反革命修正主义路线,毛主席的革命路线更加深入人心,广大工人和干部,坚决贯彻**“独立自主,自力更生”**的方针,大打造船工业翻身仗,在短短的几年里,万吨轮已经造成了几十条。不仅产量提高,质量也大大提高。

随着社会主义革命和社会主义建设需要的不断增长,对造船工业在产量、品种、规格、质量等方面都日益提出更高的要求,这就要求造船工业进行技术改造,扩大应用新工艺、新技术。文化大革命以来,很多新工艺、新技术得到推广应用,并已获得丰硕的成果;其中,电子计算和数控技术的研究和应用,也已取得可喜的成就,数学放样、数控绘图、数控气割、数控弯管等都已获得实际的应用。新工艺、新技术的应用,使造船速度大大加快,质量不断提高。

对于技术革新和技术改造,我们必须坚决遵照伟大领袖毛主席的教导:**“自力更生为主,争取外援为辅,破除迷信,独立自主地干工业、干农业,干技术革命和文化革命,打倒奴隶思想,埋葬教条主义,认真学习外国的好经验,也一定研究外国的坏经验——引以为戒,这就是我们的路线。”**我们研究外国的技术,以为发展我们的技术的借镜,但决不可以变成替代自己的创造,更不能盲目搬用,而应当以我们的实际需要为基

础,批判地吸收其中有益的东西。

我们翻译的这本《造船数控技术》,是日本造船学会数字控制委员会组织编写的一本造船数控技术的一般性基础读物,书中叙述的数学放样一些基本的解析方法,以及进行数控绘图、数控切割的数控系统在图形处理上的安排和考虑方法,可供我们在发展自己的数控系统时作参考。

列宁指出:“在资本主义社会里,技术和科学的进步意味着榨取血汗的艺术的进步。”本书作者把数控技术主要看作“一种节省劳动力的有力武器”也是必然的。在考虑应用数控技术的效果时十分强调补偿“人工费用的上涨”的经济效果。一切为了利润,节省劳动力是为了减少人工费用,新技术的采用,带来的是工人失业。这种观点必然会影响到数控系统的安排设想。我们是社会主义国家,我们采用新技术,是为了巩固无产阶级专政,提高社会主义建设的速度,增加生产,提高质量;同时减轻劳动强度,保护工人健康。在参阅本书时必须注意到这种在思考问题出发点上的根本区别。此外,本书对日本的数控技术也有一定程度的吹嘘,这些也是值得我们注意的。

由于我们对马列主义和毛泽东思想学习得不够,对本书的评价还很肤浅,译文中也有某些缺点,希读者提出批评。

本书翻译过程中,承上海船舶运输科学研究所和上海市科技情报研究所有关同志协助,特此表示感谢。

一九七六年六月

原 编 辑 方 针

在船舶、飞机、车辆等外形由光顺曲面构成的结构的加工、制造时,要表示出各部分的加工尺寸是非常复杂的,所以一向广泛借助样板来进行加工。

本书以各造船企业正在使用的数控技术为基础,通俗地介绍应用数控技术来加工这类结构的方法。具体地说,将叙述进行船体设计线型图的光顺、结构各部分正确形状的数字化时,用数控自动绘图或从绘图到切割的数控系统在图形处理上的软件的考虑和解决办法、数字化所需的解析方法,或整个系统的安排方法,运营方法等等内容;为了有助于生产系统的合理化,本书还附带介绍与造船有关的各种装备。此外,卷末还附有基础运算等主要公式、数值计算解法和编制程序时的注意事项等,以供编制程序时的参考。在编写本书时,不仅考虑到造船厂的生产设计、放样等担负图形处理的部门的工作人员能看得懂,而且要使一般的设计、现场施工管理人员和技术人员也易于理解,以期能充分发挥这种数控系统在实际应用中的作用。当然,在以本书为参考从事新的研究时,基本的程序技术(例如 FORTRAN 等)的基础知识是必须具备的。

本书所用的造船术语,原则上以《学术用语集船舶工学编》为准,为便于读者理解,下面概述造船图形形成的顺序。

造船工程上一般有基本设计、工厂设计和生产设计,使生产上所必需的图形逐步具备具体的尺寸。

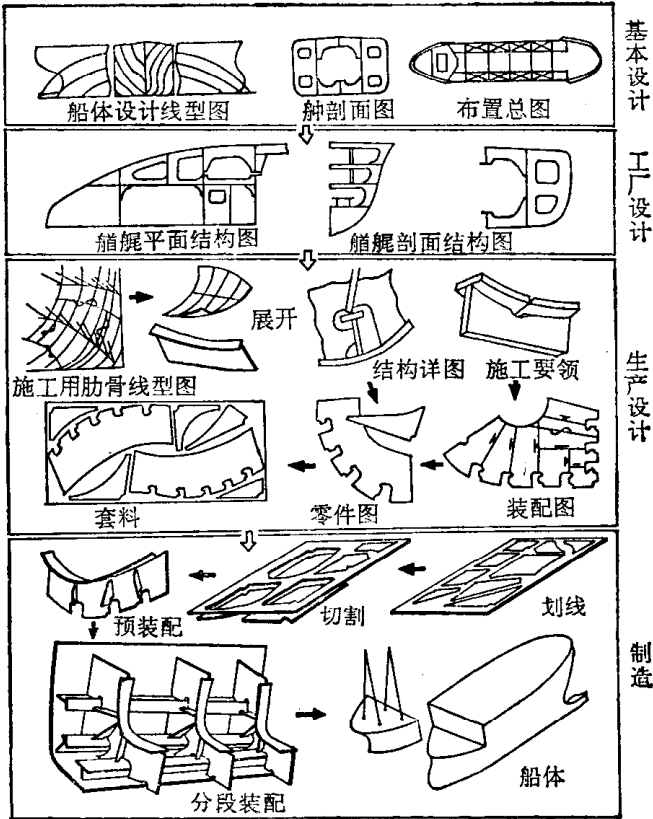
基本设计内容是:选择船型,提出设计技术任务书,绘制

布置总图、船体基本结构图(舢剖面图等)和设计线型图等。

工厂设计的容是：根据基本设计的图纸，选定典型的结构，绘出详图，并决定结构的主要尺寸。

生产设计内容是：根据以上图纸计算出加工时所需要的详细尺寸，对设计线型图进行光顺，绘制标有结构线的施工用肋骨线型图，按照加工标准和施工要领，绘出构件实际形状，画出展开图及决定弯曲加工样板的尺寸等。

上述顺序可用图概略表示如附图 1。



附图 1 从船体设计到制造完成

目 录

译者序

原编辑方针

第一章 造船工艺中应用数控技术的发展过程.....	1
1.1 数控加工方法	1
1.2 数控应用的发展过程	3
1.2.1 造船生产的数字控制化	3
1.2.2 数控用硬件的发展	4
1.2.3 造船数控用软件的发展	5
1.2.4 新的数控技术	7
1.3 应用数控技术的效果	7
第二章 图形处理语言.....	10
2.1 概述	10
2.1.1 何谓图形处理语言	10
2.1.2 图形处理语言的由来	11
2.1.3 图形处理程序	16
2.2 图形元素	16
2.2.1 曲线和复合曲线	17
2.2.2 点	19
2.2.3 直线	21
2.2.4 圆	22
2.2.5 曲线	24
2.3 语言的构成	26
2.3.1 语句的种类	26
2.3.2 几何图形描述语句的种类	37

2.3.3 语句与子程序	37
2.4 图形处理程序的设计	40
2.4.1 图形处理程序的分类	40
2.4.2 图形处理程序设计上的注意事项	46
第三章 船体线型图	50
3.1 概述	50
3.2 光顺	50
3.2.1 数值光顺的意义	50
3.2.2 船体的数学表示	51
3.2.3 光顺性的判别	61
3.2.4 光顺的方法	63
3.2.5 样条曲线在实船上的适用性	74
3.3 板缝布置	79
3.3.1 板缝布置方法	79
3.3.2 在实船上的应用	82
参考文献	83
第四章 展开	87
4.1 展开作业分类	87
4.2 与线型图有关构件的展开	91
4.2.1 外板的展开计算	91
4.2.2 外板弯曲加工样板尺寸的计算	104
4.2.3 肋骨的展开计算	106
4.2.4 外板装配胎架尺寸的计算	113
4.2.5 吃水文字的展开计算	117
4.3 派生构件的展开	120
4.3.1 开口形状的计算	120
4.3.2 防挠材尺寸的计算	122
4.3.3 肘板形状的计算	124
4.3.4 面板尺寸的计算	126

4.4 独立构件的展开.....	127
4.4.1 筒形体与各种面的贯通形状.....	127
4.4.2 平面上各种面的剖面线.....	130
4.4.3 平板展开.....	132
参考文献	135
第五章 数控系统中的数据管理	137
5.1 造船数据的管理.....	137
5.1.1 造船数据的特点.....	137
5.1.2 造船中新的数据管理方法.....	138
5.2 图形处理系统的外存贮器.....	139
5.2.1 外存贮的方法.....	141
5.2.2 外存贮器的设计.....	147
5.2.3 外存贮器的制作顺序.....	151
5.3 外存贮器用的记忆装置.....	151
5.3.1 卡片和纸带.....	151
5.3.2 磁带.....	152
5.3.3 随机记忆装置.....	152
5.4 外存贮器的运用.....	152
5.4.1 外存贮器的处理程序.....	152
5.4.2 外存贮器的更新和保管.....	153
5.4.3 外存贮的舍弃.....	153
5.5 数据库.....	154
5.5.1 数据库的设想.....	154
5.5.2 数据的结构.....	155
参考文献	159
第六章 从船体结构的制图到制造的应用	161
6.1 处理系统的流程.....	161
6.1.1 造船放样的流程.....	161
6.1.2 新的处理系统流程.....	163

6.2	结构图形的定义	166
6.2.1	程序设计图	167
6.2.2	图形的定义	169
6.3	钢板套料	172
6.3.1	粘合法	173
6.3.2	人工算法	173
6.3.3	用电子计算机作图形旋转计算的方法	174
6.3.4	用电子计算机作图形旋转和移动计算的方法	175
6.3.5	只用电子计算机套料的方法	176
6.3.6	人机对话的方法	176
6.4	数控切割	177
6.4.1	同时切割和多头切割	177
6.4.2	加工信息	180
6.4.3	坡口切割	180
6.4.4	切割端点	182
6.4.5	防止热变形	183
6.4.6	切割次序	183
6.4.7	过桥线	184
6.4.8	割缝宽度的修正	185
6.4.9	公共线切割	186
6.4.10	数控号料	186
6.5	其他方面的应用	187
6.5.1	型钢号料上的应用	187
6.5.2	型钢切割上的应用	188
6.5.3	型钢弯曲加工上的应用	188
6.5.4	外板弯曲加工上的应用	189
6.5.5	曲面外板拼接上的应用	190
6.5.6	管子加工上的应用	191
6.5.7	其他方面的应用	191
	参考文献	192

第七章 数控执行机构	193
7.1 控制装置	193
7.1.1 数控装置的分类	194
7.1.2 指令带	195
7.1.3 数控装置的性能	203
7.1.4 电子计算机控制	207
7.2 伺服机构	212
7.2.1 伺服电机执行机构	212
7.3 数控机床	216
7.3.1 数控绘图机	216
7.3.2 数控气割机	221
7.3.3 坐标读取机	228
参考文献	230
第八章 电子计算机和外围设备	231
8.1 概述	231
8.1.1 电子计算机的诞生	231
8.1.2 应用技术	232
8.1.3 电子计算机与数值通信	236
8.2 电子计算机的组成	237
8.2.1 运算控制部分	237
8.2.2 记忆部分	242
8.2.3 输入、输出控制部分	243
8.2.4 外围设备	244
8.2.5 小型电子计算机	264
附录一 图形处理用的基础运算公式举例	266
附录二 立体解析几何的主要公式	277
附录三 数值计算的解法	282
附录四 编制数值计算程序的注意事项	290

造船工艺中应用数控技术的发展过程

1.1 数控加工方法

1952年以来,数控技术已经成为生产自动化的有力手段而得到迅速推广。甚至一向看作综合性生产典型、认为很难实行自动化的造船工业,也可从图 1-1 看到数控机械的设置正在迅速增加。

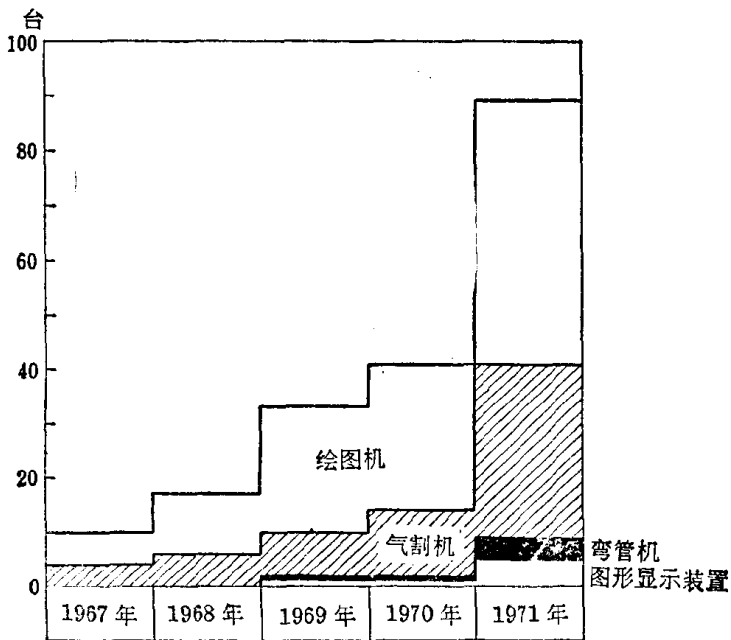


图 1-1 数控机械的设置台数(按日本主要造船厂统计)

数字控制是一种使加工机械按照数字指令进行动作的方法。用数值作为控制手段，必须通过以电子数字计算机为中心的电子机器来实现。

因此，在数控技术迅速普及的背景下，使用电子计算机的信息处理技术的发展，当然起着重要的作用。电子计算技术在生产现场的应用一般有如下几个发展阶段：

- (i) 控制单一加工机械；
- (ii) 控制多台加工机械及其生产线；
- (iii) 全部生产过程的控制。

在这个发展过程中，数控技术成为有力的武器是能充分预计到的。

自古以来，制造产品的工作总与数值有着密切的关系。例如成衣铺先要计量身高、肩宽、胸围等，然后按量得的尺寸制成衣服。但是在裁制过程中，还有难以用数值表示的体型和感觉、裁制者的经验和判断等等各种因素。

一般，人们在生产操作中，须要附加进这类数值以外的信息的情况是常见的。可是，若要通过电子数字计算机来进行操作，就必须把全部生产程序加以数字化，并预先贮存起来。为了简化这种复杂的工作，就必然要求研究数控用的软件。

1965 年以来，出现了 APT(自动编制刀具控制程序用的通用标准语言)系统。这是作为通用数控加工系统而配备齐全的体系，其基本概念也用于以后发展起来的各种系统。现以 APT 为例来说明数控加工的顺序如图 1-2 所示。

生产作业是以设计图为基础，先用预先决定的语言(图形处理语言)来记述生产作业内容，记述下来的称为部件程序。

部件程序包括下述内容：

- (i) 表示零件的形状；

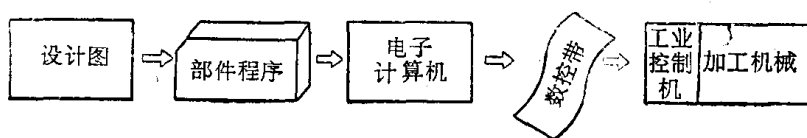


图 1-2 数控加工的顺序

- (ii) 加工机械动作指令;
- (iii) 算术运算指令;
- (iv) 系统的控制; 等等。

把这些指令输入电子计算机中, 由预先贮存的处理程序进行解析, 再翻译为输送给机器的指令, 并以纸带等形式输出。然后把这种数控带输入工业控制机, 于是加工机械就能自动地加工出零件。

这样的数控加工系统, 虽具有能通用于各种生产作业的便利, 但是为了进一步提高数控效能, 有很多地方还必须研制特定生产作业专用的数控系统。

1.2 数控应用的发展过程

1.2.1 造船生产的数字控制化

船体是由钢板、型钢等构成的板架结构, 其形状由相似船型的实验数据确定, 并用模拟的船型线型图表示出来。线型图及船体基本结构图经过放样以后, 就成为加工和装配用的图纸。该图纸一部分用尺寸表示, 而大部分是用图形表示的。

这种方法的优点是, 工人对于具有复杂曲面的船体零件的加工比较容易理解。但另一方面, 则要求放样工及加工、装配工有高度熟练的技术和知识。要弥补这一缺陷, 就应致力于解决模拟表示的实形图的机械化绘制, 以及按图形进行钢板、型钢的号料、切割、弯曲加工的机械化问题。

五十年代初,实尺放样为 1/10 比例放样所代替,普及了用光学放大投影在钢板上进行号料的光学号料法。

此后,又发展了用这种投影图在钢板上直接进行照相冲晒的电印号料法、光电跟踪气割机及按钢板上所划线条进行自动光电跟踪切割的气割机等技术。这些技术简化了以前的

模拟方法,使在放样台或钢板上进行的工作为桌上工作所替代。

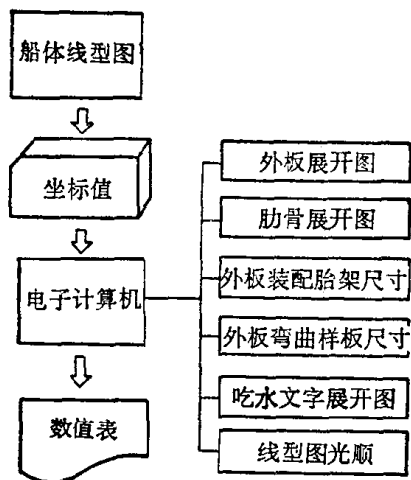


图 1-3 电子计算机
放样系统之一例

大型电子计算机的出现,及其应用技术的发展,促进了从船体线型图、基本结构图到自动完成结构图上那种复杂曲面及其展开图的数字化系统的研究。

这种系统的功能,如图 1-3 所示,是把从船体线型图上读得的所需点的坐标

值,输入到电子计算机中进行各种运算,并将其结果列出数值表。在六十年代,这种方法大体上已经在各造船厂中应用。

1.2.2 数控用硬件的发展

1965 年,日本造船工业初期应用的数控设备——坐标读取机开始在生产上使用。用这种坐标读取机可读取设计图上的坐标值,使图形信息数字化,并能够按运算结果标出坐标点,这样开始了用一系列数据进行图形处理工作的机械化。

五十年代出现的自动绘图机,是一种把电子计算机的数字输出变成图形输出的设备;到了六十年代,又采用脉冲电动