

中华人民共和国船舶行业标准

FL 1520

CB 1412—2008

鱼雷产品数字样机要求

Requirement of digital prototype to torpedo product

2008—03—17 发布

2008—10—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

目次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 数字样机的分级和分类	2
4.1 样机分级	2
4.2 样机分类	2
5 一般要求	2
5.1 设计和开发策划	2
5.2 使能工具	2
5.3 标准化	2
5.4 集成性	2
5.5 简化要求	2
6 数字样机构建要求	3
6.1 总体设计要求	3
6.2 设计样机构建要求	3
6.3 分析样机构建要求	7
6.4 专用样机要求	9
7 数字样机测试分析要求	10
7.1 测试分析内容	10
7.2 测试分析安排	10
7.3 测试分析中的更改控制	11
7.4 可检查性要求	11
8 数字样机技术状态管理要求	11
8.1 数据管理	11
8.2 审批与发放	11
8.3 更改	11
附录 A (资料性附录) UG 软件环境中机械 CAD 建模示例	13

前 言

本标准的附录A为资料性附录。

本标准由中国船舶重工集团公司提出。

本标准由中国船舶工业综合技术经济研究院归口。

本标准起草单位：中国船舶重工集团公司第七〇五研究所。

本标准主要起草人：方同祝、张保安、周瑾、王瑜、殷宗会、王亚兰、李向军、徐蕾。

鱼雷产品数字样机要求

1 范围

本标准规定了鱼雷产品数字样机的构建、测试分析和数据管理的要求。
 本标准适用于鱼雷产品研制过程中设计数字样机（以下简称设计样机）、分析数字样机（以下简称分析样机）和专用数字样机的构建、测试、分析和数据管理、技术状态管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 5271.24—2000 信息技术 数据元和交换格式 信息交换 第24部分：数据元和交换格式 信息交换
- GB/T 14689 技术制图 图样比例
- GB/T 19000—2000 质量管理体系 基础和术语
- GJB 531A—2004 鱼雷通用规范
- GJB 3206 技术状态管理

3 术语和定义

GB/T 19000—2000 GB/T 5271.24—2000 GJB 531A—2004 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

鱼雷产品数字样机 digital prototype
 在一定程度上集成了鱼雷产品的物理特征等制造信息、物理特性和工作特性信息的计算机数字化模型系统。

注：鱼雷产品数字样机可以是鱼雷的，也可以是鱼雷的组成部分，或由不同特征信息的数字化模型共同组成。

3.2

设计样机 design digital prototype
 作为制造系统输入的、定义产品物理特征以及制造要求信息的计算机数字化模型系统。

注：设计样机通常包括：机械CAD模型及其数据、电子CAD模型及其数据（不包括专门用于电路特性分析所建立的分析模型）、程序性设计和计算机软件及其数据、其它制造信息。

3.3

分析样机 analysis digital prototype
 用于分析和测试产品特性的计算机数字化模型系统。

注1：分析样机一般在设计样机的基础上，补充定义产品内部相互之间、产品与外部之间的相互作用关系。

注2：产品分析样机可以包含和引用某一状态的产品设计样机。

3.4

参数域模型 parameter domain model

根据物理作用关系，主要描述产品各种特性参数之间的相互传递和约束关系的产品分析模型。参数域模型典型应用是指导设计参数的选取、参数化设计和参数域寻优。

3.5

时间域模型 time domain model

根据物理作用关系, 主要描述产品相对于边界条件、初始条件以及输入随时间变化的分析模型。时间域模型的典型应用是数学仿真测试。时间域模型也可称之为仿真模型。

4 数字样机的分级和分类

4.1 样机分级

鱼雷产品数字样机(以下简称数字样机)按规模和装配层次划分为下列级别: 全雷样机、舱段样机、系统样机、单元样机、组件样机。划分原则如下:

- a) 按产品标准化大纲或总体方案设计确定的产品组成进行分级;
- b) 根据需可按装配结构、功能和信息关系, 补充划分单元样机, 单元样机一般为组件以上层次, 可跨舱段、跨系统划定;
- c) 各级样机根据建模和分析需要可以有不同的简化配置, 但应相对完整、具有独立的功能, 零部件模型不宜单独作为样机。

4.2 样机分类

样机按最终用途划分为: 设计样机、分析样机、专用数字样机。专用数字样机又可分为培训教学专用样机、制造系统专用样机等。

5 一般要求

5.1 设计和开发策划

数字样机的构建、测试分析应按照质量管理体系的要求进行策划和控制, 并对设计输入文件的形式提出下列要求:

- a) 构建范围要求: 规定数字样机构建的层次、内容和总要求, 可指定全雷样机、部分舱段样机等级别、内容和类别;
- b) 测试分析要求: 规定数字样机测试的层次、内容和总要求, 可指定产品总体、系统等级别的产品特性或具体预测项目;
- c) 集成制造总要求: 按产品研制需求, 设计系统与制造系统协调确定产品 CAD/CAPP/CAM 集成制造范围、产品设计模型和产品制造模型共享和集成关系、工程预发放要求。

5.2 使能工具

用于数字样机的构建、测试分析、数据管理的各种使能工具, 包括机械CAD/CAE、电子CAD、产品数据管理(PDM)系统等应用软件(平台), 应与规定的建模范围和测试分析内容相适应, 并满足以下要求:

- a) 应使用确认的应用软件(平台), 包括软件版本;
- b) 以扩充应用软件(平台)的功能和信息内容为目的的软件开发应满足 6.2.3 的要求。

5.3 标准化

数字样机的构建、测试分析和数据管理应满足下列标准化要求:

- a) 产品设计标准化要求(产品设计各相关专业领域的标准、规范和要求, 产品标准化大纲等);
- b) 针对使能工具制定的规范和要求;
- c) 针对设计建模、测试分析方法制定的规范和要求;
- d) 针对产品型号制定的规范和要求。

5.4 集成性

数字样机的构建和测试分析应满足下列集成化要求:

- a) 应确定模型系统集成的途径和方法, 逐级细化详细要求;
- b) 应按全雷或上一级样机的集成要求进行。

5.5 简化要求

在保证产品质量一致性、样机测试分析有效性的前提下，数字样机的构建和测试分析可合理简化。

6 数字样机构建要求

6.1 总体设计要求

6.1.1 设计内容

数字样机的总体设计应包括下列内容：

- a) 确定数字样机参数化建模和优化技术方案，规定总体和需重点优化的设计参数的定义和参数化设计要求；
- b) 确定设计样机、分析样机相互集成要求；
- c) 进行全雷设计样机、全雷分析样机建模；
- d) 确定设计和制造系统集成接口，确定数字样机 CAD/CAPP/CAM 集成要求；
- e) 按标准化要求编写全雷数字样机设计报告，并按产品设计输出文件编制规定编制其它技术文件。

6.1.2 设计原则

数字样机的总体设计应遵循下列原则：

- a) 自上而下的原则：优先采用自上而下的设计方法，充分、合理地采用参数化设计，提高系统集成性；
- b) 唯一数据源原则：数字样机模型系统中共用的设计参数应来自确定或控制该参数的模型。建模时宜采用相关设计、数据调用的方法实现参数的共享。

6.2 设计样机构建要求

6.2.1 结构设计

6.2.1.1 设计内容

应采用三维机械CAD特征建模方法进行设计样机的结构设计。设计内容包括：

- a) 各级样机的结构设计和装配建模；
- b) 基于三维机械 CAD 模型绘制图样；
- c) 按标准化要求单独编写或与其他样机合并编写样机设计报告，并按产品设计输出文件编制规定编制其它技术文件。

6.2.1.2 产品标识

设计样机零部件机械CAD模型、图样的命名应满足下列要求：

- a) 产品零部件模型的标识应准确反映产品型号、阶段（图样标记）、零部件代号。标识的编码应符合标准化要求；
- b) 借用件按建模先后顺序（或按设计约定）确定主、借关系；
- c) 表格图中的不同规格的零部件，应分别标识。

6.2.1.3 数字化预装配

数字化预装配采用机械CAD模型进行，应满足下列要求：

- a) 应按产品实际装配关系进行装配，有装配顺序要求的装配应按顺序进行；
- b) 应进行装配检查，避免结构干涉，装配空间狭小的对象（如通道、工具及其操作）应进行必要的模拟装配。

6.2.1.4 参数化

设计样机机械CAD建模应充分运用参数化设计技术，具体要求如下：

- a) 应对模型进行充分的参数化设计，通过设计变量定义、变量引用、特征相关等方法实现样机参数化和参数的相关性。各种设计变量在模型和关联文件中应注释；
- b) 对于结构特征相同、尺寸成系列的常用零部件，宜进行统一的参数化模型定义；
- c) 对于在产品零部件中重复出现的复杂专用特征，宜进行统一的组合特征定义。

6.2.1.5 集成性

设计样机机械CAD建模应满足以下集成要求：

- a) 产品图样中的尺寸标注应与模型尺寸相关。尺寸和形位公差标注的集成要求可根据机械 CAD 软件功能和需求另外确定;
- b) 产品图样以及图样中包含的技术要求、材料、标准件等信息应与模型集成, 优先采用 PDM 系统管理;
- c) 应满足 CAD/CAPP/CAM 集成要求。

6.2.1.6 建模比例、单位和分辨精度

建模比例、单位和分辨精度规定如下:

- a) 建模比例: 1:1;
- b) 长度单位: 毫米 (mm);
- c) 角度单位: 度 (°);
- d) 建模精度: 线性尺寸分辨率不大于 0.0001mm, 角度尺寸分辨率不大于 0.0001°, 建模软件默认的分辨精度满足要求时一般采用默认设置
- e) 圆周率: 除非建模软件提供的

6.2.1.7 坐标系

坐标系使用规定如下

- a) 机械 CAD 软件的全雷坐标系应符合图 1 中的 Z 坐标
- b) 机械 CAD 软件的全雷坐标系的各舱段坐标段为前端面(雷顶)的中心, X 轴向前
- c) 各组件按图 1 中的 O''-X''-Y''-Z'' 坐标系, 其确定原则如下:

- 0-X Y Z 为全雷坐标系;
- 0'-X' Y' Z' 为舱段坐标系;
- 0''-X'' Y'' Z'' 为组件坐标系。



图1 鱼雷机械 CAD 装配坐标系

6.2.1.8 图层使用

应区分模型中各种数据对象的类型 (实体、参考面和参考轴、草图等), 不同的类型使用不同的图层。其详细要求应根据机械CAD软件功能确定, 但同一型号产品各级样机宜统一。

6.2.1.9 参考轴和参考面的使用

只能在机械CAD软件的绝对坐标系原点建立固定的参考轴和固定的参考面,而且必须与机械CAD软件的绝对坐标系的轴线重合或正交。其他参考轴和参考面应相对于几何体或参考面定位。

6.2.1.10 建模方法的选择

零部件的三维实体建模应采用下列方法:

- 建模应优先采用特征建模方法;
- 在简单清晰的前提下,建模应与工艺特征一致;
- 应按标准化要求使用确认的组合特征。

6.2.1.11 建模步骤

结构建模的主要步骤一般应按下列顺序:

- 分析主要设计参数、关键结构和约束,确定主要设计变量,确定建模方法;
- 根据主体结构特征构建实体;
- 宜按主要特征、局部特征和细节特征的次序,且结合CAD软件的特点顺序建模。

6.2.1.12 公差尺寸的建模

公差尺寸按下列要求建模:

- 建模尺寸或角度宜按名义值(或理论尺寸)建模,需进行配合和尺寸链分析时按分析要求建模;
- 对于以范围表述的尺寸或角度(例如“铸造圆角 $R\ 3\sim R\ 5$ ”),宜按范围的中间值建模,但有结构干涉可能的按最大实体尺寸建模。

6.2.1.13 活动对象的建模

运动机构、流体等可活动的对象(另有规定的除外),按下列要求建模:

- 全雷按满载燃料水平直航状态建模,各控制面按零位建模;
- 运动机构按结构初始状态的位置建模,无确定初始状态的按某一极限位置建模;
- 柔性体(如绳索、未完全固定的电缆等)按某一理想形态和均匀材质建模;
- 流体(燃料等)按密实填充和稳定状态建模。

6.2.1.14 简化要求

机械CAD建模的简化应满足下列要求:

- 模型的简化应不影响产品定义的准确性,模型和图样相结合能完整定义产品的结构特征;
- 对于专门用于协调的模型,可仅定义其外形,但接口应详细;
- 改型设计的样机,如果继承部分被完整地借用可进行简化,但应满足全雷样机的装配要求;
- 引起结构和重量的变化可忽略的细节特征,可进行简化,具体规定如下:
 - 名义尺寸不大于1 mm的倒圆、倒角和在图样中标注或提出技术要求的特征,在模型中可简化,但有专门用途和有结构干涉可能的应体现;
 - 名义尺寸不大于3 mm的一般焊缝,在模型中可简化;
 - 螺纹可用符号螺纹建模,也可用细节螺纹建模,外径不小于12 mm的螺纹宜采用细节螺纹建模;

——铸造、冲压、弯曲工艺斜度不大于 3° 的特征,可简化;

——填充物、消耗性材料,可简化或省略;

——设计文件中已经另外定义清楚的细小管路、电缆、绳索等细小零件可简化或省略。

6.2.1.15 标准件、外购件、通用零部件的建模和应用

标准件、外购件、通用零部件的建模和应用规定如下:

- 已经统一定义和发布的标准件模型,应按标准化要求进行;
- 对尚未统一定义和发布的标准件模型的使用和扩充,应按标准化要求进行;
- 外购件、通用零部件的建模和应用可参照标准件的要求进行。

6.2.1.16 管路和电缆的铺设

需建模的管路和电缆应满足下列要求:

- 固定的管路和电缆(或被固定的部分)应按实际位置建模;

b) 路径和转弯半径有空间布置和协调要求的应按实际尺寸建模。

6.2.1.17 参数命名

应按标准化要求对下列参数进行命名：

- 全雷和船段样机的总体结构尺寸、直接决定总体参数的尺寸、有相关性要求的设计参数；
- 多个样机中共同使用的参数；
- 需调整或将被后续建模过程引用的主要技术参数；
- 决定零部件外形尺寸的基本实体尺寸。

6.2.1.18 参数赋值

一般尺寸参数可直接赋值，有下列情形的优先采用表达式赋值：

- 重要的常数；
- 与已经存在的参数具有显著相关性的参数（例如：对于已经存在的直径 D_1 ，其半径尺寸 R_1 可以表示为： $R_1=D_1/2$ ）；
- 以范围表述的，且建模时按某种规律确定其值的参数（例如：对于给定尺寸为 $2\text{mm} \sim 4\text{mm}$ 的圆角尺寸 R_2 ，采用中间值建模时，可表示为： $R_2=(2+4)/2$ ）。

6.2.1.19 字符使用

进行标注时，应满足下列要求：

- 优先使用英文字母和阿拉伯数字；
- 中文的标点符号统一使用全角字符；
- 除标点符号外，有半角字符的不使用全角字符。例如：应使用“A”、“a”、“1”、“2”、“_”、“%”、“#”，不使用“A”、“a”、“1”、“2”、“_”、“%”、“#”；
- 禁止混淆地使用字符。例如：不能混淆“X”和“x”、“_”和“_”。

6.2.1.20 模型颜色

设计样机不进行背景渲染，不要求模型颜色与真实产品颜色完全一致。但可根据产品本身对颜色和标记的要求，以及辅助辨认和区分的需要，对模型进行简单着色。具体规定如下：

- 需在样机中体现的具有安全、操作等特殊标志性颜色和标记，应按实际要求着色；
- 密封圈、密封垫片等橡胶件、塑料件，可参考实际颜色着色；
- 为区别于背景，黑色材料可着深灰色，白色材料可着淡灰色；
- 为清晰体现装配关系，组件（或下一级）模型在上一级装配中可整体或部分地着相同的颜色；
- 装配在一起但与周围零件不同材质的个别零件，可着易于区别的颜色。

6.2.1.21 数据质量

建模按简单、清晰的原则进行，避免模型中出现不利于后续过程的缺陷和冗余信息。模型中不应出现：

- 多余的微小元素；
- 建模对象的重复定义；
- 去除实体时，去除边界不能与实体边界重合；
- 因为错误原因被注释掉的、不需被保留的分支、本身无实质作用的特征和步骤（需保留的分支应清晰注释）。

6.2.1.22 机械 CAD 软件应用要求

样机构建应符合所应用的机械CAD软件的相关应用要求。应用UG软件环境进行设计和建模的示例，

参见附录A。

6.2.1.23 可检查性要求

机械CAD模型作为设计输出文件应具有可检查性，并且便于阅读理解，具体规定如下：

- 组成复杂结构的一组特征宜集中定义；
- 在模型和文件中，应为校对、审核等后续流程的工作提供注释和说明；
- 样机设计报告中应包括：参数列表、建模说明、模型检查记录、计算分析结果等内容。

6.2.2 电路设计

6.2.2.1 设计内容

应采用电子线路设计自动化软件, 进行设计样机的电子线路CAD设计, 设计内容包括:

- a) 电路原理图;
- b) 可重定义器件的数字化定义文件或数据 (当设计采用时);
- c) 基于电路原理图进行印制板、接线表、元件目录等图样 (表) 设计;
- d) 按标准化要求单独编写或与其他样机合并编写样机设计报告, 并按产品设计输出文件编制规定编制其它技术文件。

6.2.2.2 参数化与集成性

电路设计中参数化和集成性要求规定如下:

- a) 电子组件、电路板等结构外形参数应优先来自产品结构设计模型, 并且按照总体和系统的集成要求, 实现参数化和相关设计;
- b) 电子组件、电路板与三维结构形状相关的建模和协调应在规定的机械 CAD 环境中进行, 并按 6.2.1 的要求进行。

6.2.3 软件设计

6.2.3.1 设计内容

软件设计内容包括:

- a) 嵌入产品的软件;
- b) 体现在产品中程序性设计以及体现在产品的使用、检测、维护等过程中的程序性设计;
- c) 按标准化要求单独编写或与其他样机合并编写样机设计报告, 并按产品设计输出文件编制规定编制其它技术文件。

6.2.3.2 参数化与集成性

软件设计中参数化和集成性要求规定如下:

- a) 软件设计中所引用的产品结构尺寸、特性参数应优先来自确定或控制该参数的模型;
- b) 软件设计应按照全雷总体、软件总体及上一级样机和系统的集成要求, 实现规定参数的参数化设计与相关性设计;
- c) 软件设计应根据软件自身和嵌入系统的优化需求, 进行模块化、参数化设计, 优先采用通用模块。

6.3 分析样机构建要求

6.3.1 设计内容

分析样机建模的设计内容包括:

- a) 建立样机测试分析所需的分析模型;
- b) 编制样机测试分析所需的专用计算机软件;
- c) 按标准化要求单独编写或与其他样机合并编写样机设计报告, 并按产品设计输出文件编制规定编制其它技术文件。

6.3.2 模型配置

分析样机的模型配置应满足测试分析的要求, 模型配置和建模途径的要求如下:

- a) 分析样机可直接采用和引用设计样机及其模型, 或采用由此导出的简化模型, 并以此为基础补充定义其它特性;
- b) 如受应用环境限制而不能接受设计样机及其模型, 可依据设计样机另外建立分析模型;
- c) 分析样机一般应建立参数域模型, 有运动和动态测试需求的应建立时间域模型;
- d) 应按专业分类建立分析模型, 包括: 装配分析模型、结构分析模型、运动分析模型、电路分析模型、各种场分析模型 (声、电、电磁场等)、软件测试模型, 以分类为基础构建综合分析模型;

e) 全雷样机应分别建立总体性能模型、总体环境模型，并相互集成，其它级别的样机宜优先采用性能与环境分别建模的方法；

f) 系统样机及以上各级样机优先采用模型集成方法，并可以此为基础补充定义其它特性。

6.3.3 全雷总体性能模型

全雷总体性能模型的构建应满足下列要求：

a) 全雷总体性能模型应按专业分类，采用模块化建模，至少应包含各级分析样机的最简化分析模型，并满足方案阶段对产品总体特性的最低分辨率和初步测试分析的基本要求，并可随详细设计进程完善和细化；

b) 研制过程中各级分析样机的更新，应以模型替换形式进行，尽量避免对数据接口进行重新设计；

c) 对于涉及多系统、多方位总体特性的设计变量，应确定集成途径，实现参数化；

d) 应具备与总体环境模型的数据接口；

e) 应与用于测试的专用软件协调一致，满足测试要求。

6.3.4 全雷总体环境模型

全雷总体环境模型的构建应满足

a) 全雷总体环境模型可按专业性模型、系统模型、分系统模型、产品模型等包含目标及发

b) 满足分析样机要求的静态模型，并可包含目标及发

c) 有关环境参数可作为系统及

d) 满足与系统模型集成的

e) 应与用于测试的专用软件协

6.3.5 模块化

分析样机应模块化、模块化设计方法，优先采用通用模块。具体要求如下：

a) 各级分析样机至少应划分为一个模块，并且在上一级集成

b) 各级分析样机及其模型应按层级划分，功能、性能等合理划分模块

c) 同一级中同属于一个系统或功能的模型一般应划分为一个模块

d) 属于外部接口定义的内容，应划分为模块；

e) 对于相同功能或用途的模型，应划分为通用模块；

f) 在验证的基础上，优先采用成熟、定型、成熟的模型

6.3.6 建模方法

分析样机的建模方法应满足以下要求：

a) 应优先采用与设计样机相同的建模方法；

b) 应符合全雷样机上一级集成的要求；

c) 尚未详细规定但对集成性能有影响的建模方法应通过协调确定。

6.3.7 数据接口

分析样机及其模型的数据接口设计应满足下列要求：

a) 模型中与其它模型系统有接口关系的参数应按全雷和上一级集成要求处理，尚未详细规定集成要求的应通过协调确定；

b) 测试分析过程中所需的各种输入数据，应按数据协议进行数据交换；

c) 下列三类数据的定义和管理应相对集中：

——外部导入数据，通过数据交换来的其它模型系统的参数；

——内部输入数据，属于本模型系统内部控制的（含通过人机界面输入的）输入参数；

——向外输出数据，通过数据交换或其它形式，向外部其它模型系统提供的输出数据；

d) 既可以作为外部导入又可以作为内部输入的数据，建模时优先按外部导入数据处理；

e) 向外输出数据必须与本模型系统全部输出数据中相应内容的数据完全一致，且格式相同；

f) 数据交换时, 对于必须在模型系统外部进行格式转换的数据, 应专门协调, 并且通过专用的数据接口进行。

6.3.8 简化要求

分析样机的简化要求如下:

- a) 简化应保证模型的等效性;
- b) 简化后应能按要求反映产品的有关特性, 并且不影响测试和分析的有效性;
- c) 对于简化内容应清晰地说明, 准确记录导出简化模型的原模型及其状态。

6.3.9 软件开发

分析样机构建中属于计算机软件开发开发的内容, 应符合计算机软件开发开发的质量控制要求。

6.3.10 模型检查与测试

除按建模步骤和建模方法对分析模型进行校对检查外, 还应应对模型本身进行其它形式的检查, 并且应根据模型特点交叉使用不同方法。以下是推荐采用的方法:

- a) 作一组典型测试, 分析测试结果的符合性, 并与已经得到确认的数据进行比较;
- b) 对边界条件作一定的简化, 进行一组测试;
- c) 将部分单元理想化或相对固定, 对其它单元和整体进行测试;
- d) 在某些极限情况下, 进行一组测试;
- e) 选择有一定近似性的对比模型, 进行一组对比测试, 对结果进行比较;
- f) 选择一组可进行理论分析的理想条件进行一组测试, 并与理论分析结果相比较;
- g) 在进行实物、半实物样机试验时进行验证, 与局部的或有限条件下的产品测试数据相比较。

6.3.11 可检查性要求

分析样机的输出文件 (如各种模型) 应具有可检查性, 并且便于阅读理解。具体规定如下:

- a) 分析样机的各种模型及其技术文件, 应内容完整、过程清晰、注释说明清楚;
- b) 各级分析样机应编制分析样机设计报告, 所属模型可视情况而单独编制分析模型设计报告, 分析样机构建中涉及下列有关内容的应说明:

——模型简化说明: 物理和数学模型 (含物理边界和约束条件、初始条件及其简化), 软件模型, 相关参数等;

——运行环境 (包括软件的版本) 及其有关参数的设置, 与阅读和检查模型有关的注释、说明和主要的建模记录;

——对模型进行控制和操作时, 应说明操作方法;

——应对模型检查过程进行记录和说明, 包括: 简化内容、测试方法、测试条件和结果等。

6.4 专用样机要求

6.4.1 培训教学专用样机

培训教学专用样机应以设计样机为基础, 根据培训教学要求简化和调整。具体规定如下:

- a) 培训教学样机及其模型可根据培训教学应用的需求简化;
- b) 模型姿态、可变动机构的初始位置一般情况按直航状态建模, 有特殊要求的按规定要求建模;
- c) 全雷外形和警示性标志必须按要求着色, 使用维护的操作件应按实际颜色着色, 一般零部件着与实际颜色相近的颜色;

d) 培训教学专用样机根据需要可进行渲染;

e) 新建模型可参照 6.2 的有关要求进行。

6.4.2 制造系统专用样机

制造系统专用样机根据工艺设计需求, 在设计样机基础上补充定义或补充建立各种数字样机和模型时, 应满足下列要求:

- a) 在设计模型中补充定义实现产品所需的其他制造信息时, 应保持原有设计信息的完整性;
- b) 需修改设计模型中原有定义内容时, 应在工艺文件或有关规定的文件中详细说明;
- c) 在机械 CAD 模型中修改和补充定义时, 图层的使用应与设计模型的图层管理约定相协调;

- d) 基于设计模型导出简化模型时, 宜保持与源模型的参数关联关系;
- e) 新建模型可按 6.2 的有关要求进行。

7 数字样机测试分析要求

7.1 测试分析内容

7.1.1 空间、装配和可制造性分析

对样机进行空间分布和装配分析, 应完成以下内容的分析 (对动态过程敏感的分析应结合仿真分析进行):

- a) 空间结构分析——干涉检查、剖面分析、间隙测量、空间位置测量等;
- b) 机构运动分析——机构空间运动过程准确性、空间间隙、干涉检查, 运动参数分析;
- c) 装配模拟分析——检查产品装配和拆卸过程中零部件相互间、零部件和工具之间的间隙或干涉情况;
- d) 检修空间分析——对产品检测、维修过程中产品的分解、测试、安装及工具介入等进行模拟, 验证检修操作空间;
- e) 加工仿真分析——结合工艺设计对复杂零部件的加工过程进行仿真、模拟检查。

7.1.2 称重分析

设计样机应进行物理性能参数测试, 对于舱段及全雷设计样机应分别采用基于机械CAD装配模型的数值分析方法、基于产品称重参数数据的汇总统计方法分别进行。两种方法的分析结果应一致或接近。

测试内容包括:

- a) 质量、质心、转动惯量及其状态变化;
- b) 体积、容积、沾湿面积等。

7.1.3 结构分析

对于结构件应进行下列内容分析:

- a) 结构强度分析——进行结构强度、刚度和变形分析, 必要时应结合仿真分析进行热强度、动强度分析;
- b) 结构动态分析——进行结构模态和响应等特性分析, 必要时应结合仿真分析进行。

7.1.4 仿真分析

按预定要求、并且根据设计需要, 应对各级样机进行运动仿真分析、电路仿真分析、场仿真分析、流体动力分析、软件测试分析、综合仿真分析, 并完成下列但不限于下列内容的测试和分析:

- a) 鱼雷动力系统启动过程和其它运动机构动力学仿真分析;
- b) 鱼雷流体动力系统仿真分析;
- c) 鱼雷初始弹道分析;
- d) 鱼雷姿态控制仿真分析;
- e) 鱼雷典型导引弹道仿真分析。

7.1.5 优化分析

按预定要求、并且根据设计需要, 对样机应按适当的途径进行优化:

- a) 参数域寻优优化——基于参数域模型, 对样机中的设计参数进行自动、交互式或人工寻优;
- b) 基于仿真优化——基于时间域模型, 对样机进行仿真测试、分析评估、改进;
- c) 综合集成优化——按一定条件, 交叉进行上述两种优化。

7.2 测试分析安排

产品数字样机的测试和分析应根据研制进程和产品层次划分测试阶段, 分步进行测试。测试分析安排的优先原则如下:

- a) 同一测试阶段开始, 按产品结构、功能层次和类别适当划分部分, 各部分并行开展分析和测试。各部分内部按级别次序 (自上而下或自下而上) 进行;

- b) 同一测试阶段收尾, 按级别自下而上 (先组件、再单元和系统、后全雷的次序) 逐步完成样机集成, 集成过程中, 分步进行相应的测试;
- c) 规定状态的收尾, 应以综合测试、集成优化为主, 每一次优化确定的参数系必须经过仿真测试分析验证。

7.3 测试分析中的更改控制

测试分析中应严格执行产品技术状态管理规定, 基于数字样机的特殊性, 对于最终测试、重要的阶段测试规定如下 (样机调试、优化分析、一般阶段测试可参考执行):

- a) 测试前应对样机技术状态的符合性进行检查, 提交测试的数字样机技术状态应固化, 宜将当前样机或指定状态的样机拷贝后测试;
- b) 除非测试无法继续进行, 一个测试周期内不宜对样机进行修改, 如修改, 应对已经测试的结果的有效性进行评估, 如修改对原测试结果有影响, 应重新测试;
- c) 对于测试中发现的问题及改进建议应形成记录, 及时反馈给设计人员。

7.4 可检查性要求

数字样机测试应按文件控制要求形成记录和文件, 各类输出文件应具有可检查性。形成的输出文件应满足下列要求:

- a) 说明测试目的、测试条件等与试验有关的基本信息;
- b) 完整描述被测样机的技术状态;
- c) 记录测试数据: 测试环境, 环境设置参数, 初始条件, 输入参数, 输出参数及其它数据;
- d) 整理结论所依据的信息数据, 说明数据处理方法, 并对简化和限制条件进行说明;
- e) 给出测试结论, 说明发现的技术问题及改进建议。

8 数字样机技术状态管理要求

8.1 数据管理

数字样机数据文件的管理应采用下列规定:

- a) 数据管理软件应优先采用 PDM (产品数据管理) 系统;
- b) 数据管理范围应覆盖各级样机及其模型、测试数据、技术文件;
- c) 应结合数据管理软件功能建立用户权限与数据操作控制的管理机制, 按技术责任分配各级用户权限, 进行数据访问控制, 保障用户权限与所负责的工作相适应;
- d) 应确定数据备份和灾难预防的技术措施和程序, 根据技术状态管理需要对数据进行定期和不定期备份, 避免因自然或人为因素造成数据和资料损失;
- e) 数据文件归档后, 归档文件本身不得直接更改, 需更改时, 应拷贝后对拷贝件进行更改, 更改后另外归档;
- f) 对于阶段样机、重要的分支样机应进行完整备份。

8.2 审批与发放

数字样机的审批应按 GJB 3206 的要求对输出文件进行技术状态审核。审批的签署按产品技术文件审批签署的规定执行外, 还应符合下列要求:

- a) 设计样机的三维模型与二维图样应一同审批;
- b) 分析样机的审批级别应与对应的设计样机的审批级别一致;
- c) 电子版文件和纸质文件的审批程序可结合管理软件 (平台) 的功能具体确定, 但电子版文件和纸质文件应对应一致;
- d) 根据研制要求需进行工程预发放的, 可采用电子数据形式进行预审批和预发放。

8.3 更改

对于已确认的数字样机的更改除应按 GJB 3206 的要求进行控制外, 还应符合下列要求:

- a) 数字样机经批准应冻结 (或预冻结), 所有更改需按规定程序提出, 经批准后方可对数字样机进行更改;

- b) 标准化应根据应用软件的特点, 制定模型和电子版图样、文件的更改要求, 所有更改应按规定要求进行;
- c) 电子版文件的更改与纸介质文件的更改应保持一致;
- d) 更改后的数据应保证相关部门及时获得最新的更改信息, 保持数据的协调一致。

附录 A
(资料性附录)
UG 软件环境中机械 CAD 建模示例

A.1 版本

本附录内容基于UG NX1.0版提出。在UG软件的其它版本以及其它同类软件环境中进行CAD建模时可参照执行。

A.2 设计方式

产品CAD建模,可采用主模型设计方式。主模型一般采用实体,且完整体现三维几何特征,但可在满足本标准简化要求的前提下进行简化。

A.3 预设置和模板文件

同一产品各层次建模环境的主要预设置项宜一致。一般按标准化规定采用统一发布的模板文件(UG软件中称为种子部件)进行设计,对于模板文件中不能包含的预设置项可按要求进行人工设置。

A.4 设计流程

在设计建模之初,按以下流程建立零件和任意级装配件:

- a) 直接打开模板文件,或打开利用模板文件进行建模的已存在的模型文件,及时另存为规定的文件名;
- b) 进入装配导航器,填写模型属性表;
- c) 设置零件的密度(实际密度与模板文件默认密度一致的可省略);
- d) 进行产品设计或调入已存在的零部件模型进行建模和装配设计,建模过程中根据需要可边建模边绘图;
- e) 建模后建立该零件的“BODY”引用集,其它引用集可根据设计需要建立;
- f) 根据主模型完成图样绘制。

A.5 模型命名规则

模型文件的命名应遵循下列规则:

- a) 模型文件的文件名由主文件名和扩展名组成,扩展名为“prt”。主文件名包括以下标识:产品代号、阶段标记(图样标记)、组件详细代号。主文件名的各种标识之间用下划线连字符“_”连接,如图 A.1 所示(不含更改序号“GX”);
- b) 文件名字符的使用限于:英文字母(主文件名应大写,扩展名应小写)、阿拉伯数字、短横连字符“-”、下划线连字符“_”,并且只能使用半角字符。另外,下划线连字符“_”只能用于主文件名的各标识之间,不能用于各标识之中;
- c) 模型文件更改时,模型的更改信息在更改时按标准化要求在模型文件中标记,当前模型的文件名不变(处于装配和数据库管理状态的模型,一般为最新版本);
- d) 更改后的模型文件应另外归档,归档前在主文件名的后面添加更改序号,如图 A.1 所示。更改序号的首位固定为“G”,随后紧跟表示更改次序的阿拉伯数字(无位数限制),更改序号前用下划线连字符间隔。例如:XXX 产品初样阶段(阶段标记:S)的 83 组件的详细代号为 83-14 的零件,经第 1 次和第 12 次修改后,模型文件名变化情况如表 A.1 所示。

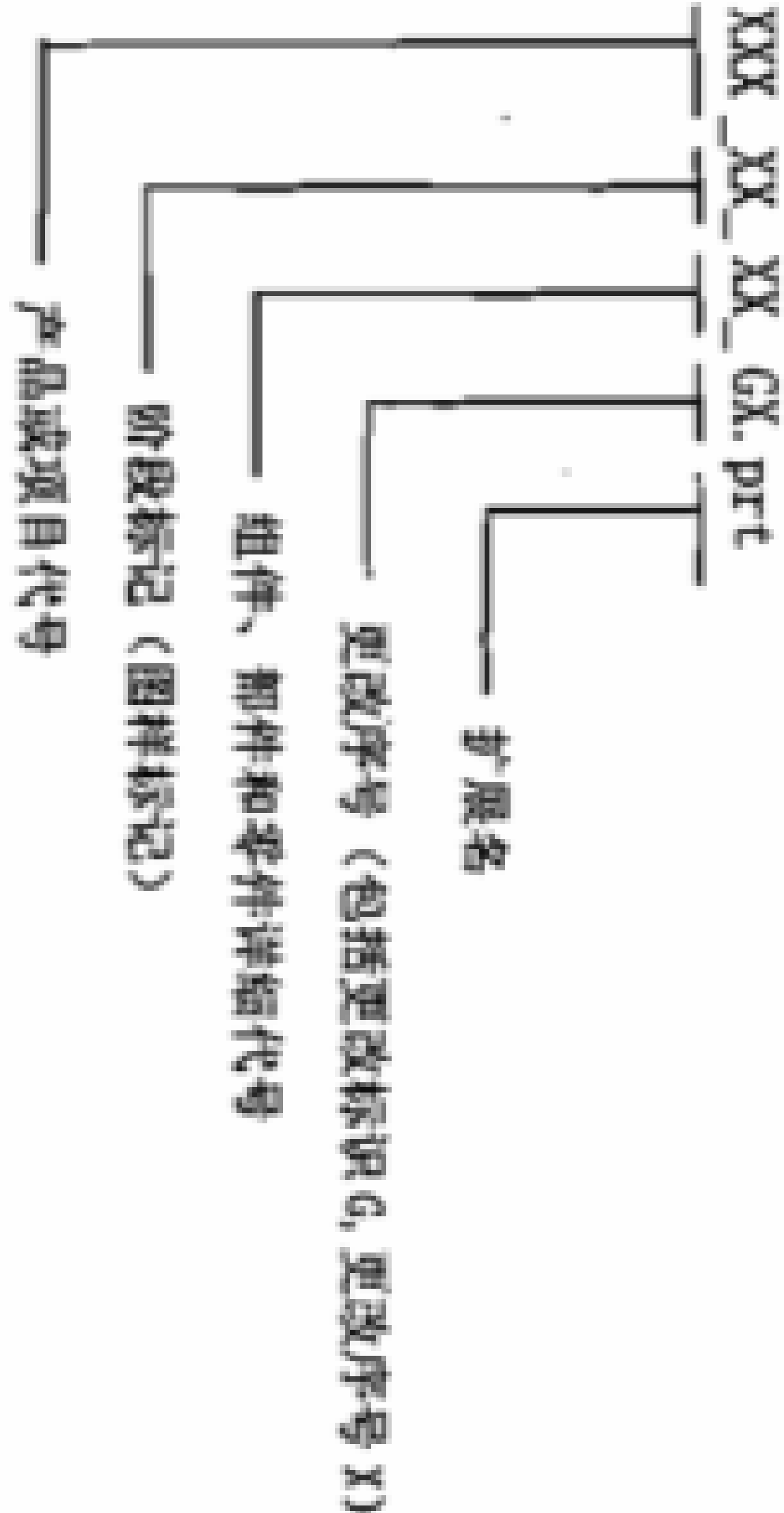


图 A.1 模型文件名的格式

表 A.1 模型文件修改后模型文件名的变化

序号	状态	存档的模型的文件名
1	设计完成	XXX_S_83-14.prt
2	第 1 次修改后	XXX_S_83-14_G1.prt
3	第 12 次修改后	XXX_S_83-14_G12.prt

A.6 草图名

草图的图名由图层序号和注释组成, 并按“图层序号:注释”的格式命名, 见图 A.2。草图名中的“注释”一般不作要求, 可根据需要添加。



图 A.2 草图的命名

示例: 021:root, 是位于第 21 层的注释为“root”的草图的名称。

A.7 引用集名

在建立零件模型时应建立引用集。每个装配体包含零件的引用集名称要相互一致。表 A.2 列出几个常用的引用集名。其他特殊的引用集名可由设计者自行定义, 但装配体内各零件的同类引用集名称宜一致 (常用引用集一般包含在模板文件中)。

表 A. 常用引用集

序号	数据类型	引用集名
1	实体模型	BODY
2	草图	SKETCH
3	曲线	CURVE
4	基准	DATUM
5	二维制图	DRAFTING

A.8 图层约定

建模时宜应用图层。UC软件有256层图层，这些层被分组定义，其约定和用途如表A.3。其中，1~140层供设计应用，141~256层为工艺应用。

表 A.3 图层的约定

序号	层 号	内容或用途	要 求
1	1	实体（首层）	零部件模型的大部分实体集中和优先放置
2	2~19	实体	特殊目的需单独放置的模型
3	20	实体	限于装配填充物，流体等
4	21	草图（首层）	生成模型毛坯或实体的草图应放置在该层
5	22~40	草图	
6	41	曲线（首层）	生成模型毛坯或实体的草图应放置在该层
7	42~50	曲线	
8	51	Wave几何体（首层）	重要几何相关几何体应放置在该层
9	52~60	Wave几何体	
10	61	基准（首层）	固定基准应放置在该层
11	62~80	基准	
12	81~85	建模备用	一般不允许放置实体
13	86~90	辅助几何体	不属于模型本身的实体、片体、展开件
14	91~100	设计备用	设计过程根据需要采用
15	101~120	全雷总装专用	限于全雷装配、复杂舱段和大型组件使用
16	121~130	标准化预留	
17	131~140	设计CAE数据	有限元、运动学和其它CAE数据等
18	141~256	CAM工艺应用	

A.9 图样绘制

A.9.1 绘制方法

图样绘制应通过主模型生成基本投影（二维线框几何体），以此为基础进行绘制并保持图样对模型的相关性，特殊情况不能实现的必须在设计报告中说明。图样中的图框、投影和标注应按要求放置在规定的图层上。

A.9.2 图样原点

图样坐标系的原点位于图样的左下角处，X 轴沿水平向右，Y 轴向上。

A.9.3 字体和字号

图样以及数据文件中的字体可采用相关标准规定的字体和字号。

A.9.4 图纸幅面尺寸

图纸尺寸按GB/T 14689要求，制图时可采用型号产品标准化统一规定的预定义图样。

中 华 人 民 共 和 国
船 舶 行 业 标 准

鱼雷产品数字样机要求

CB 1412-2008

*

中国船舶工业综合技术经济研究院
北京市海淀区学院南路 70 号

邮政编码: 100081

网址: www.shipstd.com.cn

电话: 010—62185021

船舶标准信息咨询中心出版发行

版权专有 不得翻印

*

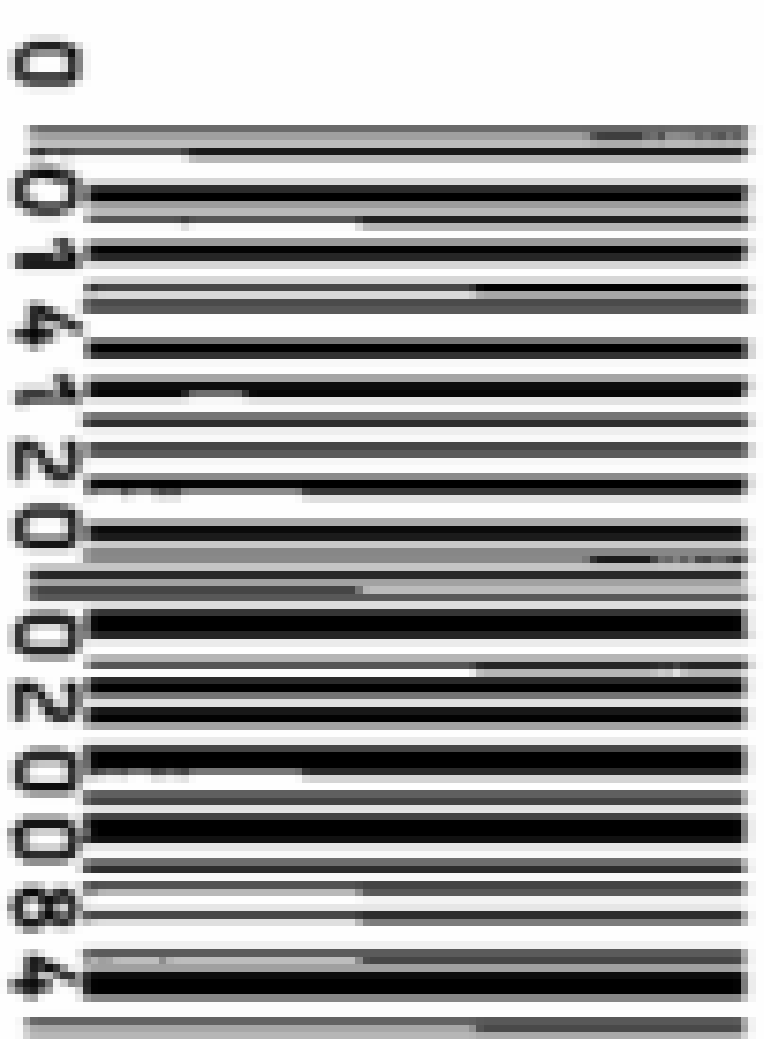
开本 880×1230 1/16

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第一次印刷

印数 1—500

*

船标出字第 2008069 号 定价 32 元



www.bzxz.net

免费标准下载网