

# 团 体 标 准

T/CSNAME 043—2022

## 船体分段智能车间中间产品制造精度管控 规范

Specification for the manufacturing accuracy control of intermediate products in hull segmented intelligent workshop

2022 - 04 - 20 发布

2022 - 07 - 20 实施

中国造船工程学会 发布

中国造船工



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国造船工程学会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：中国船舶工业集团公司第十一研究所、上海外高桥造船有限公司。

本文件主要起草人：杨润党、孔宁、甄希金、胡小才、吕建军、张怡敏、侯星、董家琛、张盈彬、杨振、胡晓轩。



中国造船工



# 船体分段智能车间中间产品制造精度管控规范

## 1 范围

本文件规定了船体分段智能车间中间产品制造精度管控通用流程及要求,包括精度控制基本流程及要求、制造精度测量分析流程及要求、焊接补偿量建模要求、精度误差诊断与传递分析要求、精度反馈控制要求、精度管控评价要求等。

本文件适用于造船企业船体分段智能车间中间产品制造过程精度管控,覆盖从切割下料、成型加工、组立装配、分段装焊各阶段。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**智能车间 intelligent workshop**

以生产对象所要求的工艺和设备为基础,以信息技术、自动化、测控技术等为手段,用数据连接车间不同单元,对生产运行进行规划、管理、诊断和优化的单元。

### 3.2

**中间产品 intermediate product**

由船体零件、部件组成的船体局部结构。

### 3.3

**精度管控 accuracy control**

以船舶建造精度标准为基本原则,通过科学的管理方法与先进的工艺技术手段,对船舶分段制造进行全过程尺寸测量、分析和控制的过程。

### 3.4

**“B”精度 accuracy B**

分段焊接率小于30%的焊前精度。

### 3.5

**“C”精度 accuracy C**

分段焊接率大于80%的焊后精度。

### 3.6

**“D”精度 accuracy D**

分段脱胎后的完工精度。

### 3.7

**余量 margin**

对船体零件、工件和中间产品通过加工、装焊、火工矫正等多道工序，而产生的变形及收缩进行定性和定量分析后，加放的比实际变形及收缩略大的工艺量值，一般要在装配后割除。

### 3.8

#### 补偿量 compensation

对船体零件、工件和中间产品通过加工、装焊、火工矫正等多道工序，而产生的变形及收缩进行定量分析后，加放相当实际变形和收缩的工艺量值，一般不需再切割。

### 3.9

#### 基本尺寸 basic dimension

图面上标注的理论尺寸，它是描述零件、工件和中间产品（部件、分段和总段）的几何形状、外形尺寸以及所处位置的量值。

### 3.10

#### 实际尺寸 actual dimension

零件、工件和中间产品完工后测得的尺寸。

### 3.11

#### 尺寸偏差 dimension deviation

实际尺寸与基本尺寸的差值。

## 4 精度控制基本流程及要求

### 4.1 切割下料

#### 4.1.1 切割机精度管理

4.1.1.1 应每月对切割胎架进行检查，并记录检查结果，确保精度在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。

4.1.1.2 应每周对切割机轨道进行检查，并记录检查结果，确保精度在 $\pm 2.5\text{mm}$ 以内。

#### 4.1.2 试板精度管理

4.1.2.1 切割试板管理项目包括长、宽、对角线、坡口、喷粉线、三点一位。

4.1.2.2 超出管理基准 $\pm 1\text{mm}$ 的切割机应停机调整并重新切割试板。

#### 4.1.3 主板精度管理

4.1.3.1 主板管理项目包括长、宽、对角线、自然坡口、喷粉线、直线度、坡口角度。

4.1.3.2 主板端部 $300\text{mm}$ 内出现切斜应不大于 $3\text{mm}$ ，或板边缺陷应不超过 $3\text{mm}$ 。

4.1.3.3 切割作业时应遵守切割机作业参数。

4.1.3.4 板条火焰切割扁钢时应 $100\%$ 自检，并进行 $150\text{M.K}/100\text{M.K}$ 基准线施工。

4.1.3.5 主板偏差在 $5\text{mm}$ 以上时，应停机调整。

#### 4.1.4 切割自检

4.1.4.1 每个切割版图（套料单）应至少自检一块最大尺寸主板。

4.1.4.2 自检与精度检查数据偏差应不超过 $2\text{mm}$ 。

4.1.4.3 自检标记应按精度管理部要求进行标记。

4.1.4.4 重要构件零件号不应漏标或错标。

4.1.4.5 自检完成后，将自检数据进行记录，并录入精度数据管理软件。

#### 4.1.5 激光划线

激光划线主要管理项目包括激光划线粗细、清晰度、划线尺寸。

### 4.2 成型加工

#### 4.2.1 冷热加工

##### 4.2.1.1 精度管理

4.2.1.1.1 冷热加工管理项目包括围长、断线位置、线型、样板/样箱/样条检查。

4.2.1.1.2 围长、断线位置均应按设计尺寸制作，不应超出基准。

4.2.1.1.3 线型按照与样板/样箱/样条贴合度制作，间隙不应超标。

##### 4.2.1.2 自检要求

4.2.1.2.1 余量修割前对围长、断线位置进行自检并标注。

4.2.1.2.2 完工后需进行自检并标记在规定位置。

4.2.1.2.3 自检完成后，将自检数据进行记录并录入精度数据管理软件。

#### 4.2.2 型钢制作

##### 4.2.2.1 精度管理

4.2.2.1.1 型钢制作管理项目包括尺寸、直线度、逆直线、基准线、R孔。

4.2.2.1.2 型钢应按设计尺寸或精度管理要求切割，不应超出基准。

4.2.2.1.3 型钢基准线应按设计要求制作，不应制作超差。

4.2.2.1.4 曲加工后型钢应对加工余量进行切除。

##### 4.2.2.2 自检要求

4.2.2.2.1 型钢完工后应进行自检并标记在规定位置。

4.2.2.2.2 自检应使用记号笔标记，型钢零件号标记应标注方向和详细的船号构件号。

4.2.2.2.3 自检完成后，将自检数据进行记录并录入精度数据管理软件。

#### 4.3 组立装配

##### 4.3.1 精度管理

4.3.1.1 组立装配管理项目包括尺寸（长、宽、高、对角线）、断差、基准线、样冲点、直线度、垂直度、间距、逆直线、背烧、焊接保留。

4.3.1.2 焊接保留应按设计图纸要求进行保留。

4.3.1.3 线形肋板应以手工划线为主，应100%施工并且逆直线的直线度控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。

4.3.1.4 基准线施工应采用墨斗/粉线施工，基准线样冲深度不小于 $1.5\text{mm}$ 。

##### 4.3.2 部件自检

4.3.2.1 所有部件均应按精度要求自检，并进行标记。

4.3.2.2 自检完成后，将自检数据进行记录并录入精度管理软件。

##### 4.3.3 背烧

4.3.3.1 背烧应划线，并按线施工，保证背烧直线度。

4.3.3.2 背烧作业时，加热最佳温度应达到 $600^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，火焰温度可通过暗红色来区分，如果通过颜色区分温度有困难时，作业者应采用热色棒进行测定（ $600^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ ）。

4.3.3.3 整体平整度应为两档肋位间 $\pm 3\text{mm}$ 。

#### 4.4 分段装焊

##### 4.4.1 分段装焊基本要求

4.4.1.1 分段装焊管理项目包括水平、垂直度、端面、主尺寸。

4.4.1.2 应制作自检单，自检单为现场自检要求示意，应包括主要位置水平、垂直、端面等。

#### 4.4.2 胎架管理

##### 4.4.2.1 胎架安装流程

胎架安装流程如下：

- a) 分段脱胎后至下一分段上胎前，应将场地内的杂物和设备清理干净并归位；
- b) 曲型分段应根据图纸在地面上开设角尺；
- c) 对胎架的基准点进行确认，高于 1.6m 的胎架应对其垂直度进行调整并用拉杆进行固定。

##### 4.4.2.2 胎架检查基准

胎架管理项目包括水平、刚性、间距、水平检验线，检查基准及要求如下：

- a) 胎架水平标准为 $-3\text{mm}\sim+3\text{mm}$ ；
- b) 胎架间距应为 $1\text{m}\pm 10\text{mm}$ ；
- c) 水平检验线基准为 $\pm 1\text{mm}$ ，应敲样冲；
- d) 铺板后应与胎架接触，接触率（胎架与主板）应不低于 95%；
- e) 平直胎架水平标准为 $-3\text{mm}\sim+5\text{mm}$ 。

#### 4.4.3 拼板管理

##### 4.4.3.1 拼板流程

拼板流程如下：

- a) 拼板前应对板材编号、尺寸、材质、坡口等进行确认，确认无误后进行拼板；
- b) 拼板时应从基准边（无余量边）做起，曲面第一张板定位应通过挂线锤与地线进行重合定位，全部定位后应保证四角重合；
- c) 应在所有拼板上制作基准线，并以基准线为基准确认主板直线度及拼板断差，拼板结束后进行尺寸测量（长、宽、对角线）；
- d) 应对尺寸超出 5mm 的板材重新进行拼板，拼板尺寸检查合格后进行焊接，焊接结束后再次确认尺寸，并在钢板上进行自检标记；
- e) 拼板焊接结束时应对关键位置进行支撑固定。

##### 4.4.3.2 拼板检查基准

拼板管理项目包括自检及长、宽、对角线，检查基准及要求如下：

- a) 焊前和焊后主板自检后，应在主板上用石笔或油性笔标记尺寸、检测人员、日期等；
- b) 曲型分段主板应与地线坐标一致，误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 以内；
- c) 焊前/焊后长、宽误差应在 $\pm 5\text{mm}$ 以内，对角线误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。

#### 4.4.4 划线检查

##### 4.4.4.1 划线流程

划线检查流程如下：

- a) 划线前应确认主板的坐标、首尾方向、尺寸、主板编号以及坡口方向；
- b) 划线时应从基准边进行划线施工，先进行基准线施工并确认主板的形态，按照正常划线流程施工，注意加放内部材的焊接收缩值和余量设置，如有问题在误差控制范围内进行偏移后划线；
- c) 应在图纸上划出所有部材的理论线、余量线和焊接保留线；标注构件号、板厚方向、焊接高度，肋检线、中心线、直剖线、150M.K 基准线应进行样冲施工。

##### 4.4.4.2 划线检查基准

划线管理项目包括板边直线度、肋位尺寸、纵骨尺寸、余量线、焊接保留线、相关检验线是否施工并敲样冲，检查基准及要求如下：



- a) 主板长宽总尺寸误差应在 $\pm 5\text{mm}$ 以内；
- b) 肋位、纵骨间距尺寸误差应在 $\pm 2\text{mm}$ 以内，拼板板边直线度误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 以内；
- c) 主板对角线及最大肋位的对角线误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 以内；
- d) 弹线粗细不宜超过 $1\text{mm}$ ；
- e) 焊接保留线应根据焊接保留标准确认保留距离，并进行标记。

#### 4.4.5 “B”精度检查

##### 4.4.5.1 “B”精度检查流程

“B”精度检查流程如下：

- a) 装配前应明确装配顺序和主要控制点；
- b) 应按照精度管理基准施工，遵守DAP装配顺序；
- c) 在内部材装配前，应在底板水平状态下进行施工；
- d) 装配过程中应保证装配间隙，端面平齐，不应边装配边施焊；
- e) 对于部分变形严重的地方应做出相应的支撑固定，确保水平、垂直度以及端面断差在允许范围内；
- f) 焊接前应加放一定的反变形，加强材支撑固定到位后方可进行焊接作业；
- g) 分段三维测量时，所使用的全站仪测量精度应不大于 $2''$ 。

##### 4.4.5.2 “B”精度检查基准

“B”精度管理项目包括尺寸、水平、垂直度、内部材端差及曲型线性三维值，检查基准及要求如下：

- a) 检查前应提供自检单，构件断差自检数据应标注在分段上；
- b) 主板长、宽误差应在 $\pm 5\text{mm}$ 以内，内部材间距误差应在 $\pm 2\text{mm}$ 以内；
- c) 高度不超过 $3\text{m}$ 时，垂直度误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 以内；高度超过 $3\text{m}$ 时，垂直度误差应在 $\pm 5\text{mm}$ 以内；
- d) 端差应在 $\pm 4\text{mm}$ 以内；
- e) 分段焊接反变形施工是否到位，并确认固定状态。

#### 4.4.6 “C”精度检查

##### 4.4.6.1 “C”精度检查流程

“C”精度检查流程如下：

- a) 作业时以左右/上下对称为原则进行焊接作业，如果在焊接作业时发生变形，应重新确定焊接作业顺序后方可施工；
- b) 分段三维测量时，所使用的全站仪测量精度应不大于 $2''$ 。

##### 4.4.6.2 “C”精度检查基准

“C”精度管理项目包括尺寸、水平、垂直度、内部材端差及曲型线性三维值，检查基准及要求如下：

- a) 主板长、宽误差应在 $\pm 5\text{mm}$ 以内，内部材间距误差应在 $\pm 2\text{mm}$ 以内；
- b) 高度不超过 $3\text{m}$ 时，垂直度误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 以内；高度超过 $3\text{m}$ 时，垂直度误差应在 $\pm 5\text{mm}$ 以内；
- c) 端差应在 $\pm 4\text{mm}$ 以内，三维值根据位置的余量及状态进行实时判断；
- d) 水平、垂直度问题，应修正后方可脱胎。

#### 4.4.7 “D”精度检查

“D”精度检查要求如下：

- a) 100M.K应根据图纸进行施工，并确认样冲点是否准确及遗漏；
- b) 牛腿、水线、复板等所有收尾项目应合格后放行；
- c) 背烧（火工）标准如下：
  - 1) 分段/片段端部 $800\text{mm}$ 以内相邻两档构件平整度误差应在 $\pm 2\text{mm}$ 以内，根据坡口样式定义对接口反变形；

- 2) 背烧应划线或刮出硬档;
- 3) 背烧应直;
- 4) 背烧作业时, 加热最佳温度应达到  $600^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ , 火焰温度可通过暗红色来区分, 如果通过颜色区分温度有困难时, 作业者应采用热色棒进行测定 ( $600^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ );
- 5) 作业应实施双线背烧, 即对两侧焊脚背面进行施工。

## 5 制造精度测量分析流程及要求

### 5.1 切割下料

- 5.1.1 对于平直板件、部件, 应采用检定合格的卷尺、测距仪等测量工具进行测量。
- 5.1.2 对于曲面板件、部件, 应等采用激光扫描设备进行测量。
- 5.1.3 测量数据及结果应录入精度数据管理系统。

### 5.2 成型加工

- 5.2.1 对于平直板件、部件, 应采用检定合格的卷尺、测距仪等测量工具进行测量。
- 5.2.2 对于曲面板件、部件, 应采用视觉测量设备进行测量。
- 5.2.3 测量数据及结果应录入精度数据管理系统。

### 5.3 组立装配和分段装焊

- 5.3.1 对于片体、组立、成型分段, 应采用激光全站仪进行测量。
- 5.3.2 全站仪测角精度应不大于  $2''$ , 测距精度为  $\pm 2\text{mm}$  (反射片模式, 100m 范围)。
- 5.3.3 全站仪测量时, 应配合精度测量软件进行测量。
- 5.3.4 应使用精度分析软件对精度测量数据进行分析 and 评价。

### 5.4 精度管理软件

#### 5.4.1 一般要求

精度控制部门应使用精度管理软件进行中间产品精度测量、精度分析、数据管理等业务。

#### 5.4.2 精度测量

- 5.4.2.1 精度测量软件支持配合全站仪或其他测量仪器, 对现场进行精度测量、数据采集、现场分析。
- 5.4.2.2 精度测量软件应支持实时与全站仪进行数据交换、关键数据超限检查、数据自动记录, 数据行格式为: 点号, X 坐标, Y 坐标, Z 坐标。
- 5.4.2.3 可在现场任意位置架设全站仪, 仪器只要整平, 无须对中。
- 5.4.2.4 在测量过程中宜锁定数据然后移动仪器, 软件应自动进行数据坐标系的转换, 保证移动仪器前后测量基准统一, 支持 2 点或 3 点转站测量。
- 5.4.2.5 精度测量软件应支持双点靶辅助测量隐蔽点, 测量舾装管道圆心。
- 5.4.2.6 精度测量软件可在现场通过多种方式自动确定测量基准点、基准轴、基准面。
- 5.4.2.7 精度测量软件可满足分段位置变换及几何量检查, 实现各类直线度、垂直度等的检测。

#### 5.4.3 精度分析

- 5.4.3.1 精度分析软件应具备精度数据三维可视化分析能力, 兼容各船舶设计软件的三维模型文件。
- 5.4.3.2 精度分析软件应兼容 des 格式管理点设计文件, ems 格式现场测量文件。
- 5.4.3.3 精度分析软件应通过顶点、线线交叉、线面交叉自动计算生成管理点。
- 5.4.3.4 精度分析软件应可满足船厂分段设计数据和测量数据比较分析, 查看分段精度偏差情况, 得出整体尺寸精度。
- 5.4.3.5 精度分析件应提供长度、角度、弧长、计算、标注等功能。
- 5.4.3.6 精度分析软件应支持生成检查报告。

#### 5.4.4 数据管理

- 5.4.4.1 数据管理软件应适用于分段中间产品制造过程精度数据采集、存储与分析工作。
- 5.4.4.2 数据管理软件应支持切割、拼版、加工、组立、分段等阶段精度数据统计分析。
- 5.4.4.3 数据管理软件应支持对照现行精度标准自动计算偏差值。
- 5.4.4.4 数据管理软件应支持焊接收缩量数据统计分析。
- 5.4.4.5 数据管理软件应支持各阶段报验数据管理与反馈。

### 6 焊接补偿量建模要求

#### 6.1 焊接变形影响因素

焊接变形影响因素如下：

- a) 材料性能，包括材料力学性能，材料工艺性能（切割、焊接、装配）；
- b) 焊接工艺参数，包括焊接电流、焊接电压、焊接速度和焊接热输入；
- c) 焊接顺序，包括前期焊缝产生的焊接应力和变形对后续焊缝的影响、后续焊缝产生的应力和变形。

#### 6.2 焊接变形预测

- 6.2.1 根据装配结构的材料属性、焊接方式、焊接参数等基本信息，预测出结构的焊接变形。
- 6.2.2 构件焊接完成以后，直接在构件焊缝处施加固有应变，通过一次弹性板单元分析，求解出整个结构的焊接变形。
- 6.2.3 运用焊接变形预测软件对实际建造工艺中的各种结构进行焊接变形分析，通过不同的分析结果对焊接工艺顺序、工艺参数等提出相应的改进措施。

### 7 精度误差诊断与传递分析要求

#### 7.1 误差源诊断要求

智能车间中间产品制造误差主要来源及传递方向见图1。根据车间自动化程度、工序、中间产品类型，确定当前中间产品偏差产生原因。

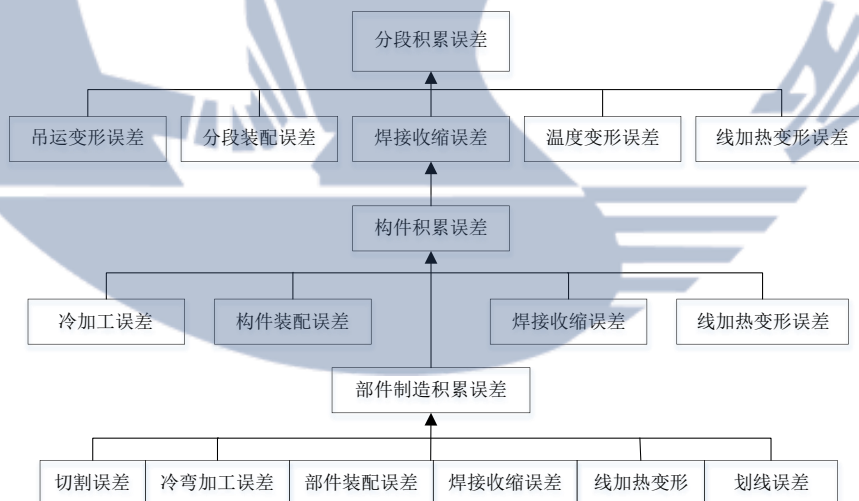


图1 智能车间中间产品制造误差主要来源及传递方向

#### 7.2 误差源传递分析方法

- 7.2.1 依据分段产品的零部件生产加工工序以及零部件各自的特性，将分段产品零件质量特征分解到

不同的加工特征中。

7.2.2 根据分解得到的加工特征，结合加工特征对应的加工要素按照图 1 构建工序过程的误差传递网络。

7.2.3 结合复杂产品的实际生产加工状况，将工序流的各个加工子要素误差波动水平进行分级评分，根据波动效应计算公式量化各节点之间的波动效应值。

7.2.4 基于波动效应数值计算结果来确定工序流程中需要优先进行质量控制和工艺改进的工序。

7.2.5 工序流波动分析流程见图 2。

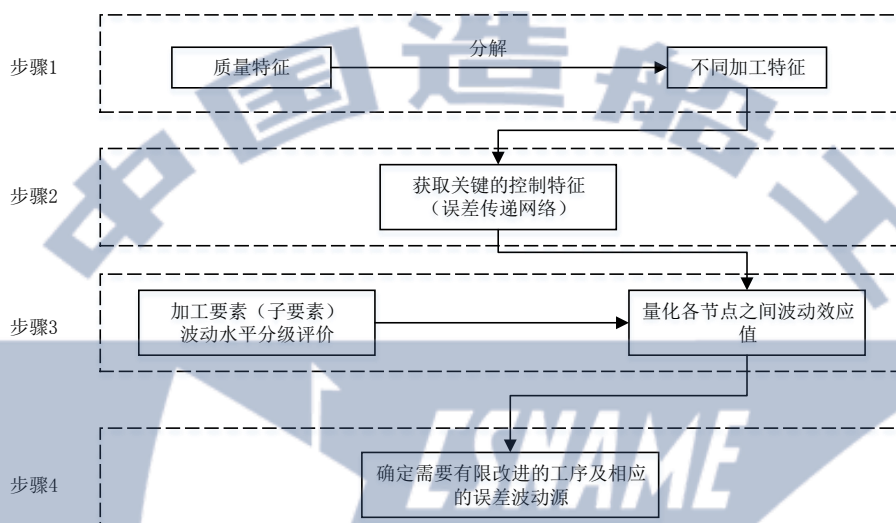


图2 工序流波动分析流程

## 8 精度反馈控制要求

8.1 智能车间应建立中间产品精度问题反馈处理流程。

8.2 针对分段制作各工序中间产品制作过程，管理产品精度相关问题、原因，进而寻找解决问题的方法，对生产工艺或设计标准进行修改后再进行后续生产。

8.3 典型中间产品精度问题反馈处理流程见图 3。

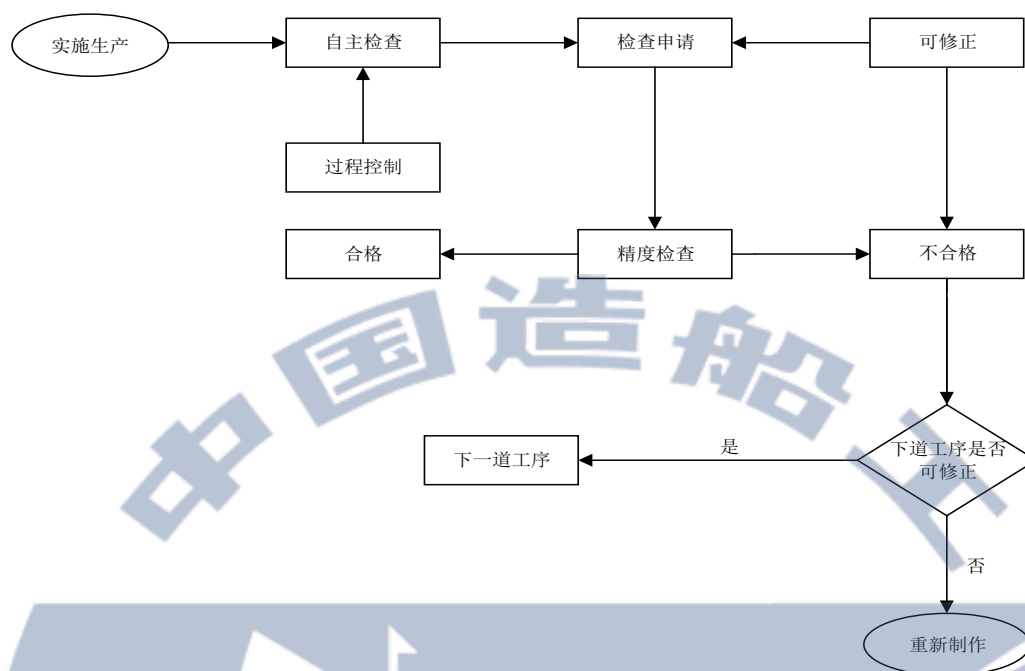


图3 典型中间产品精度反馈处理流程

## 9 精度管控评价要求

### 9.1 建立精度指标波动模型

9.1.1 结合零部件结构知识和工程经验，应建立精度指标波动的方差计算公式。

9.1.2 方差计算公式应能确定成型、装配和焊接等加工工艺过程的制造精度评价指数，量化评价精度水平和状态。

### 9.2 建立精度管控评价体系

采用分段零部件制作精度评价方法，建立完善的精度管控评价体系，见图4。

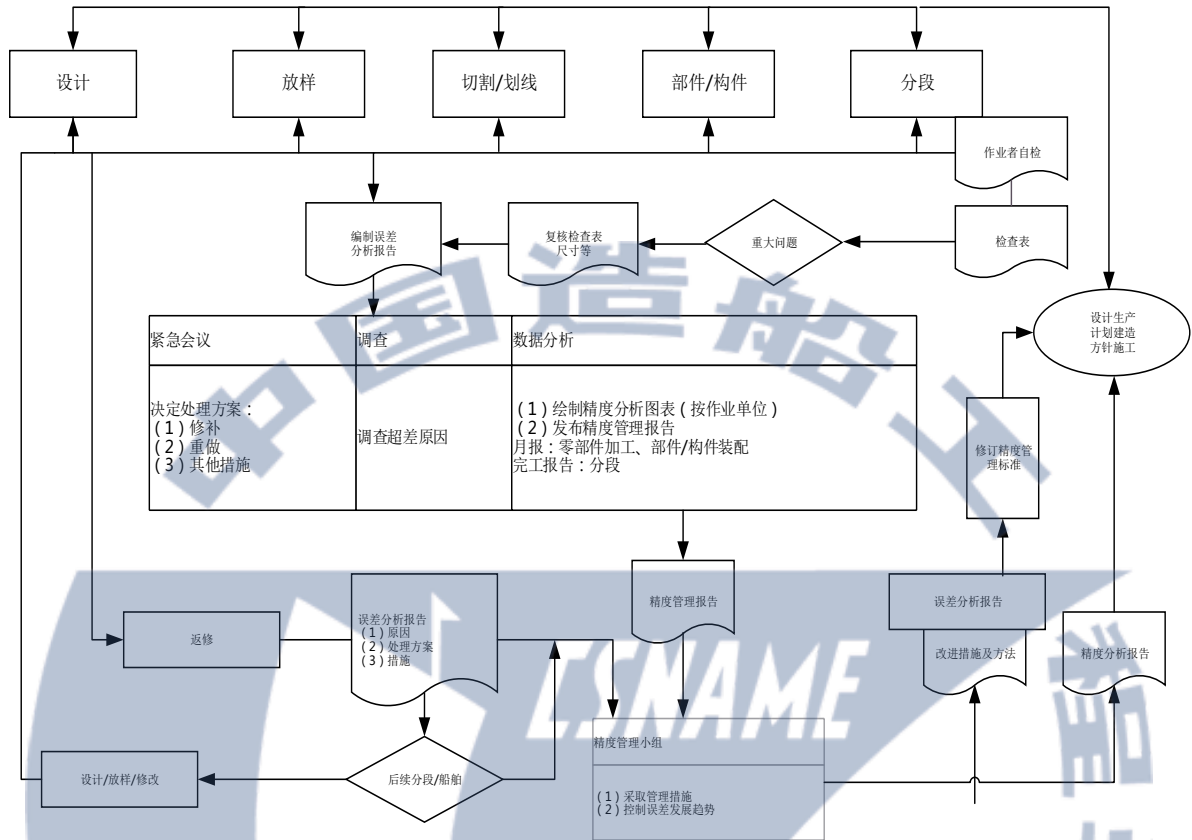


图4 精度管控评价体系