



中华人民共和国国家标准

GB/T 18784—2002

CAD/CAM 数据质量

Quality of CAD/CAM data



2002-07-18 发布

2002-12-01 实施



中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

前 言

本标准参考了 ODETTE(欧洲远程传送数据交换组织)发布的德国汽车工业协会技术文献 VDA 4955,主要技术内容与之相同,在编排格式上执行国家标准 GB/T 1.1—2000 的规定。

本标准的附录 A 为资料性附录,附录 B 为规范性附录。

本标准由中国标准研究中心提出并归口。

本标准起草单位:中国标准研究中心、北京斯泰普中心。

本标准主要起草人:林晓星、詹俊峰、王永建。



引 言

随着信息技术的发展和制造业领域专业分工越来越细,产品要由不同的设计人员、制造商和零部件供应商合作完成。在这一过程中,必然涉及到不同的 CAD/CAM 系统之间共享信息、交换 CAD 模型数据的问题。同时还要求公司的各部门之间、不同公司之间,在交换 CAD 模型数据时对模型信息的组织和质量水平达成共同的理解和协定。本标准的使用者包括企业中 CAD/CAM 数据质量的负责人员和软件开发人员,也包括 CAD/CAM 数据和软件系统的最终用户。本标准的数据质量是指产品数据精度和可用性满足数据用户要求的程度,好的数据质量是指在正确的时间将正确的数据传送给正确的人。

目前,国际标准化组织 ISO 还没有相应的 CAD/CAM 数据质量标准,本标准参考了 ODETTE 组织的标准化工作成果,对于增强我国企业信息化建设中的产品数据质量意识,提高企业信息共享和交换的质量水平具有重要的指导意义。



目次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 数据质量评价准则 2

5.1 概述 2

5.2 数据分类 5

5.3 几何数据质量 5

5.4 数据结构质量 22

5.5 附加的协议 26

5.6 数据范围 28

6 数据检查 30

6.1 通则 30

6.2 基本条件 30

6.3 解析几何检查 30

6.4 协议数据记录的结构 39

7 使用帮助 40

7.1 检查程序的部分限定值 40

附录 A(资料性附录) 各 CAD 系统与 STEP/IGES/VDAFS 中的元素类型对比 42

附录 B(规范性附录) CAD/CAM 数据质量协议 44

参考文献 46

CAD/CAM 数据质量

1 范围

本标准规定了CAD/CAM数据质量的一般要求,适用于企业间CAD/CAM数据交换质量的检查,也适用于软件开发单位作为检查CAD/CAM数据质量的基本依据。

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(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

ANSI/US PRO/IPO 100:1996 Initial Graphics Exchange Specification(初始图形交换规范)¹⁾

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

边界 boundary

包含在 $\mathbf{R}^m$ 空间中的域 X 内的数学点 x 的集合,该集合在 $\mathbf{R}^m$ 中有一个包含 x 的开球 U ,使 U 与 X 之交 $U \cap X$ 与闭的 d 维半空间 $\mathbf{R}_+^d$ (对于 $d \leq m$)中的一个开集合同胚,其中该同胚将 X 移至 $\mathbf{R}_+^d$ 中的原点。

注1: $\mathbf{R}_+^d$ 定义为在 $\mathbf{R}^d$ 中的全部数学点 $(X_1, X_2, \dots, X_d)$ 的集合,且 $x_i \geq 0$ 。

注2: 在此,“开”字具有通常的数学意义,它与本标准中其他处定义的“开曲面”无关。

[GB/T 16656.42—1998,定义3.1.4]

3.2

曲线 curve

一个数学点的集合,它是在实线($\mathbf{R}^1$)连通子集上定义的一个连续函数在2维或3维空间中的图像,但不是简单点。

[GB/T 16656.42—1998,定义3.1.13]

3.3

重叠 overlap

当两个实体具有共同的壳、面、边或顶点时,称该两实体为重叠。

[GB/T 16656.42—1998,定义3.1.36]

3.4

自相交 self-intersect

如果在曲线或曲面域中的一个数学点是在该对象参数范围内至少两个点的图像,且这两个点的一个位于参数范围的内部,则该曲线或曲面是自相交的。对于顶点、边或面的自相交定义同上。

注: 如果曲线或曲面是封闭的,则它们不被认为是自相交的。

1) 我国将把该标准等同采用为国家标准。

[GB/T 16656.42—1998,定义 3.1.40]

3.5

曲面 surface

一个数学点的集合,它是在平面(R^2)的一个连通子集上定义的连续函数的图像。

[GB/T 16656.42—1998,定义 3.1.44]

4 缩略语

本标准采用如下缩略语:

- CAD 计算机辅助设计 Computer Aided Design
- CAM 计算机辅助制造 Computer Aided Manufacturing
- STL 立体平版印刷术 Stereo Lithography
- STEP 产品数据表达与交换 Product data representation and exchange
- IGES 初始图形交换规范 Initial Graphics Exchange Specification
- B-Rep 边界表达 Boundary Representation
- ODETTE 欧洲远程传送数据交换组织 Organisation for Data Exchange by TeleTransmission in Europe

5 数据质量评价准则

本章为 CAD 系统的使用人员提供了质量评价准则。根据这些准则,用户可采用适合的(面向 CAD 质量的)设计方法,以满足数据质量协议的要求,并能灵活应用检查程序。

5.1 概述

采用下列方式表达质量准则:

问题描述 定义并描述在数据交换及基于 CAD 数据的后续工作中可能出现的问题。

图示 用图描述问题。

建议解决方法 解决问题的推荐方法。

采用本标准的合作伙伴之间,应该规定具体的限制。

5.1.1 影响数据质量的因素

5.1.1.1 影响因素(见图 1)

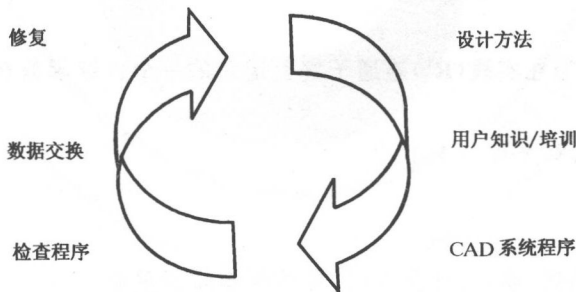


图 1 数据质量的影响因素

a) CAD 设计方法

影响数据质量的最主要因素是 CAD 设计所应用的方法。采用适合于产品、材料、制造过程和 CAD 系统的设计方法是保证高质量 CAD 设计的基础,这样的 CAD 数据可以在后续的过程中使用而不必加以修改。

数据质量不好,在后续处理过程,例如倒圆、数控程序生成、数据交换、STL 文件生成和有限元网格生成中,会造成各式各样的问题。

b) 用户培训和用户知识

CAD 用户培训的基本要求应包括数据质量、正确的设计方法、CAD 系统的能力和限制等方面的知识。

因此,面向过程的用户知识是产生高质量 CAD 数据的基础。

c) CAD 系统程序

在大多数情况下,数据质量差与所使用的 CAD 系统无关。但是在 CAD 系统程序中,也存在大量产生这样数据的潜在因素。例如,对剖视图操作、投影或者偏移的生成等操作,系统的内核程序以及算法可能导致错误几何元素的产生,由于这些因素都不明显,因此容易被用户忽略。

d) 检查程序

上述有关数据质量的三个影响因素(5.1.1.1a)~5.1.1.1c))表明,开发检查程序成为保证 CAD 数据质量的必要手段,利用这种程序可以定期、准确地告知用户数据的质量。如果用户能够尽早和有规律地使用检查程序,就可以避免一些基本错误以及后续过程的大量问题。

e) 数据交换

如果在不同的 CAD 系统之间或者在采用了不同精度等级的同一个 CAD 系统之间进行数据交换,则数据质量差就会引起问题。它会造成几何方面的改变,违背设计要求(如位置连续)或者丢失几何和拓扑元素。

f) 数据修复

部分 CAD 系统提供了修复功能来改善上述情况,包括不符合要求的几何元素的输入。这种方法虽然有帮助,但应当合理使用,因为其中也会造成修改或加入不正确的几何元素。

5.1.1.2 解决方法/建议

本标准提供了数据质量准则,使得检查程序能够用于尽可能多的 CAD 系统以及中性格式(尤其是 STEP),并用于协调精度和限定值。

开发适用的设计方法和培训用户的责任由企业负责。

采用本标准的 CAD/CAM 系统供应商应相互合作并优先考虑数据质量问题。只有相互协作、综合考虑上述所有因素,才能保证良好的数据质量,避免大量重复劳动,消除系统的缺陷。

5.1.2 数据质量的基本内容

5.1.2.1 产品描述与可靠性

在产品开发或制造的过程链中,主要使用的是三维 CAD 数据模型而不是传统的图纸,CAD 模型描述了需要生产的产品。

对产品描述的其他辅助手段(物理模型、CAx 模型、图样和其他图形文件)都是从 CAD 模型得来的而且应当注明它的 CAD 模型来源(系统名字、版本等)。

5.1.2.2 CAD 模型的复杂性

生成 CAD 模型的一个基本原则是在不影响零件的形状和功能的前提下,使用尽可能少和简单的几何元素。简单的 CAD 模型在后续过程中不容易发生问题而且比较容易修改。

5.1.2.3 工程更改

CAD 系统应按照进度计划要求,提供工程变更服务,数据的有效更改状态必须能够识别和理解。

5.1.2.4 描述

三维 CAD 数据模型以真实尺寸描述了产品。三维 CAD 数据模型与相关的导出模型(例如图样等)必须相互保持一致。(例外:标准件几何元素、图表。)

5.1.2.5 (几何)明晰性

CAD 模型不能包含几何元素(完全相同元素)的重复定义。

5.1.2.6 结构

CAD 模型结构和文档是 CAD 数据的基本质量要素。

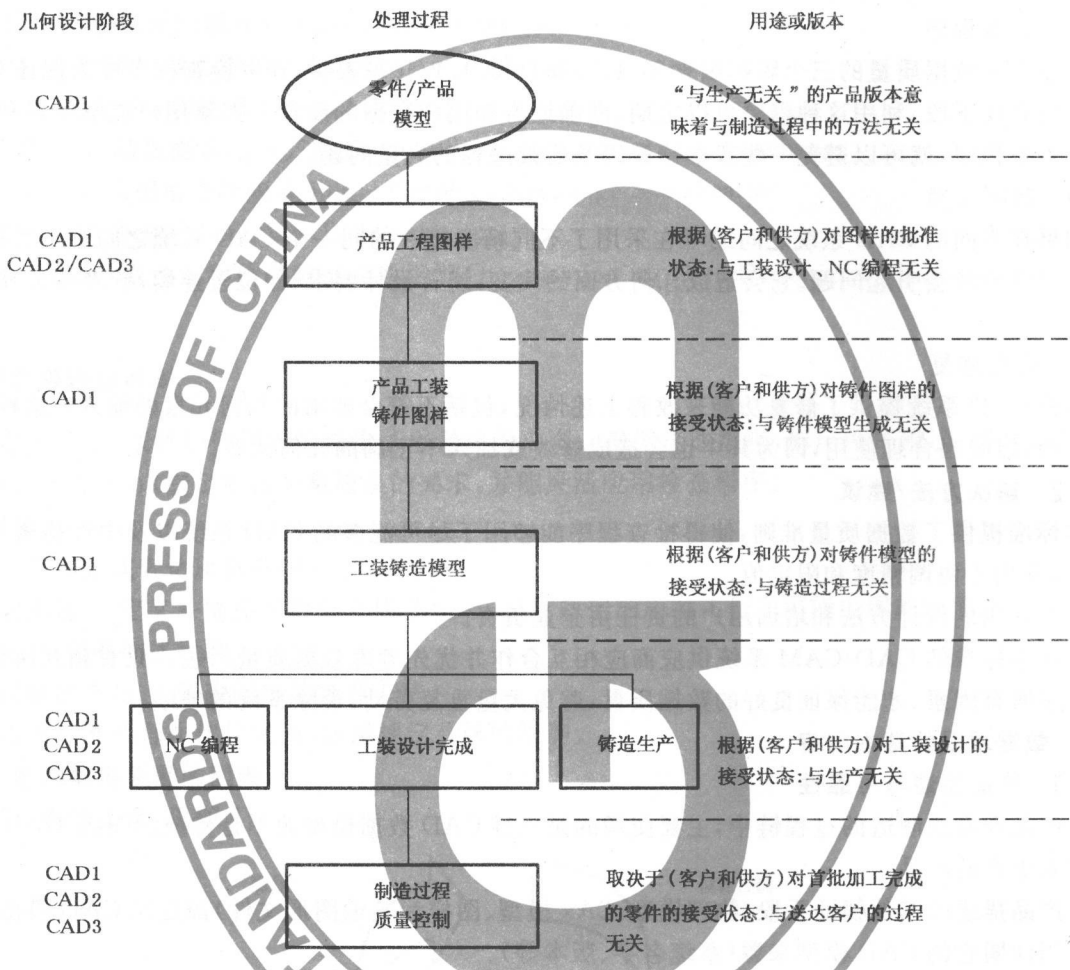
5.1.2.7 交换范围

用于交换的 CAD 数据模型范围必须符合共同协议的要求。

5.1.2.8 过程链

在产品开发和制造过程中,存在相互衔接的不同阶段,称作过程链。它们对产品的几何和结构数据的质量以及数据的范围有不同的要求。这些阶段相对于它们共同的最终产品具有逻辑关系(零件与工装、装配件的相关性等)。CAD 数据必须明确地与它在各个阶段的使用意图相关联。

例如汽车车身外壳的过程链,就是一个很好的例子,如图 2 所示。



注:图中的几何设计阶段 CAD1、CAD2、CAD3 见 5.2 中表 1 的说明。

图 2 过程链

对于单个技术人员来说,要考虑整个过程链是非常困难的,因为一些特殊的过程阶段是由独立的组织在不同的地点确定的。尽管如此,每个人都必须意识到对产品的质量和成本所承担的责任。因此,特定过程所有阶段的集成比起单个阶段的优化更为重要。

5.1.2.9 连续性

CAD 过程链一旦开始工作,就不允许中断。

5.1.2.10 设计方法学

设计方法学描述了 CAD 用户设计一个零部件/操作设备的(系统和递归)过程。通过使用适合的设计方法学可以避免质量问题。设计方法学主要取决于所使用的 CAD 系统。

5.1.2.11 完整性

如果遵守与交换范围相关的合作协议,数据交换双方就能保障 CAD 模型的完整性。即只有在规定了适当的范围后,才可能获得一个完整的 CAD 模型。

5.2 数据分类

CAD 数据的分类应满足分类准则的要求,并根据其特征划分成综合的、便于记忆的三维 CAD 模型组。

目前有许多分类方法,例如划分成“零部件”和“操作设备”(按照制造过程)、划分成各种过程链(依赖于材料和制造方法)、划分成“可见”和“不可见”零件,或者按照开发阶段来划分(概念、协议、版本、细节等)。

本标准推荐一种综合的“二维分类法”,如表 1 所示。

表 1 数据分类

	A 类	B 类
尖锐边的零几何 CAD0		
倒角后的零几何 CAD1		
带有公差的制造几何 CAD2		
与材料及过程有关的制造几何 CAD3		

表中的列描述数据质量的服务需求分类,行表示按照处理过程阶段划分的几何设计步骤。
与样式/设计有关的几何归为 A 类零件,例如“外观”——车身的曲面覆盖件(金属和合成材料)。
与功能有关的几何,例如框架零件或聚合/主零部件,归为 B 类零件。
图 3 所示为基于车身过程链的几何设计阶段。

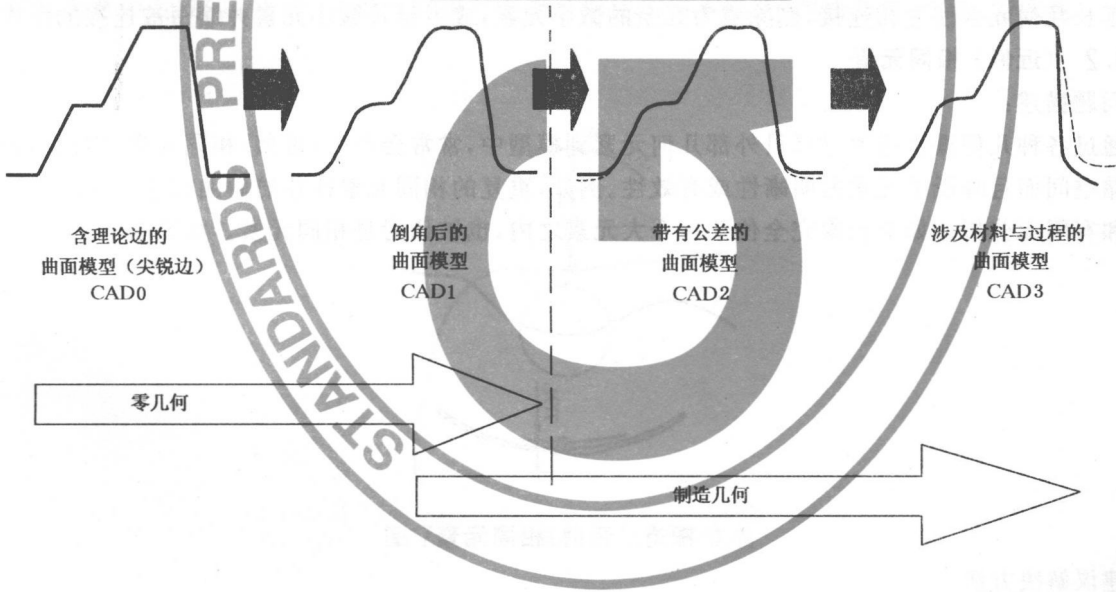


图 3 几何设计阶段

5.3 几何数据质量

几何数据质量提供怎样和根据什么精度生成产品几何元素的信息,据此过程链的后续步骤能够使用这些元素。

5.3.1 线框几何

点、曲线和直线属于线框几何元素,用作产生面和实体的辅助元素,生成数控加工程序的轮廓,也用于绘制工程图样。

5.3.1.1 微小元素和微小线段

问题描述:

由特殊的操作(例如比例变换、做等距线)生成的小于某一特定大小的几何元素,它们在采用低精度的系统进行数据交换或在后续过程(数控)中会产生无效和退化的元素,因而造成间隙。修补这些元素会增加相当大的工作量。这些元素经常是在倒圆角和应用“闭合功能”处理微小间隙和重叠时无意中产生的。如图 4 所示。

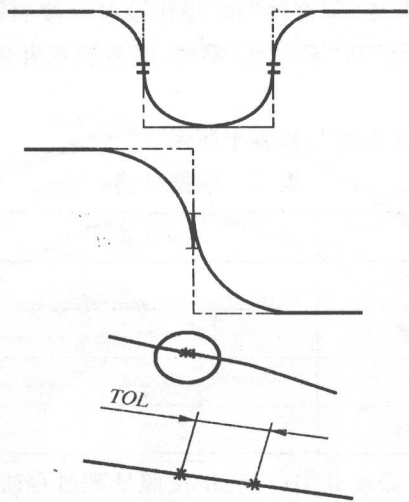


图 4 示例:微小元素或线段

建议解决方法:

延长几何元素使之相连接,删除成为冗余的微小元素,或者延长微小元素并缩短被连接的元素。

5.3.1.2 (近似)相同元素

问题描述:

通过各种几何操作或通过拷贝外部几何元素到模型中,常常会产生(近似)相同元素,它们不但浪费了存储空间而且降低了元素的明晰性或有效性。例如,重复的相同元素往往妨碍曲线连续性的识别以及数控和有限元分析。如果元素完全位于一个大元素之内,也被认为是相同元素。如图 5 所示。

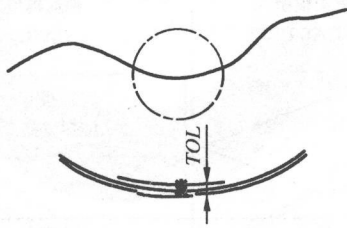


图 5 示例:相同元素

建议解决方法:

删除重复元素中的一个。但是要注意哪一个元素是应该删除的。

5.3.1.3 连续性

一个弯曲的边界包含一条或多条由曲线段组成的曲线。在曲线段和曲线的边界上应满足一定的连续性要求,包括位置连续(G^0)、切矢连续(G^1)和曲率连续(G^2)。

5.3.1.3.1 位置连续性(G^0)

问题描述:

第一个,也是最重要的连续是“位置连续”,即曲线和曲线段的过渡没有间隙和/或重叠。位置不连续会影响基于统一曲线边界上的后续操作,尤其是改变比例和在高精度的系统环境中进行变换以后。如

图 6 所示。

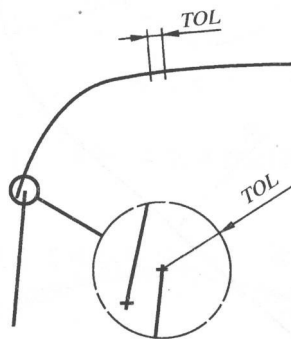


图 6 示例：曲线的位置不连续

建议解决方法：

对于不连续的位置，可通过修正两个元素的相互位置关系，使之满足相同元素公差范围，从而实现位置连续性。一般延长一个元素或同时延长两个元素，比插入一个小的填充元素(可能是一个微小元素)更可靠。

5.3.1.3.2 位置/切矢连续性(G^1)

问题描述：

切矢连续(同时具有特定的位置连续)是指两条曲线切矢夹角为零。在一个完整的模型中，切矢不连续往往是无意中造成的。此外，在设计时也可能有意形成切矢不连续(例如倒角/斜面、特殊线)。如图 7 所示。

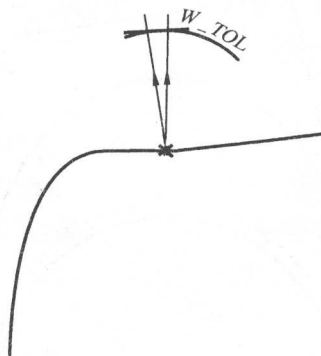


图 7 示例：曲线的切矢不连续

建议解决方法：

通过指定切矢条件和交互式修改，重新生成曲线；或插入一条指定的、合适的曲线(例如在两条直线之间插入圆弧)。

5.3.1.3.3 位置/切矢/曲率连续性(G^2)

问题描述：

在位置和切矢连续的条件下，要求曲率连续是指在连接点上有相同的曲率半径，以使两条曲线曲率和谐地过渡。通常曲率连续只有在描述特殊功能的零件表面(凸轮、蜗轮等)或工业设计建模元素时才要求。如图 8 所示。

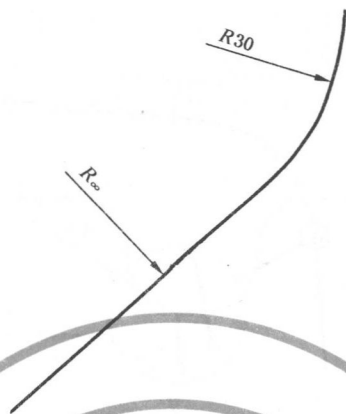


图 8 示例：曲线的曲率不连续

建议解决方法：

用在端点满足合适的曲率条件的元素取代受影响的元素，即具有定常曲率的相邻元素（直线、圆等）应该用自由曲线来代替。

5.3.1.4 多项式次数

问题描述：

曲线段的多项式次数决定了曲线的自由度。次数越高，曲线越复杂。多项式次数高的曲线容易造成不希望要的曲率变化。当这样的曲线转换到另一个CAD系统时，如果该系统描述曲线的最高次数低于原曲线的次数，就必须在一定的公差范围内进行逼近。通常这两种情况都会导致数据质量的降低。如图 9 所示。

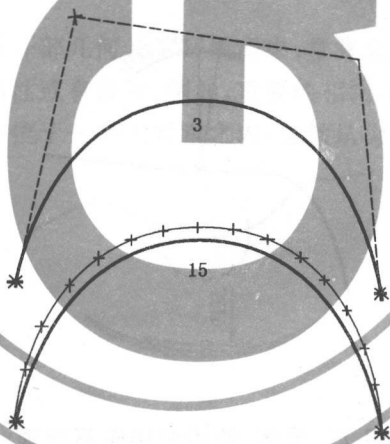


图 9 示例：曲线的多项式次数

建议解决方法：

应该避免高次多项式（阶数大于 9 的多项式）。经验显示最好小于或等于 6 次。高次的曲线最好根据曲率来分割，使每一段曲线的次数较低。

5.3.1.5 平面曲线的波动

问题描述：

波动，即自由曲线的曲率符号多次改变，往往是本标准所不希望要的而且会对后续的操作，比如做等距线等造成影响。如图 10 所示。

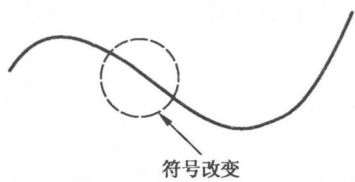


图 10 示例:平面曲线的波动

建议解决方法:

分析曲线的切矢和起始点条件,调整或重新生成曲线。同时分析产生曲线的相交面,如有必要应修改。

5.3.1.6 自相交

问题描述:

自相交(一条曲线自身具有一个以上交点)在任何情况下都不符合设计意图,因为它会给后续操作(例如生成等距线、等距面或 NC 程序等)带来各种问题。如图 11 所示。

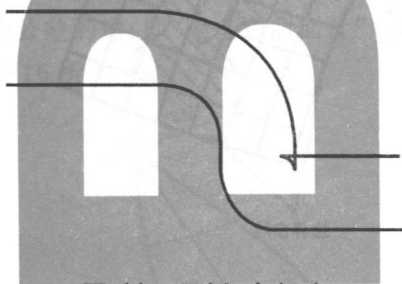


图 11 示例:自相交

建议解决方法:

避免由于等距线生成(距离大于原曲线凹向半径)或投影(三维曲线在平面上投影)造成的自相交。应退回重新生成正确的曲线。

5.3.1.7 重节点

问题描述:

在 NURBS 和 B 样条曲线中要用到节点矢量。节点矢量定义了曲线段的个数和各曲线段之间过渡的连续性。节点矢量用一系列的实数来表示。节点的位置可以重复,这种情况被称作“节点的多重权”或简称“重节点”。带有非常接近的节点的曲线转换到其他的系统中去时由于公差放大而造成节点重合会使曲线的内部连续性改变。如图 12 所示。

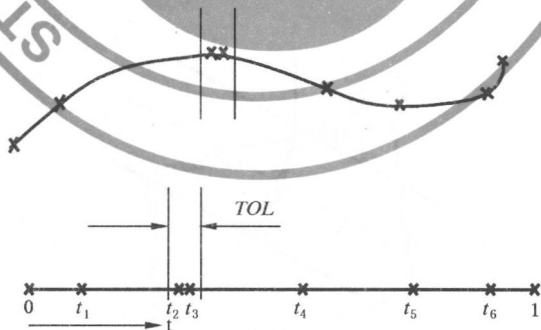


图 12 示例:重节点

例:3 次 NURBS 节点矢量为:

(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.3333, 0.3334, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0)

节点公差 <0.0001 时,曲线包括 3 个曲线段,它们之间是 G^2 阶连续。

当节点公差 >0.0001 时,曲线包括 2 个曲线段,它们之间不是 G^2 阶连续。
建议解决方法：
重新生成曲线,节点间隙要足够大。

5.3.2 曲面

本标准把构成零件的基本面称作曲面,它可以伸出零件的实际轮廓之外。该面的边界通常由“简单的”解析边界曲线构成,一般用作带有复杂边界曲线的有界曲面。
曲面可以由多个片组成,称为曲面片。曲面片之间在边界上要满足位置或斜率公差。曲面片的个数取决于边界曲线的段数 (n,m) ,一个曲面由 $n \times m$ 个曲面片组成。如图 13 所示。

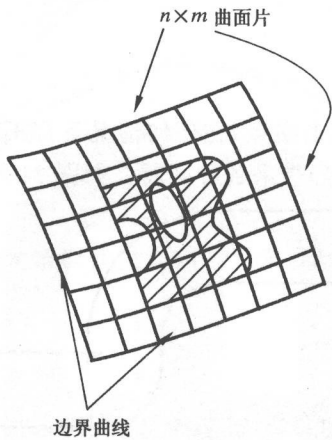


图 13 示例:有界曲面

5.3.2.1 微小元素和微小曲面片

问题描述：
曲面或曲面片在至少一个参数方向上如果小于某一规定值会导致在改变系统或精度时产生退化或有缺陷的元素,也可能因删除而造成间隙。修补这些元素会增加相当大的工作量。
微小元素还增加了对存储空间的要求和修改模型所付出的工作量,同时增加了发生连续性问题的可能。这些微小元素通常是用户在无意中造成的。从外系统输入数据时自动闭合间隙也是造成微小元素的原因之一。如图 14 所示。

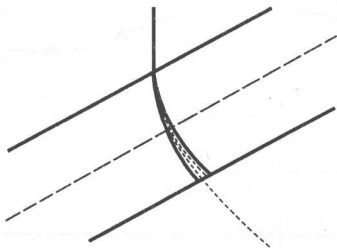


图 14 示例:微小曲面片

此外,两个相邻的曲面片的边的相对长度(在一个曲面的一个参数方向上)不应小于 1 : 100 (“相对曲面大小”)。这个比例意味着分割较差并且会增加今后修改的工作量。如图 15 所示。



图 15 示例:相对曲面片大小

建议解决方法:
应该避免微小元素,通过增大相邻元素和改变分割使小元素成为冗余然后删除。

5.3.2.2 微小曲面片边

问题描述:
如果一个曲面片带有一个小于公差的边(即“准三角曲面片”),那么在系统或公差范围发生改变时,将会产生未定义的法线矢量。如图 16 所示。

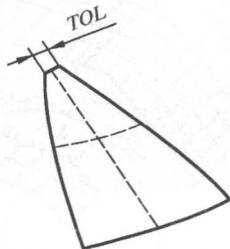


图 16 示例:微小曲面片边

建议解决方法:
注意使曲面片的边大于微小元素公差或者用三边的有界曲面来描述它。

5.3.2.3 (近似)相同元素

问题描述:
相同的或者说是重复的元素,不仅额外地增加了存储需求而且降低了清晰性,即这些元素的合法性。它们妨碍了模型的处理,例如自动生成拓扑关系。如果一个元素完全位于另一个大的元素之内,也属于这种重复情况。如图 17 所示。

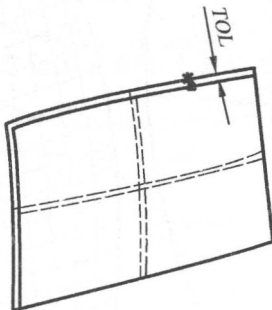


图 17 示例:近似相同的曲面

建议解决方法:
删除重复元素,确保需要的元素保留下来。

5.3.2.4 连续性

问题描述：

与曲线的连续性类似，曲面的位置、切平面及曲率的连续性对它们作为基本几何元素的质量具有重要意义(例如对有界曲面和交线)。由于曲面一般都超出零件的实际边界，从曲面到边的过渡一般不存在或者说很少存在，人们一般只注意和检查在曲面的自然边界内的曲面片之间的连续性。如图 18 所示。

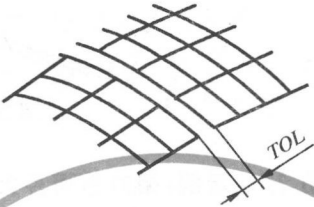


图 18 示例：位置连续性

建议解决方法：

自然边界内曲面片之间的不连续性必须纠正，或通过设定适当的基本条件重新生成。如图 19、图 20、图 21 所示。

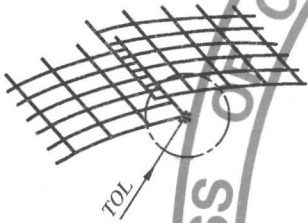


图 19 示例：位置不连续

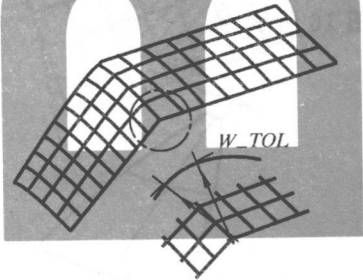


图 20 示例：切平面不连续

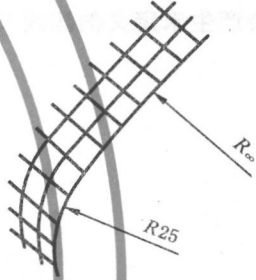


图 21 示例：曲率不连续

5.3.2.5 多项式次数

问题描述：

每个曲面片的多项式表达的次数决定了面的自由度的大小。多项式的次数太高将会导致波动。在通过近似方法降低次数的情况下，形状、连续性方面的质量会下降，对存储空间的需求也会下降。如图 22 所示。

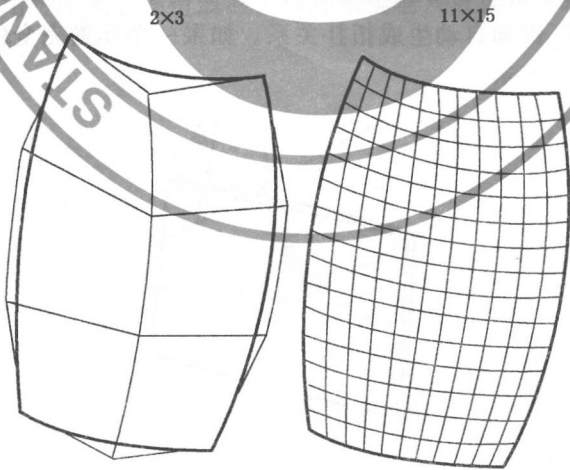


图 22 示例：曲面的多项式次数

建议解决方法：

尽可能避免高次多项式，避免不必要的复杂曲面，例如，合理地根据曲率变化划分曲面使之能用多张低次的曲面来表示。

实践表明，多项式最高次数小于或等于 6 的曲面被认为是有效的。

5.3.2.6 曲面波动

问题描述：

非必要的曲面波动对于表面成型或数控加工等后续操作是有害的。如图 23 所示。

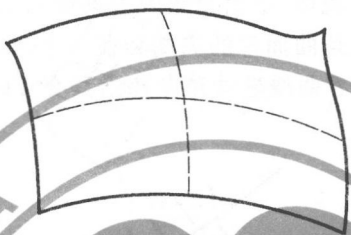


图 23 示例：曲面波动

建议解决方法：

修改或通过设定合适的基本条件(如次数、曲线边界或起始点等)重新生成曲面。

5.3.2.7 最小曲率半径

问题描述：

为了保证曲面能够加工，曲面上任意点的曲率半径必须不小于给定的最小值，否则在铣削加工过程中会发生问题。曲面的最小曲率半径同时也限制了等距面的最大间距。如图 24 所示。

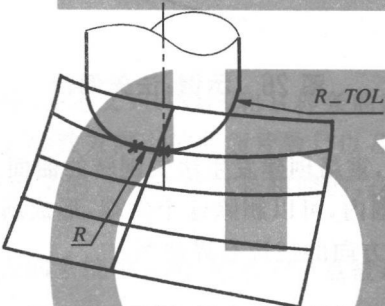


图 24 示例：最小曲率半径

建议解决方法：

通过近似或平滑等方法，重新生成曲率半径大于最小限定值的曲面。

5.3.2.8 边界曲线之间的夹角

问题描述：

如果一个曲面的两条相邻边界曲线之间的夹角小于某最小值或大于某最大值将会导致在角点上的法向无定义。如图 25 所示。

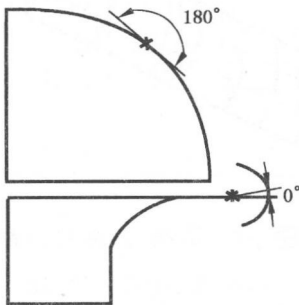


图 25 示例：边界曲线之间的夹角