



中华人民共和国国家标准

GB/T 16656.42—1998
idt ISO 10303-42:1994

工业自动化系统和集成 产品数据 表达与交换 第42部分： 集成通用资源：几何与拓扑表达

Industrial automation systems and integration
Product data representation and exchange
Part 42: Integrated generic
resources: Geometric and topological representation

1998-11-05 发布

1999-06-01 实施

国家质量技术监督局 发布

目 次

前言	Ⅲ
ISO 前言	Ⅳ
引言	Ⅵ
1 范围	1
1.1 几何	1
1.2 拓扑	1
1.3 几何形状模型	2
2 引用标准	2
3 定义、符号与缩略语	2
3.1 定义	2
3.2 符号	5
3.3 缩略语	6
4 几何	7
4.1 引言	8
4.2 基本概念与设定	8
4.3 几何模式的类型定义	9
4.4 几何模式的实体定义	14
4.5 几何模式的规则定义	69
4.6 几何模式的函数定义	70
5 拓扑	93
5.1 引言	93
5.2 基本概念与设定	93
5.3 拓扑模式的类型定义	96
5.4 拓扑模式的实体定义	98
5.5 拓扑模式的函数定义	114
6 几何模型	125
6.1 引言	126
6.2 基本概念和设定	126
6.3 几何模型模式的类型定义	126
6.4 几何模型模式的实体定义	128
6.5 几何模型模式的函数定义	144
附录 A(标准的附录) 实体简名表	148
附录 B(标准的附录) 信息对象的标识注册	152
附录 C(提示的附录) 计算机可识的清单	152
附录 D(提示的附录) EXPRESS-G 框图	152
附录 E(提示的附录) 参考资料	169

前 言

本标准等同采用国际标准化组织发布的 ISO 10303-42(1994 年 12 月 15 日第 1 版)《工业自动化和集成——产品数据表达与交换》系列标准的第 42 部分:集成通用资源:几何与拓扑表达。

本标准的主要三个子部分是:

- 几何
- 拓扑
- 几何模型

其内容主要包括各子部分的基本概念与设定的描述,以及各子部分相应模式的类型、实体、规则与函数的定义。

本标准的附录 A 和附录 B 为标准的附录;附录 C、附录 D 和附录 E 为提示的附录。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国工业自动化系统与集成标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:机械部北京机械工业自动化研究所。

本标准主要起草人:林钧永、唐勇。

ISO 前言

国际标准化组织(ISO)是一个世界性的国家标准团体(ISO 成员团体)的联合机构。国际标准的制订工作通常由 ISO 技术委员会完成。对关心已建立的技术委员会项目的每个成员团体都有权派代表参加该委员会项目的工作。与 ISO 有协作关系的官方和非官方的国际组织也可以参加工作。ISO 在电气技术标准化的各个方面都与国际电气技术委员会(IEC)密切合作。

各技术委员会所采纳的国际标准草案为了投票表决要散发到各成员团体。作为国际标准发布至少需要 75% 参加投票的成员团体的赞同。

ISO 10303-42 已由技术委员会 ISO/TC 184(工业自动化系统与集成)的第 4 分技术委员会 SC4(工业数据)制订。

ISO 10303 在《工业自动化系统和集成——产品数据表达与交换》的总标题下,由下述各部分组成:

- 第 1 部分,概述与基本原理
- 第 11 部分,描述方法:EXPRESS 语言参考手册
- 第 21 部分,实现方法:交换结构的纯正文编码
- 第 22 部分,实现方法:标准数据存取接口规范
- 第 31 部分,一致性测试方法与框架:基本概念
- 第 32 部分,一致性测试方法与框架:测试实验室与客户的要求
- 第 41 部分,集成通用资源:产品描述和支持原理
- 第 42 部分,集成通用资源:几何与拓扑表达
- 第 43 部分,集成通用资源:表达结构
- 第 44 部分,集成通用资源:产品结构配置
- 第 45 部分,集成通用资源:物料
- 第 46 部分,集成通用资源:可视化显示
- 第 47 部分,集成通用资源:形变公差
- 第 49 部分,集成通用资源:工艺结构与特性
- 第 101 部分,集成应用资源:绘图
- 第 104 部分,集成应用资源:有限元分析
- 第 105 部分,集成应用资源:运动学
- 第 201 部分,应用协议:显式绘图
- 第 202 部分,应用协议:相关绘图
- 第 203 部分,应用协议:配置控制设计
- 第 207 部分,应用协议:钣金模具的规划与设计
- 第 210 部分,应用协议:印刷电路部件产品的设计数据
- 第 213 部分,应用协议:加工零件的数控工艺计划

在 ISO 10303-1 中描述了这个国际标准的结构,其各部分的编号反映了它的结构:

- 第 11 部分规定了描述法;
- 第 21 部分和第 22 部分规定了实现方法;
- 第 31 部分和第 32 部分规定了一致性测试方法与框架;
- 第 41 部分至第 49 部分规定了集成通用资源;
- 第 101 部分至第 105 部分规定了集成应用资源;

GB/T 16656.42—1998

——第 201 部分至第 213 部分规定了应用协议。

如果再发布更多的部分,它们的编号也将遵循这个模式。

附录 A 和附录 B 构成本标准的一个完整部分;附录 C、附录 D 和附录 E 仅是提示性的。

引 言

GB/T 16656 是一个计算机可识的产品数据表达与交换的国际标准。目的在于提供一个中性机制,使之能够独立于任何具体系统去描述整个产品生命周期的产品数据。这种描述的特点使它不仅适用于中性文件的交换,而且也适合于作为实现和共享产品数据库及编制文档的基础。

GB/T 16656 由一系列个部分组织而成,每个部分单独发布。该国际标准的各个部分都分属下述系列之一:描述方法、集成资源、应用协议、抽象测试组、实现方式及一致性测试。GB/T 16656.1 中描述了这些系列。GB/T 16656 的本部分属于集成资源系列,本标准主要的三个子部分是:

- 几何
- 拓扑
- 几何模型

GB/T 16656 的这一部分规定了适用于几何与拓扑表示的集成资源,其主要用途是显式表示产品模型的形状或几何形状。这里所给出的形状表示被设计成在到物理文件的映像时便于稳定和有效的通信。

在第 4 章中,几何仅是参数曲线与曲面的几何,包括曲线和曲面实体及定义它们所必需的其他实体、函数和数据类型。一个通用模式已适用于二维和三维几何两者的定义。全部几何都定义在一个坐标系中,该坐标系的建立作为它表示条目内容的一部分。这些概念在 GB/T 16656 第 43 部分中已全部定义。

第 5 章中的拓扑描述了对对象间的相连性关系,而不是对象的精确几何形状的描述。这一章包括基本拓扑实体和它们的特定子类型,在某些情况下,这些子类型具有几何的连带关系。还包括拓扑实体定义所必需的函数、特定的约束函数及数据类型。

第 6 章的几何模型提供了用于描述三维实体对象精确尺寸和形状的数据通信的基本资源。几何形状模型提供形状的完整表示,它在许多情况下包括几何与拓扑数据两者。这里包括的是实体模型的两个经典类型:构造实体几何(CSG)和边界表示(B-rep)。所包括的其他实体,很少提供产品几何的完整描述,也很少带有一致性约束。

中华人民共和国国家标准

工业自动化系统和集成 产品数据 表达与交换 第 42 部分： 集成通用资源：几何与拓扑表达

Industrial automation systems and integration
Product data representation and exchange
Part 42: Integrated generic
resources: Geometric and topological representation

GB/T 16656.42—1998
idt ISO 10303-42:1994

1 范围

GB/T 16656 的这一部分规定了用于产品形状的显式几何与拓扑表达的资源结构,其范围由一个理想产品模型显式表示的需要确定。利用特征表示的公差和隐含形状超出了本范围。第 4 章中的几何与第 5 章中的拓扑都可以独立应用,且亦广泛地用于第 6 章的几何形状模型的各种形状。此外,本标准还规定了限制表示概念的范围,其中表示的元素是几何的。

1.1 几何

下面所述均属于几何模式的范围之内;

- 点、矢量、参数曲线和参数曲面的定义;
- 变换运算符的定义;
- 通过坐标值或借助于一个已有曲线或曲面的参数直接定义的点;
- 圆锥曲线和初等曲面的定义;
- 在参数曲面上定义曲线的定义;
- 普通参数样条曲线和曲面的定义;
- 复制点、曲线和曲面的定义;
- 偏置曲线和曲面的定义;
- 相交曲线的定义。

下面所述超出了本标准的范围:

- 过程性定义的曲线和曲面的所有其他形式;
- 不具有参数表示形式的曲线和曲面;
- 任何显式表示形式的直纹面。

注: 对于一个直纹面,其几何主要取决于边界曲线的参数化和连接两条曲线上的点对的方法。然而一个具有 B 样条边界曲线的直纹面总可以用精确的 B 样条曲面实体表示。

1.2 拓扑

下面所述均属于拓扑范围之内:

- 基本拓扑实体顶点、边和面的定义,其每一个都带有特定的、能够分别与点、线、面的几何相联的子类型;
- 构成路径、环、壳拓扑结构的基本实体的集合和保证这些结构完整性的约束条件;

国家质量技术监督局 1998-11-05 批准

1999-06-01 实施

——拓扑实体的方向。

1.3 几何形状模型

下面所述均属于几何模型模式范围之内：

- 描述三维实体对象精确几何形状的数据；
- 构造实体几何(CSG)模型；
- CSG 体素与半空间的定义；
- 通过扫描运算建立的实体模型；
- 流形的边界表示(B-rep)模型；
- 保证 B-rep 模型完整性的约束条件；
- 表面模型；
- 线框模型；
- 几何集；
- 在新的位置上建立一个实体模型的复制品。

下面所述超出了本标准的范围：

- 非流形的边界表示模型；
- 实体模型的空间占用形式(诸如八叉树模型等)；
- 部件与机构。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 16262—1996 信息处理系统 开放系统互连 抽象语法记法一(ASN.1)规范
(idt ISO/IEC 8824:1990)

GB/T 16656.1—1998 工业自动化系统和集成 产品数据表达与交换 第1部分:概述与基本原理

GB/T 16656.11—1998 工业自动化系统和集成 产品数据表达与交换 第11部分:描述方法:EXPRESS 语言参考手册

GB/T 16656.41—1998 工业自动化系统和集成 产品数据表达与交换 第41部分:集成通用资源:产品描述与支持原理

GB/T 16656.43—1998 工业自动化系统和集成 产品数据表达与交换 第43部分:集成通用资源:表达结构

3 定义、符号与缩略语

3.1 定义

对于本标准应用了下述定义。

3.1.1 弧式连通的 arcwise connected

如果在一个实体域中的任意二点都能通过完全位于该域内的一条曲线连接起来,则该实体是弧式连通的。

3.1.2 轴对称的 axi-symmetric

如果一个实体有一个对称轴,使该对象在绕该轴作任何旋转时都保持不变,则该实体是轴对称的。

3.1.3 界 bounds

标志一个拓扑实体范围的较低维数的拓扑实体。面的界是环,边的界是顶点。

3.1.4 边界 boundary

包含在 R^m 空间中的域 X 内的数学点 x 的集合,该集合在 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 R_+^d (对于 $d \leq m$) 中的一个开集合同胚,其中该同胚将 X 同胚将 X 移至 R_+^d 中的原点。

注

1 R_+^d 定义为在 R^d 中的全部数学点 $(x_1, x_2, \dots, x_d)$ 的集合,且 $x_1 \geq 0$ 。

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。

3.1.5 边界表示实体模型 boundary representation solid model (Brep)

一种几何模型的类型,其中实体的大小和形状通过构成它的边界的面、边和顶点来定义。

3.1.6 封闭曲线 closed curve

两端点为同一个点的曲线。

3.1.7 封闭曲面 closed surface

是一个连通的二维流形。它将空间仅分成两个连通部分,且其中之一是有限的。

3.1.8 拓扑实体的完整性 completion of a topological entity

由所讨论的实体与定义该实体界所直接或间接引用的全部面、边和顶点一起组成的集合。

3.1.9 连通的 connected

等价于弧式连通的。

3.1.10 连通部分 connected component

一个域的最大连通子集。

3.1.11 构造实体几何 constructive solid geometry (CSG)

一种几何建模类型,其中实体被定义为对实体模型进行运算的一系列正则布尔(Boolean)运算的结果。

3.1.12 坐标空间 coordinate space

把一组 n 个参数与 n 维空间中的每个点联系起来的参考系。

3.1.13 曲线 curve

一个数学点的集合,它是在实线(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,但不是是一个简单点。

3.1.14 循环 cycle

在一个图中,顶点与边交接且使其首末顶点为同一个点的链。

3.1.15 带有边界的 d 维流形 d -manifold with boundary

是一个域,该域是其 d 维内部与其边界的并。

3.1.16 维数 dimensionality

在一个几何实体的参数空间中独立坐标的个数。不需要域的拓扑实体的维数在该实体的定义中规定。表或集合的维数是表或集合中元素维数的最大值。

3.1.17 域 domain

在对应一个实体的模型空间中数学点的集合。

3.1.18 欧拉方程 euler equations

适用于检验对象拓扑一致性的方程。与实体拓扑性质相关的各种等式都是从若干众所周知的欧拉特性的不变性推导出来的,典型地用作拓扑结构完整性的快速检验,违背一个欧拉条件即发出一个“不可能”对象的信号。在本标准中,两种特殊情况是重要的,即在 5.2.3 节中讨论的用于图的欧拉方程,以及在 5.4.23 节和 5.4.25 节中讨论的用于曲面的欧拉方程。

3.1.19 量度 extent

实体域大小的度量,这种度量按适当的实体维数的单位进行。因此,长度、面积和体积分别适用于 1 维、2 维和 3 维的情况,其中,用符号 E 指明量度是必要的。

3.1.20 有限的 finite

当一个实体域中的任何两点间的距离有有限的上界时,则该实体是有限的(有时称为有界的)。

3.1.21 图的亏格 genus of a graph

由 5.2.3 节注中描述的图的遍历算法在算法上定义的整值的不变量。

3.1.22 曲面的亏格 genus of a surface

为生成与所讨论的曲面同胚的曲面而必须加到一个球面上的柄的个数。

3.1.23 几何建立的 geomstrically founded

对于一个坐标空间维护诸几何表示项间关系的一种几何表示项的特性,在这个坐标空间中,可测量随位置和方向而定的几何表示项上的点的坐标值和方向。

3.1.24 几何相关的 geometrically related

在同一环境下两个几何表示项间的关系,利用这种关系可定义几何表示项间距离和方向的概念。

3.1.25 几何坐标系 geometric coordinate system

全部几何都须参照的,做为基础的全局直角笛卡尔坐标系。

3.1.26 图 graph

顶点与边的集合。本标准中所讨论的图,在技术文件中通常称为伪图,因为它允许自环,也允许相同两顶点连接多个边。

3.1.27 柄 handle

区别圆环面与球面的结构,它可视为在一个曲面中连接两个孔的柱状管。

3.1.28 同胚的 homeorphic

如果存在一个从 X 到 Y 的一一对应的连续函数 f ,使逆函数 f^{-1} 存在,且当 f^{-1} 也连续时,则域 X 和 Y 是同胚的。

3.1.29 内侧 inside

如果在同一个欧几里德空间 R^m 中包含有两个域 X 和 Y ,且 Y 把 R^m 分成两个连通的部分,其中之一是有限的,且 X 包含在有限部分中,则称域 X 在域 Y 的内侧。

3.1.30 内部 interior

在 R^m 中包含的一个 d 维域 X 的 d 维内部是 X 中的数学点 x 的集合,在 R^m 中有一个包含 x 的开球 U ,使 U 与 X 之交 $U \cap X$ 与 R^d 中的一个开球是同胚的。

3.1.31 表 list

可能带有重复元素的一个有序、同质元素的集合。一个表用封闭的方括号表示,如 $[A]$ 。

3.1.32 模型空间 model space

定义物理对象几何的 2 维或 3 维空间。

3.1.33 开曲线 open curve

具有两个不同端点的曲线。

3.1.34 开曲面 open surface

一个具有边界但并不封闭的流形,即或者是无限的,或者是没把空间仅分成两个连通的部分。

3.1.35 可定向的 orientable

如果对于一个曲面能够一致连续变化的选择其法线的方向,则称该曲面是可定向的。

注:该法线矢量的值并不要求连续变化的选择,曲面的切平面可以有不连续的情况。

3.1.36 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。

3.1.37 参数范围 parameter range

对于一曲线或曲面的有效参数值的范围。

3.1.38 参数空间 parameter space

与一条曲线相关联,并通过它唯一确定参数化的一维空间,或与一个曲面相关联并通过它唯一确定参数化的二维空间。

3.1.39 方位坐标系 placement coordinate system

与空间中一几何实体方位相关联的一个笛卡尔直角坐标系,通常用于描述属性的说明,并把唯一的参数化法与曲线和曲面实体联系起来。

3.1.40 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。

3.1.41 自环 self-loop

两端点为同一个顶点的边。

3.1.42 集合 set

一个无重复元素的元序集。

3.1.43 空间的维数 space dimensionality

在坐标空间中,定义一个点的位置所需要的参数个数。

3.1.44 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连续函数的图像。

3.1.45 拓扑方向 topological sense

拓扑实体的方向是从它的属性次序导出的。

例1:一个边的拓扑方向是从该边的始顶点到该边的终顶点。

例2:一个路径的拓扑方向是沿着边的列出次序导出的。

3.2 符号

本标准使用了下述的符号和定义。

3.2.1 几何与数学符号

在表1中给出了几何模式中使用的传统数学符号。

表1 几何数学符号

符 号	定 义
a	纯量
A	矢量
$\langle \rangle$	矢量的规范化
$\hat{a}$	规范化矢量(如 $\hat{a} = \langle A \rangle = A/ A $)
$\times$	矢量积(叉积)
$\cdot$	纯量积(点积)
$A \rightarrow B$	A 转化为 B
$\lambda(u)$	参数曲线
$C(x, y, z)$	解析曲线
$\sigma(u, v)$	参数曲面
$S(x, y, z)$	解析曲面
C_x	C 关于 x 的偏微分
σ_u	$\sigma(u, v)$ 关于 u 的偏导数
S_x	S 关于 x 的偏导数
$ $	绝对值或数量或行列式
R^m	m 维实空间

3.2.2 拓扑符号

利用拓扑实体满足精确定义的约束的尝试已实现。在很多情况下,它们都是通过符号定义的,本章描述了为此目的所使用的符号。应当指出,这里所给出的定义是独立于 EXPRESS 的定义和用途的。

拓扑结构有顶点、边、路径、环、面(和子面)和壳。它们将分别用 V 、 E 、 P 、 L 、 F 和 S 表示。

必要时,这些实体中的某些可采用特殊的形式,并通过上标区别这些形式。

例 3:一个环可以是顶点环,边环或多边环,这些形式可分别加上标表示为 L^v 、 L^e 、 L^p 。

表 2 列出了在拓扑模式中使用的一些符号。

无向边是一个边类型实体,但它不是有向边子类型实体。在该实体定义的一些实例中,一个拓扑属性可以采用(拓扑+逻辑)对的形式,这通常用有向子类型表示。为了进行拓扑与(拓扑+逻辑)对间的区别,使用了下标,例如, E 和 E_i 或 S^o 和 S_i^o 。

若干拓扑实体使用一个方向标志,用以指明被引用实体与引用实体的方向相同还是相反。如果该标志为真(TRUE),则两实体的方向相同,为假(FALSE),则被引用实体的方向(在概念上)与引用实体的方向相反。从高层引用实体到低层被引用实体的实体链中,常常可能有若干个方向标志。相对于高层实体的低层实体的方向可通过方向标志链的非异($\odot$)运算获得。例如,一个面引用一个环+环标志(loop+loopflag),一个环引用一个边+边标志(Edge+Edgeflag),一个边引用一条曲线+曲线标志(Curve+Curveflag),则面的“面曲线标志”(Face Curveflag)由下式给出:

$$\text{Face Curveflag} = \text{Loopflag} \odot \text{Edgeflag} \odot \text{Curveflag}.$$

其中非异运算解释为:当两个标志具有相同值时真。其真值表定义为:

$$T \odot T = T$$

$$T \odot F = F$$

$$F \odot F = T$$

$$\text{由此, } F \odot T \odot F = T$$

3.3 缩略语

本标准使用了下述缩略语。

B-rep(boundary representation solid model):边界表示实体模型;

CSG(constructive solid geometry):构造实体几何。

表 2 拓扑符号定义

符号	定 义
V	顶点(Vertex)
ν	单顶点的个数(Number of unique vertices)
E	无向边(Undirected edge)
ϵ	单无向边的个数(Number of unique undirected edges)
E_i	有向边(Oriented edge)
ϵ_i	单有向边的个数(Number of unique oriented edges)
G^e	边的亏格(Edge genus)
P	路径(Path)
$\mathcal{P}$	单路径个数(Number of unique loops)
G^p	路径亏格(Path genus)
L	环(Loop)
$\mathcal{L}$	单环个数(Number of unique loops)
L_i	面界(Face bound)
$\mathcal{L}_i$	单面界的个数(Number of unique face bounds)
L^e	边环(Edge loop)
L^p	多边环(Poly loop)
L^v	顶点环(Vertex loop)

表 2 (完)

符号	定 义
G'	环亏格 (Loop genus)
F	面 (Face)
$\mathcal{F}$	单面的个数 (Number of unique faces)
H'	面亏格 (Face genus)
S	壳 (Shell)
S	单壳的个数 (Number of unique shells)
S^c	封闭壳 (Closed shell)
S^o	开壳 (Open shell)
S^v	顶点壳 (Vertex shell)
S^w	线壳 (Wire shell)
H'	壳亏格 (Shell genus)
Ξ	量度 (Extent)
$\{A\}$	类型 A 的实体集 (Set of entities of type A)
$[A]$	类型 A 的实体表 (List of entities of type A)

4 几何

下面的 EXPRESS 描述建立了几何模型 (geometry-schema), 并标明了必要的外部引用。

EXPRESS 描述:

*)

```

SCHEMA geometry _ schema;
REFERENCE FROM representation _ schema
(representation,
functionally _ defined _ transformation,
representation _ item,
representation _ context,
definitional _ representation,
item _ in _ context,
using _ representations);
REFERENCE FROM measure _ schema
(length _ measure,
positive _ length _ measure,
plane _ angle _ measure,
plane _ angle _ unit,
positive _ plane _ angle _ measure,
parameter _ value,
global _ unit _ assigned _ context);
REFERENCE FROM topology _ schema
(edge _ curve,
face _ surface,
poly _ loop,
vertex _ point);
REFERENCE FROM geometric _ model _ schema

```