

团 体 标 准

T/CMES XXXX—XXXX

数控系统制造成熟度评价规范

Evaluation specification for the manufacturing readiness levels of
numerical control systems

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制定、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路9号主语国际4座11层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞电子信箱：yuanjr@cmes.org

目次

前 言III

1 范围.....4

2 规范性引用文件.....4

3 术语和定义.....4

4 制造成熟度等级划分（要素及条件）6

 4.1 技术方案设计阶段.....6

 4.2 样机制造与性能试验、检测及小批生产阶段.....7

 4.3 大批生产阶段.....8

5 制造成熟度等级评价（要素及分值）9

 5.1 评价要素及分值.....9

 5.2 合格分值 11

 5.3 晋级分值 11

 5.4 总量化评价分值计算公式..... 11

 5.5 评价判断标准量表..... 11

 5.6 评价规则 12

附 录 A （资料性附录）制造成熟度等级评价打分量表样式 14

附 录 B （资料性附录）制造成熟度等级判定流程 18

附 录 C （规范性附录）制造成熟度等级证书证书要素 19

前 言

标准依据 T/CAS 1.1-2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本标准由中国机械工程学会提出。

本标准由中国机械工程学会生产工程分会归口。

本标准起草单位:武汉华中数控股份有限公司、广州数控设备有限公司、沈阳中科数控技术股份有限公司、北京凯恩帝数控技术有限责任公司、超同步股份有限公司、长春禹衡光学有限公司、西安交通大学、北京航空航天大学、北京工业大学、华中科技大学、国家智能设计与数控技术创新中心、秦川机床工具集团股份公司、济南二机床集团有限公司、四川普什宁江机床有限公司、北京工研精机股份有限公司、北京星航机电装备有限公司、湖北三江航天红峰控制有限公司、中国电子科技集团公司第三十八研究所、内蒙古第一机械集团有限公司、华工法利莱切焊系统工程有限公司、山东豪迈数控机床有限公司、襄阳华中科技大学先进制造工程研究院。

本标准主要起草人:XXXX。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利,中国机械工程学会不负责对该类专利的鉴别。

本标准首次制定。

数控系统制造成熟度评价规范

1 范围

本标准规定了数控系统制造成熟度等级的划分、要素、基本条件及评价规范。

本标准适用于数控系统制造企业、数控系统用户或第三方对各类批量生产的数控系统评价，机床用光栅尺、编码器等检测单元可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- GB/T 19001 质量管理体系
- GB/T 26220-2010 工业自动化系统与集成 机床数值控制数控系统通用技术条件
- GB/T 22900 科学技术研究项目评价通则
- GB/T 24738 机械制造工艺文件完整性
- GB/T 18759.5-2016 机械电气设备 开放式数控系统
- T/CMES 04001-2020 机床装备制造成熟度评价规范-团体标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

数控系统 numerical control system
使用数值数据的控制系统，在运行过程中不断地引入数值数据，从而实现数控加工过程的自动控制。
数控系统的基本组成包括数控装置和驱动装置两部分。其中驱动装置又包括完整驱动单元和电机二部分。
[来源：GB/T 26220-2010,3.1]

3.2

数控装置 NC device
数控装置为数控系统的控制部分，一般由微处理器、存储器、位置控制器、输入/输出、显示器、键盘、操作开关等硬件电路和相关的控制软件所组成。
[来源：GB/T 26220-2010,3.2]

3.3

驱动装置 driving device
数控系统的驱动装置是由完整的驱动单元加上相应的电机而组成。
[来源：GB/T 26220-2010,3.3]

3.4

数控系统软件 computer numerical control system software
数控系统的实时操作系统、中间件、应用软件及应用编程接。
[来源：GB/T 18759.5-2016, 3.1.16-3.1.19]

3.5

成熟度 readiness

研究对象与其理想状态的相对值。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.1]

3.6

制造成熟度 manufacturing readiness, MR

产品制造能力满足预期的装备生产目标的程度。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.2]

3.7

制造成熟度等级 manufacturing readiness level, MRL

用于衡量制造成熟度的尺度。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.3]

3.8

制造成熟度评价 manufacturing readiness evaluation, MRE

确定数控系统制造成熟度的方法、过程和程序, 是一个系统化的、基于一定规律的实施程序。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.4]

3.9

制造成熟度评估分值 manufacture evaluation level, MEL

依据制造成熟度等级评价要素和评价规则评估后得到的分值, 用以确定相应的制造成熟度等级。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.5]

3.10

试验样机 principle test prototype

具备数控系统产品核心关键功能装置, 用于验证产品核心原理实现方法或关键功能参数指标的可行性。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.6]

3.11

产品样机 product prototype

具备数控系统产品全部主要功能和部分辅助功能的试验产品。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.7]

3.12

产品 product

以商品的形式出售给用户使用的数控系统。

[来源: T/CMES 04001-2020, 3.8]

3.13

顾客满意 customer satisfaction

顾客对其期望已被满足程度的感受。

[来源: GB/T 19001—2016, 定义3.9.2]

3.14

小批生产 small volume production

NC单元、伺服驱动单元、电机及检测单元累计大于或等于100~500台，各型号产品年产量根据各企业产品具体情况而定。

注：改写GB/T 24738—2009，附录 A.2按生产产品的年产量划分。

3.15 大批生产 middle or large volume production

NC单元、伺服驱动单元、电机及检测单元累计大于或等于5000~50000台，各型号产品年产量根据各企业产品具体情况而定。

注：改写GB/T 24738—2009，附录 A.2按生产产品的年产量划分。

3.16

V_n版设计图纸 design drawing V_n

V：产品设计图纸版本。

n：产品设计图纸版本号。

3.16.1

V₀版设计图纸 design drawing V₀

为研制试验样机而设计出的图纸，须包括数控系统产品核心关键功能装置的图纸，以及原始草图、阶段性改进图纸等辅助文件。

3.16.2

V₁版设计图纸 design drawing V₁

为研制产品样机而设计出的图纸。相对于V₀版设计图纸有部分或较大改进与补充，要具备数控系统产品全部主要功能和部分辅助功能相关的硬件设计文件、软件设计文件和结构设计文件。

注：在首次设计即实现了产品样机设计的特殊条件下，V₁版设计图纸与V₀版设计图纸可以等同。如果具备可利用的成熟结构并构成产品主体，可直接完成V₁版设计。

3.16.3

V₂版设计图纸 design drawing V₂

为小批生产产品而设计并在生产车间使用的图纸。该图纸以设计图纸V₁版为基础，并以产品样机的检验和试验数据为依托，进行了改进和定型。

3.16.4

V₃版设计图纸 design drawing V₃

为大批生产产品而设计并在生产车间使用的图纸。该图纸以设计图纸V₂版为基础，以市场需求或技术发展趋势、产品的精度、效能、可靠性指标等试验数据结果、批量生产要求的成本、效率、质量稳定性为依据，进行改进。

在首次设计即实现了产品样机设计的特殊条件下，V₁版设计图纸V₀版设计图纸可以等同。如果具备可利用的成熟硬件、软件、结构，并构成产品主体，可直接完成V₁版设计。

4 制造成熟度等级划分（要素及条件）

4.1

技术方案设计阶段

4.1.1

1级（MRL1）具备形成产品的潜力

- a) 应用领域和初步性能、成本目标明确，有用户需求和市场调研分析报告或数控系统技术发展趋势分析、预测报告。
- b) 提出或利用新原理、新工艺、新结构、新算法、新功能或其他的可性方案。
- c) 有前期技术积累和可利用的成熟硬件、软件、结构与检测方法等资源；具有与新产品核心关键技术密切相关的知识产权或企业可靠性保障，相关测试、计量装置等条件和专有技术。

4.1.2

2级（MRL2）有完整的技术实施方案

- a) 基于初步设计方案，通过分析、推导计算数据定量佐证了创新原理的可行性。
- b) 制定出产品研制过程的技术路线。
- c) 明确提出产品在研制中拟将攻关与解决的关键问题，制定出解决方案与可利用的技术资源。

4.1.3

3级（MRL3）完成产品样机总体设计及关键部件详细设计

- a) 完成产品样机的总体设计和系统软件架构设计。
- b) 完成主要核心部件的原理框图设计及外购关键物料的选型方案。
- c) 关键技术和单元功能参数得到计算验证，设计计算书完整。
- c) 关键技术和单元功能参数得到计算验证，设计计算书完整。
- d) 完成系统软件的概要设计，软件概要设计说明书完整；完成系统关键功能分析，数控系统功能分析报告完整。

4.1.4

4级（MRL4）完成产品样机详细设计和产品试验方案设计

- a) 产品技术要求明确，完成了试验样机设计，形成设计图纸V₀版。
- b) 软件开发能力成熟度达到初始级，依据数控系统功能分析报告，完成系统软件功能开发，形成V₀版数控系统软件。
- c) 产品样机的硬件试验、检验、检测方案已经确定；软件功能测试方案已经确定。

4.2

样机制造与性能试验、检测及小批生产阶段

4.2.1

5级（MRL5）具备产品样机核心部件制造能力，制造出试验样机并通过检验

- a) 研制出试验样机。
- b) 产品核心功能、性能已在试验样机上通过了测试验证或有成熟的技术资源支撑。
- c) 具备产品核心部件的生产条件或具备关键外购部件检测手段。
- d) 根据测试验证结果，对产品设计进行改进，形成设计图纸V₁版。
- e) 软件开发能力成熟度达到已管理级，依据软件测试结果，改进系统软件，形成系统软件V₁版。
- f) 制造过程管理及风险控制方案明确。
- g) 具有成本分析模型。

4.2.2

6级（MRL6）具备制造产品样机能力

- a) 完成样机生产方案。
- b) 具备长期供应链计划方案，外购电子料和结构料适用且供应稳定，完成详细的成本估算。
- c) 依据产品样机设计图纸V₁版和系统软件V₁版，研制并组装出产品样机。
- d) 软件开发能力成熟度达已定义级，依据测试报告，改进系统软件，形成系统软件V₂版。
- e) 对照设计指标完成产品样机的质量检验和性能试验。
- f) 依据检验、试验报告，改进或补充设计及相关技术文件，形成产品设计图纸V₂版。

4.2.3

7级（MRL7）具备工程化生产环境与能力

- a) 依照产品设计图纸V₂版和V₂版系统软件生产出首台产品。
- b) 软件开发能力成熟度达到量化管理级，根据市场调研分析报告，对数控系统软件进行改进，形成数控系统软件V₃版。
- c) 通过产品的试验验证与生产过程和生产工艺的可行性、可靠性验证。产品的性能指标，包括系统功能、加工质量、可靠性指标，稳定可控，达到设计要求。
- d) 根据市场需求、试验结果和批量生产要求，撰写包括性能指标、功能、使用要求以及关键技术等内容的市场调研分析报告，并对设计图纸、工艺文件进行改进与补充，形成产品设计图纸V₃版。
- e) 完成基于产品设计图纸V₃版的成本分析模型、详细的成本缩减计划、经济分析报告、风险评估、质量保证评估和长期供货计划。
- f) 开始研制产品小规模生产工艺装备和试验装备。
- g) 供应链基本形成。

4.2.4

8级（MRL8）开始运行生产，技术参数稳定，产品在用户处运行得到认可

- a) 小批生产的关键条件均已具备。
- b) 生产处于GB/T19001和计算机管理体系之下运营，生产过程、质量、工艺稳定且可控。
- c) 依据产品设计图纸V₃版和系统软件V₃版，生产产品且产量达到小批生产的数量要求。
- d) 软件开发能力成熟度达到优化级，依据市场需求调研报告、软件测试报告和客户反馈，对数控系统软件、软件版本说明进行改进与补充，形成V₄版系统软件。
- e) 小批生产成本分析模型适用，供应链稳定，建立了相应的产品售后服务体系。
- f) 产品在用户处运行并得到用户认可，依据 GB/T19001，产品顾客满意度 $\geq 85\%$ ，各项效能指标稳定达到指标要求。
- g) 建立大批生产的成本分析模型。

4.3

大批生产阶段

9级（MRL9）规模生产及服务

- a) 大批生产的关键条件均已具备，包括原材料、零部件、成品仓储设施，生产场地，成套生产装备或生产线运转能力等满足大批生产要求。
- b) 产品生产批量达到设计指标，生产出大批量产品。
- c) 可以支撑用户特殊设计要求。
- d) 80%的产品已出售，产品对企业盈利具有贡献。
- e) 完善了应的产品售后服务体系。

f) 经过持续的技术改进和工艺改进，产品生产成本满足设计要求和市场需求。

g) 依据 GB/T 19001中数据，产品顾客满意度 $\geq 95\%$ 。

5 制造成熟度等级评价（要素及分值）

5.1 评价要素及分值

产品的制造成熟度等级确定，采用百分制（最小单位为0.1分）对50个等级评价要素进行定量评价。产品的制造成熟度等级评价要素及分值，见表1。

表 1 制造成熟度等级评价要素及分值表

等级 MRL	分值 (100)	评价要素	单项 分值
1	10	(1) 应用领域和初步性能、成本目标明确，有用户需求和市场调研分析报告或数控系统技术发展趋势分析报告；	0-2
		(2) 提出新原理或新工艺、新结构、新算法，论证了新产品研发或功能提升或成本降低的可行性；	0-3
		(3) 拥有与核心关键技术密切相关的知识产权；	0-3
		(4) 具有能够支撑核心关键技术的专业技术（可靠性保障体系，部分相关测试、量装置或可以利用的成熟技术资源。	0-2
2	10	(5) 通过分析、推导和计算数据定量佐证了创新原理或创新算法的可行性；	0-2
		(6) 制定出产品研制过程的技术路线；	0-2
		(7) 明确提出产品在研制中拟将攻关与解决的关键问题；	0-2
		(8) 制定出产品关键问题的解决方案；	0-2
		(9) 完成算法的验证，形成算法和模型验证报告。	0-2
3	10	(10) 完成产品总体方案设计和系统软件架构设计；	0-2
		(11) 完成核心部件的原理框图设计及外购关键物料选型；	0-2
		(12) 关键技术和单元功能参数经过理论计算；	0-2
		(13) 完成系统软件的概要设计，软件概要设计说明书完整；	0-2
		(14) 完成系统关键功能分析，数控系统功能分析报告完整。	0-2
4	10	(15) 试验样机软硬件技术要求明确；	0-1
		(16) 完成了试验样机设计，形成设计图纸V0版；	0-2
		(17) 软件开发能力成熟度达到初始级，完成系统软件功能开发，形成数控系统软件V0版；	0-2
		(18) 完成了试验样机的各类工艺文件及标准；	0-2
		(19) 整机及核心功能部件的试验方案已经确定，软件功能测试方案已经确定；	0-2
		(20) 整机及核心功能部件的检验、检测方案已经确定。	0-1

表 1 制造成熟度等级评价要素及分值表（续）

5	12	(21) 研制出试验样机;	0-3
		(22) 产品核心功能、性能已在试验样机上通过了测试验证或有成熟的技术资源支撑;	0-2
		(23) 具备产品核心部件的生产条件或具备关键外购部件检测手段;	0-2
		(24) 软件开发能力成熟度达已管理级, 形成设计图纸V1版和系统软件Beta版;	0-3
		(25) 制造过程管理及风险控制方案明确;	0-1
		(26) 具有成本分析模型。	0-1
6	12	(27) 依据产品样机设计图纸V1版和系统软件V1版, 研制出产品样机;	0-3
		(28) 具备长期供应链计划, 外购料适用且供应稳定, 完成详细的成本估算;	0-2
		(29) 对照设计指标完成产品样机的质量检验和性能试验;	0-3
		(30) 软件开发能力达到已定义级, 依据检验、试验报告, 改进或补充设计及相关技术文件, 形成产品设计图纸V2版和系统软件RC版;	0-3
		(31) 完成生产资源配置方案。	0-1
7	13	(32) 依照产品设计图纸V2版和系统软件V2版生产出首台产品;	0-3
		(33) 通过产品的试验验证与生产过程和生产工艺的可行性、可靠性验证;	0-2
		(34) 产品的性能指标, 包括系统功能、加工质量、可靠性指标, 稳定可控, 达到设计要求;	0-3
		(35) 软件开发能力达到量化管理级, 对设计图纸、系统软件和工艺文件进行改进与补充, 并形成产品设计图纸V3版和系统软件V3版;	0-2
		(36) 依据产品设计图纸V3版和系统软件V3版, 完成成本模型、经济分析报告、风险评估、质量保证评估和长期供货计划;	0-1
		(37) 开始研制产品小批生产工艺装备、试验装备和测试软件;	0-1
		(38) 供应链基本形成。	0-1
8	13	(39) 依据产品设计图纸V3版和系统软件V3版, 生产产品且产量达到小批生产的数量要求;	0-3
		(41) 满足小批生产的关键条件均已具备, 形成全套工艺文件;	0-2
		(42) 建立了产品售后服务体系;	0-2
		(43) 所生产产品的性能表征参数均达到设计指标, 一次交检合格率达到95%;	0-2
		(44) 小批生产成本模型适用, 供应链稳定;	0-1
		(45) 建立大规模生产的成本模型;	0-1
		(46) 依据GB/T 19001中的数据, 产品顾客满意度 $\geq 85\%$ 。	0-2
		(47) 产品生产批量达到设计指标, 生产出大批产品;	0-2

表 1 制造成熟度等级评价要素及分值表（续）

9	10	(48) 大批生产的所有条件均已具备, 软件开发能力成熟度达到优化级, 形成V4版系统软件;	0-2
		(49) 可以支撑用户特殊设计要求;	0-1
		(50) 80%的产品已出售, 产品对企业盈利具有贡献;	0-1
		(51) 建立了市场配套服务体系;	0-1
		(52) 产品生产成本满足设计要求和市场需求;	0-1
		(53) 依据GB/T 19001中的数据, 产品顾客满意度≥95%。	0-2

5.2 合格分值

当产品处于MRL1-MRL9的评估等级时, 达到该制造成熟度等级的合格分值, 见表2。

表2 制造成熟度各等级合格分值表

等级MRL	1	2	3	4	5	6	7	8	9
合格分值	≥6	≥6	≥6	≥6	≥7	≥7	≥8	≥8	≥6

5.3 晋级分值

当产品处于MRL1-MRL9的某个评估等级时, 达到可晋级的制造成熟度等级的晋级分值, 见表3。

表3 制造成熟度各等级晋级分值表

等级MRL	1	2	3	4	5	6	7	8	9
晋级分值	≥8	≥8	≥8	≥8	≥10	≥10	≥10	≥10	≥8

5.4 总量化评价分值计算公式

按照公式 (1) 计算产品的制造成熟度总量化分值。

$$MEL = \sum_{i=1}^n F_i$$

..... (1)

式中:

- MEL: 产品制造成熟度等级总量化分值;
- Fi : 产品制造成熟度在第i个等级的分值;
- n : 产品当前被认定的最高等级。

5.5 评价判断标准量表

根据 MEL 值确定产品的制造成熟度等级, 见表4。

表4 制造成熟度等级判定量表

等级MRL	等级分值
1	$6 \leq MEL < 16$
2	$16 \leq MEL < 26$
3	$26 \leq MEL < 36$
4	$36 \leq MEL < 47$
5	$47 \leq MEL < 59$
6	$59 \leq MEL < 72$
7	$72 \leq MEL < 85$
8	$85 \leq MEL < 96$
9	$96 \leq MEL$

5.6 评价规则

制造成熟度等级的评价规则如下：

- a) 评价需由授权机构组织，以专家审核评价要素打分的形式进行。专家组由5人～11人（单数）组成，应包含高等院校、科研院所、企业界（含产品用户）等领域的专家，依据每位专家的评价总分，去掉一个最高分和一个最低分，计算出算数平均值，判定产品制造成熟度等级。专家打分量表及专家组综合打分量表，参见附A。
- b) 首次进行产品制造成熟度等级评价时，从制造成熟度1级开始评价打分，制造成熟度9级为最高级别。对于类似产品具有5年以上生产、销售经历的企业，经专家组认定后，可直接从企业拟申请的产品制造成熟度等级开始评价。评定后产品被认定的等级按实际得分，被认定级别以下的各级按各级满分计入档案。等级判定流程参见附录B。
- c) 对1-9级制造成熟度评价时，只有当产品满足第n个等级的必要条件，方可进行该级别的评审。只有当产品在第n个级别的制造成熟度评价分值达到合格分值，才可认定产品制造成熟度达到了第n个等级。1-9级制造成熟度评价的必要条件，见表5。

表5 制造成熟度等级评定的必要条件

等级	必要条件
1级	应用领域明确
2级	具备产品研制技术路线
3级	完成产品样机总体设计和系统软件框架设计
4级	具备设计图纸 V ₀ ，含系统软件V ₀ 版
5级	研制出试验样机；
6级	研制出产品样机；
7级	生产出首台产品；
8级	产品的产量达到小批生产的数量要求；
9级	产品的产量达到大批生产的数量要求。

d) 只有当产品在第n个等级制造成熟度评价分值达到晋级分值（见表3），才对第n+1级进行评价。

e) 依据公式(1)计算产品的制造成熟度总量化分值时，只能向低级延伸计算，不得向高级计算即，当产品未达到第n个等级制造成熟度的晋级分值时，不再对高等级制造成熟度的分值进行计算和累计（见表4）。

f) 产品制造成熟度的评价结果记入档案管理，并颁发制造成熟度等级证书，证书要素及格式见附录C。后续进展过程中若再次评级时，则直接从该档案中记录的制造成熟度等级开始评价。首先评估产品在该等级的分值，依照以上规则（c）～（e）判定产品制造成熟度等级。

g) 再次评级时，产品制造企业可依据上次定级时存在的不足之处，提供相应的支撑材料，由专家组针对不足项，依据审核评价要素重新评价打分，并更新原档案中等级评定记录。

h) 如数控制造企业前期已进行过数控产品等级评定，需3个月后才可再次提出更高级别的产品评价申请。

i) 如数控制造企业的数控产品前期拟申请的等级评定，结果为未达到，则需6个月以后可再次提出同级别的产品评价。

中国机械工程学会标准征求意见稿

附录 A
(资料性附录)

制造成熟度等级评价打分量表样式

表 A.1 制造成熟度等级评价（专家）打分量表样式

等级 MRL	分值 (100)	评价要素	单项 分值	单项 得分	本级 得分	是否 晋级
1	10	(1) 应用领域和初步性能、成本目标明确，有用户需求和市场调研分析报告或数控技术发展趋势分析报告；	0-2			☐ 是（本级得分 ≥ 8 ） ☐ 否（本级得分 < 8 ）
		(2) 提出新原理或新工艺、新结构、新功能或其他，论证了新产品研发或功能提升或成本降低的可行性；	0-3			
		(3) 拥有与核心关键技术密切相关的知识产权；	0-3			
		(4) 具有能够支撑核心关键技术的专业技术（可靠性保障体系，部分相关测试、计量装置）或可以利用的成熟技术资源。	0-2			
2	10	(5) 通过分析、推导和计算数据定量佐证了创新原理或创新算法的可行性；	0-2			☐ 是（本级得分 ≥ 8 ） ☐ 否（本级得分 < 8 ）
		(6) 制定出产品研制过程的技术路线；	0-2			
		(7) 明确提出产品在研制中拟将攻关与解决的关键问题；	0-2			
		(8) 制定出产品关键问题的解决方案；	0-2			
		(9) 完成新功能的验证，形成功能验证报告。	0-2			
3	10	(10) 完成产品总体方案设计和系统软件架构设计；	0-2			☐ 是（本级得分 ≥ 8 ） ☐ 否（本级得分 < 8 ）
		(11) 完成核心部件的原理框图设计及外购关键物料选型；	0-2			
		(12) 关键技术和单元功能参数经过理论计算（见表1）；	0-2			
		(13) 完成系统软件的概要设计，软件概要设计说明书完整；	0-2			
		(14) 完成系统关键功能分析，数控系统功能分析报告完整。	0-2			
4	10	(15) 试验样机软硬件技术要求明确；	0-1			☐ 是（本级得分 ≥ 8 ） ☐ 否（本级得分 < 8 ）
		(16) 完成了试验样机设计，形成设计图纸V ₀ 版；	0-2			
		(17) 数控系统软件成熟度达到初始级，完成系统软件功能开发，形成数控系统软件V ₀ 版；	0-2			
		(18) 完成了试验样机的各类工艺文件及标准；	0-2			
		(19) 整机及核心功能部件的试验方案已经确定，软件功能测试方案已经确定；	0-2			
		(20) 整机及核心功能部件的检验、检测方案已经确定。	0-1			
5	12	(21) 研制出试验样机；	0-1			☐ 是（本级得分 ≥ 10 ） ☐ 否（本级得分 < 10 ）
		(22) 产品核心功能、性能参数已通过样机模拟实验和模拟环境验证或有成熟的技术资源支撑；	0-3			
		(23) 具备产品核心部件的生产条件或具备关键外购部件检测手段；	0-2			

表 A.1 制造成熟度等级评价（专家）打分量表样式（续）

		(24) 软件开发能力成熟度达已管理级，形成设计图纸V1版和系统软件V1版；	0-2			
		(25) 制造过程管理及风险控制方案明确；	0-3			
		(26) 具有成本分析模型。	0-1			
6	12	(27) 依据产品样机设计图纸V1版和已管理级系统软件，研制出产品样机；	0-3			☐ 是（本级得分 ≥ 10 ） ☐ 否（本级得分 < 10 ）
		(28) 具备长期供应链计划，外购料适用且供应稳定，完成详细的成本估算；	0-2			
		(29) 对照设计指标完成产品样机的质量检验和性能试验；	0-3			
		(30) 软件开发能力达到已定义级，依据检验、试验报告，改进或补充设计及相关技术文件，形成产品设计图纸V2版和V2版系统软件；	0-3			
		(31) 完成生产资源配置方案。	0-1			
7	13	(32) 依照产品设计图纸V2版和V2版系统软件生产出首台产品；	0-3			☐ 是（本级得分 ≥ 10 ） ☐ 否（本级得分 < 10 ）
		(33) 通过产品的试验验证与生产过程和生产工艺的可行性、可靠性验证；	0-2			
		(34) 产品的性能指标，包括系统功能、加工质量、可靠性指标，稳定可控，达到设计要求；	0-3			
		(35) 软件开发能力达到量化管理级，根据试验结果和批量生产要求，对设计图纸、系统软件和工艺文件进行改进与补充，并形成产品设计图纸V3版和V3版系统软件；	0-2			
		(36) 依据产品设计图纸V3版和系统软件V3版，完成成本模型、经济分析报告、风险评估、质量保证评估和长期供货计划；	0-1			
		(37) 开始研制产品小批生产工艺装备、试验装备和测试软件；	0-1			
		(38) 供应链基本形成。	0-1			
8	13	(39) 依据产品设计图纸V3版和系统软件V3版，生产产品且产量达到小批生产的数量要求；	0-3			☐ 是（本级得分 ≥ 10 ） ☐ 否（本级得分 < 10 ）
		(40) 生产处于GB/T19001和计算机管理体系之下运营，生产过程、质量、工艺稳定且可控；	0-1			
		(41) 满足小批生产的关键条件均已具备；	0-1			
		(42) 建立了产品售后服务体系；	0-2			
		(43) 所生产产品的性能表征参数均达到设计指标，一次交检合格率达到95%；	0-2			
		(44) 小批生产成本模型适用，供应链稳定；	0-1			
		(45) 建立大规模生产的成本模型；	0-1			
		(46) 依据GB/T 19001中的数据，产品顾客满意度 $\geq 85\%$ 。	0-2			

表 A.1 制造成熟度等级评价（专家）打分量表样式（续）

9	10	(47) 软件开发能力成熟度达到优化级，形成V4版系统软件；	0-2		
		(48) 大批生产的关键条件均已具备；	0-2		
		(49) 可以支撑用户特殊设计要求；	0-1		
		(50) 80%的产品已出售，产品对企业盈利具有贡献；	0-1		
		(51) 完善了产品售后服务体系；	0-1		
		(52) 产品生产成本满足设计要求和市场需求；	0-1		
		(53) 依据GB / T 19001中的数据，产品顾客满意度≥95%。	0-2		

表 A.1 制造成熟度等级评价（专家）打分量表样式（续）

评 定 结 论	累 计 得 分	
	专 家 意 见：	
	专 家 签 字：	

表 A.2 制造成熟度等级评价（专家组综合）打分量表样式

等级 MRL	专家个人分数							本级 平均得分	是否晋级
	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5	...	专家n		
1									☐ 是（本级得分≥8） ☐ 否（本级得分<8）
2									☐ 是（本级得分≥8） ☐ 否（本级得分<8）
3									☐ 是（本级得分≥8） ☐ 否（本级得分<8）
4									☐ 是（本级得分≥8） ☐ 否（本级得分<8）
5									☐ 是（本级得分≥10） ☐ 否（本级得分<10）
6									☐ 是（本级得分≥10） ☐ 否（本级得分<10）
7									☐ 是（本级得分≥10） ☐ 否（本级得分<10）
8									☐ 是（本级得分≥10） ☐ 否（本级得分<10）
9									☐ 是（本级得分≥10） ☐ 否（本级得分<10）
评定 结论	专家组平均得分						专家组定级		
	专家组意见：								
	专家组长签字：								

附录B
(资料性附录)
制造成熟度等级判定流程

B.1 数控系统制造企业自评

B.1.1 熟悉数控系统制造成熟度评价规范

仔细阅读本标准各项内容。

B.1.2 归类整理评估资料

依照第4章和5.1, 逐项逐条对照整理评估资料, 做好评估准备。

B.1.3 自我评估

根据5.6自行组成专家组, 依据表1对照整理的评估资料, 逐项逐条对拟评价的数控产品的各项内容, 专家在附录A表A.1内进行评价打分, 在表A.2内进行汇总及评价。

根据5.2~5.5给出的计算公式、判定规则及评价判断标准量表, 评价产品所处的制造成熟度等级, 为第三方产品成熟度评估做好准备或是为提升产品性能奠定基础。

B.2 数控系统用户或第三方评价与认定

B.2.1 提出申请

有主、客观等原因需要第三方对数控产品依照本标准进行等级评估的数控制造企业, 经自我评估后, 可向具有评定资质的第三方机构申请评价。

申请书应当表明拟评估的数控产品特征、型号, 申请预期认定的产品成熟度级别。

B.2.2 提交评估资料

数控产品制造企业要按照数控产品拟认定的级别, 向第三方机构提交正式的产品评估材料和自评估资料。

B.2.3 现场评估

第三方机构与数控产品制造企业确定评估日期, 并组织专家组在数控产品生产现场, 依照本标准, 对数控产品进行等级评估并计入档案。

附录 C

(规范性附录)

制造成熟度等级证书证书要素

C.1 标题

数控系统制造成熟度等级证书。

C.2 证书主体内容

标明某单位某数控系统产品获得的制造成熟度级别的日期及依据的标准。

C.3 落款

评定机构名称、颁证日期。

C.4 编号

在评定机构备案的编号。

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿