ICS 03.120.10

J 60

团体标准

T/CMES XXXX—202X

机械基础装备制造成熟度评价规范（铸造 锻压 焊接 热处理）

Evaluation Specification for the Manufacturing Readiness Levels of Mechanical Basic Equipment（Casting Forging and Stamping Welding Heat Treatment)

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

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、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草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的3/4以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

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.](http://www.cmes.)org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

目 次

[前 言 III](#_Toc109371893)

[1 范围 .. 1](#_Toc109371895)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc109371896)

[3 术语和定义 1](#_Toc109371897)

[4 制造成熟度等级划分（要素及条件） 3](#_Toc109371911)

[4.1 技术方案设计阶段 3](#_Toc109371912)

[4.2 样机制造与性能试验、检测小批量生产阶段 4](#_Toc109371913)

[4.3 批量生产阶段 5](#_Toc109371914)

[5 制造成熟度等级评价（要素及分值） 5](#_Toc109371915)

[5.1 评价要素及分值 5](#_Toc109371916)

[5.2 合格分值 9](#_Toc109371918)

[5.3 晋级分值 9](#_Toc109371919)

[5.4 总量化评价分值计算公式 9](#_Toc109371920)

[5.5 评价判断标准量表 10](#_Toc109371921)

[5.6 评价规则 10](#_Toc109371922)

[附　录　A （资料性附录） 制造成熟度等级评价打分量表样式 11](#_Toc109371923)

[附　录　B （资料性附录） 制造成熟度等级判定流程 18](#_Toc109371924)

[附　录　C （资料性附录） 制造成熟度等级证书格式 20](#_Toc109371927)

[表1 制造成熟度等级评价要素及分值表 5](#_Toc1653823)

[表2 达到该制造成熟度等级的合格分值 9](#_Toc1653823)

[表3 达到可晋级的制造成熟度等级的晋级分值 10](#_Toc1653823)

[表4 制造成熟度等级判定量规表 10](#_Toc1653823)

[表A.1 机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家用） 11](#_Toc1653824)

[表A.2 机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家组用） 17](#_Toc1653824)

前 言

本标准依据 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，由中国机械工程学会塑性工程分会归口。

本标准起草单位：中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、中国机械科学研究总院集团有限公司、中国机械总院集团中机认检公司、沈阳铸造研究所有限公司、哈尔滨焊接研究院有限公司、国机集团科学技术研究院有限公司、北京工业大学、北京交通大学、重庆江东机械有限责任公司、重庆金龙铜管集团股份公司、江苏丰东热技术有限公司、湖南科技大学、江麓机电集团有限公司、中国机械工程学会。

本标准起草人：姜超、陆辛、翟月雯、徐跃明、杨玉亭、雷振、谢华生、苏仕方、张立斌、贺小毛、孙奋丽、陈树君、金红、韩建民、李俏、李贤君、张浩、周林、刘雪飞、李永革、向建华、卢立伟、边翊、秦思晓、蔡春波、赵军、于波、金磊、杨丽、王丽红。

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任何该类专利的鉴别。

本标准首次制定。

机械基础装备制造成熟度评价规范（铸造 锻压 焊接 热处理）

范围

本标准规定了机械基础装备制造成熟度等级的划分、要素、基本条件及评价方法。

本标准适用于各类批量包含依据用户特殊要求而定制的非标单台的铸造、锻压、焊接以及热处理等生产机械基础装备制造企业对具体产品的自我评价及第三方评价。

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/ISO 9001 质量管理体系 要求（Quality management systems — Requirements）

JJF 1015 计量器具型式评价通用规范

GB/T 6587 电子测量仪器通用规范

术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

机械基础装备 basic equipment

指用于铸造、锻压、焊接以及热处理等以机械基础制造的装备，包含相关辅助设备。

产品 product

满足国家颁布的各项有关法律、法规、标准及政策，包括安全、环保、节能等方面的政策要求，具有确定的型号和编号，以商品的形式，出售给用户使用的基础装备。

成熟度 readiness

评价对象与其理想状态的相对值，可用百分数来衡量，也可用等级来衡量。

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。

制造成熟度等级 manufacturing readiness level, MRL

用于衡量制造成熟度的尺度。

制造成熟度评价 manufacturing readiness assessment, MRA

确定机械基础装备制造成熟度的方法、过程和程序，是一个系统化的基于一定规律的实施程序。

试验样机 principle test prototype

具备机械基础装备核心关键功能的装置，用于验证机械基础装备产品核心原理实现方法或关键功能参数指标的可行性。

产品样机 product prototype

具备机械基础装备产品全部主要功能和部分辅助功能的试验产品。

制品 part

用铸造、锻压、焊接以及热处理机械基础制造装备加工出的工件。

满意度 degree of satisfaction

达到用户预期心理期望的程度。

小批量生产 small lot production

国内机械基础装备企业，衡量机械基础装备的生产能力以累计生产基础装备的台数来表示，小批量生产能力为机械基础装备累计产量≥2台。

大批量生产 mass production

国内机械基础装备企业，衡量机械基础装备的生产能力以累计生产机械基础装备的台数来表示，大批量生产能力为机械基础装备累计产量≥5台。

V0版设计图纸 version 0 of design drawing

为研制试验样机而设计出的图纸，包括但不限于机械基础装备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。该图纸主要用于验证装备工作原理、设计理念。

V1版设计图纸 version 1 of design drawing

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，要具备机械基础装备产品全部主要功能和部分辅助功能相关的零部件图纸和装配图图纸。

**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。

V2版设计图纸 version 2 of design drawing

为小批量生产产品而设计出并在生产车间使用的图纸。该图纸以产品样机设计图纸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。

V3版设计图纸 version 3 of design drawing

为大批量生产产品而在车间使用的图纸。该图纸以设计图纸V2版为基础，根据市场需求、产品的精度、效能、可靠性指标、能耗、可维护性、兼容性等试验数据结果、批量生产要求的成本、效率、质量稳定性为参考，进行了改进。

制造成熟度等级划分（要素及条件）

技术方案设计阶段

1级(MRL1)

提出新产品概念，达到MRL1应符合下列条件：

1. 有用户/市场需求或机械基础装备技术发展前沿分析、预测报告；
2. 根据产品的制造工艺特性，提出或利用新原理、新工艺、新结构，通过理论分析、模拟、仿真或实验等手段，论证各方向制造装备新产品研发的可行性；
3. 有前期技术基础和明确的软硬件支撑资源，如：具有与新设备核心关键技术密切相关的软硬件或企业专有技术（知识产权、可靠性保障体系，部分相关测试、检测手段）等。

2级(MRL2)

有完整的技术路线和实施方案，达到MRL2应符合下列条件：

1. 基于初步设计理念，通过理论推导或试验测试数据定量反映创新原理与预期目标的达成度；
2. 制定出机械基础装备产品研制过程的技术路线和完整方案。
3. 明确提出机械基础装备在研制中拟将攻关、解决的关键技术与科学问题，制定出周详的解决方案；

3级（MRL3）

完成样机总体设计及关键部件详细设计，达到MRL3应符合下列条件：

1. 完成关键零部件的详细结构和尺寸设计；
2. 完成试验样机的总体设计及外购元器件选型方案；
3. 关键技术参数得到计算或试验验证，设计说明书完整。

4级（MRL4）

完成整机、辅助工装夹具的设计和实验（试验）方案设计，达到MRL4应符合下列条件：

1. 产品技术要求明确，完成了试验样机设计，形成V0版设计图纸；
2. 完成了样机产品的可制造性服役安全性评估，各类工艺文件及标准完整；
3. 整机及关键零部件的实验、检验、检测方案已经确定并通过论证。

样机制造与性能试验、检测小批量生产阶段

5级(MRL5)

制造出合格的试验样机，达到MRL5应符合下列条件：

1. 研制出试验样机，通过制造可行性验证。
2. 关键零部件设计、性能参数已通过样机模拟实验（试验）和模拟环境验证，完成产品样机的设计，形成V1版设计图纸；
3. 产品关键零部件加工条件具备；
4. 制造过程管理及风险控制方案明确；
5. 具有基于详细流程图的成本分析模型。

6级(MRL6)

具备制造产品样机能力，达到MRL6应符合下列条件：

1. 完成样机生产过程方案；
2. 具备长期供应链计划方案，外购零部件适用且供应稳定，完成详细的成本估算；
3. 依据产品样机V1版设计图纸，研制并组装出产品样机；
4. 对照设计指标完成产品样机的质量检验和性能测试，所设计的关键技术参数在样机上得到验证；

e）服役过程管理及风险控制方案明确；

f）产品样机已通过工艺验证，加工出性能、外观尺寸与形状、内外质量均达标的制品；

g）改进V1版设计图纸及相关技术文件（结构及原理方面的修正），形成产品V2版设计图纸。

7级(MRL7)

具备工程化生产环境与能力，达到MRL7应符合下列条件：

1. 依照产品V2版设计图纸生产出首台产品；
2. 首台产品在工艺生产过程中通过可靠性验证，产品运行的各项性能指标，达到设计要求，可进行工程化应用；
3. 根据市场需求、试验结果和批量生产要求，撰写出包括性能指标、功能、使用要求以及关键技术等内容的市场调研分析报告，并对设计图纸和工艺文件进行改进，形成产品V3版设计图纸；
4. 完成基于产品V3版设计图纸的成本模型、详细的成本缩减计划、经济分析报告、质量保证评估、使用手册、维护手册和长期供货计划；
5. 启动市场分析和风险评估，开始研制产品小规模生产工艺装备和试验装备；
6. 原材料和外协、外购供应链基本形成。

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，达到MRL8应符合下列条件：

1. 满足小规模生产的所有生产资料均已具备；
2. 可以支撑用户特殊设计要求；
3. 具有核心技术和关键工艺持续改进能力；
4. 生产处于ISO9001或其他管理体系之下运营，形成全套工艺文件；
5. 依据产品V3版设计图纸，生产出多台产品，生产过程、质量、工艺足够稳定且可控，同类产品的性能表征参数的波动范围控制在预期要求指标之内；
6. 小批量生产成本模型适用，供应链稳定；
7. 在用户处现场验收合格，在2年内产品各项效能指标均能稳定且达到设计指标；
8. 依据不同工艺特性，建立大规模生产的成本模型。
9. 产品能够保证生产工艺稳定、生产节拍可调可控；配合产品设计的模具、辅助工装夹具等工艺设施具有较高的精度和寿命；经产品热加工成形的制品合格率能达到指标要求。

批量生产阶段

规模化生产及服务，达到9级（MRL9）应符合下列条件：

1. 满足大规模生产的所有资料均已具备，包括原料、零配件、成品仓储设施，成套生产装备或生产线运转能力等满足大规模生产要求；
2. 80%的产品已出售；
3. 建立了市场配套服务体系；
4. 经第三方机构（根据企业提供的销售用户清单和产品考核量表）评估，产品用户满意度超过95%。

制造成熟度等级评价（要素及分值）

评价要素及分值

一个产品的制造成熟度处在哪个等级，需对108个要素采用千分制（最小单位为1分）进行定量评价，评价要素及对应分值应按表1中的内容执行。

表1 制造成熟度等级评价要素及分值表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级MRL | 分值 | 评价要素 | 单项分值 |
| 1 | 100 | （1）有用户/市场需求或机械基础装备技术发展前沿分析、预测报告。 | 10 |
| （2）根据产品的制造工艺特性，提出或利用新原理、新工艺、新结构，通过理论分析、模拟、仿真或实验等手段，论证各方向制造装备新产品研发的可行性。 | 12 |
| （3）有前期技术基础和明确的软硬件支撑资源，如：具有与新设备核心关键技术密切相关的软硬件或企业专有技术（知识产权、可靠性保障体系，部分相关测试、检测手段）等。 | 12 |
| （4）技术储备或产品继承性。 | 10 |
| （5）方案通过内部评审。 | 10 |
| （6）初步研发预算分析报告。 | 10 |
| （7）关键零部件结构设计分析、计算报告。 | 12 |
| （8）产品样机设计及外购选型(国产化率)方案资料(论证、分析、计算报告，图纸)。 | 12 |
| （9）有完善的技术资料管理规范。 | 12 |

表1 制造成熟度等级评价要素及分值表（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 2 | 100 | （1）基于初步设计理念，通过理论推导计算数据定量反映制造原理与预期目标的达成度。 | 8 |
| （2）制定出机械基础装备产品研制过程的技术路线和完整方案。 | 8 |
| （3）明确提出机械基础装备在研制中拟将攻关、解决的关键技术与科学问题，制定出周详的解决方案。 | 8 |
| （4）建立人才结构合理(相关岗位人才比例合理)的研发团队。 | 8 |
| （5）工艺设计、流程及相关设备配套齐全。设计、标准化、工艺、制造、检验、试验相关环节配套齐全。 | 10 |
| （6）计量器具、检测设备可靠落实，溯源有效。 | 10 |
| （7）环境适应性分析。 | 12 |
| （8）样机制造风险评估和风险应对方案完善。 | 12 |
| （9）质量管理体系完善，具有通过第三方认证的质量管理体系。 | 12 |
| （10）制定了明确的制造过程管理方案。 | 12 |
| 3 | 100 | （1）完成样机的总体设计、外购件选型及外加工件落实。 | 8 |
| （2）完成液压气动、电气控制等功能模块设计。 | 8 |
| （3）关键和单元功能参数得到计算验证或试验验证，设计说明书完整。 | 8 |
| （4）完成关键技术指标合理性评估。 | 8 |
| （5）技术指标体系完备，指标量化、可考核。 | 10 |
| （6）完成软件功能与架构设计。 | 10 |
| （7）样机可靠性设计。 | 12 |
| （8）关键件的设计计算仿真。 | 12 |
| （9）完成关键零部件的详细加工工艺设计，工艺论证，落实材料选型。 | 12 |
| （10）完成外购件定点选型。 | 12 |
| 4 | 100 | （1）产品技术要求明确，完成了试验样机设计，形成V0版设计图纸。 | 8 |
| （2）完成了样机产品的可制造性评估和服役安全性评估，各类工艺文件及标准完备。 | 8 |
| （3）整机及关键零部件的实验、检验、检测方案已经确定并通过论证。 | 8 |
| （4）关键零部件认定。 | 8 |
| （5）关键制造岗位/检测岗位人员持证上岗。 | 10 |
| （6）关键零部件的制造设备落实。 | 10 |
| （7）关键件的配套工艺完整、可行。 | 12 |
| （8）关键件的装配、调试条件具备。 | 12 |
| （9）关键零部件外协单位具备相应资质。 | 12 |
| （10）关键零部件的加工、实验、检验、检测充分，数据可信。 | 12 |

表1 制造成熟度等级评价要素及分值表（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 5 | 120 | （1）研制出试验样机，通过制造可行性验证。 | 7 |
| （2）关键零部件设计、性能参数已通过样机模拟实验（试验）和模拟环境验证。完成产品样机的设计，形成V1版设计图纸。 | 7 |
| （3）产品关键零部件加工条件具备。 | 7 |
| （4）制造过程管理及风险控制方案明确。 | 7 |
| （5）具有基于详细流程图的成本分析模型。 | 8 |
| （6）产品通过成形工艺验证，涉及机械基础装备特性的关键零部件技术指标有第三方验证。 | 9 |
| （7）关键零部件加工质量有可靠保证，符合相关标准及要求。 | 9 |
| （8）核心机械基础装备部件外购外协件供应稳定(国产部件)。 | 9 |
| （9）核心机械基础装备部件验证样品完备。 | 9 |
| （10）核心机械基础装备部件误差机理清晰，补偿方案有效。 | 12 |
| （11）完成软件模块设计。关键算法基于完整的数学模型并验证。 | 12 |
| （12）样机技术指标经第三方检测结果。 | 12 |
| （13）基于第三方检测结果确认样机性能符合设计要求。 | 12 |
| 6 | 120 | （1）完成样机生产过程方案。 | 5 |
| （2）具备长期供应链计划方案，外购零部件适用且供应稳定，有完整的成本估算方案。 | 5 |
| （3）依据产品样机V1版设计图纸，试制并组装出产品样机。 | 5 |
| （4）对照设计指标完成产品样机的质量检验和性能测试，所设计的关键技术参数在样机上得到验证。 | 6 |
| （5）产品样机已通过工艺验证，加工出微观组织与性能、外观尺寸与形状、内外质量均达标的制品。 | 6 |
| （6）服役过程管理及风险控制方案明确。 | 7 |
| （7）改进V1版设计图纸及相关技术文件（结构及原理方面的修正），形成产品V2版设计图纸。 | 7 |
| （8）完成工程样机试制。 | 8 |
| （9）控制系统软件通过验证。 | 8 |
| （10）关键技术指标的重复性验证。 | 9 |
| （11）技术性能经第三方检测机构测量符合设计指标。 | 9 |
| （12）完成产品可靠性和安全性测试。 | 10 |
| （13）厂家出具的检验报告齐全。 | 11 |
| （14）完成产品样机的制造、工艺、检测和试验过程分析，完成详细的成本估算，提出优化方案。 | 12 |
| （15）依据改进方案，修正图纸及相关技术文件。 | 12 |

表1 制造成熟度等级评价要素及分值表（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 7 | 130 | （1）依照产品V2版设计图纸生产出首台产品。 | 7 |
| （2）首台产品在工艺生产过程中通过可行性、可靠性验证，产品运行的各项性能指标，包括精度、效率、可靠性指标稳定可控，达到设计要求，可进行工程化。 | 7 |
| （3）根据市场需求、试验结果和批量生产要求，撰写出包括性能指标、功能、使用要求以及关键技术等内容的样机试制总结及市场调研分析报告，并对设计图纸和工艺文件进行改进，形成产品V3版设计图纸。 | 7 |
| （4）完成基于产品V3版设计图纸的成本模型、详细的成本缩减计划、经济分析报告、质量保证评估和长期供货计划。 | 7 |
| （5）启动市场分析和风险评估，开始研制产品小规模生产工艺装备和试验装备。 | 8 |
| （6）原材料和外协、外购供应链基本形成。 | 8 |
| （7）控制系统软硬件设计更改方案评审。 | 8 |
| （8）控制系统软硬件设计更改验证。 | 9 |
| （9）产品小规模生产工装、生产工具和试验装备的研制和配套工作计划。 | 10 |
| （10）产品小规模生产的工艺提升和配套工作计划。 | 11 |
| （11）小批量生产的工艺装备齐套。生产质量控制体系齐套。 | 12 |
| （12）产品小规模生产的检测装备采购、研制或配套工作计划。 | 12 |
| （13）小批量生产的检测装备齐套。 | 12 |
| （14）单个产品的复现性达到设计要求。 | 12 |
| 8 | 130 | （1）满足小规模生产的所有生产资料均已具备。 | 5 |
| （2）可以支撑用户特殊设计要求 | 5 |
| （3）具有核心技术改进能力和关键工艺持续优化能力 | 5 |
| （4）生产处于ISO9001和计算机管理体系之下运营，形成全套工艺文件。 | 5 |
| （5）依据产品V3版设计图纸，生产出多台产品。生产过程、质量、工艺足够稳定且可控，同类产品的性能表征参数的波动范围控制在预期要求指标之内。 | 6 |
| （6）小批量生产成本模型适用，供应链稳定。 | 6 |
| （7）在用户处现场验收合格，在2年内产品各项效能指标均能稳定且达到设计指标。 | 6 |
| （8）依据不同工艺特性，建立大规模生产的成本模型。 | 8 |
| （9）产品能够保证生产工艺稳定、生产节拍可调可控；配合产品设计的模具、辅助工装夹具等工艺设施具有较高的精度和寿命；经产品热加工成形的制品合格率能达到指标要求。 | 8 |
| （10）硬件设计图纸齐全，签署完整。 | 8 |
| （11）软件设计文档齐全(含嵌入式软件)，签署完整。 | 8 |
| （12）通过了第三方质量体系认证。 | 10 |
| （13）生产、 检验等符合质量体系，证明材料齐全。 | 10 |
| （14）小批量生产的合格率大于90%。 | 10 |
| （15）稳定性试验应符合JJF 1015。 | 10 |
| （16）可靠性试验应符合GB/T 6587。 | 10 |
| （17）用户综合满意度调查达到70%。 | 10 |

表1 制造成熟度等级评价要素及分值表（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 9 | 100 | （1）满足大规模生产的所有资料均已具备，包括原料、零配件、成品仓储设施，成套生产装备或生产线运转能力等满足大规模生产要求。 | 10 |
| （2）产品销量高，企业利润效益好。 | 10 |
| （3）建立了市场配套服务体系。 | 10 |
| （4）经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。 | 10 |
| （5）经第三方机构（根据企业提供的销售用户清单和产品考核量表）评估，产品用户满意度超过95%。 | 10 |
| （6）批量生产过程文件受控。 | 10 |
| （7）批量生产原材料、零配件、生产装备材料外协渠道畅通 | 10 |
| （8）批量生产产品性能、质量、可靠性、安全性等均满足客户要求。 | 10 |
| （9）批量生产产品生产成本满足设计目标。 | 10 |
| （10）批量生产产品的性能指标达到先进水平。 | 10 |

合格分值

当产品处于MRL1-9的某个评估等级时，达到该制造成熟度等级的合格分值应符合表2中的规定。

表2 达到该制造成熟度等级的合格分值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级MRL | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 本级合格分值 | ≥60 | ≥60 | ≥60 | ≥60 | ≥72 | ≥72 | ≥78 | ≥78 | ≥60 |

晋级分值

当产品处于MRL1-8的某个评估等级时，达到制造成熟度等级的晋级分值应符合表3中的规定。

表3 达到可晋级的制造成熟度等级的晋级分值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级MRL | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 本级晋级分值 | ≥80 | ≥80 | ≥80 | ≥80 | ≥96 | ≥96 | ≥104 | ≥104 | - |

总量化评价分值计算公式

应采用式(1)计算产品的制造成熟度总量化分值。

 …………………………………………….. (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。

评价判断标准量表

可根据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规表

|  |  |
| --- | --- |
| 等级MRL | 等级分值 |
| 1 | 60≤MEL＜160 |
| 2 | 160≤MEL＜260 |
| 3 | 260≤MEL＜360 |
| 4 | 360≤MEL＜472 |
| 5 | 472≤MEL＜592 |
| 6 | 592≤MEL＜718 |
| 7 | 718≤MEL＜848 |
| 8 | 848≤MEL＜960 |
| 9 | 960≤MEL |

评价规则

评价采用专家审核评价要素后打分的形式进行，制造成熟度等级评价打分量表样式见附录A，判定流程详见附录B。专家组应有5-11人（单数），且分别来自高等院校、研究院所、企业界、经济及市场、产品用户等专家组成，依据每位专家的评定总分，去掉一个最高分和一个最低分，计算算数平均值判定产品制造成熟度等级。

首次进行产品制造成熟度等级评价时，从表1的制造成熟度1级开始评价打分。

只有当产品在某等级的制造成熟度评价分值达到表2的合格分值，且在该等级的评分细则中分值最高两项的得分均不小于对应项满分的50%，才可认定产品制造成熟度达到了某个等级。

只有当产品在某等级制造成熟度评价分值达到表3的晋级分值，才能晋升一级进行评价。

依据表3计算产品制造成熟度累计分值时，只能向低级延伸计算，不得向高级跨越计算。即当产品未达到某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。

产品制造成熟度的评级结果将记入档案管理。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定。首先评估产品在该等级的分值，依照以上规则5.6.3-5.6.5判定产品制造成熟度等级，见表4。

再次评级时，产品生产厂家可依据提供以前定级时的所存在的不足之处，提供对应的支撑材料，由专家组专门针对不足项，依据审核评价要素重新评定打分，并更新原历史档案中记录的已有各级评定分值。

1.

（资料性附录）

 制造成熟度等级评价打分量表样式

表A.1和表A.2规定了制造成熟度等级评价打分量表样式。

表A.1 机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家用）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级MRL | 分值 | 评价要素 | 单项分值 | 单项得分 | 本级得分 |
|
| 1 | 100 | （1）有用户/市场需求或机械基础装备技术发展前沿分析、预测报告。 | 10 | 　 | 　　　　　　　　　　 |
| （2）根据产品的制造工艺特性，提出或利用新原理、新工艺、新结构，通过理论分析、模拟、仿真或实验等手段，论证各方向制造装备新产品研发的可行性。 | 12 | 　 |
| （3）有前期技术基础和明确的软硬件支撑资源，如：具有与新设备核心关键技术密切相关的软硬件或企业专有技术（知识产权、可靠性保障体系，部分相关测试、量仪手段）等。 | 12 | 　 |
| （4）技术储备或产品继承性。 | 10 | 　 |
| （5）方案通过内部评审。 | 10 | 　 |
| （6）初步研发预算分析报告。 | 10 | 　 |
| （7）关键零部件结构设计分析、计算报告。 | 12 | 　 |
| （8）产品样机设计及外购选型(国产化率)方案资料(论证、分析、计算报告，图纸) 。 | 12 | 　 |
| （9有完善的技术资料管理规范。 | 12 | 　 |
| 2 | 100 | （1）基于初步设计理念，通过理论推导计算数据定量反映制造原理与预期目标的达成度。 | 8 | 　 |  |
| （2）制定出机械基础装备产品研制过程的技术路线和完整方案。 | 8 | 　 |
| （3）明确提出机械基础装备在研制中拟将攻关、解决的关键技术与科学问题，制定出周详的解决方案。 | 8 |  |
| （4）建立人才结构合理(相关岗位人才比例合理)的研发团队 | 8 |  |
|  |  | （5）工艺设计、流程及相关设备配套齐全。设计、标准化、工艺、制造、检验、试验相关环节配套齐全 | 10 | 　 |  |
| （6）计量器具、检测设备可靠落实，溯源有效 | 10 | 　 |
| （7）环境适应性分析 | 12 | 　 |
| （8）样机制造风险评估和风险应对方案完善。 | 12 | 　 |
| （9）质量管理体系完善，具有通过第三方认证的质量管理体系。 | 12 | 　 |
| （10）制定了明确的制造过程管理方案。 | 12 | 　 |

表A.1 机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家用）（续）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 | 100 | （1）完成样机的总体设计、外购选型及外加工件落实。 | 8 | 　 | 　　　　　　　　　　 |
| （2）完成液压气动、电气控制等功能模块设计。 | 8 | 　 |
| （3）关键和单元功能参数得到计算验证或试验验证，设计说明书完整。 | 8 | 　 |
| （4）完成关键技术指标合理性评估。 | 8 | 　 |
| （5）技术指标体系完备，指标量化、可考核。 | 10 | 　 |
| （6）完成软件功能与架构设计。 | 10 | 　 |
| （7）样机可靠性设计。 | 12 | 　 |
| （8）关键件的设计计算仿真。 | 12 | 　 |
| （9）完成关键零部件的详细加工工艺设计，工艺论证，落实材料选型。 | 12 | 　 |
| （10）完成外购件定点选型。 | 12 | 　 |
| 4 | 100 | （1）产品技术要求明确，完成了试验样机设计，形成V0版设计图纸。 | 8 | 　 | 　　　　　　　　　　 |
| （2）完成了样机产品的可制造性评估和服役安全性评估，各类工艺文件及标准完备。 | 8 | 　 |
| （3）整机及关键零部件的实验、检验、检测方案已经确定并通过论证。 | 8 | 　 |
| （4）关键零部件认定。 | 8 | 　 |
| （5）关键制造岗位/检测岗位人员持证上岗。 | 10 | 　 |
| （6）关键零部件的制造设备落实。 | 10 | 　 |
| （7）关键件的配套工艺完整、可行。 | 12 | 　 |
| （8）关键件的装配、调试条件具备。 | 12 | 　 |
| （9）关键零部件外协单位具备相应资质。 | 12 | 　 |
| （10）关键零部件的加工、实验、检验、检测充分，数据可信。 | 12 | 　 |
|  |  | （1）研制出试验样机；通过制造可行性验证。 | 7 |  |  |
| （2）关键零部件设计、性能参数已通过样机模拟实验（试验）和模拟环境验证。完成产品样机的设计，形成V1版设计图纸。 | 7 |  |
| 5 | 120 | （3）产品关键零部件加工、装配条件具备。 | 7 | 　 |  |
| （4）制造过程管理及风险控制方案明确。 | 7 | 　 |
| （5）具有基于详细流程图的成本分析模型。 | 8 | 　 |
| （6）产品通过成形工艺验证，涉及基础装备特性的关键零部件技术指标有第三方验证。 | 9 | 　 |
| （7）关键零部件加工质量有可靠保证，符合相关标准及要求。 | 9 | 　 |
| （8）核心机械基础装备部件外购外协件供应稳定(国产部件)。 | 9 | 　 |
| （9）核心机械基础装备部件验证样品完备。 | 9 | 　 |
| （10）核心机械基础装备部件误差机理清晰，补偿方案有效。 | 12 | 　 |
| （11）完成软件模块设计。关键算法基于完整的数学模型并验证。 | 12 | 　 |
| （12）样机技术指标经第三方检测结果。 | 12 | 　 |
| （13）基于第三方检测结果确认样机性能符合设计要求。 | 12 | 　 |

表A.1 机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家用）（续）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6 | 120 | （1）完成样机生产过程方案。 | 5 | 　 | 　　　　　　　　　　　　　　　 |
| （2）具备长期供应链计划方案，外购零部件适用且供应稳定，有完整的成本估算方案。 | 5 | 　 |
| （3）依据产品样机V1版设计图纸，试制并组装出产品样机。 | 5 | 　 |
| （4）对照设计指标完成产品样机的质量检验和性能测试，所设计的关键技术参数在样机上得到验证。 | 6 | 　 |
| （5）产品样机已通过工艺验证，加工出微观组织与性能、外观尺寸与形状、内外质量均达标的制品。 | 6 | 　 |
| （6）服役过程管理及风险控制方案明确。 | 7 |  |
| （7）改进V1版设计图纸及相关技术文件（结构及原理方面的修正），形成产品V2版设计图纸。 | 7 | 　 |
| （8）完成工程样机试制。 | 8 | 　 |
| （9）控制系统软件通过验证。 | 8 | 　 |
| （10）关键技术指标的重复性验证。 | 9 | 　 |
| （11）技术性能经第三方检测机构测量符合设计指标。 | 9 | 　 |
| （12）完成产品可靠性和安全性测试。 | 10 | 　 |
| （13）厂家出具的检验报告齐全。 | 11 |  |
| （14）完成产品样机的制造、工艺、检测和试验过程分析，完成详细的成本估算，提出优化方案。 | 12 |  |
| （15）依据改进方案，修正图纸及相关技术文件。 | 12 | 　 |  |
| 7 | 130 | （1）依照产品V2版设计图纸生产出首台产品。 | 7 | 　 | 　　　　　　　　　　　　　　　 |
| （2）首台产品在工艺生产过程中通过可行性、可靠性验证，产品运行的各项性能指标，包括精度、效率、可靠性指标稳定可控，达到设计要求，可进行工程化。 | 7 | 　 |
| （3）根据市场需求、试验结果和批量生产要求，撰写出包括性能指标、功能、使用要求以及关键技术等内容的样机试制总结及市场调研分析报告，并对设计图纸和工艺文件进行改进，形成产品V3版设计图纸。 | 7 | 　 |
| （4）完成基于产品V3版设计图纸的成本模型、详细的成本缩减计划、经济分析报告、质量保证评估和长期供货计划。 | 7 | 　 |
| （5）启动市场分析和风险评估，开始研制产品小规模生产工艺装备和试验装备。 | 8 | 　 |
| （6）原材料和外协、外购供应链基本形成。 | 8 | 　 |
| （7）控制系统软硬件设计更改方案评审。 | 8 | 　 |
| （8）控制系统软硬件设计更改验证。 | 9 | 　 |
| （9）产品小规模生产工装、生产工具和试验装备的研制和配套工作计划。 | 10 | 　 |
| （10）产品小规模生产的工艺提升和配套工作计划。 | 11 | 　 |
| （11）小批量生产的工艺装备齐套。生产质量控制体系齐套 | 12 | 　 |
| （12）产品小规模生产的检测装备采购、研制或配套工作计划。 | 12 | 　 |
| （13）小批量生产的检测装备齐套。 | 12 | 　 |
| （14）单个产品的复现性达到设计要求。 | 12 | 　 |

表A.1 机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家用）（续）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 8 | 130 | （1）满足小规模生产的所有生产资料均已具备。 | 5 | 　 | 　　　　　　 |
| （2）可以支撑用户特殊设计要求 | 5 | 　 |
| （3）具有核心技术改进能力和关键工艺持续优化能力 | 5 | 　 |
| （4）生产处于ISO9001和计算机管理体系之下运营，形成全套工艺文件。 | 5 | 　 |
| （5）依据产品V3版设计图纸，生产出多台产品。生产过程、质量、工艺足够稳定且可控，同类产品的性能表征参数的波动范围控制在预期要求指标之内。 | 6 |  |
| （6）小批量生产成本模型适用，供应链稳定。 | 6 |  |
| （7）在用户处现场验收合格，在2年内产品各项效能指标均能稳定且达到设计指标。 | 6 |  |
| （8）依据不同工艺特性，建立大规模生产的成本模型。 | 8 |  |
| （9）产品能够保证生产工艺稳定、生产节拍可调可控；配合产品设计的模具、辅助工装夹具等工艺设施具有较高的精度和寿命；经产品热加工成形的制品合格率能达到指标要求。 | 8 |  |  |
| （10）硬件设计图纸齐全，签署完整。 | 8 | 　 |
| （11）软件设计文档齐全(含嵌入式软件)，签署完整。 | 8 | 　 |
| （12）通过了第三方质量体系认证。 | 10 | 　 |
| （13）生产、 检验等符合质量体系，证明材料齐全。 | 10 | 　 |
| （14）小批量生产的合格率大于90%。 | 10 | 　 |
| （15）稳定性试验应符合JJF1015。 | 10 | 　 |
| （16）可靠性试验应符合GB/T 6587。 | 10 | 　 |
| （17）用户综合满意度调查达到70%。 | 10 | 　 |
| 9 | 100 | （1）满足大规模生产的所有资料均已具备，包括原料、零配件、成品仓储设施，成套生产装备或生产线运转能力等满足大规模生产要求。 | 10 | 　 | 　　　　　　　　　　　　　 |
| （2）产品销量高，企业利润效益好。 | 10 | 　 |
| （3）建立了市场配套服务体系。 | 10 | 　 |
| （4）经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。 | 10 | 　 |
| （5）经第三方机构（根据企业提供的销售用户清单和产品考核量表）评估，产品用户满意度超过95%。 | 10 | 　 |
| （6）批量生产过程文件受控。 | 10 | 　 |
| （7）批量生产原材料、零配件、生产装备材料外协渠道畅通 | 10 | 　 |
| （8）批量生产产品性能、质量、可靠性、安全性等均满足客户要求。 | 10 | 　 |
| （9）批量生产产品生产成本满足设计目标。 | 10 | 　 |
| （10）批量生产产品的性能指标达到先进水平。 | 10 | 　 |
| 评定结论 | 累计得分 | 　 |

表A.1 机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家用）（续）

|  |  |
| --- | --- |
|  | 专家意见 |
| 专家签字 |

表A.2机械基础装备制造成熟度等级评价打分量表样式（专家组用）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级MRL | 专家个人分数 | 本级平均得分 | 是否晋级条件 | 是否晋级 |
| 专家1 | 专家2 | 专家3 | 专家4 | 专家5 | ..... | 专家n |
| 1 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥80：是 本级得分<80：否 | 　 |
| 2 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥80：是 本级得分<80：否 | 　 |
| 3 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥80：是 本级得分<80：否 | 　 |
| 4 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥80：是 本级得分<80：否 | 　 |
| 5 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥96：是本级得分< 96：否 | 　 |
| 6 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥96：是本级得分<96：否 | 　 |
| 7 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥104：是本级得分<104：否 | 　 |
| 8 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 本级得分≥104：是本级得分<104：否 | 　 |
| 9 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | 　 | —— | 　 |
| 评定结论 | 专家平均得分 | 　 | 专家组定级 | 　 | 　 | 　 | 　 |
| 专家组意见 |
|
|
|
| 专家组长签字 |
|
|

1.

(资料性附录)

 制造成熟度等级判定流程

* 1. 机械基础装备生产厂家自评
		1. 熟悉基础转给制造成熟度标准

仔细研读本标准的各项指标和内容，并能将其转化为机械基础装备研制、生产的技术要求和管理制度补充内容。

* + 1. 归类整理判定文档

依照本标准中“4.制造成熟度等级划分（要素及条件）”、“5.1评价要素及分值”，逐项逐条对照整理资料，查漏补缺，为制造成熟度等级自我判定，做好前期准备。

* + 1. 自我判定

企业根据“5.6 评价规则”自行组成专家组，依据“5.1评价要素及分值”，对照整理的资料，逐项逐条对拟评定的基础装备的各项内容，给与评价分值，并记录在附录A给出的制造成熟度等级评价打分量表中。

根据标准5.2-5.5给出的计算公式、判定规则及标准，评定产品所处的制造成熟度等级，查找产品在各级存在的漏洞，制定资料补充的工作计划以及产品改进、提升的工作计划，为第三方产品成熟度评价做好准备或是为提升产品性能奠定基础。

* 1. 第三方评价与认定
		1. 提出申请

有主、客观等原因需要第三方对机械基础装备依照本标准进行定级评价的机械基础装备厂家，在自行评定的基础上，可以向具有评定资质的第三方机构申请评定。

申请书应当表明拟将认定的机械基础装备特征、型号，申请预期认定的产品成熟度级别。

如机械基础装备厂家前期已经经历过机械基础装备某个等级的产品定级评定，需经过3个月以后才能再次提出更高级别的产品评定申请。

如机械基础装备厂家的某个基础装备产品前期拟申请的某个等级的评定结果为未达到，需经过6个月以后才能再次提出同级别的产品评定申请。

* + 1. 提交认证材料

在第三方机构收到认定申请、并确定进行认定工作后的10个工作日内，机械基础装备产品生产厂家要按照机械基础装备产品拟认定的级别，向第三方机构提交正式的产品认定材料和自评材料。产品认定材料经过函评专家组审核合格后，方可进行现场认定。

* + 1. 现场认定

第三方机构与机械基础装备生产厂家协商认定日期，并组织专家组在机械基础装备生产厂家的生产现场，召开产品认定会，依照本标准，根据机械基础装备生产厂家提供的资料和生产现场考察的结果，对机械基础装备进行等级评价和等级认定，并计入档案。

1.

（资料性附录）

制造成熟度等级证书格式

* 1. 标准A4纸张大小。
	2. 边框上、下边距：2.54厘米，左右边距：3.18厘米。
	3. 边框左上角为：编号：XXXX-XXXX；前四位为年号，后四位为当年度颁发证书序号，字体：黑体，小四。
	4. 标题为：机械基础装备制造成熟度等级证书，居中，字体黑体，小二。
	5. 证书主体内容，表明某年月日某单位某基础装备产品获得的制造成熟度级别，字体：宋体，四号。
	6. 落款：中国机械工程学会塑性工程分会；XXXX年XX月；字体：黑体，小四。

编号：2020-XXXX

机械基础装备制造成熟度等级证书

XXXX年XX月， XXXX单位的XXXXX机械基础装备产品，经过机械装备制造成熟度标准专家组依据《机械基础装备制造成熟度评价规范（铸造 锻压 焊接 热处理）》评定，认定达到了制造成熟度X级别，特颁发证书。

中国机械工程学会塑性工程分会

 XXXX年XX月

**ICS 03.120.10**

**J 60**

**关键词：中国机械工程学会、装备、制造成熟度**