

增材制造鉴定及其标准化

栗晓飞 标准化数据部部长

华质卓越生产力促进（北京）有限公司

中国航空综合技术研究所

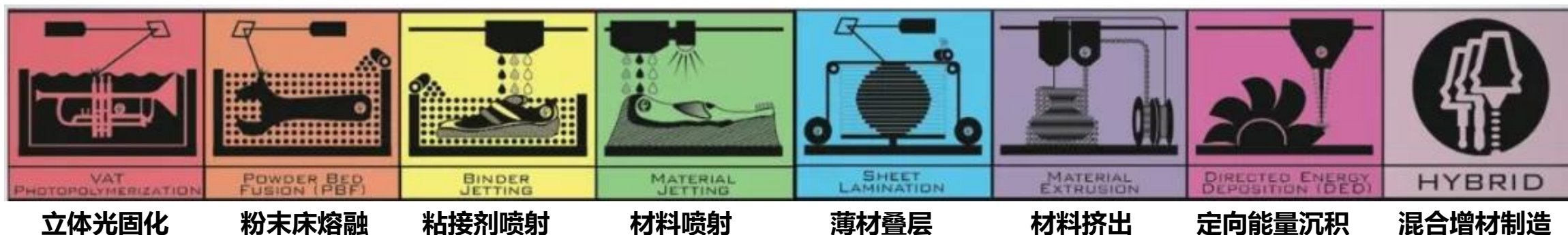


什么是增材制造？

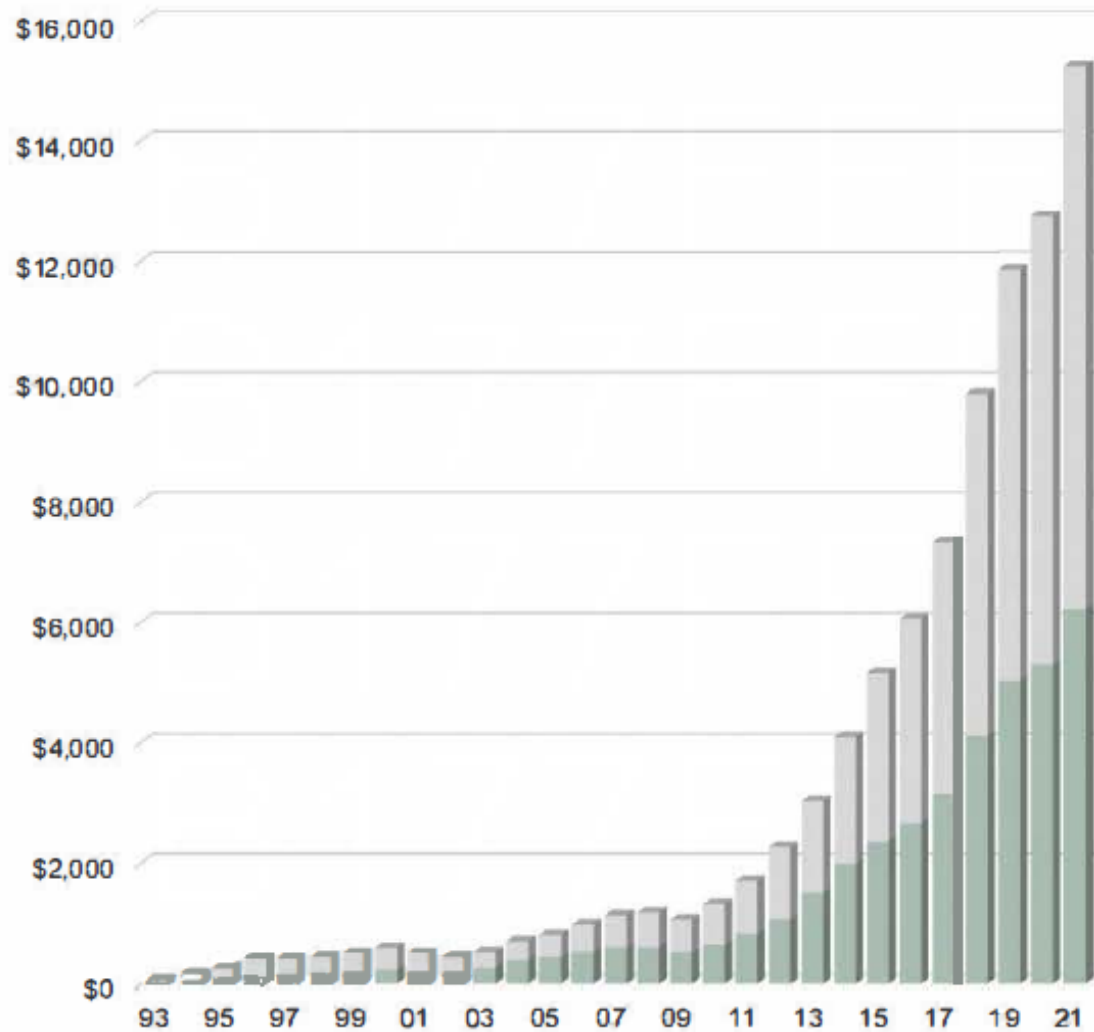
增材制造：以**三维模型数据**为基础，通过**材料堆积**的方式制造零件或实物的工艺。
Joining (添加、连接)

3D打印：利用打印头、喷嘴或其他打印技术，通过材料堆积的方式来制造零件或实物的工艺。
(通常作为增材制造的同义词)

—— 国标GB/T 35351



全球增材制造产业规模飞速扩展

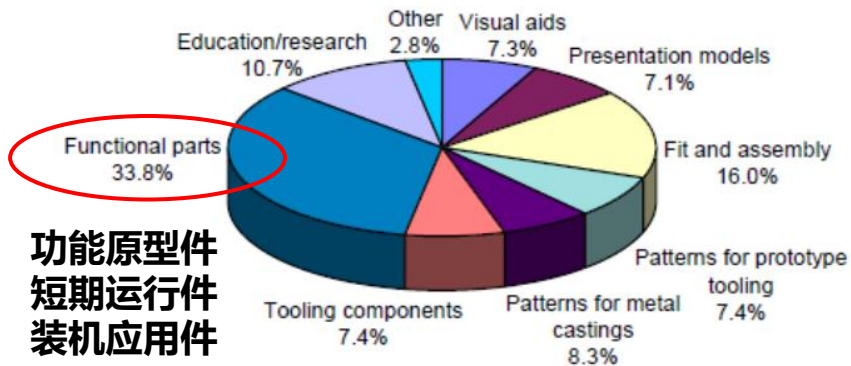


(数据来源: Wohlers Report)



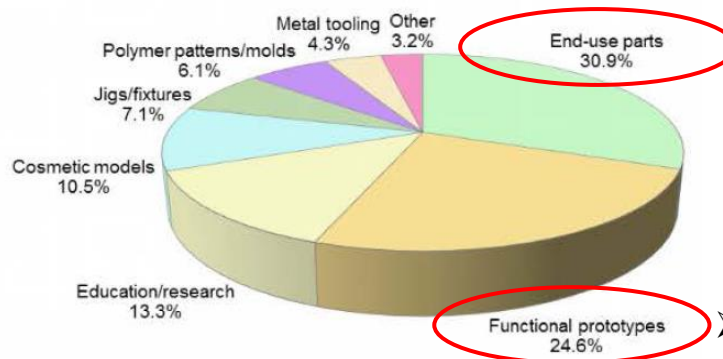
2016年	60亿美金
2020年	128亿美金
2021年	152亿美金

增材制造应用成熟度快速提升

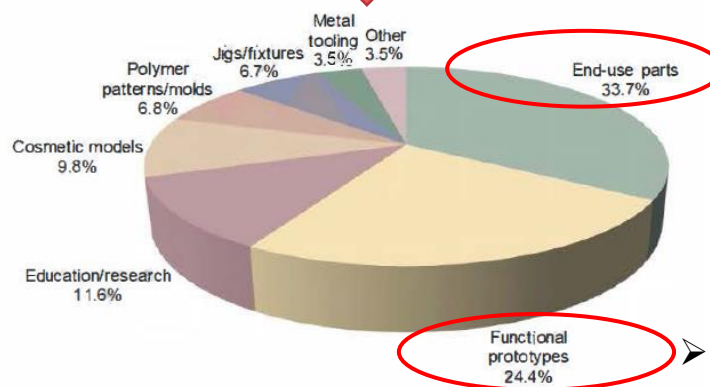


2016年, 33.8%

已进入**装机件批产阶段**



2019年, 55.5%



2021年, 58.1%

(数据来源: Wohlers Report)

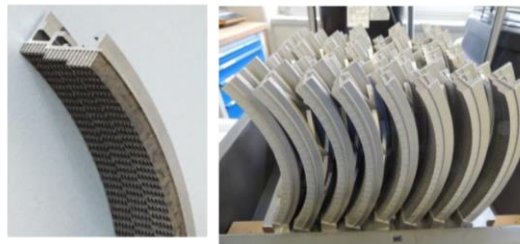
增材制造应用场景不断增多——直接制造



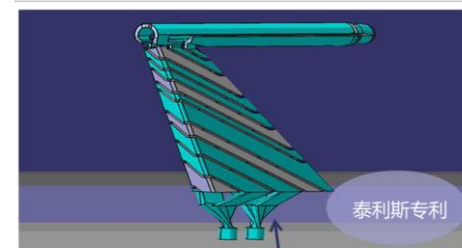
Boeing



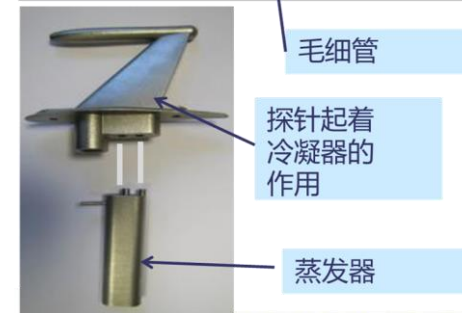
GE9x发动机



压气机密封垫



泰利斯专利



毛细管

探针起着冷凝器的作用

蒸发器



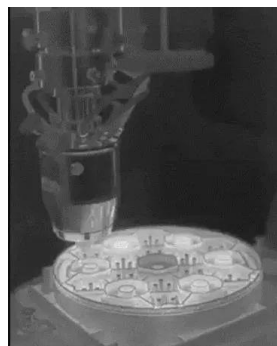
传统设计

增材制造设计

集成作动器



法马通公司 (Framatome) 的沸水反应堆燃料组件3D打印通道紧固件栅



ORNL “转型挑战反应堆” TCR 3D打印燃料组件

在航空航天、核工业等领域应用时

● 安全性

证明可靠性、稳定性与可重复性

“**鉴定**”

统一规范的流程、方法与要求

“**标准**”

是 #

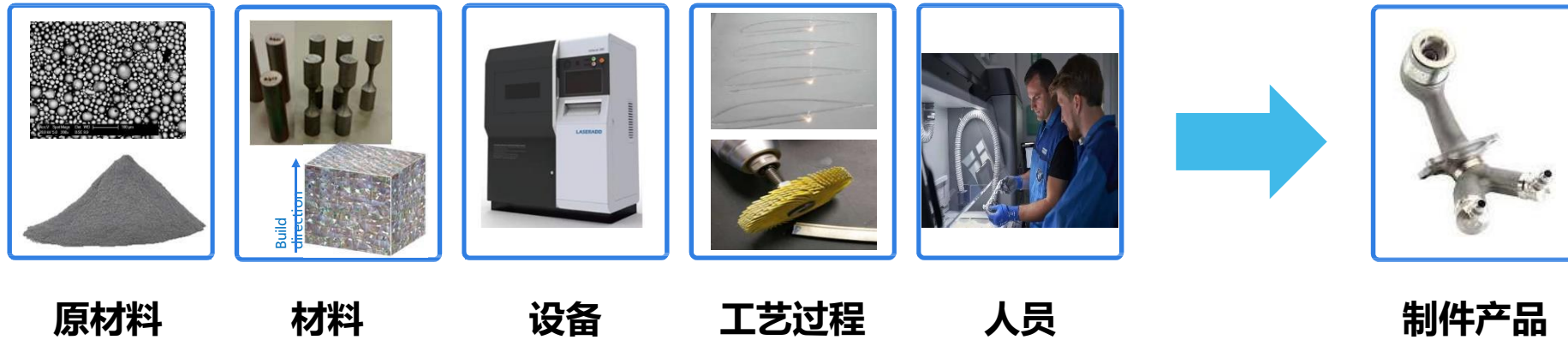
1

增材制造鉴定

鉴定：用于证明实体是否能够**完全满足规定要求**的过程。符合性验证

注：在增材制造领域，鉴定对象通常包括：制件产品、材料、设备、人员以及工艺过程等。

——ISO/ASTM 52900-2021



完全满足——不是一次满足，偶尔满足
规定要求——标准的流程、方法与要求

- 过程控制
- 材料特性
- 质量管理

什么是标准及标准化?

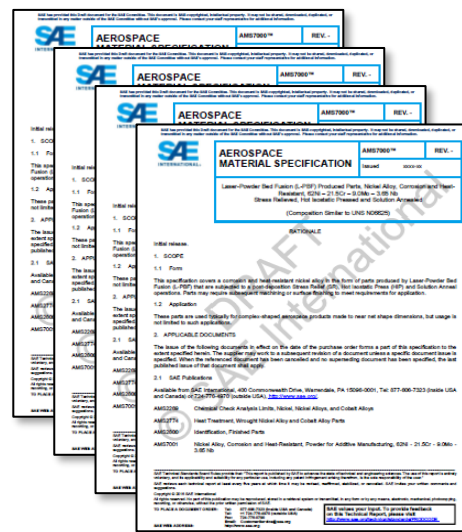
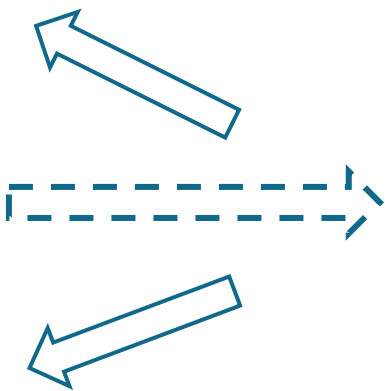
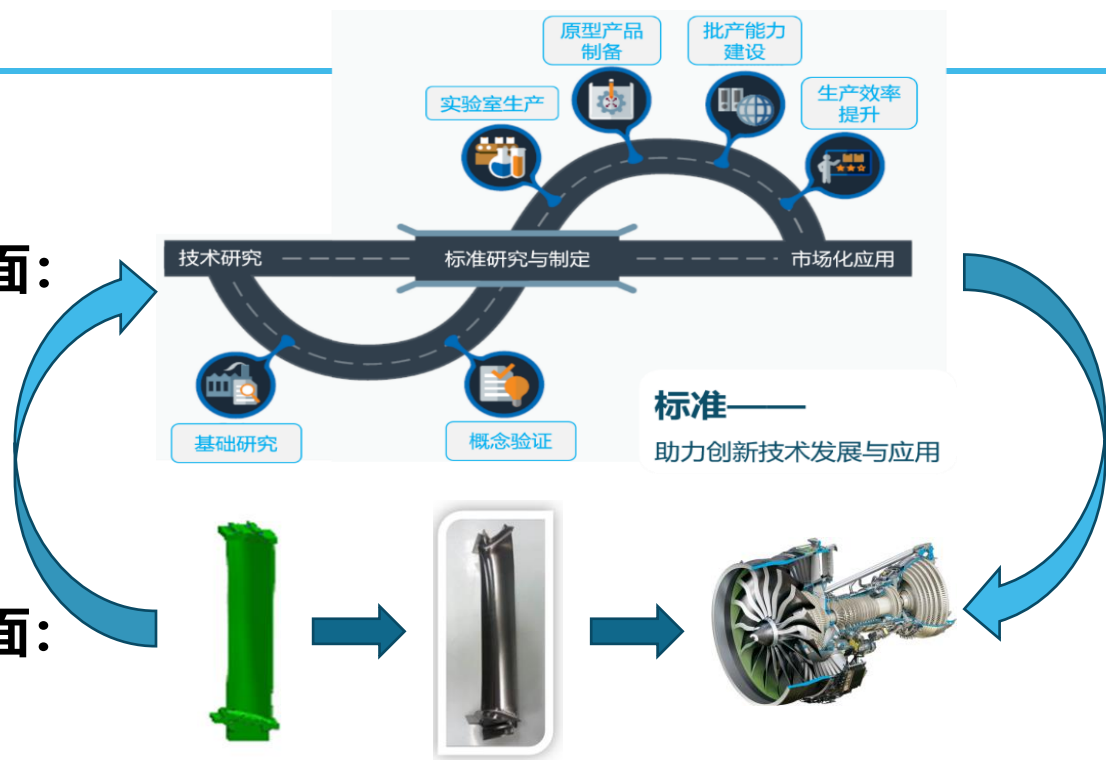
目标提出

标准化: 为了在既定范围内获得**最佳秩序**, **促进共同效益**, 对现实问题或潜在**问题**确立共同使用和重复使用的条款以及**编制、发布和应用**文件的**活动**。

标准: 通过**标准化活动**, 按照规定的程序经**协商一致**制定, 为各种**活动或其结果**提供**规则、指南或特性**, 供**共同使用和重复使用**的文件。

技术发展层面:

工程应用层面:



标准是“依据”、“规则”、“门槛”、“共识”

“体系化的标准”是标准化的结果与实施依据
是开展增材制造鉴定的依据

航空领域的增材制造鉴定



FAA和美国空军联合研讨会

FAA和EASA联合研讨会



按传统理念考虑增材制造的鉴定

结合数字化技术的特点，基于**数据驱动**的鉴定

- 关键工艺参数可变范围
- 关键失效模式及材料变异性
- 工业界数据库/许用值
- 无损评估 (NDI) 方法
- 编制标准规范

- 在线监测→在线监控→在线质量保证
- 单件鉴定→群类鉴定→过程鉴定
- 集成材料计算→计算机辅助鉴定
- 数字主线+数字孪生
- 数据驱动涉及的标准规范

航天领域的增材制造鉴定

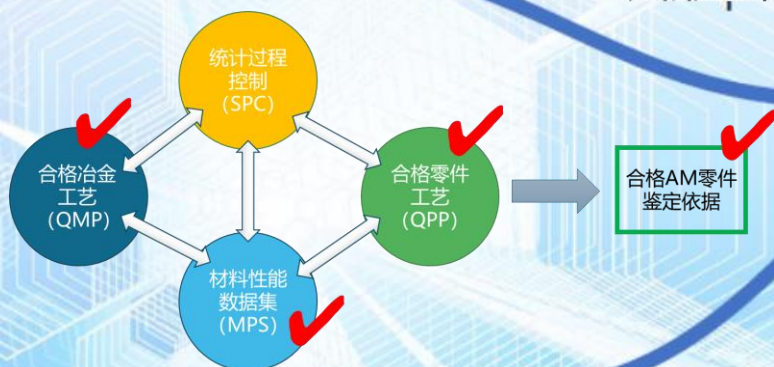
设计鉴定

NASA

产品鉴定

基于AM的设计

成形过程优化



AM成形

验证试验

原位监测

NDE

?

闭环控制

?

AM工艺鉴定: QMP

零件验收

3

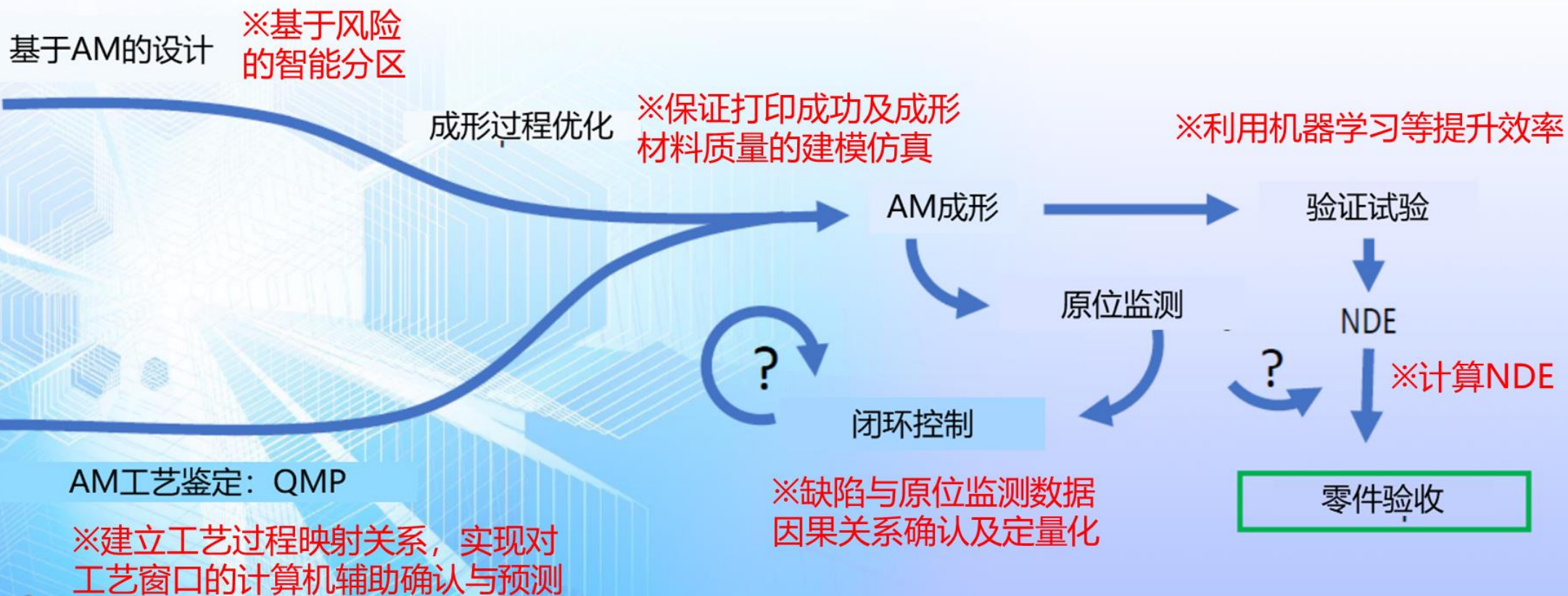
过程控制→材料特性→质量管理

航天领域的增材制造鉴定

设计鉴定

NASA

产品鉴定

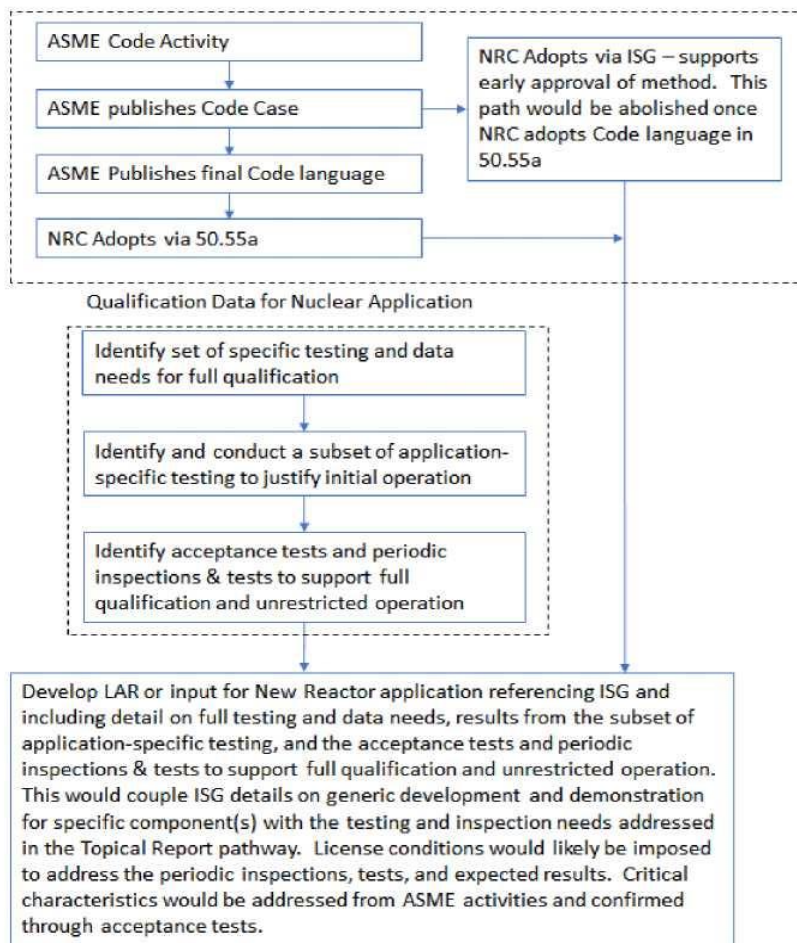


3

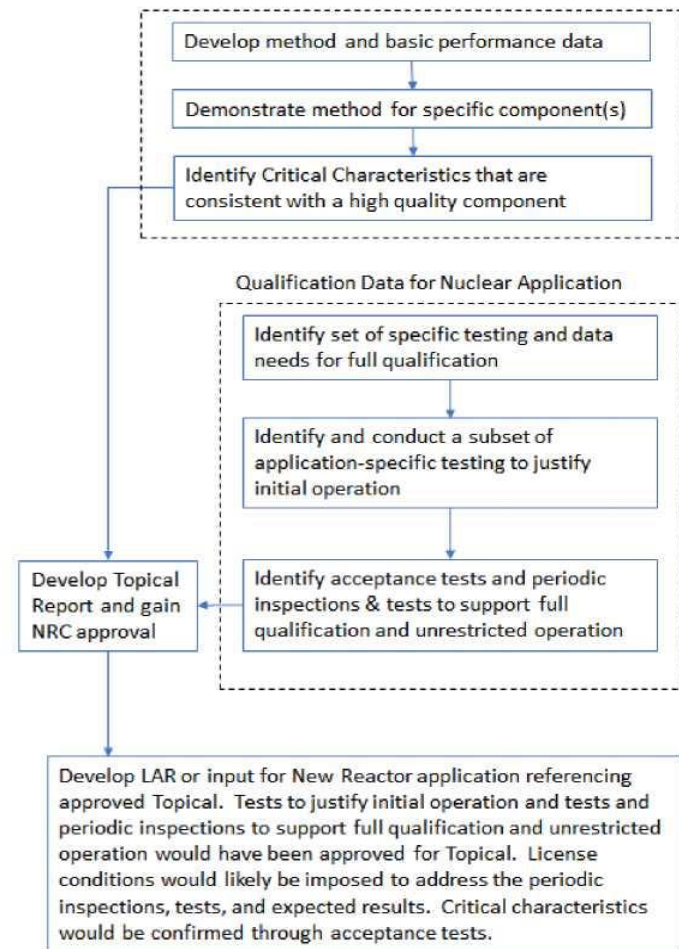
建立**数据驱动**的增材制造鉴定模式

核工业领域的增材制造鉴定

(a) AMM Process Development and Qualification Using ASME Process



(b) AMM Specific Development and Qualification Process



美国核能研究所 (NEI) 发布
《核能工业先进制造方法验收监管路线图》

采用ASME流程进行AM过程研发和鉴定

专用AM的研发和鉴定流程

过程控制 → 材料特性 → 质量管理

核工业领域的增材制造鉴定

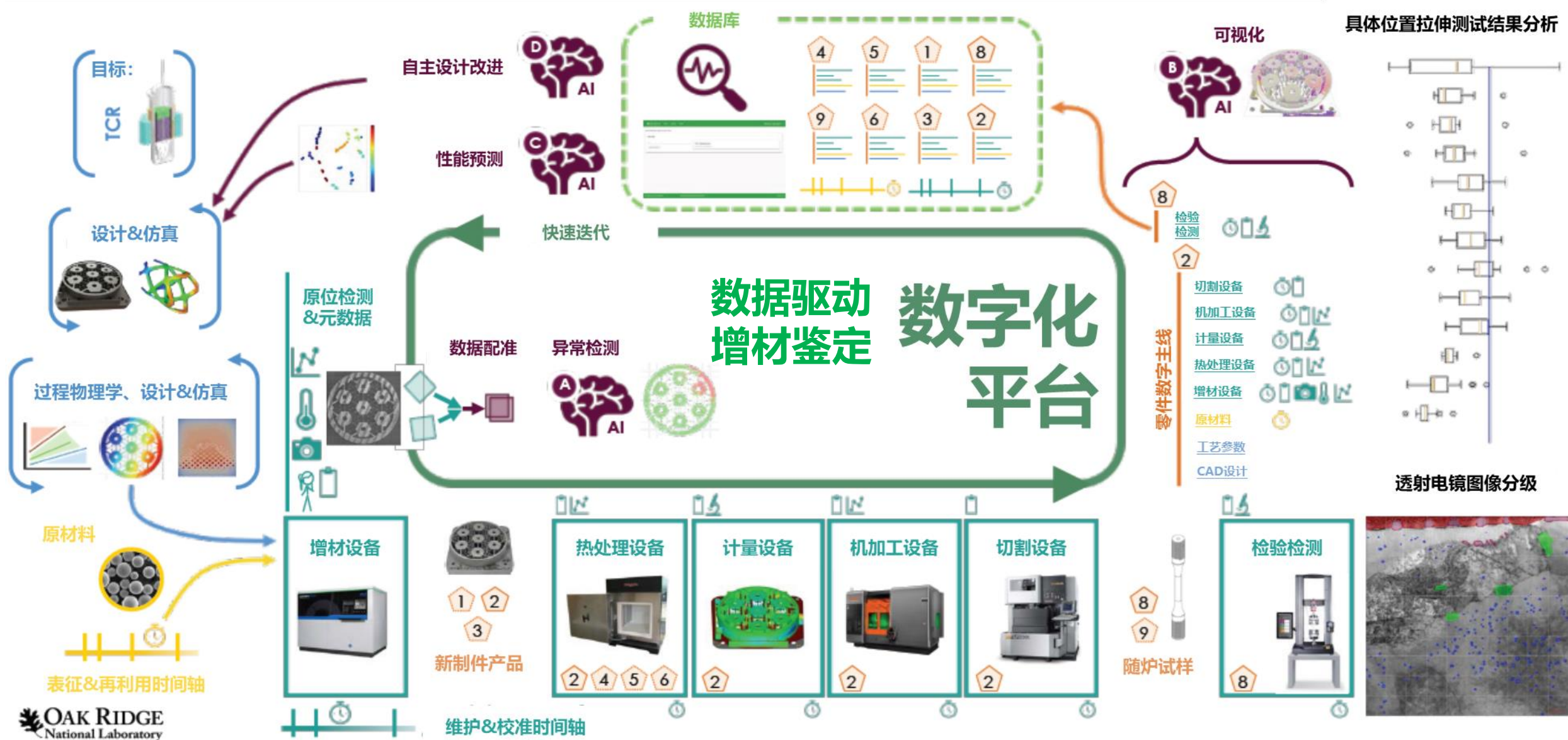


质量程序中主要包括标准文件:

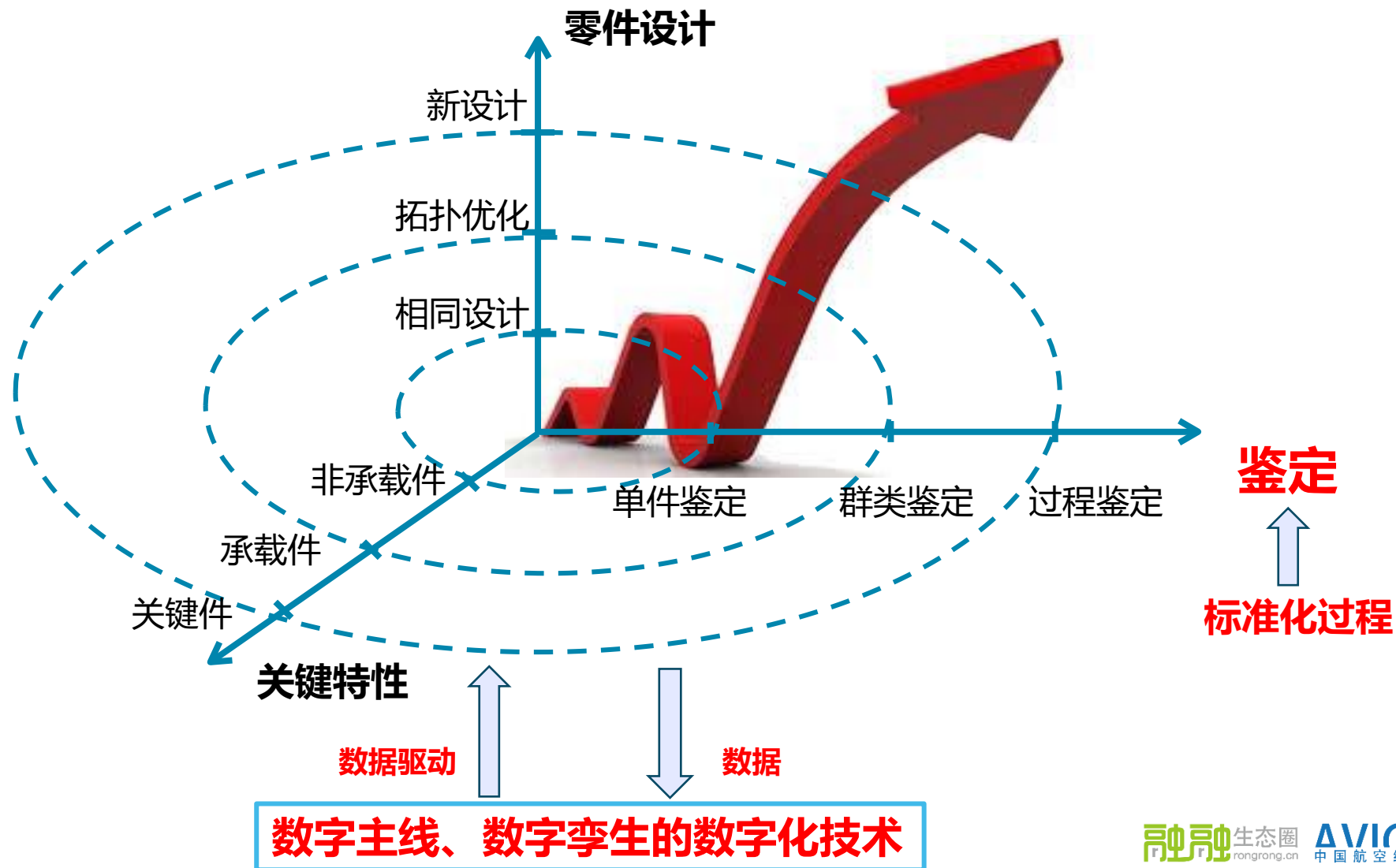
- TCR AM 作业控制流程
- TCR AM 作业履历表
- TCR AM 粉末采样及再利用
- TCR AM 材料及零件表征
- TCR AM 金相试样制备
- TCR AM 人员资格鉴定及培训要求
- 典型零件制造及测试大纲
-

过程控制→材料特性→质量管理

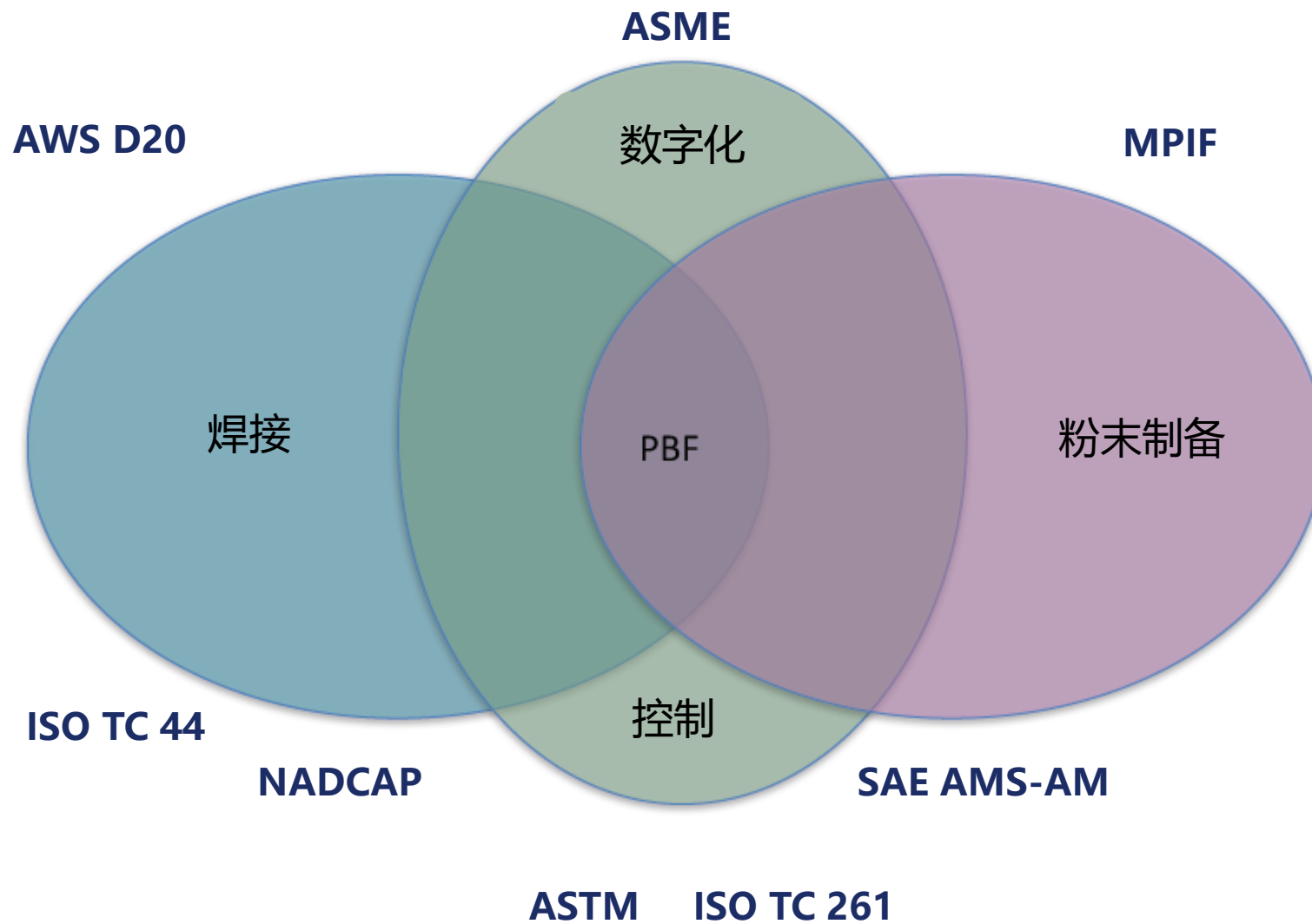
核工业领域的增材制造鉴定



通过鉴定推动增材制造产品工程应用



国外增材制造标准现状



**多专业
跨学科
交叉融合**

国外增材制造标准现状

国际标准化组织



联合ASTM F42制定联合标准——TC261/184/156

国防



零件鉴定与认证、维修保养

美国制造



America Makes



标准化路线图

FAA、EASA



增材制造适航审定

国外先进标准化组织



VDI

The Association of German Engineers



The Printer Working Group



已发布标准150项，在编标准约140多项

国外增材制造标准现状——ISO/ASTM



国际标准化组织

ASTM International 在2009年专门为增材制造技术设立了F42委员会。



美国材料与试验协会

ISO TC261 技术委员会

2011年签署合作协议

ASTM F42技术委员会

联合E07、F04...

ISO 17296-1
术语

ISO 17296-2
工艺及原材料

ISO 17296-3
主要特性及测试方法

ISO 17296-4
数据交换概述

ISO/ASTM 52900
Terminology

ISO/ASTM 52903-1
Feedstock

ISO/ASTM 52901
Requirements for purchasing

ISO/ASTM 52915
AMF format

ISO/ASTM 52921
Coordinate System

ISO/ASTM 52907
Metal powders

ISO/ASTM 52902
Test artifacts

ISO/ASTM 52910
Guideline for design

F42.01 试验方法

F42.04 设计

F42.05 材料和工艺

F42.06 环境、健康与安全

F42.07 应用领域

F42.08 数据

F42.91 术语

- 数据获取
- 数据安全
- 数据要求
- 数据管理
- 数据利用

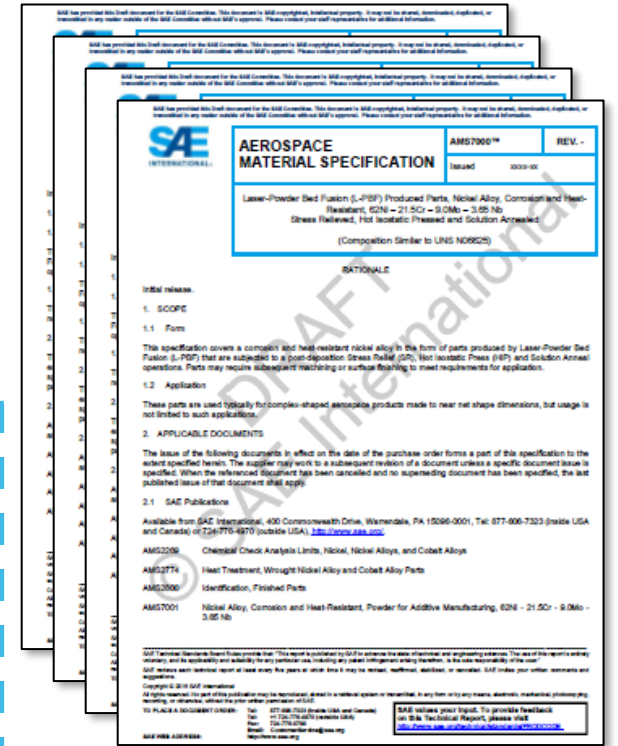
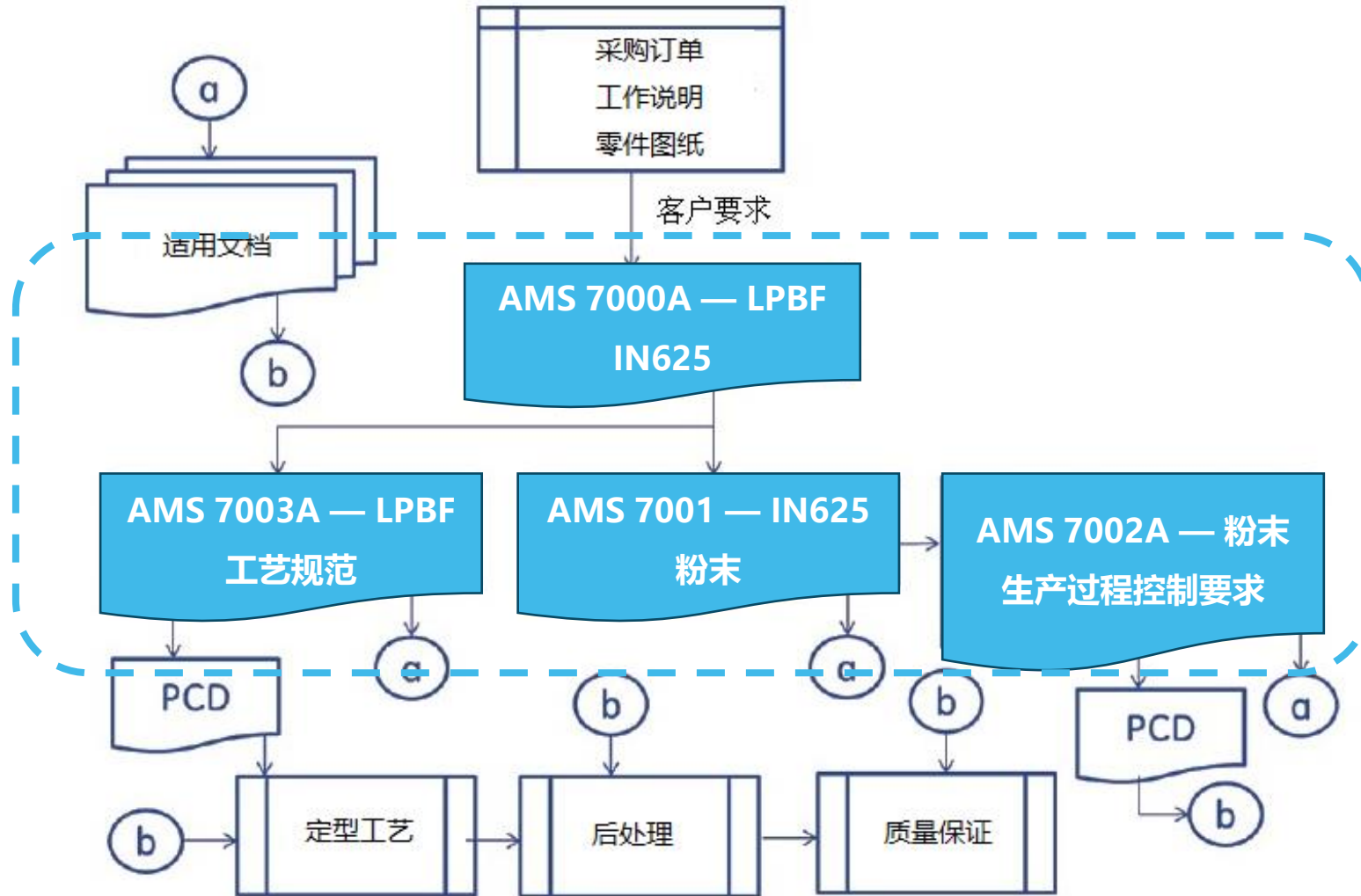
截止目前：现行有效标准**49项**，在研及在制定标准**91项**。

国外增材制造标准现状——SAE

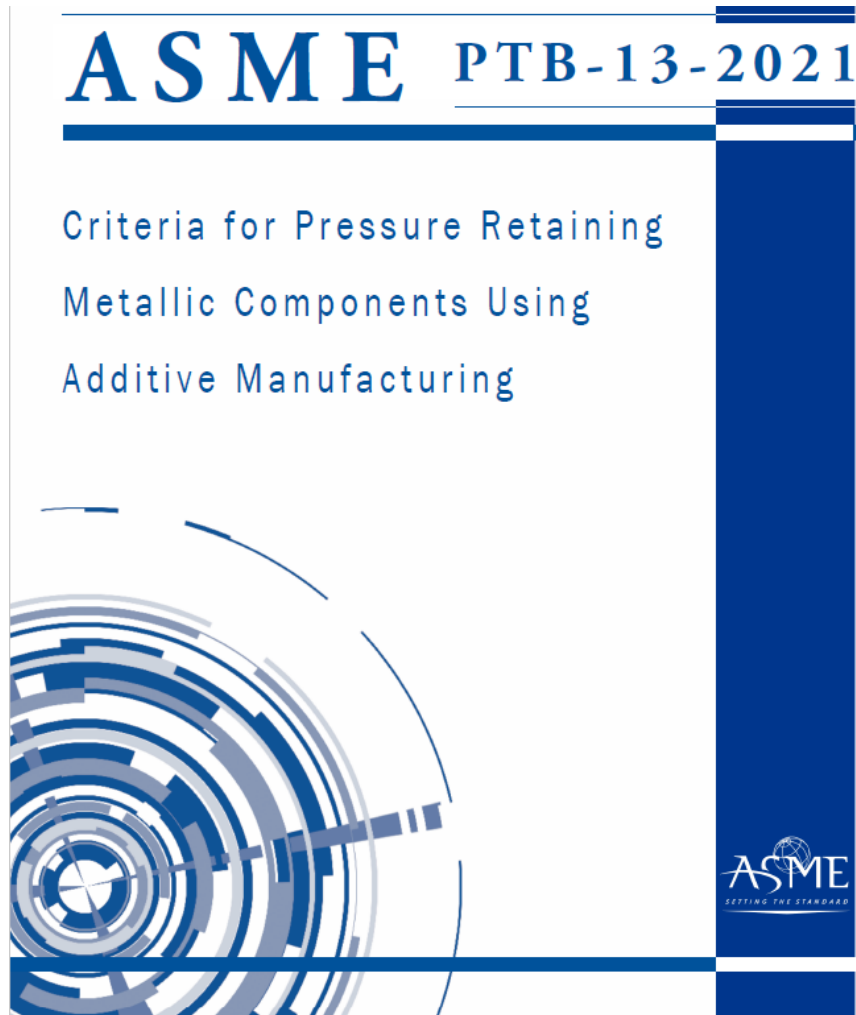
2015年，SAE成立了AMS-AM技术委员会，积极开展增材制造技术标准的制定工作，截止目前，已发布**38项**AMS标准，**43项**标准正在制定过程中。



国外增材制造标准现状——SAE



国外增材制造标准现状——ASME



由压力容器技术委员会和核技术委员会共同编制

指导增材制造产品鉴定的开展：

◆ 增材制造过程控制

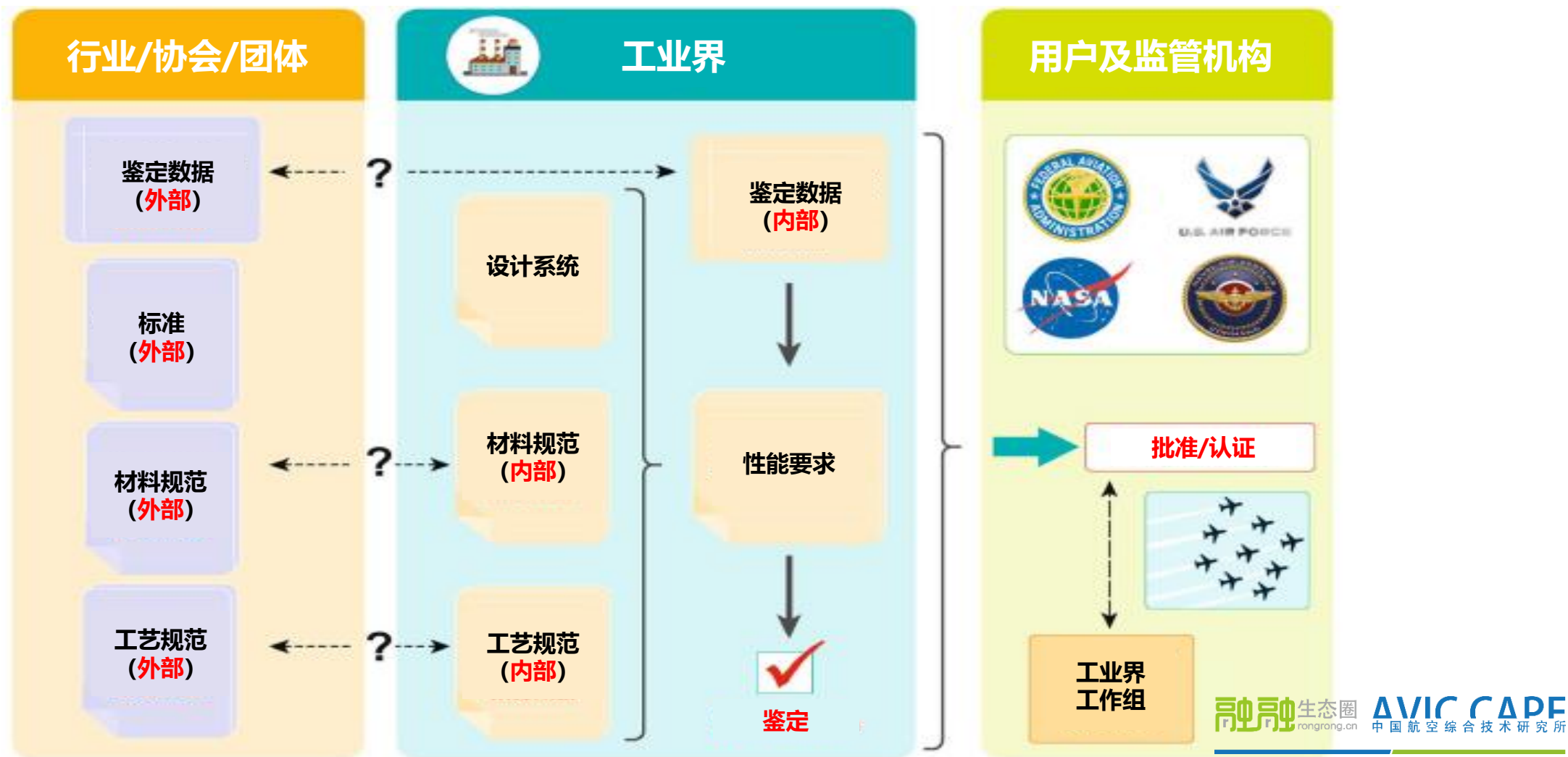
- ✓ 粉末要求
- ✓ 成形过程
- ✓ 热处理

◆ 增材制造鉴定试验

- ✓ 化学成分
- ✓ 力学性能
- ✓ 金相组织

◆ 质量保证程序

标准化目标——实现鉴定，促进行业认证



我们正在做什么？



打造增材制造“生态圈”

感谢您的聆听



2022
增材制造