

航空发动机分解检查精益单元建设中的质量控制

Quality Control for Construction of Aero Engine Decomposition Inspection Lean Unit

■ 周奕超 / 空军驻西安地区第二军事代表室 赵建 姚世珍 宋宝鑫 / 航发动动力 赵雅轩 / 宝鸡文理学院

为达到航空发动机生产线建设的“高起点、高标准、高质量”目标，分解检查工作需打破以往模式，建设发动机全结构域的分解检查精益单元，在满足发动机生产交付节拍的同时，促进分解检查工作质量的全面提升。

按照航空发动机生产交付流程，发动机在厂内完成试车后需分解至部件状态进行检查，以对发动机交付外场使用过程中零组件的损伤风险进行预判；同时，检查过程中发现的问题还能暴露出装配的质量问题，通过应用质量工具对问题进行分析，运用信息化手段拉动装配工艺迭代优化，可以提升发动机的装配质量。以往厂内试车后零组件检查工作的开展均以部件为单元进行，在操作要求、区域设置及人员安排等方面具有分散性、片面性，导致试车后在零件异常问题的甄别上存在一定程度的割裂现象，对部分故障现象的判定不系统、不全面，影响了检查工作的流畅性和质量。本文通过在航空发动机生产线建设中，将中国航发运营管理体系（AEOS）建设及质量管理要求融入其中，应用精益生产理念和风险防控理念开展精益生产单元建设，整体提升了发动机零组件检查效率和质量，为整个发动机生产线的革新提供了一项范本。



图1 分解检查精益单元建设推进思路

建设思路

以提升零组件检查准确性装配质量为目标，开拓管理创新的思路，充分融入风险控制理念，通过区域布局设计、人员结构优化、工作流程制定、防护措施改进、质量工具应用、操作标准固化进行一次真正意义上的结构化、精益化与质量控制、质量落地相结合的实践应用。分解检查精益单元整体建设推进思路如图1所示。

推进实施

随着批量生产发动机精益生产线的建设，产品的投入产出趋于节拍化，根据AEOS单元建设的思路，逐条落

实质量控制的必要条件，将航空发动机分解检查单元，建设成流程化、标准化、精益化的生产单元，同时在满足客户需求节拍的前提下实现少人化、连续流生产的精益单元生产模式，实施流程如图2所示，构建以检查中发现的问题为导向，促进装配工艺改进、装配质量提升的良性循环态势，最终实现缩短分解检查周期、提升交付效率，使用户满意放心。

策划准备阶段

结合航空发动机整机装配生产线，从整体性、功能性、适用性和流动性等方面着手，兼顾考虑作业姿态和体位、视觉机能等人机工程

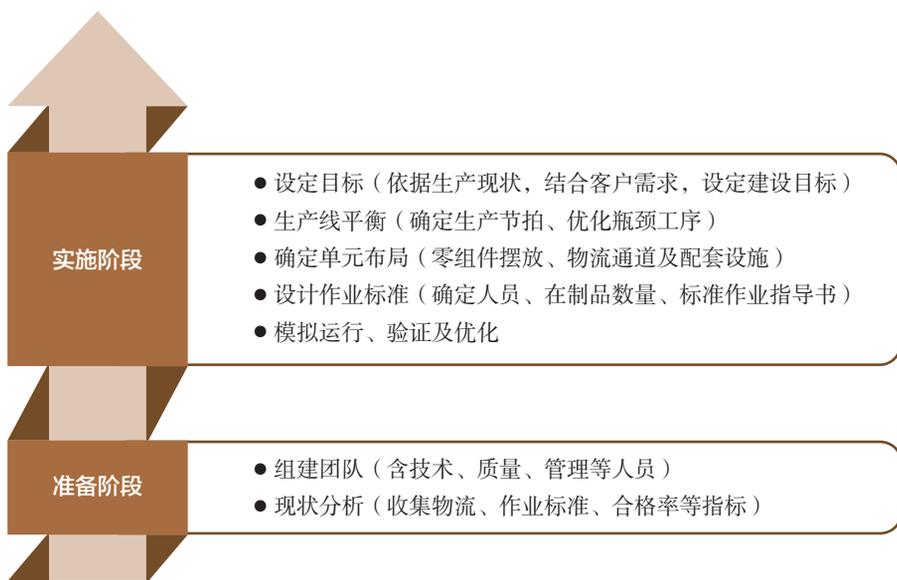


图2 精益单元建设实施流程

需求，进行检查工位标准化、模块化设计。

以保证产品质量、方便产品流转、减轻作业强度、利于现场管理为原则，进行工位器具结构优化改进。开展小零件工位器具定置、定量等形迹管理要求的落地设计工作，实现过目知物、过目知数，杜绝零件混放，方便区域管理；轴承类零件的检查、存放具有一定的特殊性，为此设置专用的轴承存放间，内置恒温、恒湿存放柜，轴承存放间入口采取风淋措施，确保进入轴承存放间的物品、人员清洁无尘；为预防零组件在运输过程中的磕碰及多余物的进入风险，设计符合运输储存条件下的防护器具，满足零组件具有标识性、可靠性、安全性、行迹化的要求；筒体类零组件设计可旋转的支撑架，具有摇转和翻转功能，便于对零组件各方位的全面检查，防止因目视受限造成错漏检情况的发生。

实施阶段

按照推进建设思路，通过对工

作内容、产品防护、作业标准、技术状态、检查结果等方面实施推进，结合分解检查特点开展实践应用，从工作内容流程化、产品防护规范化等5个方面同时推进，最终达到优

质交付的目标，实施方向及内容如图3所示。

工作内容流程化 根据分解检查工作内容及其特点，以工厂试车后原始状态为开端，以修理合格、具备可装机状态为末端，梳理出发动机零件检查全流程，即零组件接收—存放—检查—修理—油封防护，针对各流程环节的控制要点，明确各控制阶段零组件的标准状态、质量控制要求及操作人员的质量控制职责，严格把控检查过程中零组件的清洁度、防护及修理质量，消除问题产生、传递、遗漏的隐患，达到流程清晰、要点清晰、责任清晰，进而规避零组件检查过程中人为失误引发质量问题。

产品防护规范化 基于风险预防的思维，从区域定置设计、防护设计、包装、搬运、储存、修理、小零件

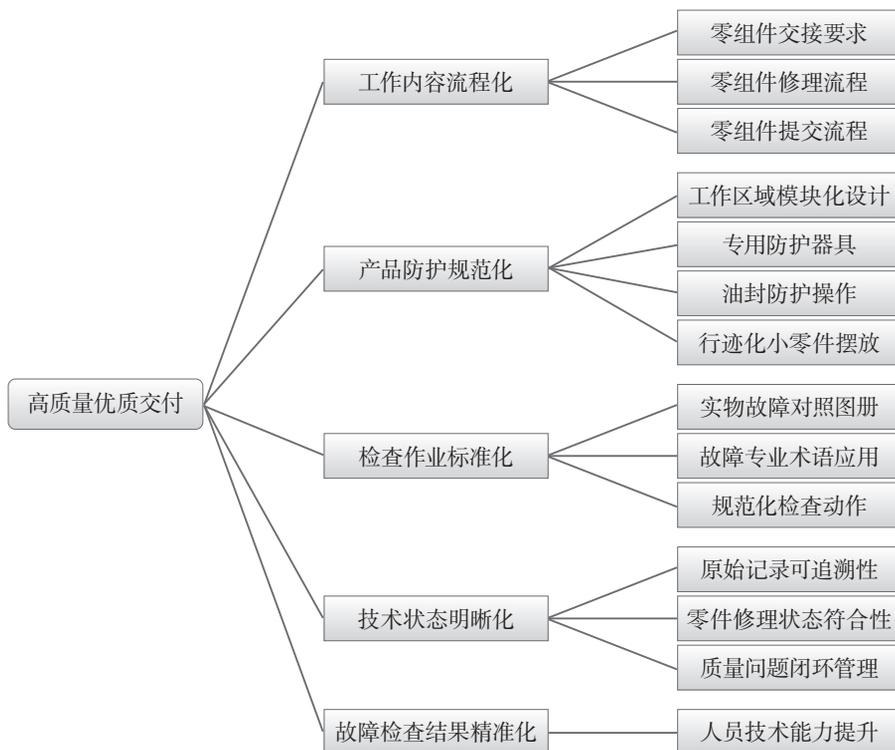


图3 精益单元建设实施方向及内容

控制及人员培训等方面，识别过程中多余物及其损伤风险，对产品的防护提出要求。零组件检查环节涉及到发动机上装配的所有零组件，零件种类繁多（如电气元件、发动机附件、管路、石墨封严装置、钛合金机匣、叶片等），小零件数量庞大、零组件原材料跨度大，导致检查过程中的防护要求差异大，清点、检查环节控制难度大要点多。为解决此问题，在精益单元建设过程中，采取小零件模块化、形迹化管理，实现过目知数，降低清点和检查的工作量。结合附件、零组件全面提升清洁度的工作要求，以控制措施有效且方便可行为原则，根据零组件结构特征，固化所有零组件标准防护工艺，如所有管路及腔体的敞口使用金属盖、塑料盖或塞子等进行封堵，所有篦齿、涂层、叶片使用专用器具进行防护等，同时拉动完成防护器具的设计、制造和应用。

检查作业标准化 零组件检查环节是发动机生产交付终端的一环，是暴露零件质量问题的关键环节，由于该阶段处于发动机工厂试车后，检查过程中零组件的异常情况主要包括生产加工阶段产生的原带损伤（符合生产加工标准）、发动机装配分解过程产生的损伤以及发动机试车过程中产生的损伤，各种情况并存增加了损伤故障甄别的难度；收集展示机械加工过程中符合机械加工入库标准的各类常见缺陷，提升故障问题定位的准确性和检查判别效率；针对检查过程中发现的典型质量问题，以警示案例形式展现，举一反三；编制发动机零组件检查操作卡，避免操作人员技能差异导致的故障描述、记录差异，提升

过程记录的准确性、一致性；制定故障判别标准、修订制度，按年度进行异常情况收集、维护，实现发动机新增故障数据收集的同时，扩充故障库，迭代提升检查人员技能水平。

技术状态明晰化 检查过程记录要求原始记录明晰、用语准确、状态可控，且具有可追溯性，是发动机可靠使用的基础保障。发动机零组件检查阶段须完成零组件的无损检测或尺寸检查，形成零组件的故障记录表、修理通知单、串换件记录等文件，所有零组件问题应已达到闭环状态，记录应字迹清楚完整，印章应清晰可辨，文文、文实相符，无遗留问题；涉及的临时工艺规程等工艺文件中规定的工作和要求应已得到贯彻；不合格品的记录应符合质量控制要求，问题记录详实准确，使用正确的专业术语描述；质量问题处理过程包含问题记录、处理、闭环等环节，问题处理由授权人员给出意见，修理后检查结果并闭环。如实记录零组件外观质量问题的成因及产生阶段，区分人为装配因素、试车因素，对故障及试车状态的判断有积极作用。

检查结果精准化 分解检查精益单元建设完成后，为确保检查结果的精准性、科学性，应用质量工具开展了测量系统分析。通过专家评估、循环研究和检查一致性等方面试验，对各检查操作人员检查结果的重复性、再现性进行统计分析，确保了检查工作的准确度和精确度。

取得成效

在分解检查精益单元建设中，充分

考虑以操作者为中心，以标准作业为牵引，推进各项质量要求落地。通过建立检查单元作业流程、阶段质量控制要求、操作者标准作业、软件记录填写标准、过程质量控制落实，夯实了零组件质量问题的可追溯性。

应用质量工具对检查出的问题进行分析，以问题促改进，例如多次发现厂内传感器零件同一部位相同磕碰伤，通过数据积累分析找出产生的环节及问题所在，拉动责任方改进了工具及操作方法，提升了外观质量；发现外供件连杆螺母棱边损伤，生产厂家复查后识别出使用工具磨损问题；进气罩壳体零组件表面麻点缺陷，生产厂家识别出是工艺过程执行不到位问题。

分解检查精益单元建设中提出的质量控制要求及具体实施方法，操作过程流程化、规范化、标准化、明晰化的应用，为航空发动机生产线在精益化推进进程中发挥重要作用，为提升交付质量、故障判断及工艺改进，奠定了原始数据积累，缩短了交付周期。

结束语

航空发动机分解检查精益单元建设与质量管控落地，将质量控制要求、质量工具应用融入产品质量形成全流程，划分阶段质量控制要素，从点及面，以质量意识搭建单元框架，以标准作业促进工作质量及效率提升，以质量管理促进工艺优化、预防质量风险，对生产线质量提升有较强借鉴意义。

航空动力

（周奕超，空军驻西安第二军事代表室，工程师，主要从事航空发动机质量监管工作）