

基于标准化作业流程的产品防护实践

Product Protection Practice Based on Aero Engine Standardized Operation Process

■ 张红亮 李卫东 袁鹏 / 中国航发西航

航空发动机零件对防护要求较高，生产制造过程中须避免产品磕碰造成的应力集中、结构强度变化。同时，如何将上万个零件高质量、高效率地集件和装配也是困扰现场的一大难题。通过构建全方位的零件防护管理体系，可以减少零件磕碰，控制装配多余物，保证装配质量。

中国航发西航大修中心负责发动机大修及返厂排故等修理工作。发动机的修理特点要求修理厂具有大容量的零件仓储和高频率的周转能力。过去，大修中心的零件存放使用纸质或木质周转箱，有的周转箱破损严重无法起到防护作用，周转运输时经常产生磕碰；现场零件普遍采用平面摆放，摆放不规整，空间利用率低，大部分零件无合适防护器具，磕碰时有发生。中国航发西航大修中心借助中国航发运营管理体系（AEOS）生产现场标准化建设推进契机，从实施现场合理定置、制作标准化周转箱、实现零组件形迹化管理、完善零件防护管理制度等方面入手，制定具体措施有效解决了现场空间不足的问题、防止零件在装配修理物流过程中因防护不当造成的损伤并减少了现场多余物的产生，提高了基础管理水平。

重新规划作业现场

在AEOS生产现场标准化建设推进过程中，需要重新开展规划设计，对原来的生产现场进行改善，主要通过运用形迹化原则、立体空间充分利用原则等精益生产理念，完成作业现场的重新规划。

采用行迹化管理，建立产品组



重新规划的作业现场

件箱

在发动机组装过程中，中小型零件占总数的80%以上，工作中经常发生混台、碰伤、寻找困难、清点难、周转效率低等问题。为此，大修中心首先按照发动机组件进行零件打包分类，将厂内10467个零组件细分为零件、小零件、附件等3大类，按照“盘类零件单独存放、小型零件及轴类按部件组合成箱”等原则，在周转箱设计中考虑零件保护及形状因素，按照零件形状定制周转箱。

大修中心还成立专人专项工作小组，建立产品组件箱打包准备流

程，实现了零件定置化、量化、痕迹化、信息化的管控，单台发动机组装寻找零组件时间缩短超过80%。

针对现有场地不足、厂房存储空间有限的情况，在周转箱设计过程中其外形尺寸尽可能保持统一，或成倍数增加，实现周转箱可高架、多层摞放的功能，并在对应区域采用标准化定置管理，做到合理利用有限空间，生产现场整洁规范。

建立零件修理信息状态卡，实现零部件信息的可视化

发动机分解后，零件在现场存放时若没有明确的零件油封及修理状态标识，时常在装配时才会发现

个别零件未执行发外修理，零件的存储存在“专人管，专人清”的问题，其他人无法了解零件状态，负责某一项工作的人员有事，则必须联系本人，难以迅速解决问题。

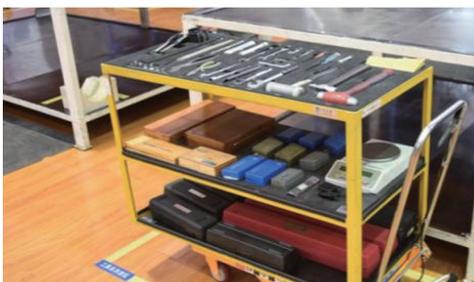
针对以上问题，中国航发西航大修中心设计了周转箱标签，对零组件位置、数量、油封、台份号、责任人、修理状态、是否缺件、是否执行修理等状况进行了标识并使用了色彩管理。只要查看标签，就能够知道发动机台份号及所属客户、修理类别、所处修理工序、每个零件装箱位置及数量、油封、修理要求和执行情况，以及零件是否到寿命、报废、缺件和串件情况，并可追溯零件的修理历史及每项工作的执行人。在此基础上大修中心制定了《周转箱零件标识管理规定》，明确箱内零件修理状态填写要求，在周转箱上明确显示修理情况及相关记录。

推进工装工具定置管理

工具、工装定置管理是以实现人和物的有效结合为目的，通过对生产现场的整理、整顿，把生产中不需要的物品清除掉，把需要的物品放在规定位置上，使其随手可得。从而促进生产现场管理文明化、科学化，达到高效生产、优质生产、安全生产，最终确保标准化作业。

开展定置管理工作之前，总装现场零件摆放区域不合理，零件、工装工具摆放凌乱，寻找不便，且极可能发生磕碰，工人拿取时间过长，特别是总装发动机装配末尾阶段必须在装配架二层进行操作，拿取工具需要上下车架，容易造成工具掉落，砸伤零件或发生安全事故。

针对修理现场区域划分不合理，



工装、工具定置图

工装工具存放位置不便等情况，工艺人员对工装工具及存储区域进行统筹规划，设立多层工装架，并利用形迹化方法放置工装器具，方便操作人员开工前、完工后进行清点，便于开展生产现场标准化管理。

通过设计随操作面升降的专用工具车，摆放所使用的工具、量具，以达到良好的人机工作界面，将全身运动完成作业改为手臂运动。按照工具轮廓对工具车面板进行形迹化设计，使得工具摆放有序，种类清晰。装配时便于拿取，完工后放回原定置位置，便于清点。工具车移动便捷，减少现场工人来回取放工具时间，规范工人操作，提高工作效率。

设计安装工具挂板，可放置在装配架的二层，常用工具顺手可及，操作人员无须重复上下车架拿取工具，降低劳动强度，同时消除因工具掉落造成人员、设备或者零组件打伤；保证了作业现场的清洁、规范、安全，减少了零件磕碰，提高了空间利用率，保证了发动机装配质量。

推行多样化零件防护模式

防护的目的在于对发动机零组件在

分解、标识、周转运输、修理等过程中进行保护。针对发动机零件种类及大小不同，制定多样化的零件防护举措，从而构建全方位、多层次的零件防护模式来满足发动机零组件的高标准防护要求。

小零件精准化管控

大修中心专门设计制作了小零件周转箱，推进小零件的精准化管控模式。用小零件专用周转箱代替格式集件盒，部装按组件、总装按阶段分箱，并根据工步依次分箱摆放的原则，每个小零件用周转箱内模板分隔，且数量及形状完全吻合，交接以箱体形式进行，并要求分解过程中将所有小零件包括必换件装入小零件周转箱，由配套工段核对交接是否齐全，并对小零件的正确性及质量负责。

通过使用小零件周转箱，从发动机分解就开始严格控制小零件去向，保证分解下的所有小零件全部离开分解现场。在部装、总装分解、装配过程中实现了胶圈、垫片、螺钉、螺帽等定置、定量、形迹化管理，严把小零件领用及装配数量，彻底做到按目录领用装配，使发动机修

理过程不过多地依赖于作业人员，从而降低由于人为原因造成的失误。小零件周转箱在交接过程中充分体现“影子模板”的作用，可以“一眼览全貌”。以操作顺序摆放的小零件节约了工人挑拣时间，实现了操作者按顺序拿取装配。

以新型可自由组合的围板对大型零件进行防护

发动机大型零件的基本形状以圆筒形居多，直径为800~1000mm，高低不同，原先的摆放和运输都用托盘，外围无保护，运输不安全，由于体形过大不易搬运，且无法堆落，零件散发在存储区，不整齐，存储区域利用率不高。

工艺人员梳理了发动机大中型零件品种及规格，统计零件周转、存储的需求，通过调研，制作铰链连接式可折叠围板，该围板上4个铰链伸出定位板可与托盘或另1个围板连接固定，不用时围板可合在一起为双层平板，各板可摞放在工作台下，节省存储空间。另外，围板可根据零件高低自由组合调整，各零件通用，减少周转箱总量。使用转接角可以摞放零件，充分利用空间，特别适用薄型大直径零件，有效提

高了存储能力，解决生产面积严重不足的问题。

另外针对薄型大直径零件，可采用由底排和挡板组成的周转箱，摞放连接是由4个转接角（塑料制品）完成定位连接，统一摆放在零件架上。

通过制作挡板及转接角可实现大直径零件整体摆放，在存储时利用高架库的优势，将每一个大型零件固定在各自指定位置上，节省存放空间，现场整齐划一，满足中型偏大的零件仓储、周转，防止零件发生磕碰。并且规范现场零件周转、摆放，实现定置管理，控制多余物的产生，解决配套现场摆放杂乱无序的现象，提升周转存放空间的利用率。

采用泡塑袋对管类零件进行全面防护

发动机管类零件数量多，有200余种，以前为防止异物进入管类零件，采用将管子两头用小塑袋和橡胶皮筋封堵的方式，皮筋和小塑袋使用数量大，如果脱落不易发现，小塑袋和皮筋易遗留在现场，存在产生多余物的隐患。管子外表面无保护，在运输和存储过程中，会产



泡塑袋防护

生磕碰损伤。由于管子在发动机中承担着输送滑油、燃油的工作，对管子表面质量有着严格的要求，磕碰易造成管子大量修理和报废。另外，修理时需要重复卸装保护袋，工作繁琐，效率低。

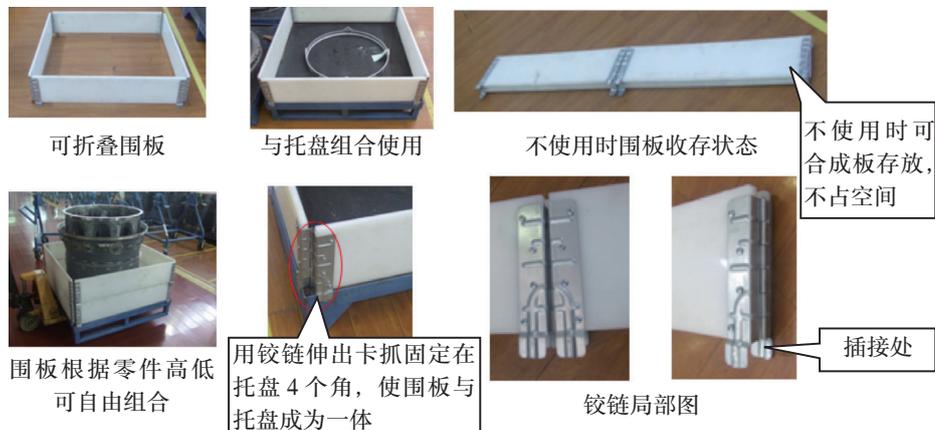
大修中心对管类零件修理流程进行优化，配套清洗后先进行修理，待修理完成后，配套采用泡塑袋整体套装保护管子，两端用热封机封住泡塑袋，用绳吊装在管架运输车上，并采用弹簧绳对管架进行围拦，防止运输过程中管子伸出，磕碰变形。

通过以上改进，现场使用效果良好，二次故障检查时管子故障基本为0。另外，由于装拆次数减少（装拆次数由4次降为2次），提高了工作效率并且减少了泡塑袋损坏量，增加了反复使用次数，节约了周转防护的成本。

设计轴承专用周转箱，满足油封防护要求

生产现场轴承存放采用平面摆放，占用较大空间，且存放采用内部装有油封油的小盆存储，存放形式简陋，检查故障时带油拿出，若防护措施不当，易接触到油封油（属于重油），对人体有害。

工艺人员设计了专门的轴承油封周转箱，因轴承需采用浸泡式油封，主轴承周转箱分为内外两层，



围板示意图



轴承周转箱示意图

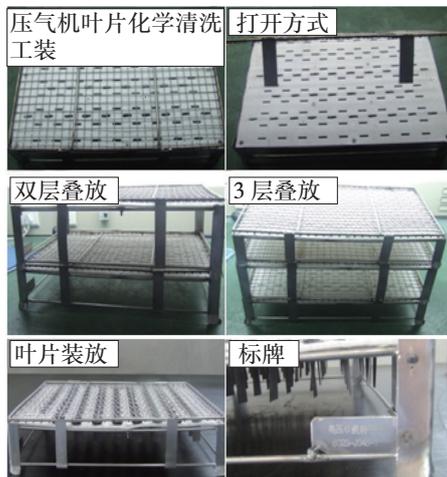
外层与其他周转箱材料相同，内层设存放轴承漏筐，使用者可提取内筐，淋干油封油再取出轴承进行检查。

轴承油封周转箱大小统一，摆放时可以实现摞放，节省空间。周转箱外有标签存放处，用于标识轴承台份、零件信息及油封情况。

设计专用隔离架，使零件分隔化学清洗

在进行化学清洗时，将零件集中堆放在清洗篮中，易产生磕碰伤，特别是二次试车后高压涡轮叶片的清洗，会因磕碰造成可装机叶片报废，影响生产进度，加大了修理成本。

针对发动机叶片在化学清洗过程中存在的磕碰隐患，定制相应叶片清洗专用工装，将零件分隔清洗，全面提升产品防护，保证发动机修理质量。



叶片清洗专用工装

对附件的堵头堵具实施形迹化控制

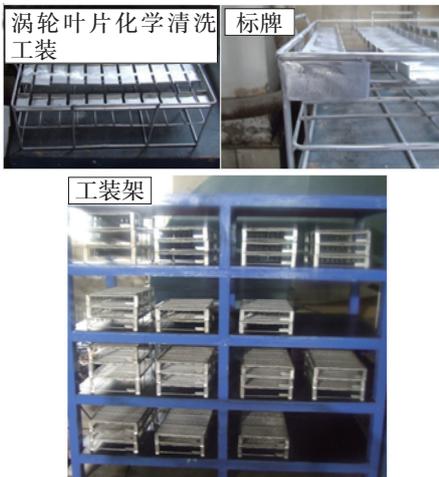
实行堵头堵具定置定量的形迹化管理，制作专用模板，按单个成附件所使用的堵头堵具及固定螺钉划分区域，并在模板上按形状和数量进行控制，在发动机分解时，从模板上取下对应位置的堵头堵具对附件进行封堵；在装配时，按模板收集堵头堵具及固定螺钉，一一对应放入模板。

通过定制的堵头堵具模板实现了定置定量的形迹化管理，数量清晰，从源头上控制多余物的产生。

建立系统化、程序化、标准化零件防护管理体系

有了科学设计的产品防护硬件，同样需要先进、全面的软件系统来为产品防护工作保驾护航，因此，建立成体系的产品防护规章制度也是势在必行。

针对修理发动机因分解状态多样而导致的零件防护工作繁杂混乱等问题，大修中心为全面打造系统化、程序化、标准化的防护作业现场，建立了发动机修理全过程防护



管理模式。相关人员编制了适合大修中心产品防护相关的各项管理制度：《修理发动机零组件油封管理规定》《油封防护可视化指导图册》《油封防护操作卡》《小零件管理制度》《周转箱交接管理制度》《产品防护管理规定》《软件管理制度》及《发动机附件油封指导图册》等相关制度，用图文并茂的方式明确发动机整机及零件在分解、故障检查、修理、储存、装配全过程中防护管理要求，进一步保障发动机修理装配质量，全面推动装配现场标准化作业建设。同时，梳理了零件防护流程，明确了各工段在整个修理过程中对零件防护的任务和要求，对现场操作起到有效的指导作用。

结束语

借助AEOS生产制造体系标准化建设推进契机，中国航发西航大修中心通过构建现场修理过程“全覆盖、集成化、标准化”的防护管理模式，贯彻标准化的产品防护措施，从产品的基础管理入手，重新规划作业现场，推进工装、工具定置管理，推行多样化零件防护模式，加强零件油封等措施，全方位推进零件周转防护的程序化、标准化和规范化进程，有效预防了多余物的产生，减少零件磕碰，提高了场地利用率，方便零件及工装工具清点，防止丢失，提高生产效率，全面提升了产品防护基础管理水平，全员对发动机零件的分类防护、存储和管理意识得到增强，为中心生产任务的高效完成奠定了坚实的基础。

航空动力

（张红亮，中国航发西航，高级工程师，主要从事航空发动机修理、装配工艺技术管控工作）