

基于S6000T标准构建航空发动机用户培训体系

Aero Engine Customer Training System Based on S6000T

■ 张稳 王昕茜 / 中国航发研究院 沈光辉 / 中国航发南方 项征 / 中国航发 曾洪福 / 中国航发成发

S6000T 标准是关于用户培训的一份国际规范，是北大西洋公约组织（NATO）和欧美民航业普遍采用的一套军民通用标准，致力于提供所有层级培训的分析与设计规范，支撑形成有效的培训能力，对用户培训具有参考价值。

美国航空航天工业协会(AIA)与欧洲航空航天与防务工业协会(ASD)于2020年2月，联合发布了S系列标准的最新分册《S6000T培训分析与设计国际规范》。S6000T标准是S系列标准中最后一个大的标准分项，对装备全生命周期综合保障过程中的人员培训进行了全面、细致的规定，突出了以流程为核心的业务运作模式，能够指导培训实现标准化、规范化，确保培训能够始终满足装备运作需求。

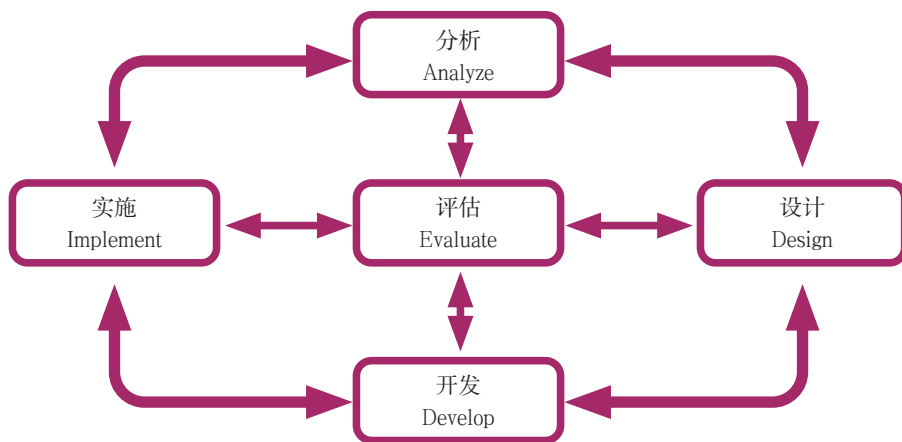


图1 ADDIE模型

S6000T 总体介绍

S6000T标准是欧美制造业及其客户共同开发的一套培训规范，其核心思想是ADDIE模型，即分析（Analyze）、设计（Design）、开发（Develop）、实施（Implement）和评估（Evaluate）。ADDIE模型是一套系统性发展教学的方法，能够有效提高培训的针对性和实用性，其逻辑模型如图1所示。

在S6000T标准中，基于流程分层的思想，将ADDIE模型的5个阶段作为培训工作的零级流程（即顶层流程），并进一步细分为29个一级流程，构成开展培训的核心工作内容，如图2所示。

培训信息收集

由于培训工作面临的实际情况千差万别，在开始进行培训分析时，首先需要收集相关信息。收集信息的方式有多种，包括访谈关键利益攸关方、梳理现有信息、获取相关研究报告等。在开始进行培训分析之前，需要制订信息收集计划，明确信息收集清单，进行培训信息收集。

而信息获取的渠道则更加多元化。S6000T标准中以思维导图形式，总结了所有可能的培训相关信息来源，共分为工程、环境、文献资料、相关培训、综合后勤保障、相关专家、客户和人因工程8个大类、32个细分小类，如图3所示。

培训分析

培训分析（见图4）的第一个活动是培训背景分析，目的是确定培训需求，识别并评估可能的候选培训方案。这一活动在产品全生命周期的早期就会开始，通常是产品保障分析的一部分。

随后是开展培训相关的使命、工作和任务分析，这三者关系密切，因此使用虚线框起，形成整体。使命即一个军事或商业实体预先定义好的目标，使命分析既适用于全新装备，也适用于现有装备，目的是为了明确实体的所有直接目标、间接目标和潜在目标；工作即一组唯一、确定、相互关联的活动集合，

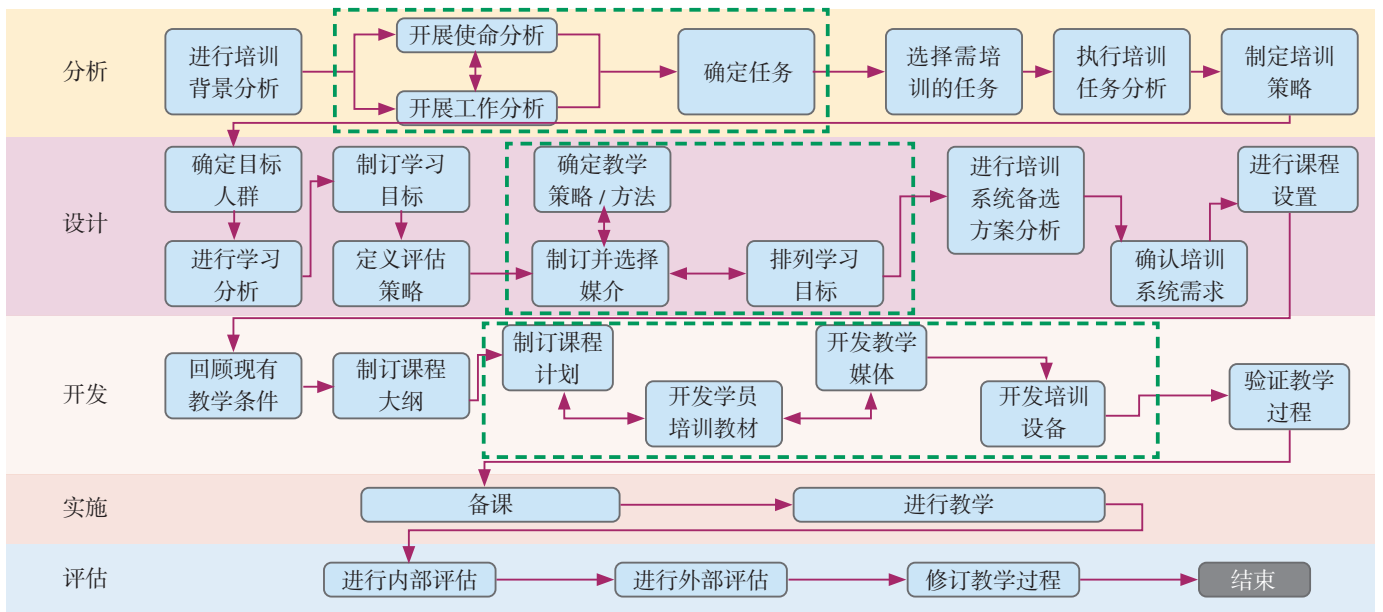


图2 S6000T标准中对ADDIE模型的细分

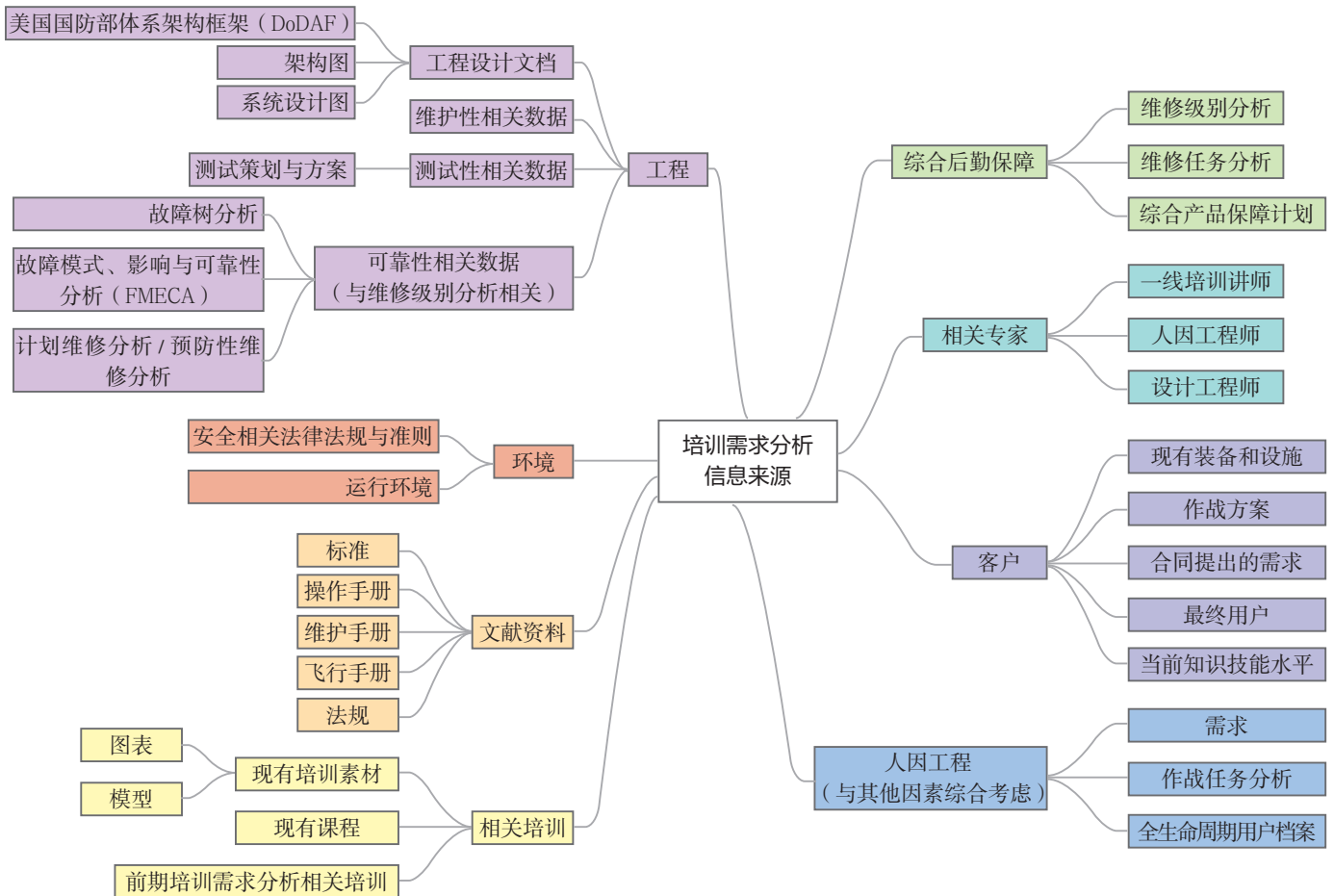


图3 培训相关信息获取渠道

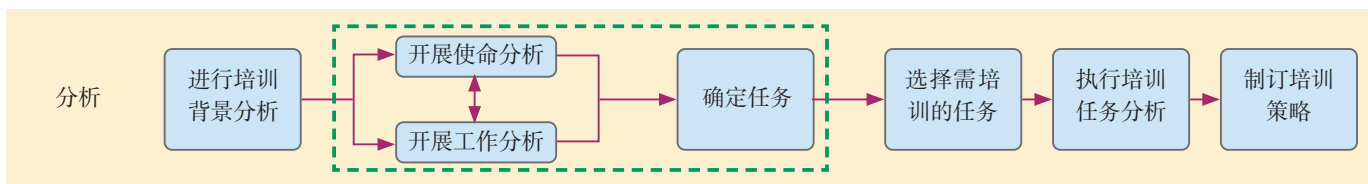


图4 培训分析示意

指导一个团队充当特定的角色或发挥关键的作用，以践行使命；任务即描述人员如何通过装备操作，发挥特定的装备功能，相关分析的结果是生成一份完整的任务清单。

S6000T标准推荐了一种通过任务的困难程度、重要程度、频繁程度进而直接确定任务所需培训等级的方法，每一次判断都分为3个等级，经历过3层判断后，最终会产生27种结果，对应5个培训等级，如图5所示。

培训等级1是最高培训级别，以最高标准进行培训，确保受训者无须通过实际工作中的频繁练习即可熟练掌握；培训等级2是次高培训级别，应能确保受训者完全掌握受训内容；培训等级3是中等级别的培

训，受训者需在完成培训后，通过实际工作环境进一步加强自身知识技能水平；培训等级4是低级别的培训，受训者需要从实际工作中继续积累大量经验才能掌握；培训等级5是最不重要的培训，或无须培训，操作者通过实际工作逐渐掌握即可。

通常来说，针对任务清单上的所有任务都开展训练是不可能的，必须要综合考虑各种因素做出选择，有限的资源和时间是最常见的两类限制因素。挑选出需要培训的任务后，要进一步明确任务的执行步骤、约束条件、执行标准等，进而分析出执行任务所必备的知识 and 技能。在此基础上制定培训策略，确保装备在交付后能获得正确和及时的使

用维护。

培训设计

培训设计（见图6）过程首先需要定义受训的目标人群，对其进行尽可能详细的描述。将潜在受训者自身具备的知识技能水平和培训分析的结果进行比对，将其中的差距提炼为学习目标，并据此确定如何评估学员培训的效果。

根据确定好的学习目标和培训评估策略，进行教学策略和方法的预定义，同时选择最合适的方式进行知识和技能的传递，以确定教学媒介，如平面印刷的教材、视频、交互式多媒体、虚拟教学环境、实操教学环境等。

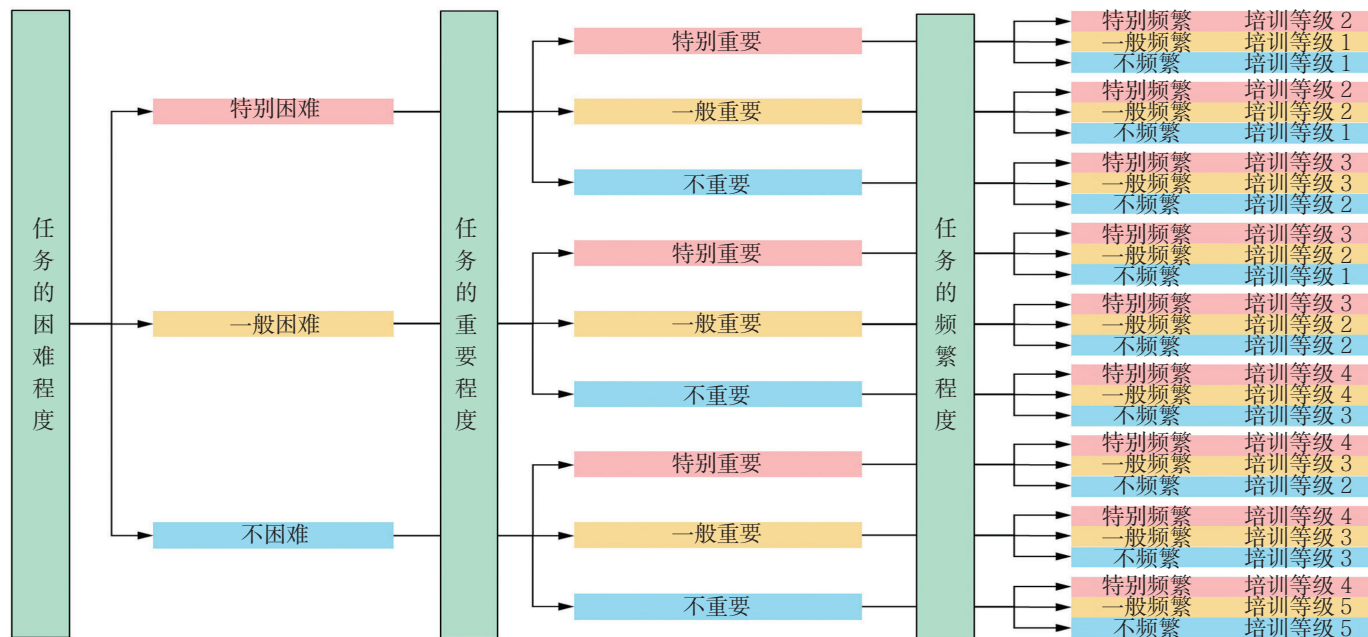


图5 任务的培训分级

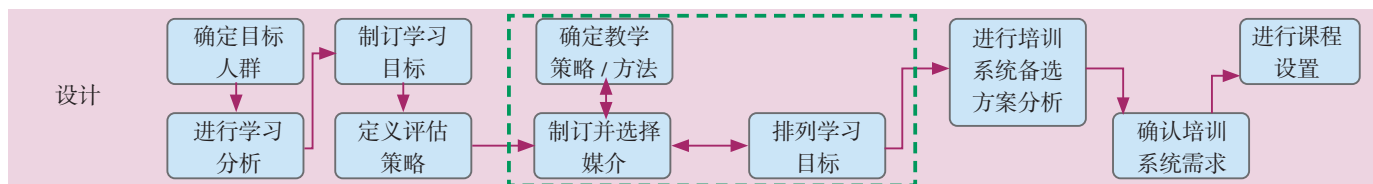


图6 培训设计示意

为了进行培训备选方案分析，需要特别关注培训相关的所有资源，包括装备/备件、基础设施/设备、人力资源、文件资源、培训手段等。这些培训资源的可用性、全面性与培训需求之间的差距就意味着风险，需要通过备选方案的设计和分析进行规避。综合考虑相关约束后，就可以确定培训系统需求，并进行培训课程的设置。

数据模型

S6000T标准采用了大量篇幅（约50%），基于UML2.0的建模语言，将标准中的所有数据进行了统一描述，为后续培训过程与综合保障其他业务（即S系列标准中其他标准的描述对象）进行顺畅的数据交换打下了坚实的数据基础。

S6000T标准的实践应用

AEOS服务保障体系建设与应用过程中，参考S6000T标准的架构和内容，设置了用户培训业务域。通过编发体系文件的方式，提炼最佳实践，汇聚行业智慧，凝聚行业共识，规范用户培训过程中的需求管理、教材管理、教学管理、教员管理、学员管理、教学效果评估等工作，相关业务逻辑如图7所示。

培训需求分析

用户培训的需求管理过程是培训工作的切入点，而培训需求分析（TNA）则是需求管理的切入点。为

此，中国航发研究院组织相关业务专家编制了《用户培训需求分析作业指导书》，用于指导开展具体的培训需求分析工作。

中国航发的主机厂在培训需求分析中，首先应用相关指导书，从7个方面开展培训需求分析：一是培训任务分析，通过主动与用户对接，确定培训的目的，要求用户提供参与培训的学员名单和需要培训掌握的内容，同时与用户沟通确定具体的培训时间，整合形成培训任务单，明确培训目标；二是培训学员分析，根据收集到的培训学员名单和往期培训教学效果评估报告，对学员的年龄、学历、岗位职责进行分析、

培训经历和学习动机进行调研分析，输出学员技能需求清单和培训学员的初始档案；三是培训所需课程分析，根据培训任务单中培训内容的要求、学员分析的结果和往期培训教学效果评估报告，参考用户学员技能需求清单，分解对应至不同的课程，输出培训课程清单，含每个课程的课程纲要；四是培训所需教员分析，根据课程清单里课程的要求和往期培训教学效果评估报告，分析授课形式（理论授课或实操授课）和课程难易等级（入门了解、熟练掌握、深入分析等），按照教员数量尽量少原则，从现有教员库中遴选能力符合需求的教员；五

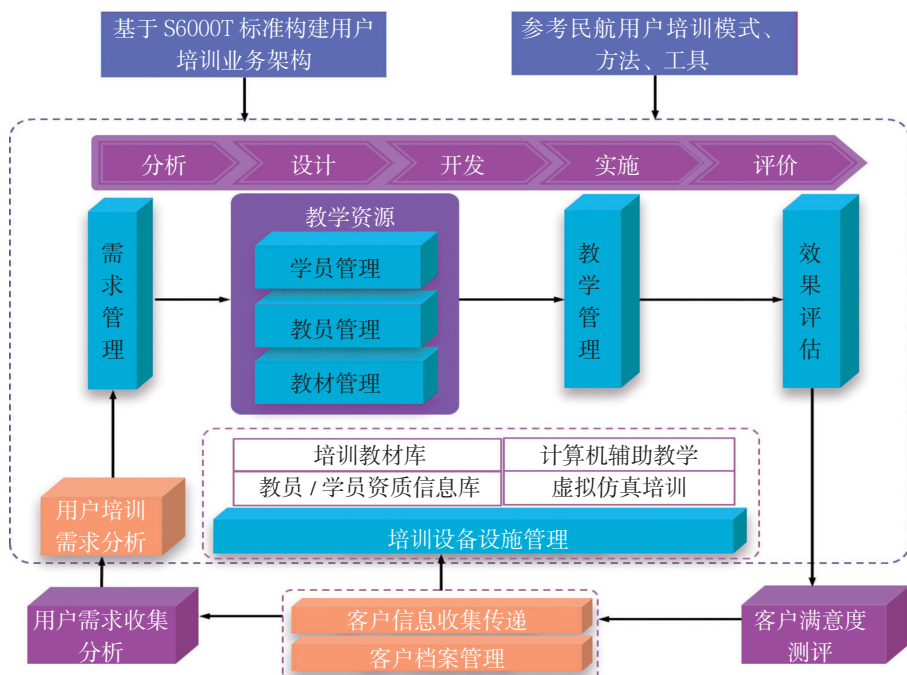


图7 用户培训业务逻辑

培训课程等级划分	分级	一级：入门	二级：转场维护	三级：基地维修	四级：专项培训	五级：大修培训
	资格	熟悉现用设备，对发动机有一定了解	了解发动机及配套地面设备在飞机/直升机过站时的基本检查和保养工作	具有维护修理发动机的较为全面的经验和知识	在某一专项上具备较为丰富的经验	取决于专项要求，必须达到主机厂的入学要求
	内容	外场技术资料中描述的有关发动机整机和各单元体的概括了解	基本系统的控制概要、检测设备、部件的位置及用途，维护及小故障的检修	各部件的详细构造、操作、位置和拆装、检测设备以及维修手册检修程序	详细的结构操作、部件位置、测试程序、系统调整等工程数据的深入使用	部件的修理手册

图8 用户培训课程等级划分

是培训所需教具和设备分析，根据培训课程清单、培训学员名单和往期培训教学效果评估报告分析得出培训所需的教具和设备，输出培训教具和设备清单；六是培训方式分析，当培训条件都得到满足后，分析选择培训的方式，培训现场的设计参考《用户培训现场设计作业指导书》文件的规定执行；七是培训财务预算分析，根据培训课程清单、培训学员名单、培训教员清单、培训教具和设备新增或改进清单等内容进行分析计算人工费，含教员薪酬、办公费、招待费、场地费和设施设备折旧等内容，输出培训费用预算清单。如果是用户给定培训费用金额的培训活动，活动内容变为给定费用的规划分配。

基于上述7个具体分析活动，可输出“培训任务单”“学员技能需求清单”“培训学员初始档案”“培训课程清单（含课程纲要）”“培训教员初始清单”“培训教具和设备清单”“培训现场选择确认表”和“培训费用预算清单（或费用分配清单）”等一系列输出物，为后续开展完善的用户培训工作打下坚实基础，提供全方位的工作输入。

培训课程等级划分

为不同基础、资质、岗位性质的用户提供分层级的培训，避免吃培训“大锅饭”的现象，就需要对

培训课程进行分级。参考民航做法，结合航空发动机保障业务实际需求，将用户培训课程划分为5级，如图8所示。

一级培训课程为入门，学员应熟悉现用设备，对相关型号的发动机有一定的总体了解，主要培训内容为用户技术资料中对发动机整机和各单元体的描述。通过培训，学员可掌握与发动机相关的安全防护措施、工具、测试设备和简单的维护操作。

二级培训课程为转场维护，学员应了解发动机及配套地面设备在所装配的飞机/直升机转场（或短时再次出动）时的基本检查和保养工作，主要培训内容为发动机基本系统的工作过程、检测设备、相关部件的位置及用途、常规维护以及小微故障的检修。通过培训，学员可掌握发动机主要系统的正常功能、技术术语和符号，能够胜任一些重要维护维修工作。

三级培训课程为基地维修，学员应具备维护修理发动机的较为全面的知识。通过培训，了解发动机各部件的详细构造、操作、位置和拆装，能够使用相应检测设备，执行维修手册所要求的全部工作，并在故障分析手册的帮助下排除对应故障。

四级培训课程为专项培训，学

员应具备较为丰富的经验。通过培训，掌握尽可能多的故障检修知识技能、发动机性能调整等，能够利用相关数据进行发动机状态的判定。

五级培训课程为大修培训，学员具备发动机大修厂的相关素质和经验技能要求。通过培训，能够完成发动机部件或整机的大修相关任务。

通过上述5级培训课程的划分，使不同层级、不同岗位的学员均能得到所需的培训，为用户打造一支分工有序、配比合理的人才梯队，实现发动机全生命周期的自主保障。

结束语

S6000T标准与S系列标准中的其他标准一样，顶层规划清晰、完备，内容更新及时、合理，一步一个脚印，逐渐取得欧美国防工业和民用工业的信任和支持，已成为现今最成熟的综合保障行业标准，不管是其内容本身还是发展路径，都值得学习、借鉴。基于S6000T重新构建航空发动机用户培训体系，可以规范用户培训业务流程，改善培训效果，使用户更加快速、扎实地掌握相关知识技能，从而更快形成自主保障能力，使培训转化为战斗力。 **航空动力**

（张稳，中国航发研究院，工程师，主要从事航空发动机服务保障体系建设研究）