

APQP 在航空型号研制中的应用研究

颜学文 郑海燕 蒋 龙

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

【摘要】：本文从“是什么”、“为什么”、“怎么办”三个角度回答了产品质量先期策划（Advanced Product Quality Planning, APQP）在航空型号研制中的背景、应用意义以及基本原则，以某型机机翼液压千斤顶改进优化项目为例，可直观、快速地理解 APQP 的应用流程，促进质量工作前移并融入型号研制主线，推动预防为主的质量管控模式形成，为构建我国型号研制的质量管理模式提供了新的方向。

【关键词】：产品质量先期策划；APQP；航空型号研制；质量体系工具

Application of APQP in Aeronautical Model Development

Xuwen Yan, Haiyan Zheng, Long Jiang

AVIC Xi'an Aircraft Industry Group Co. Ltd. Shaanxi Xi'an 710089

Abstract: This paper answers the background, application significance and basic principles of Advanced Product Quality Planning (APQP) in aviation model development from three perspectives of "what", "why" and "how to do". Taking the improvement and optimization project of wing hydraulic jack of a certain aircraft as an example, it can intuitively and quickly understand the application process of APQP, promote the quality work to move forward and integrate into the main line of model development, Promote the formation of the quality control mode focusing on prevention, which provides a new direction for the construction of the quality management mode of China's model development.

Keywords: Advanced product quality planning; APQP; Aviation model development; Quality system tools

1 什么是“APQP”？

APQP 是美国汽车工业行动集团（AIAG）提供给供应商在研发新产品时的一种结构化方法，用来确定和制定确保产品使用户满意所需的步骤，是项目管理在汽车领域的具体应用，是汽车零部件供应商项目开发与管理广泛采用的工具和方法。2019 年，在借鉴国际航空航天质量组织（IAQG）以及空客、霍尼韦尔公司等 APQP 应用经验之后，我国才逐渐将 APQP 应用于航空领域。

APQP 是一种贯穿从概念、设计、生产过程、策划与实施到产品使用、服务、用户反馈等产品全寿命周期的质量策划方法。在航空型号研制中，APQP 分为五个阶段 44 项要素，即策划、产品设计与开发、过程设计与开发、产品与过程确认、生产使用与交付后服务。每个阶段有定义活动的“要素”，每个要素有相应的“可交付物”。其中，“阶段”是产品交付的逻辑步骤，包含沿供应链从产品概念到生产的任何层次和任何产品类型；“要素”是指每一个 APQP 阶段中需完成的关键活动，每个要素通过监测可交付物的按时和按质状态以保证项目的健康运行；“可交付物”是为每一个要素定义特定的输出，是跨职能团队活动的有形输出，也是给出评估航空 APQP 要素质量程度的基础；“检查单”是评估可交付物和要素质量的标准化工具。

2 为什么要用“APQP”？

质量是装备建设的永恒主题。当前，武器装备加速从跟踪

仿制向自主研制为主转变，传统质量管理模式与武器装备发展不相适应的矛盾日益凸显，制约着武器装备战斗力的形成。武器装备研制过程中存在的质量管理问题主要表现在：一是质量策划不充分、风险识别不完整、过程管控不足，导致产品在生产和使用过程中质量问题频发；二是质量工作与业务结合不紧密，质量工作计划往往游离于型号研制计划之外，导致质量管控与业务流程脱节；三是现有型号研制质量保证的组织方式和工作模式仍以职能为主，横向贯通不够，导致型号研制各阶段质量工作的统筹性、系统性和协调性不足。

APQP 源于汽车行业，在航空领域的应用较少，罗凌^[1]将 APQP 应用于机体结构件的新产品开发，设计了“虚拟首件检验”流程以获得关键特性，提供了航空 APQP 流程经验。翟学聪^[2]将 APQP 与工程项目工作分解结构（WBS）对比，发现 APQP 更适用航空器研发项目。Tokmakova^[3]将产品质量管理中的 APQP 和生产件批准程序（PPAP）用于改善业务流程，确保了产品质量，提高了生产效率。

为贯彻预防管理理念，推动质量工作前移，将质量工作融入航空产品研制主线，有必要开展 APQP 工程应用。APQP 以“控制和消除为主”，体现主动预防的质量管理模式，优势在于：事先完整的策划，可以减少返工，从而降低了时间，减少时间成本的浪费；以预防为核心，使产品更加可靠，降低风险；将质量工具与管理功能全面结合起来，提升型号研制质量。

3 怎么应用“APQP”？

以某型机千斤顶改进优化项目为例，APQP 的应用流程如图 1 所示。

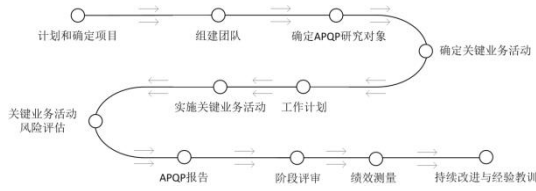


图 1 应用流程框架图

3.1 计划和确定项目

千斤顶是飞机必不可少的随机地面设备项目，飞机的水平测量，起落架收放试验，主起落架的拆、装，飞机定检工作及其飞机的修理等均需在使用飞机千斤顶将整架飞机顶起的情况下进行。机翼液压千斤顶液压系统采用传统的制造技术，在制造过程中千斤顶操纵箱的液压系统的连接管路上出现了不同情况的液压油渗漏问题和电器控制线路控制问题，这两类问题近年发生多起，质量问题尤为突出，亟待解决。因此，确定某型机千斤顶改进优化项目作为 APQP 工程应用项目。

3.2 组建团队

3.2.1 建立横向职能小组

职能小组应体现跨部门，成员包括设计、工程、制造、材料控制、采购、质量、销售、现场服务、供应商和顾客的代表。

3.2.2 确认角色及职责

项目负责人负责整个千斤顶项目的进度、质量和成本负责；APQP 负责人负责关键业务活动的跨职能组织和协调、风险评估的组织与监督等；关键业务活动评估员负责对关键业务活动进行评估或检查，督促关键业务活动负责人对高风险项目制定措施；关键业务活动负责人负责实施其承担的业务活动，并提供交付物，并针对风险点，制定控制或改进计划。

3.3 确定 APQP 研究对象

对千斤顶进行结构分解，逐层级开展风险评估，根据风险评估结果，做出千斤顶 APQP 项目选择决策。采用质量功能展开、头脑风暴法、设计失效模式与影响分析等方法开展产品设计风险分析与排序，最终确定设计难度大、制造难度高、工艺要求高的“机翼液压千斤顶”作为 APQP 研究对象。

3.4 确定关键业务活动

识别适应千斤顶特点的关键业务活动 40 项，对于 4 项不适应要素进行裁剪。（1）“样件制造”要素为交付样件实物，无交付文件故裁剪；（2）“物料搬运、包装、标识和零件标记批准”要素风险影响弱，故裁剪；（3）“小批量投产”要素设备生产量少，状态鉴定完，直接投产，故裁剪；（4）“服务保障绩效及目标实现计划”要素沿用往期计划，故裁剪。

3.5 制定工作计划

千斤顶项目 APQP 工作计划中明确各关键业务活动的实施周期，以及各个交付物的交付时间节点，如表 1 所示。

表 1 千斤顶 APQP 时间计划

产品项目	千斤顶	
所处阶段	策划	
推进负责人	XXX	
产品项目负责人	XXX	
时间计划	策划	2022.03.05
	产品设计与开发	2022.04.31
	过程设计与开发	2022.06.30
	产品与过程确认	2022.08.30
	生产使用与交付后服务	2022.09.31

3.6 实施关键业务活动

各关键业务活动负责人根据关键业务活动的实施要求，遵循 APQP 工作计划的时间安排，开展关键业务活动实施，千斤顶项目共实施 40 项关键业务活动，提供 98 份交付物。

3.7 关键业务活动风险评估

在策划阶段对某型机机翼液压千斤顶实现过程，从投标开始，经过方案论证、设计开发、试验验证、确认、采购、生产、交付使用到提供保障服务，再考虑费用/资金和进度，进行风险分析形成风险分析报告。初步识别高风险 6 项，中风险 6 项，低风险 26 项，并分析风险成因，制定了 17 条风险处理对策。

在产品设计与开发阶段开展了设计风险分析工作。对 5 项零组件逐项进行结构分析、功能分析、失效模式分析，识别出中风险 3 项、低风险 2 项均采取了控制措施，针对上一较高级别和下一较低级别影响，确定了预防措施，以确保千斤顶设计满足顶升要求。

在过程设计与开发阶段开展了工艺风险分析工作，分别对液压千斤顶的装配流程、关重件油路块和支撑梁组件进行系统分析、风险分析及优化措施，识别影响装配且千斤顶无法运转、制动的风险 2 项，识别影响支撑梁组件工序加工风险 5 项，识别影响油路块零件错放、混料风险，针对以上风险均采取了控制措施。

关键业务活动评估员依据检查单，对 98 份交付物进行检查评估，针对 2 项风险，关键业务活动负责人分别制定改进计划。

3.8 APQP 报告

APQP 负责人定期汇总各关键业务活动评估结果, 形成千斤顶 APQP 报告。报告从顾客和项目层级上进行评估, 分析当前产品的风险状况对更高层级产品的影响, 并将这种影响评估至项目层级。针对存在高风险的关键业务活动, 注意对相关关键业务活动或紧后关键业务活动的影响, 通过提早启动、增加人力投入、制定风险预案等措施, 及时调整相关关键业务活动或紧后关键业务活动。

3.9 阶段评审

评审专家组基于组织承诺与管理者支持、跨职能团队、有效的 APQP 工作计划三个支柱基础上, 对千斤顶项目的组织机制、项目组织架构及应用流程、关键业务活动交付物、风险评估记录等进行评审, 千斤顶项目期间共开展两次阶段评审, 共提出 8 项问题, 均已按专家组要求完成更改完善。

3.10 绩效测量

千斤顶 APQP 项目结束时, 针对策划阶段制定的项目目标, 开展绩效测量, 评估项目的目标的完成情况。项目目标为应有不少于 108 工作周期的平均故障间隔时间 (MTBF), 当置信度为 0.9 时, 一个工作周期应具有 0.99 的可靠度; 平均修复时间 (MTTR) 不大于 30min; 截止过程与产品确认阶段, 进度目标大于 90%。

项目目标测量结果为可靠性设计指标 MTBF=2009.73h, 满足项目要求; 在各系统可靠性指标预计的基础上, 完成了个系

统的维修性指标预计及全机维修性预计, MTTR 为 28min, 满足项目要求; 受疫情影响, 进度目标未有效完成, 后续将保证项目的最终节点不受影响。

3.11 持续改进与经验教训

目前千斤顶已达到可靠性计算指标, 还需进行设备的长时间使用; 通过评审质量指标和关键绩效指标, 识别改进的机会, 根据成本、时间、顾客影响等因素优先排序改进机会, 并确认改进。将千斤顶项目关键业务活动交付物/数据、PPAP 数据包等作为组织的知识, 分型号或产品类别或专业或工艺类别进行管理, 以便在类似产品项目上进行复用或借鉴。最终, 纠正措施已采取且经验教训已记录, 关闭千斤顶 APQP 项目。

4 结语

本文以问题为导向, 系统的分析了 APQP 在航空型号研制中的质量管理模式。以某型飞机机翼液压千斤顶改进优化项目为例, 采用主动预防的方式, 事先充分策划, 控制过程风险, 质量管控与业务流程紧密结合, 借助 APQP 对千斤顶研制策划、设计、装配及生产交付等阶段进行管理, 及早识别了过程质量风险, 降低了研制风险, 减少了反复迭代, 缩短了研制周期。同时, 为质量工作与航空型号研制同步开发提供了新思路。

在下一步的研究工作中, 优化在机载设备层级开展 APQP 的应用流程, 研究如何精准裁剪基于航空型号研制的关键业务活动, 使得建立的质量管理模式更加接近工程实际, 提高 APQP 的工程应用能力。

参考文献:

- [1] 罗凌.航空 APQP 在机体结构件开发中的应用研究[J].航空标准化与质量,2016,(1).
- [2] 翟学聪,.浅谈 APQP 在航空器开发中的应用[J].航空标准化与质量,2011,(1).
- [3] Tokmakova, T.V., et al. Improving Product Quality by APQP and PPAP. Russian Engineering Research, vol. 42, pp 286-287(2022).

作者信息: 颜学文, 单位: 航空工业西飞, 职称: 工程师; 研究方向: 产品质量先期策划、型号研制。