

“测控”另解：测试是质量控制的最重要手段

王经典

(中国航空无线电电子研究所, 上海 200241)

摘要: 装备用户以实战化作训来践行国家高质量发展的要求, 这给装备产品提出了更高的质量要求, 在分析质量相关的若干概念基础上, 得出了测试是质量控制的最重要手段的判断, 明确了更高质量的装备需要更高质量的测试, 梳理了航空电子系统测试面临的全产品层次、全生命周期、全物理空间、全过程要素等维度存在的主要问题, 提出了测试技术通用化、测试过程自动化、测试管理信息化、测试资源网络化及测试诊断智能化的趋势, 简要描述了各趋势的主要内容。

关键词: 测试技术通用化; 测试过程自动化; 测试管理信息化; 测试资源网络化; 测试诊断智能化
中图分类号: TP606; V554+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8829 (2019) 10-0001-04
doi: 10.19708/j.ckjs.2019.10.001

Another Explanation to “Ce-Kong(测控)” : Testing is the Most Important Quality Control Approach

WANG Jing-dian

(China Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200241, China)

Abstract: In order to fulfill the country's requirements of high-quality development, equipment user adopted practical combat training concept in recent years, it leads to higher level quality of equipment. Based on the analysis of quality-related concepts, it is concluded that testing is the most important quality control approach and that higher level quality equipment requires higher level quality testing, the primary problems related to whole product hierarchy, whole life cycle, whole physical space, and whole process elements in avionics testing are summarized, the trends and main contents of avionics testing are proposed, including generalization of testing technology, automation of testing process, informatization of testing management, networking of testing resources and intelligent diagnosis.

Key words: generalization of testing technology; automation of testing process; informatization of testing management; networking of testing resources; intelligent test diagnosis

经过逾 40 年的高速发展, 我国经济取得了全球瞩目的成就。李清在《航空武器装备创新发展的哲学思考》一文中提出装备发展与科学技术水平和经济实力相适应^[1], 一方面, 经济高质量发展是经济高速发展之后的必然延续, 另一方面, 经济总量的大幅增加又为追求更高质量的发展打下了坚实的经济基础。

在国家经济快速发展的背景下, 装备使用也全面进入了实战化作训的阶段, 李名军等在《改革强军战略下推进实战化训练的思考》一文中指出将“搬家式驻训”转变为“野战化实训”、从理想状态下“打靶打得准”到复杂环境下“打仗能打赢”、“安全子标

准”必须绝对服从“战斗力母标准”、避免平时惧“丢丑”战时会“丢命”^[2]都是实战化的体现。实战化作训的本质就是高质量的训练, 是经济高质量发展在装备领域的具体体现, 这也对装备产品本身提出了更高的质量要求, 对作为航空装备大脑和神经网络的航空电子系统也提出了更高的质量要求。

本文将在厘清概念定义及相互关系的基础上, 明确测试与质量的关系, 尤其是测试与质量控制的关系, 得出“测控”一词的另一种解释, 即“测试是质量控制的最重要手段”, 分析了当前航空电子系统测试主要面临的多个维度问题, 并针对这些问题的解决, 提出了若干技术解决思路。

1 测试是质量控制的最重要手段

1.1 相关概念介绍

与武器装备质量强相关的概念包括质量、质量管理、质量控制、质量保证、分析、测试、检验等。

《装备质量管理术语（GJB 1405A—2006）》^[3]对“质量”的定义为：一组固有特性满足要求的程度；对“质量管理”的定义为：在质量方面指挥和控制组织的协调的活动；对“质量控制”的定义为：质量管理的一部分，致力于满足质量的要求；对“质量保证”的定义为：质量管理的一部分，致力于提供质量要求会得到满足的信任。

《装备质量管理术语（GJB 1405A—2006）》^[3]对“检验”的定义为：通过观察和判断，适当时结合测量、试验所进行的符合性评价；对“测试”的定义为：确定产品状态（可工作、不可工作、性能下降）并隔离其内部故障的活动。

《系统工程手册》^[4]对“质量控制”的定义为：确保组织的质量管理流程在项目中的有效应用；对“验证”的定义为：提供证明系统或系统元素满足其特定需求和特征的客观证据，包括测试（Test）、检验（Inspection）、分析（Analysis）、类比（Analogy）等。

“验证”中“检验”的定义为：基于元素的目视检查或尺寸检查，依赖于人的感觉或者使用简单的测量和处理方法。检验一般是无损的，且通常包括视觉、听觉、嗅觉、触觉和味觉的使用，简单的物理操作，机械的和电气的计量以及测量，一般不提供激励；适用于颜色、重量、文件、代码列表等内容。而“验证”中“测试”的定义为：使用专用测试设备或者仪器来获得待分析对象的精确的定量数据。

1.2 测试是质量控制的最重要手段

从 1.1 节概念可以看出，验证即提供证明满足需求的证据，与质量控制致力于满足质量要求的本质一致，即验证是质量控制的一部分，包含在验证之中的测试也是质量控制的一部分，与质量管理相关的几个概念关联关系如图 1 所示。

图 1 中，质量保证是主动式的事前行为，主要通过质量体系建设与实施、人员技能培训、研发过程审计等活动来避免产品的设计缺陷，相关内容可以参考段红卫等《关于质量保证、质保体系和质量管理体系的一些思考和认识》^[5]一文。质量控制是反应式的事后行为，主要通过测试、检验等措施来发现产品的故障，暴露问题，为尽早解决质量问题做出判断。从以上分析可以得出：测试是质量控制的重要手段。

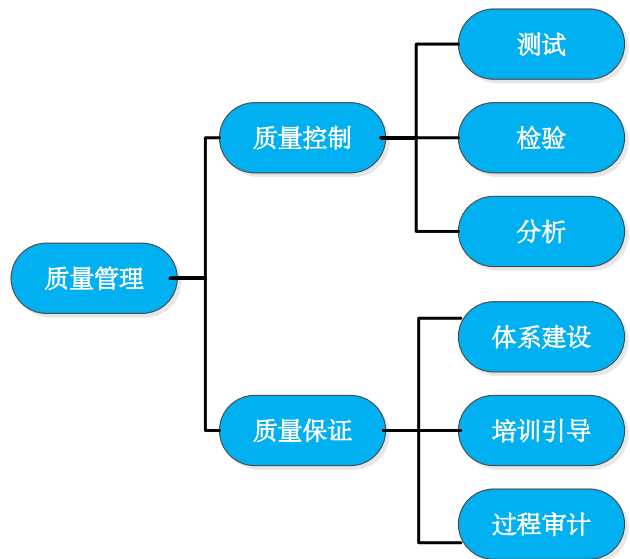


图 1 质量管理相关概念关系示意图

此外，质量保证与质量控制相比，理想情况下，质量保证能在更早的产品开发周期介入并暴露设计问题，能提升质量、降低成本。但实际过程中，由于质量保证体系的建立需要体系设计人员一方面对质量知识有深度和广度的认知；另一方面对开发单位的具体情况、具体产品有深度和广度的理解，这两方面的不足容易导致质量保证体系有如下问题：质量保证体系不尽完善，或者完善的体系在面向不同研发目标对象时，可操作性不好，落地有效性不理想，难免出现不同程度的“两张皮”现象。

而质量控制如分析、测试、检验本身就是一种活动，活动本身具有可操作性、利于操作落地，分析、测试、检验可能存在不完善之处，但是每次操作、每次活动，一定能实际地“证明”或“证否”某个需求得到满足。从可操作性角度看，质量控制要重于质量保证。

对于包含在质量控制内的分析、检验、测试而言，分析停留在理论层面居多，检验使用基于目视检查、尺寸检查等简单物理操作来完成，检验一般不直接涉及复杂的测试设备和测试仪器，一般适用于外观、颜色、尺寸、重量等相对表层的需求对象，而测试需要使用专用的测试设备或者仪器来获取对象的精确的测量数据，比如通信功能、计算功能等相对复杂的需求对象，从而可以看出，质量控制的方法中，测试相比于分析与检验，能更深层次地、更具体地发现产品设计中的问题，也就更具重要性。

从以上分析看出，当前形势下，质量控制更重于质量保证，质量控制中测试更重于分析与检验，即测试是质量控制的最重要手段。

2 航空电子系统测试面对的问题

总体而言，包含航空电子系统测试在内的装备测试领域，所投入的资源包括人力资源及经费资源，相比设计而言这方面的占比偏低。

在 2018 年 11 月举行的航空测控年会上，中国电子科技集团公司首席科学家年夫顺提供的统计数据显示，所有军工集团有限公司的测试专业人员总计不超过 5000 人，反观国外，美国仅恩艾公司（NI）的测试专业人员就逾 7000 人；除了人力资源数量少之外，测试从业人员对测试的整体认知水平不高、对测试的整体经费投入不足，导致测试仪器设备进口所占比例超过 60%，大型仪器企业少，创新能力弱，跟跑为主、领跑极少，国产仪器的整体信誉度低，无国际知名品牌^[6]。在整个国内测试测量技术背景下，航空电子测试的发展同样形势严峻。

航空电子测试技术需面对的 4 个全面因素包括全产品层次、全过程要素、全生命周期、全物理空间，维度示意图如图 2 所示。



图 2 航空电子测试技术面对的维度示意图

从航空电子产品全产品层次来看，测试涉及到系统（分系统）层级、整机层级、模块层次的产品，不同层级的产品如何合理地规划测试性、如何合理地设计测试用例，保证测试的完备性，同时又不因过度测试而浪费资源？

从航空电子产品全寿命周期来看，测试涉及到科研阶段测试、生产阶段测试、运行维护阶段测试。科研阶段测试主要进行面向需求的验证工作，一个技术状态至少开展一次完整的测试，以发现设计缺陷为目的，追求系统全面，不强调自动化。生产阶段测试对每件产品都进行测试，主要以剔除加工错误、物料缺陷为目的，保证高效地交付高质量的产品，追求自动高效。运行维护阶段的测试对故障产品才进行测试，主要为了准确地定位故障原因，追求灵活精准，一定

程度上去自动化。在面向不同的阶段时，测试技术如何既求同以提高效率，又存异以解决不同场景的问题？

航空电子产品测试全过程要素涉及到人机料法环等要素，人员能力的保持与提升，专用设备和通用设备的配备与管理，工装、线缆、软件、被测产品等的现场管理，测试程序文件的现场管控，现场温度、湿度、灯光等环境的管控等，如何更有效地开展全过程要素管理？

航空电子产品测试全物理空间涉及到集成联试实验室、验收交付实验室、环境实验室、维修测试实验室等物理空间，飞机经历亚音速、超音速、超高音速、隐身超高音速等发展阶段，航空电子产品历经分立式、联合式、综合化模块化、先进综合化等发展阶段，而测试主体还停留在联合式阶段，不同的实验室、试验室互联不够，信息未能及时高效共享。在大数据、人工智能等技术快速发展的趋势下，航空电子测试如何与这些前沿技术融合？

3 航空电子测试技术发展的趋势

为了解决前述航空电子产品测试面对的问题，应该从以下 5 个方面开展工作，包括：测试技术通用化、测试过程自动化、测试管理信息化、测试资源网络化、测试诊断智能化。

测试技术通用化主要指测试系统架构、测试硬件架构、测试软件架构通用，明确统一的架构规范、定义或选择统一的硬件标准和接口规范、定义统一的软件接口规范，尽可能满足不同层次航空电子产品的测试需求，提高测试完备性、提高测试用例的开发和使用效率、降低测试开发的成本，以应对资源少、产品层级多、质量要求高的需要。

测试过程自动化包括测试序列自动生成、测试活动自动执行、测试报告自动生成等内容，主要为不同阶段测试的效率提升做好储备，在资源不足背景下，提高开发和测试操作效率，减少人员介入引起的误操作。

测试管理信息化主要针对全寿命周期阶段中全过程要素进行信息化的管理，包括设备、工装、线缆、产品的信息化管理，同时包括过程活动的信息化管理、过程数据的信息化管理，以及信息的可视化等。全要素的管理信息化是提升效率的重要一环，也是迈向测试诊断智能化的必经环节，没有信息化的管理、积累不了真实有效的历史测试数据，基于大数据、神经网络等技术的航空电子测试将是无本之末，无源之水。

测试资源网络化主要针对分立式、联合式的测试

资源现状，通过工业互联网的技术途径，将传感器、试验设施、测试设备、计算服务中心、存储服务中心等进行网络互联，通过定义统一网络架构、统一网络通信规范、统一网络数据结构，大量积累不同测试资源的真实数据，并促进数据的共享与利用，同样为测试诊断智能化打下基础。

测试诊断智能化为测试的终极目标，通过内部自测试和外部激励测试的组合，利用大数据分析、神经

网络、专家系统分析等技术，基于历史测试大数据和实时测试数据的综合诊断分析，快速定位产品的故障，实现智能地确定产品状态并隔离其内部故障的目标。

测试技术通用化、测试过程自动化、测试管理信息化、测试资源网络化与测试诊断智能化的逻辑关系如图3所示，图3也展示了航空电子系统测试技术这5个趋势在不同发展阶段的重心。

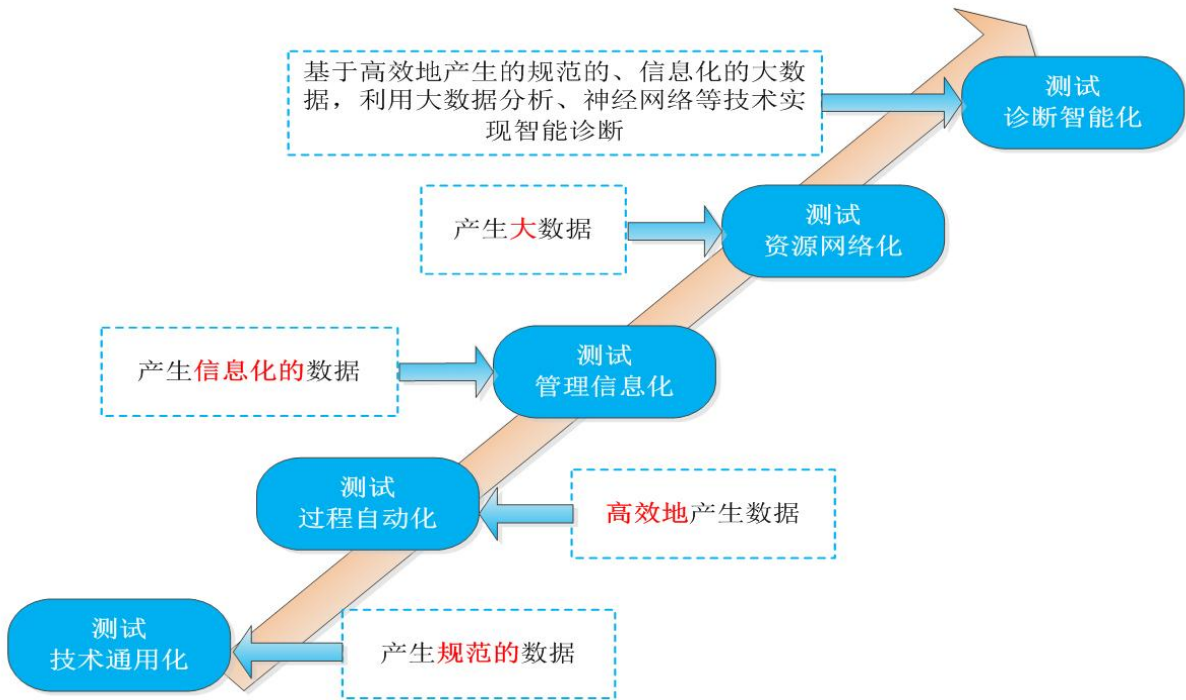


图3 航空电子测试技术趋势发展示意图

4 结束语

从质量管理、质量保证、质量控制、测试、检验等若干与质量强相关的概念分析出发，得出在装备实战化作训背景下，测试是质量控制的最重要手段这一论断，并针对当前航空电子系统测试技术面对的全产品层次、全生命周期、全物理空间和全过程要素等维度的主要问题，提出了测试技术通用化、测试过程自动化、测试管理信息化、测试资源网络化、测试诊断智能化的5个发展趋势，并简述了5个发展趋势的主要工作内容和价值。

参考文献：

[1] 李清.航空武器装备创新发展的哲学思考[J].国际航空, 2012(3):38-41.
 [2] 李名军,刘闻.改革强军战略下推进实战化训练的思考[J].政工学刊, 2016(10):58-59.
 [3] 装备质量管理术语: GJB 1405A—2006[S].2006.
 [4] 国际系统工程协会.系统工程手册——系统生命周期流程

和活动指南[M].4版.张新国,译.北京:机械工业出版社, 2017.

[5] 段红卫,白颖华,黄超云,等.关于质量保证、质保体系和质量管理体系的一些思考和认识[C]//中国核学会核能动力学会核电质量保证专业委员会第十一届年会暨学术报告会.2013.
 [6] 年夫顺.现代测量技术发展及面临的挑战[J].测控技术, 2019, 38(2):3-7.

□

作者简介



王经典(1982—),男,汉族,硕士研究生,高级工程师,中国航空无线电电子研究所测试部副部长(主持工作),长期从事航空电子产品设计与测试工作,先后完成PowerPC系统控制器、FC网络节点机的逻辑设计与验证,完成基于FC网络的IMA硬件平台设计与测试验证以及多个型号项目的工程应用工作,发表论文、申请专利等共计20余项。