

文章编号: 1674-8190(XXXX)XX-001-09

# 质量控制体系在航空无损检测工作中的选用策略和研究

徐桂荣<sup>1</sup>, 宁宁<sup>2</sup>, 关雪松<sup>1</sup>

(1. 航空工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司 质量适航部, 哈尔滨 150066)

(2. 中国飞机强度研究所 强度与结构完整性全国重点实验室, 西安 710065)

**摘要:** 国内航空无损检测领域应用的质量控制体系按照应用面的大小, 可以划分为三个层级: 基础通用的质量管理体系、无损检测资质认证管理体系和无损检测行业标准。当前无损检测资质认证管理体系应用广泛的有 CMA、CNAS、DIAC、NADCAP、ALAC、ASP 等, 面对众多的体系很多客户无从选择。为了帮助更多的单位及供应商对这些体系有更深入的了解, 能根据需要选择适用的无损检测质量控制体系, 本文分析研究了不同体系的异同、过程要素控制要求和典型应用案例, 对企业和供应商针对不同客户要求的质量控制体系选用策略给出了具体建议。

**关键词:** 质量体系; 航空领域; 无损检测; NADCAP; ALAC; ASP

**中图分类号:** V268.7; TG115.28

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.16615/j.cnki.1674-8190.XXXX.XX.01

## Study and selection strategy of quality control system in aviation nondestructive testing

XU Guirong<sup>1</sup>, NING Ning<sup>2</sup>, GUAN Xuesong<sup>1</sup>

(1. Department of Quality Airworthiness, AVIC Harbin Aircraft Industry Group Co., Ltd., Harbin 150066, China)

(2. National Key Laboratory of Strength and Structural Integrity, Aircraft Strength Research Institute of China, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** The quality control system applied in the field of domestic aviation non-destructive testing can be divided into three levels according to the size of the application surface: basic general quality management system, including non-destructive testing qualification certification management system and non-destructive testing industry standards. At present, the non-destructive testing qualification certification management system is widely used in CMA, CNAS, DIAC, NADCAP, ALAC, ASP, etc., in the face of many systems, many customers have no choice. In order to help more units and suppliers have a deeper understanding of these systems, and can choose suitable NDT quality control systems according to needs, this paper analyzes the similarities and differences of different systems, process element control requirements and typical application cases. Specific suggestions are given to the selection strategies of quality control system for enterprises and suppliers according to different customer requirements.

**Key words:** quality systems; aviation field; non-destructive testing; NADCAP; ALAC; ASP

收稿日期: 2024-05-12; 修回日期: 2024-08-27

通信作者: 徐桂荣(1977-), 女, 学士, 高级工程师。E-mail: 1571293535@qq.com

引用格式: 徐桂荣, 宁宁, 关雪松. 质量控制体系在航空无损检测工作中的选用策略和研究[J]. 航空工程进展, XXXX, XX(X): 1-9.

XU Guirong, NING Ning, GUAN Xuesong. Study and selection strategy of quality control system in aviation nondestructive testing[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, XXXX, XX(X): 1-9. (in Chinese)

## 0 引言

航空工业提出“质量是航空人的生命”的质量理念,说明航空产品的质量工作意义重大。质量工作需要设计、制造、检测检验等不同阶段的各级人员通过做好自己的工作来共同完成。无损检测工作是质量控制中的最重要的环节;质量控制体系是确保包括无损检测工作在内的各个质控环节有效运行的大控制体系,是无损检测工作需要遵守的基本法规体系。

无损检测(Non-Destructive Testing,简称 NDT)是一种在不破坏材料、构件或结构的情况下,检测其内部和表面缺陷的方法<sup>[1]</sup>,剔除不合格品、确保进入下一工序的产品满足质量要求。在航空领域,无损检测广泛应用于飞机制造、维修和材料研发等环节<sup>[2]</sup>。

无损检测工作的质量控制是依靠质量管理体系在各个方面、各个阶段的控制来完成和确保的。因此,质量管理体系的完备和有效运行更为重要,是一个企业确保质量工作持续有效、能持续为顾客提供符合要求的产品的的前提和必要条件。但目前国内航空领域的质量管理体系繁多,内容交叉重复,供应商需要全面了解各种体系的特点与应用对象,做出正确选择。

本文将探讨航空领域与无损检测有关的质量控制体系的层级、应用现状、发展趋势以及面临的挑战,以期为单位提供参考和选择。

## 1 无损检测相关质量控制体系概述

目前,在每一家航空企业中无损检测都会涉及多个不同层级的质量管控体系。按照应用面的大小,可以划分为三个层级:基础通用的质量管理体系、无损检测资质认证管理体系和无损检测行业标准。

### 1.1 基础通用的质量管理体系

当前航空无损检测机构运行的基础体系包括 ISO 9001<sup>[3]</sup>、GB/T 1900<sup>[4-5]</sup>、GJB 9001C<sup>[6]</sup>、AS 9100D<sup>[7]</sup>。

ISO 9001《质量管理体系要求》,国际认可的

标准,规定了具体的质量管理要求。

GB/T 19001《质量管理体系要求》是依据 ISO 9001 等同转换的中国标准。ISO 9001 和 GB/T 19001 标准规定了组织进行质量管理体系的一组要素,组织要证实其具有稳定提供符合要求的产品和服务的能力,通过体系的有效运行和改进来达到顾客满意。每个组织建立基于 GB/T 19001 标准的质量管理体系时,需结合内部实际情况,将体系要求中的每个要素运用到组织自身的质量管理活动中,将标准的要求与组织的实际运行有机融合<sup>[5]</sup>。

GJB 9001C《质量管理体系要求》是以 GB/T 19001 为基础,另外增加了武器装备质量管理的要求。

AS9100《质量管理体系——对航空、航天和国防组织的要求》,此体系适用于航空领域和航天领域<sup>[8]</sup>。以 ISO 9001 质量体系要求为基础,增加了航空航天行业质量体系的特殊要求。此标准旨在为航空航天行业建立统一的质量管理体系要求<sup>[9]</sup>。

所有组织根据承接的任务的范围和领域,根据适用的基础质量体系,如表 1 所示,如涉及国际航空合作任务选择 AS9100,涉及国内军品选择 GJB 9001。

表 1 无损检测运行的基础质量体系  
Table 1 Basic quality system of NDT operation

标准	适用范围	使用领域	主题内容
ISO 9001	全球	任何领域	质量体系全要素
AS9100D	全球	航天、航空和国防组织	ISO 9001+航空航天国防的特殊要求
GB/T 19001	中国	任何领域	GB/T 19001=ISO 9001
GJB 9001C	中国	承担军用装备及配套部件的组织	GB/T 19001+装备质量管理体系特殊要求

### 1.2 无损检测资质认证管理体系

航空航天领域有多个自己特有的认证标准和体系,例如 NADCAP 认证、ALAC 认证、CMA 认证、ASP 认证等,如表 2 所示。

表2 航空领域不同的无损检测质量控制体系  
Table 2 Different NDT quality control systems in aviation field

缩写	英文名	中文名	选用原则
CMA	China Inspection Body and Laboratory Mandatory Approval	国家检验检测机构资质认定 <sup>[10]</sup>	国内第三方检测公司必选
CNAS	China National Accreditation Service for Conformity Assessment	中国合格评定国家认可委员会实验室认可 <sup>[11]</sup>	对外出具报告的公司优选
NADCAP	National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program	国家航空航天特殊产品和工艺的认证 <sup>[12]</sup>	见第2章
ALAC	Aviation Laboratory Accreditation Center	航空工业材料试验和检测机构资质认定	见第2章
ASP	Aviation Special Process Review Center	中国航空特殊过程审查	见第2章

由于ASP和ALAC是近几年才应用运行的体系,且审核单主体内容从NADCAP审核单转化而来,本文着重介绍NADCAP、ALAC、ASP这三种相似度比较高且应用广泛的体系。

### 1.2.1 NADCAP认证体系

NADCAP由美国航空航天和国防巨头与美国国防部、SAE等机构共同组建,专门适用于航空航天领域的某些特殊产品和工艺进行认证的质量体系,其目的为通过第三方认证代替各供应商进行重复特种工艺审查,降低企业维护成本和潜在风险<sup>[13]</sup>。

### 1.2.2 ALAC认证体系

ALAC中国航空工业材料试验和检测机构资质认定中心,是针对航空领域理化试验和无损检测的试验室认证体系。对于试验室而言,认证可以提升其技术水平和市场竞争力,可优先承担航空工业检测任务。对于航空企业而言,通过ALAC资质认定系统加强试验检测供应商管理,优化航空产品全生命周期性能检测及评价任务管理,控制风险。建立“小核心,大协作”的航空实验和检测能力体系,为集团公司武器装备的研制和生产提供有力的技术职称和保障<sup>[14]</sup>。

### 1.2.3 ASP认证体系

ASP航空特殊过程审查中心,是针对中国航空领域的航空工业、中国航发和中国商飞的供应商,对特殊过程进行评估和认证的机构。它以航空航天质量管理体系为基础,与NADCAP的认证范围相同。通过认证的企业可以证明其产品的可靠性和安全性,提高市场竞争力。评价中心将聚焦航空领域特殊过程质量管理,以“服务航空领域,降低管理成本,提升航空产品质量”为根本宗

旨,提升航空领域特殊过程能力,为中国航空领域质量提升增添新动能<sup>[15]</sup>。

## 1.3 无损检测行业标准

航空领域使用的无损检测标准有国外ASTM系列,国内GJB系列,HB系列,还有国内外客户规范等等,组织在承接服务和产品任务时,应按照相应的检测标准执行。

总之,基础通用的质量管理体系是每个组织必须通过的,建立提供稳定产品的各项要素控制要求;无损检测各行业标准是组织执行无损检测要求的专业要求,只执行的必要条件;无损专业资质认证管理体系则是可选择项,可规范提升管理和专业水平。

这些体系适用的范围不同,但提高检测水平的最终目的是一致的,它们在航空领域中发挥着重要的作用。本文将针对目前多个企业都在运行的NADCAP、ALAC、ASP无损检测认证体系做进一步的详述。

## 2 无损检测NADCAP、ALAC、ASP体系的区别

NADCAP、ALAC、ASP都为第三方认证机构,但它们存在一定的差异。

### 2.1 服务对象不同

NADCAP体系适用于国际运作的航空航天特殊产品和工艺的认证;ALAC体系适用于中国航空工业内各厂所检测机构及其供应商的资质审核;ASP体系适用于中国航空领域的航空工业、中国航发、中国商飞及它们的供应商。

## 2.2 专业领域认定范围不同

不同体系认定的专业领域如有表3所示。

表3 不同体系认定的专业领域

Table 3 Professional fields recognized by different systems

体系	认定的专业领域
NADCAP	无损检测、化学处理、涂层、热处理、焊接、材料测试、喷丸强化、非常规加工、复材制造、非金属材料加工、非金属材料测试、锻造、铸造
ALAC	无损检测、金属材料、非金属材料、复合材料
ASP	无损检测、化学处理、涂层、常规加工、弹性密封件、电子器件、流体分配系统、热处理、焊接、材料测试实验室、测量与检验、非常规加工和表面增强、复材制造、非金属材料制造、非金属材料测试、密封剂

表4 NADCAP、ALAC、ASP的审核单

Table 4 Audit list of NADCAP, ALAC and ASP

体系	无损检测专业审核单
NADCAP	AC7114 NADCAP无损检测审核总则
	AC7114-1 渗透检测审核单
	AC7114-2 磁粉检测审核单
	AC7114-3 超声检测审核单
	AC7114-4 射线检测审核单
	AC7114-5 涡流检测审核单
	AC7114-6 使用探测器DDA的数字射线审核单
	AC7114-8 利用光敏发光(PSL)进行计算机放射照相(CR)的数字射线审核单
	AC7114-9 射线照相底片&数字图像远程评估审核单 AC7114-10利用探测器DDA的DR&利用光敏发光(PSL)计算机放射照相(CR)的数字射线审核单
	AC7114-11 针对 NANDTB组织的审核单
	AC7114-12 无损检测外部机构的审核单 <sup>[16]</sup>
	ALAC
ALAC-02-NDT01 航空工业材料试验和检测机构资质认定现场审核单 无损检测 第1部分:通用要求	
ALAC-02-NDT02 航空工业材料试验和检测机构资质认定现场审核单 无损检测 第2部分:磁粉检测	
ALAC-02-NDT03 航空工业材料试验和检测机构资质认定现场审核单 无损检测 第3部分:超声检测	
ALAC-02-NDT04 航空工业材料试验和检测机构资质认定现场审核单 无损检测 第4部分:射线检测	
ALAC-02-NDT05 航空工业材料试验和检测机构资质认定现场审核单 无损检测 第5部分:渗透检测	
ASP	ALAC-02-NDT6 航空工业材料试验和检测机构资质认定现场审核单 无损检测 第6部分:涡流检测
	ASP-AC05 无损检测审核准则总则
	ASP-AC05-01 渗透检测审核准则
	ASP-AC05-02 磁粉检测审核准则
	ASP-AC05-03 超声检测审核准则
ASP-AC05-04 射线检测审核准则	
ASP-AC05-05 涡流检测审核准则	

ALAC和ASP的无损检测专业审核准则基于NADCAP审核单,但结构和部分技术内容根据国人思维和执行的HB或GJB标准等进行了调整和改动。ALAC体系比ASP体系多一本通用总则QAVIC BR 1445,贯彻试验室运行的模式,ASP贯

## 2.3 审核准则内容不同

NADCAP运行的无损检测总则AC7114和系列无损专业子审核准则共10份,每个审核单会有补充客户特殊要求的子审核单。

ALAC运行的通用总则QAVIC BR 1445和无损专业子审核准则ALAC-02-NDT01至ALAC-02-NDT6共7份。

ASP运行的无损检测总则ASP-AC05和系列专业审核准则ASP-AC05-01至ASP-AC05-05共6份;具体审核单编号和涉及的方法如表4所示。

彻特殊过程控制的模式。

## 2.4 运营机构不同

NADCAP由国际PRI(Performance Review Institute)组织运营;ALAC由中国航空工业集团设

置在中国航空制造技术研究院的材料性能检测评价中心运营;ASP由航空工业集团设置在中国航空综合技术研究所的航空领域特殊过程评价中心运营。

### 2.5 运行状态不同

NADCAP:国内企业只有承接了国际合作项目,如波音、空客,中国商飞等才需进行NADCAP认证,NADCAP项目在中国启动的时间为2003年,随着当前中国航空产品不断扩大转包生产的趋势,从2004年最初只有18个审核<sup>[17]</sup>公司增长至2022年官方数据显示中国通过NADCAP的企业239家,2022年从PRI网站统计的通过无损检测专业NADCAP认证的公司数据如表5所示。

表5 全球通过无损检测(NDT)专业NADCAP认证的公司数据统计总表

Table 5 A summary of the global data of NADCAP certified companies specializing in Non-destructive testing (NDT)

国家	数据	国家	数据	国家	数据
中国	156	英国	201	匈牙利	3
日本	72	法国	139	爱尔兰	3
印度	52	意大利	78	挪威	2
韩国	30	西班牙	65	卢森堡	0
中国台湾	22	德国	40	斯洛伐克	2
新加坡	16	波兰	31	乌克兰	1
马来西亚	13	以色列	21	芬兰	2
泰国	7	比利时	15	丹麦	1
澳大利亚	5	罗马尼亚	12	格鲁吉亚	1
印度尼西亚	4	荷兰	9	希腊	1
越南	3	捷克	9	塞尔维亚	1
菲律宾	1	奥地利	10	土耳其	20
哈萨克斯坦	0	俄罗斯	7	阿联酋	2
巴基斯坦	1	葡萄牙	4	摩洛哥	4
美国	765	瑞典	3	南非	1
加拿大	48	巴西	10	突尼斯	5

从表3可以看出:中国位居第3位,说明中国对无损检测的重视程度显著提高。通过NADCAP资质的主要为央企和地方国企,主要分布区域如图1所示,可以看出:具有NADCAP认证资质公司总数在我国基本上呈现均匀分布态势,东部经济核心地带(华北、华东、华南)与其余地区整体数量比例约为1:1;但华东、华南是民企数量多于国企的唯一地域<sup>[18]</sup>。对比全球4200多家企业通

过NADCAP<sup>[19]</sup>,还有很大的发展空间。中国现在已成为NADCAP在亚太地区审核量最多的国家;2012年中国商飞公司正式成为NADCAP的成员单位,想成为商飞供应商需先通过NADCAP和AS9100认证,这推动了NADCAP认证在中国的发展。

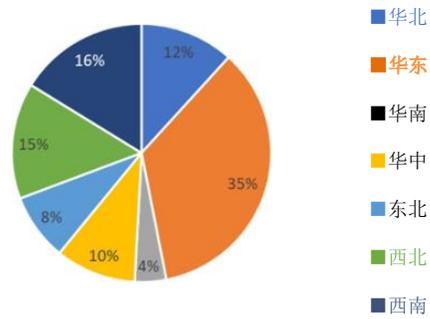


图1 我国NADCAP认证企业地域分布  
Fig. 1 Geographical distribution of NADCAP certified enterprises in China

ALAC:针对中国航空工业内各厂所检测机构及其供应商。通过航空工业材料试验和检测机构资质认定中心的数据显示从2022年开始进行试运行了9家,2023年认证了30家企业,2024年申报企业达到40多家。

ASP:适用于中国航空领域的航空工业、中国航发和中国商飞的供应商,说明它即适用承接军品项目的企业,也适用于承接中国商发和商飞产品的企业。通过特殊过程评价中心的数据显示从2021年开始运行,目前已经通过认证的企业约100多家企业。

### 3 无损检测NADCAP、ALAC、ASP体系的控制要点

依据ISO 9000质量体系的20多项要求,这些要素都取于人的因素,机器的因素,材料的因素,方法的因素,环境的因素,无损检测的质量控制与监督也应着手从这五个方面的因素去解决与提高<sup>[20]</sup>。下面将在这五个方面的基础上,结合NADCAP、ALAC、ASP系列审核准则的要求,从以下方面阐述航空领域无损检测质量控制的关键要素。

### 3.1 人员资质与培训

从事无损检测的人员必须进行专业的培训和资质认证,对于不同的无损检测技术,还需要针对性的培训,并取得相应的认证证书。航空领域无损检测人员每5年进行一次复证。同时,建立人员档案和考核机制,对操作人员的技能水平进行动态管理。

### 3.2 设备校准与维护

无损检测设备需要定期进行校准和维护,确保其处于良好的工作状态。对所使用的设备和仪器制定规程,规定校验的周期,精度,使用范围,校验点数,校验标准等要求,并把校验要求传递给校验机构,请托方在证书回来后,需根据校验结果确认是否合格,合格后方可继续使用。在使用过程中还需依据文件对设备进行定期检查、保养、维修和更换等。

### 3.3 材料

对材料进行严格的质量控制,包括材料的采购、存储、加工和使用等环节。使用中的材料定期进行校验,确保在有效期内。

### 3.4 工艺文件

制定详细的工艺规范和操作指导书,明确各道工序的操作要求、质量控制点、检验方法等,以确保操作人员能够根据航空产品的特性和要求,选择合适的无损检测技术,如超声检测、射线检测、涡流检测等。同时,需要制定科学的检测程序和规范,确保检测结果的准确性和可靠性。

### 3.5 质量保证与质量控制

建立完善的质量控制要求,确保无损检测的各个环节都符合相关标准和规定。这包括对检测设备的校准、对检测结果的审核和批准、对检测数据的记录和分析等。建立完善的质量检验和监控体系,对特殊过程的输出结果进行严格的检查和测试。

### 3.6 环境安全与环保

无损检测需要在一定的环境条件下进行,如

温度、湿度、清洁度等。这些环境条件可能会对检测结果产生影响,因此需要对其进行有效的控制。在无损检测过程中,需要注意安全和环保问题。例如,使用无损检测设备时,需要采取相应的安全措施,防止设备故障或操作失误导致的安全事故。同时,也需要关注环保问题,减少对环境的污染和破坏。

### 3.7 操作符合性

三个体系都需要审核员现场审查操作者的操作是否符合文件规定,NADCAP至少现场操作3个零件,ASP和ALAC会根据被审核方申请的标准和能力由审核员决定现场操作几个零件,更为灵活。

### 3.8 持续改进与优化

有专用的程序文件规定不符合项管理流程,通过发现特殊过程中存在的问题和不足,并采取相应的改进措施进行优化。审核时发现的问题整改,管理层的重视是基础,应注重人员的培训,要寻找问题发生的原因,分析纠正措施的实施效果,熟悉质量管理的人都会想到“PDCA”循环管理方法<sup>[21]</sup>,它是指策划(Plan)、实施(Do)、检查(Check)和处置(Action)四个过程。“PDCA”的这四个阶段是持续循环的运行,以实现持续改进<sup>[22]</sup>。

通过以上关键要素的有效控制和管理,可以确保航空无损检测特殊过程控制的顺利进行,提高检测结果的检出率和置信度,确保了航空器的安全性和可靠性从而保障航空产品的质量和安全性。

## 4 无损检测 NADCAP、ALAC、ASP 体系的应用经验

作为被审核方、审核员和评审员等多重身份,在实际运行中有些体会。体系的运行把握三个方面:存在性、充分性、符合性<sup>[23]</sup>。存在性即在你的文件体系中有没有规定;充分性即你规定的内容全不全;符合性即现场管理和操作是否符合文件规定。初次申请的公司多为存在性问题,多次被审核的公司多为充分性问题,在实际操作和每次审核中穿插出现

符合性问题,缺乏培训贯彻和管理问题。

NADCAP 和 ASP 偏于技术细节和过程的控制,而 ALAC 偏于试验室运行体系,针对不同阶段出现的典型问题举例说明如表 6 所示。

表 6 不同认证阶段的典型问题  
Table 6 Typical problems at different authentication stages

不同阶段	问题类型	典型问题举例	根本原因	解决措施
首次认证	存在性	ASP-AC05/2B 审核单的 3.3.2.4 条磁粉探伤机是否至少每半年进行稳定性/重复性检查,以确定最小输出电流 问题:磁粉检测程序和其他程序中未规定磁粉探伤机的稳定性和重复性检查要求。	1、程序文件中未规定 2、内审进行不到位	1、更改程序文件 2、培训操作人员 3、针对内审细化要求 4、依据不符合项管理程序,验证措施有效性 5、制定补充审核计划
认证初期	充分性、符合性	NADCAP 的审核单 AC7114/1 <sup>[24]</sup> 的 7.1A 渗透检测符合性工件检查。 问题:在工件检查中,被审核方保持乳化接触时间为 90s,在乳化停留时间结束后检测者用流动水清洗了零件来停止乳化但不充分,然后检测者开始逐个清理零件。审核员观察最后清洗的零件超过了乳化剂最大停留时间(3分 30 秒),并注意到在零件最终清洗前零件表面有粉色乳化剂痕迹。	文件对如何停止乳化的操作规定不细致,操作性不强	1、更改程序文件/工艺卡 2、培训操作人员 3、制定监督考核表格,并定期进行监督。 4、依据不符合项管理程序,验证措施有效性 5、制定补充审核计划
认证多次	符合性	NADCAP 的审核单 AC7114/4 <sup>[25]</sup> 的 7.1.2A 射线检测符合性工件检查。 问题:射线检测符合性工件审核中,在观察和评定底片期间,射线检测者进入观察区域后没有进行充分的暗室适应,在解释底片前也没有进行再适应。不符合内部程序的要求	文件已经详细规定适应要求,由于培训不到位,所以导致操作者疏忽未暗室适应。	1、培训操作人员 2、制定监督考核表格,并定期进行监督。 3、依据不符合项管理程序,验证措施有效性 4、制定补充审核计划

针对所有无损检测质量控制体系的运行有几点建议和总结:① 前期准备:所有条款的要求全部落实在各类程序文件和书面规定上,解决存在性。② 实际运行中验证充分性:体系类文件和检测现场操作类文件在运行中查看规定是否具有可操作性,是否符合实际情况,不全面的方面对文件进行更改。③ 符合性问题:最佳方案是培训和贯彻,需把文件的规定针对相关人员进行培训,让其知晓,并在后续的核查是否按照文件规定执行。④ 在解决了存在性,充分性和符合性之后,需要按部就班的执行和维护。

## 5 无损检测质量控制体系的发展与挑战

### 5.1 发展趋势

国内通过 NADCAP 资质拥有量前五的认证资质为无损检测 NDT(109 家)、热处理 HT(78 家)、化学处理 CP(63 家)、材料实验室 MTL(52 家)、焊接 WLD(21 家);从以上数据可看出无损检测的重视程度。由于无损检测新技术的运用和创新的方法,以及对现有体系的改进和提升。航空

无损检测质量控制体系的未来发展方向主要集中在以下几个方面:

**智能化控制:**随着人工智能和机器学习技术的发展,航空无损检测过程控制将逐步实现智能化。通过智能化的控制算法和自适应控制技术,能够自动识别和调整制造过程中的各种参数,提高控制精度和产品质量。

**信息化管理:**信息技术在航空无损检测过程控制中将继续发挥重要作用。随着飞机数字化集成协同研制的快速发展<sup>[26]</sup>,通过建立全面的生产信息化管理系统,实现生产数据的实时采集、分析和处理,为决策提供有力支持,提高生产效率和产品质量。

**精细化控制:**随着航空产品性能要求的不断提高,无损检测过程控制需要更加精细化。这涉及到对制造过程中各种影响因素的精确控制,以及高精度测量和检测技术的发展。

**绿色制造:**随着环保意识的提高,航空无损检测过程控制将更加注重绿色制造。这涉及到采用环保材料、节能技术和清洁生产方式,降低制造过程中的环境污染,实现可持续发展。

安全性强化:航空制造过程中的安全性问题将得到进一步重视。通过强化无损检测质量控制的安全管理,提高产品的安全性和可靠性,保障乘客和机组人员的生命安全。

这些发展方向需要相关领域的科研人员和企业进行深入研究和探索。通过不断改进和创新,推动航空无损检测质量控制体系的进一步发展和完善,为航空工业的可持续发展做出贡献。

## 5.2 挑 战

尽管无损检测质量控制体系在航空领域的应用取得了显著成果,但仍面临诸多挑战。首先,技术的不断更新换代要求无损检测技术持续创新和完善,无损检测技术已经从传统的目视检测、超声检测、射线检测等方法,向更加智能化、自动化的方向发展<sup>[27]</sup>。其次,随着航空器的复杂性和精密度的提高,对无损检测技术的要求也越来越高,需要不断提高检测的精度和深度<sup>[28]</sup>。再次部分企业对特殊过程的重视程度不够,缺乏有效的管理和控制手段;部分操作人员的技能水平和质量意识有待提高;部分设备和工具的老化、磨损等问题影响了过程的稳定性和可靠性等。所以需要不断建立和完善无损检测质量控制体系,从而提高检测结果的可靠性和准确性,提高我国航空制造的整体水平。

## 6 结 论

1) NADCAP: 涉及 27 家公司检测项目的供应商需考虑申请 NADCAP 认证,这些公司有包括 Honeywell、Rolls Royce、Airbus Commercial Aircraft、The Boeing Company、COMAC (中国商飞)等。

2) 中国航空工业内各厂所及其供应商,具有试验室能力的需考虑申请 ALAC 资质认定。

3) 中国航空领域的航空工业、中国航发和中国商飞及其供应商,需考虑申请 ASP 认证。

根据不同的情况选择不同的无损检测质量控制体系,通过运行这些体系,能够提高产品质量和安全性,降低生产成本。在运行中不断改进,运用 PDCA 循环过程对整个无损检测体系不断完善,保障了材料和构件的质量。

## 参 考 文 献

- [1] 王自明. 无损检测综合知识[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.  
WANG Ziming. Comprehensive knowledge of nondestructive testing [M]. Beijing: China Machine Press, 2005. (in Chinese)
- [2] 徐桂荣, 刘甜甜, 关雪松, 等. 航空产品磁粉检测与渗透检测分析[J]. 兵器材料科学与工程, 2021, 44(6): 123-127.  
XU Guirong, LIU Tiantian, GUAN Xuesong, et al. Analysis of magnetic particle testing and penetrant testing for aviation products [J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2021, 44(6): 123-127. (in Chinese)
- [3] International Organization for Standardization. Quality management systems-Requirements: ISO 9001 [S]. Switzerland: ISO, 2015
- [4] 国家质量技术监督局. 质量管理体系要求: GB/T 19001—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.  
Standardization administration of the People's Republic of China. Quality management systems-Requirements: GB/T 19001 [S]. Beijing: Standardization administration of the People's Republic of China, 2016. (in Chinese)
- [5] 高宏伟, 周鹏, 王建铭. GB/T 19001质量管理体系助力全国专业标准化技术委员会管理提升[J]. 机械工业标准化与质量, 2023(5): 7-11.  
GAO Hongwei, ZHOU Peng, WANG Jianming. GB/T 19001 the quality management system assists the national professional standardization technical committee in improving management [J]. Machinery Industry Standardization & Quality, 2023(5): 7-11. (in Chinese)
- [6] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 质量管理体系要求: GB/T 9001—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
Central Military Commission Equipment Development Department. Quality Management System-Requirements: GJB 9001—2016[S]. Beijing: Central Military Commission Equipment Development Department, 2016. (in Chinese)
- [7] Society of Automotive Engineers. Aerospace Standard: Quality management systems-Requirements for Aviation, Space and Defense Organizations: AS 9100 [S]. USA : SAE, 2016
- [8] 颜娟娟. GJB9001C 和 AS9100D 质量管理体系建设与实践研究[J]. 军民两用技术与产品, 2021(2): 48-51.  
YAN Juanjuan. Research on the construction and practice of GJB9001C and AS9100D quality management system [J]. Dual Use Technologies & Products, 2021(2): 48-51. (in Chinese)
- [9] 苏毅, 任淑红, 文振华, 等. 质量管理与可靠性课程教学改革思考[J]. 教育教学论坛, 2020(37): 170-171.  
SU Yi, REN Shuhong, WEN Zhenhua, et al. Consideration on teaching reform of quality management and reliability [J]. Education Teaching Forum, 2020(37): 170-171. (in Chinese)
- [10] 李文龙. 关于实验室资质认定(CMA/CAL)未来的思考[J]. 中国检验检测, 2018(1): 3-8  
LI Wenlong. Thinking about the future of Laboratory Ac-

- creditation (CMA/CAL) [J]. China Inspection and Testing, 2018(1): 3-8. (in Chinese)
- [11] 晏南军. CNAS 认可对检测实验室的重要性[J]. 化工管理, 2013(8): 178.  
YAN Nanjun. The importance of CNAS accreditation for laboratories [J]. Chemical Enterprise Management, 2013 (8): 178. (in Chinese)
- [12] 王芙蓉. NADCAP 特种工艺认证不符合项根源纠正措施 [J]. 航空标准化与质量, 2019(1): 22-25, 21.  
WANG Furong. Corrective measures for root causes of non-conformance items in NADCAP Special process certification [J]. Aeronautics Standardization & Quality, 2019 (1): 22-25, 21. (in Chinese)
- [13] 李慧, 刘智涛. 高温拉伸试验进行 NADCAP 认证时应注意的技术要点[J]. 理化检验(物理分册), 2014, 50(10): 752-754.  
LI Hui, LIU Zhitao. Technical points that should be paid attention to during NADCAP certification in high temperature tensile test [J]. Physical Testing and Chemical Analysis Part A: Physical Testing, 2014, 50(10): 752-754. (in Chinese)
- [14] 航空材料与制造服务平台. 航空工业材料试验和检测机构资质认定工作 [EB/OL]. (2022-03-24) [2024-05-12]. <http://amc.avicmti.com>.  
Aeronautical Materials and Manufacturing Service Platform. Qualification of aeronautical material testing and testing institutions [EB/OL]. (2022-03-24) [2024-05-12]. <http://amc.avicmti.com>. (in Chinese)
- [15] 中国航空报. 航空领域特殊过程评价中心揭牌成立 [EB/OL]. (2021-09-28) [2024-05-12]. <https://ep.cannews.com.cn/>.  
China Aviation News. Aviation special process review center set up [EB/OL], (2021-09-28) [2024-05-12]. <https://ep.cannews.com.cn/>. (in Chinese)
- [16] 道客巴巴. NADCAP 认证项目范围 [EB/OL]. (2019-10-02) [2024-05-12]. <http://www.doc88.com>.  
Doko Baba. NADCAP certified project scope [EB/OL]. (2019-10-02) [2024-05-12]. <http://www.doc88.com>. (in Chinese)
- [17] 刘乐. NADCAP 航空特种工艺认证项目分析及建议 [J]. 航空标准化与质量, 2021(2): 29-31.  
LIU Le. Analysis and suggestions for NADCAP aviation special process certification project [J]. Aeronautics Standardization & Quality, 2021(2): 29-31. (in Chinese)
- [18] 王超. 从 NADCAP 数据看国际航空产业链分布及对比 [EB/OL]. (2022-04-03) [2024-05-12]. <https://www.doc88.com/p-29816344832374.html>.  
WANG Chao. International aviation industry chain distribution and comparison from NADCAP Data [EB/OL]. (2022-04-03) [2024-05-12]. <https://www.doc88.com/p-29816344832374.html>. (in Chinese)
- [19] 裴雄, 何恒. 探索 NADCAP 审核项目化管理提升特种工艺管理水平 [C]// 第五届中国质量学术与创新论坛. 深圳: 中国质量协会, 2012: 488-496.  
PEI Xiong, HE Heng. Explored NADCAP audit management by project, advanced our management level of special processes [C]// The 5th China Quality Academic and Innovation Forum. Shenzhen: QCF, 2012: 488-496. (in Chinese)
- [20] 张小建. 浅谈特殊过程确认与控制 [J]. 科技风, 2022 (34): 133-135  
ZHANG Xiaojian. Discussion on special process confirmation and control [J]. Science and Technology Style, 2022 (34): 133-135. (in Chinese)
- [21] 张春秀. PDCA 循环管理法在民机研制过程中的应用 [J]. 民用飞机设计与研究, 2009(1): 48-50.  
ZHANG Chunxiu. Application of PDCA cycle management in the development of civil aircraft [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2009(1): 48-50. (in Chinese)
- [22] 百度文库. 管理工具 ppt [EB/OL]. (2022-05-09) [2024-05-12]. <http://wenku.baidu.com>.  
Baidu Wenku. Management tool ppt [EB/OL]. (2022-05-09) [2024-05-12]. <http://wenku.baidu.com>. (in Chinese)
- [23] Performance Review Institute. NADCAP audit criteria for nondestructive testing facility: AC7114 [S]. US: American Society of Automotive Engineers, 2024.
- [24] Performance Review Institute. NADCAP audit criteria for nondestructive testing facility penetrantsurvey: AC7114/1 [S]. US: American Society of Automotive Engineers, 2022.
- [25] Performance Review Institute. NADCAP audit criteria for nondestructive testing facility film radiography survey: AC7114/4 [S]. US: American Society of Automotive Engineers, 2021.
- [26] 何静, 耿延升, 何永为, 等. 民用飞机协同研制模式下的适航管理体系建设研究 [J]. 航空工程进展, 2018, 9(2): 288-296.  
HE Jing, GENG Yansheng, HE Yongwei, et al. Research on the construction of airworthiness management system under the cooperative development mode of civil aircraft [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2018, 9 (2): 288-296. (in Chinese)
- [27] 臧云飞, 张海兵, 朱龙翔, 等. 原位静态无损检测技术在航空装备中的应用 [J]. 无损探伤, 2024, 48(4): 1-5.  
ZANG Yunfei, ZHANG Haibing, ZHU Longxiang, et al. Application of in-situ static non-destructive testing technology in aviation equipment [J]. Nondestructive Testing Technology, 2024, 48(4): 1-5. (in Chinese)
- [28] 黄松岭, 彭丽莎, 孙洪宇, 等. 航空发动机叶片缺陷无损检测与在线监测技术综述 [J]. 测控技术, 2023, 42(5): 1-11.  
HUANG Songling, PENG Lisha, SUN Hongyu, et al. Review of nondestructive testing and online monitoring technology for aero-engine blade defects [J]. Measurement & Control Technology, 2023, 42(5): 1-11. (in Chinese)

(编辑:丛艳娟)