

我国气象部门观测领域ISO9001 质量管理体系建设实践

■ 张建磊 田浩 李雁 姬翔 温壮凤 李颖冲 张鹏 徐梦维 于永涛 张龙斌 朱琳玲 吴猛

为做好气象观测质量管理体系持续运行,促进体系效益发挥,中国气象局自2019年起每年委托第三方单位对各单位体系运行情况进行考核评价,促进体系规范有效运行。考核评价内容主要包括组织管理、体系文件管理、内审员管理、培训管理、体系宣贯、监督与改进、体系运行效益等。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2022.05.014

气象观测在气象业务中处于基础性和先导性地位。我国成规模的气象观测业务始于20世纪五十年代,经过几十年发展,气象观测业务无论从观测制度构建、职责分工以及业务流程运转等方面均形成了自己特有的运行模式,这些工作持续性支撑气象(气候)预报(预测)和服务工作有序开展。近年来,国家对气象工作提出了高质量发展要求^{①②},面对高标准、高要求,气象观测工作从观测站网规划布局、观测设备研发选型、观测业务运行保障、观测质量控制和产品研发、观测业务信息化平台建设更新以及相应观测标准制度规范等全流程角度还存在一系列问题^③,如:站网布局缺乏数值预报引领、缺少定量的科学目标 and 设计评估方法;部分重大气象观测装备关键元器件仍依靠进口、部分观测要素的精度与世界气象组织(WMO)的要求仍存在差距;业务职责存在交叉,分工不明确,重考核、轻监管等;业务流程存在断点;制度不健全或执行不到位,修订不及时等;新型观测设备的观测方法不完善;缺乏统筹规划,重建设、轻维护,保障机制不健全;数据质控效果缺乏科学评价,观测预报服务互动机制不明确,业务执行者、管理部门、用户、设备厂家之间质量改进机制未建立等。这些系列问题制约气象观测业务高质量发展。我国气象部门为国家事业单位,实行职能式管理模式,这在一定

程度上决定了气象部门已有的观测业务相关制度、规范和标准以职能管理为主而非流程导向管理。

国际标准化组织(ISO)向全世界推荐了一套实用的质量管理体系方法模式,即9000族标准,其中的核心标准是ISO9001和ISO9000,分别对应着质量管理体系的“要求”、“基础和术语”^{④⑤}。ISO9001质量管理体系标准把组织管理的所有活动归结为职责管理、资源管理、产品实现和测量、分析和改进等4个主要的过程,通过策划(Plan, 简写: P)、实施(Do, 简写: D)、检查(Check, 简写: C)和改进(Act, 简写: A)的PDCA方法管理这些过程,其所采用的“过程方法”、“以顾客为关注焦点”、“领导作用”、“循证决策”等七项质量管理原则,是在总结国际上百年质量管理实践和经验基础上形成,充分体现了现代管理的基本原理和思想。ISO9001质量管理体系具有广泛的通用性和指导性,已经在发达国家的政府改革中得到广泛应用。世界气象组织(WMO)自20世纪90年代起就开始质量管理体系建设的讨论和尝试,2011年起,WMO制定了一系列关于质量管理体系方面的技术规程,发布了WMO质量管理体系框架(QMF),并于2013年正式发布了《国家气象和水文部门实施质量管理体系指南》,2017年对其进行了升级,指导各成员国开展质量管理体系建设工作。截至2015年,WMO

收稿日期: 2022年7月14日; 修回日期: 2022年9月5日

第一作者: 张建磊(1981—), Email: zhangjianlei@cma.cn

通信作者: 李雁(1980—), Email: liy04@126.com

资助信息: 中国气象局气象软科学项目(2021ZZXM25)

① 《中共中央国务院关于开展质量提升行动的指导意见》, 2017。

② 《国务院关于加强质量认证体系建设促进全面质量管理的意见》(国发〔2018〕3号)。

③ 《中国气象局气象观测质量管理体系(QMS-O-CMA)总体框架》(气发〔2019〕10号)。

④ 中华人民共和国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 基础和术语. GB/T 19000—2016/ISO 9000: 2015, 2016。

⑤ 中华人民共和国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 19001—2016/ISO 9001: 2015, 2016。

的192个成员国中有117个国家实施了质量管理体系建设工作,实施比例为61%,其中欧洲成员国实施率最高,为94%。因此,建设质量管理体系,与发达国家和WMO的要求保持一致,加强国际间的数据和产品交换与共享,是促进气象服务“一带一路”、增强国际话语权的有效支撑手段。

为贯彻落实党中央国务院关于建设质量强国的决策部署,进一步提高观测质量管理水平,自2017年起,中国气象局按照ISO和WMO质量管理框架(QMF)要求,在气象观测领域率先开展质量管理体系建设^{①②}。通过导入国际先进的标准化管理模式,从战略高度对气象观测领域管理体系进行全面梳理优化,改善管理体系整体的有效性;优化或重点改善管理体系薄弱环节,促进业务流程管理的合理化、规范化;导入内部监督评审机制,推进管理体系自我改善机制的有效运行,按照“策划、实施、检查、改进”(PDCA)的管理模式要求形成业务闭环,增强持续优化改进能力;通过标准化管理,使得气象观测数据从获取到应用全过程可追溯,便于查找和解决造成质量问题的原因,同时,通过用户反馈机制,滚动修订并完善数据需求指标,保障数据质量和可用性。经过试点、推广到全面建设三个阶段,2020年12月,全国气象部门国、省、市、县四级观测领域的质量管理体系全面建成,并取得了ISO9001认证证书^{③④},我国气象观测质量管理实现与国际接轨。

本文从气象观测质量管理体系的建设、运行和效益三个方面介绍我国气象部门ISO9001质量管理体系建设实践情况,并对未来发展进行展望,期望本文为气象行业内外质量管理体系建设和实施提供参考。

1 气象观测质量管理体系的建设

1.1 设计思路

气象观测质量管理体系的设计和 implementation 遵从中国气象局总体发展战略,以其所承担的职责为依据确定总体质量方针和质量目标。从现行管理体制与业务环境出发,以用户及相关方需求和期望作为质量管理出发点和落脚点,采用过程方法,对气象观测领域的各过程,以及过程之间的关联性和相互作用进行系统的分析,梳理规范各级各类气象观测业务,建立相应的支撑保障条件和配套的标准、规范及管理制度,将

PDCA循环和应对风险/机遇的措施应用于气象观测领域的所有过程以及整个质量管理体系,通过体系运行及不断互动反馈,检查改进质量管理体系,最终提供满足用户需求的产品和服务,从而,形成中国气象观测质量管理体系(QMS-O-CMA)设计思路。具体设计框架如图1所示。

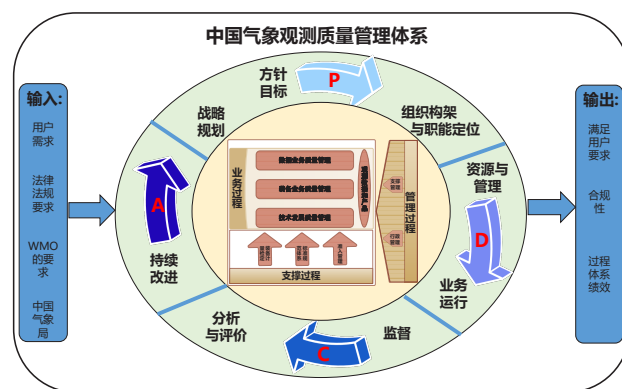


图1 中国气象局气象观测质量管理体系(QMS-O-CMA)设计框架

1.2 总体架构

WMO《国家气象和水文部门实施质量管理体系指南》和QMF是WMO各会员引入质量管理体系的参考性文件。WMO各会员在此框架下,进行了各自不同气象领域质量管理体系的本地化建设工作。WMO-QMF的核心是将其建设范围内的工作基于过程方法分为产品过程、支持过程和管理过程三大过程,各个过程相互作用,呈现矩阵分布,构成有机整体。

我国气象观测业务从全业务链上包括需求分析、规划设计、技术保障、装备业务和数据业务五大环节,以获得高质量观测数据和观测产品,满足预报服务需求为目标,各环节以综合气象观测标准规范作为支撑。综合气象观测业务从业务功能结构上划分为观测技术装备业务、观测数据获取业务、观测数据处理业务和观测运行保障业务四部分,其中观测技术装备业务对应于技术保障环节,观测数据获取业务和观测数据处理业务对应于数据业务,观测运行保障业务对应于装备业务,技术标准作为支撑,管理作为各项业务工作的统领^⑤。

基于过程管理原则,我国气象观测业务总体可分为由技术保障、数据业务和装备业务组成的业务过

① 中国气象局. 综合气象观测业务发展规划(2016—2020年), 2017。

② 《观测司关于成立气象观测质量管理体系工作组和技术组的通知》(气测函(2019)28号)。

③ 《中国气象局关于气象观测质量管理体系全面通过ISO 9001认证的公告》(2021年第1号)。

④ WMO. CMA observation quality management system passed ISO 9001 certification—China Meteorological Administration. <https://public.wmo.int/en/media/news-from-members/cma-observation-quality-management-system-passed-ISO-9001-certification-china>.

⑤ 《中国气象局气象观测质量管理体系(QMS-O-CMA)总体框架》(气发(2019)10号)。

程、标准规范为代表的支撑过程和业务管理过程三大过程，总体呈现“3—332”架构，即3个过程类别，3个业务过程，3个支撑过程和2个管理过程。总体架构见图2。

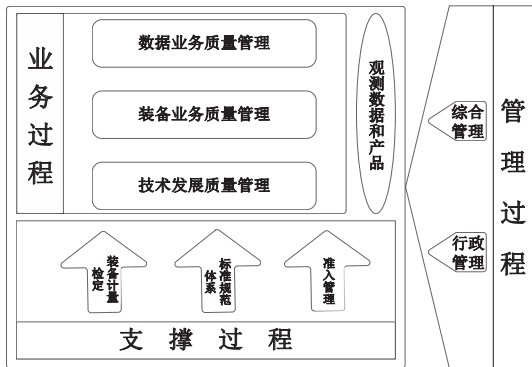


图2 气象观测质量管理体系总体架构图

业务过程的“3”和支撑过程的“3”互相作用，呈现“三横三纵”矩阵分布。

业务过程包含数据业务质量管理、装备业务质量管理和技术发展质量管理三部分。数据业务质量管理和装备业务质量管理是两大核心业务子过程。数据业务质量管理主要包含数据获取与处理、产品加工与应用两大类，两大类中又包含相关工作事项；装备业务质量管理主要包含装备准入、前期质控、运行监控、装备维护、装备定标、装备维修、装备报废和评估考核等工作事项；技术发展质量管理包含规划设计、工程建设、技术研发和观测试验等工作事项。气象观测工作产生满足要求的气象观测数据和产品，为气象预报、气候预测、防灾减灾及服务生态文明建设等工作提供可靠的基础数据支撑和有效供给。

支撑过程通常包含装备计量检定、标准规范体系和准入管理三部分。

管理过程包含综合管理和行政管理两个子过程。综合管理一般包含质量管理体系建设和运行相关的工作事项，主要包含体系文件管理、内部审核管理、管理评审管理、风险管理、用户满意度管理、绩效评价管理、监督检查与改进管理等；行政管理一般包含人力资源管理、外部供方管理、沟通管理、知识管理、公文管理和基础设施管理等。

三大过程中，业务过程是核心，支撑过程是保障，为业务过程提供必要执行依据，管理过程是根本，统领业务过程和支撑过程。各过程中具体工作事项的种类在国、省、市、县四级中存在差异。

1.3 总体建设任务

气象观测质量管理体系建设工作按照ISO9001的

要求，在WMO的QMF框架下，结合我国气象部门的实际情况，对管理和观测业务现状从多个维度进行全面评估，梳理和优化观测业务的管理体系；搭建涵盖需求分析、站网设计、装备发展、项目建设、业务运行和用户反馈在内的全流程的质量管理体系整体框架；建立完善面向装备全生命周期的管理机制，从需求出发，在装备的研发、许可、布局、建设和运行管理等业务流程中，加强质量管理和控制，确保装备可靠性；梳理和优化从数据采集到数据质量控制的核心业务流程，增强数据各环节的可追溯性，识别业务流程中关键过程控制点和风险控制点，并采取相应的预防和事前控制措施；此外，建立内部监督、审核机制，建立数据质量信息的收集、反馈渠道，在分析各类反馈信息基础上，实现动态管理，采取有效措施提升数据准确性，提高自我持续改进和优化的能力。

1.4 建设步骤和方法

气象观测质量管理体系按照PDCA循环理念建设，总体分为体系筹备、体系实施、体系检查与评价、体系保持与改进四个阶段十六个环节，其中培训工作贯穿体系建设的始终。建设步骤见图3。

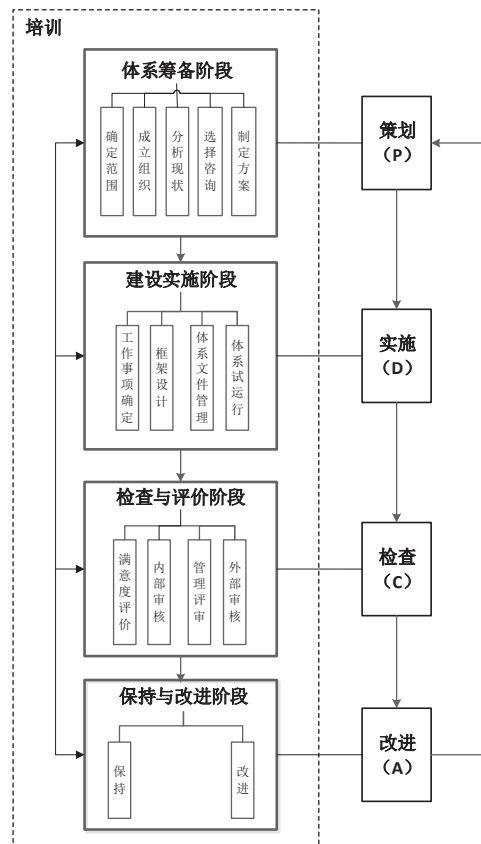


图3 气象观测质量管理体系建设步骤图

气象观测质量管理体系建设各环节先后顺序根据

各气象观测组织实际情况进行调整。

2 气象观测质量管理体系的运行

质量管理体系建设完成，体系文件正式发布实施，即由体系的建设期转入体系的运行期。为保障体系有效运行，中国气象局制定了气象观测质量管理体系业务运行规定^①，确定了国、省两级组织管理架构，明确了职责分工以及体系文件管理、内审员管理、审核管理、培训管理、信息化建设和考核评价等工作要求。

2.1 体系文件管理

气象观测质量管理体系文件实行分级管理。中国气象局综合观测司负责组织编制、审核并发布全国体系文件，相关直属单位和各省（区、市）气象局共34个单位分别依据观测司发布的体系文件，结合本级业务需求，编制、审核并发布各自体系文件，并报观测司备案。各单位根据本单位工作实际适时修订体系文件。

2.2 内审员管理

体系内审员是体系建设和运行的中坚力量，分为国家级内审员和省级内审员两级，分别由中国气象局和各省（区、市）气象局管理。2020—2022年，中国气象局分别组织了3期国家级内审员专项培训，来自全国35个单位的192名学员通过考核，获得国家级内审员资格^{②③}。截至2021年底，全国省级内审员达5000余名。

省级内审员主要职责包括按要求开展省级年度内审和不符合项改进跟踪等、体系日常运行情况监督，问题收集和反馈、参与省级体系文件修订、协助开展省级管评和外审、配合完成省级体系运行的考核评估工作等；国家级内审员除履行省级内审员职责外，还承担按要求开展年度全国内审抽审和不符合项改进跟踪、参与全国体系文件修订、配合开展全国总体管评、配合完成全国体系总体运行的考核评估等职责。

2.3 审核管理

审核是气象观测质量管理体系持续改进的重要手段之一，也是ISO9001证书保持的必备环节。质量管理体系的审核包括内审、管评和外审，每年至少各开展1次。内审分为各单位自审和国家级抽审两个阶段，抽审单位确保3年全覆盖。管评也分为省级（包括中国气象局直属事业单位）和国家级两级开展。外审包括年度监督审核、再认证审核和特殊审核，由第三方认证机构开展全国体系外审并给出审核意见。

自2019年中国气象局气象观测质量管理体系首次通过ISO9001认证审核以来，气象观测质量管理体系已经完成第一个认证周期内的两次年度监督审核，将在2022年迎来再认证审核。通过审核，各单位不断查找观测业务和管理中存在的问题，优化完善关键环节，推进体系持续改进。

2.4 培训管理

培训是体系运行的重要组成部分，包括管理者培训、内审员资格培训、内审员持续培训和全员培训。以上各类培训各单位每年至少组织一次，可单独开展或结合其他相关培训开展。

2.5 信息化建设

基于PDCA循环理念，结合我国气象观测业务信息化现状，中国气象局组织构建了全国观测质量管理体系信息系统，目前该系统已完成全国质量目标分解和绩效考核、用户满意度调查和外供方评价、全国体系内部审核等功能开发并上线运行，为全国观测质量管理体系业务化运行提供了信息化支撑，大大提高了工作效率。

2.6 考核评价

为做好气象观测质量管理体系持续运行，促进体系效益发挥，中国气象局自2019年起每年委托第三方单位对各单位体系运行情况进行考核评价，促进体系规范有效运行。考核评价内容主要包括组织管理、体系文件管理、内审员管理、培训管理、体系宣贯、监督与改进、体系运行效益等，此外，还会根据年度工作重点进行调整，以指导各单位更好地保持体系、发挥效益。

2021年，全国34个单位气象观测质量管理体系考核平均得分为84.2分，其中，得分在90分以上的有7个单位；得分在84.2分以上、89分以下的有9个单位；得分在84.2分以下、80分以上的有8个单位；得分在80分以下的有10个单位。专家组认为2021年各单位的气象观测质量管理体系整体运行良好，但也反映出各单位体系运行情况存在不平衡现象。从考核评价内容来看，组织管理、体系文件管理、监督与改进、体系运行效益评价得分率均在85%以上，内审员管理得分率为80.89%，体系宣贯得分率仅为76.47%，具体见表1。这反映出气象观测质量管理体系在组织、文件、审核管理方面规范化程度较高，体系运行效益初步显现，但是内审员培训和作用发挥方面仍然有待提升，体系

① 《综合观测司关于印发气象观测质量管理体系业务运行规定的通知》（气测函〔2019〕143号）。

② 《综合观测司关于公布气象观测质量管理体系国家级内审员名单的通知》（气测函〔2021〕78号）。

③ 《综合观测司关于公布第二批气象观测质量管理体系国家级内审员名单的通知》（气测函〔2022〕107号）。

表1 2021年全国气象观测质量管理体系考核评价得分率

考核评价内容	组织管理	体系文件管理	内审员管理	培训管理	体系宣贯	监督与改进	体系运行效益
得分率/%	87.65	88.09	80.89	81.43	76.47	86.82	85.59

宣贯工作需要进一步加强。

3 气象观测质量管理体系建设效益

气象观测质量管理体系建设和运行以来，效益得到逐步显现。主要表现在：1) 气象部门观测领域全员质量意识普遍得到增强，提升观测质量、促进观测效益发挥成为业界共同的目标。2) 管理理念转变助力观测业务质量提升。全国各级体系运行单位能够准确应用质量管理的方法开展气象观测业务，更加关注用户需求和反馈，以用户需求和满意为引领，注重过程管理和闭环管理，强化风险防范意识，初步建立观测业务风险库和防范措施，持续更新动态风险清单，2020年和2021年，全国共梳理风险点分别为2098项和2286项，分别制定应对措施2411项和2709项。部分省(区、市)气象局或是运用PDCA质量管理理念，建立月质量通报管理办法，强化对发现问题整改情况的检查，提升了业务运行质量管理；或是根据用户反馈提出闪电定位设备升级换代计划，实现对观测业务关键环节监控，提高了观测数据传输及时率；又或是针对数据采集、传输等环节制定风险防控措施，有效提升了国家级自动站等观测设备的业务可用性。3) 观测系统运行更加稳定可靠，如设备故障频次降低，故障持续时间缩短，故障修复及时率提高，用户满意度有所提升。2021年，气象部门内外部用户满意度分别为96.48%和97.69%，分别较上一年度提高3.12%和1.73%。4) 带动了其他业务系统的优化，部分省(区、市)气象局正在借鉴气象观测质量管理体系建设经验，探索将质量管理体系向人工影响天气、防雷、气象信息管理、决策气象服务、网格预报等业务环节拓展，部分单位已取得新领域的ISO9001认证证书。5) ISO 9001认证的“国际通行证”作用正逐渐发挥，国家卫星气象中心被全球空间天气中心批准成为第四个全球空间天气中心，中国气象局气象探测中心被WMO授权成为二区协WIGOS区域中心(北京)(RWC-Beijing)。6) 质量管理体系建设和运行过程中发现的系统性问题为各单位寻找改革突破口、谋划未来业务发展提供了很好的依据，为服务“十四五”国家发展战略，推动气象事业高质量发展，保障社会主义现代化国家建设，提供了有力支撑。

4 建设成效实例—质量改进业务

2018年中国气象局气象探测中心(简称:探测中心)质量管理体系通过ISO9001认证后,2021年探测中

心改进质量管理机制,构建以质量首席为质量改进责任主体、业务发现问题到研发团队解决问题、改进观测质量的创新型质量管理机制,实行质量月度例会和质量首席实时业务值班制度,实现了实时业务发现问题、质量例会确定问题、质量首席解决问题、实时业务评估效果和管理部门考核监督,五大环节中实时业务与改进之间闭环运行(图4),并实现了信息化。

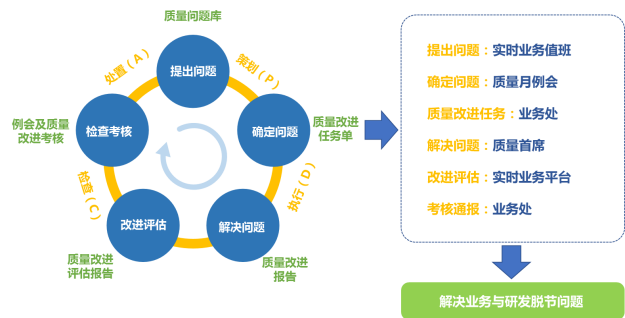


图4 质量改进闭环运行机制

基于质量改进信息系统构建了全国观测业务质量问题库,实现了质量改进工作信息化。2021年,发现新一代天气雷达观测、地面自动气象观测等八大类观测业务的设备硬件、观测算法、设备性能、软件功能、探测环境与观测业务流程制度等六方面问题共209个,其中制度规范类问题最明显,占总数的46.4%(图5),其中GNSS/MET类设备问题解决率最高,为91.4%(图6);召开质量例会7期,形成质量改进任务单27份,解决质量问题133个,解决率为63.6%;组织开展了国、省及厂家重大气象保障质量会诊,探索建立了全国气象部门观测质量会商制度,逐步实现上下、左右联动。

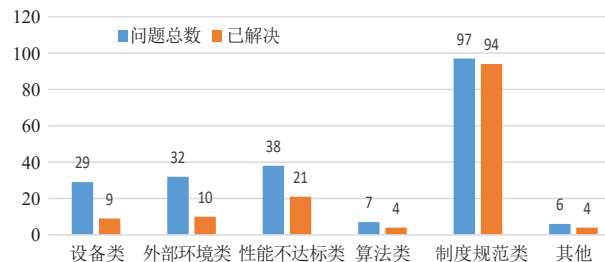


图5 各类质量问题解决情况统计

(1) 实例1: 解决了雷达同频干扰问题

2020年,福建宁德雷达同频干扰严重,图7为2020年5月8日10:54的0.5°仰角的观测图,在雷达的西北、西南方向存在大面积的径向干扰。经原算法质

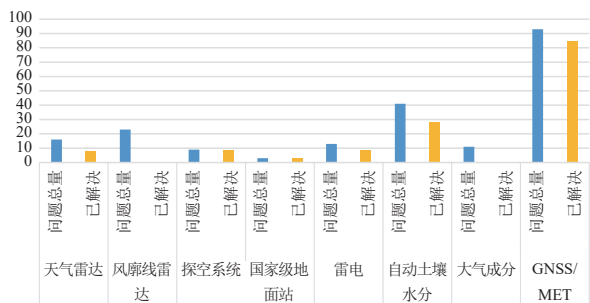


图6 各设备质量问题解决情况统计

量控制后，干扰回波基本无法消除，经改进算法质量控制后，绝大多数的干扰回波被消除。

图8为2020年4月6日17:05新疆塔斯尔海雷达0.5°仰角观测图，由于频综出现问题，在雷达150 km范围内存在大面积的地物回波，其径向速度较大，原业务质量控制算法无法对其完全消除，经改进后，地物回波基本被消除。

(2) 实例2: 解决了传感器线路故障导致的观测数据缺失问题

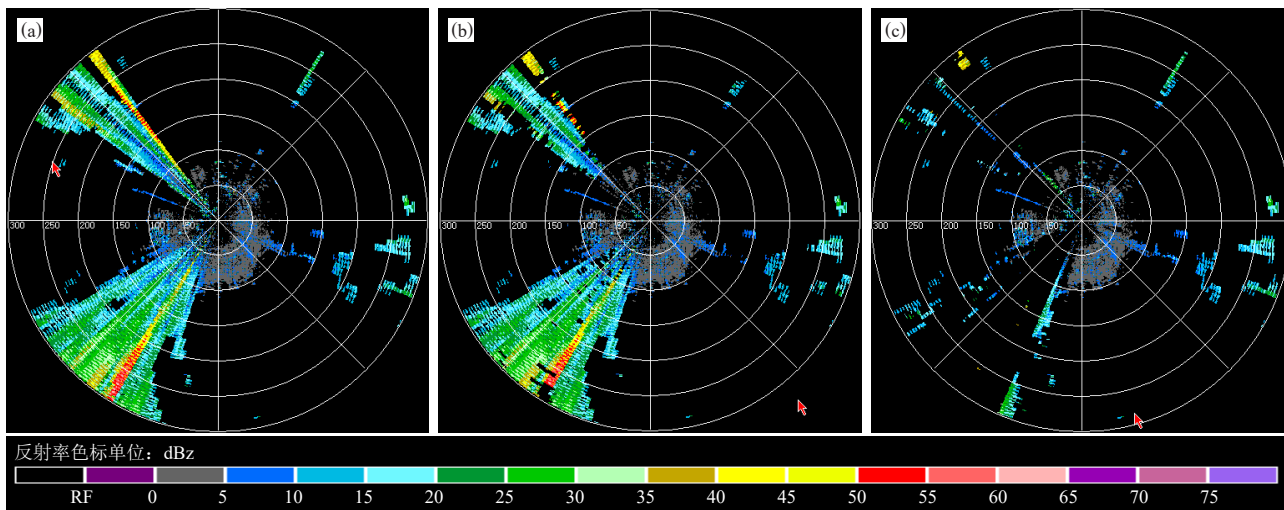


图7 2020年5月8日10: 54福建宁德SA雷达0.5°仰角观测电磁干扰回波质量控制对比
(a) 质量控制前; (b) 原算法质量控制效果; (c) 改进算法质量控制后

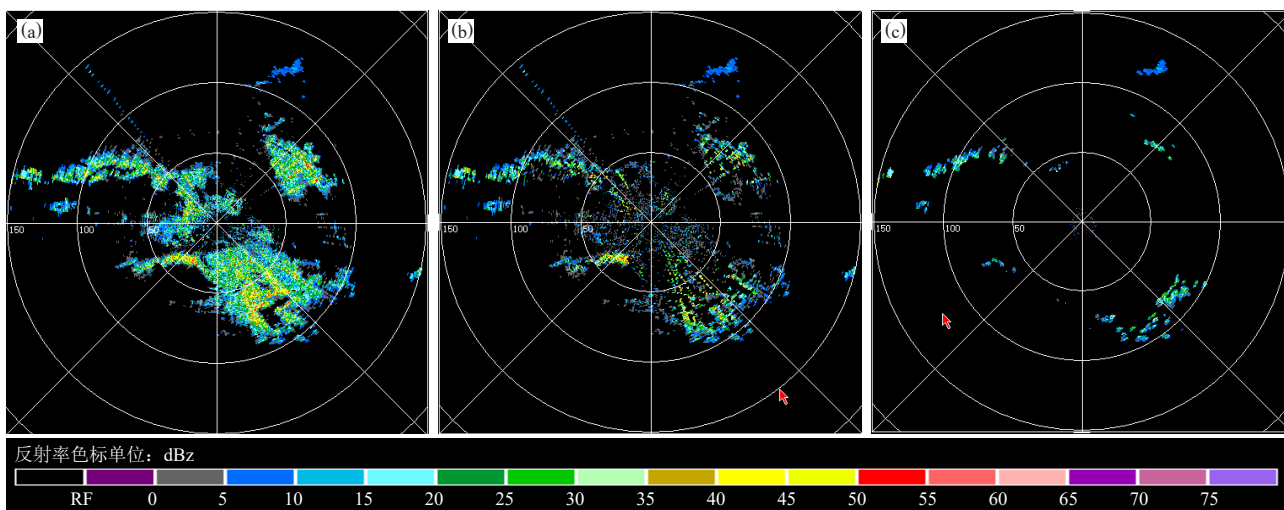


图8 2020年4月6日17: 05新疆塔斯尔海CC雷达0.5°仰角观测地物回波质量控制对比
(a) 质量控制前; (b) 原算法质量控制效果; (c) 改进算法质量控制后

2020年10月30日1时，天衍系统中发现台站能见度传感器观测数据缺测，经检查数据质量控制码后发现，质量控制编码标识为“8”，确认能见度传感器观测数据未正常上传，经联系台站确认传感器连接线路故障导致数据缺测，重新连接线路后，观测数据正常

(图9)。

5 展望

当前，具有气象特色、符合气象实际的气象观测质量管理体系已经建立，但还存在体系与业务的融合不够、体系信息化支撑不足等问题。下一步，将

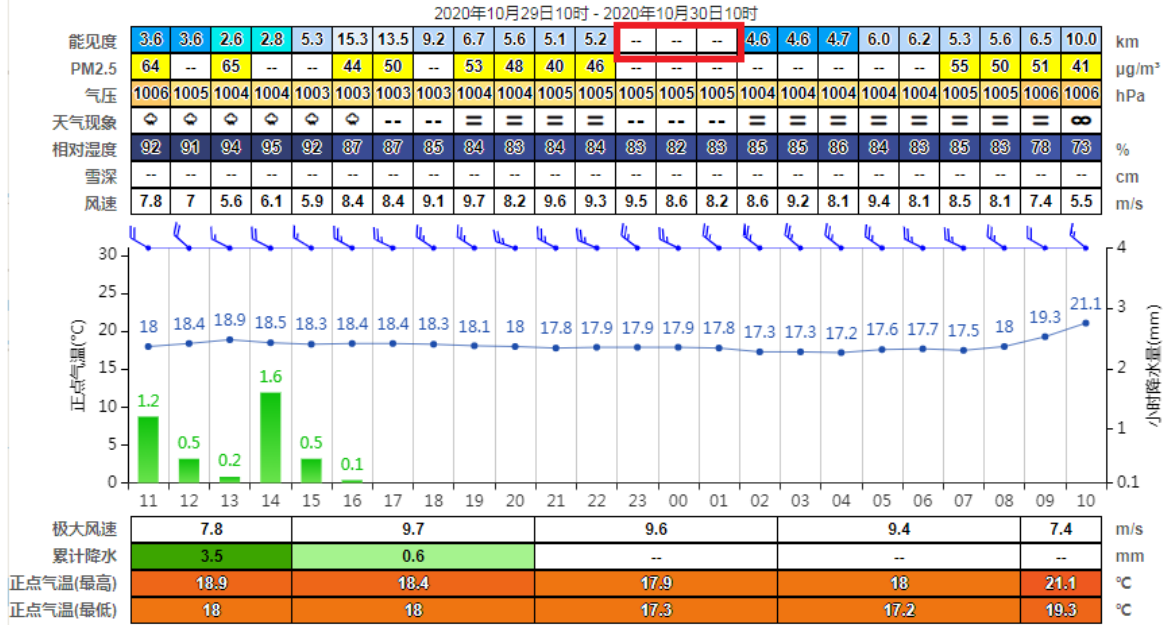


图9 能见度传感器故障恢复前后情况

以“监测精密”为目标，持续运行并不断完善气象观测质量管理体系，将体系的优势逐步转化为气象观测业务效能，为“预报精准”“服务精细”提供强有力的支撑，推进气象事业高质量发展。主要从以下几个方面着力：1) 优化完善体系文件，使之与业务规范、规章制度融为一体，加强版本管理，确保体系文件的全面、准确、唯一、实时更新，做到“一本在手、应有尽有”。2) 用好审核工具，规范审核管理，逐步统一、规范审核内容和审核标准，使之更加全面、细致、与时俱进并逐步量化。3) 注重对问题改进的追踪，强化对问题的举一反三，做到“发现一个问题，解决一批问题”。4) 持续推进信息化建设，将体系文件中规范的工作环节、工作流程用信息化技术加以固化，逐步加强对观测业务的过程管理，实现对观测业务全流程实时监控、报警、纠偏和评价。5) 以质量管理体系为抓手，推动观测与预报服务的互动，强化对外部供方的管理，探索建立体系运行绩效评价机制。

深入阅读

国家质检总局课题组, 2012. 探索: 基于质量管理体系的政府部门执行力建设研究. 北京: 中国质检总局出版社.

李雁, 2020. 气象观测质量管理体系信息系统技术手册. 北京: 气象出版社.

世界气象组织, 2011. 技术规则 基本文件第2号第四卷 质量管理 (WMO-No. 49). 日内瓦: 世界气象组织.

世界气象组织, 2013. 国家气象和水文部门实施质量管理体系指南(WMO-No. 1100). 日内瓦: 世界气象组织.

世界气象组织, 2017. 国家气象水文部门和其他相关服务提供方质量管理体系实施指南(WMO-No.1100). 日内瓦: 世界气象组织.

于新文, 2018. 构建质量管理体系新模式, 推动中国气象高质量发展. 中国质量报, 2018-06-21.

宗蕴璋, 顾荣等, 2016. 质量管理. 西安: 西安电子科技大学出版社.

(作者单位: 张建磊、田浩、姬翔、李颖冲、吴猛, 中国气象局综合观测司; 李雁, 中国气象局气象探测中心; 温壮凤, 安徽亳州市气象局; 张鹏, 北京市气象局观测与预报处; 徐梦维, 江西省气象局; 于永涛、张龙斌, 北京市气象探测中心; 朱琳玲, 国家卫星气象中心)