

RTK接收机测试方法研究

杨玉莹

中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所 北京 100095

摘要：随着北斗卫星导航系统（BDS）的全面建成与运营，中国RTK接收机技术迅速发展，其性能相关校准方法和标准体系也在不断完善。本文系统梳理了截至目前国内RTK接收机国家行业标准、国家计量技术规范发展现状，并对未来计量技术规范发展趋势提出展望。

关键词：实时动态载波相位差分（RTK）；全球卫星导航系统（GNSS）；接收机；测试

引言

全球导航卫星系统（GNSS）是重要的国家战略基础设施。北斗三号全球卫星导航系统（BDS）于2020年7月正式组网完成，向全球提供定位、导航与授时服务。^[1]高精度卫星导航接收机，尤其是具备实时动态载波相位差分（RTK）定位技术的接收机，在精密测量、工程监测、自动驾驶、精准农业、航空航天航海、武器制导等领域发挥着不可替代的作用。^[2]

RTK定位技术是一种基于载波相位观测值的实时差分定位技术。传统GNSS模块定位精度通常为米级，而RTK定位技术通过在基准站设置已知坐标的GNSS接收机，实时将差分数据通过数据链传输至流动站，可以实现厘米级甚至毫米级的实时定位精度。RTK接收机作为一种高精度测量仪器，其性能直接关系到测量结果的准确性和可靠性。中国在卫星导航定位领域，特别是围绕

BDS，已经构建了一套全面、多层次、且持续动态发展的测试标准、行业规程与方法体系。^[3]

本文对截止2025年现行的GNSS接收机尤其是RTK接收机测试方法及相关标准规程规范进行系统性梳理与总结，旨在为相关产品研发、生产、测试、检定及应用单位提供技术参考。

1 中国 RTK 接收机测试体系总体架构

中国的GNSS接收机测试体系并非单一文件的集合，而是一个结构化、系统化的金字塔式体系。该体系可划分为四个主要层级，如图1所示，国家标准为基石，以行业标准为应用导向的延伸，以国家计量技术规范作为量值溯源和法制计量保障，以团体和企业标准作为补充，共同确保了GNSS接收机尤其是RTK接收机从芯片、模块到整机、系统的全链条设备性能与可靠性。

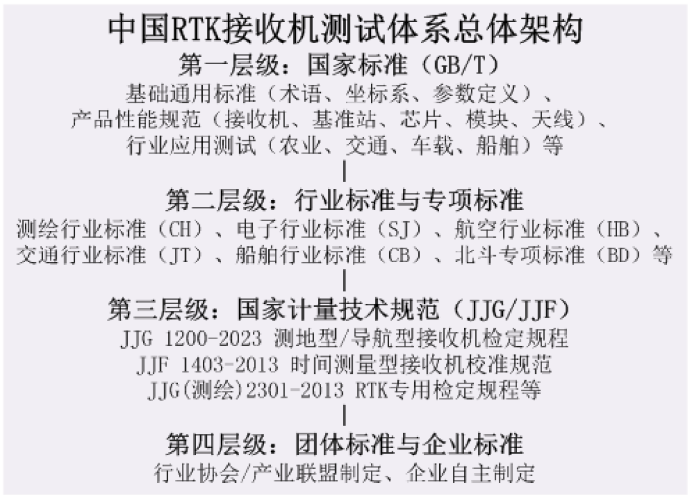


图1 中国RTK接收机测试体系总体架构

1.1 第一层级：国家标准

国家标准（GB/T）由国家市场监督管理总局和国家

标准化管理委员会发布，是整个体系的最高层级和技术基础。这些标准通常具有普适性，覆盖了GNSS接收机、

天线、芯片等核心产品的通用性能要求与测试方法等,为全国范围内的产品研发、生产、检测和认证提供了统一依据。

例如,GB/T 18214.1-2000《全球导航卫星系统》、GB/T 30288-2013《卫星导航定位坐标系统》、GB/T 39267-2020《北斗卫星导航系统术语》、GB/T 39787-2021《北斗卫星导航系统坐标系》、GB/T 42577-2023《北斗/全球卫星导航系统(GNSS)卫星高精度应用参数定义及描述》等标准统一规范了北斗卫星导航系统的基本术语及其定义,是所有其他标准文件和技术文档的基础;GB/T 39473-2020《北斗卫星导航系统公开服务性能规范》、GB/T 39467-2020《北斗精密服务产品规范》、GB/T 39268-2020《低轨星载GNSS导航型接收机通用规范》、GB/T 39399-2020《北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范》、GB/T 39616-2020《卫星导航定位基准站网络实时动态测量(RTK)规范》、GB/T 45526-2025《北斗/全球卫星导航系统实时动态精密单点定位状态改正产品规范》等标准规定了北斗系统向全球用户提供的公开服务及各类GNSS接收机的性能指标,包括定位精度、授时精度等。GB/T 18314-2009《全球定位系统(GPS)测量规范》、GB/T 42575-2023《北斗双模OEM板性能要求及测试方法》、GB/T 42576-2023《北斗/全球卫星导航系统(GNSS)高精度片上系统(SoC)技术要求及测试方法》、GB/T 42577-2023《北斗/全球卫星导航系统(GNSS)高精度天线单元技术要求及测试方法》、GB/T 42427-2023《交通运输卫星导航增强定位模块测试技术规范》、GB/T 44088-2024《北斗卫星导航系统测量型模块技术要求及测试方法》、GB/T 46369-2025《北斗卫星导航系统导航型接收终端性能要求及测试方法》、GB/T 46370-2025《北斗卫星导航系统定向型接收终端性能要求及测试方法》、GB/T 47326-2026《北斗/全球卫星导航系统(GNSS)宽带射频芯片性能要求及测试方法》、GB/T 39517.1-2020《农林拖拉机和机械 农用定位与导航系统测试规程 第1部分:定位系统》、GB/T 35658-2017《道路运输车辆卫星定位系统平台技术要求》、GB/T 45086.1-2024《车载定位系统技术要求及试验方法 第1部分:卫星定位》、GB/T 30290.4-2025《北斗卫星定位车辆信息服务系统 第4部分:车载信息终端性能要求及测试方法》、GB/T 46461《全球卫星导航系统船舶应急定位信息服务系统》等标准规定了各类核心元器件(芯片、模块、OEM板)及各行业接收机测试标准及测试方法。

1.2 第二层级:行业标准与专项标准

行业标准与专项标准由国务院相关行政主管部门制

定,针对特定行业应用的技术要求。这些标准是对国家标准的细化和补充,更贴近具体应用场景,包括测绘行业标准(CH)、电子行业标准(SJ)、航空行业标准(HB)、交通行业标准(JT)、船舶行业标准(CB)、北斗专项标准(BD)等。

例如,CH/T 8018-2009《全球导航卫星系统(GNSS)测量型接收机RTK检定规程》、JT/T 794《道路运输车辆卫星定位系统 车载终端技术要求》、SJ/T 11428-2010《GPS接收机OEM板性能要求及测试方法》、SJ 20726-99《全球定位系统(GPS)测量接收机通用规范》、QC/T 1287-2026《汽车卫星定位芯片技术要求及试验方法》、QJ 20007-2011《卫星导航型接收设备通用规范》、HB 7090-1994《机载导航设备通用规范》、BD 440085—2022《机载北斗定位追踪设备最低性能要求及测试方法》等标准都对相关行业GNSS接收机测试标准及方法做了具体规定。

1.3 第三层级:国家计量技术规范及地方与行业规程

国家计量技术规范(JJG/JJF)由国家市场监督管理总局发布,属于国家法定计量技术规范,确保GNSS接收机作为测量仪器的量值准确、统一和溯源。

例如,JJG 1200-2023《全球导航卫星系统(GNSS)接收机(测地型和导航型)检定规程》为接收机的法定计量性能评价提供了权威方法。JJF 1403-2013《全球导航卫星系统(GNSS)接收机(时间测量型)校准规范》则专门针对以获取高精度时间信息为主要功能的授时型接收机。原国家测绘局发布的JJG(测绘) 2301-2013《全球导航卫星系统(GNSS)测量型接收机RTK检定规程》在特定专业领域仍有应用。

1.4 第四层级:团体标准与企业标准

由行业协会、产业联盟或企业自行制定,是对国家和行业标准的补充。

2 RTK接收机测试未来研究方向

随着北斗三号全球卫星导航系统全面建成并投入运营,中国的高精度卫星导航接收机,特别是RTK接收机,在众多关键领域扮演着越来越核心的角色。然而,技术的快速迭代与应用的深度拓展,对我国现行的测试标准与规范体系提出了前所未有的挑战。当前体系在应对未来需求时,暴露出几个亟待解决的深层次问题。

首先,动态性能测试方法的缺失是当前标准体系的一个显著短板。RTK接收机的价值不仅体现在静态的精密测量,更在于其在高动态或低动态运动状态下能否保持稳定、可靠的厘米级定位能力。无论是自动驾驶汽车在高速路上的实时定位,无人机在复杂空域中的精准飞

行,还是测绘设备在移动载体上的连续作业,都对接收机的动态性能提出了严苛要求。然而,现有的测试规范多侧重于静态或准静态场景下的指标考核,对于接收机在加速度、加加速度(急动度)变化下的定位精度衰减、信号重捕获时间、周跳修复能力以及多路径效应的动态抑制效果等,缺乏系统、量化且可复现的测试方法与评价标准。这导致许多在实验室理想环境下表现优异的产品,在实际动态应用中可能出现性能陡降甚至失效的风险,为高端应用埋下了安全隐患。

其次,复杂真实场景下的测试标准近乎空白。城市峡谷、茂密森林、地下隧道等环境是卫星导航信号的“天然杀手”,严重的信号遮挡、反射和衍射会引发强烈的多路径效应,极大恶化定位精度和可用性。现有的测试往往在开阔无遮挡的场地进行,无法真实反映接收机在这些恶劣环境下的生存能力。我们迫切需要建立一套能够模拟典型复杂场景(如不同高度角遮挡、特定反射面环境)的测试标准,用以科学评价接收机在低信噪比、高多路径干扰条件下的定位精度保持率、固定解可靠性以及从失锁到重新获得固定解的时间(即重捕获性能)。没有这样的“压力测试”,就无法筛选出真正适应复杂现实世界的高鲁棒性产品。

第三,面对多源融合定位的技术趋势,标准体系建设严重滞后。单一GNSS已无法满足全天候、全场景、高可靠的位置服务需求,与惯性导航系统(INS)、视觉传感器、激光雷达、5G/北斗三代短报文乃至地磁信息的融合已成为必然方向。然而,我国目前极度缺乏针对这类多源融合定位系统的权威测试标准。如何定义和测试融合系统的“整体性能”?如何评估在GNSS信号完全拒止期间,依靠惯性等其他传感器维持定位精度的时长与误差增长规律(即标定惯性导航的漂移特性在融合模型中的表现)?如何测试系统在不同源数据输入切换时的平滑度与无缝衔接能力?这些关键问题都尚未在标准层面得到解答,制约了融合技术从实验室走向规模化、高可靠应用。

最后,导航安全测试标准亟待从无到有的建立。随着社会对导航定位依赖的日益加深,其信号易受干扰和欺骗的脆弱性构成了重大风险。对抗故意干扰(抗干扰)和防止伪造信号诱导(抗欺骗)的能力,应成为

高端RTK接收机,特别是应用于关键基础设施产品的核心考核指标。当前,我国在这一领域的测试标准、测试信号生成方法、评估指标体系都处于起步或空白阶段,必须加快布局,建立涵盖从芯片级、模块级到整机系统的全方位安全性能测试规范,筑牢国家PNT(定位、导航、授时)体系的安全防线。

综上所述,我国RTK接收机测试标准体系在动态性能、复杂环境适应性、多源融合以及导航安全四个关键方向上存在明显的不足与滞后。这些不足不仅影响了国产高端接收机产品性能的客观评价与竞争力提升,也制约了其在更严苛、更核心领域的应用拓展。因此,未来的标准与规范研究工作必须具有前瞻性,紧密围绕上述短板展开攻关。通过系统性地建立和完善这些测试方法,才能构建起一个与技术进步同步、与应用需求匹配、能够有效保障国家PNT产业链安全与高质量发展的先进测试标准体系,为北斗导航产业的持续繁荣和自主可控奠定坚实的技术基础。

3 结语

本文系统梳理了截至目前国内RTK接收机国家行业标准、国家计量技术规范发展现状,提出了亟待解决的关键问题,为后续标准与规范体系的完善提供参考。

参考文献

- [1]朱艺伟,熊行创,田锋.基于RTKLIB的北斗基础产品动态定位精度校准测试与探索[C]//中国卫星导航系统管理办公室学术交流中心,北京市经济和信息化局,北京市顺义区人民政府.第十三届中国卫星导航年会论文集——S01卫星导航行业应用.中国计量科学研究院计量科学数据中心,2022:125-129.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.001079.
- [2]丁孝永,宋洋,谢华志.一种北斗/GNSS卫星导航信号模拟器动态性能校准方法[C]//2011全国时间频率学术会议论文集.2011:392-397.
- [3]高春柳,仲崇霞,梁炜,等.高精度卫星导航接收机室内外校准方法比对验证[C]//中国卫星导航系统管理办公室学术交流中心.第九届中国卫星导航学术年会论文集——S08测试评估技术.北京市计量检测科学研究院;国家卫星导航定位与授时计量产业测试中心;北京工业大学,2018:73-75.