

# 水循环研究中微波遥感数据的定标与验证

施建成<sup>1</sup>, Yann Kerr<sup>2</sup>, 杨东凯<sup>3</sup>, Alain Geiger<sup>4</sup>, 赵天杰<sup>5</sup>, 潘金梅<sup>5</sup>, 汉牟田<sup>3</sup>, Ladina Steiner<sup>4</sup>, 姬大彬<sup>5</sup>, 李睿<sup>5</sup>, Michael Meindl<sup>4</sup>, 姚盼盼<sup>5</sup>, 朱云龙<sup>3,4</sup>, 洪学宝<sup>3</sup>, 陈涛<sup>5</sup>, 胡路<sup>5</sup>

1 中国科学院国家空间科学中心, 北京, 100190;

2 法国空间局空间与生物圈研究中心, 图卢兹;

3 北京航空航天大学电子与信息工程学院, 北京, 100191;

4 瑞士苏黎世联邦理工学院大地测量和摄影测量研究所, 苏黎世

5 中国科学院空天信息创新研究院, 北京, 100101;

**摘要:** 近些年基于微波遥感技术的土壤水分与雪水监测广受关注。为了提高土壤水分与雪水估计精度, 在闪电河和小滦河流域进行多种分辨率、多角度以及多波段的航空遥感监测。结合近地表的 0-5 厘米土壤水分, 200×200 方格以及两个土壤温湿度剖面降水观测网络同步观测。结果表明 L 波段主被动观测的变动范围分别为 30db 和 80K, 对应的土壤体积含水量范围从 0.1-0.5cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>。在阿勒泰国家气象站点, 安装了 L、C、X、Ku 和 Ka 波段辐射计, 对雪过程模型进行验证。地面观测验证结果表明 SNTHERM+MEMLS 模型模拟垂直极化亮温 18.7GHz 和 36.5GHz 的均方根误差分别为 2.56K 和 3.3K。基于全球卫星导航系统干涉和反射信号(GNSS-IR)技术, 项目提出重建直接和反射信号的两种方法, 它们的可行性得到试验数据的验证。结果表明在大多数的试验中反演误差在±0.1cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>。另外的试验直接观测 GNSS 信号的穿透深度, 结果表明土壤水分含量在 0.1577-0.3394 情况下最大穿透土层厚度不超过 21 厘米。项目提出并且验证了一种利用折射信号和路径延迟来估计雪水当量的方法。与雪枕, 雪尺度以及人工测量的比较表明一致性小于 5%。项目研究揭示了多种微波遥感技术辐射计, 雷达观测以及全球卫星导航系统干涉和反射信号技术在全球水循环关键要素反演方面的巨大潜力。

**Keywords:** L 波段主动被动观测; 全球卫星导航系统干涉和反射信号技术; 航空遥感; 土壤水分; 雪水; 信噪比