

# AIRS 资料在川藏地区适用性的验证

倪成诚<sup>1</sup> 李国平<sup>1\*</sup> 熊效振<sup>2</sup>

( 1. 成都信息工程学院大气科学学院 四川 成都 610225; 2. Center of Satellite Application and Research ,NOAA ,USA)

**摘 要:** 选取那曲等 7 个站点代表中国西南川藏地区的 3 个典型区域 ,将大气红外探测器( AIRS) 卫星获取的温度、高度和水汽资料与西南涡加密观测试验所获得的 L 波段秒级探空资料的相应观测量进行比较 ,分析了 AIRS 资料与探空资料的一致性 ,并对 7 个站点的温度误差进行了统计分析。结果表明 ,AIRS 卫星的高度和温度以及混合比资料与 L 波段探空数据有很好的吻合度 ,其中温度资料在高原地区的低层尚有较小偏差 ,在中高层一致性较高。AIRS 卫星所测得的位势高度数据与探空资料相当一致。而 AIRS 获取的混合比资料在低层略小于探空资料 ,在高层基本吻合。因此 ,AIRS 资料在川藏地区具有较好的适用性 ,能有效弥补探空资料在该区域( 尤其是高原地区) 的覆盖不足。

**关键词:** AIRS; 川藏地区; 秒级探空; 温度; 湿度; 廓线

**中图分类号:** P423

**文献标志码:** A

中国川藏地区是世界上地形最为复杂的区域之一 ,世界上海拔最高、地形最复杂的青藏高原与横断山区和四川盆地等构成了川藏区域地貌的主要特征<sup>[1]</sup>。与地形相对应 ,川藏地区的气候主要包括两类: 四川盆地湿润北亚热带季风气候和以青藏高原为代表的高山寒带气候与立体气候。由于高原山地的特殊地理位置 ,决定了该区域对东亚 ,乃至全球天气、气候有显著影响<sup>[2]</sup>。

中国川藏地区是天气系统的易生成区域 ,也是各种灾害性天气的多发区域 ,例如高原涡、西南涡、高原切变线等重要降水系统常常产生于青藏高原主体及其附近区域<sup>[3]</sup>。但是由于青藏高原复杂的地形和恶劣的自然条件对观测条件的限制 ,实际观测比较困难 ,站点稀少 ,用常规资料很难对中小尺度的天气系统加以捕捉 ,使用时空分辨率较高的卫星资料就成为解决高原地区资料短缺的重要途径之一<sup>[4]</sup>。Aqua 卫星是美国宇航局( NASA) 发射的第

二颗“EOS”( Earth Observation System ,地球观测系统) 系列卫星 ,装载有 AIRS( The Air - Sea Interaction and Remote Sensing ,大气红外探测器) 、先进微波探测器( AMSU) 和 MODIS。AIRS 有 2 382 个波段 ,星下点分辨率 13. 5 km ,具有较高的光谱分辨率 ,主要是对从地表到 40 km 高度的大气进行温度、水汽等方面的垂直探测<sup>[5]</sup>。从 2002 年 9 月开始 ,AIRS 为我们提供了一种温度、湿度探测的新方法 ,近年来逐渐成为大气垂直探测的主流。Gettelman 等<sup>[6]</sup>将 AIRS 水汽数据与飞机定点观测进行比较 ,发现该数据大多是无偏差的 ,仅在 150 hPa 以上的标准误差为 25% 左右。占瑞芬和李建平<sup>[7]</sup>利用高原探空站资料对大气红外探测器( AIRS) 反演的上对流层水汽原探空站资料 ,对大气红外探测器( AIRS) 反演的上对流层水汽( UTWV) 数据在高原地区的质量进行了检验 ,发现 AIRS 反演的水汽数据与探空数据是比较一致的 ,尤其是在 500 hPa 高度。但是 AIRS

收稿日期( Received date) : 2013 - 02 - 17; 改回日期( Accepted) : 2013 - 06 - 27。

基金项目( Foundation item) : 国家重点基础研究发展计划( 973 计划) 项目( 2012CB417202) ,财政部、科技部公益性行业( 气象) 科研专项( GY-HY201206042) 。[ The National Basic Research Program of China ( 973 Program) ( 2012CB417202) , Ministry the Special Fund for Meteorological Research in the Public Interest ( GYHY201206042) . ]

作者简介( Biography) : 倪成诚( 1988 - ) ,女 ,四川雅安人 ,硕士研究生 ,主要从事天气动力学研究。[ Ni Chengcheng ,female ,Ya' an ,Sichuan , Graduate principally engaged in the meteorological dynamics research. ] E - mail: Cindyannie@ 163. com

\* 通信作者( Corresponding author) : 李国平。[ Li Guoping ] E - mail: liguoping@ cuit. edu. cn

反演的温度、湿度以及高度数据在川藏地区的精度究竟如何?能否使用 AIRS 资料对川藏地区的天气系统(如西南涡)进行分析研究?目前尚缺乏这方面的讨论。本文将 AIRS 卫星资料与西南涡加密观测试验所获得的 L 波段秒级探空资料进行比较,目的在于进一步验证 AIRS 卫星资料在川藏地区的适用性,为更好地利用这种卫星遥感新资料来研究高原天气、气候以及山地灾害提供依据。

## 1 资料来源

本文所用的资料主要有 2012-07-01—07-15 Aqua 卫星携带的大气红外探测器(AIRS)资料和西南涡加密观测试验所获得的 L 波段秒级探空加密资料。AIRS 资料来源于 GES DISC (Goddard Earth Science Data and Information Services Center)网站(<http://disc.gsfc.nasa.gov>)。AIRS-L2 级产品以 EOS-HDF 格式存放,每 6 min 生成一个数据文件。AIRS-L2 标准产品文件包含有地面气温及 28 层的温度廓线与 14 层湿度廓线等数据集<sup>[8]</sup>。探空资料来源于中国气象局成都高原气象研究所组织的 2012 年西南涡加密观测试验,本次西南涡加密观测试验时段:2012-06-21—07-31,共计 41 d。试验区域:外场观测试验的主要区域包括西南涡主要源区和主要活动区。主要源区(I 区)是指以九龙为中心的  $27^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$ 、 $98^{\circ}\sim 103^{\circ}\text{E}$  区域;主要活动区(II 区)是指长江上游的  $28^{\circ}\sim 32.5^{\circ}\text{N}$ 、 $103^{\circ}\sim 109^{\circ}\text{E}$ 。其中高原所增设的 4 个站点分别为:九龙、名山、金川、剑阁。本次西南涡加密观测科学试验的高空观测的常规站点是甘孜、红原、西昌、宜宾、达州、温江和巴塘;加密站点为九龙、名山、剑阁以及金川 4 个站点。高空观测站每日开展 4 次(北京时间 02、08、14 和 20 时)综合观测,观测要素为气压、温度、湿度、风向和风速<sup>[9]</sup>。本次加密试验的探空系统为 L 波段雷达探空。L 波段探空雷达是我国新一代二次测风雷达,实现了二次测风雷达的全自动化,它与 GTS1 型数字式电子探空仪相配合,能连续自动测定高空中的气温、气压、湿度、风速、风向等气象要素值,采样周期约为 1.2 s,探空基数据为秒数据,具有高分辨率和实时采集能力,探空数据垂直采样间隔为 8 m 并具有从地面开始就可以获取资料的特点,高度资料精确性好,探测仪在 850 hPa 时与实际大气的位势高度差约为 12 gpm<sup>[10]</sup>。探测高度可达 10 hPa,并且资料中包含时间偏差、经度差和纬度

差,气球从升空开始直至爆炸,每时每刻的位置都能准确知道,研究高空连续性探测资料,对高空大气研究具有重要意义。同传统的探空资料相比,L 波段探空系统秒数据资料具有时间和空间的高分辨率、定位准确的特点<sup>[11-12]</sup>。

本文主要将 NASA GES DISC 第 5 版的温度、高度场以及混合比产品,与 L 波段秒级探空资料的相应物理量进行比较,其中探空资料的混合比资料由 Tetens 经验公式<sup>[13]</sup>计算得出。

## 2 资料处理

本文研究的川藏地区指青藏高原主体、川西高原和四川盆地 2 个区域,并以那曲、甘孜等 7 个探空站点作为代表。其中四川盆地代表站点为温江(站号为 56187,下同)和宜宾(56492),川西高原代表站点为甘孜(56146)和红原(56173),昌都(56137)代表青藏高原东部,那曲(55299)代表青藏高原中部地区,定日(55664)则代表青藏高原西部地区。温江、宜宾、甘孜和红原 4 个站点的探空数据每天有 4 个时次,分别是 00 时(世界时,下同)、06 时、12 时和 18 时,那曲、定日和昌都站探空数据每天 2 个时次,分别是 00 时和 12 时。各个站点的资料筛选原则是 AIRS 扫描时间与探空时间间隔最短和 AIRS 扫描点与探空站点距离最近。由于两套资料在空间上的不完全一致,会产生一定的误差,因此限制最大偏差距离为 20 km,即观测站点位置与卫星反演数据位置的距离超过 20 km 时就不做处理,筛选出的对比站点如表 1 所示。

## 3 对比分析

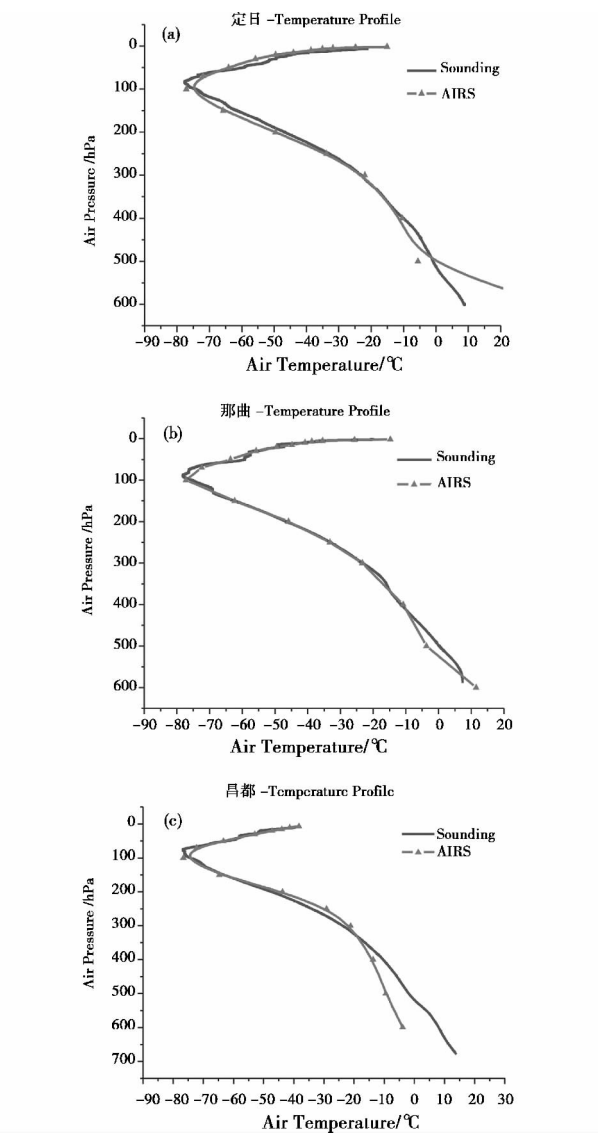
### 3.1 温度廓线

高文华等<sup>[8]</sup>对利用地面气象观测站点资料和大气红外探测器(AIRS)反演的中国区域地面气温精度做了评估,结果表明:AIRS 地面气温的反演误差主要以系统性误差为主,地形的影响是主要误差来源。下垫面的不同对 AIRS 地面气温反演有较大影响,冬季的地面积雪会造成 5 K 以内的系统性正偏差,AIRS 温度廓线产品与 T213 数值模拟结果相比有一定的差异,温度差异一般在 2 K 以内。

将那曲、甘孜等 7 个站点的探空温度廓线与 AIRS 卫星所测得的温度廓线进行比较,结果如图 1 所示。

表 1 7 个代表探空站点与 AIRS 扫描点的对应表  
Table 1 Seven sounding site with AIRS scan point corresponding table

代表区域	探空站点	探空站点 经纬度	AIRS 扫描点 经纬度	经度偏差	纬度偏差	距离 /km	AIRS 扫描时间	探空时间 /世界时	时间间隔
高原西部	定日	87.08°E 28.63°N	87.10°E 28.74°N	0.020 45	0.108 66	12	04 日 20:06	04 日 23:15	03:09
高原中部	那曲	92.07°E 31.48°N	92.01°E 31.58°N	-0.064 76	0.107 36	12	13 日 20:00	13 日 23:15	03:15
高原东部	昌都	97.17°E 31.15°N	97.12°E 31.16°N	-0.047 64	0.019 95	4.9	05 日 19:12	05 日 23:15	04:03
川西高原	甘孜	100.00°E 31.62°N	100.0°E 31.47°N	0.017 65	-0.148 13	16	02 日 06:36	02 日 05:15	01:21
	红原	102.55°E 32.80°N	102.5°E 32.90°N	0.048 28	0.100 30	11	15 日 06:06	15 日 05:15	00:51
四川盆地	温江	103.83°E 30.70°N	103.8°E 30.67°N	0.001 57	-0.014 24	3.3	12 日 19:18	12 日 17:15	02:03
	宜宾	104.60°E 28.80°N	104.6°E 28.83°N	0.093 43	0.033 17	9.4	06 日 06:18	06 日 05:15	01:13



(a) 定日站 7 月 4 日 20 时 (b) 那曲站 7 月 13 日 20 时 ,  
(c) 昌都站 7 月 5 日 23 时

图 1 探空温度廓线与 AIRS 卫星资料温度廓线的对比  
Fig. 1 The comparison of Radiosonde temperature profiles  
and AIRS satellite temperature profiles

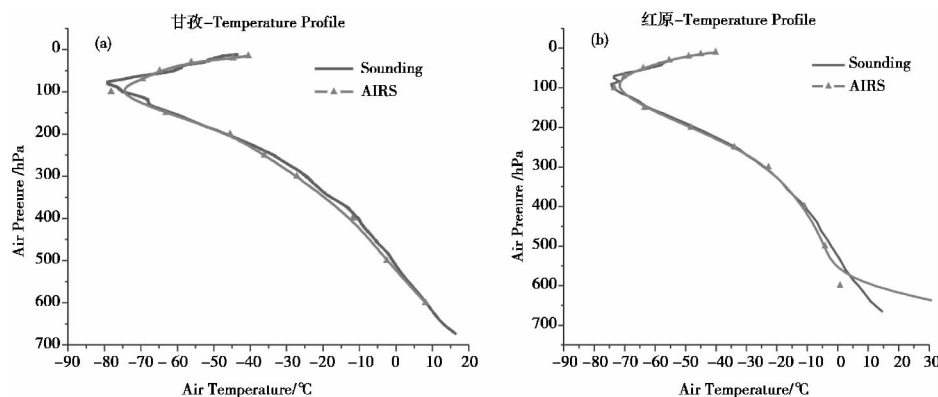
从图 1 来看 , 青藏高原地区 AIRS 卫星资料的温度廓线与探空资料温度廓线是相当吻合的 , 尤其是那曲站。在定日站(图 1(a)) 400 hPa 以上 AIRS 卫星所测得的温度与探空温度几乎一致 , 400 hPa 和 500 hPa 之间 AIRS 卫星所测得的温度低于探空温度 , 500 hPa 以下探空温度低于 AIRS 卫星所测得的温度。那曲站(图 1(b)) 从 600 hPa 到高层 , AIRS 卫星所测得的温度与探空温度相当一致。在昌都站(图 1(c)) 400 hPa 以下 AIRS 卫星所测得的温度明显低于探空温度 , 且越到低层差别越大; 在 400 hPa 以上 AIRS 卫星所测得的温度与探空温度相当一致。

从图 2(a) 和图 2(b) 可以看出 , 川西高原地区 AIRS 卫星资料的温度廓线与探空资料温度廓线是相当吻合的 , 甘孜站除 100 hPa 层上 AIRS 卫星所测得的温度略低于探空温度以外 , 从 700 hPa 到高层 , AIRS 卫星所测得的温度与探空温度几乎完全一致。红原站在 600 hPa 以上 , AIRS 卫星所测得的温度与探空温度基本一致; 在 600 hPa 以下 , AIRS 卫星所测得的温度略高于探空温度。

在四川盆地 AIRS 卫星资料的温度廓线与探空资料温度廓线在 500 hPa 以上是非常吻合的(图 3(a) 和图 3(b)) , 温江站在 500 hPa 以下 AIRS 卫星所测得的温度略低于探空温度 , 且越到低层 , 差值越大; 从 500 hPa 到高层 , AIRS 卫星所测得的温度与探空温度基本一致。宜宾站从 1 000 hPa 到高层 AIRS 卫星所测得的温度与探空温度几乎完全一致。

3.2 高度廓线

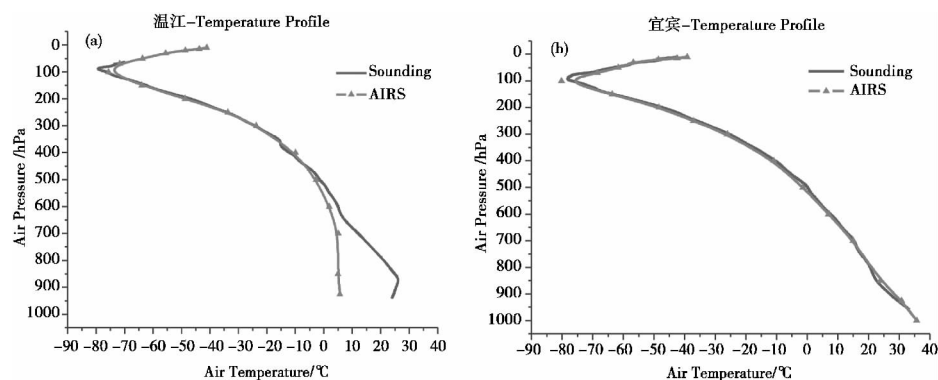
那曲、甘孜等 7 个站点的探空位势高度廓线与 AIRS 卫星所测得的位势高度廓线的比较结果如图 4~6。



(a) 甘孜站 7 月 2 日 06 时 (b) 红原站 7 月 15 日 06 时

图 2 探空温度廓线与 AIRS 卫星资料温度廓线的对比

Fig. 2 The comparison of Radiosonde temperature profiles and AIRS satellite temperature profiles



(a) 温江站 7 月 12 日 18 时 (b) 宜宾站 7 月 06 日 06 时

图 3 探空温度廓线与 AIRS 卫星资料温度廓线的对比

Fig. 3 The comparison of Radiosonde temperature profiles and AIRS satellite temperature profiles

由图 4、图 5 及图 6 可见, 青藏高原西部、中部和东部的 3 个站点以及川西高原和四川盆地代表站点上, AIRS 卫星所测得的高度资料几乎与探空资料的高度廓线完全重合, 并且 AIRS 探测层次能达到 1 hPa, 探测高度高于探空。这说明在青藏高原主体、川西高原和四川盆地, AIRS 卫星观测的高度资料质量很高, 有很好的适用性。

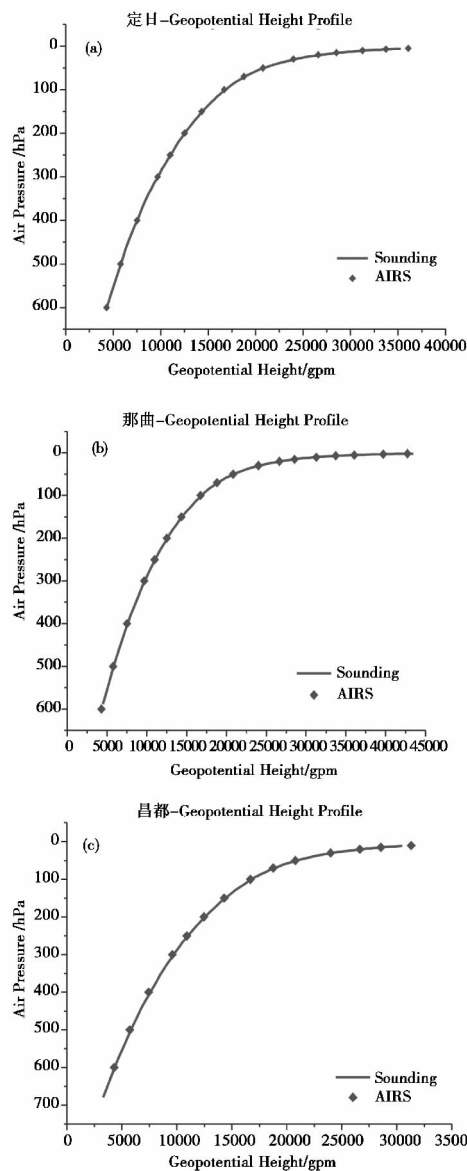
### 3.3 湿度廓线

大气水汽的测量无论对于常规仪器还是包括卫星在内的新型仪器都极具挑战性, 尤其是在青藏高原及邻近地区。目前国内外有学者已经对 AIRS 探测得到的水汽资料做了一些验证工作。Gettelman 等<sup>[6]</sup>将 AIRS 水汽数据与飞机定点观测进行比较, 发现该数据大多是无偏差的, 仅在 150 hPa 以上标准误差为 25% 左右。占瑞芬和李建平<sup>[7]</sup>利用高原探空站资料对大气红外探测器 (AIRS) 反演的上对流层水汽 (UTWV) 数据在高原地区的质量进行了检

验, 发现 AIRS 反演的水汽数据与探空数据是比较一致的, 尤其是在 500 hPa 高度。高文华和赵凤生<sup>[8]</sup>的研究结果也表明 AIRS 湿度廓线产品与 T213 数值模拟结果相比差异一般在 25% 以内。

为了进一步验证 AIRS 水汽资料在我国西南地区特别是高原及邻近地区的适用性, 我们将那曲、甘孜等 7 个站点的探空湿度廓线与 AIRS 卫星所测得的湿度廓线进行了比较 (图 7~9)。由于表 1 中昌都、甘孜和红原 3 站的水汽反演资料缺失, 我们重新筛选了 3 个样本来进行对比 (表 2)。

考虑到大气相对湿度的计算公式在高层 (如 100 hPa 及以上) 的计算误差较大, 本文采用混合比来表示大气水汽的状况。混合比是湿空气内水汽与干空气的质量比。从图 7 (a~c) 的湿度廓线可以看出, 在青藏高原主体的 3 个代表站点, AIRS 资料和探空资料的水汽分布均随着高度的增加而减小, 低层混合比较大, 水汽分布呈现“上干下湿”。在定日



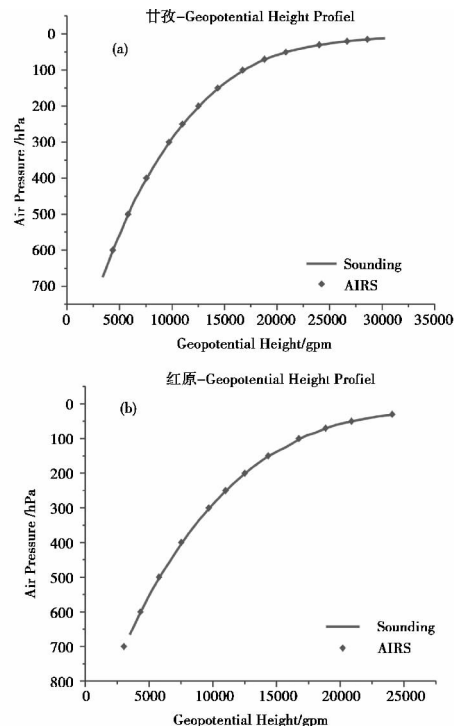
(a) 定日站 7 月 4 日 20 时 (b) 那曲站 7 月 13 日 20 时 ,  
(c) 昌都站 7 月 5 日 23 时

图 4 探空高度廓线与 AIRS 卫星资料高度廓线的比较

Fig. 4 The comparison of Radiosonde geopotential height profiles and AIRS satellite geopotential height profiles

站的 400 hPa 以下, AIRS 资料的混合比略低于探空资料的混合比; 400 ~ 200 hPa 层次, AIRS 资料的混合比略高于探空资料的混合比; 而在 200 hPa 以上, 两种资料相当吻合。在那曲站, 600 ~ 200 hPa 之间 AIRS 资料的混合比明显小于探空资料的混合比, 且越到低层差距越大; 而 200 hPa 以上, 两种资料吻合度很高; 在昌都站, 600 ~ 200 hPa 间 AIRS 资料的混合比略高于探空资料的混合比; 200 hPa 以上, 两者趋于一致, 吻合度较高。

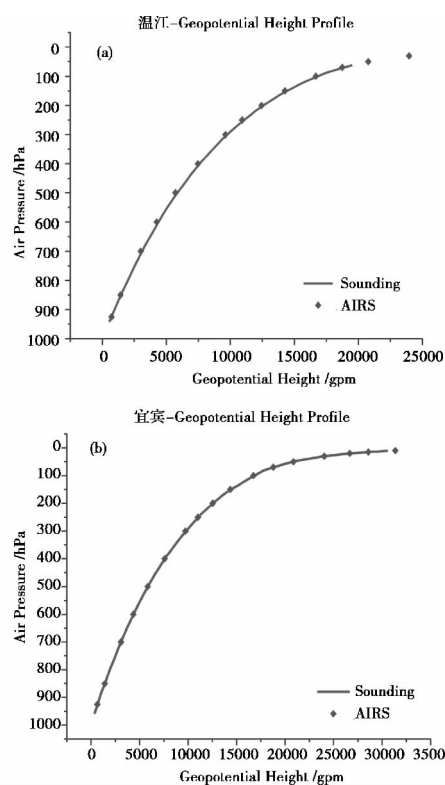
图 8(a) 和图 8(b) 上, 甘孜站和红原站探空资料



(a) 甘孜站 7 月 2 日 06 时 (b) 红原站 7 月 15 日 06 时

图 5 探空高度廓线与 AIRS 卫星资料高度廓线的比较

Fig. 5 The comparison of Radiosonde geopotential height profiles and AIRS satellite geopotential height profiles

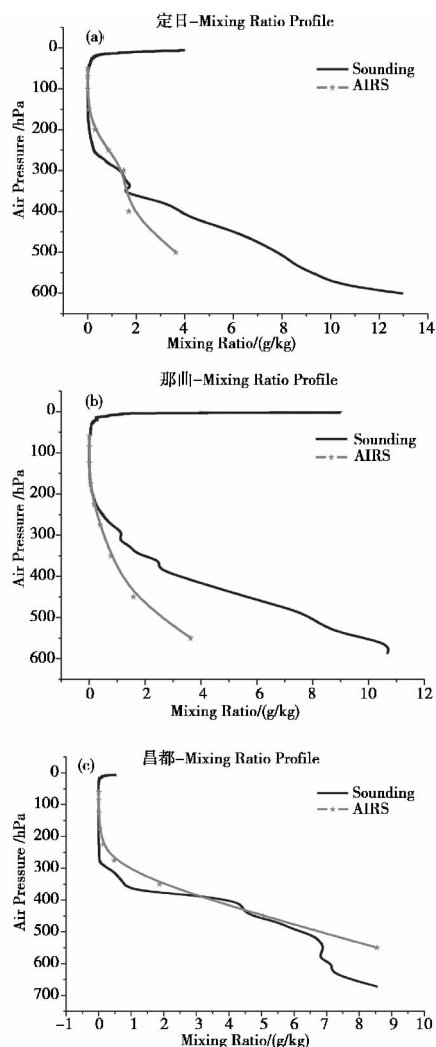


(a) 温江站 7 月 12 日 18 时 (b) 宜宾站 7 月 06 日 06 时

图 6 探空高度廓线与 AIRS 卫星资料高度廓线的比较

Fig. 6 The comparison of Radiosonde geopotential height profiles and AIRS satellite geopotential height profiles

和 AIRS 资料的湿度廓线均表明,大气水汽呈“上干下湿”的垂直分布;400 hPa 以下,AIRS 资料的混合比略小于探空资料的混合比,且越到低层差距越明显;400 hPa 以上,AIRS 资料的混合比与探空资料的混合比吻合度较高。

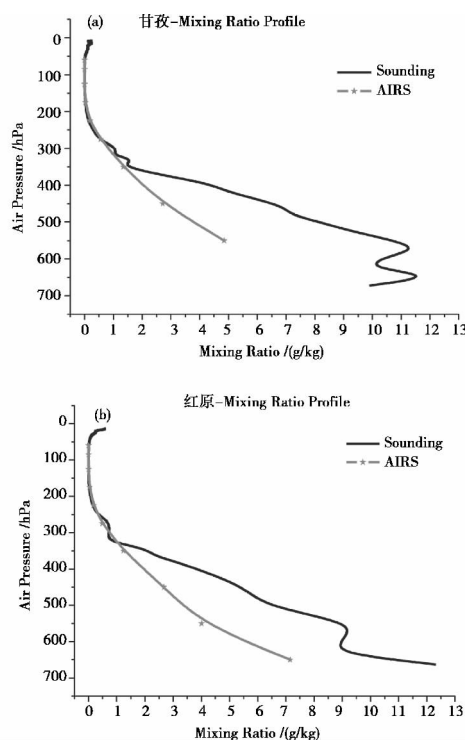


(a) 定日站 7 月 4 日 20 时 (b) 那曲站 7 月 13 日 20 时  
(c) 昌都站 7 月 11 日 23 时

图 7 探空湿度廓线与 AIRS 卫星资料湿度廓线的比较

Fig. 7 The comparison of Radiosonde mixing ratio profiles and AIRS satellite mixing ratio profiles

图 9(a) 和图 9(b) 的湿度廓线对比表明,温江站探空资料和 AIRS 资料的大气水汽垂直分布均呈“上干下湿”;400 hPa 以下,AIRS 资料的混合比略小于探空资料的混合比;400 hPa 以上,AIRS 资料的混合比与探空资料的混合比吻合度较高。在宜宾站,低层 AIRS 资料的相对湿度与探空资料相差不大,AIRS 资料的混合比略小于探空资料的混合比,



(a) 甘孜站 7 月 11 日 06 时 (b) 红原站 7 月 5 日 23 时

图 8 探空湿度廓线与 AIRS 卫星资料湿度廓线的比较

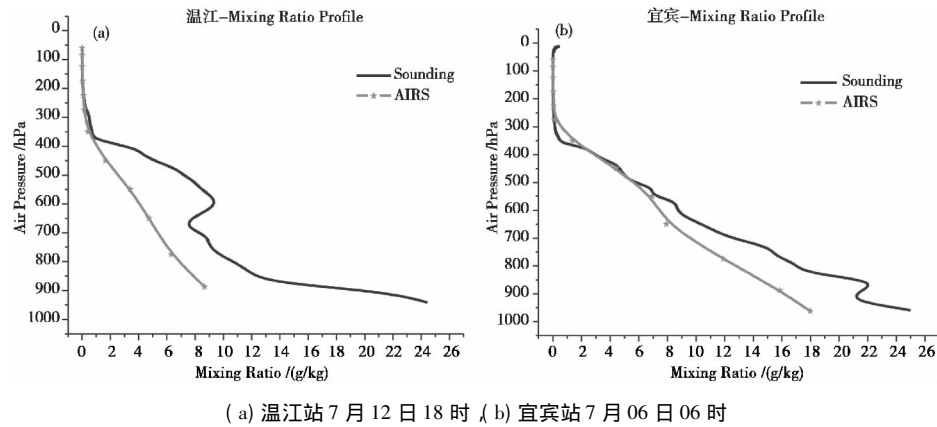
Fig. 8 The comparison of Radiosonde mixing ratio profiles and AIRS satellite mixing ratio profiles

300 hPa 以上两种资料吻合度很高。

### 3.4 统计分析

从以上那曲、甘孜等 7 站廓线的对比结果可以看到,AIRS 卫星资料与探空资料的吻合度很高,尤其是温度资料和位势高度资料。但由于只有一个时次的样本点,这些比较结果是否具有代表性还需做统计分析。下面,我们将 2012-07-01—15 的 AIRS 资料与加密探空资料进行统计分析,每个站点筛选出了 10 个左右样本点,由于 AIRS 卫星的位势高度数据与探空的位势高度数据近乎完全一致,因此对位势高度资料不需进行统计分析。此外,由于有效的湿度资料样本较少,不具有统计意义。因此,本文只对温度数据进行统计,得出两类温度数据之间的均方根误差(RMSE)结果(图 10)。

由图 10 可见,7 个站点的温度均方根误差均随高度的增加而明显减小,但在 100 hPa 又有所增大。宜宾站(56492)的温度均方根误差小于其他站点,表明 AIRS 卫星所测得的温度在该站点与探空温度最为接近。温江站(56187)在 600 hPa 处存在均方根误差的最大值。总体而言,四川盆地代表站的温度均方根误差在 500 hPa 以上均较小。



( a ) 温江站 7 月 12 日 18 时 ( b ) 宜宾站 7 月 06 日 06 时

图 9 探空湿度廓线与 AIRS 卫星资料湿度廓线的比较

Fig. 9 The comparison of Radiosonde mixing ratio profiles and AIRS satellite mixing ratio profiles

表 2 水汽资料补充站点探空观测与 AIRS 扫描点的对应表

Table 2 Water vapor data supplement site radiosonde and AIRS scan points corresponding table

代表区域	探空 站点	探空站点 经纬度	AIRS 扫描点 经纬度	经度偏差	纬度偏差	距离 /km	AIRS 扫描时间 (世界时)	探空时间 (世界时)	时间间隔
高原东部	昌都	97.17°E 31.15°N	97.36°E 31.10°N	0.19012	-0.0571	18	07 日 06:54 时	07 日 11:15 时	04:19
川西高原	甘孜	100.00°E 31.62°N	100.13°E 31.77°N	0.13456	0.15858	20	11 日 06:30 时	11 日 05:15 时	01:15
	红原	102.55°E 32.80°N	102.65°E 32.92°N	0.10840	0.12677	16	05 日 19:12 时	05 日 23:15 时	04:03

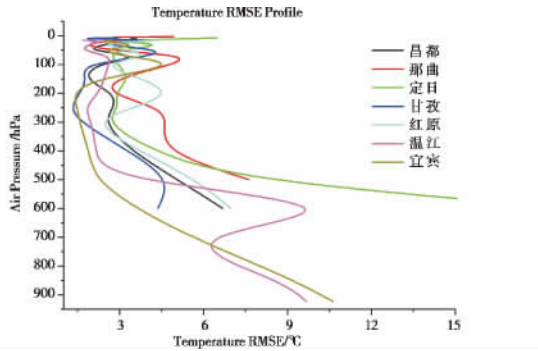


图 10 代表站点 AIRS 卫星与探空温度资料的均方根误差分布

Fig. 10 RMSE Distribution of 7 sites between AIRS satellite and radiosonde temperature data

4 结论与讨论

本文对比研究表明 ,AIRS 卫星资料集里的位势高度和温度资料与 L 波段秒级探空数据有很好的吻合度 ,温度资料在高原地区的低层尚有较小偏差 ,在中高层一致性较高;在四川盆地 ,温度的整层探测效果均较好。AIRS 卫星测得的位势高度资料几乎与探空资料的完全一致 ,是本对比研究中观测质量最好的要素 ,但 AIRS 探测层次能达到 1 hPa ,探测高度优于探空。而 AIRS 资料的混合比在高层的吻合度较高 ,在低层较探空偏小 ,低层水汽探测误差可能与地形有关。

总体上 ,在青藏高原主体、川西高原和四川盆地 ,AIRS 卫星的温度、高度资料的适用性很好 ,能有效弥补这些地形复杂地区探空资料覆盖严重不足的问题 ,在高原及邻近地区的天气、气候及山地灾害的研究中具有广阔的应用前景。

由于川藏地区地理条件的特殊性 ,四川盆地为云易生成区域 ,云的存在可能对 AIRS 的探测精度产生影响 ,并且 AIRS 反演算法中并未详细考虑下垫面的影响 ,因而在西部地区的探测精度不如东部地区<sup>[8]</sup>。此外 ,由于 AIRS 资料的时间分辨率不高 ,在本文的验证中 ,AIRS 资料的扫描时间与探空时间具有 3 h 左右的时间差 ,这可能是造成温度、湿度误差的另一个原因。应当指出的是 ,由于 AIRS 资料属于新型卫星遥感资料 ,对其研究应用(尤其是地形复杂地区)尚不多见 ,本文的结果仅仅是与 2012 年夏季西南涡加密观测试验探空数据相比较而得到的 ,也只验证了夏季 AIRS 卫星资料在川藏地区的适用性 ,因此 ,AIRS 资料在其余季节以及更多地区的适用性还有待今后进一步研究。

致谢:感谢中国气象局成都高原气象研究所高原气象数据中心提供西南涡加密探空资料。

参考文献(References)

[1]Xu Yuhua. Southwest climate [M]. Beijing: Meteorological Press ,

- 1991:1-4 [徐裕华. 西南气候[M]. 北京:气象出版社,1991:1-4]
- [2] Ma Zhenfeng, Peng Jun, Gao Wenliang, et al. Climate variation of Southwest region in recent 40 years [J]. Plateau Meteorology, 2006, 25(4): 633-642 [马振峰, 彭俊, 高文良, 等. 近40年西南地区的气候变化事实[J]. 高原气象, 2006, 25(4): 633-642]
- [3] Li Guoping. The Tibet Plateau dynamic meteorology (The second edition) [M]. Beijing: Meteorological Press, 2007. [李国平. 青藏高原动力气象学(第二版)[M]. 北京:气象出版社, 2007.]
- [4] Liu Chao. Analysis research of Tibet Plateau vortex precipitation structure using TRMM satellite data [D]. Beijing: Chinese Academy of Meteorological Science, 2010. [柳草. 使用 TRMM 卫星资料对青藏高原低涡降水结构的分析研究[D]. 北京:中国气象科学研究院, 2010.]
- [5] Liu Chuang, Ge Chenghui. The data policies, major technical indicators and localization data - sharing issues of AQUA satellite in United States of Earth Observation Systems [J]. Remote Sensor Information, 2002, (2): 38-42 [刘闯, 葛成辉. 美国地球观测系统 AQUA 卫星数据政策、主要技术指标与数据本土化共享问题[J]. 遥感信息, 2002, (2): 38-42]
- [6] Gettelman A, Kinnison D E, Dunkerton T J, et al. The impact of monsoon circulations on the upper troposphere and lower stratosphere [J]. J. Geophys. Res., 2004, 109: D22101, doi: 10.1029/2004JD004878
- [7] Zhan Ruifen, Li Jianping. Validation and characteristics of upper tropospheric water vapor over the Tibetan Plateau from AIRS satellite retrieval [J]. Chinese Journal of Atmospheric Science, 2008, 32(2): 241-260 [占瑞芬, 李建平. 青藏高原地区大气红外探测器(AIRS)资料质量检验及揭示的上对流层水汽特征[J]. 大气科学, 2008, 32(2): 242-260]
- [8] Gao Wenhua, Zhao Fengsheng. Validation of AIRS retrieval temperature and moisture products and their application in numerical models [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2006, 64(3): 271-280 [高文华, 赵凤生. 大气红外探测器(AIRS)温、湿反演产品的有效性检验及在数值模式中的应用研究[J]. 气象学报, 2006, 64(3): 271-280]
- [9] Li Yueqing, Zhao Xingbing, Zhang Lihong, et al. The intensive observation scientific experiment of southwest China Vortex in the summer of 2012 [J]. Plateau and Mountain Meteorology Research, 2012, 32(4): 1-8 [李跃清, 赵兴炳, 张利红, 等. 2012年夏季西南涡加密观测科学试验[J]. 高原山地气象研究, 2012, 32(4): 1-8]
- [10] Wang Rongji, Li Jun. Analysis of pressure and height measurements from L Band radar and radiosonde sounding system [J]. Meteorological Science and Technology, 2009, 37(1): 106-109 [王荣基, 李君. L波段高空气象探测系统气压、高度观测数据分析[J]. 气象科技, 2009, 37(1): 106-109]
- [11] Ma Li, Zhang Yinting. Application of L Band radar radiosonde data to characteristic analysis of ABL in Chongqing [J]. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(1): 105-107 [马力, 张银廷. L波段探空 GFE(L) 1型二次测风雷达资料在重庆大气边界层特征分析中的应用[J]. 气象科技, 2008, 36(1): 105-107]
- [12] Yang Xiangjing, Xu Xiangde, Chen Hongyao, et al. The analysis and correlation model of the surface layer information in L Band radiosonde high resolution profile [J]. Meteorological Monthly, 2011, 37(12): 1504-1510 [杨湘婧, 徐祥德, 陈宏尧, 等. L波段探空高分辨率廓线中近地层信息分析及相关模型[J]. 气象, 2011, 37(12): 1504-1510]
- [13] Sheng Peixuan, Mao Jietai, Li Jianguo, et al. The atmospheric physics [M]. Beijing: Beijing University Press, 2003: 19-21 [盛裴轩, 毛节泰, 李建国, 等. 大气物理学[M]. 北京:北京大学出版社, 2003: 19-21]

## Validation of the Applicability of AIRS Data in Sichuan - Tibet Region of China

NI Chengcheng<sup>1</sup>, LI Guoping<sup>1</sup>, XIONG Xiaozhen<sup>2</sup>

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information and Technology, Chengdu 610225, China;

2. Center of Satellite Application and Research, NOAA, USA)

**Abstract:** This article selects seven sites such as Naqu, Ganzi on behalf of the three typical area of Sichuan - Tibet region in China. Compared temperature, geopotential height and water vapor that in AIRS with that in L - band Sounding data which received from southwest vortex intensive observation test. Analyzed the consistency between AIRS data and sounding data, in addition, statistic and analyzes the temperature error of seven sites. The results show that the geopotential height data and temperature data in AIRS have very good goodness of fit of L - band sounding data. Among them, the temperature data in Tibetan plateau area have smaller deviation in lower levels, while higher consistency in upper atmosphere. In Sichuan basin, detection outcome is well at entire layer. And AIRS satellite measured geopotential height data and sounding data are consistent. This shows that the AIRS satellite's temperature, geopotential height data has good applicability in Tibet plateau, Western Sichuan plateau and the Sichuan basin. But the AIRS mixing ratio is smaller than sounding data in lower levels of southwest region, while high atmosphere has highly precision with sounding data. Thus, AIRS data have good applicability in Sichuan - Tibet region of China; it can effectively make up for the situation that sounding data's covering region is insufficient, particularly in plateau region.

**Key words:** AIRS; Sichuan - Tibet region; seconds levels sounding; temperature; moisture; profile