

# TRMM 降水产品在天山及周边地区的适用性研究

王晓杰<sup>1</sup>, 刘海隆<sup>1</sup>, 包安明<sup>2</sup>

(1.石河子大学水利建筑工程学院,新疆 石河子 832003;

2.中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:**资料稀缺地区的面雨量估算是水文学研究中的热点和难点问题。遥感逐渐成为解决这一问题的重要手段。拟以天山及周边地区为典型区,利用 TRMM 降水资料,探讨其适用性。利用研究区 2000~2010 年 TRMM 数据与区域内 21 个气象站的站点观测数据进行对比分析,通过不同时间尺度(月、季、年)和空间尺度的差异对比分析表明,在时间尺度上,相关系数均在 0.7 以上;在空间尺度上,其相对误差大部分在-40%~40%之间;最后对二者进行多项式拟合,确定性系数均在 0.7 以上,达到了显著相关水平。表明 TRMM 降水数据在天山山区有很好的适用性。研究结果对于干旱区无资料区的水文过程研究具有重要应用价值。

**关键词:**TRMM;天山山区;降水;遥感

中图分类号:P333;TP79

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)01-0058-07

## 1 引言

在高海拔山区,由于经济、地形等的影响,站点布设不足,观测资料缺乏为当地的水文研究带来不便。对这类地区资料的补充方法主要有:内插或外延测站资料,利用雷达卫星等遥感手段获取区域资料,建立具有物理机制的水文模型。和其他方法相比,遥感技术在收集数据方面具有速度快、宏观性强、精度高、可重复等明显优势,因此,随着遥感技术实用性的日益提高,它正逐步成为水文工作者收集数据的重要工具<sup>[1]</sup>。

目前,被用来研究面雨量的遥感数据种类繁多,主要有热点雨林观测卫星(TRMM)、全球降水卫星制图(GSMaP)和全球降水气候项目(GPCP)等<sup>[2]</sup>。由于 GSMaP 产品在山区的精确性差,GPCP 产品的空间分辨率不是很高,所以数据质量和空间分辨率都较高的 TRMM 数据应用研究更为广泛<sup>[3-4]</sup>。我国学者近年来也利用 TRMM 数据在中国大陆地区开展了大量应用研究<sup>[5-7]</sup>。

由于各地的地形和垫面等情况的不同,国内外对 TRMM 数据的精度分析较多。Huffman 等指出

TRMM 在月尺度上降水估计较好,在小尺度上能够重现基于地面观测的降雨过程<sup>[8]</sup>。曾红伟在澜沧江流域对 TRMM3B43 数据进行精度检验,得到了比较满意的结果<sup>[9]</sup>。TRMM 数据在青藏高原也有良好的适用性<sup>[10]</sup>。然而,针对天山及周边地区的实际情况,TRMM 数据在该地区的精度和适用性还要进行具体分析研究。

本文拟在降水观测的基础上,对比分析 2000~2010 年的 TRMM 数据在时间和空间上的精度,为天山山区及其周边地区降水研究提供信息来源。

## 2 数据和方法

### 2.1 数据来源

本研究中的天山山区遥感数据(2000 年 1 月~2010 年 12 月)是来自于美国 NASA 公布的 TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)的 3B43 月降水资料,其空间分辨率为  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ,时间间隔为 1 个月<sup>[9]</sup>,天山山区 21 个气象台站的月降水资料由中国气象局国家气候中心提供,时间尺度与遥感数据一致。

### 2.2 研究方法

主要的验证方法是根据气象水文站点的经纬度和

收稿日期:2012-12-27

基金项目:国家自然科学基金项目(41161008);大学团队创新项目(2011ZRKXTD-03)资助

作者简介:王晓杰(1989-),女,山西长治人,硕士研究生,主要从事水文水资源研究。E-mail:wj062953@sina.com

通讯作者:刘海隆(1974-),男,副教授,从事水文水资源及地理信息系统与遥感应用研究。E-mail:liu\_hai\_tiger@163.com

地理坐标提取相对应的 TRMM 卫星资料的降水数据,分析比较他们同步性及量上的差异性。

对 TRMM 降水数据的精度评估要用到的指标有效率系数(E)、相对误差(δ)、均方根误差(Nrmse)和相关系数(r)等。对各项指标的定义如下:

$$E = \left[ 1 - \frac{\sum(P_c - P_o)^2}{\sum(P_o - \bar{P}_o)^2} \right] \times 100\% \quad (1)$$

$$\delta = \frac{\sum(P_c - P_o)}{\sum P_o} \times 100\% \quad (2)$$

$$Nrmse = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum(P_c - P_o)^2}}{\frac{1}{n} \sum P_o} \quad (3)$$

$$r = \frac{\sum(P_c - \bar{P}_c)(P_o - \bar{P}_o)}{\sqrt{\sum(P_c - \bar{P}_c)^2} \sqrt{\sum(P_o - \bar{P}_o)^2}} \quad (4)$$

式中:  $P_c$ 、 $P_o$  分别表示 TRMM 降水和站点实测降水。

### 3 研究区域

天山山区东西绵延 1 700km, 山地的平均海拔高

度 4 000m。山体由一系列山脉、山间盆地、谷地和山前平原等组成,地处西风带,见图 1。天山山区降水量充沛,北坡年降水量可达 500~700mm,部分迎风坡地区可达 1 000mm/a<sup>[11]</sup>。但是其降水分布极不均匀,降水量呈现自西向东逐渐减少的趋势,且天山北坡的降水明显多于南坡。天山山区的降水随海拔的增加而递增的趋势明显,主要的降水集中在海拔 3 000m 左右。全疆 65%的河流发源于天山山区,径流量占全疆总径流量的 54%<sup>[12]</sup>。

### 4 结果分析

#### 4.1 时间尺度上 TRMM 降水精度对比分析

##### 4.1.1 月降水精度对比

在 ArcGIS 中将与天山山区 24 个气象站对应的 3B43 格点的数据提出,得到 24 站的 TRMM 降水数据,计算研究区内 2000~2010 年的多年平均月降水量。将 TRMM 降水数据与站点实测得到的月降水数据做时间序列图,见图 2。

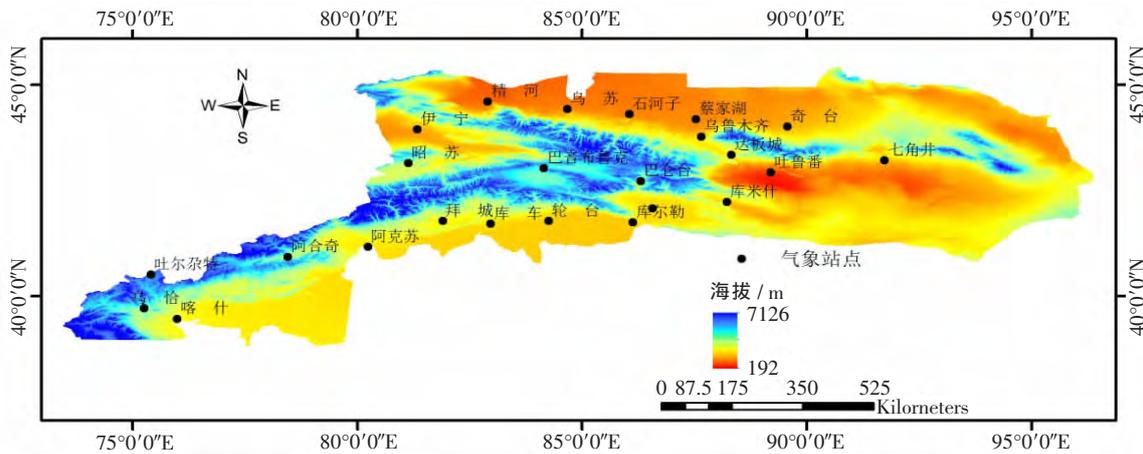


图 1 研究区分布图

Fig.1 Distribution of the study area

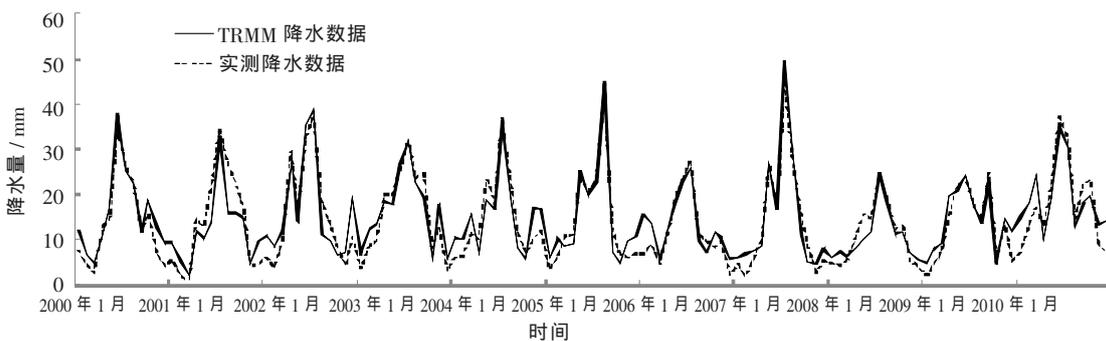


图 2 TRMM 与站点观测多年月均降水对比(2000~2010年)(mm/mon)

Fig.2 Comparison between the TRMM and observed data in the monthly mean precipitation (2000~2010)

从图 2 可以看出,2000~2010 年 TRMM 3B43 月降水数据与站点实测的多年平均月降水数据的总体变化趋势是一致的。在降水量较少的 1~3、11 和 12 月,TRMM 降水数据普遍大于站点实测降雨量,其中 12 月多年平均差值达到了 4.66mm,1~3 月及 11 月分别相差 4.17mm、3.90mm、2.10mm、3.14mm。降水量相对较多的 4~10 月份,TRMM 降水数据稍小于实测降雨,7 月份仅差 0.36mm,遥感数据的质量在这段时间内较好。两组数据在月尺度的效率系数是 88.25%,均方根误差为 0.25。

#### 4.1.2 季降水精度对比

按季节划分方法(3~5 月为春季,6~8 月为夏季,9~11 月为秋季,12~2 月为冬季)将天山山区 2000~2010 年各站点以及加法方法修正后 TRMM 的月降水整理为季平均降水数据,并对各季节的降水做时间序列图,见图 3。

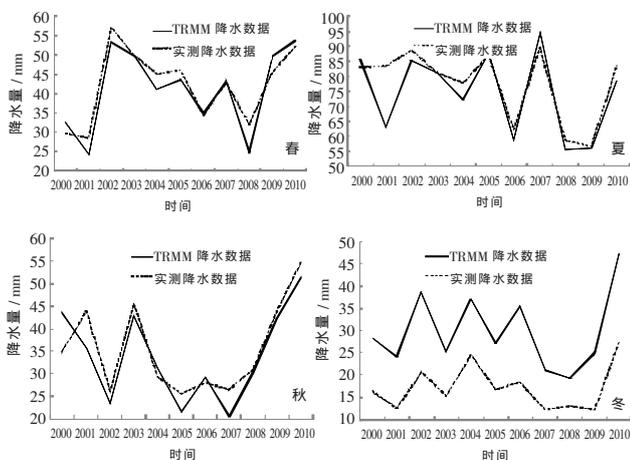


图 3 TRMM 与站点观测多年季均降水对比(2000~2010)(mm/mon)

Fig.3 Comparison between the TRMM and observed data in the seasonal mean precipitation (2000~2010)

从以上 TRMM 降水数据与站点实测降水时间序列图上可以看出,春季和冬季降水的时间变化趋势的一致性优于夏季和秋季。春夏秋三季的 TRMM 降水数据普遍低于实测降水,而冬季 TRMM 降水明显高于实测降水且差值较大,最大相差 19.87mm。经计算,春、夏、秋、冬的效率系数分别为 79.45%、79.93%、79.89% 和 79.29%,均方根误差分别为 8.5、9.2、9.9 和 59.2,很明显冬季的误差很大。就季尺度而言,TRMM 降水数据的效率系数是 79.63%。

#### 4.1.3 年降水精度对比

将 TRMM 降水数据与站点实测降水的数据统计

为年降水数据,做时间序列图,见图 4,在年时间尺度上对 TRMM 降水的精度进行对比。

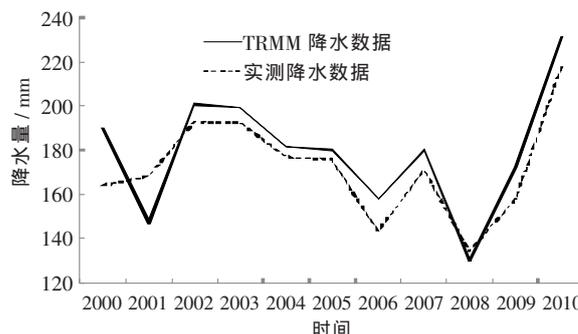


图 4 TRMM 与站点观测多年平均降水对比(2000~2010)(mm/mon)

Fig.4 The comparison between the TRMM and observed data in the annual mean precipitation (2000~2010)

天山山区 2000~2010 年期间,2001 年 TRMM 年均降水比站点的实测降水低 21.61mm,2008 年低 4.65mm,其余年份平均高 11.43mm,但总体变化趋势一致。研究区 TRMM 多年年均降水数据的效率系数是 63.25%,均方根误差是 9.32。

从图 2~4 中可以看出,在各时间尺度上的 TRMM 降水与站点实测的降水都有很好的一致性。多年降水月、季、年尺度上的 TRMM 数据都要略大于站点观测的数据。TRMM 降水数据的效率系数随着月、季、年时间尺度的增大而减小,均方根误差则随之增大,说明遥感数据的精度随时间尺度的增加而减低。

### 4.2 空间尺度 TRMM 降水精度分析

#### 4.2.1 月降水相对误差分析

对天山山区 24 个观测站的实测降水与 TRMM 降水数据做相对误差的分析,见表 1。相对误差的计算公式见公式 2。

从表 1 中可以看出,天山 24 个观测站点与 TRMM 降水数据的相对误差在 1~3 月及 10~12 月较大,其中 11 月相对误差达到了 3.11%;4~9 月的相对误差较小,9 月的相对误差仅为 0.02%。相对于其他观测站,位于天山东部的达坂城、七角井和吐鲁番 3 个站点的实测降水与 TRMM 降水的相对误差要大,其中达坂城 10 月和 11 月的相对误差值达到了 22.86% 和 23.56%,1~4 月份的相对误差也均超过了 10%,除 7 月的相对误差 -0.23%(TRMM 降水数据小于实测降水数据)外其余月份均为正值;吐鲁番测站 12 月份的相对误差为 0.60%,其他月份的相对误差值介于 2.41% 与 10.10% 之间。总体上,24 个测站 12 个月的平均相对误差均为

表 1 TRMM 与站点观测多年月均降水相对误差对比(2000~2010)(%)

Table 1 Comparison between the TRMM and observed data in the relative error of the monthly mean precipitation (2000~2010) (%)

|       | 1月   | 2月   | 3月   | 4月   | 5月   | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 精河    | 2.6  | 0.7  | 0.4  | -0.2 | 0.0  | 0.4  | 0.5  | 1.1  | 0.0  | 2.4  | 4.0  | 5.5  |
| 乌苏    | -0.1 | -0.8 | -0.9 | -0.5 | -0.3 | 0.9  | 0.5  | 1.2  | -0.5 | 0.4  | 0.5  | 0.4  |
| 石河子   | 0.3  | -0.4 | -0.6 | -0.6 | -0.2 | 0.2  | 0.3  | 0.2  | -0.6 | 0.0  | 0.2  | 0.3  |
| 蔡家湖   | 2.4  | 1.2  | -0.4 | -0.4 | 0.3  | 2.0  | -0.1 | 1.1  | 0.1  | 0.8  | 0.5  | -0.5 |
| 奇台    | 0.4  | 0.1  | -0.6 | -0.2 | -0.3 | 1.1  | -0.2 | -0.3 | -0.3 | 0.4  | 0.3  | -0.4 |
| 伊宁    | 1.3  | -0.3 | -0.6 | -0.2 | -0.4 | -0.2 | -0.4 | 0.6  | 0.4  | 0.6  | -0.2 | 1.1  |
| 昭苏    | 4.2  | 0.5  | -0.8 | -0.4 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.4 | 0.5  | 0.5  | 2.4  |
| 乌鲁木齐  | 1.1  | 0.1  | -0.6 | -0.7 | -0.3 | 1.3  | -0.2 | 0.3  | -0.3 | 0.4  | 0.1  | -0.6 |
| 巴仑台   | 3.1  | 4.0  | 1.4  | 0.1  | 0.6  | 0.7  | 0.0  | 0.5  | 0.1  | 1.0  | 8.9  | 5.9  |
| 达坂城   | 10.9 | 14.1 | 10.8 | 10.1 | 5.4  | 1.5  | -0.2 | 0.2  | 0.4  | 22.9 | 23.6 | 1.4  |
| 七角井   | 2.1  | 8.2  | 22.8 | 0.0  | 1.6  | 1.8  | 0.7  | -0.6 | -0.8 | 1.7  | 6.7  | 14.7 |
| 库米什   | 3.9  | 0.8  | 4.2  | 0.6  | 0.5  | 1.7  | 0.1  | 0.6  | 0.1  | 6.1  | 10.2 | 1.2  |
| 巴音布鲁克 | 0.4  | -0.6 | -0.8 | 0.9  | 0.7  | 0.9  | -0.4 | -0.1 | -0.2 | 0.8  | 1.3  | 0.3  |
| 焉耆    | 1.0  | -0.7 | 0.8  | -0.8 | 0.7  | 5.1  | 1.7  | 2.8  | 0.5  | 0.0  | 0.9  | 1.3  |
| 吐鲁番   | 9.7  | 2.9  | 10.1 | 2.5  | 5.1  | 7.3  | 4.8  | 2.4  | 4.5  | 7.5  | 4.9  | 0.6  |
| 阿克苏   | -0.6 | -0.7 | 1.2  | 0.6  | 0.2  | 0.4  | 0.1  | 0.6  | 0.6  | 1.5  | 2.2  | 0.7  |
| 拜城    | 0.2  | 0.2  | -0.8 | -0.4 | -0.5 | 0.6  | -0.4 | 0.2  | -0.8 | -0.2 | -0.4 | -0.1 |
| 轮台    | 1.0  | 6.4  | 0.1  | -0.6 | -0.4 | 1.7  | 0.0  | 3.6  | 0.0  | 0.5  | -0.1 | -0.3 |
| 库车    | -0.6 | -0.9 | -0.7 | -0.8 | -0.1 | 1.0  | 0.4  | 0.5  | -0.5 | 0.3  | -0.1 | 0.1  |
| 库尔勒   | 0.8  | -0.1 | 0.0  | -0.7 | 0.9  | 5.0  | 0.5  | 2.7  | -0.1 | 0.9  | 1.3  | -0.6 |
| 吐尔尕特  | 1.9  | 0.3  | -0.6 | 0.6  | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.9 | -0.5 | 0.9  | 3.3  | 0.4  |
| 乌恰    | 2.6  | -0.2 | 1.0  | -0.3 | -0.5 | -0.8 | -0.8 | -0.9 | -0.6 | 0.4  | 2.2  | 0.6  |
| 喀什    | 0.9  | -0.1 | -0.3 | 3.3  | -0.7 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.1 | 0.7  | 2.1  | -0.8 |
| 阿合奇   | -0.7 | -0.6 | -0.6 | 0.1  | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.7 | -0.5 | 0.7  | 1.7  | 0.4  |
| 平均值   | 2.03 | 1.41 | 1.85 | 0.49 | 0.46 | 1.28 | 0.21 | 0.59 | 0.02 | 2.13 | 3.11 | 1.42 |

正值,说明 TRMM 降水数据普遍大于实测降水数据,但是石河子、伊宁及乌恰等几个站在 3~9 月期间的相对误差值为负,根据站点分布图可知,这些测站基本分布于降水量较充沛的天山中部地区。

#### 4.2.2 季降水相对误差分析

分别将 TRMM 和站点的月降水数据按照季节的分配计算出各季度的降水,然后,根据公式(2)做季降水的相对误差分析,见表 2。

由 TRMM 降水与站点降水数据多年季平均相对误差表可以看出,冬季降水的相对误差的平均值较春、夏、秋三个季节大,且其均为正值;冬季研究区的大部分观测站的降水小于 TRMM 降水,其降水的相对误差为正值。与月均降水相对误差结果相似的是,天山东部降水较少的达坂城和吐鲁番站点的误差值均较其他站大,达坂城站春季和冬季的降水相对误差分别为 6.79% 和 6.56%;吐鲁番站冬季降水相对误差为 3.53%,其余三季在 5% 以上。石河子、乌鲁木齐等天山

北坡的几个测站春季的降水误差为负值,夏秋冬三季普遍为正值;位于研究区西南部的乌恰等站的降水相对误差在春夏秋季普遍为负值。

#### 4.2.3 年降水相对误差分析

将站点实测降水和 TRMM 降水 2000~2010 年的多年年均降水按照相对误差计算公式计算,得到如表 3 的研究区 24 个观测站多年年均降水相对误差表。

表 3 显示天山山区 24 个观测站的降水相对误差的平均值为 0.54,TRMM 降水总体上大于站点实测降水数据。吐鲁番的年均降水相对误差值为 4.94%,明显高于其他站的误差,达坂城的误差为 1.55%,乌鲁木齐站的年均降水相对误差仅为 -0.02%,乌苏、喀什的降水误差分别为 0.03%、-0.03%。

从表 1~3 天山山区 24 个观测站 TRMM 降水与实测降水月、季、年的相对误差,可以看出研究区 TRMM 降水资料总体稍大于站点实测的降水值。天山东部达坂城、吐鲁番等降水较少的地区降水相对误差较大,研

表2 TRMM与站点观测多年季均降水相对误差对比  
(2000~2010)(%)

Table 2 Comparison between the TRMM and observed data in the relative error of the seasonal mean precipitation (2000~2010) (%)

|       | 春     | 夏     | 秋     | 冬     |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 精河    | -0.03 | 0.59  | 1.65  | 2.87  |
| 乌苏    | -0.51 | 0.82  | 0.08  | -0.15 |
| 石河子   | -0.42 | 0.24  | -0.13 | 0.05  |
| 蔡家湖   | -0.13 | 0.98  | 0.50  | 0.92  |
| 奇台    | -0.36 | 0.03  | 0.13  | 0.01  |
| 伊宁    | -0.41 | -0.16 | 0.21  | 0.68  |
| 昭苏    | -0.59 | -0.62 | 0.04  | 2.21  |
| 乌鲁木齐  | -0.52 | 0.37  | 0.06  | 0.09  |
| 巴仑台   | 0.55  | 0.38  | 0.53  | 4.03  |
| 达坂城   | 6.79  | 0.38  | 4.29  | 6.56  |
| 七角井   | 0.98  | 0.47  | 0.42  | 6.12  |
| 库米什   | 0.84  | 0.64  | 2.13  | 1.68  |
| 巴音布鲁克 | 0.41  | 0.08  | 0.26  | 0.05  |
| 焉耆    | 0.19  | 3.06  | 0.39  | 0.02  |
| 吐鲁番   | 5.44  | 5.02  | 5.44  | 3.53  |
| 阿克苏   | 0.49  | 0.30  | 1.06  | -0.27 |
| 拜城    | -0.53 | 0.06  | -0.53 | 0.10  |
| 轮台    | -0.45 | 1.40  | 0.10  | 2.44  |
| 库车    | -0.40 | 0.66  | -0.20 | -0.56 |
| 库尔勒   | 0.30  | 2.24  | 0.35  | 0.01  |
| 吐尔尕特  | -0.12 | -0.68 | 0.39  | 0.72  |
| 乌恰    | -0.20 | -0.81 | -0.01 | 1.07  |
| 喀什    | -0.32 | -0.38 | 0.53  | 0.16  |
| 阿合奇   | -0.30 | -0.49 | -0.23 | -0.47 |
| 平均值   | 0.45  | 0.61  | 0.73  | 1.33  |

表3 TRMM与站点观测多年平均降水相对误差对比  
(2000~2010)(%)

Table 3 Comparison between the TRMM and observed data in the relative error of the annual mean precipitation (2000~2010) (%)

|       | 年均    |
|-------|-------|
| 精河    | 0.94  |
| 乌苏    | 0.03  |
| 石河子   | -0.09 |
| 蔡家湖   | 0.54  |
| 奇台    | -0.06 |
| 伊宁    | 0.04  |
| 昭苏    | -0.35 |
| 乌鲁木齐  | -0.02 |
| 巴仑台   | 0.44  |
| 达坂城   | 1.55  |
| 七角井   | 0.73  |
| 库米什   | 0.92  |
| 巴音布鲁克 | 0.16  |
| 焉耆    | 1.67  |
| 吐鲁番   | 4.94  |
| 阿克苏   | 0.47  |
| 拜城    | -0.22 |
| 轮台    | 0.75  |
| 库车    | 0.16  |
| 库尔勒   | 1.32  |
| 吐尔尕特  | -0.26 |
| 乌恰    | -0.37 |
| 喀什    | -0.03 |
| 阿合奇   | -0.38 |
| 平均值   | 0.54  |

究区的西南部分地区各时间尺度的降水相对误差均为负值,说明这部分地区的TRMM降水值要高于测站实测的降水数据。造成遥感资料与实测降水数据区域上误差的原因,可能是测站数量较少,布设在海拔较低处且分布不均。降水的相对误差在雨量较充沛的夏秋季(4~9月)较冬季要小,TRMM降水与测站降水数据的相对误差在时段上的差异,可能是由于TRMM降水数据是热带降水观测卫星测得的数据,对雨量较大时段的观测较精确。总的来说,TRMM降水资料与天山24个站点实测降水数据的相对误差在允许的范围内,说明该遥感数据在研究区有一定的适用性。

#### 4.3 TRMM降水与实测数据的拟合

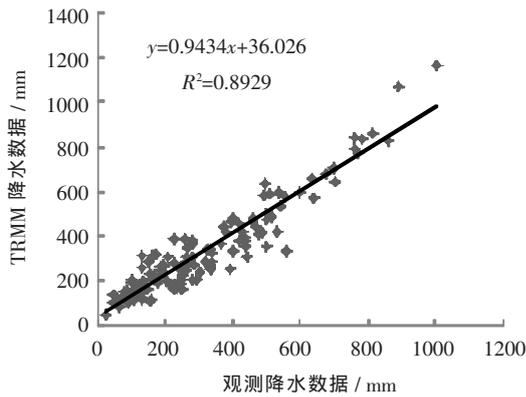
分别在月、季、年尺度上,将测站观测的降水和TRMM的降水数据做散点图(见图5),确定其各尺度上的 $R^2$ 值,验证并比较TRMM降水资料的精确度。

图5显示的是天山山区TRMM降水和站点实测降水的散点图。月尺度上的相关系数达到了0.89,季节尺度上的相关系数也有0.84,其中各季节的相关系数为0.87、0.73、0.85和0.89,降水最多的夏季的相关系数最低,而冬季的最高。基于TRMM和观测站多年年降水的相关系数为0.72。TRMM降水数据和站点实测的降水数据在月尺度上的相关程度最大,而多年年均降水的相关程度最小。

## 5 结论

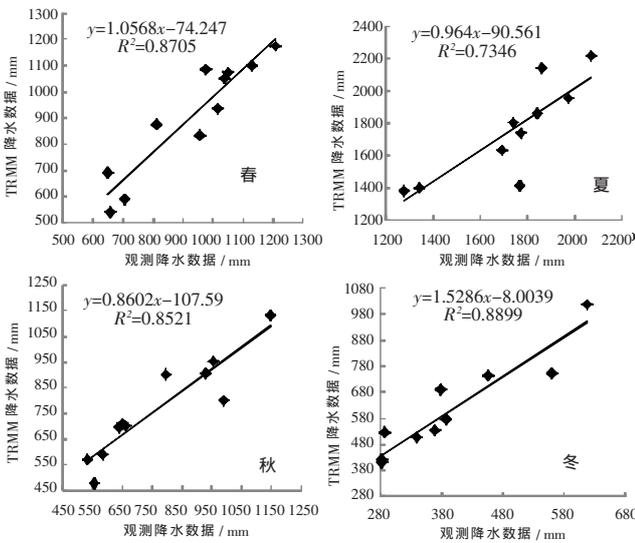
本研究利用天山山区24个气象站的月降水资料对该区同时段的TRMM数据进行精度验证。并给出了2000~2010年天山山区的月、季、年降水的时间序列图和空间降水相对误差分布图。得到的主要结论有:

(1)TRMM降水数据在研究区有较好的精度。在



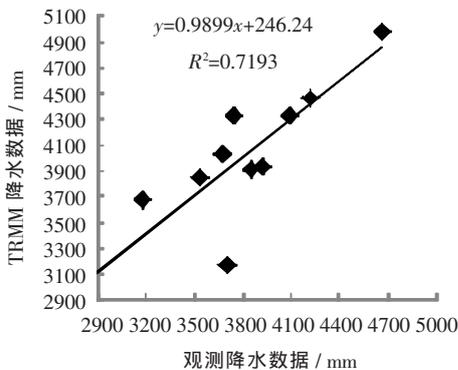
a TRMM 与站点实测数据多年月平均降水散点图

a. Scattergrams of the monthly mean precipitation of TRMM with the observed data



b TRMM 与站点实测数据多年季平均降水散点图

b. Scattergrams of the seasonal mean precipitation of TRMM with the observed data



c TRMM 与站点实测数据多年平均降水散点图

c. Scattergrams of the annual mean precipitation of TRMM with the observed data

图 5 TRMM 与站点实测降水数据拟合

Fig.5 Fitting curve of the TRMM with observed data

月尺度上 TRMM 降水和站点实测降水均方根误差为 0.25,季尺度降水的均方根误差除冬季均在 10.0 以内,年均降水相对误差为 9.32。相关系数都在 0.7 以上,其中月尺度的相关系数达到了 0.89,月、季尺度的效率系数分别为 88.25%、79.63%,年尺度的效率系数只有 63.25%,这与骆三等<sup>[13]</sup>得到的时间尺度越大 TRMM 数据的精度越低的结果相同。TRMM 数据在天山山区有较好的适用性。

(2)结合测站位置与站点实测和 TRMM 降水数据,可以看出天山山区降水的分布有如下特征:天山东部地区降水最少,多年年均降水只有 20mm/a,中部是天山山区降水最丰富的地区,多年年均降水达到了 600mm/a。降水主要集中在夏季,冬季降水很少,降水最大的 7 月份降水量有 70mm/mon。雨量越大 TRMM 数据的误差相对越小,这与骆三得到的结论基本一致。

(3)由研究区 TRMM 降水资料和站点降水数据的相对误差看出,由于观测站点的稀缺和所处海拔较低,站点观测降水和 TRMM 降水有一定的误差,尤其在研究区西南地区和天山中部。TRMM 降水数据在雨量较小的冬季与实测降水数据的相对误差要较其他时段大一些,在雨量较大时降水数据的精度相对高。TRMM 降水数据在该地区进一步的应用,还需要对该数据进行校正。

虽然,在资料短缺地区由于气象站点不足且大部分分布在海拔较低的地区,对研究区面雨量的分布造成了影响,但是就天山及其周边地区 TRMM 降水数据和站点观测降水数据的时间和空间精度分析来看,TRMM 降水资料在资料短缺地区有一定的适用性,该研究结果对干旱区无资料区的水文过程研究具有重要应用价值。

参考文献:

[1] 刘苏峡,夏军,莫兴国. 无资料流域水文预报(PUB 计划)研究进展[J]. 水利水电技术, 2005,36(2):9-12. (LIU Suxia, XIA Jun, MO Xingguo. Progress in study of predictions in ungauged basins[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2005,36(2):9-12. (in Chinese))

[2] 刘元波,傅巧妮,宋平. 卫星遥感反演降水研究综述[J].地球科学进展, 2011,26(11):1162-1172. (LIU Yuanbo, FU Qiaoni, SONG Ping. Satellite retrieval of precipitation:an overview [J]. Advances in Earth Science, 2011,26(11):1162-1172. (in Chinese))

[3] 刘俊峰,陈仁升,韩春坛. 多卫星遥感降水数据精度评价[J]. 水科学进展, 2010,21(3):343-348. (LIU Junfeng, CHEN Rensheng, HAN Chuntan. Evaluating TRMM multi-satellite precipitation analysis

- using gauge precipitation and MODIS snow-cover products [J]. Advances in Water Science, 2010,21(3):343-348. (in Chinese))
- [4] 刘俊峰, 陈仁升, 卿文武. 基于 TRMM 降水数据的山区降水垂直分布特征[J]. 水科学进展, 2011,22(4):447-454. (LIU Junfeng, CHEN Rensheng, QING Wenwu. Study on the vertical distribution of precipitation in mountainous regions using TRMM data[J]. Advances in Water Science, 2011,22(4):447-454. (in Chinese))
- [5] 穆振侠, 姜卉芳. 基于 TRMM/TMI 的天山西部山区降水垂直分布规律的研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2010,24 (10):66-71. (MU Zhenxai, JIANG Huifang. The vertical distribution law of precipitation in the western Tianshan Mountain based on TRMM/TMI [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2010,24 (10):66-71. (in Chinese))
- [6] 穆振侠, 姜卉芳. 基于 TRMM/TMI 的天山西部山区降水研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010,24 (7):115-119. (MU Zhenxai, JIANG Huifang. Research of precipitation in the western Tianshan Mountain based on TRMM/TMI [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2010,24(7):115-119. (in Chinese))
- [7] 穆振侠, 姜卉芳, 刘丰. 基于 TRMM/TMI 与实测站点的降水垂直分布差异性探讨[J]. 干旱区研究, 2010,27(4):515-521. (MU Zhenxia, JIANG Huifang, LIU Feng. Discussion on difference of vertical distribution pattern of precipitation based on TRMM/TMI and observed data [J]. Arid Zone Research, 2010,27(4):515-521. (in Chinese))
- [8] Huffman, G.J. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales [J]. Journal of Hydrometeorology, 2007,8(1):38-55.
- [9] 曾红伟, 李丽娟. 澜沧江及周边流域 TRMM 3B43 数据精度检验[J]. 地理学报, 2011,66(7) :44-1004. (ZENG Hongwei, LI Lijuan. Accuracy validation of TRMM 3B43 data in Lancang River basin [J]. Acta Geographica Sinica, 2011,66(7):944-1004. (in Chinese))
- [10] 郝振纯, 童凯, 张磊磊, 等. TRMM 降水资料在青藏高原的适用性分析 [J]. 水文, 2012,31 (5):18-23. (HAO Zhenchun, TONG Kai, ZHANG Leilei, et al. Applicability analysis of TRMM precipitation estimates in Tibetan Plateau [J]. Journal of China Hydrology, 2012,31(5):18-23. (in Chinese))
- [11] 李瑞雪. 中国天山山区气候变化的时空分布特征 [D]. 西北师范大学, 2010. (LI Ruixue. Spatio-temporal Distribution Characteristics of Climate Change in the Tianshan Mountainous, China [D]. Northwest Normal University, 2010. (in Chinese))
- [12] 赵传成, 丁永健, 叶柏生, 等. 天山山区降水量的空间分布及其估算方法 [J]. 水科学进展, 2011,22 (3):315-322. (ZHAO Chuancheng, DING Yongjian, YE BAisheng, et al. Spatial distribution of precipitation in Tianshan Mountains and its estimation [J]. Advances in Water Science, 2011,22(3):315-322. (in Chinese))
- [13] 骆三, 苗俊峰, 牛涛, 等. TRMM 测雨产品 3B42 与台站资料在中国区域的对比分析 [J]. 气象, 2011,37 (9):1081-1090. (LUO San, MIAO Junfeng, NIU Tao, et al. A comparison of TRMM 3B42 products with rain gauge observations in China [J]. Meteorological Monthly, 2011,37(9):1081-1090. (in Chinese))

## Applicability Research on TRMM Precipitation Data in Tianshan Mountains

WANG Xiaojie<sup>1</sup>, LIU Hailong<sup>1</sup>, BAO Anming<sup>2</sup>

(1. College of Water Conservancy Construction, Shihezi University, Shihezi 832003, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumchi 830011, China)

**Abstract:** Estimation of the rainfall in the ungauged areas is very difficult. Remote is an important approach for resolving this problem in recent years. The applicability of TRMM precipitation data in Tianshan Mountains was studied in this paper. By comparing the TRMM data with observed data of the 21 meteorology stations from 2000 to 2010, we found there was a good consistency between them in different time scales and spatial scales. The results show that the correlation coefficient ( $R^2$ ) is greater than 0.7 in different temporal scales. The relative errors are between -40% and 40% in different spatial scales. It also indicates that the TRMM data could be used in the study area. This analysis is meaningful for the water resource study in ungauged areas.

**Key words:** TRMM data; Tianshan Mountains; precipitation; RS