

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2015.04.001

藏东南尼洋河流域降水径流量平衡问题

王建群¹, 陈红红¹, 洛珠尼玛²

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 西藏自治区水文局, 西藏 拉萨 850000)

摘要: 为了深入分析藏东南尼洋河流域水文特征及产汇流机理, 对该流域降水径流量平衡问题进行研究。基于尼洋河流域工布江达、巴河桥、更张等水文站日降水、流量等水文气象观测资料, 对采用传统泰森多边形法计算的尼洋河流域面平均雨量小于径流量这一现象进行分析, 提出降雨径流量平衡问题; 针对尼洋河流域地形地貌特征、降水空间分布规律和测站分布的实际情况, 提出尼洋河流域面平均雨量分布式计算方法, 并进行了实例计算。计算结果表明: 目前对尼洋河流域降水空间分布特征缺乏正确认识; 采用传统的泰森多边形法计算面平均雨量是导致出现水量不平衡问题的主要原因。指出尼洋河流域面平均雨量计算应考虑降水的垂直分布差异。

关键词: 降水; 径流; 水循环要素变化特征; 水量平衡; 青藏高原; 藏东南地区; 尼洋河流域

中图分类号: P339

文献标志码: A

文章编号: 1000-1980(2015)04-0283-05

Precipitation-runoff water balance problem in Niyang River catchment in Southeast Tibet

WANG Jianqun¹, CHEN Honghong¹, Luo Zhunima²

(1. College of Hydrology and Water resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Tibet Autonomous Region, Lhasa 850000, China)

Abstract: In order to deeply analyze the hydrological characteristics and the mechanism of runoff generation and concentration in the Niyang River catchment in Southeast Tibet, the precipitation-runoff water balance problem is examined. Based on meteorological and hydrological observation data, such as daily precipitation and flow, at Gongbujiangda, Baheqiao, Gengzhang hydrological stations etc. in the Niyang River catchment, the phenomenon of watershed average precipitation calculated with the traditional Thiessen polygons method being less than the runoff is analyzed. The precipitation-runoff water imbalance problem is described. The method and steps for distributed computing of the watershed average precipitation for the Niyang River catchment considering the topographical features, spatial distribution regularity of precipitation, and distribution of hydrological stations are proposed, and an example calculation is given. The results show that misunderstanding of the spatial distribution of precipitation in the Niyang River catchment and the calculation of watershed average precipitation with the traditional Thiessen polygons method are the main causes of the water imbalance problem. The calculation of the watershed average precipitation should consider the vertical distribution differences of precipitation in the Niyang River catchment.

Key words: precipitation; runoff; change characteristics of water cycle elements; water balance; Qinghai-Tibetan Plateau; Southeast Tibet; Niyang River catchment

青藏高原因其海拔高、地表物理性质复杂等特点, 是全球变化研究的热点区域^[1]。西藏自治区是青藏高原的主体部分, 有着“世界屋脊”之称。关于西藏地区气温、降雨、径流等水循环要素在全球气候变化背景下的演变趋势有着大量的研究, 例如: 文献[2-4]主要研究了气温和降水演变趋势, 文献[5-8]研究了径流演

收稿日期: 2014-11-12

基金项目: 国家自然科学基金(40830639)

作者简介: 王建群(1960—), 男, 江苏句容人, 教授, 博士, 主要从事流域水文模拟及水资源规划管理研究。E-mail: wangjq@hhu.edu.cn

变趋势,文献[9]研究了积雪特征和变化趋势。尽管关于西藏高原地区气候变化背景下的水循环要素演变趋势有着大量的研究,但关于藏东南地区水文特征及产汇流机理还缺少研究。藏东南尼洋河流域具有高山深谷地貌,气候、土壤、植被分布随海拔高度不同而发生明显的垂直分异,流域内同时分布着多年冻土、季节冻土和瞬时冻土,水循环特征独特,产汇流机理相当复杂。文献[10]采用混合线性回归模型方法建立了尼洋河洪水预报模型;文献[11]建立了考虑藏东南寒区水文特征的尼洋河流域分布式生态水文模型;文献[12-13]研究了尼洋河流域代表站气温、降雨及径流的变化特征。文献[14-15]对尼洋河流域水电梯级开发对生态环境质量影响、可持续的水资源开发利用等问题进行了深入研究。2006 年以来,尼洋河流域相继开工建设了雪卡、老虎嘴、多布等水电站。尼洋河流域水电的开发和社会经济的快速发展,对水安全提出了较高的要求。关于对尼洋河流域的降雨径流特征和水量平衡关系还缺少深入研究。本文主要研究尼洋河流域水循环要素变化特征及降水径流量平衡问题。

1 水量平衡问题的提出

藏东南尼洋河流域位于北纬 29°24′~30°39′、东经 92°10′~94°30′之间,东西长 245 km,南北宽143 km,流域面积 17 900 km²。尼洋河是雅鲁藏布江的支流,长 286 km,落差2 273 m,发源于拉闸拉、俄拉等一系列山峰上的高原湖泊和冰川,自西向东流经工布江达县、八一镇、林芝县,在林芝县的鲁定村附近汇入雅鲁藏布江。尼洋河流域水文观测站仅有 4 个,即工布江达、巴河桥、更张、八一(见图 1)。尼洋河流域 1997—2002 年降水量、径流深观测资料统计结果见表 1、表 2。

由表 1、表 2 可知,更张测站(断面)1997 年的年径流深为 877.2 mm,大于 1997 年尼洋河流域 4 个雨量站中年降水量最大值(804.7 mm)。若采用传统的泰森多边形法计算更张以上流域面平均降水量,计算的更张以上流域 1997 年面雨量不会超过 4 个雨量站中年降水量最大值(804.7 mm),小于更张断面年径流深。这里,还没有考虑流域面上的蒸发,采用传统的泰森多边形法计算的更张断面以上流域 1997 年面降水量小于 1997 年的年径流深,水量似乎不平衡。对 1998—2002 年的每一年进行分析,同样存在着水量似乎不平衡现象。水量平衡问题的出现迫使人们必须深入研究流域降雨径流特征和产汇流机理。

2 水循环要素特征分析

2.1 气温

尼洋河流域气温年较差小、日较差大。例如,尼洋河谷工布江达水文站多年平均气温 7.98℃,最低气温-15.15℃,最高气温 29.07℃,年气温较差 44.22℃;2003 年,尼洋河谷工布江达水文站最大日较差为 34℃,相应日最低气温、最高气温分别为-18.5℃、15.5℃,发生在 1 月 21 日;年平均日较差为 15.6℃。气温随海拔的升高由东向西水平过渡也比较明显。海拔 3 000 m 的八一水文站,多年平均气温 9.96℃,向西过渡到海拔 3 085 m 的更张水文站,多年平均气温 8.83℃(气温下降了 1.13℃);过渡到海拔 3 415 m 的工布江达水文站,多年平均气温 7.89℃(气温又下降了 0.94℃)。以上事实验证了气温随海拔增高呈直线递减的规律。

2.2 降水

尼洋河流域干湿季节分明。每年 5—10 月为雨季,沿雅鲁藏布江河谷进入的暖湿气流控制本流域,天气

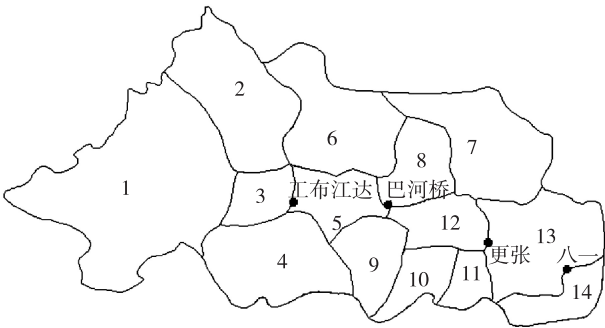


图 1 尼洋河流域子流域划分示意图
Fig. 1 Schematic diagram of sub-catchment division of Niyang River catchment

表 1 尼洋河流域降水量统计结果
Table 1 Precipitation statistics in Niyang River catchment

水文站	年降水量/mm					
	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
工布江达	565.6	794.0	656.0	788.1	752.4	620.8
巴河桥	507.6	826.0	737.6	876.1	698.9	817.9
更 张	804.7	1 100.5	753.2	1 010.6	848.7	757.5
八 一	594.6	1 019.0	729.8	844.3	768.2	674.7

表 2 尼洋河流域年径流深统计
Table 2 Runoff depth statistics in Niyang River catchment

水文站	年径流深/mm					
	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
工布江达	504.4	686.1	470.7	699.3	695.2	622.6
巴河桥	1 374.9	1 706.6	1 487.4	1 557.2	1 511.6	1 259.2
更 张	877.2	1 268.9	954.3	1 191.5	1 082.8	955.7

温暖、湿润、多雨;11—4月为干季,主要受西风带的影响,天气干燥、晴朗,昼夜温差大。此外,尼洋河流域多夜雨,少暴雨。更张水文站1997—2002年间的最大1日降雨仅有40.4 mm。尼洋河流域降水在地区上的分布从东到西逐渐减少。根据1997—2002年的资料分析,八一水文站测得多年平均年降水量772 mm,工布江达水文站测得多年平均年降水696 mm;据估计,河源处河谷年降水约在550 mm左右。降水的垂直分布也存在着差异。冬末初春,河谷里还是干旱少雨季节,而两岸山坡上已是白雪皑皑,这说明在同一地点降水量随着海拔的升高而增加。根据拉萨附近的流沙河流域雨量自动测报系统的雨量观测资料分析,海拔3 650 m处的年降水为440 mm,随着海拔的升高,年降水量递增率在15 mm/100 m左右。

2.3 蒸散发

尼洋河流域蒸发强度在空间上的分布规律比较复杂。根据1997—2002年的资料分析,海拔3 000 m的八一水文站测得的多年平均年蒸发强度为1 026.4 mm,海拔3 085 m的更张水文站测得的多年平均年蒸发强度为966.4 mm,海拔3 415 m的工布江达水文站测得的多年平均年蒸发强度为1 240.3 mm。可以看出,不存在多年平均年蒸发强度随海拔升高而逐渐增加或逐渐减少的规律。尼洋河流域的地形对蒸散发有较大的影响。由于强烈的太阳辐射,向阳坡的蒸发强度比背阳坡的蒸发强度大得多;由于降水量不多,以及向阳坡和背阳坡蒸发强度的不同,向阳坡的土壤含水量远小于背阳坡的土壤含水量,向阳坡的植被不如背阳坡的植被茂盛,这与南方湿润地区的情况截然相反。

2.4 冰雪径流

尼洋河流域内不但有古冰川作用的遗迹,同时现代海洋性冰川也很发育,雪线在海拔5 700 m左右。海洋性冰川由于它的补给和消融水平都比较高,对河流的发育和水文特性带来较大的影响。在尼洋河流域,冰雪融水是河川径流的重要水源,以更张水文站为例,冰雪径流占47%。冰川是一个巨大的水库,它获得液态和固态2种降水,并储蓄这些降水,然后在以后的日子里逐渐释放出来,具有明显的以年为周期的变化。

2.5 冻融与土壤水分运动

尼洋河流域为高山深谷地貌类型,分布有许多高出海拔5 000 m的高山,最高山峰海拔6 691 m,尼洋河谷海拔一般都在3 000~4 000 m以下。尼洋河流域的高山深谷地貌,导致气温垂直变异较大,流域内同时分布着多年冻土、季节性冻土和瞬时冻土。由于冻融过程的存在,包气带土壤水分运动更加复杂。在冻结期,相当于不透水层的冻结界面出露地面,包气带厚度为零。在融化期,冻土层的存在使下渗受到明显的阻挡;事实上,在气温转暖初期,最初的融雪水和降雨以形成饱和地面径流为主;随着冻土的融化,壤中流的比重会逐步增加。

3 水量平衡问题原因分析及计算方法

3.1 水量平衡原因分析

由尼洋河流域水循环要素特征分析可知,尼洋河流域降水在地区上的分布呈从东到西逐渐减少状况;尼洋河流域高山深谷地貌,降水的垂直分布也存在着差异。设在尼洋河谷的工布江达、巴河桥、更张、八一测站观测到的降水量偏小,不能代表流域的整体情况。来源于这些测站的数据会导致人们对尼洋河流域降水空间分布特征缺乏正确认识,根据这些数据、采用传统的泰森多边形法计算面平均雨量是导致水量平衡问题出现的主要原因。

3.2 计算方法

针对尼洋河流域地形地貌特征、降水空间分布规律以及测站分布的实际情况,笔者提出尼洋河流域面平均雨量分布式计算方法步骤如下:

3.2.1 子流域划分

根据尼洋河流域水系和水文观测站位置情况,把尼洋河流域划分为14个子流域(见图1)。

3.2.2 计算单元划分

由于流域下垫面和气候因素具有时空变异性,为了便于分布式模拟,将流域细分为若干个计算单元。采用自然子流域-水文响应单元划分法,每个自然子流域的每一水文响应单元是一种单一的高程、土壤、植被和坡向的组合,是最基本的计算单元。根据每个子流域的高程、土壤植被和土地利用等下垫面组合情况及尼洋河流域高程-土壤-植被之间的关系概化(见表3),将每个子流域划分为5个水文响应单元。

表 3 尼洋河流域高程-土壤-植被带情况

Table 3 Elevation, soil, and vegetation belt of Niyang River catchment

单元编号	高程/m	土壤	植被
B1	≤3 500	酸性棕壤、棕壤	山地针叶林、阔叶林混交林带(高山松、川滇高山栎林)
B2	(3 500,4 200]	漂灰土	亚高山针叶林带(云杉林、冷杉林和方枝柏林)
B3	(4 200,4 500]	棕毡土	高山疏林、灌丛带(多种高山类柳树和杜鹃等)
B4	(4 500,5 000]	黑毡土	高山草甸、草原带
B5	≥5 000	—	高山寒漠带和高山冰雪带(无植被)

3.2.3 雨量空间插值

a. 在尼洋河源头的次波郎与白曲交汇处虚设河源河谷雨量站,利用工布江达水文站测得的雨量来插补河源河谷雨量站雨量。尼洋河流域降水在地区上的分布为从东到西逐渐减少,据此估计河源河谷处降水量插补关系为

$$P_2 = \alpha P_1 \tag{1}$$

式中: P_1 ——工布江达水文站雨量; P_2 ——河源河谷雨量站雨量; α ——参数。

根据 1997—2002 年的资料分析,八一水文站的多年平均年降水量 772 mm,工布江达水文站的多年平均年降水 696 mm,河源河谷处多年平均年降水在 550 mm 左右,据此可取 $\alpha=0.78$ 。

b. 采用线性插值法插补尼洋河谷沿线雨量。

c. 对各水文响应单元雨量进行插补,公式为

$$P = P_0[1 + \beta(Z - Z_0)] \tag{2}$$

式中: P 、 Z ——水文响应单元面平均日雨量和平均海拔高程; P_0 、 Z_0 ——与水文响应单元所在子流域形心同经度的尼洋河谷日雨量和海拔高程; β ——参数,与每个子流域的梯度降水特性有关(根据降水特征分析,可取 $\beta=0.001$)。

d. 面雨量计算。采用面积加权法计算各子流域面平均降水量,并分别计算工布江达、巴河桥、更张等 3 个断面集水区域的面平均降水量,结果见表 4。

由表 2、表 4 可计算得工布江达、巴河桥、更张 3 个水文站的多年平均径流系数分别为 0.68、0.68、0.63。由此可知降雨径流关系合理,不再发生水量平衡问题。

表 4 尼洋河流域面平均降水量计算结果

Table 4 Calculation results of watershed average precipitation in Niyang River catchment

水文站	面平均年降水量/mm					
	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
工布江达	745.1	1 013.4	695.3	1 032.9	1 026.9	919.6
巴河桥	2 036.9	2 528.3	2 203.6	2 307.0	2 239.4	1 865.5
更张	1 383.6	2 001.4	1 505.2	1 879.3	1 707.9	1 507.4

4 结 语

a. 尼洋河流域降水在地区上的分布呈从东到西逐渐减少趋势;该流域呈高山深谷地貌,降水的垂直分布存在着差异。尼洋河流域雨量站稀少,且分布在尼洋河河谷一线,根据这些测站的数据采用传统的泰森多边形法计算尼洋河流域面平均雨量,所得面平均降水量小于径流量,存在水量不平衡问题。

b. 针对尼洋河流域地形地貌特征、降水空间分布规律和测站分布的实际情况,笔者提出适用于该流域面平均雨量分布式计算方法步骤,并进行了实例计算。结果表明:对尼洋河流域降水空间分布特征缺乏正确认识、采用传统的泰森多边形法计算面平均雨量是导致降雨径流量平衡存在问题出现的主要原因。尼洋河流域面平均雨量计算应考虑降水的垂直分布差异。

c. 笔者提出的尼洋河流域面平均雨量分布式计算方法还较粗略,具有一定的针对性和特殊性。为了深入地研究尼洋河流域水文特征和产汇流机理、建立流域水文模型、更好地为水资源预报和防洪减灾决策服务,需要增加降水的垂直分布差异观测站点、积累观测资料,进一步量化降水的空间分布规律,验证和修正面平均雨量分布式计算公式。

d. 藏东南地区具备高山深谷地貌,气候、土壤、植被分布随海拔高度不同而发生明显的垂直分异;融雪径流和冰川径流是该流域河川径流的重要水源;流域内同时分布着多年冻土、季节冻土和瞬时冻土。对藏东南地区的水文特征开展试验观测和机理研究,具有重要的理论意义和实际应用价值。

参考文献:

- [1] 李潮流,康世昌. 青藏高原不同时段气候变化的研究综述[J]. 地理学报,2006,61(3):327-335. (LI Chaoliu, KANG Shichang. Review of studies in climate change over the Tibetan Plateau[J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(3):327-335. (in Chinese))
- [2] 戴睿,刘志红,娄梦筠,等. 西藏地区 50 年气候变化特征[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(12):97-101. (DAI Rui, LIU Zhihong, LOU Mengyun, et al. Characteristics of climatic variation in Tibet area for last 52 years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012, 26(12):97-101. (in Chinese))
- [3] 杜军,马玉才. 西藏高原降水变化趋势的气候分析[J]. 地理学报,2004,59(3):375-382. (DU Jun, MA Yucui. Climatic trend of rainfall over Tibetan plateau from 1971 to 2000[J]. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(3):375-382. (in Chinese))
- [4] 徐宗学,巩同梁,赵芳芳. 近 40 年来西藏高原气候变化特征分析[J]. 亚热带资源与环境学报,2006,1(1):24-32. (XU Zongxue, GONG Tongliang, ZHAO Fangfang. Analysis of climate change in Tibetan plateau over the past 40 years[J]. Journal of Subtropical Resources and Environment, 2006, 1(1):24-32. (in Chinese))
- [5] 洛珠尼玛,王建群,徐幸仪. 拉萨河流域水循环要素演变趋势分析[J]. 水资源保护, 2012, 28(1):51-54. (Luozhunima, WANG Jianqun, XU Xingyi. Variation trend of water cycle factors in Lhasa river basin[J]. Water Resources Protection, 2012, 28(1):51-54. (in Chinese))
- [6] 钱晓燕,袁鹏,邵骏,等. 雅鲁藏布江河川径流变化的季节性规律研究[J]. 水资源与水工程学报,2010,21(1):29-33. (QIAN Xiaoyan, YUAN Peng, SHAO Jun, et al. Rule of the seasonal runoff variation in the Yarlung Zangbo River[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2010, 21(1):29-33. (in Chinese))
- [7] 邵骏,袁鹏,颜志衡,等. 基于 HHT 的雅鲁藏布江径流变化周期及趋势分析[J]. 中山大学学报:自然科学版,2010,49(1):125-130. (SHAO Jun, YUAN Peng, YAN Zhiheng, et al. Analysis of periodic variations and trend of annual runoff in the Yarlung Zangbo River with Hilbert-Huang transform[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2010, 49(1):125-130. (in Chinese))
- [8] 洛珠尼玛,王建群,徐幸仪. 雅鲁藏布江流域径流变化特征及趋势分析[J]. 水文,2011,31(5):76-79. (Luozhunima, WANG Jianqun, XU Xingyi. Change character and trend of runoff in Yarlung Zangbo River Basin [J]. Journal of China Hydrology, 2011, 31(5):76-79. (in Chinese))
- [9] 郝振纯,张磊磊,童凯,等. MODIS/Terra 遥感雪盖数据在青藏高原河源区的应用[J]. 河海大学学报:自然科学版,2012,40(5):479-484. (HAO Zhenchun, ZHANG Leilei, TONG Kai, et al. Application of MODIS/Terra remote sensing data of snow cover to five river' source regions in Tibetan Plateau[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2012, 40(5):479-484. (in Chinese))
- [10] 张显扬,董增川,王建群,等. 雅鲁藏布江尼洋河流域洪水预报方法研究[J]. 河海大学学报:自然科学版,2005, 33(5):530-533. (Zhang Xianyang, DONG Zengchuan, WANG Jianqun, et al. Method of flood forecasting for Niyang River Basin of the Yarlung Zangbo River[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2005, 33(5):530-533. (in Chinese))
- [11] Wang Jianqun, Hu Xiaoli, Zhang Xianyang, et al, Distributed hydrological model of the Niyang River catchment in Southeast Tibet and its applications[J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2009, 41(Sup.2):44-52.
- [12] 达瓦次仁,巴桑赤烈,白玛,等. 尼洋河流域水文特性分析[J]. 水文,2008,28(4):92-94. (DAWA Ciren, BASANG Chi-lie, Baima, et al. Basangcil, Analysis of hydrological characteristics in Niyang River Basin[J]. Journal of China Hydrology, 2008, 28(4):92-94. (in Chinese))
- [13] 吕琳莉,尼玛次仁,王维成,等. 尼洋河流域径流时空变化特性初步分析[J]. 水力发电,2011,37(2):5-7. (LYU Linli, Nima Ciren, WANG Weicheng, et al. Analysis of runoff spatiotemporal distribution in Niyang River Basin[J]. Water Power, 2011, 37(2):5-7. (in Chinese))
- [14] 李朝霞. 尼洋河流域水电梯级开发对生态环境质量影响的分析评价[J]. 水电能源科学,2007,25(1):21-25. (LI Zhaoxia. Analytical evaluation of influence of cascaded hydro-power development in Niyang River Basin on ecosystem environment[J]. Water Resources and Power, 2007, 25(1):21-25. (in Chinese))
- [15] 李朝霞,吕琳莉,李萍. 西藏水电开发对河流生态环境影响评价. 河海大学学报:自然科学版,2014,42(3):200-204. (LI Zhaoxia, LYU Linli, LI Ping. Evaluation of impact of hydropower exploitation on river ecological environment in Tibet[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2014, 42(3):200-204. (in Chinese))