

# Spatial and Temporal Distribution and Variation of Water Resources in Ecuador

Zhengxiang Wang, Jing Zhang

Hydrology Bureau of Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei  
Email: wangzx@cjh.com.cn

Received: Apr. 24<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 8<sup>th</sup>, 2018; published: May 16<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on the results of the investigation and evaluation of water resources in Ecuador water resources comprehensive planning (1971~2010 series), the temporal and spatial distribution and variation of water resources in Ecuador were studied. Water resources of the Ecuador are relatively abundant, but the spatial and temporal distribution is uneven; runoff of the eastern region and the Andes mountains on both sides is large; runoff of the west coast and the interior of the Andes plateau basin is relatively small; the interannual variation and concentration degree during the year of water resources in the central and western regions are larger than those in the east; water resources appear continuous water year or continuous dry years.

## Keywords

Ecuador, Runoff, Water Resources Assessment, Temporal and Spatial Distribution

---

# 厄瓜多尔水资源时空分布及变化规律

王政祥, 张 晶

长江水利委员会水文局, 湖北 武汉  
Email: wangzx@cjh.com.cn

收稿日期: 2018年4月24日; 录用日期: 2018年5月8日; 发布日期: 2018年5月16日

---

## 摘 要

根据厄瓜多尔水资源综合规划中水资源调查评价成果(1971~2010年系列), 研究了厄瓜多尔水资源时空分布特征及变化规律。厄瓜多尔水资源量丰富, 但时空分布不均匀, 东部地区和安第斯山脉两侧山坡径流较大, 西部  
作者简介: 王政祥, 女, 湖北汉川人, 1963年2月, 教授级高级工程师, 主要从事水文水资源研究。

沿海及安第斯山脉内部的高原盆地径流相对较小；中部和西部地区水资源年际和年内变化大，东部地区水资源年际和年内变化小，水资源出现连丰或连枯情况。

## 关键词

厄瓜多尔，径流量，水资源评价，时空分布

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

厄瓜多尔共和国位于南美洲西北部，赤道横贯国境北部，地理位置界于： $N1^{\circ}28'39''\sim S5^{\circ}01'00''$ ， $W75^{\circ}11'49''\sim W81^{\circ}00'37''$ 之间(不含科隆群岛即加拉帕戈斯群岛)。该国北部与哥伦比亚毗邻，东部与南部和秘鲁接壤，西部滨临太平洋。国土总面积  $256,551\text{ km}^2$ ，由美洲大陆部分和距大陆约  $900\text{ km}$  的科隆群岛组成，其中大陆部分面积约占全国面积的  $96.8\%$ ；岛屿面积约占全国面积的  $3.2\%$  (本次研究范围为大陆部分，不含科隆群岛)。

厄瓜多尔地形复杂，地势起伏，山脉绵亘，河流广布，高山、丘陵、盆地、滩地、河谷交错相间。南北走向的安第斯(Andes)山脉海拔高度在  $3000\text{ m}$  到  $4000\text{ m}$ ，纵贯厄瓜多尔中部，将全国分为西部沿海(Costa)、中部山地(Sierra)和东部亚马逊地区(Amazonia)三个部分。

厄瓜多尔河流众多，是世界上每平方公里河流分布最为密集的国家之一[1]。其中西部地区为太平洋水系，主要有 MIRA、ESMERALDAS、MANABI、GUAYAS、JUBONES、PUYANGO-CATAMAYO 等 6 个流域，流域面积约占大陆地区总面积的  $46.9\%$ ；东部地区为亚马逊河水系，主要有 NAPO、PASTAZA、SANTIAGO 等 3 个流域(参见图 1)，流域面积约占大陆地区总面积的  $53.1\%$ 。

厄瓜多尔水资源较为丰富，多年平均降水总量为  $5586 \times 10^8\text{ m}^3$ ，地表水资源量为  $3617 \times 10^8\text{ m}^3$ ，地下水资源量为  $566 \times 10^8\text{ m}^3$ ，地下水和地表水资源不重复量为  $143 \times 10^8\text{ m}^3$ ，水资源总量  $3760 \times 10^8\text{ m}^3$ 。人均水资源拥有量  $25,961\text{ m}^3$ ，但受地形和气候等因素影响，水资源时空分布不均，人民生活和田园灌溉缺水问题比较突出，制约经济社会发展，遇枯水年份或连续干旱年份，供、用水矛盾更为明显。随着人口和经济增长，用水需求将快速增加。为了解决水资源供需矛盾，保障人民生活、粮食自主和工业等用水，开展全国水资源的研究，摸清水资源的时空分布状况，对水资源的合理配置使用有着重大的意义。

## 2. 地表水资源的分布特征

### 2.1. 地区分布不均匀

年径流深的地区分布受气候、水汽来源、地形等因素的综合影响，存在着不均匀性[2]。厄瓜多尔年径流等值线呈南北向带状分布(见图 1)，总的趋势是东部地区和安第斯山脉两侧山坡径流较大，西部沿海及安第斯山脉内部的高原盆地径流相对较小。

西部地区：包括沿海平原和山麓地带，东高西低，一般海拔  $200\text{ m}$  以下，有一些海拔  $600\sim 700\text{ m}$  的丘陵和低山。该地区属热带草原气候向热带雨林气候过渡带。年径流深从北往南由  $1500\text{ mm}$  递减到  $50\text{ mm}$  左右，多在  $200\sim 1000\text{ mm}$  之间。

中部山地：安第斯山脉自哥伦比亚入厄瓜多尔境后，分为东、西科迪勒拉山脉，两山之间为北高南低的高



原, 海拔平均 2500~3000 m。山脊纵横交错, 把高原分成十多个河谷盆地。本区河谷盆地属热带草原气候, 山地属亚热带森林气候, 海拔 4000 m 以上常年积雪。年径流深在 200~3000 m 之间, 安第斯山脉两侧山坡年径流深在 1500~3000 m 之间, 河谷盆地径流深在 200~1000 mm 之间。

东部地区: 由安第斯东坡向东逐渐延伸, 为亚马逊河流域的一部分, 地势由海拔 1200~250 m 的山麓地带逐渐降低至 250 m 以下的冲积平原。该地区属热带雨林气候, 全年湿热多雨。年平均径流深在 1500~4000 mm 之间, 靠近安第斯山脉地区年径流量较大, 年径流深在 2500~4000 mm 之间, 东部相对较小, 年径流深在 1500~2500 mm 之间。

## 2.2. 流域分区地表水资源特性

厄瓜多尔全国多年平均地表水资源量为  $3617 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 相应径流深为 1456.7 mm。全国 1971~2010 年地表水资源量系列成果中, 年地表水资源量最大的为  $4620 \times 10^8 \text{ m}^3$  (1976 年), 最小的为  $2954 \times 10^8 \text{ m}^3$  (1995 年); 频率 25% 丰水年地表水资源量为  $3877 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 相当于多年平均地表水资源量的 107.2%; 频率 75% 枯水年地表水资源量为  $3342 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 相当于多年平均的 92.4%, 频率 95% 枯水年地表水资源量为  $2989 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 相当于多年平均的 82.6%。厄瓜多尔 9 大流域的地表水资源量见表 1。

各流域水资源量的大小受气候、地理位置、下垫面条件和面积大小的影响, 降水量大、产流状况好、流域面积大的地区, 水资源量大, 反之则小[3]。9 个流域中多年平均年径流深最大是 SANTIAGO 为 2043.3 mm, 其次为 NAPO 的 2023.0 mm, 最小是 MANABI 为 545.1 mm; 径流量最大是 NAPO, 占全国径流量的 36.5%, 最小是 MANABI, 占全国径流量的 1.7%, 最大是最小的 21.1 倍。中、西部太平洋水系, 面积占全国面积的 46.9%, 多年平均年径流量  $1112 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 占全国多年平均年径流量的 30.7%, 年径流深为 955.4 mm。东部亚马逊河水系, 面积占全国面积的 53.1%, 多年平均年径流量  $2505 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 占全国多年平均年径流量的 69.3%, 年径流深为 1899.0 mm。

流域间产水条件差异悬殊, 平均产水系数和产水模数反映了差异的程度。9 个流域中, 产水系数最大的是 SANTIAGO 为 0.85, 其次为 PUYANGO-CATAMAYO 的 0.79, 最小是 MANABI 为 0.57; 产水模数最大是 NAPO 为  $211 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 其次为 SANTIAGO 的  $204 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 最小也是 MANABI 为  $58.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。9 个流

Table 1. Results of surface water resources in the Ecuadorian basin

表 1. 厄瓜多尔流域分区地表水资源量成果表

流域分区	计算面积		多年平均			不同频率年径流/ $10^8 \text{ m}^3$				产水系数	产水模数 $10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$
	面积 $\text{km}^2$	所占比例%	年径流深 mm	年径流量 $10^8 \text{ m}^3$	所占比例%	25%	50%	75%	95%		
MIRA	6904	2.8	1119.5	77.3	2.1	87.1	76.3	66.4	53.7	0.76	112
ESMERALDAS	32,043	12.9	1310.2	419.8	11.6	473.0	414.3	360.6	291.9	0.61	135
MANABI	11,502	4.6	545.1	62.7	1.7	77.3	59.4	44.5	27.9	0.57	58.2
GUAYAS	44,532	17.9	876.7	390.4	10.8	457.6	380.3	312.3	229.6	0.64	98.1
JUBONES	10,527	4.2	659.8	69.4	1.9	83.2	66.9	53.0	36.5	0.76	67.1
PUYANGO-CATAMAYO	10,900	4.4	848.1	92.4	2.6	107.8	90.2	74.6	55.6	0.79	84.8
NAPO	65,325	26.3	2023.0	1321.5	36.5	1408.1	1317.1	1230.2	1111.9	0.66	211
PASTAZA	32,128	12.9	1491.9	479.3	13.2	516.7	477.0	439.4	388.8	0.58	156
SANTIAGO	34,479	13.9	2043.3	704.5	19.5	755.1	701.7	650.8	582.1	0.85	204
全国	248,339	100.0	1456.7	3617.5	100	3877.3	3602.9	3341.9	2988.8	0.67	151

域中 MANABI (1016.0 mm) 与 PUYANGO-CATAMAYO (1069.6 mm) 降水量相近, 由于 PUYANGO-CATAMAYO 大部分为山丘区, 坡降大, 有利于产流, 其平均产水系数为 0.79, 平均产水模数为  $84.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , MANABI 处于西部平原区, 水面蒸发量相对较大, 所以年平均产水系数和年平均产水模数较小, 分别为 0.57 和  $58.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。中、西部太平洋水系和东部亚马逊河水系, 年平均产水系数分别为 0.65 和 0.69, 年平均产水模数分别为  $101 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$  和  $196 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。

### 3. 年内年际变化

#### 3.1. 年内分配集中

受降水影响, 径流的年内分配与降水的年内分配有着十分密切的关系。厄瓜多尔不同区域降水受气候影响, 降水集中期及程度也不尽相同。西部地区水汽来自太平洋, 降水量主要集中在 12 月至次年的 5 月, 相应径流量主要集中在 1~6 月, 占全年的 64%~88%, 径流比较集中。中部地区为热带草原及亚热带森林气候, 安第斯山脉西面水汽主要来自太平洋, 东面来自亚马孙地区, 降水受地形和水汽来源影响, 不同区域有所不同, 中部高山盆地, 降水量主要集中在 2~5 月和 10~12 月, 呈现双峰过程, 中部山地降水量主要集中在 11 月至次年的 4 月或 12 月至次年的 5 月; 中部地区径流量主要集中在 1~6 月, 占全年的 45%~85%。东部地区为热带雨林气候, 降水量大, 降水年内分配相对较均匀, 该地区年径流量大, 年内分配相对较均匀, 4~9 月径流量占全年的 50%~65%。多年平均连续最大四个月径流量大体上可反映径流的集中程度, 连续最大四个月径流量占年径流量的百分比, 西部地区为 35%~75%, 中部地区为 35%~73%, 东部地区为 40%~65%。相应出现时间是: 西部地区为 2~5 月; 中部地区北面的 MIRA、ESMERALDAS、GUAYAS 等为 2~5 月, 南面的 PUYANGO-CATAMAYO、PASTAZA、SANTIAGO 等为 3~6 月或 4~7 月; 东部地区为 4~7 月或 5~8 月。所占比重自西向东递减, 西部地区径流集中程度高于东部地区, 出现时间是自西向东推迟。

#### 3.2. 年际变化明显

河川径流的年际变化主要取决于降水的年际变化, 同时还受到径流的补给类型、河流大小以及岩性、地貌、土壤、植被等流域下垫面条件的影响。年径流变差系数  $C_v$  值的大小反映了径流的年际变化特性, 通常  $C_v$  值大, 表明该地区径流的年际丰枯变化剧烈,  $C_v$  值小则相反, 表示径流的年际变化平缓。

厄瓜多尔年径流变差系数  $C_v$  值, 西部地区一般在 0.2~0.9 之间; 中部地区大多在 0.06~0.9 之间, 少数站大于 1; 东部地区在 0.04~0.50 之间。中、西部地区大于东部地区。

年径流极值比(年径流量最大值与最小值之比)的大小可反映径流的年际变化幅度, 各代表站的年径流极值比差异较大。西部地区一般为 2.5~30; 中部北面一般在 2~10, 中部南面在 1.4~17; 东部地区为 1.2~4。中、西部地区大于东部地区。

年径流量变率相对值(即最大最小年径流量的差值与多年平均径流量的比值)在 0.2~9.2 间。西部地区在 0.82~4.5 之间; 中部地区在 0.36~9.2; 东部地区在 0.2~4.3 之间。点绘径流量变率相对值与  $C_v$  关系及年径流极值比与  $C_v$  的关系, 发现有正相关趋势, 即说明  $C_v$  有随年径流量变率相对值及年径流极值比的增大而增大的趋势。

#### 3.3. 流域分区径流年际变化

##### 3.3.1. 年代变化

厄瓜多尔 20 世纪 70 年代~21 世纪初年径流经历了偏丰~偏枯的交替变化过程, 从各年代径流均值与 1971~2010 年系列均值比较看, 20 世纪 70 年代总体偏多, 80 年代总体偏少, 90 年代平水, 21 世纪初偏少(见图 2)。对各流域而言, 情况不尽一致, 位于东北部的 MIRA、NAPO、PASTAZA 流域 70 年代偏多, 其余各年代偏少; 与该三流域相邻的中西部地区 ESMERALDAS、GUAYAS、JUBONES、SANTIAGO 流域 70 年代、90 年代

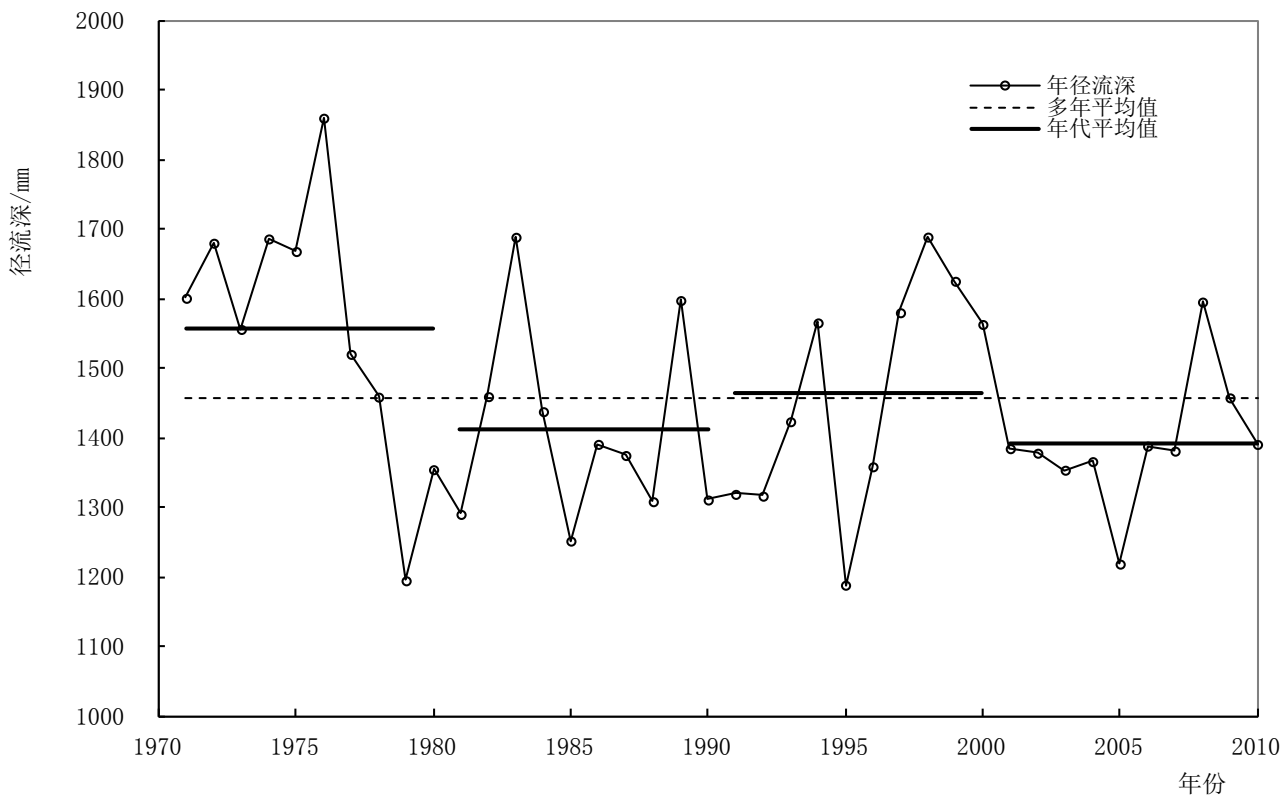


Figure 2. National annual runoff process map of Ecuador

图 2. 厄瓜多尔全国年径流过程图

偏多，80年代、21世纪初偏少；西部的MANABI流域90年代偏多，80年代平水，70年代和21世纪初偏少；南部的PUYANGO-CATAMAYO流域70年代和21世纪初偏多，80年代、90年代偏少。

### 3.3.2. 丰、平、枯水年统计

对厄瓜多尔全国及各流域年径流量进行频率分析，按年径流量的大小，将频率 $P \leq 12.5\%$ 、 $12.5\% < P \leq 37.5\%$ 、 $37.5\% < P \leq 62.5\%$ 、 $62.5\% < P \leq 87.5\%$ 、 $P > 87.5\%$ 的年径流量分别划分为丰水年、偏丰水年、平水年、偏枯水年和枯水年5个等级[4]。各流域年径流的丰枯统计见表2。

可见，厄瓜多尔全国出现的丰水年数大于枯水年数，偏丰水年数小于偏枯水年数。太平洋水系中MIRA、ESMERALDAS、MANABI丰水年与枯水年出现年数大致相当，GUAYAS、JUBONES、PUYANGO-CATAMAYO丰水年数大于枯水年数；6个流域偏丰水年数均小于偏枯水年数。亚马逊河水系中NAPO、PASTAZA丰水年数大于枯水年数，SANTIAGO丰水年数小于枯水年数；3个流域偏丰水年数均小于偏枯水年数。

若将丰水年、偏丰水年均视为丰水年，枯水年、偏枯水年均视为枯水年来统计，厄瓜多尔全国年径流在1971~1977年出现连续丰水过程，1984~1988年出现连续枯水过程，1997~2000年出现连续丰水期，2001~2007年出现连续枯水期。各流域年径流均出现过连丰、连枯过程，但连丰、连枯时段不尽一致。各流域最长连续枯水期在3~7年，最长连续枯水年段平均径流量与多年平均值的比值太平洋水系的在0.59~0.80，亚马逊河水系的在0.90~0.93，说明太平洋水系特殊干旱情况下的径流量与多年平均值相差十分显著。

### 3.3.3. 极值比

厄瓜多尔全国年径流最丰年出现在1976年，最枯年出现在1995年，最大与最小年径流量的比值为1.6；太平洋水系中最丰年MIRA出现在1999年，ESMERALDAS出现在1975年，MANABI出现在1998年，GUAYAS、

**Table 2.** Statistical analysis of runoff in Ecuador watershed  
**表 2.** 厄瓜多尔流域分区径流丰、平、枯水年统计

流域分区	丰枯水年频数/%				
	丰水年	偏丰水年	平水年	偏枯水年	枯水年
MIRA	12.5	20.0	22.5	35.0	10.0
ESMERALDAS	15.0	22.5	22.5	27.5	12.5
MANABI	12.5	25.0	17.5	30.0	15.0
GUAYAS	15.0	10.0	32.5	35.0	7.5
JUBONES	15.0	20.0	27.5	30.0	7.5
PUYANGO-CATAMAYO	12.5	25.0	17.5	40.0	5.0
Pacific Ocean	12.5	22.5	25.0	30.0	10.0
NAPO	12.5	15.0	37.5	25.0	10.0
PASTAZA	15.0	15.0	27.5	35.0	7.5
SANTIAGO	10.0	15.0	45.0	17.5	12.5
Amazon River	12.5	12.5	40.0	25.0	10.0
全国	15.0	22.5	12.5	40.0	10.0

JUBONES、PUYANGO-CATAMAYO 出现在 1983 年, 最枯年各流域出现时间均不一致; 亚马逊河水系中 NAPO、PASTAZA 最丰年出现在 1976 年, SANTIAGO 出现在 1994 年, 最枯年 NAPO 出现在 2005 年, PASTAZA 和 SANTIAGO 出现在 2006 年。太平洋水系 6 个流域中, 最大与最小年径流的比值最大为 MANABI 的 6.4, 其次是 JUBONES 的 3.6, 其他流域极值比在 2.1~3.0 之间; 亚马逊河水系各流域极值比在 1.5~1.6 之间。太平洋水系各流域 40 年系列年径流量最小值与多年平均的比值在 0.42~0.72, 其中, ESMERALDAS 比值最大, MANABI 比值最小。亚马逊河水系各流域年径流量最小值与多年平均的比值较太平洋水系高, 三个流域其比值均为 0.83。

#### 4. 结语

1) 厄瓜多尔水资源量丰富, 但空间分布不均匀, 东部地区和安第斯山脉两侧山坡径流较大, 西部沿海及安第斯山脉内部的高原盆地径流相对较小, 在地域上的最大变幅达 8.9 倍。单位面积水资源量 NAPO 和 SANTIAGO 分别为  $211 \times 10^4 \text{ m}^3$  和  $204 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 而 MANABI 仅  $58.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 最大与最小相差 2.6 倍。

2) 厄瓜多尔中、西部地区径流量年内分配集中, 主要集中在 1~6 月, 占全年的 45%~88%, 东部地区年径流量大, 年内分配相对较均匀, 4~9 月径流量占全年的 50%~65%。

3) 厄瓜多尔径流量年际变化明显, 中部、西部地区年径流年际变化较大, 且西部年际变化大于中部, 东部地区年际变化较小, 年径流出现连续丰水或枯水情况, 最长连续枯水年段平均径流量与多年平均值的比值太平洋水系相差十分显著。

#### 参考文献 (References)

- [1] 张颖, 宋晓平. 厄瓜多尔/列国志[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2007.  
ZHANG Ying, SONG Xiaoping. Ecuador/chronicles. Beijing: Social Sciences Press, 2007. (in Chinese)
- [2] 水利部长江水利委员会. 长江流域水资源及其开发利用调查评价[R]. 2008.  
Ministry of Water Resources Yangtze River Water Resources Commission. Investigation and evaluation of water resources and their development and utilization in the Yangtze River Basin. 2008. (in Chinese)

- [3] 郭海晋, 王政祥, 邹宁. 长江流域水资源概述[J]. 人民长江, 2008, 39(17): 3-5.  
GUO Haijin, WANG Zhengxiang and ZOU Ning. Overview of water resources in the Yangtze River basin. Yangtze River, 2008, 39(17): 3-5. (in Chinese)
- [4] 水利部水文局. 地表水资源调查和统计分析技术细则[R]. 1981.  
Hydrology Bureau of Ministry of Water Resources. Technical regulations for investigation and statistical analysis of surface water resources. 1981. (in Chinese)