

Analysis of Runoff Characteristics of Xiaohegou Hydrological Station

Huaxian Li

Honghe Branch, Yunnan Province Honghe Hydrology and Water Resources Bureau, Mengzi Yunnan
Email: 451800110@qq.com

Received: May 30th, 2015; accepted: Jun. 14th, 2015; published: Jun. 19th, 2015

Copyright © 2015 by author 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

Abstract

According to the information of the rainstorm and flood measured in river basin, the features of rainstorm in five precipitation stations which are Xiaohegou hydrologic station, Malutang and Taiyangzhai and other two stations are analyzed, and the features are high intensity, short duration and small area covered by rainstorm. Based on space-time distribution pattern and the condition of underlying surface, I apply the runoff yield under saturated storage to analyze runoff yield and apply the reasoning process to analyze junctions [1], use the information of the rainstorm and flood of Xiaohegou hydrologic station to examine, and use curve precision to do evaluation. The results show: the runoff yield under saturated storage is suitable for the use in tropical and humid mountainous area. Runoff yield and concentration parameters have its regularity, and similar river basins or areas without the information could use the conclusion or use it as a reference.

Keywords

Runoff Yield and Concentration, Features, Runoff Yield under Saturated Storage, Xiaohegou Hydrologic Station

小河沟水文站产汇流特性分析

李华仙

云南省水文水资源局红河分局, 云南 蒙自
Email: 451800110@qq.com

作者简介: 李华仙(1971年), 女, 汉族, 云南省建水县人, 工程师, 从事水文水资源方面的工作。

收稿日期：2015年5月30日；录用日期：2015年6月14日；发布日期：2015年6月19日

摘要

本文根据流域内实测暴雨洪水资料，分析小河沟水文站、马鹿塘、太阳寨等5个雨量站的暴雨特性(均具有暴雨强度大、历时短、笼罩面积小等特点)，结合流域内暴雨时空分布规律，依据下垫面条件，采用蓄满产流机制分析产流，推理过程线法分析汇流[1]，并用小河沟水文站实测暴雨洪水资料进行检验，通过曲线精度评定，结果表明：蓄满产流机制在热带湿润山区是适用的，产汇流参数具有规律性，可供相似流域无资料地区移用或参考。

关键词

产汇流，特性，蓄满产流，小河沟水文站

1. 引言

分析流域产汇流特性，是为了研究降雨径流形成过程的规律，分析降雨特别是短历时暴雨和径流的形成机制，对流域内水土保持治理、工程水文设计和防洪预警等均有一定参考价值。

中小流域山洪灾害治理是当前及今后一段时期水利工作的重点之一，以小河沟水文站为代表，分析产汇流特性，供山洪灾害分析小流域产汇流借鉴。

2. 流域基本概况

小河沟水文站是一个山区小河流代表站，位于云南省红河州金平县金河镇，地理位置东经 $103^{\circ}13'33.12''$ ，北纬 $22^{\circ}46'28.39''$ ，属红河流域藤条江，位于藤条江一级支流金水河上游河段，距源头河长 11.8 km，距藤条江入口 23.5 km，流入藤条江后在越南汇入红河，集水面积 108 km^2 ，集水区域介于东经 $103^{\circ}12' \sim 103^{\circ}18'$ ，北纬 $22^{\circ}43' \sim 22^{\circ}52'$ ，属于典型的山区性小河站。

金平河属藤条江的一级支流，发源于金平县分水岭，过金平县城南下曼棚汇入藤条江，森林覆盖率较高。金平河流域地处红河、藤条江两大流域的分水岭地带，总体趋势由东北向西南倾斜。河坡陡流急，河长 39.94 km，高差 1037 m，流域山高谷深，河道坡度大(为 35.4%)。因流域内地面高程变化大，故气温、降雨、蒸散发的垂直变化规律比较明显，立体气候特征显著。流域的上游人烟稀少，植被为原始森林，植被覆盖率高；下游由于人类活动频繁，梯田较多，植被一般。流域为卵石状，地形结构为侵蚀及岩容地形。土层薄，地面糙率大，整条河道天然岩石较多，裂隙不够发育，下层透水性差，地下水主要由基岩裂隙和碳酸盐岩容补给，多年最枯平均流量为 $0.67 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

本流域产生暴雨的天气比较复杂，由于受东南暖湿气流及南海台风的共同影响，形成了包括江城、绿春、金平、河口等地的南部多雨区，多年平均降水量介于 2000 mm~3000 mm 之间，年降水量多集中在每年的 5 月~10 月，占全年降水量的 85%，流域内年降水量表现为从上游向下游递增的趋势。小河沟站径流区内立体气候显著，多年平均降水量为 2733.3 mm，多年平均水面蒸发量 998.6 mm，多年平均径流量 2.157 亿 m^3 ，折合径流深 1997 mm；多年平均气温为 18.5°C ，最高气温为 33.1°C ，最低气温为 -0.6°C ，年均日照数为 1028.5 小时；年均相对湿度为 80%；年均最大风速为 1.7 m/s。

径流区内有太阳寨、大鱼塘等雨量站，水系示意图如图 1。

3. 暴雨时空分布特征

小河沟站为一径流实验站，径流区内除水文站外还设有太阳寨、水碓冲、大鱼塘等 5 个雨量站。流域内单

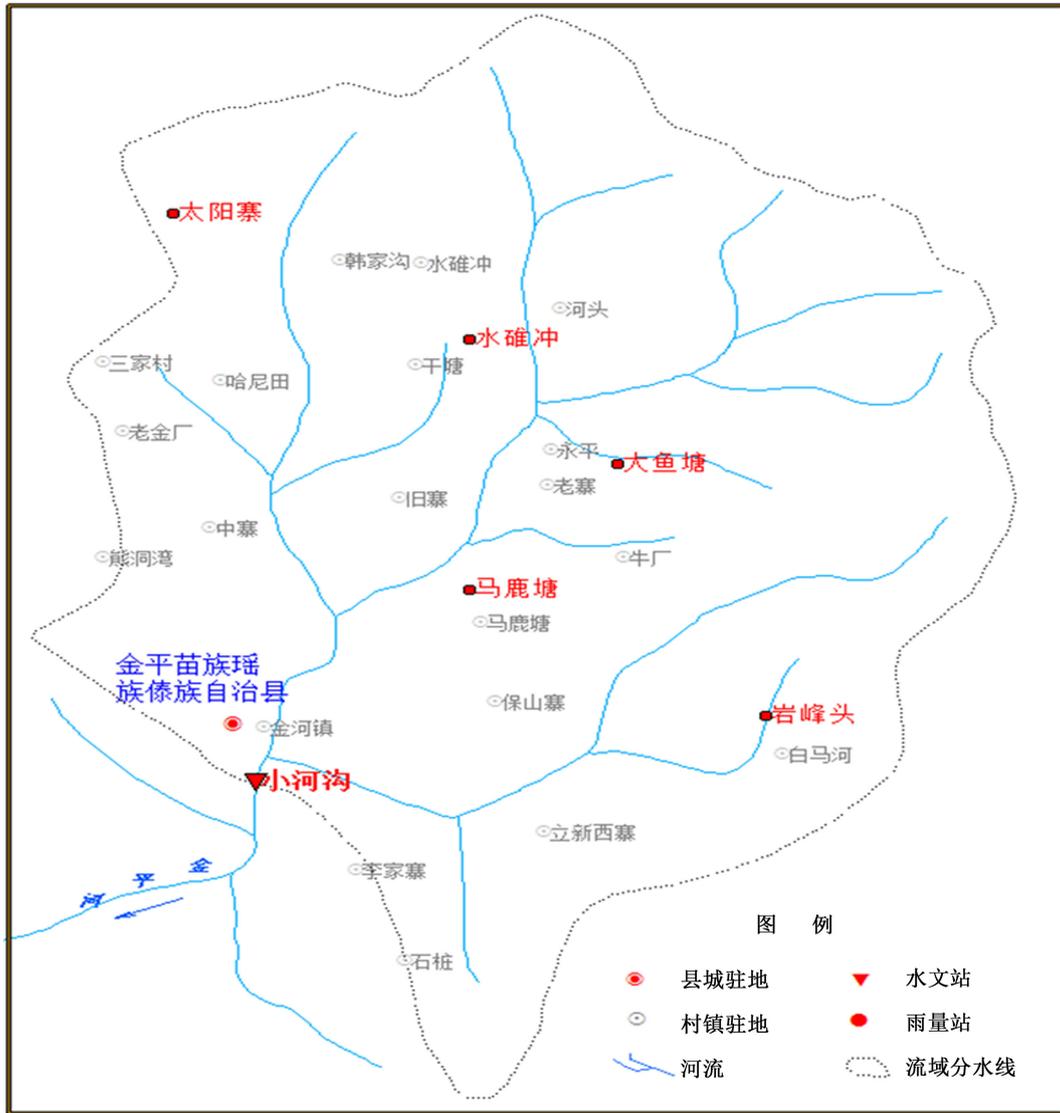


Figure 1. Xiaohegou hydrological station of the water system map
图 1. 小河沟水文站水系示意图

点暴雨突出，1、6、24 小时暴雨量自西北向东南呈逐渐增加的态势，其中暴雨中心多集中在流域中下段，即马鹿塘、旧寨及金河镇一带，多年平均 1、6、24 小时暴雨分别为 46.6、83.1、114.8 mm；流域内暴雨日数的地域分布与年均暴雨量的分布一致，暴雨笼罩范围较小，尤以单点暴雨突出，暴雨发生相应性较差。

对流域内基本雨量站的暴雨进行分析，小河沟水文站 1986 年 7 月 24 日发生最大 24 h 暴雨量 176.3 mm，同日太阳寨、水碓冲、大鱼塘、马鹿塘、岩峰头雨量站降雨量分别为 68.0 mm、43.2 mm、82.2 mm、99.1 mm、110.6 mm。

太阳寨 1982 年 7 月 24 日发生 232.8 mm 的大暴雨，同日流域东北片的水碓冲、大鱼塘、岩峰头降雨分别为 138.0 mm、160.6 mm、133.3 mm，分别位列该站第 6 位、第 1 位、第 3 位，西南片的马鹿塘、小河沟同日降雨量则较小。

马鹿塘 1996 年 7 月 4 日发生 163.6 mm 的大暴雨，同日仅水碓冲降雨较大，为 142.8 mm，其余各站同日降雨量均较小。

通过有资料记载以来的 24 年同步资料系列分析,小河沟站径流区内暴雨、大暴雨主要发生在金平河流域西北面,上游的水碓冲站发生大暴雨的次数最多、相应暴雨量级最大,其中暴雨($50\text{ mm} < \text{日雨量} < 100\text{ mm}$)共发生 225 次,平均约 1.5 个月发生一次,5~10 月均有发生,尤以 5~7 月居多;大暴雨($100\text{ mm} < \text{日雨量} < 200\text{ mm}$)共发生 28 次,平均每年都发生一次,且集中在主汛期的 6~7 月。其余各站暴雨和大暴雨的发生频次主要集中在 5~10 月,其中尤以 7 月份的发生几率、频率最高,各月暴雨发生频次见表 1。

4. 产流分析

由于金水河流域降水充沛、植被良好、地下水丰富,因此采用蓄满产流分析产流量,基本原理是降雨使包气带土湿达到田间持水量之前不产流,此前的降雨全部用以补充土壤的缺水量;土层水分达田间持水量(蓄满)后开始产流,以后的降雨(除去雨期蒸发)全部为净雨。流域上只有蓄满的地方才产流,故产流期的下渗为稳渗率 f_c ,其中下渗至潜水层的部分成为地下径流,超渗的部分成为地面径流。即降雨扣除蒸发和产流量后与时段始末的土壤含水量恒等。

产流方程为: $P - E - R = W_2 - W_1$ 。

式中: P 为时段降雨量;

E 为时段蒸散发量;

R 为时段径流量,在蓄满前 $R = 0$;

W_1 、 W_2 为时段始末的土壤含水量,在蓄满后 $W_2 = W_m$ (即田间持水量)。

4.1. 降雨径流要素确定

(1) 次洪径流深计算

据场次暴雨洪水资料计算次洪水总量 $P_{\text{总}}$ 、 $R_{\text{总}}$ 采用退水曲线法[2]确定地表径流 R_s 和地下径流 R_g 。

1) 建立退水方案、绘制综合退水曲线

首先在逐日河川径流量过程线上,将各个无降水影响的次洪水退水段曲线(以下简称“退水曲线”)绘出;将各个退水曲线在各次洪水过程线坐标系上做水平移动,使各个退水曲线的尾部(即退水曲线发生时间段的末端)重合,据此作出此组退水曲线的外包线,并以此为综合退水曲线。

2) 基流分割(即地下水分割)

用综合退水曲线与次洪水过程线,在始终保持纵横坐标总是平行的条件下,用综合退水曲线的尾部与次洪水过程线上退水段曲线的尾部重合,则综合退水曲线与次洪水过程线上退水段曲线的交叉点或分叉点,即为相应退水段的退水转折点(拐点)。自洪峰起涨点至次洪水过程线退水段转折点以直线相连,该直线以下部分即为地下径流。其中 ACDEFGA 所包围的面积即为该次洪水的地下径流 R_g ,如图 2 所示。

3) 地表径流 R_s

根据图 2 中两分割点(A、C)之间及洪水过程线所包围的面积计算场次洪水径流深,计算公式为:

$$R = 3.6/F [1/2(Q_1 + Q_2)\Delta t_1 + \dots + 1/2(Q_{n-1} + Q_n)\Delta t_{n-1}]。$$

(2) 前期影响雨量 P_a 的确定

在资料系列中选取前期比较湿润且单峰的洪水和对应的降雨、蒸发资料,采用蓄满产流机制分析,降雨开始时流域是干旱还是湿润,对此次降雨产生径流的多少影响极大,流域的干湿程度常用前期影响雨量 P_a 表示,经分析,小河沟站 P_a 值介于 64.6~101.3 之间,其中小于 80 mm 的占 13.5%,80~90 mm 之间的占 15.4%,大于 90 mm 的占 71.2%,可见,小河沟站流域前期雨量大于 90~100 mm 的占绝对地位。

(3) 雨末包气带蓄水量 I_M 的确定

Table 1. Xiaohegou hydrological station runoff area rainstorm frequency statistics

表 1. 小河沟水文站径流区暴雨发生频次统计表

站名	月份(月)	各月暴雨发生频次(次)											
	暴雨类型	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
小河沟	暴雨	1		3	8	21	41	45	26	10	11	3	
	大暴雨					4		7				1	
太阳寨	暴雨	1		4	4	29	57	70	36	9	11	1	1
	大暴雨			1			1	5	3		2	1	
水碓冲	暴雨	2	2	3	6	38	47	61	26	19	12	7	2
	大暴雨					3	6	12	4	2	1		
大鱼塘	暴雨	1		3	7	27	39	54	22	18	12	3	2
	大暴雨							5	4		2	1	
马鹿塘	暴雨	2	2	5	6	20	26	53	15	12	13	3	
	大暴雨					3		5	3		2	1	
岩峰头	暴雨	1		3	4	26	37	60	35	13	10		
	大暴雨					2	2	10	1	1	2	1	
金平新寨	暴雨	1		2	8	31	45	51	26	15	8	4	
	大暴雨					7	2	9	2	1	4	1	

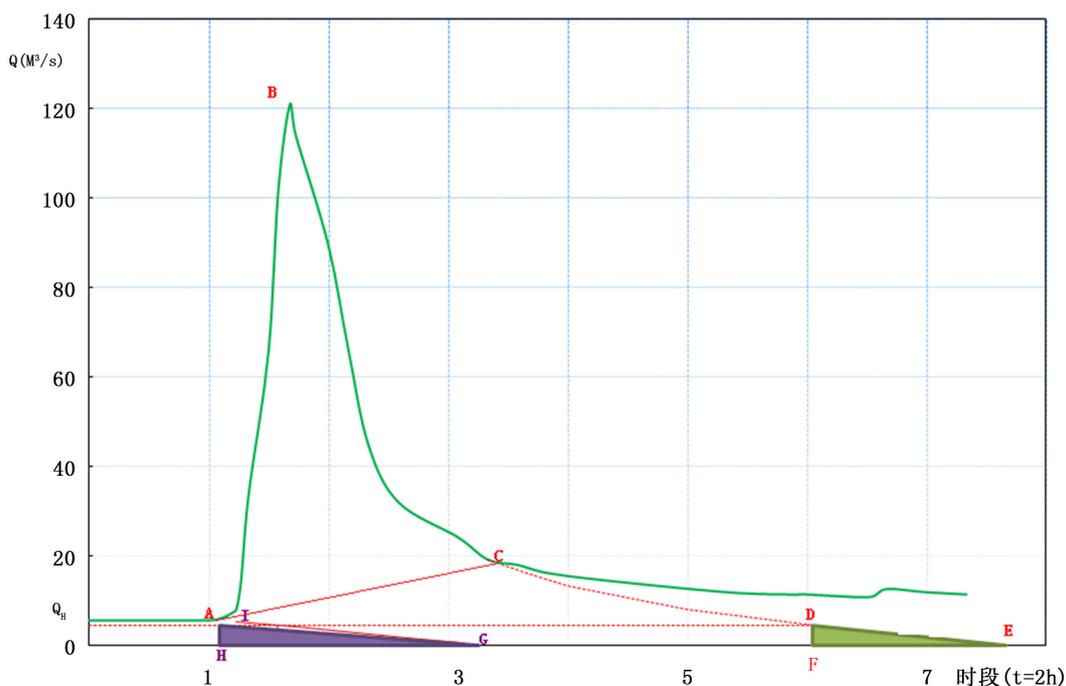


Figure 2. Xiaohegou hydrological station R_s , R_g map segmentation

图 2. 小河沟站 R_s 、 R_g 分割示意图

包气带蓄水量 I_M 一个流域内是一个常数。从资料系列中选取前期较干旱，流域内普遍降雨较大，能全流域产流的洪水据水量平衡方程计算 I_M ，经分析，小河沟站流域内 I_M 为 100 mm。

(4) 降雨径流关系线的建立和精度评定

用次洪水的 $P + P_a$ 、 R 点绘 $P + P_a \sim R$ 关系图(见图 3)，用次降雨量查 $(P + P_a) \sim R$ 关系线推求径流深，与实测资料分析的径流深比较，两者误差小于 20% 为合格，曲线整体合格率达到 80% 以上认为降雨径流关系线合格。选取具有不同等级的前期雨量且暴雨量不同的 52 场洪水分析降雨径流关系，关系线合格率为 82.0%，总体合格。

4.2. 稳定下渗率 f_c 的确定

由实测径流过程线分割求得地面径流 R_s 和稳定下渗的部分形成的地下径流 R_g 。根据水量平衡原理，由实测的 P 、 R_s 和 R_g 反求 f_c ，通过试算求得，方程如下：

$$f_c = \frac{\sum_{i=1}^m R_i - R_s}{\sum_{i=1}^m \frac{R_i}{P_i - E_i} \Delta t_i}$$

时段净雨深 R_i 的计算式如下：

$$R_i = (P_i - E_i) \frac{F_{R,i}}{F}$$

选取降水径流对应较好的场次洪水计算 f_c ，由于流域降雨极不均匀，降雨对应性较差，降雨发生时间不一致造成了各场洪水的 f_c 变化较大，小河沟站 f_c 介于 1.32~8.90 mm/h 之间。

将各次洪水的 $R_c/t_c \sim f_c$ 的关系结点点汇成图(图 4)，点线拟合较好，曲线精度评定合格率为 78.6%。

5. 汇流分析

本文采用推理过程线法[3]。该法具有物理概念明确，计算较简单，便于参数地理综合的分析。原理是基于山区洪水陡涨陡落概化成三角形汇流曲线，在常数 N_c 为 0.67 时优选稳定的汇流参数 m 。

5.1. 汇流参数 m 确定

假定初试值 m ，结合地表净雨过程 $R_{上} \sim t$ ，采用公式 $Q_m = 0.67 \frac{F^{1.2}}{(L/J^{1/3})^{0.8}} m^{0.8} \frac{R_{上}^{1.2}}{t_c^{0.4}}$ 计算 Q_m ，与实测值对比检

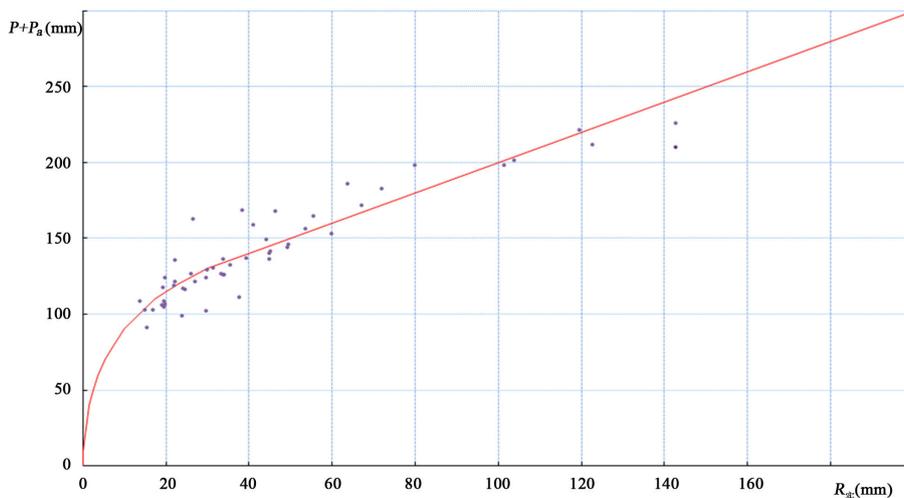


Figure 3. Xiaohegou hydrological station $P + P_a \sim R$ diagram
图 3. 小河沟站 $P + P_a \sim R$ 关系图

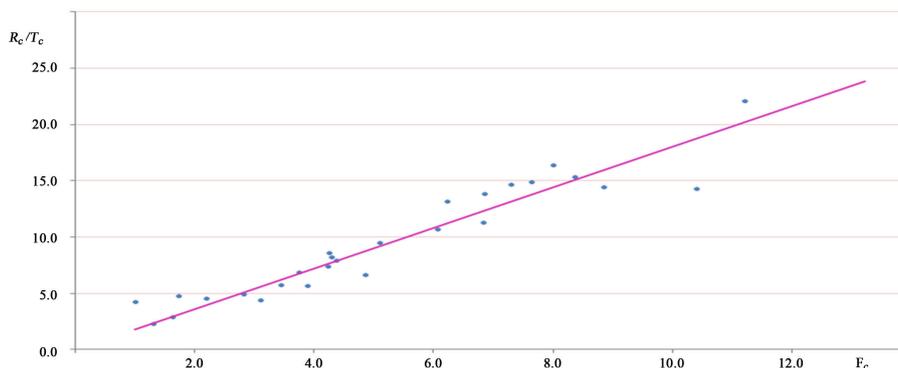


Figure 4. The relationship between the stream flood times $R_c/T_c \sim f_c$ of Xiaohegou hydrological station

图 4. 小河沟站次洪水的 $R_c/T_c \sim f_c$ 的关系

验，误差小于 5% 所对应的初试值即为所求，否则重新计算，直至满足误差要求为止。

5.2. 单站汇流参数综合

选取不同量级、不同时期的场次洪水演算洪水过程，并点绘实测洪水模数与汇流参数的关系曲线，用曲线上查得的 m 值对各次洪水进行还原计算，与实测洪峰流量相比，误差小于 20% 为合格，否则重新拟合，本次共分析了 48 场洪水，还原计算合格率为 75.0%，稳定的汇流参数为 1.5。

6. 结论

通过对小河沟水文站降雨径流一致性较好的场次洪水的产汇流分析，发现蓄满产流机制适用于热带湿润的山区性河流[4]，结合推理过程线法分析，小河沟站雨末包气带蓄水量 I_M 为 100 mm，流域蓄水量 P_a 介于 64.6~101.3 mm 之间，汇流参数为 1.5。

参考文献 (References)

- [1] 张泉生. 水文预报[D]. 南京: 河海大学, 1997.
ZHANG Quansheng. Hydrologic forecast. Nanjing: Hohai University, 1997. (in Chinese)
- [2] 余钟波. 流域分布式水文学原理及运用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
YU Zhongbo. Watershed distributed hydrology principle and application. Beijing: Science Press, 2008. (in Chinese)
- [3] 芮孝芳. 水文学原理[M]. 北京: 水利水电出版社, 2004.
RUI Xiaofang. Principle of hydrology. Beijing: Water Conservancy and Hydropower Press, 2004. (in Chinese)
- [4] 国家水利部. 水文站网规划技术导则 (SL34-92). 北京: 中国水利水电出版社.
The State Ministry of Water Resources. Technical guidelines for plan of hydrological station network (SL34-92). Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press. (in Chinese)