

Hydrologic Network Analysis and Optimal Adjustment in the Northwest Yunnan Province

Kun Zhang^{1,2*}, Gang Chen³, Lun Zhang³, Bangjin Guan³, Wenjing Cai³

¹Hydrology & Water Resources Bureau of Yunnan, Kunming Yunnan

²School of Information Science and Engineering, Yunnan University, Kunming Yunnan

³Hydrology & Water Resources Bureau of Yunnan Dali, Dali Yunnan

Email: *zhangkun322@163.com

Received: May 20th, 2016; accepted: Jun. 6th, 2016; published: Jun. 9th, 2016

Copyright © 2016 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

Abstract

Through investigating the river basin, rivers, hydropower engineering and hydrologic network in the northwest of Yunnan province, which consists of Dali, Diqing and Nujiang states, the networks' density and layout of all kinds of monitoring stations is analyzed. The results show that the density of monitoring station network has reached basic requirements of World Meteorological Organization and "Technical Regulations for Hydrologic Network Design" except for the precipitation, evaporation and groundwater station networks. Based on the evaluation methods of the hydrologic completely blank river and the flow measurement blank river, the degree of rivers' coverage is analyzed and evaluated. It is shown that the flow measurement blank rivers exist in some river basin in the northwest of Yunnan province. Finally, some optimized and adjusted countermeasures are put forward.

Keywords

Network Density, Objective Evaluation, Optimization, Adjustment

云南省西北部水文站网分析与优化调整

张坤^{1,2*}, 陈岗³, 张伦³, 官邦锦³, 蔡文静³

¹云南省水文水资源局, 云南 昆明

²云南大学信息科学与工程学院, 云南 昆明

作者简介: 张坤(1985-), 男, 云南昆明人, 云南省水文水资源局, 工程师, 在读博士研究生, 从事水文站网规划分析及建设管理工作。

*通讯作者。

³云南省水文水资源局大理分局, 云南 大理
Email: *zhangkun322@163.com

收稿日期: 2016年5月20日; 录用日期: 2016年6月6日; 发布日期: 2016年6月9日

摘要

通过对云南省西北部大理、迪庆、怒江州三个州境内的流域、河流、水利水电工程和水文站网进行调查, 对各类监测站网密度及布局进行分析, 结果表明云南省西北部除雨量站网、蒸发站网和地下水站网外的其它各类监测站网密度基本达到世界气象组织及《水文站网规划技术导则》规定的密度要求。根据完全水文空白河流与流量测验空白河流评价方法, 对河流的水文监测覆盖程度进行分析与评价, 结果表明云南省西北部部分流域河流存在流量测验空白河流。根据成果提出站网优化调整对策。

关键词

站网密度, 目标评价, 优化, 调整

1. 引言

大理州、迪庆州、怒江州位于云南省西北部, 北纬 $24^{\circ}40' \sim 29^{\circ}15'$ 和东经 $98^{\circ}07' \sim 100^{\circ}18'$ 之间, 三个州横跨长江流域、怒江流域、澜沧江流域、红河流域、伊洛瓦底江流域, 是云南省水资源比较丰富的几个州市。长江干流与澜沧江干流从西藏进入云南省迪庆州境内, 怒江干流与伊洛瓦底江干流从西藏进入云南省怒江州境内, 红河流域干流发源于云南省大理州巍山县。澜沧江干流、怒江干流、伊洛瓦底江干流和红河干流是云南省比较重要的跨界河流, 对于水资源管理具有重要意义。通过近五年的“云南省中小河流水文监测系统建设项目”、“云南省州市界河控制断面新建水量监测点建设项目”及“国家地下水监测工程”等项目的实施, 各类水文监测站大规模增加, 使云南水文站网密度得到了极大的提升。云南省西北部水文站网分布如图 1 所示。从 2009 年至今, 还没有对云南省各类水文监测站网进行过统一的、系统的、科学的分析与评价工作。本文对云南省西北部大理、迪庆、怒江州三个州境内的流域、河流、水利水电工程和水文站网进行调查, 按流域与行政区对各类监测站网密度及布局进行分析, 并根据完全水文空白河流与流量测验空白河流评价方法, 按流域与行政区对河流的水文监测覆盖程度进行分析与评价, 并根据相应成果提出站网优化调整对策。

2. 流域河流概况

云南省西北部共有河流 387 条, 其中澜沧江流域面积为 $28,623 \text{ km}^2$, 50 km^2 以上河流共有 146 条, 3000 km^2 以上河流共有 4 条; 长江流域面积为 $24,145 \text{ km}^2$, 50 km^2 以上河流共有 139 条, 3000 km^2 以上河流共有 3 条; 红河流域面积为 4310 km^2 , 50 km^2 以上河流共有 29 条, 3000 km^2 以上河流共有 2 条; 怒江流域面积为 8833 km^2 , 50 km^2 以上河流共有 61 条, 3000 km^2 以上河流共有 2 条; 伊洛瓦底江流域面积为 2154 km^2 , 50 km^2 以上河流共有 12 条, 3000 km^2 以上河流共有 1 条。云南省西北部河流概况详见表 1。

大理州面积为 $29,193 \text{ km}^2$, 50 km^2 以上河流共有 155 条, 3000 km^2 以上河流共有 6 条。迪庆州面积为 $23,860 \text{ km}^2$, 50 km^2 以上河流共有 142 条, 3000 km^2 以上河流共有 3 条。怒江州面积为 $15,012 \text{ km}^2$, 50 km^2 以上河流共有 90 条, 3000 km^2 以上河流共有 3 条。大理州、迪庆州、怒江州河流概况详见表 2。

3. 水利水电开发概况

大理州、迪庆州、怒江州分别有各类水电站 120 座、74 座、75 座, 合计 269 座。其中只有大理州有大(1)

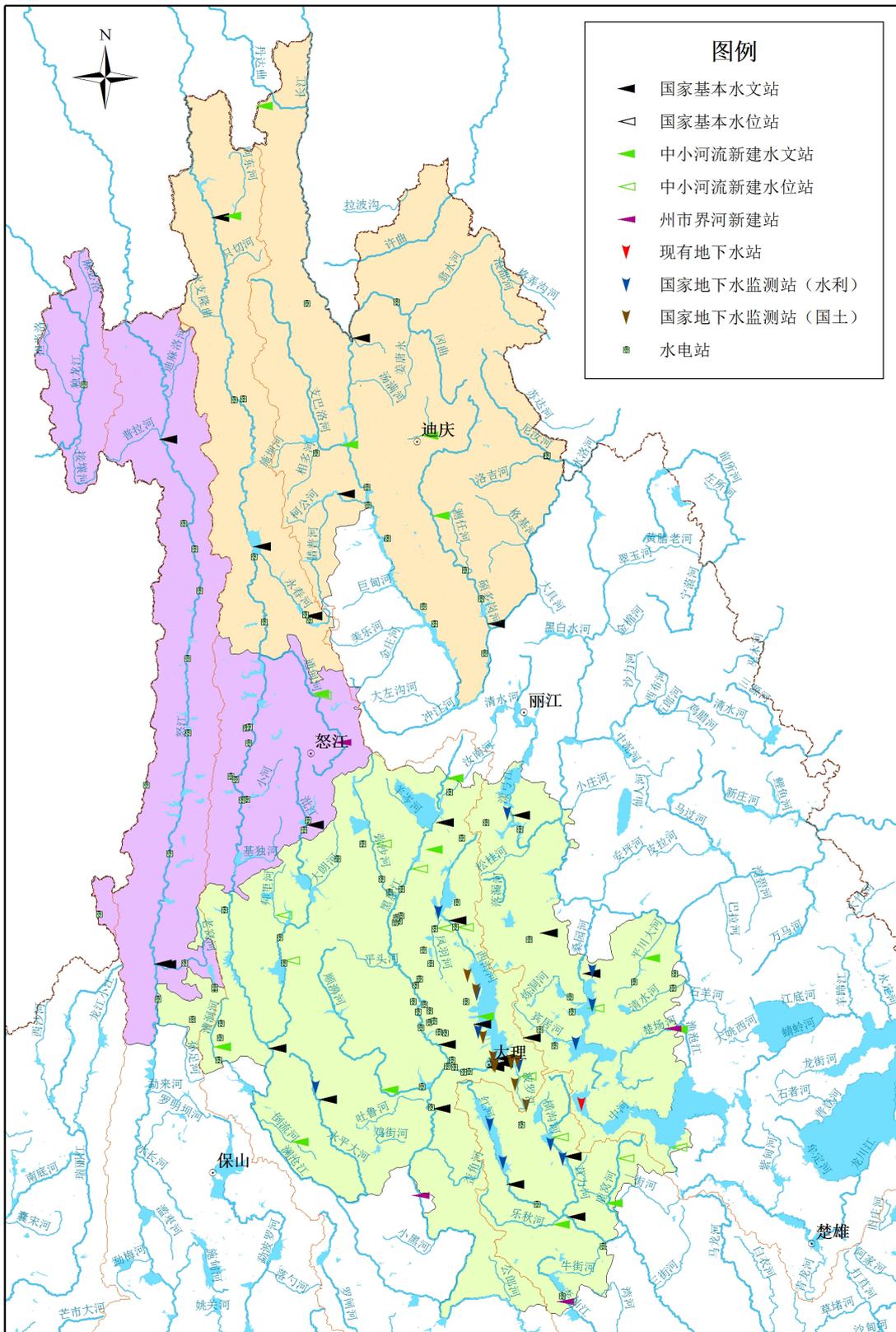


Figure 1. The hydrologic network in the northwest of Yunnan province
 图 1. 云南省西北部水文站网分布图

型水电站 2 座，分别为功果桥电站、龙开口电站，其余都是中型水电站和小(1)型水电站。水电站密度，详见表 3。大理州、迪庆州、怒江州分别有各类水库 431 座、4 座、18 座，合计 453 座。其中只有迪庆州有大(2)型水库 1 座，为小中甸水库，其余都是中型水库、小(1)型水库和小(2)型水库。水库密度，详见表 4。

Table 1. Rivers in the northwest of Yunnan

表 1. 云南省西北部河流概况

流域名称	河流总数(条)	各流域面积的河流数目/条				
		50~200 km ²	200~500 km ²	500~1000 km ²	1000~3000 km ²	3000 km ² 以上
澜沧江	146	114	17	3	8	4
长江	139	102	20	6	8	3
红河	29	19	5	1	2	2
怒江	61	53	4	2	0	2
伊洛瓦底江	12	6	4	0	1	1
合计	387	294	50	12	19	12

Table 2. Rivers in Dali, Diqing and Nujiang states

表 2. 大理、迪庆、怒江州河流概况

州市名称	河流总数(条)	各流域面积的河流数目/条				
		50~200 km ²	200~500 km ²	500~1000 km ²	1000~3000 km ²	3000 km ² 以上
大理州	155	110	23	6	10	6
迪庆州	142	111	17	5	6	3
怒江	90	73	10	1	3	3
合计	387	294	50	12	19	12

Table 3. Hydropower stations in Dali, Diqing and Nujiang states

表 3. 大理、迪庆、怒江州境内水电站概况

州市名称	水电站数目(座)	各类水电站数目/座				
		大(1)型水电站	大(2)型水电站	中型水电站	小(1)型水电站	小(2)型水电站
大理州	120	2	0	12	106	未统计
迪庆州	74	0	0	15	59	未统计
怒江州	75	0	0	13	62	未统计
合计	269	2	0	40	227	未统计

Table 4. Reservoirs in Dali, Diqing and Nujiang states

表 4. 大理、迪庆、怒江州水库概况

州市名称	水库数目(座)	各类水库数目/座				
		大(1)型水库	大(2)型水库	中型水库	小(1)型水库	小(2)型水库
大理州	431	0	0	18	55	358
迪庆州	4	0	1	1	1	1
怒江州	18	0	0	14	3	1
合计	453	0	1	33	59	360

4. 水文站网密度分析

4.1. 站网发展历程

大理州最早于 1947 年在洱海流域出口处设立下关站，迪庆州最早于 1959 年在长江流域主要支流硕多岗河设立下桥头站，怒江州最早于 1960 年在澜沧江流域主要支流泚江设立金顶站。在之后的几十年里，分别在各州围绕各流域干流和重要支流设立 22 处水文站、2 处水位站。新中国成立后，随着三个州水利建设的发展，水文围绕水利的中心工作，以优质的水文水资源信息支撑水资源的可持续利用，水文站网建设得到进一步的发展与完善。根据各流域水文站网调查结果，截止 2015 年底，三州市各流域共有基本水文站 25 处、基本水位站 2 处、中小河流水文站 17 处、中小河流水位站 13 处、州市界河水量监测点 5 处、基本雨量站 122 处(含水文站带雨量观测项目)、中小河流雨量站 291 (含中小河流水文(位)站带雨量观测项目)、蒸发站 14 处、地下水站 30 处、水质站 97 处。

4.2. 站网密度分析与结论

4.2.1. 基本水文站网

大理州、迪庆州、怒江州处于半干旱、半湿润地区，根据世界气象组织(简称 WMO，下同)有关容许最稀水文站网密度的推荐意见，平原区最低容许站网密度为 1000~2500 km²/站、山区最低容许站网密度为 300~1000 km²/站。云南省西北部澜沧江流域、长江流域、红河流域和怒江流域的基本水文站网密度基本达到 WMO 推荐的站网容许最稀密度要求，伊洛瓦底江流域没有基本水文站，未达到 WMO 推荐的站网容许最稀密度要求。云南省西北部基本水文站网密度详见表 5。

大理州、迪庆州、怒江州基本水文站网密度已达到 WMO 推荐的站网容许最稀密度要求。三州市基本水文站网密度详见表 6。

4.2.2. 雨量站网

云南省西北部各流域与各州市雨量站网密度详见表 7 与表 8。根据 WMO 有关容许最稀雨量站网密度的推荐意见，平原区为 600~900 km²/站、山区为 100~250 km²/站。《水文站网规划技术导则》[1] (简称导则，下同)综合了上述平原区和山区密度指标，提出面平均雨量站不大于 200 km²/站的标准。

云南省西北部澜沧江流域、长江流域、红河流域和怒江流域的基本水文站网密度达到 WMO 及《导则》规定的密度标准，伊洛瓦底江流域未达到 WMO 及《导则》规定的密度标准。

大理州雨量站网密度达到 WMO 及《导则》规定的密度标准；迪庆州和怒江州雨量站网未达到 WMO 及《导则》规定的密度标准。

4.2.3. 蒸发站网

蒸发站大部分与水文站、水位站、雨量站结合，云南省西北部无独立蒸发站，因此蒸发站的分布与水文站网密度趋势保持一致。根据 WMO 有关容许最稀蒸发站网密度的推荐意见，平原区、山区为 5000 km²/站，干旱区因蒸发强烈为 3000 km²/站。《导则》综合了上述平原区和山区密度指标，提出面蒸发站网密度采用 2000~5000 km²/站的标准。云南省西北部各流域与各州市雨量站网密度详见表 7 与表 8。

云南省西北部澜沧江流域、长江流域、红河流域和怒江流域蒸发站网密度达到 WMO《导则》推荐的平原、山区最稀密度标准(见表 9)，伊洛瓦底江流域蒸发站网密度未达到 WMO《导则》推荐的平原、山区最稀密度标准。

大理州雨、迪庆州和怒江州蒸发站网密度达到 WMO《导则》推荐的平原、山区最稀密度标准(见表 10)。

4.2.4. 地下水站网

云南省西北部主要处于山丘地区，《地下水监测规范》(SL183-2005)对不同区域也提出了相应的站网密度指

Table 5. Basic hydrologic network density in the northwest of Yunnan

表 5. 云南省西北部基本水文站网密度

流域名称	站数 (处)	国家基本站		中小河流站		州市界河站	计算面积 (km ²)	密度 (km ² ·站 ⁻¹)
		水文站	水位站	水文站	水位站	水量监测点		
澜沧江	36	13	2	9	9	3	28,623	795
长江	14	6	0	5	2	1	24,145	1725
红河	8	3	0	2	2	1	4310	539
怒江	4	3	0	1	0	0	8833	2208
伊洛瓦底江	0	0	0	0	0	0	2154	0
合计	62	25	2	17	13	5	68,065	1098

Table 6. Basic hydrologic network density in Dali, Diqing and Nujiang states

表 6. 大理、迪庆、怒江州基本水文站网密度

州市名称	站数 (处)	国家基本站		中小河流站		州市界河站	计算面积 (km ²)	密度 (km ² ·站 ⁻¹)
		水文站	水位站	水文站	水位站	水量监测点		
大理州	42	15	2	9	12	4	29,193	695
迪庆州	11	6	0	5	0	0	23,860	2169
怒江州	9	4	0	3	1	1	15,012	1668
合计	62	25	2	17	13	5	68,065	1098

Table 7. Precipitation station network density in the northwest of Yunnan

表 7. 云南省西北部雨量站网密度

流域名称	站数 (处)	国家基本站(带雨量项目)			中小河流站(带雨量项目)			计算面积 (km ²)	密度 (km ² ·站 ⁻¹)
		雨量站	水文站	水位站	雨量站	水文站	水位站		
澜沧江	191	46	12	0	117	8	8	28,623	150
长江	127	39	6	0	76	6	0	24,145	190
红河	42	12	3	0	25	2	0	4310	103
怒江	48	1	3	0	43	1	0	8833	184
伊洛瓦底江	5	0	0	0	5	0	0	2154	431
合计	413	98	24	0	266	17	8	68,065	165

Table 8. Precipitation station network density in Dali, Diqing and Nujiang states

表 8. 大理、迪庆、怒江州雨量站网密度

州市名称	站数 (处)	国家基本站(带雨量项目)			中小河流站(带雨量项目)			计算面积 (km ²)	密度 (km ² ·站 ⁻¹)
		雨量站	水文站	水位站	雨量站	水文站	水位站		
大理州	230	76	15	0	122	10	7	29,193	127
迪庆州	106	19	6	0	76	5	0	23,860	225
怒江州	77	3	3	0	68	2	1	15,012	689
合计	413	98	24	0	266	17	8	68,065	1041

Table 9. Evaporation station network density in the northwest of Yunnan

表 9. 云南省西北部蒸发站网密度

流域名称	站数 (处)	独立蒸发站	国家基本站(带蒸发项目)			计算面积 (km ²)	密度 (km ² ·站 ⁻¹)
			水文站	水位站	雨量站		
澜沧江	6	0	6	0	0	28,623	4771
长江	5	0	5	0	0	24,145	4829
红河	1	0	1	0	0	4310	4310
怒江	2	0	2	0	0	8833	4417
伊洛瓦底江	0	0	0	0	0	2154	0
合计	14	0	14	0	0	68,065	4862

Table 10. Evaporation station network density in Dali, Diqing and Nujiang states

表 10. 大理、迪庆、怒江州蒸发站网密度

州市名称	站数 (处)	独立蒸发站	国家基本站(带蒸发项目)			计算面积 (km ²)	密度 (km ² ·站 ⁻¹)
			水文站	水位站	雨量站		
大理州	6	0	6	0	0	29,193	4866
迪庆州	5	0	5	0	0	23,860	4772
怒江州	3	0	3	0	0	15,012	5004
合计	14	0	14	0	0	68,065	4862

标,其中山丘区的最低标准为 2 站/1000 km²。云南省西北部各流域与各州市地下水站网密度详见表 11 与表 12。

澜沧江流域、长江流域、红河流域远地下水站网密度分比为 0.59 站/1000 km²、0.37 站/1000 km²和 0.44 站/1000 km²,远未达到《规范》要求最低标准,且怒江与伊洛瓦底江流域无地下水监测站。

大理州地下水站网密度为 1.03 站/1000 km²,未达到《规范》要求最低标准,迪庆州和怒江州没有地下水监测站。

4.2.5. 水质站网

云南省西北部澜沧江流域、长江流域、红河流域、怒江流域和伊洛瓦底江流域水质站分别有 40 处、32 处、14 处、9 处和 2 处。大理州有水质站 56 处,其中与水文站、水位站结合的 11 处,独立水质站 45 处;迪庆州有水质站 24 处,其中与水文站、水位站结合的 4 处,独立水质站 20 处;怒江州有水质站 17 处,其中与水文站、水位站结合的 3 处,独立水质站 14 处。基本覆盖了流域内重要河流的上游、干支流控制河段、重要湖泊(水库)出入口处、重要河流跨国境分界处等,满足流域与州市水质监测要求。云南省西北部各流域与各州市水质站网密度详见表 13 与表 14。

5. 水文站网河流控制目标评价

5.1. 评价基础与方法

河流水文控制目标评价就是针对测站对河流的覆盖程度进行评价,也就是测站支撑水文特征值空间关系描绘能力的评价[2]。本次红河流域水文站网调查,调查了流域面积在 500 km² 以上的河流及其水文站网设置的情况,并以此作为调查与评价对象。

本次评价采用的方法是完全水文空白河流评价和流量测验空白河流评价。

Table 11. Groundwater station network density in the northwest of Yunnan

表 11. 云南省西北部地下水站网密度

流域名称	站数 (处)	水利部门现有 站	国家地下水监测工程		计算面积 (km ²)	密度 (站/1000 km ²)
			水利部门	国土部门		
澜沧江	17	0	5	12	28623	0.59
长江	9	1	4	4	24145	0.37
红河	4	0	4	0	4310	0.93
怒江	0	0	0	0	8833	0.00
伊洛瓦底江	0	0	0	0	2154	0.00
合计	30	1	13	16	68065	0.44

Table 12. Groundwater station network density in Dali, Diqing and Nujiang states

表 12. 大理、迪庆、怒江州地下水站网密度

州市名称	站数 (处)	水利部门现有 站	国家地下水监测工程		计算面积 (km ²)	密度 (站/1000 km ²)
			水利部门	国土部门		
大理州	30	1	13	16	29193	1.03
迪庆州	0	0	0	0	23860	0.00
怒江州	0	0	0	0	15012	0.00
合计	30	1	13	16	68065	0.44

Table 13. Water quality station network density in the northwest of Yunnan

表 13. 云南省西北部水质站网密度

流域名称	站数(处)	独立水质站	水文站、水位站 (带水质监测)	计算面积(km ²)	密度 (站/1000 km ²)
澜沧江	40	34	6	28623	1.40
长江	32	26	6	24145	1.33
红河	14	10	4	4310	3.25
怒江	9	7	2	8833	1.02
伊洛瓦底江	2	2	0	2154	0.93
合计	97	79	18	68065	1.43

Table 14. Water quality station network density in Dali, Diqing and Nujiang states

表 14. 大理、迪庆、怒江州水质站网密度

州市名称	站数(处)	独立水质站	水文站、水位站 (带水质监测)	计算面积(km ²)	密度 (站/1000 km ²)
大理州	56	45	11	29193	1.92
迪庆州	24	20	4	23860	1.01
怒江州	17	14	3	15012	1.13
合计	97	79	18	68065	1.43

$$R_1 = \frac{n_1}{N} \times 100\% \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{N - n_2 - n_3}{N} \times 100\% \quad (2)$$

其中 R_1 为既无流量站也无雨量站、水位站，完全为水文空白区的河流所占比率； R_2 为仅有水位站、雨量站，缺乏流量的空白河流比率； N 为评价的河流总数； n_1 为完全水文空白河流数； n_2 为水文部门已设水文(流量)站河流数； n_3 为完全由其他部门已设水文(流量)站控制河流数。

5.2. 评价结论

云南省西北部各流域参加评价的流域面积大于 500 km^2 的河流共计 43 条，无完全水文空白河流。澜沧江流域流量测验空白河流有 1 条，为歪脚河，所占比例为 6.7%；长江流域流量测验空白河流有 5 条，为中河、翁水河、浪都河、洛吉河和尼汝河，所占比例为 29.4%；伊洛瓦底江流域流量测验空白河流有 1 条，为独龙江干流，所占比例为 50%；红河流域和怒江流域无流量测验空白河流。云南省西北部各流域与各州市水质站网密度详见表 15 与表 16。

云南省西北部各州市参加评价的流域面积大于 500 km^2 的河流共计 43 条，无完全水文空白河流。大理州流量测验空白河流有 2 条，为澜沧江流域的歪脚河和长江流域的中河，所占比例为 9.1%；迪庆州流量测验空白河流有 4 条，为长江流域的翁水河、浪都河、洛吉河和尼汝河，所占比例为 28.6%；怒江州流量测验空白河流有 1 条，为伊洛瓦底江流域的独龙江干流，所占比例为 14.3%。

6. 优化调整对策

6.1. 科学提高水文站网密度，优化完善站网布局

1) 在整个水文站网中，大河控制站居首要地位，根据当前云南省大理州、迪庆州、怒江州的水电开发情况，一些已达设站年限和设站目的且无特殊任务的大河控制站，可考虑撤销或搬迁。现状站点未达到设站目标的大

Table 15. Hydrologic control station with river basin area is more than 500 km^2 in Yunnan
表 15. 流域面积大于 500 km^2 河流水文控制情况表

流域名称	河流总数	完全水文空白河流		流量测验空白河流	
		河流数	R_1 比例(%)	河流数	R_2 比例(%)
澜沧江	15	0	0.0	1	6.7
长江	17	0	0.0	5	29.4
红河	5	0	0.0	0	0.0
怒江	4	0	0.0	0	0.0
伊洛瓦底江	2	0	0.0	1	50.0
合计	43	0	0.0	7	16.3

Table 16. Hydrologic control station with river basin area is more than 500 km^2 in Dali, Diqing and Nujiang states
表 16. 大理、迪庆、怒江州流域面积大于 500 km^2 河流水文控制情况表

州市名称	河流总数	完全水文空白河流		流量测验空白河流	
		河流数	R_1 比例(%)	河流数	R_2 比例(%)
大理州	22	0	0.0	2	9.1
迪庆州	14	0	0.0	4	28.6
怒江州	7	0	0.0	1	14.3
合计	43	0	0.0	7	16.3

河干流,应根据设站目标,并结合目前水电梯级开发情况,确定布站数目,按上游稀、下游密原则合理布设控制站点[3];

2) 对于流域面积 500 km² 以上的河流以及流域面积 500 km² 以下、且对水资源管理有重要需求的重点河流,应弥补水文空白区和流量测验空白区监测;

3) 随着近几年中小河流监测项目与山洪灾害项目建设,雨量站网密度大幅提高,达到控制局部强降水的需要,且满足山洪灾害防治需要,但缺乏合理的雨量站网布局,必须对雨量站网科学分析,优化并调整雨量站网布局;

4) 由于蒸发站点稀少、空间分布不均,且监测都是人工观测,效率低,在合理增加蒸发站点的同时,应加强蒸发观测新仪器新技术的使用与推广,特别是自动蒸发器的试验,以经济的投入,解放劳动力的同时,得到高精度的蒸发资料;

5) 部分城市发生洪涝灾害,且大理州、怒江州、迪庆州基本还未开展城市洪涝监测,必须同意规划、建设城市洪水监测站网,满足城市防洪需要。

6.2. 完善并加强州市级与区县级行政区界水文站网

大理州、迪庆州、怒江州水资源丰富,水事矛盾不突出,目前对州市行政区界河流水文控制基本满足要求,但密度不高,区县级行政区界水资源监测站网是基本空白,随着最严格水资源管理制度的落实,对行政区界河流量、水质监测控制需求更高。因此,应在现有水文站网的基础上,加强各级行政区域界水资源监测站网建设,优先完善州市级行政区界及水事矛盾突出区县级行政区界水资源监测站网,支撑最严格水资源管理制度的实施。

6.3. 加强地下水监测网和墒情监测网建设

1) 大理州地下水监测站网密度较低,迪庆州和怒江州无地下水监测站,且部分地区处于地下水限采区,为加快地下水监测网络建设,开展地下水动态监测,应加强地下水监测站网建设,提高地下水监测站网密度,最大限度满足流域水资源管理及监控地下水限采效果的需要。

2) 大理州有墒情监测站 1 个,由于仪器老化、年久失修,处于停用状态。迪庆州和怒江州无墒情监测站。由于墒情监测站网是抗旱工作的基础,且云南省近几年连续大旱,人民群众生命财产安全受到威胁,所以必须加大土壤墒情站点的布设和加强墒情信息与水文信息实时上报与分析工作。

6.4. 有机结合水资源监测站网和水质监测站网

进行水资源监测站网规划时,应和现有的水质监测站网有机地结合起来,重点加强大中型灌区监测站网、重要入河排污口监测站网、重要取水口监测站网、水功能区监测站网以及重要供水源地监测站网的建设。

6.5. 改善水文测验方式,扩大水文资料收集范围

随着流域经济社会的快速发展、水资源利用程度的提高,社会对水文的需求越来越多,在现有水文站网的基础上,通过改革测验方式、增加巡测控制断面、推广应用先进水文监测仪器设备,进一步扩大水文监测范围,提高水文服务能力与水平[4]。

7. 结论

本文对云南省西北部大理、迪庆、怒江州三个州境内的流域、河流、水利水电工程和水文站网进行调查,按流域与行政区对各类监测站网密度及布局进行分析,结果表明云南省西北部除雨量站网、蒸发站网和地下水站网外的其它各类监测站网密度基本达到世界气象组织及《水文站网规划技术导则》规定的密度要求。并根据

完全水文空白河流与流量测验空白河流评价方法,按流域与行政区对河流的水文监测覆盖程度进行分析与评价,结果表明云南省西北部部分流域河流存在流量测验空白河流。并根据上述成果提出站网优化调整对策。本文研究成果为今后云南西北部水文站网的规划及调整、防洪抗旱、水利规划设计、水资源开发利用管理等提供了技术支撑。

参考文献 (References)

- [1] SL 34-2013. 水文站网规划技术导则[S].
SL 34-2013. Technical regulations for hydrologic network design. (in Chinese)
- [2] 高云明,程兵峰,李春丽,裴杰峰. 海河流域水文站网分析评价[M]. 北京:中国水利水电出版社,2012.
GAO Yunming, CHENG Bingfeng, LI Chunli and PEI Jiefeng. Analysis and evaluation of the hydrologic network in the Haihe River Basin. Beijing: China Waterpower Press, 2012. (in Chinese)
- [3] 李芸,罗丽燕,李宝芬. 云南省水文站网分析评价及优化调整[J]. 人民珠江,2006(6): 53-55.
LI Yun, LUO Liyan and LI Baofen. Analysis, evaluation, optimization and adjustment of the hydrologic network in Yunnan province. Pearl River, 2006(6): 53-55. (in Chinese)
- [4] 高云明. 海河流域水文站网分析评价与调整对策[J]. 海河水利,2011(6): 5-7.
GAO Yunming. Analysis, evaluation and adjustive measures of the hydrologic network in the Haihe River Basin. Haihe Water Resources, 2011(6): 5-7. (in Chinese)