

# 白龙江流域下游宝珠寺、亭子口水库径流特性分析

## 1、 背景介绍

嘉陵江，长江上游支流，嘉陵江干流流经陕西省、甘肃省、四川省、重庆市，在重庆市朝天门汇入长江。主要支流有：八渡河、西汉水、白龙江、渠江、涪江等。全长 1345 千米，干流流域面积 3.92 万平方千米，流域面积 16 万平方千米，是长江支流中流域面积最大，长度仅次于雅砻江，流量仅次于岷江的大河。白龙江是嘉陵江右岸最大的支流，发源于川、甘、青交界处西倾山东侧郭尔莽梁北麓的甘肃省碌曲县郎木寺附近，曲折东南流，经过四川若尔盖县、甘肃省迭部、舟曲、武都县，进入四川省，经青川、昭化二县汇入嘉陵江。河道全长 562km，流域面积为 31562km<sup>2</sup>，多年平均水资源量为 103 亿 m<sup>3</sup>。

亭子口水电站装机容量 1100MW，年平均发电量 31.75-29.51 亿千瓦时（灌溉前和灌溉后）。水库正常蓄水位 458m，防洪极限水位 447m，死水位 438m，设计洪水位 461.3m，校核洪水位 463.07m，总库容 40.67 亿 m<sup>3</sup>，调节库容 17.32 亿 m<sup>3</sup>，库容系数 9.2%，具有年调节能力。

宝珠寺水电站位于四川省广元市白龙江下游宝轮镇附近。距河口约 27km，距上游碧口水电站约 87km。主要用于发电，具有灌溉、防洪等综合效益。宝珠寺坝址控制流域面积 28896km<sup>2</sup>，占整个流域面积的 89.4%，年平均流量 322m<sup>3</sup>/s。

## 2 径流量年内分配

### 2.1 不均匀系数

径流的不均匀系数是反映年内月径流不均匀程度的指标，不均匀系数越小，各月径流的不均匀程度越低，即各月月径流量越接近，年内分配越均匀。反之，不均匀系数越大，年内分配越不均匀。计算公式如下。

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{12} (R_i - \bar{R})^2} / \sum_{i=1}^{12} R_i \quad (1)$$

式中  $C_v$  为不均匀系数； $R_i$  为各月径流量； $\bar{R}$  为月平均径流量。

### 2.2 一定时期内的年内分配

本次将白龙江下游宝珠寺、亭子口两个水库 1957-2012 年的入库径流量分为  $N$  个时段，

以 10 年为一个周期，则分为 5 个时期。根据上述计算公式，可计算出白龙江下游水库入库径流量不同年度时期的不均匀系数指标，如下表。

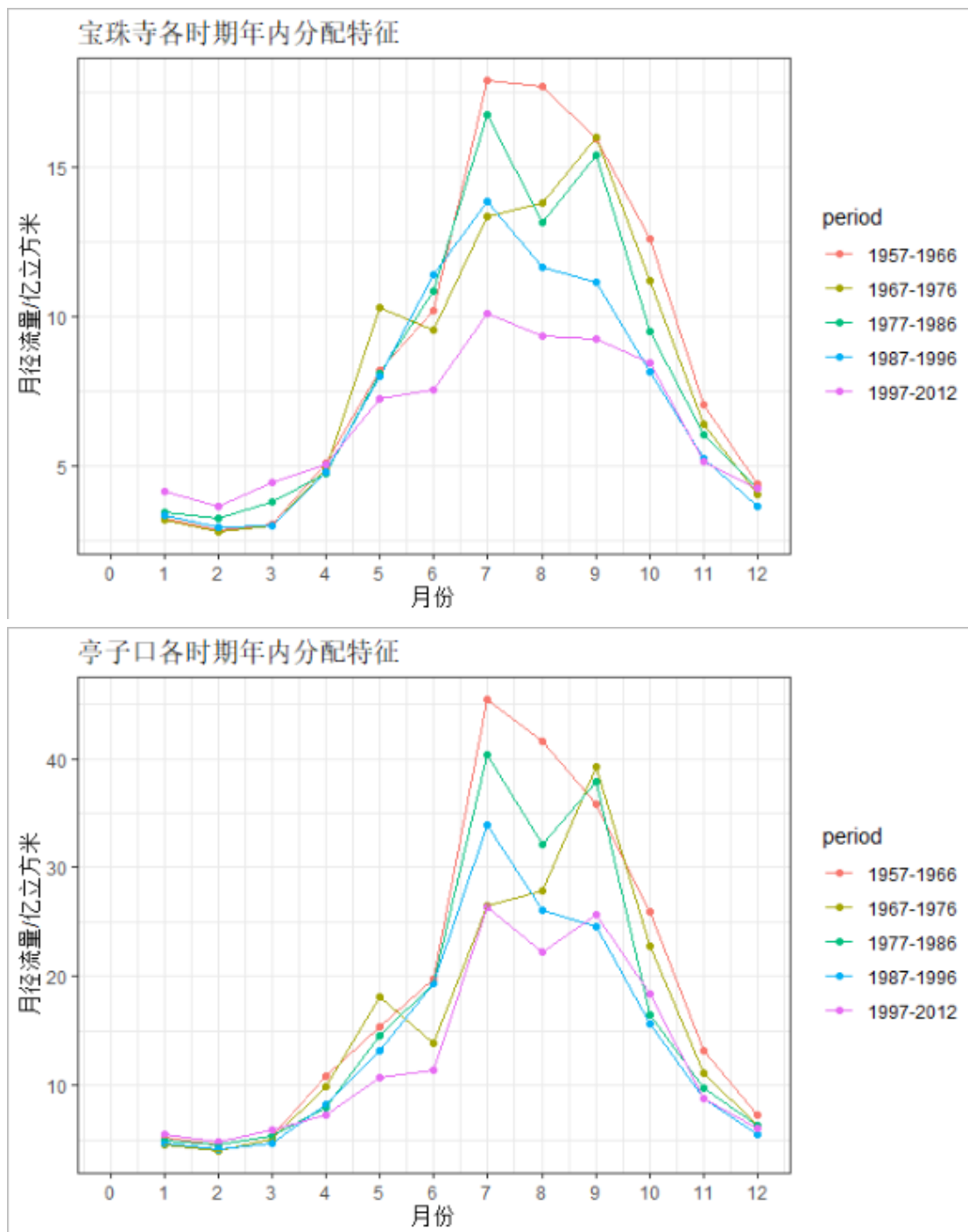
| 时段/年      | 不均匀系数 |       |
|-----------|-------|-------|
|           | 宝珠寺   | 亭子口   |
| 1957~1966 | 0.050 | 0.064 |
| 1967-1976 | 0.046 | 0.060 |
| 1977-1986 | 0.044 | 0.066 |
| 1987-1996 | 0.041 | 0.056 |
| 1997-2012 | 0.028 | 0.045 |

由表 1 可知，白龙江下游水库宝珠寺、亭子口两水库不同时期不均匀系数差别不大，其中，宝珠寺水库不均匀系数均位于 0.3-0.5 之间，不均匀系数最大的时期为 1957-1966 年间，为 0.051；195767-1976 年次之，为 0.046. 1997-2012 年径流量不均匀系数最小，为 0.028。不均匀系数的变化规律为，自 1957 年起，宝珠寺水库的入库径流量年内分配不均匀系数逐渐减少。

对于亭子口水库，不均匀系数差别依然不大，不均匀系数最大的时期为 1977-1986 年，为 0.066；1957-1966 年次之，为 0.064。1977-2012 年最小，为 0.045。不均匀系数的变化规律为，自 1957 年起，亭子口水库的径流量年内分配不均匀系数逐渐减少，至 1967 年后又增大了一些，而后到 1986 年后又开始减少。

下图是宝珠寺与亭子口水库不同时期的径流量分布，我们上面统计到两水库不同时期年内分配的不均匀系数，对于宝珠寺水库，1957-1966 年不均匀系数最大，在图中，1957-1966 年的径流量分布相比于其它时期更加集中，分布最不均匀，6-10 月份也就是年内丰水期的径流量占据全年径流量的大部分，11-4 月份枯水期的径流量很少。宝珠寺水库自 1957 年开始，年内分配不均匀系数逐渐减少，在图中我们可以看出，后面 4 个时期，径流量分布相比于 1957-1966 年间更加均匀。

亭子口水库相应的 1977-1986 时期径流量分布最不均匀，集中于丰水期，其余不均匀系数较小的时期较为均匀。



### 2.3 逐年变化情况

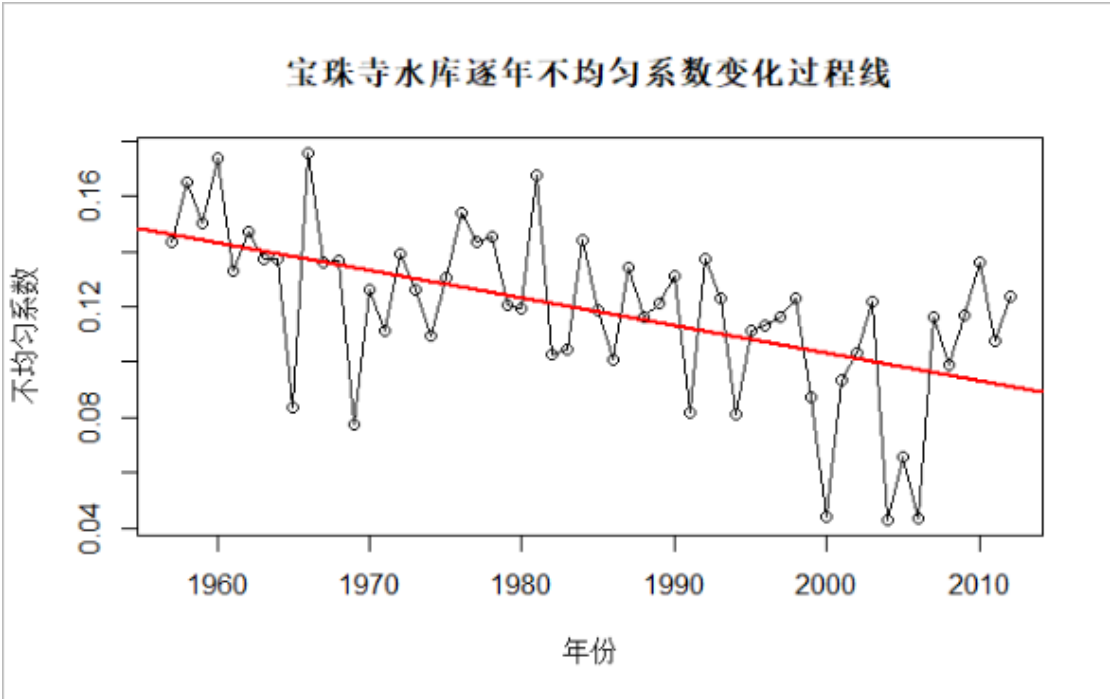
根据不均匀系数的计算公式，对白龙江下游宝珠寺、亭子口水库 1957~2012 年逐年指标进行分析计算，由此得到两水库年内分配的变化过程及变化趋势。

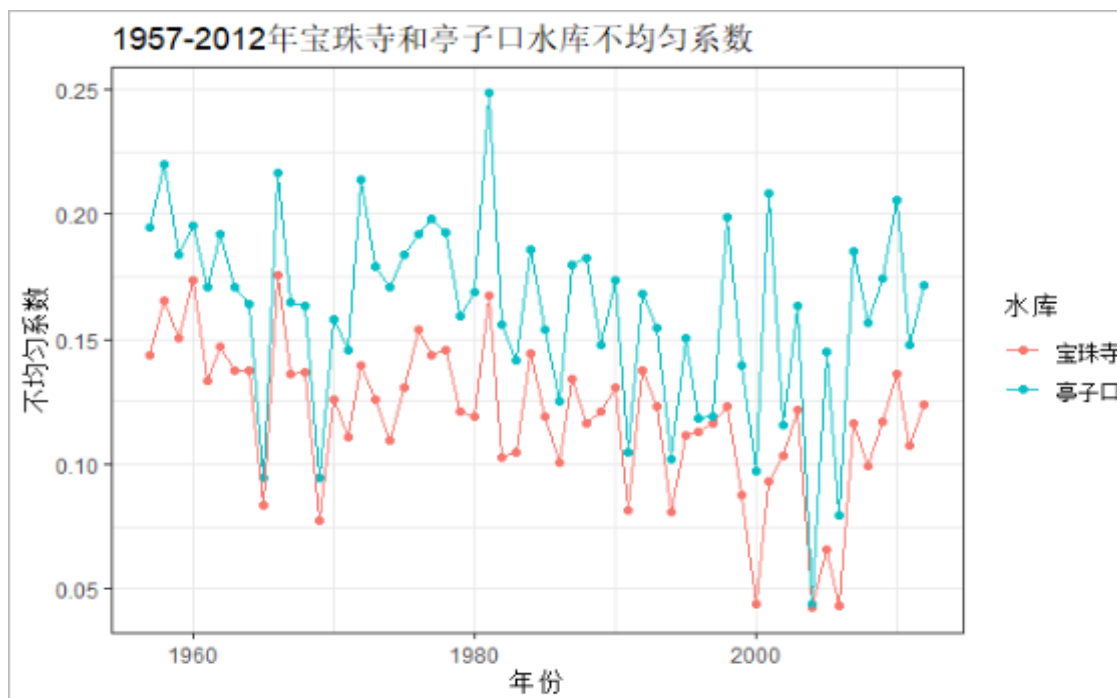
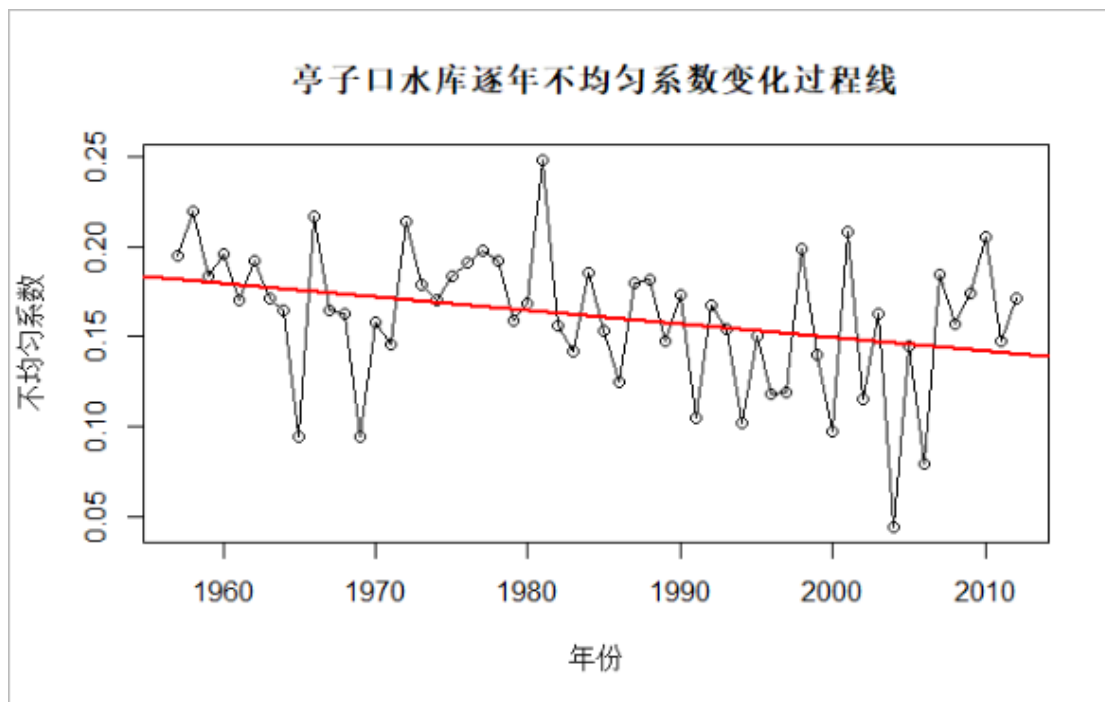
由图可知，白龙江下游宝珠寺不均匀系数在 0.04-0.18 之间，1960-1970 期间不平均系数有一次大幅度波动，1970-1990 年间不平均系数在 0.12 附近波动，在快到 2000 年的时候

又发生大幅度的波动，两次大幅度衰减到 0.04 附近，至 2010 年的时候又渐趋于平稳，在 0.12 附近小幅度浮动。根据不平均系数逐年变化过程及线性回归过程线，从总体上来看宝珠寺水库不均匀系数有减少的趋势，说明宝珠寺水库年内分配未来其不均匀程度将减缓，但依然有一定的概率发生短时间内大幅度波动。

亭子口水库的不均匀系数在 0.05-0.25 之间，1965 年之前不均匀系数小幅度波动下降，1965-1970 年期间有一次大幅度波动，之后在 1970-1990 年期间在 0.15 附近上下波动，但整体趋势上不均匀系数缓慢降低，2003-2007 年有一次大幅度波动，先剧烈下降后有又急剧上升到 0.17 附近维持小幅度波动，整体趋势上看，亭子口水库的不均匀系数有不断减少的趋势，在未来的一段时间内，亭子口水库年内分配不均匀程度将以较平缓的趋势减少。

另外，我们两个水库 1957-2012 年的不均匀系数变化过程绘制在一张图上可以看出，亭子口水库的不均匀系数分布区间比宝珠寺水库的要大，宝珠寺水库的不均匀系数在 0.04-0.18 之间，而亭子口水库的不均匀系数在 0.05-0.25 之间，这说明亭子口水库的不均匀系数变化范围更大，波动也更剧烈。不均匀系数可以有效反应径流量的变化特征，亭子口水库不均匀系数波动性较大，其径流量变化也更显著，相对而言，宝珠寺水库入库径流年内变化较亭子口入库径流变化小。





### 3、径流量年际变化

#### 3.1 径流量丰、平、枯水年划分

对白龙江下游宝珠寺、亭子口两水库 1957-2012 年的入库径流量进行丰、平、枯水年划分，计算距百平分率  $P$ ，根据  $P$  值的分布对长系列径流进行划分，共划分为丰水年、偏丰水

年、平水年、偏枯水年以及枯水年五种类型。划分规则如下：

丰水年： $P > 20\%$ ；

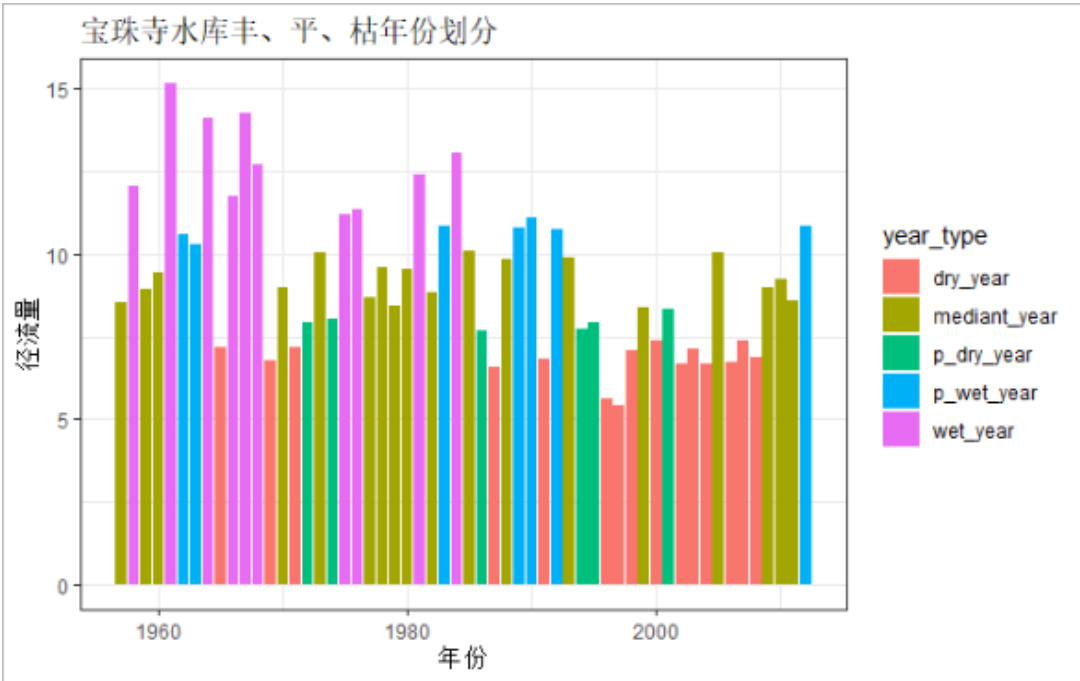
偏丰水年： $10\% < P < 20\%$ ；

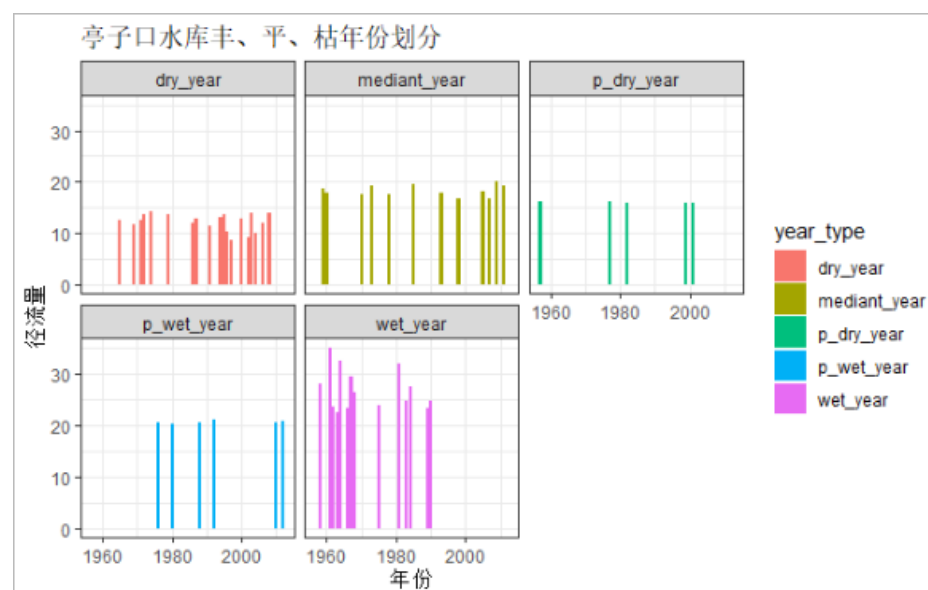
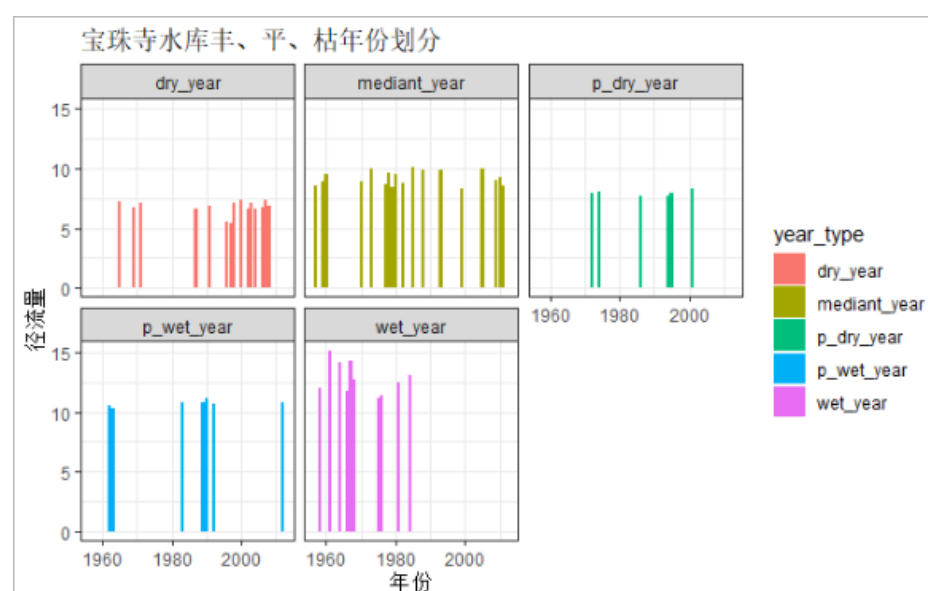
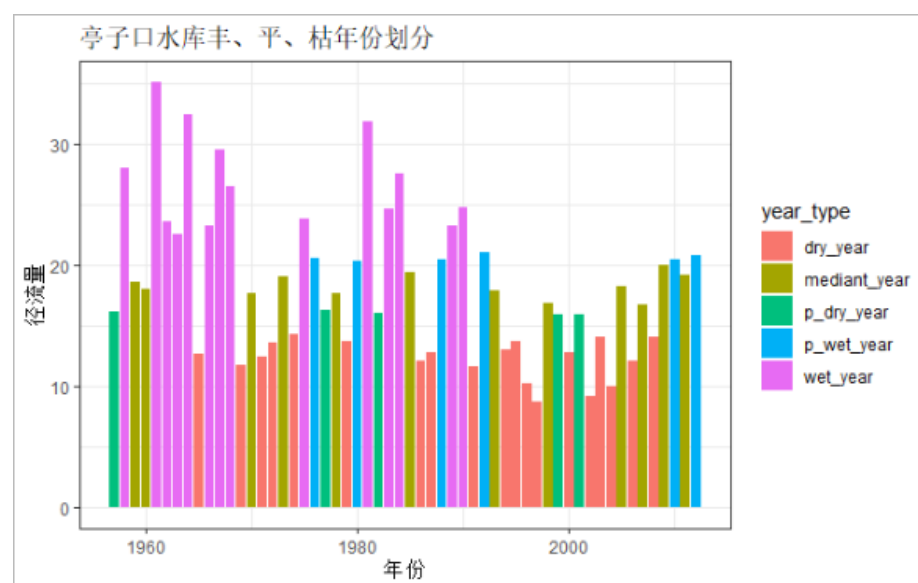
平水年： $-10\% < P < 10\%$ ；

偏枯水年： $-20\% < P < -10\%$ ；

枯水年： $P < -20\%$ ；

将划分结果用图形展示出来如下图，在单独展示出各种类型年的分布情况，宝珠寺水库和亭子口水库丰水年更多的出现在 1957–2012 时段的前部分，而靠后的年份多为枯水年份。我们将 1957–2012 年分为几个年份并进行丰、平、枯统计到下表中，表格中显示，宝珠寺和亭子口水库在 1957–1970 的时段里丰水年分布最多，相应枯水年分更多的分布在 1991–2000 和 2001–2012 年两个时段里。

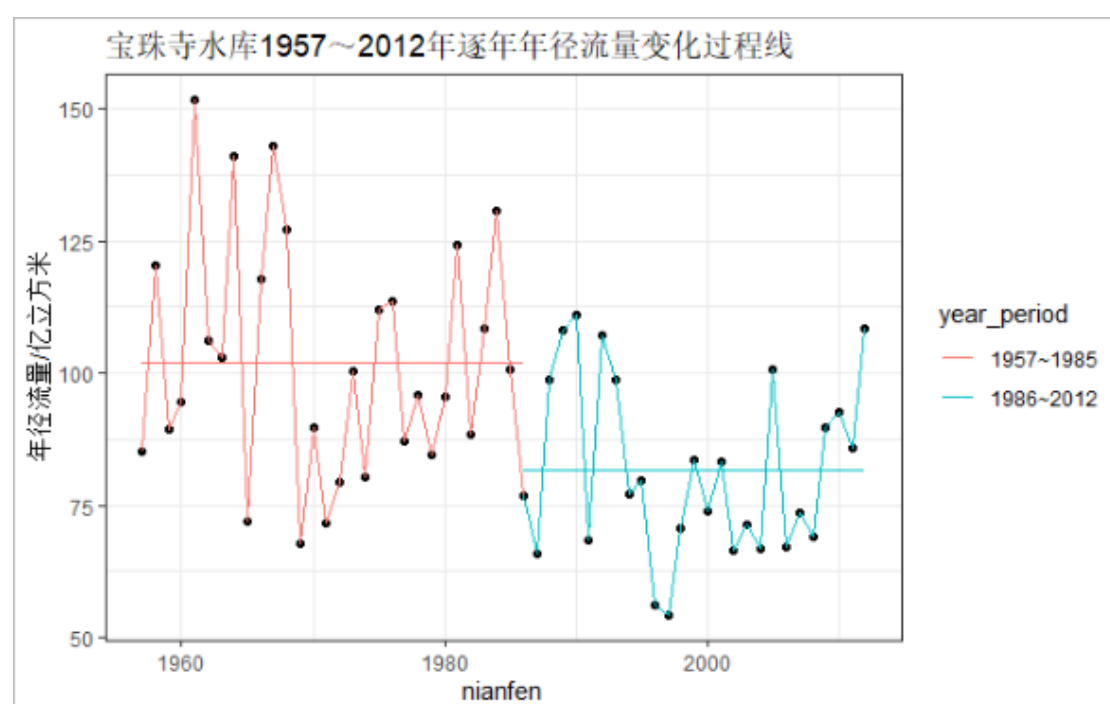




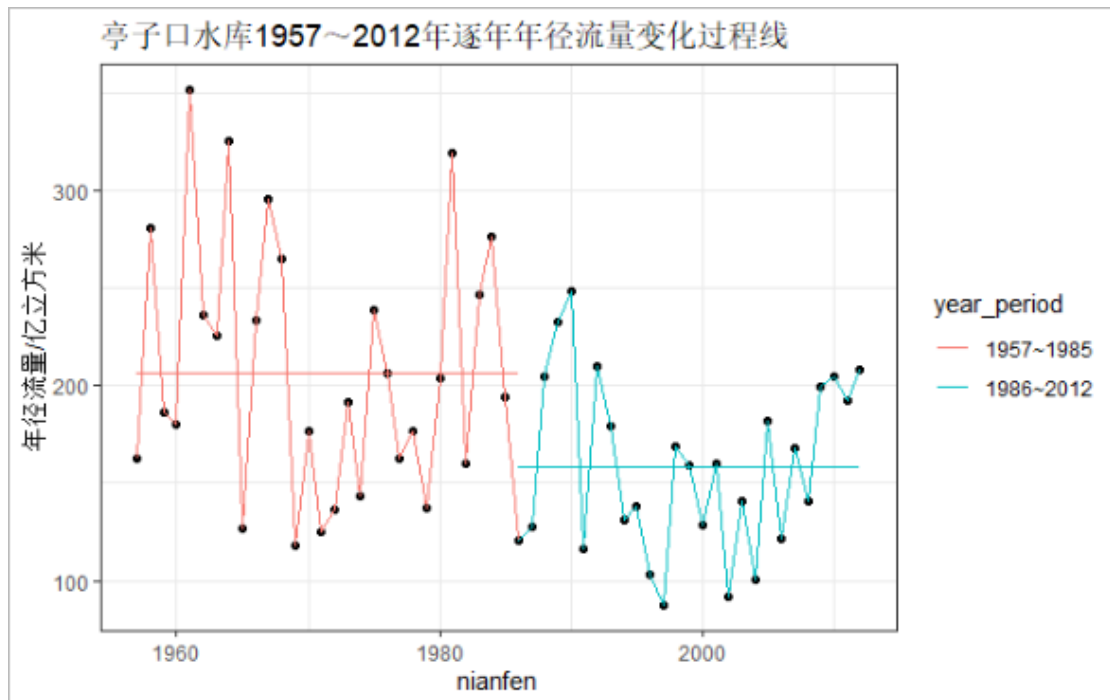
| 时段        | 丰水年 |    |    |   | 平水年 |    | 枯水年 |   |    |    | 合计 |
|-----------|-----|----|----|---|-----|----|-----|---|----|----|----|
|           | 丰水  |    | 偏丰 |   | 宝   | 亭  | 偏枯  |   | 枯水 |    |    |
|           | 宝   | 亭  | 宝  | 亭 |     |    | 宝   | 亭 | 宝  | 亭  |    |
| 1957-1970 | 6   | 8  | 2  | 0 | 4   | 3  | 0   | 1 | 2  | 2  | 14 |
| 1971-1980 | 2   | 1  | 2  | 2 | 5   | 2  | 0   | 1 | 1  | 4  | 10 |
| 1981-1990 | 2   | 5  | 3  | 1 | 3   | 1  | 1   | 1 | 1  | 2  | 10 |
| 1991-2000 | 1   | 0  | 0  | 1 | 2   | 2  | 2   | 1 | 5  | 6  | 10 |
| 2001-2012 | 1   | 0  | 0  | 2 | 4   | 4  | 1   | 1 | 6  | 5  | 12 |
| 合计        | 12  | 14 | 7  | 6 | 18  | 12 | 4   | 5 | 15 | 19 | 56 |

### 3.2 径流量逐年变化过程

根据白龙江下游宝珠寺、亭子口水库长系列径流资料，可得到该两水库历年逐年实测径流量变过程线，如图所示。1957~1985 年宝珠寺水库年均径流量 102.8211 亿  $\text{m}^3$ ，远高于 1986~2012 年年均径流量 81.6484 亿  $\text{m}^3$ ；1957~1985 年亭子口水库年均径流量 206.6916 亿  $\text{m}^3$ ，远高于 1986~2012 年年均径流量 157.9338 亿  $\text{m}^3$ 。宝珠寺水库和亭子口水库在 1957~1985 和 1986~2012 年两个时段内的多年平均流量呈阶梯式下降。







#### 4 结论

(1) 以白龙江下游宝珠寺、亭子口水库为研究对象，收集了两水库 1957~2012 年长系列实测径流资料，采用不均匀系数的方法方法对两水库入库径流量年内分配进行分析计算，同时采用丰枯划分、历年径流过程线对该河年际变化进行分析， 以此得到两水库的入库径流变化特性。

(2) 宝珠寺、亭子口入库径流年内分配不均，根据逐年分析结果，宝珠寺与亭子口的不均匀系数在 1980 年之前有剧烈波动，1980~2000 年变化较平稳，近 10 几年有大幅度的波动。亭子口的不均匀系数比宝珠寺的要大，宝珠寺和亭子口的不均匀系数自 1957~2012 年总体上呈减少的趋势，说明两水库未来年内分配不均匀程度将减少。宝珠寺与亭子口年径流各时段集中期为 6~10 月份，集中在每年的丰水期，枯水期 12~4 月份的径流量很少。

(3) 根据宝珠寺、亭子口水库历年逐年实测径流量变过程线，两水库径流年际变化大且 1957~1985 年两水库的年均径流量相比于 1986~2012 年年均径流量呈阶梯式下降。