

# 水文计算经验汇编

## 第三集

中国水利学会 編

中国工业出版社

# 水文計算經驗汇编

## 第三集

根据暴雨径流資料計算設計洪水的方法

中国水利学会 編

中国工业出版社

本书系根据中国水利学会1963年4月在武汉召开的水庫設計洪水学术討論会上提出的論文、报告汇编而成的。全书共汇集了25篇学术論文和經驗总结材料，主要是探討根据暴雨径流資料計算設計洪水的方法問題，其内容包括：由暴雨計算水庫設計洪水問題、設計暴雨分析計算方法、等流时线和单位线方法概述、单位线和綜合单位线的研究、小流域設計洪水計算問題、峯量关系与流域汇流問題等等。这些論文大体上反映了前一时期中有关这方面的学术論点和工作經驗，可供全国各地从事水文計算和水利规划工作的同志參考。

## 水文計算經驗汇编

### 第三集

根据暴雨径流資料計算設計洪水的方法

中国水利学会 編

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路西10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张18·字数381,000

1965年8月北京第一版·1966年4月北京第二次印刷

印数2,791—4,710·定价(科四)1.70元

統一书号: 15165·4056(水电-538)

# 前 言

1963年4月，我会在武昌召开水庫設計洪水学术討論会。会上提出論文、报告和文件77篇，其中包括設計暴雨，暴雨径流关系，单位线、等流时线，小流域設計洪水，根据流量資料計算設計洪水，规范草案及其他等各方面的論文和报告。由于根据流量資料計算設計洪水部分，已在編制設計洪水計算规范的过程中，举行过几次学术討論会，所以在这次討論会中着重討論了根据暴雨径流資料計算設計洪水的部分。

討論会以后，我会决定將該次討論会中的論文进行汇編刊印，以利交流。由于篇幅所限，只选編了根据暴雨径流資料計算設計洪水方面的一部分有代表性的論文，并做为水文計算經驗汇編的第三集。

这些論文大体上反映前一时期中各方面的主要学术論点和工作經驗，可供各地水文工作同志的参考。但是，也应当指出，由于設計洪水計算的要求和我們对自然規律的認識，都在不断地变化、深入和发展，各地的具体条件也不尽相同，因此讀者在参考这些論文时，尚需結合当地資料进行驗證后再用。

本文集的选編工作，由謝家澤、孙輔世、叶永毅、尤家煌、王本明、刘光文、华士乾、李肇祥、陈家琦、陈志愷、吳明远、林平一、郭展鵬、张宗彝、楊續昭等同志組成編輯委员会負責进行。

中国水利学会

1964年7月

# 目 录

|                                       |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 总論 .....                              | ( 1 )                       |
| 水庫設計洪水学术討論会綜合意見 .....                 | ( 2 )                       |
| 由暴雨計算水庫設計洪水的有关問題 .....                | 尤家煌 ( 10 )                  |
| 設計暴雨 .....                            | ( 19 )                      |
| 論中小流域設計暴雨分析計算方法 .....                 | 陈志愷 ( 20 )                  |
| 广东省繪制暴雨参数等值线图的几点經驗 .....              | 吳以焜 ( 34 )                  |
| 浙江省設計暴雨計算方法的探討 .....                  | 張文尧 ( 42 )                  |
| 山西省設計暴雨分析計算方法中的几个問題 .....             | 高致曾 ( 52 )                  |
| 中小流域面平均雨量的代表性分析 .....                 | 鄭兆偉 金蓉玲 王善序 ( 59 )          |
| 用暴雨点面关系計算面雨量的方法 .....                 | 伏 安 ( 70 )                  |
| 面雨量頻率計算方法的研討 .....                    | 李鴻业 ( 77 )                  |
| 可能最大降水的計算 .....                       | 华东水利学院水文系水文气象科研小組 ( 83 )    |
| 等流时綫、单位綫 .....                        | ( 97 )                      |
| 等流时綫和单位綫方法概論 .....                    | 华士乾 ( 98 )                  |
| 綜合单位綫应用总結 .....                       | 郭展鵬 伏 安 ( 111 )             |
| 用流域特性經驗綜合法求单位綫及汇流历时 .....             | 潘承恩 ( 120 )                 |
| 单位綫和綜合单位綫的初步研究 .....                  | 馮 焱 ( 131 )                 |
| 对加里宁河槽汇流曲线推算雨洪体会与新汇流曲线公式的<br>建議 ..... | 李心銘 唐振芬 ( 145 )             |
| 用汇流面积—径流分配关系曲线計算雨洪<br>过程綫 .....       | 叶邦汉 岳树林 程亨健 刘倩根 張昭娟 ( 163 ) |
| 小流域設計洪水 .....                         | ( 171 )                     |
| 关于小流域設計洪水計算的几个問題 .....                | 陈家琦 ( 172 )                 |
| 論峰量关系与流域汇流 .....                      | 林平一 ( 190 )                 |
| 小汇水面积設計洪水的計算 .....                    | 張文尧 ( 212 )                 |
| 用概化汇流曲线法計算小流域設計最大流量 .....             | 維文生 ( 224 )                 |
| 短缺流量資料地点設計洪水計算成果的驗證和检查 .....          | 張崇彝 徐启麟 ( 234 )             |
| 辽宁省无資料地区中小河流設計洪水計算方法的<br>研究 .....     | 刘以正 段一貫 ( 240 )             |
| 小面积暴雨洪水計算方法与参数的分析和探討 .....            | 高致曾 張有为 ( 252 )             |
| 关于計算最大流量推理公式汇流参数 $m$ 的分析 .....        | 向楚安 ( 266 )                 |
| 推理公式法的参数定量和应用的初步研究 .....              | 周忠一 ( 272 )                 |

... ..

# 总 论

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

# 水庫設計洪水学术討論会綜合意見

1963年4月19至27日，中国水利学会在武昌举行了水庫設計洪水学术討論会。参加会议的有各地24个水利学会的会员代表50人。会上共提出論文、报告和文件等77篇。其中設計暴雨方面21篇，暴雨径流关系方面2篇，单位线等流时线方面14篇，小流域設計洪水計算方面16篇，根据流量資料計算設計洪水方面7篇，其他方面13篇，规范草案等4篇，基本上反映了我国当前在設計洪水計算方面的現有水平。由于过去在編制設計洪水計算规范草案的过程中对根据流量資料計算設計洪水的方法已多次举行过有关的学术討論，在这次会上着重討論了設計暴雨、暴雨径流关系、单位线等流时线和小流域設計洪水計算四方面的問題。茲將这四个方面的討論意見，綜合如下：

## 一、設 計 暴 雨

### （一）設計暴雨的頻率分析

1. 点暴雨頻率計算是否可靠，主要取决于資料系列的长短和代表性。暴雨現象是許多气象因素作用的結果，一般可将暴雨資料作为随机系列来处理。由于暴雨一方面受大气环流形势的影响，在时序上存在丰枯水交替出現的情况；另一方面受暴雨路径、暴雨中心位置、暴雨分布等随机因素的影响，同一地区同步短系列暴雨資料的系列代表性也有差別，因此，点暴雨資料系列代表性需要从点和面两方面来进行分析。

2. 合理估計特大暴雨重現期并加入短期系列进行計算，可以起到一定的延长系列的作用。根据广东、浙江、山西等省經驗，通过小河洪水調查，可以对一般特大暴雨的重現期作出近似的估計，但在調查估算时，应注意点面雨量重現期的差別。特大暴雨在某一特定地点出現的机会較小，但在面上任意地点出現的机会却較大。例如江苏、河北、广东等省近几年个别地点就曾观测到极稀遇的特大暴雨。因此，移用特大暴雨观测記錄时，一方面应注意气象条件和地理环境的差別，另一方面也应注意定点最大暴雨与面最大点暴雨頻率的差別，以防止任意加大頻率計算成果。由于正确估計特大暴雨的重現期比較困难，因此特大暴雨加入頻率計算后需要用地区綜合等方法多方面比較，才能消滅偶然誤差。

3. 用地区綜合的方法可以适当增加点雨量資料系列的代表性，但不能將暴雨的空間分布和時間分布等同起来。站年法应用得当，可以起到一定的延长系列的作用，但必須考虑气候的一致性、資料的独立性和系列的代表性。如选用測站的資料系列具有一定的代表性，用綜合平均的頻率曲线或統計参数作为区域点暴雨資料的代表系列或参数，是地区綜合的一种可行的方法。

### （二）面設計暴雨間接計算的方法

1. 小流域点面雨量的关系比較密切，在短缺面雨量观测資料的情况下，面設計暴雨可用点設計暴雨为代表，但点設計暴雨所能代表的面积应有一定的限度。

2. 中等流域一般用点雨量通过点面关系計算面設計暴雨。因受暴雨中心出現的位置和暴雨分布形状等随机因素的影响，中等流域的点面雨量关系一般都不穩定。由于同頻率点面雨量的关系是經驗性质的对比关系，因此，通过点設計暴雨間接計算中等流域面設計暴雨比較困难。目前以地区实测大暴雨图綜合求得的最大的点面雨量的关系，作为固定流域点面雨量换算的关系，还缺乏論据，在地形有影响的山区应用問題更多。因此，点面雨量关系的确定方法，需要进一步研究改进。

目前研究点面雨量关系的途径有两种。一种方法是經驗相关法，即通过代表区域或流域同頻率点面雨量对比关系，推算点面雨量的折减系数，然后移用到短缺資料的流域。采用这类方法，应有足够点面雨量观测資料为依据，移用时应注意地区之間的差別。另一种方法是将暴雨图形和流域形状概化，然后根据暴雨中心出現的机率，用頻率組合的方法研究固定流域最大点雨量和面雨量的关系。这种方法比較复杂，将暴雨图形和流域形状过分概化的結果，使計算精度不容易掌握，因此应用比較困难。

利用流域內（或流域四周）固定站（或几个固定站平均雨量）和面的雨量資料的相关关系插补延長短系列面雨量資料系列的方法，也值得作进一步研究。

### （三）时程分配雨型和长短历时暴雨量关系

1. 用同頻率控制典型放大的方法分析求得的設計暴雨的时程分配雨型，接近实测大暴雨降雨过程的平均情况。分析面暴雨雨型时，如何考虑暴雨移动的規律，应結合洪水計算的要求作更多的研究。

2. 暴雨公式的指数与頻率有一定关系，折点的位置随暴雨特性的不同在地区上也有差別，这些問題应充分利用各地自記雨量和分段雨量观测資料分区进行檢驗，但分析檢驗时应注意短历时暴雨資料系列的代表性。目前通用的指数型暴雨公式是否适用于半干旱及干旱地区，也需要結合当地資料进一步檢驗。

### （四）对今后工作的意見

1. 特大暴雨形成的条件往往不同于一般暴雨，因此注意搜集特大暴雨資料，綜合分析时面深关系，研究特大暴雨形成条件、可能出現的地区、移用和訂正的方法，重現期估算的方法等，对于稀遇設計暴雨的分析檢驗有重要的作用。

2. 我国暴雨特性在地区上有显著的差別，例如西北內陆多局部雷暴雨；东南沿海多台风雨，雨季长，暴雨年內季节性变化也比較复杂。因此設計暴雨的分析計算方法，应結合地区暴雨特性研究制定。

3. 暴雨等值线图是中小水庫設計的依据，部分地区特別是山区，暴雨等值线的精度較差，需根据增加的新資料，不断加以补充和修正。修改等值线图时，特別需要注意分析資料系列的代表性和地形对暴雨的影响。

4. 地形对暴雨的影响目前研究很不够，是暴雨分析計算工作中的薄弱环节，建議各地有計劃地选择有代表性的山区进行观测研究。此外，在有条件的地区，可建立暴雨站群，以研究中小流域点面雨量的关系。

5. 設計暴雨的地区組成、分季（或分月）設計暴雨、可能最大降雨量的分析研究工

作，也需进一步开展。

## 二、暴雨径流关系

### (一) 山区暴雨径流关系计算

1. 在暴雨径流合轴相关法中，前期影响雨量 $p_a$ 是最主要的因素，但在北方黄土地区，暴雨强度影响很大，应考虑加入有效降雨历时为参数。南方地区，即使在一个季节之内，由于作物的更替，对径流的影响往往比较显著，在预报或计算分月洪水时应考虑加入月份作参数。

2. 在计算前期影响雨量时，可利用当地实测土壤含水量资料直接分析 $K$ 和 $I_{max}$ 值，如无这类资料，也可以用实测降雨径流资料分析。为了实用的方便，在一个地区内可以统一用一个 $K$ 和 $I_{max}$ 值。计算 $p_a$ 时所采用前期雨量的天数，可根据 $K$ 值大小订定。

3. 合轴相关图的形式，在资料较多的情况下，应尽可能采用以 $p_a$ 为参数的图形，资料不足时可以点绘 $(p+p_a) \sim R$ 相关图，但应特别注意 $p_a$ 值的定量。

4. 为了避免因不均匀降雨可能引起的有效产流面积变化的影响，在分析时宜分站计算 $p_a$ 值，然后推求流域均值。在设计计算中，可分站分区计算降雨量和 $p_a$ 及查读地面净雨深 $R$ ，然后推求流域平均地面净雨深。在局部产流地区，这样做可以显著改善计算成果。

5. 在推求时段净雨深时，可采用分段累积查图然后逐段相减的办法。向设计暴雨条件下外延的问题，南方湿润地区问题较小；北方地区实测径流深大的点据很少，应先研究地区综合，再考虑外延。

6. 扣损法应用在山丘区中小流域设计情况下，由于降雨历时较短，净雨量很大，不一定用入渗曲线，可直接采用扣除初损与平均入渗率的办法计算，但对 $p_a$ 、 $I_{max}$ 和初损与平均入渗率 $\bar{f}$ 的定量要特别慎重仔细。平均入渗历时可用实际降雨历时减去相当于初损的降雨历时近似求得。

以上两种方法，凡属入渗率较小的地区，以用扣损法为宜；入渗变化较大，经常局部产流的地区，则以用合轴相关法为宜。

### (二) 平原地区暴雨径流关系计算

在平原地区，由于测流条件差，大都缺少流量资料，加以耕作条件及蓄水、排水情况变化多，暴雨径流相关图法较难应用。目前，不少地区正在进行平原地区入渗损失的研究工作，并已取得初步成果。

### (三) 对今后工作的意见

1. 暴雨径流关系的研究，不仅可以提高设计洪水总量和过程线的精度，且为进一步研究流域汇流的成因分析方法和发展水文科学的基本理论创造条件。因此，加强这方面的研究工作是十分必要的。为了创造研究工作条件，必需加强水文观测，特别是径流实验站的观测工作，积累更多的精度较高的降雨、径流、土壤含水量、土壤水分化学物理特性等资料。

2. 在山丘地区，重点在于布设更多有代表性的小面积流量站，并增设一些相应的

雨量站。在暴雨期間雨量觀測段次應加密，使雨量資料能與徑流資料協調對應。

3. 在平原坡水地區，在可能的條件下，應多建立一些水文觀測斷面，同時加強土壤含水量的觀測工作。土壤含水量的觀測點不一定要求過密，觀測深度一般在0.5~1.0米即可；但在暴雨後，應力爭每天進行觀測。同時，各地區應對不同土壤的水文化學物理特性重點開展試驗工作，並逐步積累資料。

### 三、單位綫法和等流時綫法

#### (一) 單位綫法

1. 對單位綫的評價：單位綫在實用中積累了比較多的經驗，在生產上亦起到了一定的作用，用實測資料分析單位綫，可以綜合反映匯流速度的沿程變化及河網調節作用，這是它的優點；但在實踐中也發現很多流域上徑流蓄泄關係不是線性，即單位綫的基本假定對這些流域並不符合，需要校正。目前生產上已有一些校正的方法，但都還有待進一步完善。從成因上看，經驗單位綫方法不能說明各時段流量是由那些面積上的水量如何經過調節演進而形成的。目前，雖有一些成因分析方法可以適當考慮這些問題，但需要研究改進的地方還很多。

2. 單位綫在非線性條件下的校正和外延問題：在非線性條件下，不僅要校正單位綫的要素，而且幾個時段的流量複合也不能是線性迭加。但考慮到在設計條件下流域設計暴雨中主要時段的淨雨往往比前後時段大得多，所以，在考慮單位綫要素校正以後，在實用中對各個時段地面徑流的迭加在設計洪水計算中可以忽略其非線性影響，但需要結合成因理論及實際資料的分析進行研究。關於非線性關係外延的研究，包括兩方面的問題：一是在設計條件下暴雨強度的增加；另一是流域特徵主要是河槽斷面特徵的影響。在這方面應加強野外勘察，定出相應於漫灘流量的流域的降水量和在設計暴雨條件下的過水斷面，從而為單位綫要素的外延作出合理的判斷。目前對這個問題的研究還很不夠，今後應作為研究使用單位綫計算設計洪水中的重點。

3. 單位綫時段長短的選擇及其轉換：單位綫時段不宜過長，以免使時段內有顯著變化的降雨強度平均化。但是，在有一定調節能力的流域，在歷時小於某一數值以後，對單位綫的精度影響不大，而且由於降雨觀測資料的限制，求不出很短歷時的原型單位綫，且設計暴雨的時段過多，各時段雨量也很難確定，在實際計算中，一般地以選用單位綫滯時（ $t_p$ ）的1/3或1/4左右為宜。

應用S曲線應該慎重，要考慮轉換時段內平均降雨強度的變化大小；如果變化相當大，用S曲線的誤差就較大。

4. 單位綫分析中的割基流問題：基流分割的高低直接影響單位綫要素的定量。為了尽可能減少系統誤差，最主要的是統一割基流的辦法。分析時用這個辦法割，求設計洪水時照這個辦法加。為在地區上綜合大、小流域單位綫要素時的方便，也可以把底長固定為 $t_p$ 的某一倍數。

5. 局部面積產流條件下的單位綫應用問題：這個問題在干旱、半干旱地區經常會遇到。在局部面積產流條件下，如果有小河流量資料，最好分開各流域去分析單位綫，或

用划分等流时组的单位线如加里宁等分析方法。但是，在设计条件下，这种流域也可能不是局部产流。在这个问题上，应该加强对设计暴雨的空间分布特征和暴雨径流关系的研究工作。只要能准确地定出产流区，就可以算出局部面积产流情况下的单位线。

6. 地区综合单位线的资料要求：在分析地区综合单位线时，首先应根据暴雨洪水及其他流域自然地理特征划分一定的区域，区域内应有不少于三年资料，并包括较大洪水的15~20个测流断面，才有条件进行地区综合，面积过大和过小的流域也不宜采用。

7. 综合因素和经验方程的取舍：为了考虑暴雨特征对单位线的影响，可先对原型单位线进行处理，转化为同一净雨标准，以去掉除流域特征外的影响。

在选用流域特征时，如果以 $q_m$ 及 $t_p$ 作为单位线要素，在一般情况下，可以采用全流域的几何特征值。对形状特殊的流域则以采用形成 $q_m$ 的部分汇流面积上的几何特征值为宜。在各个因素之间应进行相关分析，在一般情况下，要选用相互独立的因素。

几个相互独立因素的不同组合，可以同时建立起几个经验方程，这时应尽可能计算复相关系数来判定优劣。如果有相关程度差不多而因素数目不等的两个经验方程，在一般情况下，应选用其中因素少的那个；在定相关线时，应该着重对各个点据的资料情况进行分析，分别酌定其权重。

## （二）等流时线

1. 等流时线具有明确的集流概念，可以考虑降雨的不均匀性，但没有考虑流速沿河长及在洪水各个不同时期中的变化，没有很好地考虑水体运动沿程的调蓄影响。

2. 在Л.И. 索克洛夫斯基方法中没有考虑流速的沿程变化，起涨时段容易偏大；又因用的是一次洪水过程中的平均流速，故用大洪水资料分析出来的等流时线去计算小洪水时成果会偏大，用小洪水资料分析出来的等流时线去计算大洪水则偏小。由于本法未考虑水体沿程运动受到的调节作用，故涨洪段偏大，落洪段偏小。因之，本法如用于汇流速度沿程变化及高低水变化较小，河网调节也很小的流域，误差较小。当然，即使在这种流域，其精度仍然比单位线为低。

3. С.О. 克拉克等流时线法中的所谓“流域滞时”可以理解为河网最远点在雨止时刻进入河网的表面水层运行到达出口断面所需的时间。这个时距，在全流域产流均匀的条件下可以近似地反映最小的流域汇流（全河长汇流）历时。该法中用线性调蓄曲线作一次总调蓄演算，是一个假定，当流域内产流均匀，蓄泄关系为线性时，误差不会太大，否则涨洪段会出现较大的误差。本法应用于较大面积的流域要好些。由于考虑了调蓄，其计算精度一般要比Л.И. 索克洛夫斯基方法高些。

4. 以上方法在设计洪水条件下的计算，实质上都有一个假定的外延条件。因此，这个问题还有待今后进一步研究解决。

## （三）对今后工作的意见

1. 单位线和等流时线各有其优缺点。今后的方向是把两者的优点结合起来。在以河网汇流为主的流域上，要加强河网水力学研究，同时要加强的水文调查工作，才有可能设法解决高水外延的问题。

2. 有些方法，如С.О. 克拉克法，其主要优点是：只要有一两次洪水及对应的降雨资料，就可以分析出流域的单位线，虽然精度不很高，但便于无资料地区采用。

## 四、小流域設計洪水

### (一) 小流域設計洪水計算方法的選用

1. 在小流域上計算設計洪水，应当根据地区的資料条件，分別工程对象來選用計算方法。

2. 目前在小流域上計算設計洪水多采用推理公式計算最大流量并配以概化过程线的方法，也有的采用单位线法或經驗公式法。推理公式法的优点是方法簡便，考虑了与洪水形成有关又能反映流域特点的主要因素；缺点則在于推理公式的概化条件較粗略，参数在定量上的誤差較大，各参数的誤差积累結果，影响成果的精度；而且推理公式只給出最大流量值，洪水过程线尚需另行确定。但实践证明，在解决一般暴雨洪水地区小流域設計洪水計算方面，推理公式还是可以滿足实用要求的方法。单位线等方法在資料条件允許时，也同样可以应用。

对于喀斯特地区、泥石流地区和冰川、融雪等洪水地区的小流域設計洪水計算問題，目前研究較少，而現有的各种計算方法在上述地区应用，尚存在有不少問題，应專門研究解决。

### (二) 如何提高現有計算方法的精度

1. 現行的可用于小流域上的設計洪水計算方法如推理公式、等流时线和单位线法，都是推理成因結合經驗性的方法。各种方法中的經驗性参数，如单位线的特征值、等流时线和推理公式中的损失和汇流参数等，必須利用地区上的暴雨洪水資料，分析綜合定量。这些經驗性参数定量的精度和代表性，也影响計算成果的精度和代表性。

2. 各种方法中的經驗性参数有地区性，因而不能将甲地区的定量关系移用至乙地区；又和方法中的概化条件有关，如現行的由暴雨計算洪水的方法中，有些参数尽管在不同方法中名称相同，但实际的代表意义及定量关系均不一样，因此定量关系也不能由甲方法移用至乙方法。这些参数的定量，都应当在采用方法的概化基础上，結合具体地区的实测暴雨洪水資料分析确定。推理公式法常附有根据地类、地貌条件分类的损失参数和汇流参数表，这些定量数据，均应以本地区的暴雨洪水对应观测資料分析驗證后再用。

3. 1958年水利科学研究院研究报告中提出并推荐的推理公式方法，各地应用較广。原报告中所附的损失参数 $\mu$ 值的定量关系表，及汇流参数 $m$ 值表，需重新加以檢驗，水利水电科学研究院水文所与广东、山西、湖南等省协作提出的以研究报告的方法为基础的损失和汇流参数分析定量方法，可以在相当程度上减少推理公式本身概化假定条件所带来的誤差，因而可以提高推理公式的实用性。这种处理方法，是与分析經驗单位线的根据一致的，即承认汇流关系需从实测流量与实测淨雨反求。林平一工程师在会上提出的根据峰量关系分析推理公式中汇流参数的作法，与上述的原則也是相同的。

这种处理經驗性参数定量关系的方法，使原在推理公式中似有明确物理概念的参数，成为經驗性的綜合参数，从定性上容易使人誤解。且利用实测資料分析出的点据，摆动范围有时較大，定量上有一定誤差。但这正說明現行的簡單少因素的推理公式概化

关系不足以表达实测资料中千变万化的条件，因而不可盲目地认为推理公式中参数在任何条件下都是稳定的，实际只有在设计情况的特定条件下，才可以根据一定原则来选用参数。因此，这种参数定量方法一方面可以使现行推理公式的定量更加合理，同时也暴露了现行方法的弱点，从而揭示出需要在什么环节深入进行改进。

为了解决向设计条件下外延和向无实测流量资料地点移用的问题，对分析所得的各次实测点据必须进行综合，各地在进行综合时可以根据各自的经验和资料条件，采用不同的形式、参变数和方法，并在实践中不断改进。

4. 在经验性参数的分析与定量中应当注意的问题：

(1) 在分析各次实测资料的有关参数数值时，要具体考虑实测资料条件与设计情况下采用的概化条件间的区别。分析过程中对实测基本资料数据必须进行审查。在有条件时，应尽量选用某种特定典型的资料，并认为这种特定典型也在设计条件下发生。如果因资料条件不足不能充分选用资料时，则分析所得结果的误差较大。

(2) 分析的参数向设计频率外延时，应将该参数与方法中带有频率概念的主要参数（如暴雨或径流深）进行相关分析，再根据有无相关存在来确定如何外延，并同时注意某些参数可能在暴雨的某一定值以上的突然变化。

(3) 向无资料地点的移用目前多采用地区综合法。综合时一般采用流域特征为参数，并结合成因分析选用参数的形式。当利用地区综合关系选用某具体流域的有关参数时，应当尽可能利用本流域的仅有点据或与其相似流域的点据，参考校正。

5. 对于特小流域（ $F < 20$ 平方公里）上的设计洪水计算问题，由于目前几乎没有可以应用的实测暴雨洪水资料，经验性的方法应用上有困难，除可以利用少数径流实验站观测资料，对推理公式中有关参数的定量关系和较大流域的分析资料进行比较外，也可以通过成因分析途径计算有关参数的定量关系，并经过径流实验站观测研究的验证，用推理公式进行计算最大流量。

6. 现行推理公式的使用范围，决定于地区上的暴雨与洪水特性。由于推理公式对产流过程的概化时段是以流域汇流时间为一个单位，因此它不宜用于过大的流域。从各地使用的经验看，南方实际已经用到500平方公里；半干旱地区已经用到300平方公里。

### （三）小流域设计洪水过程线

1. 设计洪水过程线，在小流域上应当结合长历时设计暴雨时程分配雨型来考虑。在单位线和等流时线法中，洪水过程线与其他洪水要素一次求得，而利用推理公式计算最大流量后，还需再算过程线。

2. 采用多长时段的暴雨来绘制过程线，应当根据具体工程的调洪能力而定，不能根据工程等级或流域大小规定时段长短。设计暴雨时程分配雨型必须分区进行统计。

3. 为适应小流域洪水计算特点，小流域设计洪水过程线的绘制，无论采用单位线、等流时线或分段概化过程线那种方法，均可以根据对调洪效果的实际影响，对过程线的某些部分进行适当的概化或简化，以减少不必要的工作量。

4. 分段概化过程线的绘制，可以根据各地的资料条件，采用以接近单位时段降雨产生的实测洪水过程线进行概化，例如水利水电科学研究院水文所与广东、湖南协作提出的方法，以及山西、辽宁、浙江等省提出的方法，均可以在实践中不断完善与改进。

#### (四) 对今后工作的意見

1. 逐步改进和提高小流域上实测暴雨洪水資料的代表性和精度，以滿足洪水計算与分析的要求。

2. 加强对暴雨洪水的成因分析与研究，揭露形成洪水各要素的成因关系，以改进現有計算方法的概化条件，目前在推理公式方面应当特別注意部分汇流条件的研究，并对参数定量方法繼續深入研究，减少参数的摆动范围。

3. 注意相关誤差分析的研究工作，以合理掌握計算成果的精度。

建議在今后应当特別加强以下几方面的工作：

1. 暴雨径流的观测研究和基本資料的整理分析工作：目前有不少小河站被撤消了，应当积极加以恢复，并改进小河站的測驗工作条件；合理調整和规划中小流域的水文及雨量站网。径流站观测研究及資料分析工作应当加强。并加强暴雨的研究工作，設置暴雨站群，并注意局部的特大暴雨洪水的事后調查工作。

2. 历史洪水的調查研究与分析汇编工作：經驗証明，历史調查洪水是設計洪水計算中极为重要的檢驗依据。应重視这一工作的进一步开展，并系統地整理分析和汇编各地的調查洪水資料，进行地区上的合理性检查，研究特大洪水在地区上出現的規律，以提高設計洪水計算成果的精度。

3. 开展对暴雨成因和特性的分析研究工作：我国暴雨的成因比較复杂，要分地区地将解放以来实测大暴雨資料，系統地加以整理分析，从气象成因研究各地暴雨的类型和特性，以及各次特大暴雨形成的規律；并研究稀遇暴雨在設計流域上出現的可能性，将对于稀遇設計洪水的檢驗，确保水庫的安全有重要的作用。

4. 根据地区水文特点研究洪水形成的規律：目前对于西北和西南地区冰川、融雪、混合型、泥石流、喀斯特类型的洪水研究很少，今后应当注意加强这方面的研究工作。

5. 在确保水庫安全的前提下，为了充分发挥水庫的灌溉等兴利效益，应当加强水庫水文观测及水庫分期設計洪水計算的研究工作。

# 由暴雨計算水庫設計洪水的有關問題

尤 家 煌

## 一、由暴雨推求水庫設計洪水的間接計算途徑

對設計洪水計算的要求，決定於工程的規劃、設計、施工或管理運行上所要求保證的目的，不同大小的工程規模以及不同的設計階段。關於決定大壩安全的水庫設計洪水的計算辦法，一般說來有以下三種計算途徑：

（一）根據水庫壩址或上下游不遠處河道上的長期流量觀測站的資料，或通過鄰近站的資料及其他方法，可以插補延長成長系列時，則直接用流量資料計算設計洪水。例如，河道上已有30年以上流量系列，或者流量資料年代雖短但有能定量調查的特大洪水資料，這時就可用直接頻率計算法推求設計洪水。

（二）根據水庫壩址或上下游不遠處河道上的短期流量觀測站的資料、水庫以上流域內的相應雨量資料，通過設計暴雨及該流域的降雨與徑流過程的關係計算設計洪水。例如，在壩址附近已有數年實測流量（須包括多次較大洪峰）和流域內相應雨量的資料，即可通過暴雨頻率的分析研究來間接推求設計洪水。採用這種計算途徑時，應利用調查洪水資料進行比較、核對並作定量的修正。

（三）當無實測流量資料時，可根據水庫流域地理特徵，參考鄰近地區分析資料，用經驗綜合法計算設計洪水。例如，利用區域暴雨的分析研究成果與以區域水文資料綜合求得之峰量關係的綜合計算公式來計算設計洪水；或者運用以區域調查勘測資料制定的設計洪水經驗綜合計算公式等。

我們認為前兩種途徑都是在有一定資料條件下計算設計洪水的較好辦法。如資料條件許可，最好同時進行兩種途徑的計算，以便校核修正，獲得較合理的成果。在我們目前特大暴雨資料多，而流量觀測年限短的情況下，某些大型及中型水庫的設計洪水常採用第二種計算途徑。為此，根據流域規劃及時布設年限不長的專用水文測站，研究實測的暴雨徑流關係、峰量關係及調查洪水的定量計算研究等都需更加以重視，以解決設計洪水計算中的主要問題。

關於經驗綜合法，在規劃階段採用比較合適，在設計階段計算中精度常嫌不足，但對於大量的小型及一般中型水庫，由於我們沒有全面設站觀測的力量，所以只能普遍採用經驗綜合法。因此，為了解決這類水庫的設計洪水計算問題，必須做好中小面積水文觀測站網的布設及區域水文資料綜合分析研究工作。

## 二、用短期暴雨流量資料計算設計洪水

### (一) 設計暴雨

水庫設計洪水計算中設計暴雨的採用，應在地區統一研究成果的基礎上考慮。設計暴雨的內容主要有以下三方面：

#### 1. 點雨量頻率

地區點雨量頻率計算，可通過點雨量參數等值線圖（ $\bar{X}, C_F$ ）的繪制來確定，以往繪制等值線圖的依據，主要以有長期雨量站的研究成果為控制，再參照短期雨量站資料來考慮地區間的变化。

近年來增設了大批雨量站，對等值線圖均值的確定有較大幫助，但對 $C_F$ 值的確定，因年代過短較難引作依據。由於雨量站布設較多，常出現特大暴雨資料；這種特大值在大面積上偶然出現的機會較多，而在定點長期資料系列中出現的機會較少；由於空間與時間的代替換算問題目前尚難解決，就難將這類特大值適當地移入長系列資料中計算 $C_F$ 值。為了保證大型建築物的安全，建議把該地區已出現的最大特大值與用初步研究得出的等值圖計算成果進行比較，如已出現的最大暴雨的 $K$ 值（特大值與均值之比）已超過了千年或萬年一遇，則需將等值圖在誤差範圍內作適當的修改。至於最大特大值究竟應作為多少年一遇的下限，可結合不同規模工程設計標準的規定一併考慮，因這已成了對實際發生過的暴雨的保證要求問題了。

要確切解釋並解決特大暴雨在大面積上偶然出現的問題，需專門進行暴雨中心頻率的研究，但目前尚感資料不足，而且在設計習慣上也還未提出這類保證要求，因此現在還缺少深入研究的條件。但是，有許多地區中型水庫建得很多，而這地區的特大暴雨作為暴雨中心出現的機遇遠比作為固定點暴雨出現的機會多，考慮到這種情況，在採用定點設計頻率雨量計算設計洪水時，有必要適當提高標準並增加保證修正值，以策工程安全。

#### 2. 面雨量頻率計算

以往常採用設計頻率固定點雨量，通過實際的暴雨最大點面關係，來計算設計面雨量。用外包線具有採用實際資料說明實際可能發生的優點，但缺乏頻率概念，因而在計算稀遇頻率（百年以上）暴雨時雖還可以考慮採用，但到低頻率時就不能適用。到目前為止，有些地區已累積了較長年代的面雨量資料，可以直接求面雨量頻率曲線，但即使如此，對稀有頻率的面雨量仍應與實際發生的最大動面雨量比較，以策安全。現在全國各處很多地區已有十多年面雨量資料，直接計算面雨量頻率雖還有困難，但已可利用同期點面雨量資料，分析低頻率情況下的設計暴雨點面關係。

由於同次點面雨量相關性較差，難以通過相關延長，至於同頻率順序排列相關的方法，理論上及實用上存在較大問題，易於導致錯誤，不宜任意採用。今後應與點雨量頻率的研究一樣，通過長期站群面雨量資料作控制，加上地區平衡及暴雨中心面的研究，來進一步改善面雨量頻率計算的系列代表性。

#### 3. 設計雨型

設計暴雨在時間上的分配一般采用同頻率內包的組合形式。設計降雨過程可從實際資料中統計採用一個平均的型式以確定雨日，而後以最大時段雨量置在中間，兩邊按同頻率組合的關係分配雨量。設計雨型時間的長短應不受限制，所謂按具體情況定設計暴雨時間，僅是一個減少多余計算工作量的問題。推理法中雖對設計降雨歷時問題很重視，但實際上也可理解為它是在設計雨型中截取一段時間，用以計算最大出流量。

## （二）暴雨徑流關係

### 1. 設計暴雨淨雨量的計算

只要有二年以上的暴雨徑流資料，就可較滿意地得出滿足設計洪水計算要求的設計暴雨淨雨量計算方法。在南方多雨山區，特大洪水的徑流系數常在80%或90%以上，以前期雨量影響（ $P_a$ ）為參數的降雨徑流關係分析辦法，已能滿足計算要求；在徑流系數較小的干旱地區或是缺乏實測大洪水資料的地區，可以用入滲分析法求得設計淨雨量。

### 2. 峰量關係及單位線

以淨雨歷時為參數的峰量相關圖，是用實測經驗資料求峰量關係的基本方法。由於各次洪峰的雨型不同，淨雨量在地區上及時間上分配不一致，常造成相關點據的離散現象。在資料很多情況下，可選擇與設計雨型相似的資料定線，或是用許多不同雨型的平均情況定線（在資料很多情況下，平均情況可近似地代表平均的雨型）。但是實際資料情況常不易滿足上述定線要求，為了彌補資料不足的缺陷，並便於分析計算各種不同雨型的洪峰過程，我們可在上述概念的基礎上，進一步用單位線法來計算峰量關係。

按照近年來單位線實際應用情況，單位線的定義可以考慮為：在一個流域上一次某種雨型的降雨，即產生一定歷時的淨雨量並形成一個相應的地面徑流過程線；如該淨雨時段被採用為單位時段，其淨雨深也被採用為單位深度，則與它相應的地面徑流過程線可被稱為單位線。

分析單位線的主要內容，在設計洪水計算中是研究不同歷時不同淨雨深的單位線洪峰，這與非以淨雨歷時為參數的峰量相關圖基本上是一致的。從以往資料分析，我們認為不同淨雨深的單位線洪峰比例有一定規律可循，而且認為各個單位時段淨雨所形成的地面徑流過程可以順次迭加複合，在特定的雨型分配情況下，亦可將不同淨雨歷時的單位線用簡單的換算式進行換算，於是單位線法就彌補了直接繪峰量相關圖的資料不足問題，並擴大了峰量相關計算成果實用的範圍。

淨雨量在地區上分布不均問題難以用單位線法來考慮，應該用等流時線法來分析這類實測資料的峰量關係。等流時線法的計算較繁複，在實際應用中有一些問題也還有待研究解決。但必須指出，由於上述原因，單位線只宜用於中小型流域，而且採用實測資料時還要舍棄一部分降雨很不均勻的資料。當暴雨籠罩面積與流域面積不相稱（部分流域產流）或是只有不均勻降雨實測資料情況下，則只能用等流時線法來分析峰量關係，對於較大面積，還要考慮到河道槽蓄的問題。

關於淨雨深增加對單位線洪峰流量增長影響的問題，我們常用的計算式為：

$$\frac{q_1}{q_2} = \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^n$$