

河流综合利用 水文水利计算

下 卷

长江流域规划办公室水文水利计算室著

水利电力出版社

河流综合利用 水文水利计算

下 卷

长江流域规划办公室水文水利计算室著

水利电力出版社

內 容 提 要

水文水利計算是河流规划、設計中的一項极为重要而繁复的工作，它不仅关系着水利資源的利用，而且要貫徹党和国家的方針、政策。在党的正确領導下，长江流域规划办公室自1955年以来，完成了史无前例的长江流域规划要点与举世无双的三峡水利樞紐初步設計要点，与此同时，还完成了长江干、支流上許多巨型樞紐設計中的水文水利計算，因而积累了一些宝贵的經驗。这一部书便是在总结这些工作經驗的基础上編写出来的。由于內容較多，平装本分为上、下两卷出版。

这本是下卷，內容包括：樞紐单独运轉水利計算、梯級水能計算、水庫日調节計算、水庫初期充蓄計算、水庫回水曲綫、水庫淤积和坝下游河道冲刷計算等六章。

本书的特点是把理論与生产过程中所要解决的問題密切联系起来，并以大量的实例來說明工作原則、方法与步驟。本书适用于水利水电部門规划設計工作人員，亦可供大学水文、水能专业作参考教材之用。

河流綜合利用水文水利計算 下卷 长江流域规划办公室水文水利計算室著

*

19918585

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里內）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店北京科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168毫米开本*10%印張*270千字*定价(第9类)1.40元

1959年8月北京第1版

1959年8月北京第1次印刷(0001—2,820册)

目 录

第六章 樞紐单独运轉水利計算	203
第一节 洪水調节計算	204
第二节 年調节情况水能計算	228
第三节 多年調节情况水能計算	272
第四节 樞紐参数与水利指标关系曲綫的繪制及其他数据的計算	326
第七章 梯級水能計算	344
第一节 概述	344
第二节 梯級水能計算的內容和方法	345
第三节 計算实例	352
第四节 动能补偿調节計算方法	388
第八章 水庫日調节計算	398
第一节 概述	398
第二节 計算依据	400
第三节 計算方法	401
第四节 計算中的几个問題	411
第五节 单独运轉的計算	415
第六节 梯級联合运轉的計算方法步驟及实例	419
第九章 水庫初期充蓄計算	423
第一节 水庫单独存在时的初期充蓄計算	424
第二节 联合运轉情况下的水庫初期充蓄計算	454
第三节 水庫施工末期充蓄計算	457
第十章 水庫回水曲綫	461
第一节 基本方法	462
第二节 水庫的沿程回水計算	482
第三节 考虑河床淤积情况下的回水計算	490
第四节 回水計算成果的分析	492

第十一章	水庫淤积和坝下游河道冲刷計算	498
第一节	水庫淤积年限的計算	499
第二节	水庫淤积部位的計算	507
第三节	坝下游河道冲刷計算	517

編后記

附图 I $\Pi. \Phi.$ 普列什柯夫曲綫

附图 II $\Pi. B.$ 古格里曲綫

附图 III $\xi = \varphi(\Phi, C_s, T)$ 关系曲綫

附图 IV 徑流利用系数曲綫图

附图 V $\Gamma. \Pi.$ 伊万諾夫曲綫图

第六章 樞紐单独運轉水利計算

水庫是調節徑流和造成集中落差的主要工具。它不僅能控制某一定設計標準下的洪水，消除其對下游人們的危害；並且也可以提高下游河段的枯水流量，達到某一定設計的保證程度來為人們服務。這種除害與興利能力的大小，除與河流本身的水文特性有密切關係外，還取決於水庫庫容的大小。

在徑流調節時，我們應該把水庫的庫容作最有效的運用，也就是使每一公方的庫容能盡可能地為各個國民經濟部門重複使用，這裡面是存在着矛盾的。例如，從防洪的角度看來，總希望水庫常空；從發電灌溉等看來，總希望水庫常滿。我們首先應該發現其中的矛盾，進一步再來統一矛盾。

我們知道有一些河流洪水發生的季節是不穩定的。每年為了防禦最後發生的洪水，便不能不留存一定的防洪庫容。但是假如這年洪水不來，這部分庫容便難以在汛末蓄滿。所以水庫在一定的條件（正常高水位、死水位）下所留防洪庫容的大小，對提高枯水徑流的多少有很大的影響。但是為了保證下游的安全，防洪庫容又必不可少。在這種情況下，我們除了應該深入研究設計洪水的標準和下游的安全泄量外，就必須根據水文情況並利用日益發展的天氣和水文預報的技術水平，在防洪與興利的庫容間，予以最有效、最可靠的有機結合，以達到充分發揮水庫的效益。這方面的研究，近年來已有發展，並已實際應用到設計工作中去。其次，在水庫調洪方面要研究的是為了確保水工建築物的安全，推求在遇到稀有的洪水時可能發生的最大下泄量。在這一方面，我們如採用多級泄洪的方式（即當開始發生超過正常設計洪水時，逐步加大泄量），便可以在不妨礙安全的條件下，仍能達到減少工程投資的目的。

在枯水徑流調節方面，按水庫調節能力可分為日調節、周調節、年調節與多年調節。年調節與多年調節的區別，取決於河流在某一定設計保證率下為達到完全年調節所需要的庫容。如水庫的有效庫容大於它則為多年調節，小於它則為年調節。多年庫容的大小，主要取決於年徑流變差系數 C_v 值的大小。如 C_v 值大，要提高其調節性能，就需要較多的庫容。在水能計算方面，不拘是年與多年調節水庫，我們所主要研究的是水利樞紐在某一定設計保證率下的保證出力（或調節流量）與多年平均年發電量。因為這兩個指標基本上說明了電站的規模與效益。在這方面，年調節水庫計算的方法較為簡單，只要根據年內水量分配情況進行研究，所需的填址水文資料一般有十多年即可；多年調節水庫（尤其是用水戶多而要求的設計保證率又不一時）在計算上就要顯得複雜得多了，不僅要考慮徑流年內變化，還得考慮年際間的關係，它所依據的水文資料，一般要在 20~30 年以上。此外還可以採用數理統計方法進行研究，因為要考慮到實測資料以外一些更不利的組合情況。

在這一章中我們就上述的問題，詳述各種情況的計算方法，所舉的例子也是針對方法本身的。而一個樞紐的徑流調節所要研究的問題是彼此相互關聯的，因此，在實際工作中要根據具體情況對庫容進行有機的結合，以充分發揮水庫的效能。

第一節 洪水調節計算

一、概 述

水利樞紐建成後，遇到了洪水，必須保證安全。為此，必須進行洪水調節計算，以便根據其結果確定泄洪建築物的尺寸。

洪水調節計算有兩類：

1) 對於沒有防洪任務的樞紐，要根據建築物的重要性，確定其等級，求出相應的設計洪水，進行調洪計算，計算在正常情況下的設計泄洪量。還應根據校核洪水，求出非常情況下的溢洪

量，供給水工設計部門作為擬定泄洪建築物的依據。

2) 對於有防洪任務的樞紐，要依據防洪任務所要求解決的設計洪水，進行調洪計算，確定相應的防洪庫容及下泄量，以闡明防洪效益。並須進行校核洪水的調洪計算。當防洪的標準低於建築物的設計標準時，仍須確定建築物在設計情況下的泄洪量。

洪水調節計算的方法，一般常用的有固定泄量法、變泄量法及考慮一定期限預報的計算方法。

固定泄量法是這几种方法中最簡單的方法。這種方法計算較簡單，因此常用於方案多、精度要求不高或是泄洪水頭變幅不大的情況。如以這種下泄量作為泄洪設備的設計依據，將使建築物的尺寸過大，尤其是泄洪水頭變幅較大的情況（因為它必須在防洪下限水位時仍然下泄此流量）。

變泄量法是根據泄水建築物的泄水具體情況進行演算的方法。用這種方法計算是要考慮到泄水建築物的尺寸、形狀、建築材料和位置等情況，演算時較繁雜。因此常在精度要求較高或泄洪水頭變幅較大的時候使用。

有時，為了滿足發電等要求，還將上述兩種方法針對情況混合使用。

考慮預報的計算方法是根據預報的可能性與預報期的長短，在洪水未到來以前，將水庫原來的蓄水尽可能下泄，騰空一定的容積。當洪水到來時，將這部分預先騰空的庫容與原來未被充蓄的容積共同參與洪水的調節。這種方法很重要，應繼續研究，因為它對解決水庫綜合利用中防洪與其他國民經濟用水部門的矛盾，是最積極而有效的辦法。

二、基本方法

1. 固定泄量法

(1) 設計洪水情況下防洪庫容與相應泄量（正常泄洪量）的確定 根據擬定的設計洪水過程綫，繪成累積或差積曲綫，如圖6-1。在圖上我們假設一下泄量 Q ，即可從累積曲綫與下泄量綫間

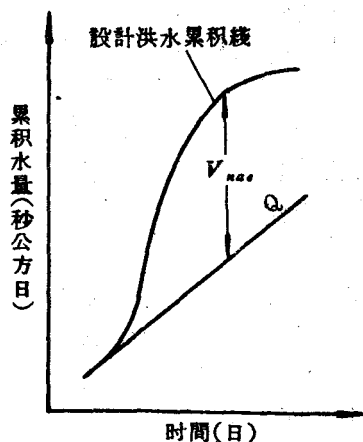


图 6-1

求得一最大的間距，这就是相应于此下泄量所需的防洪庫容 V_{nas} 同样可假定防洪庫容在图上求出相应的下泄量。

例：某樞紐千年一遇設計洪水过程，如表6-1中第3栏，試求：

1) 当泄量为8,000秒公方时所需的調洪庫容；2) 当防洪庫容为1.6亿公方时的下泄量。

a. 当泄量为8,000秒公方时所需的調洪庫容。

首先計算出水量累积曲綫，見表6-1第5栏。根据它繪出水量累积曲綫如图6-2。作出8,000秒公方的放射綫，如图中綫段 ab 所示。将此射綫平行移动，与累积綫切于 a' 点，繪得与 ab 平行之 $a'b'$ 綫，讀出累积綫与 $a'b'$ 綫間的最大間距为26.0亿公方，此值即为下泄8,000秒公方所需防洪庫容。

b. 当防洪庫容为16.7亿公方时的下泄量。

在累积曲綫的某一点向下繪出其值为16.7亿公方的一段，如图6-2中 SK 綫。过 K 作一直綫，一端与累积曲綫相切于 c' 点。由比較得知， SK 即为 $c'K$ 綫与设计洪水累积綫間的最大間距。如此則計算出此直綫的坡率即为防洪庫容16.7亿公方时的泄量。求得下泄量为10,400秒

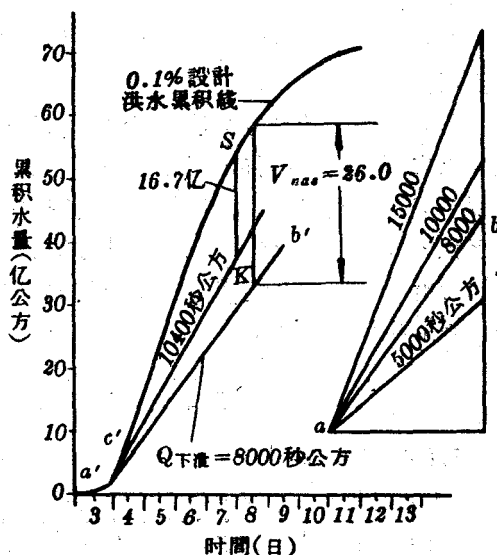


图 6-2

表 6-1

时 間		流 量	水 量	累 积 水 量
日 期	时 段	(秒公方)	(亿公方)	(亿公方)
1	2	3	4	5
3	1	1770	0.8	0.8
	2	2240	1.0	1.8
4	3	13000	5.6	7.4
	4	14000	6.2	13.6
5	5	17400	7.5	21.1
	6	16000	6.9	28.0
6	7	18500	8.0	36.0
	8	14900	6.4	42.4
7	9	15800	6.8	49.2
	10	13400	5.8	55.0
8	11	9000	3.9	58.9
	12	5860	2.5	61.4
9	13	7280	3.1	64.5
	14	4540	2.0	66.5
10	15	3980	1.7	68.2
	16	2480	1.1	69.3
11	17	1660	0.7	70.0
	18	1150	0.5	70.5

公方。

(2)校核洪水情况下的溢洪计算 当水库遇到校核洪水(非常洪水)时,应保证大坝不破坏。为此,允许在水库的正常高水位以上再蓄高一些,形成超高库容 V_{ϕ} ,以便对校核洪水进行调蓄,使溢洪量减小。

由于洪水是未知的,当校核洪水来临时,我们并不知道它是

校核洪水，故开始时，水库只能根据按设计洪水确定的泄洪量（正常泄洪量）泄洪。而当水库充满到正常高水位，来水仍很大时，才能按非常情况进行溢洪。故在计算时也是这样，即首先按正常泄洪量下泄，当充到正常高水位后，以超高所得的库容求出非常泄洪量。

具体计算时，首先绘制校核洪水累积曲线，见图 6-3。考虑较不利的情况，假定校核洪水来临时，库水位在防洪下限，因此当天然来量大于正常泄量时，防洪库容开始蓄水，如图 6-3 所示。作一正常泄量的坡线在校核洪水累积线相切，根据正常泄洪量线在校核洪水累积线逐时的间距，定出蓄水量等于防洪库容的时刻，亦即水库充蓄至正常高水位时刻，从此刻起，根据超高库容，按照求正常泄洪量的方法，即可得出非常泄洪量，如图 6-3 所示。

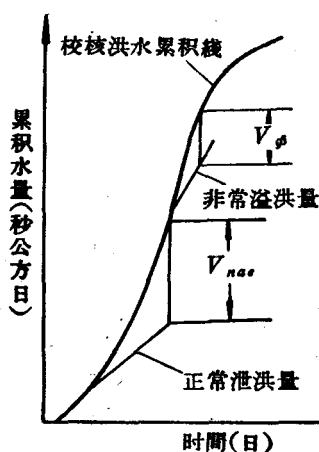


图 6-3

例：某枢纽万年一遇校核洪水过程如表 6-2 中第 3 栏，已知防洪库容为 16.7 亿公方，正常泄洪量为 10,400 秒公方，超高库容为 6 亿公方。试求为了保证水库安全，非常溢洪建筑应按多大宣泄能力设计，亦即非常泄洪量应是多少？

绘制累积曲线如图 6-4 所示，计算如表 6-2，作出流量为 10,400 秒公方泄水放射线，与来水累积线相切于 a 点，根据防洪库容 16.7 亿公方定出充水至正常高水位的时间，如图 6-4 中 t_n

点。过此点根据超高容积，求出非常泄洪量为 13,600 秒公方。

2. 变泄量法 利用变泄量法进行水库调洪计算的方法是很多的，不论那一种方法的基本理论都是相同的，即系按水量与水力平衡方程式来求解。所有各种方法解算的过程，有比较简单的，

表 6-2

时 間		流 量 (秒公方)	水 量 (亿公方)	累积水量 (亿公方)
日 期	时 段			
1	2	3	4	5
3	1	2120	0.9	0.9
	2	2690	1.2	2.1
4	3	15600	6.8	8.9
	4	16800	7.3	15.2
5	5	20900	9.1	25.3
	6	19200	8.3	33.6
6	7	22200	9.6	43.2
	8	17900	7.8	51.0
7	9	19000	8.3	59.3
	10	16100	7.0	66.3
8	11	10800	4.7	71.0
	12	7050	3.1	74.1
9	13	8750	3.8	77.9
	14	5450	2.4	80.3
10	15	4780	2.1	82.4
	16	2980	1.3	83.7
11	17	1990	0.9	84.6
	18	1380	0.6	85.2

也有比較复杂的。对于图解法或图解分析法來說，一般可以这样說：做准备工作的綫图愈是复杂，則应用时就愈簡單，費时也愈少。

水量平衡方程式(近似积分式)为

$$\frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t - \frac{q_1 + q_2}{2} \Delta t = V_2 - V_1, \quad (6-1)$$

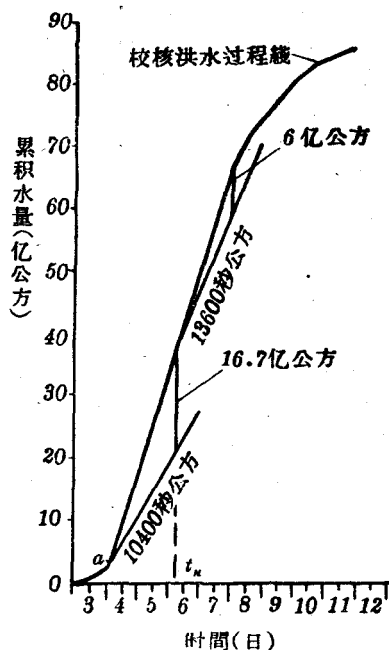


图 6-4

水力平衡方程式为

$$q = f(V). \quad (6-2)$$

式中 Q_1 及 q_1 ——时段 Δt 开始的洪水入流量及水库出流量;

Q_2 及 q_2 ——时段 Δt 末尾的洪水入流量及水库出流量;

V_1 及 V_2 ——时段 Δt 始末水库的蓄水量。

现在介绍两种解算方法如下:

(1) 图解分析法之一 将公式 (6-1) 移项, 并加以改变, 则得

$$V_2 + \frac{1}{2} q_2 \Delta t = \bar{Q} \Delta t +$$

$$(V_1 + \frac{1}{2} q_1 \Delta t) - q_1 \Delta t. \quad (6-3)$$

上式等号右边部分, 对每个计算时段来说是已知数, 故 $V_2 + \frac{1}{2} q_2 \Delta t$ 数值就知道了。因此求时段末水库的出流量 q_2 时, 就可以用作出的 $q = f(V + \frac{1}{2} q \Delta t)$ 关系曲线 (辅助曲线) 按 $V_2 + \frac{1}{2} q_2 \Delta t$ 定出 q_2 。这个方法的计算步骤以下例说明。

例: 某水库的设计洪水过程线见表 6-3, 假定在洪水来临时, 水库蓄水位为 131 公尺, 泄水隧洞面积 ω 为 85 平方公尺, $\mu = 0.8$, 中心高程为 120 公尺。求所需的防洪库容。

a. 辅助曲线 $q = f(V + \frac{1}{2} q \Delta t)$ 的计算及绘制, 其计算过程见表 6-4。

表 6-4 中第 1 栏为水库水位。第 2 栏为库水位至隧洞中心的水头。第 3 栏为通过隧洞的流量, 用下面公式算出:

表 6-3

时 段 (12小时)	設 計 洪 水 (秒公方)	时 段 (12小时)	設 計 洪 水 (秒公方)
0	1000	6	3320
1	4700	7	4260
2	6750	8	3260
3	8170	9	1480
4	3780	10	1000
5	1760	11	724

表 6-4

$Z_{\text{上}}$ (公尺)	H (公尺)	q (秒公方)	$V_{\text{庫}}$ (亿公方)	V (亿公方)	$q \cdot \Delta t$ (亿公方)	$V + \frac{1}{2} q \Delta t$ (亿公方)
1	2	3	4	5	6	7
120	0	0	4.25	0	0	0
125	5	673	5.75	1.50	0.29	1.65
130	10	953	7.53	3.28	0.41	3.48
135	15	1170	9.65	5.40	0.51	5.66
140	20	1350	11.95	7.70	0.58	7.99
145	25	1510	14.70	10.45	0.65	10.78
150	30	1650	17.80	13.55	0.71	13.91
155	35	1780	21.30	17.05	0.77	17.44
160	40	1900	25.40	21.15	0.82	21.56

$$q = \mu \omega \sqrt{2gH} = 0.8 \times 85 \sqrt{2 \times 9.81H} = 301 H^{\frac{1}{2}}.$$

第4栏为相应于每个 $Z_{\text{上}}$ 的水庫容积。第5栏为相应于每个 H 的容积。第6栏为第3栏乘43,200(12小时的秒数)。第7栏为第6栏的一半加上第5栏。

用表6-4中的第3和第7栏的数字繪出 $q = f\left(V + \frac{1}{2} q \Delta t\right)$ 曲线, 如图6-5所示。

如果需要的话, 在同一图上也可繪出 $H = f(V + \frac{1}{2} q \Delta t)$ 和 $q = f(V)$ 关系曲线图。

b. 有了辅助曲线, 就可进行水庫出流量演算了。茲将表6-5計算的过程說明如下: 表中第1栏为时段。第2栏为設計洪水来量。第3和第4栏为平

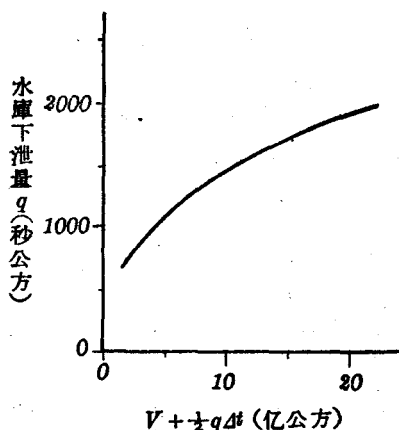


图 6-5

均来水量。

由于开始时水库水位为 131 公尺, 根据公式 $q = \mu \omega \sqrt{2gH}$ $= 301 H^{\frac{1}{2}}$ 计算, 开始的出流量为 1,000 秒公方, 将它填写于第 6 栏, 并由辅助曲线图(图 6-5)上查得 $V + \frac{1}{2} q \Delta t = 3.9$ 亿公方填写在第 5 栏, 算出 $q_1 \Delta t$ 写在第 7 栏。然后计算第一时段出流量: 第一时段的 $V_2 + \frac{1}{2} q_2 \Delta t = \bar{Q} \Delta t + (V_1 + \frac{1}{2} q_1 \Delta t) - q_1 \Delta t =$

表 6-5

时 段	Q (秒公方)	$\bar{Q}$ (秒公方)	$\bar{Q} \Delta t$ (亿公方)	$V + \frac{1}{2} q \Delta t$ (亿公方)	q (秒公方)	$q \Delta t$ (亿公方)
1	2	3	4	5	6	7
1	1000	2850	1.23	3.90	1000	0.43
2	4700	5720	2.47	4.70	1080	0.47
3	6750	7460	3.22	6.70	1250	0.54
4	8170	5970	2.58	9.38	1440	0.62
5	3780	2770	1.20	11.34	1540	0.66
6	1760	2540	1.10	11.88	1560	0.67
7	3320	3790	1.64	12.31	1580	0.68
8	4260	3760	1.62	13.27	1620	0.70
9	3260	2370	1.02	14.19	1660	0.72
10	1480	1240	0.53	14.49	1680	0.73
11	1000	862	0.37	14.29	1660	0.72
	724			13.74	1650	0.71

$1.23+3.9-0.43=4.7$, 由图找出 $q_2=1080$ 秒公方填写于第6栏中。然后计算 $q\Delta t$ 填于第7栏, 再后即进行第二时段的计算。第一时段的 q_2 就是第二时段的 q_1 , 故第二时段的 $V_2+\frac{1}{2}q_2\Delta t=2.47+4.7-0.47=6.7$, 由图找出 $q_2=1250$ 秒公方。余类推。根据表6-5演算结果绘出流量过程线(图6-6)。

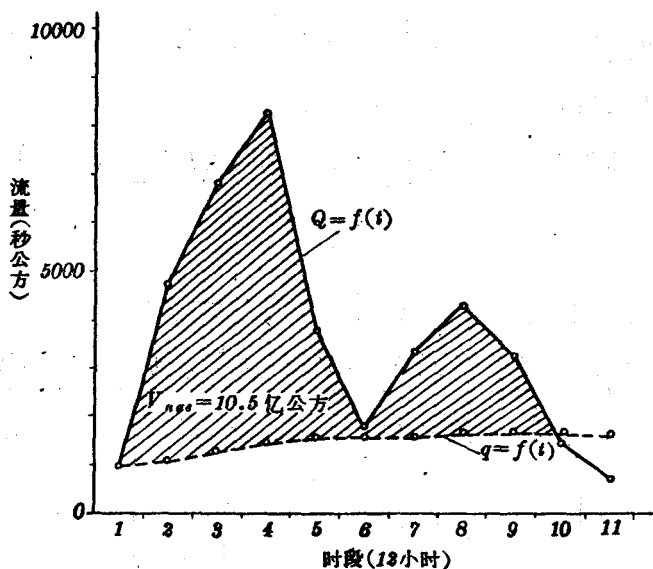


图6-6

所需的防洪库容, 可以由图6-6上直接量得, 也可以由表6-5中算得, 方法是: 按 $Q>q$ 的时段将 Q 与 q 的量分别相加然后相减, 再乘以 Δt 即得。如时段 1~8 内, $\Sigma Q=36000$ 秒公方, $\Sigma q=11730$ 秒公方, $\Sigma Q-\Sigma q=24270$ 秒公方, $\Delta t=43200$ 秒, 故防洪库容 $V_{nao}=24270\times 43200=10.5$ 亿公方。

(2) 图解分析法之二 此法仍将公式(6-1)加以移项, 且在两边都用 Δt 除, 将 V 表示为 q 的函数, 则变成下式:

$$\left(\frac{V_2}{\Delta t} + \frac{1}{2}q_2\right) = \bar{Q} + \left(\frac{V_1}{\Delta t} - \frac{1}{2}q_1\right). \quad (6-4)$$

上式括号中均系 q 的函数。因之(6-4)式又可写成如下形式:

$$f_2(q_2) = \bar{Q} + f_1(q_1). \quad (6-5)$$

对于任一时段来说, $f_1(q_1)$ 及 $\bar{Q}$ 值是已知数, 因之就知道了 $f_2(q_2)$, 再由它定出 q_2 来。

这个方法较前述的方法要简单一些, 如果有了 $q = f_1\left(\frac{V}{\Delta t} - \frac{1}{2}q\right)$ 和 $q = f_2\left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{1}{2}q\right)$ 函数曲线, 可以采用图解法定出 q_2 。方法如下:

a. 辅助曲线 $q = f_1\left(\frac{V}{\Delta t} - \frac{1}{2}q\right)$ 和 $q = f_2\left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{1}{2}q\right)$ 的计算及绘制, 其计算过程见表6-6。

表 6-6

$Z_{\pm}$ (公尺)	H (公尺)	q (秒公方)	$V_{\text{中}}$ (亿公方)	V (亿公方)	$\frac{V}{\Delta t}$ (秒公方)	$\frac{q}{2}$ (秒公方)	$\frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2}$ (秒公方)	$\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}$ (秒公方)
1	2	3	4	5	6	7	8	9

表中第1至第5栏代表意义与前法辅助曲线计算表相同。

根据上表第3与第8、9栏绘出 $q = f_1\left(\frac{V}{\Delta t} - \frac{q}{2}\right)$ 及 $q = f_2\left(\frac{V}{\Delta t} + \frac{q}{2}\right)$ 关系曲线, 如图6-7。

b. 出流量的计算步骤如下。假如我们已知时段的开始流量 q_1 (纵坐标为 OA)。通过 A 点作一条水平线, 与 $f_1(q)$ 曲线相遇于 B 点, 然后延长 AB 线, 取 $BC = \bar{Q}$, 此 $\bar{Q}$ 为给定时段的平均流量; 再绘 CD 垂线与 $f_2(q)$ 曲线相遇于 D 点; D 点的纵坐标 (OE) 就直接给出了时段末尾的 q_2 值。其结果可填于表6-7。