

水利水电科学研究院

科学研究论文集

第 2 集

(水文、河渠)

中国工业出版社



本书共八篇論文，水文方面二篇，河渠方面六篇。

水文方面二篇論述了皮Ⅲ型及克明型曲綫对設計洪水的适用性和小水庫羣的調节計算方法。

河渠方面六篇介紹了以下內容：水庫异重流近似計算法，自然河工模型試驗，河床质及悬移质級配曲綫关系分析，水庫三角洲淤积計算方法，导流裝置的运用效果，測悬移质含沙量的消光法。

本书供水文、河渠方面实际工作及研究人員参考。

水利水电科学研究院
科学研究論文集
第 2 集
(水文、河渠)

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京阜外月坛南營房)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印張 $9 \frac{1}{4}$ ·字数188,000

1963年10月北京第一版·1963年10月北京第一次印刷

印数0001—1,740·定价(10-7)1.30元

*

統一书号：15165·2477(水电-323)

目 录

論皮尔逊Ⅲ型及克里茨基-明克里曲綫对設計洪水的适用性

.....陈志愷 王家祁 謝慎良 闕貴生 駱承政(1)

小水庫羣对暴雨洪水最大流量調节計算的方法与模型試驗.....温灼如(22)

水庫异重流的近似計算法.....范家驊 沈受百 吳德一(34)

自然河工模型試驗.....李保如(45)

冲积河床河床质与悬移质級配曲綫关系分析.....侯暉昌(83)

多沙河流水庫三角洲的淤积計算方法.....姜乃森(96)

引黃渠首导流裝置的运用效果.....罗福安(112)

利用消光法測量悬移质含沙量試驗初步报告.....馬惠民(133)

論皮尔逊Ⅲ型及克里茨基-明克里 曲綫对設計洪水的适用性*

陈志愷 王家祁 謝慎良 闕貴生 駱承政

【提 要】本文分析比較了天然河流洪水資料的統計特征和皮尔逊Ⅲ型及克里茨基-明克里型曲綫的統計特性,并用实测資料檢驗曲綫適合資料的情況,說明皮尔逊Ⅲ型及克里茨基-明克里型曲綫概括性和适应性較强,能適合絕大部分河流的洪水資料。而曲綫外延部分是否合理,关键在于参数选用是否恰当。因此建議选用一种曲綫作为統一适綫工具,并进一步从各方面分析研究曲綫特征参数的变化規律。

重要水工建筑物,以百年、千年或万年一遇洪水为設計标准。这些稀遇設計洪水,通常根据流量資料的点据借助某一种机率曲綫适綫外延才能求得。机率曲綫的种类很多,皮尔逊Ⅲ型和克里茨基-明克里曲綫(以下簡称皮Ⅲ型和克明型曲綫)只是目前工程界常用的两种曲綫。由于这两种曲綫的特性不一,用以适綫推算稀遇洪水,有时出入甚大,影响工程設計标准的确定,因此有必要对此两种曲綫的适用条件进行分析。

一、天然河流洪水資料的統計特性

形成天然河流洪水的因素十分复杂,但天然河流洪水与其它地球物理現象一样,有其本身的統計規律存在。如有观测系列足够长的最大流量資料系列,按大小排列,分級統計,就可以看出,等級大小不同的流量,在一定时期內出現的頻率是服从于某一統計規律的。因此,在分析皮Ⅲ型及克明型曲綫适用的条件之前,首先需要分析了解天然河流洪水資料的統計特征。

根据我国南北方部分系列較长代表測站資料,点繪統計直方图如图1~5,并計算特征参数 $\bar{Q}$ 、 C_u 、 C_s 列表比較(見表1),則可以看出:在气候比較相似的地区,流域面积大小相近各河流洪水資料的統計直方图是相似的,統計特征参数 C_u 、 C_s 的計算数据也比較接近。例如:南方长江、西江、閩江等大河流,由于气候湿润,控制面积积极

* 在研究过程中曾得到叶永毅副所长和金光炎等同志的指导和帮助。

大,洪水变差很小,經驗頻率的分布都接近对称或略呈負偏(图1)。南方中小河流,洪水的变差也較小,經驗頻率都呈偏差不大的偏态分布(图2)。北方大河如黄河、松

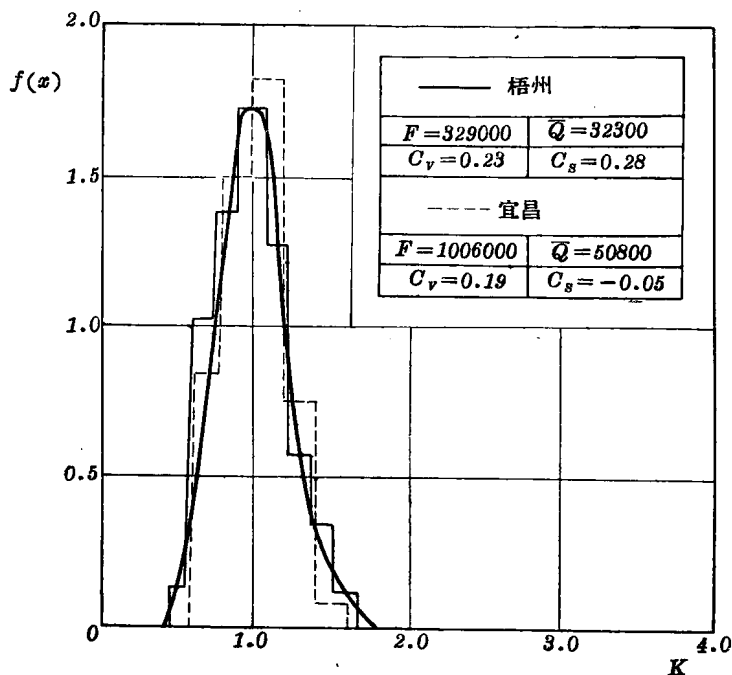


图 1

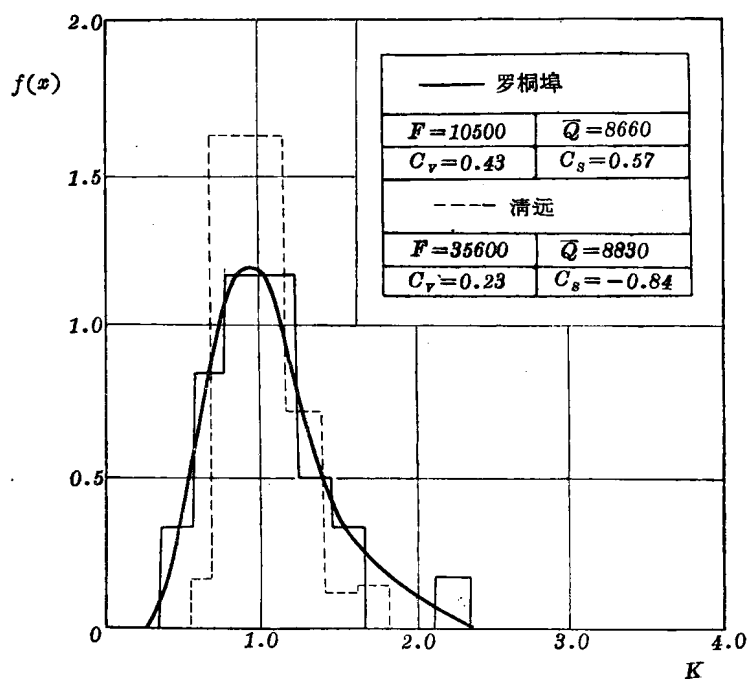


图 2

花江等，洪水的变差較大，經驗頻率呈偏差較大的偏态分布(图 3)。北方的中小河流，由于受大陆性气候影响，洪水的变差极大，經驗頻率往往变成偏差极大的单調乙字形分布(图4~5)。代表資料的分析表明，南北方各河流洪水的特性虽有显著差別，但按河流大小及地区分类后，洪水資料的經驗分布和特征参数，尚有一定規律可循，大致可以归納成如表 2 所列几种类型。

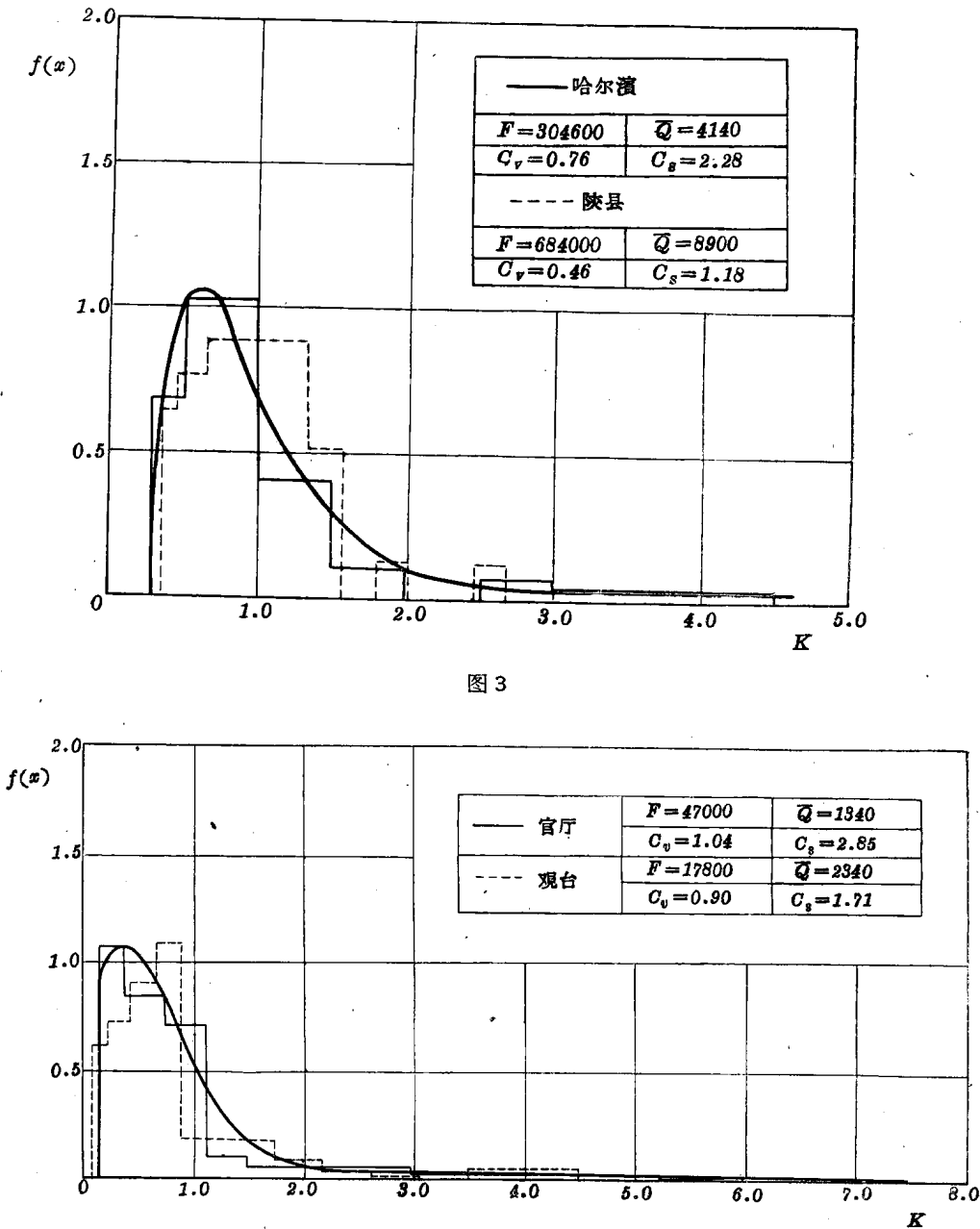


图 3

图 4

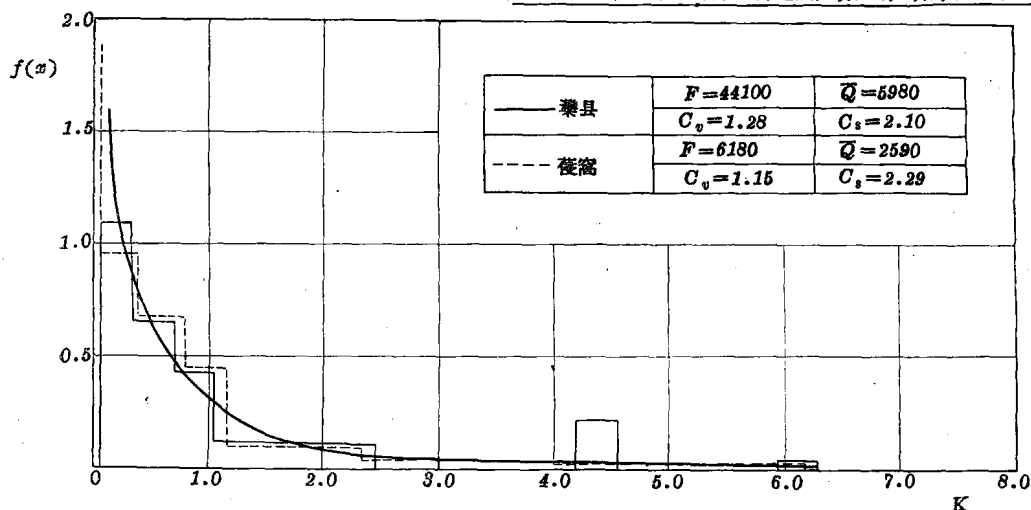


图 5

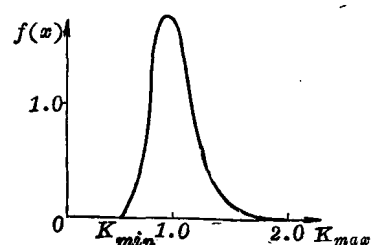
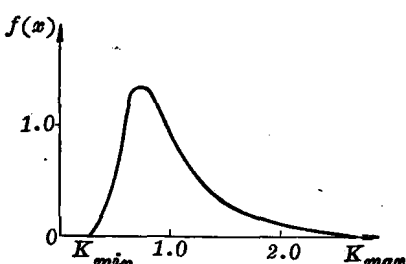
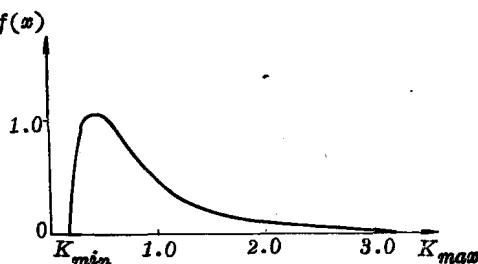
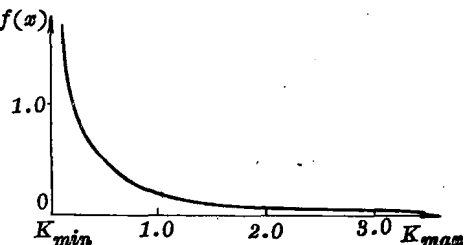
表 1

南北方部分代表河流统计特征

分布 类型	河 名	站 名	流域面积 F (平方公里)	n	$\bar{Q}$ (秒立方米)	C_v	C_s	C_s/C_v	K_{min}	K_{max}	K_{max}/K_{min}
A 型	西江	梧州	329000	58	32300	0.23	0.28	1.22	0.48	1.68	3.50
	北江	清远	35600	43	8830	0.23	-0.84	-3.6	0.53	1.78	3.36
	连江	高道	9140	43	4400	0.21	-0.81	-3.9	0.49	1.80	3.70
	长江	宜昌	1006000	66	50800	0.19	-0.05	-0.26	0.59	1.41	2.39
	赣江	吉安	55800	23	10050	0.23	-1.46	-6.3	0.64	1.35	2.11
	闽江	水口	52600	24	17500	0.34	-0.31	-0.9	0.50	1.75	3.50
B 型	左江	龙州	12300	51	4540	0.43	1.06	2.3	0.36	2.24	6.12
	资水	桃江	27500	30	6850	0.39	1.13	2.9	0.48	2.27	4.72
	嘉陵江	北碚	157900	17	20600	0.40	1.20	3.0	0.51	2.63	5.13
	新安江	罗桐埠	10500	29	8660	0.43	0.57	1.32	0.35	2.32	6.63
	甌江	圩仁	13600	29	10640	0.34	0.46	1.35	0.47	1.92	4.12
	建溪	建甌	15000	26	8650	0.42	0.04	0.95	0.28	1.82	6.45
C 型	黄河	陝县	684000	35	8900	0.46	1.18	2.56	0.36	2.47	6.86
	汉江	襄陽	103260	27	15200	0.69	1.95	2.82	0.26	3.48	13.4
	第二松花江	丰满	42960	30	5220	0.65	1.39	2.14	0.23	2.98	13.0
D 型	松花江	哈尔滨	304600	60	4140	0.76	2.28	3.00	0.28	4.00	14.3
	漳河	观台	17800	21	2340	0.90	1.71	1.90	0.09	3.99	44.4
	伊河	龙门	5400	29	2310	1.07	1.23	1.15	0.04	3.90	97.5
	北洛河	張家山	45300	29	3080	0.90	1.86	2.06	0.13	5.15	39.6
	漳沱河	黃壁庄	23000	22	1960	1.30	3.40	2.61	0.07	6.59	93.5
	永定河	官厅	47000	26	1340	1.04	2.85	2.74	0.15	7.00	46.7
	灤河	灤县	44100	26	5980	1.28	2.10	1.64	0.05	5.95	119.0
	太子河	茌蒿	6180	23	2590	1.15	2.29	2.00	0.03	6.38	213.0
	辽河	鉄岭	118900	23	2130	1.30	2.84	2.18	0.14	6.40	45.7

注：以上统计参数均系计算数据，与各附图中适线成果略有出入。

表 2

类 型 和 特 征	C_v 計	C_s 計	K_{min}	K_{max}	$\frac{K_{max}}{K_{min}}$
 A 型: 接近对称分布, 离差較小, 例如南方湿润地区大江大河属此型	0.19~0.34	-1.5~0.3	0.5~0.6	1.5~2	2~4
 B 型: 偏态分布, 但偏倚度不大, 例如南方中小河流属此型	0.34~0.46	0~1.2	0.3~0.5	2~3	4~7
 C 型: 偏态分布, 偏倚度及离差均較大, 例如北方大河及部分中等河流属此型	0.65~0.76	1.4~2.3	0.2~0.3	3~4	13~14
 D 型: 偏倚度和离差都极大, 呈单調乙字型分布, 例如北方气候干旱地区中小河流大多属此型	0.9~1.3	1.2~3.4	0~0.2	4~7	40~213

注: 以上特征参数根据表 1 代表河流資料統計求得。

以上分析所依据的资料有限,虽然只能反映南北方河流洪水资料统计特征的一般轮廓,但仍可看出,天然河流洪水资料的分布型式,随河流大小、地区不同而有所差别。因此需要分地区分类型分析检验各种频率曲线的适用条件,而各地区通用的频率曲线,必须是概括性较强、适应性较大(或适线弹性较大)的曲线。

二、皮Ⅲ型及克明型曲线的统计特性

皮Ⅲ型曲线应用广泛,各方面对它的研究也较多^[1~7]。一般认为皮Ⅲ型曲线是概括性较强的一种曲线。曲线的下端为有限,上端为无限。当 $C_s = 0$ 时曲线呈对称形(正态)分布; $0 < C_s < \sqrt{2}$ 时,曲线呈钟形偏态分布; $\sqrt{2} < C_s < 2$ 时,曲线呈铃形偏态分布; $2 < C_s < \infty$ 时,曲线呈单调的乙字形偏态分布(见图6)。因此,只要参数 C_s 选用恰当,皮Ⅲ型曲线基本上能反映不同类型天然河流洪水资料的统计特征。

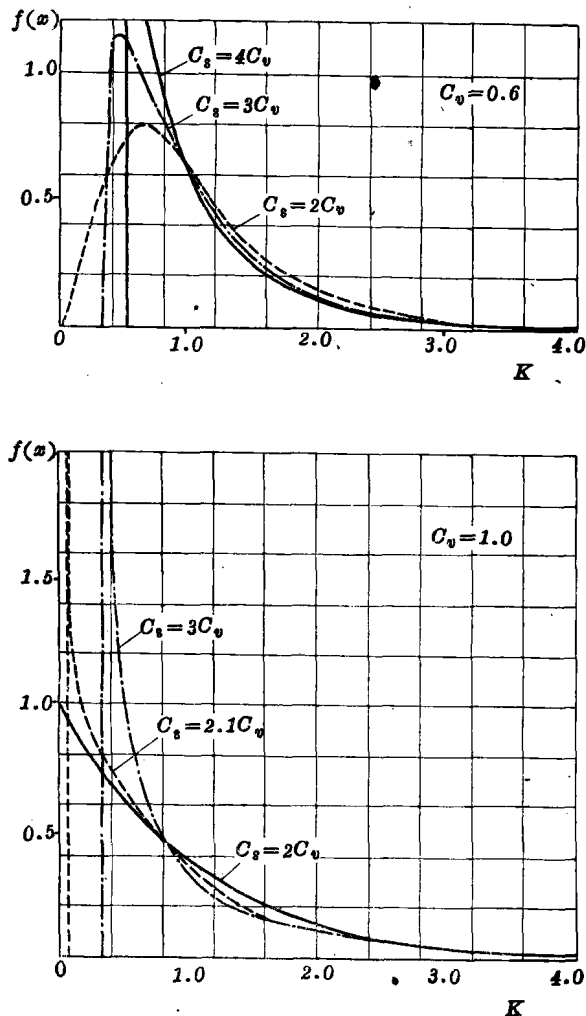


图6 皮Ⅲ型曲线的机率分配曲线

克明型曲綫是根據 $C_{sz}=2C_{vs}$ 的皮Ⅲ型曲綫，用冪函數 $(x=az^b)$ 轉換求得^[4,5]。因此在任何 C_s/C_v 比值時，曲綫起點都固定通過零點。曲綫的幾何形態，取決於轉換指數 b 和皮Ⅲ型原始分布參數 α ($\alpha=\frac{1}{C_{vs}^2}$) 之間的關係。當 $0 < b < \alpha$ 或 $b < 0$ 時，曲綫的眾值 $\hat{x} > 0$ ，曲綫呈一般的鈴形偏態分布。當 $b \geq \alpha$ 時，眾值 $\hat{x} = 0$ 或 < 0 ，曲綫呈單調的乙字形偏態分布(見圖7)。

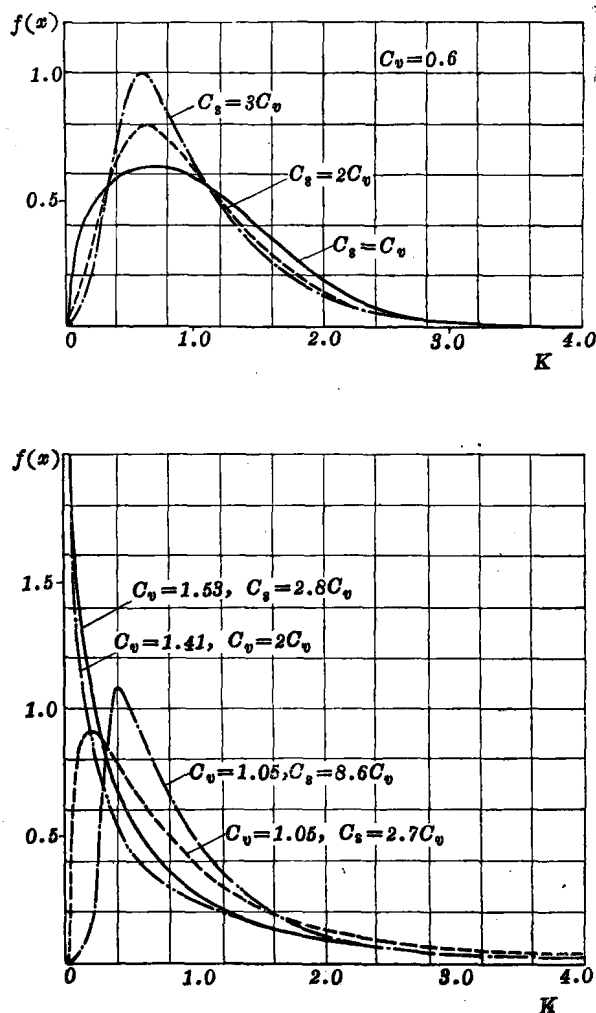


圖7 克明型曲綫的機率分配曲綫

由於冪指數 b 可正可負，因此曲綫具有不同的統計特性。當 $b > 0$ 時， $C_s \approx 2C_v$ 的克明曲綫是由 C_v 較小的 $C_s = 2C_v$ 的皮Ⅲ型曲綫，用拋物綫函數轉換放大而得(見圖8)。 C_s 或 C_s/C_v 比值隨 b 和 α 值增大而增大。當 $\alpha \rightarrow \infty$ 時求得的 C_s/C_v 的極限比值如下：

C_s/C_v	3	4	5	6
$C_{v,\alpha \rightarrow \infty}$	0	1.0	1.414	1.732

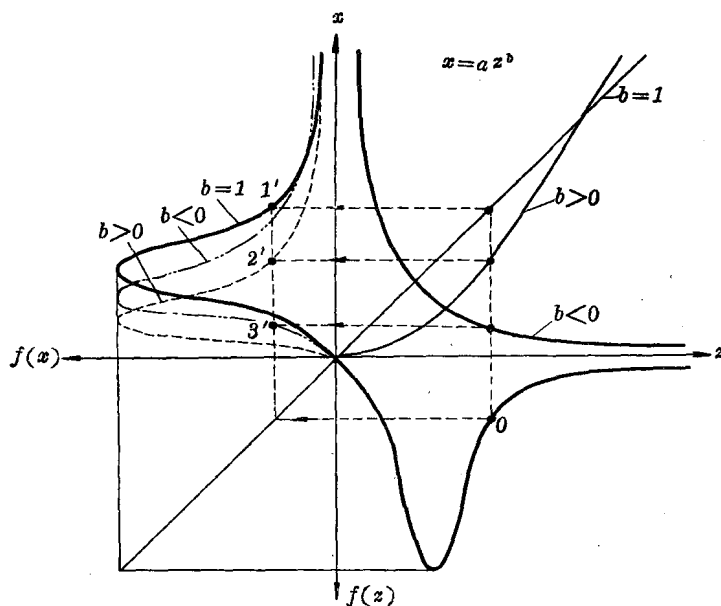


图 8

因此, 偏差更大的曲线只能用 $-b$ 进行转换。

当 $b < 0$ 时, 偏差特大 ($C_s > 3 \sim 4C_v$) 的克明曲线, 改由双曲线函数转换而得 (见图 8)。此时, C_s 或 C_s/C_v 比值随 $|b|$ 及 a 值的减小而增大, 当 $a \rightarrow \infty$ 时, 上列的 C_s/C_v 极限比值为下限。由于转换函数由抛物线转变为双曲线后, 转换方法也由正转换改变为逆转换, 即利用双曲线将皮Ⅲ型曲线的头部压缩为克明型曲线的尾部, 将皮Ⅲ型曲线的尾部放大为克明型曲线的头部。因此在常用的 C_v 范围内, 当 $C_s > 4C_v$ 时, 克明型曲线已变成另一组性质不同的偏态曲线。

此外, 当 $b > 0$ 时, 克明曲线的 C_s 与偏差半径 $(1 - \frac{\Delta}{x})$ 成正比; $b < 0$ 时, C_s 与偏差半径成反比 (即众值距离均值越远 C_s 反而越小)。 $C_s = 0$ 时, 不对称。 $C_s < 0$ 时, 不負偏^[8]。这些特性都与一般统计概念不相符合。

当 $C_v > 1.0$, $C_s = 2 \sim 3C_v$ (b 接近或 ≥ 2) 时, 克明曲线与 $C_s \geq 2$ 的皮Ⅲ型曲线一样变成单调的乙字形分布。以往认为频率曲线呈乙字形分布是不符合水文特性的, 并且认为这是皮Ⅲ型曲线的缺点之一。现在看来, 这种推论是不正确的, 在十年九旱的北方, 不少中小河流洪水资料的經驗分布呈乙字形 (或接近乙字形) 分布的事实表明, 单调乙字形分布的频率曲线还是能适合北方中小河流洪水特性的。

皮Ⅲ型曲线和克明曲线的主要差别在曲线尾部。克明曲线的尾部固定通过零点, 曲线尾部变化范围较小; 皮Ⅲ型曲线尾部不固定, 其变化范围较大, 尤其在 $C_s < 2C_v$ 时, 皮Ⅲ型曲线尾部会给出负值。因此, 克里茨基、明克里认为这是皮Ⅲ型曲线的主要缺点^[4, 6]。事实上, 频率曲线固定通过零点, 对南方大中河流来讲反而是不合

適的。北方河流干旱年份洪水很小，下限有可能接近于零。但对于气候十分干燥的内陆河流来讲，中小河流在一般干旱年份基本上不发生洪水，实测点据有一小半已接近于零，用下限固定通过零点的曲綫适綫，反不如应用下限为負值的曲綫来得切合实际。因此从不同地区的洪水特性来看，頻率曲綫的下限固定通过零点，对于洪水資料分析，并不是必须具备的条件。

克明曲綫头部用幂函数放大后，較皮Ⅲ型曲綫变化范围为大；当 $C_s/C_v < 2$ 时，由于 $b < 1$ ，克明曲綫的头部（在 $P < 1.0\%$ 部分）比皮Ⅲ型曲綫略小。当 $C_s/C_v > 2$ 时，由于 $|b| \gg 1$ ，克明曲綫的头部（ $P < 0.1\%$ 部分）比皮Ⅲ型为大。 C_v 、 C_s/C_v 愈大，二者的差別也愈大。当 $C_s/C_v = 4$ ， $C_v = 1.2$ ， $P = 0.01\%$ 时，相差达 18%；但在邻近 $P = 1\%$ 部分，克明型曲綫反比皮Ⅲ型曲綫为小。由于皮Ⅲ型及克明型曲綫的統計特性有所差別，因此用这两种曲綫适綫，必然会求得不同的結果。

皮Ⅲ型及克明型曲綫与其它各种頻率曲綫一样在数学上各有其依据，但用来分析水文資料則論据都是不够的^{〔1〕}。我院謝家泽副院长曾指出：“水文現象的成因过程很复杂，发生的机率属于后驗机率的范畴，不可能如先驗机率那样由机率理論証明水文頻率属于何种分布律”^{〔2〕}。因此，目前选用皮Ⅲ型或克明型曲綫分析洪水資料是带有假定性质的。这种經驗性的假定能否成立，需要大量資料檢驗后才能加以判断确定。

三、曲綫适合資料的情况

在水文計算工作中，通常根据資料点据与頻率曲綫結合紧密的程度来判別曲綫是否适合資料。在統計学上称这种方法为适度測驗^{〔8,9,11〕}。用适度測驗方法檢驗曲綫适合資料的情况，資料系列不宜过短。如資料系列过短，則資料系列两端經驗点据的重現期就不甚可靠；适綫所依据的参数特别是 C_s 的选用也容易包含偶然誤差。在点据和参数都不能作为可靠依据的情况下，檢驗曲綫是否适合資料是很难得出客觀結論的。

选用实测系列較长，而又有历史調查洪水的代表資料系列，分区用 K 值法，把相似河流的資料綜合在一起进行檢驗，可以适当减少檢驗結果的偶然性。

我們和水利电力部上海勘测設計院^{〔11〕}，广东省水利电力厅勘测設計院^{〔12〕}、长江水利水电科学研究院^{〔10〕}分別以华北、东北、浙閩沿海、珠江及长江流域各长系列代表站的洪峰和洪量資料，对皮Ⅲ型及克明型曲綫进行了檢驗，所得到的結果如下（见图9~11）：

南方大中河流，由于 C_s 較小， C_s 介乎 $3 \sim 4C_v$ 間，用皮Ⅲ型或克明型曲綫适綫，資料与曲綫的适合都很好，外延部分相差也不大。因此綫型的差別对南方河流計算成果的影响較小。

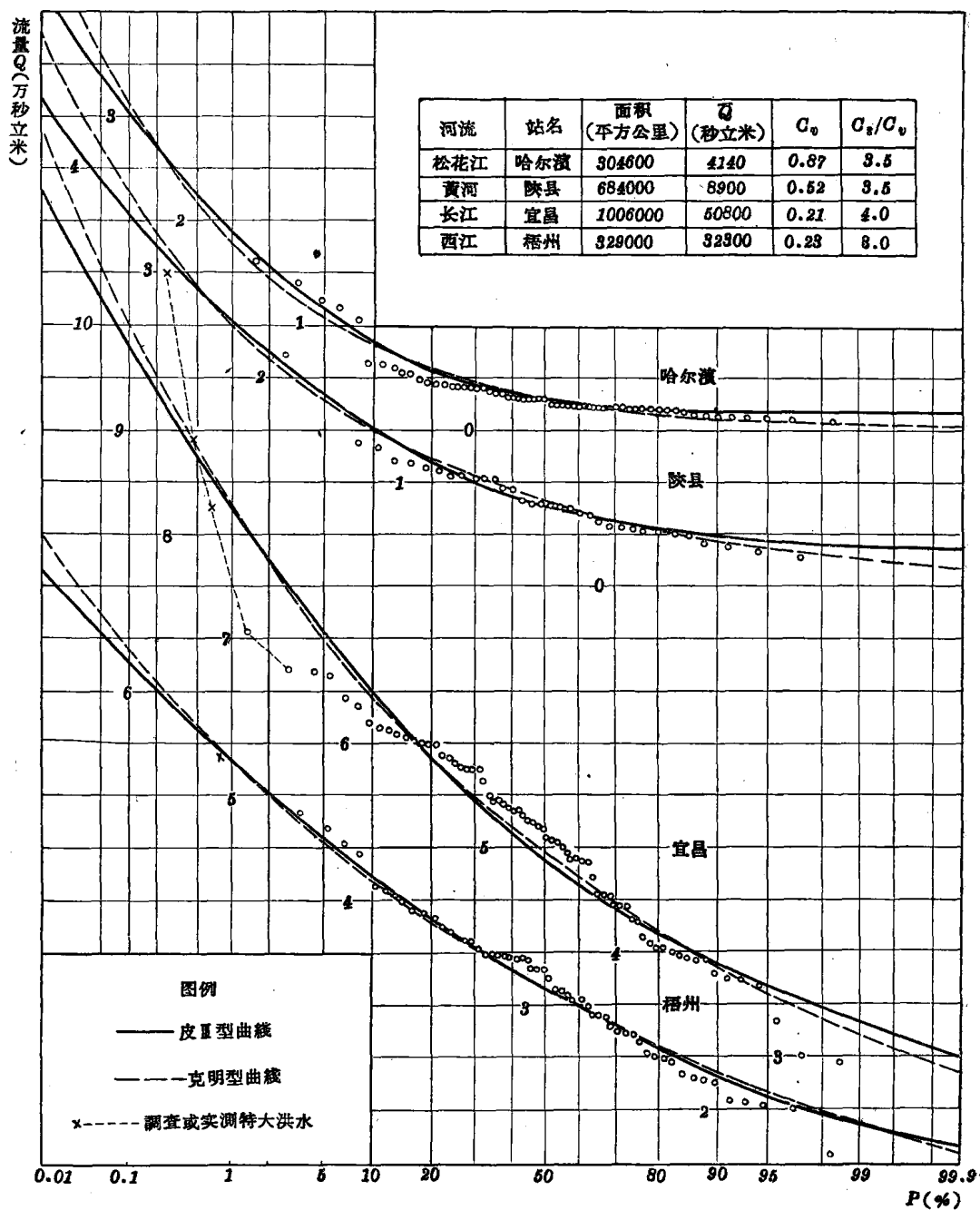


图 9

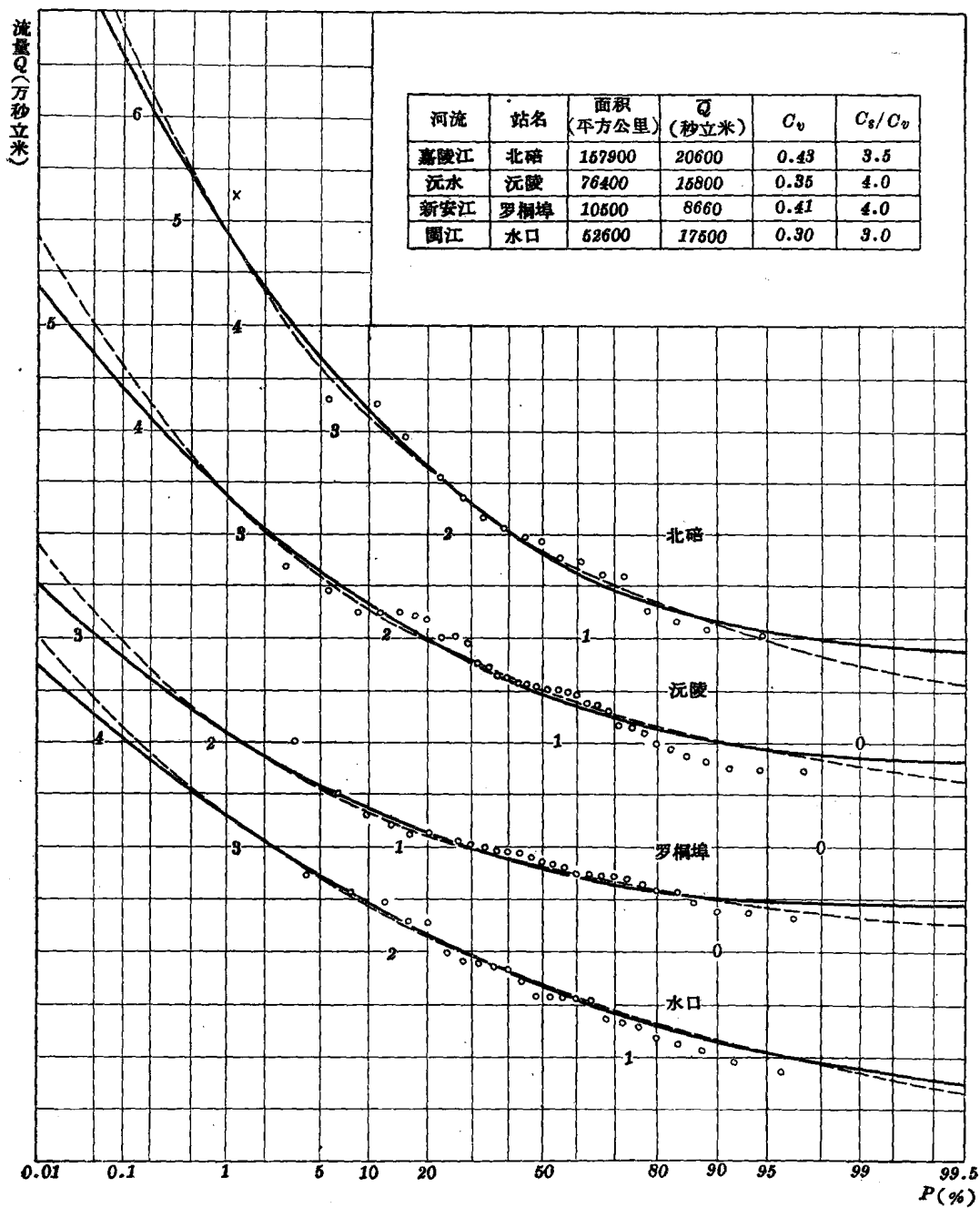


图 10

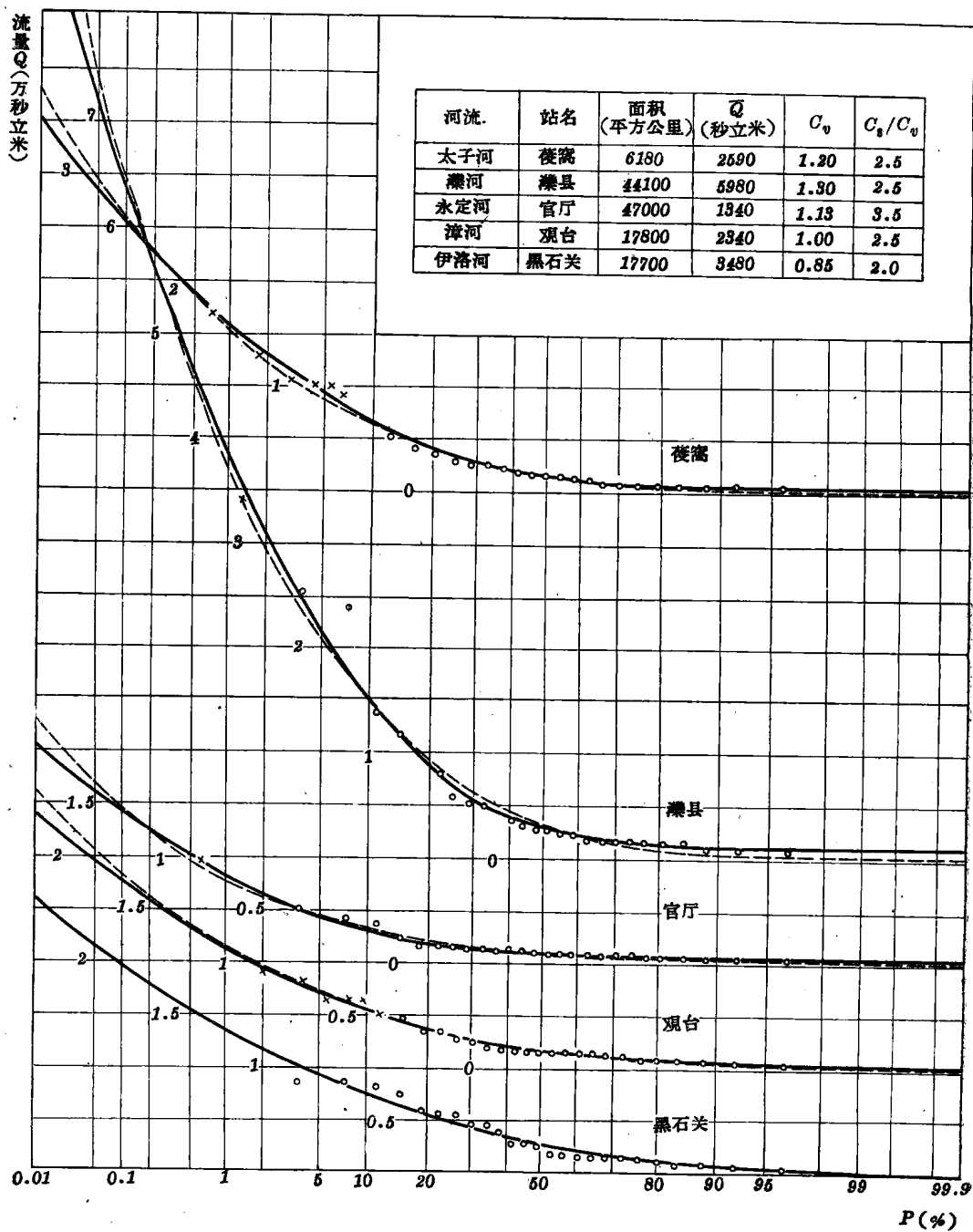
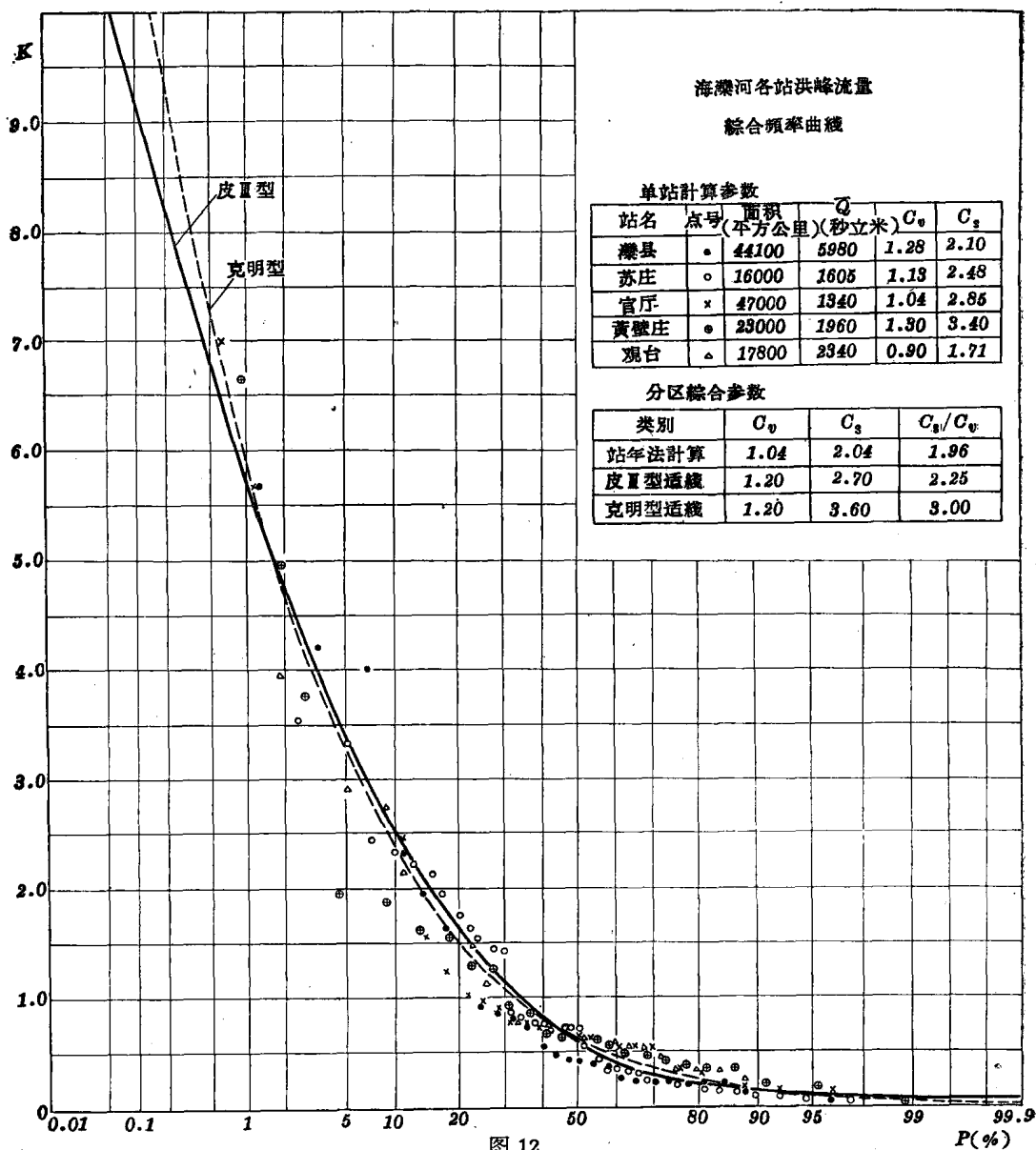


图 11

北方河流，由於受大陸性氣候影響， C_v 較大 ($C_v > 1.0$)，一般河流的 C_s 介於 $2 \sim 3 C_v$ 間，用皮Ⅲ型或克明型曲綫適綫差別尚不大，資料與曲綫的結合也還好。少數河流如遼河鉄嶺站、滹沱河黃壁莊站等，由於大小洪水相差過分懸殊，資料點據分布較不規則，用皮Ⅲ型曲綫適綫， C_s 不能選用過大，採用 $C_s > 3 C_v$ 容易使曲綫的尾部偏離曲綫；用克明型曲綫適綫，如同時加大 C_v 及 C_s 則適綫能得 $C_s \geq 6 C_v$ 的曲綫。由於選用的參數 C_s 不同，兩種曲綫外延推算稀遇洪水相差極大。

為了消除單站檢驗結果的偶然性，對華北、東北、黃河中游各河流洪水資料曾分區綜合檢驗。以差別最大的華北地區各河流資料為例：從圖12可以看出，灤河、潮白



河、永定河、滹沱河、漳河各代表站最大流量 K 值的点据,除特大洪水的点据比较散乱外,一般中小洪水的点据是比较密集的,通过点群中心用皮Ⅲ型或克明型曲线适线,得 $C_v=1.2$, $C_s=2\sim 3C_v$,略大于站年法计算成果。分区综合的结果,无论用目估或 χ^2 准则测验,都难区别两种曲线适合好坏的程度。

以上分地区检验的结果,进一步说明皮Ⅲ型和克明型曲线是适应性较强的曲线,能和绝大部分河流的资料相适合。

四、曲线外延部分合理性比较

选用理论频率曲线适线的目的,在于外延推求稀遇设计洪水,因此曲线外延部分,尤其是上限是否合理,应作为线型比较选择的重要条件。

关于曲线上限,从理论上讲,任何河流的洪水,都应有其理论极限存在,采用上端有限的曲线,要比上端无限的曲线合理。但极限洪水的推求在目前科学水平下尚有一定困难,如果不能应用物理成因的方法客观地推求极限洪水,而根据某些假定或仍用统计法套用某种两端有限曲线估算,那末选用上端有限的曲线与选用上端无限的曲线,就没有什么本质上的差别了。因此在极限洪水研究还不够的情况下,还不如采用没有上限的曲线,而合理规定曲线应用的范围。

$P=0.01\%$ 的所谓“万年一遇”的洪水,是目前所采用的设计洪水上限。从统计概念讲,象这样概率非常小的事件,可以当作实际不可能事件看待,即可以近似地当作极限洪水看待。目前直接应用物理成因的方法来检验万年一遇的洪水,在技术上还有困难。但从实用的观点出发,我们可以要求,选用的频率曲线,用来推算万年一遇的洪水时,至少能满足以下条件:

- (1) 计算成果在地区上比较是合理的;
- (2) 与实测或调查最大纪录相比较有相当的安全系数;
- (3) 安全系数在地区上比较也应该合理;
- (4) 与其它间接推算的成果比较也没有矛盾。

根据以上观点,我们着重对适线差别较大的华北及东北地区的资料和暴雨洪水较大的东南沿海各河流的资料,分别用皮Ⅲ型及克明型曲线适线,推算万年一遇洪水后进行比较分析,得以下结果:

1. 地区上比较的结果

比较各地实测或调查最大流量纪录(见图13)可以看出,国内最大流量纪录,大部分出现在闽浙沿海及台湾山区,中等面积($F=1,000\sim 10,000$ 平方公里)洪峰模系数 q_m ($q_m=Q_m/\sqrt{F}$)一般超过200,最大超过300,与柯里格(W.P.Creager)等人所搜集的世界最大纪录^[14]比较(见表3),大小不相上下。北方河流,除沂河、沭河、太子河、灤河的纪录尚接近以上纪录外,其它河流都小于东南沿海各河流的纪录。因此以最大纪录和洪水形成条件来看,东南沿海台风暴雨区山溪河流的洪水,理