

应用微型机进行水能计算

广西计算中心 刘连芳 乔中南

摘 要

文中具体阐述了如何扬长避短地应用微型计算机进行方案多、数据量和计算量都很大的水能计算,并提供了各步骤框图。

我们应用C BM 4040和Z-80 B挡微型机完成了广西马骝滩水电站设计的全部水能数据的计算。

一、概况

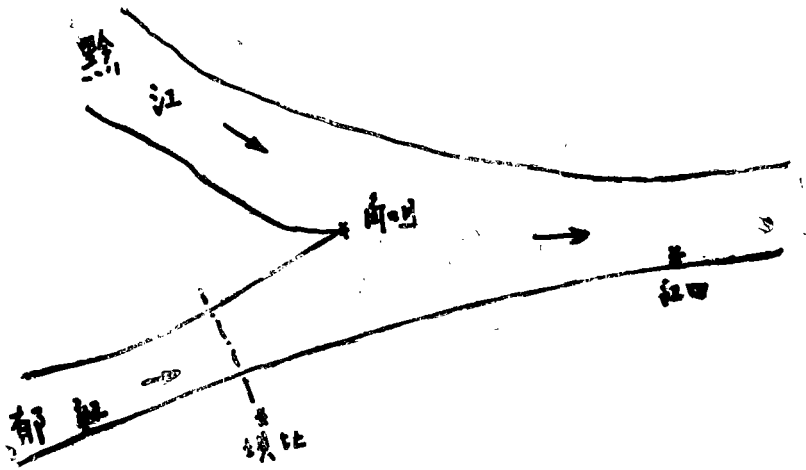
本课题要求根据三十年水文数据(江口水位 Z_1 、坝后流量 R_3)推算坝址水位 Z_3 ,再根据不同装机方案及 Z_3 分别推算三十年逐天全部水能数据(过机流量、出力、电能、毛水头、净水头、理论出力……)及旬、月、年、三十年小计、总计和各有关量(如利用小时、流量利用率、加权平均水头……),并将各方案所求的净水头 H 、出力 N 、过机流量 Q 等六个量排序求频率,每个量有数据10957个。

该课题的特点之一是处理的数据量大。原始数据二万五千余,最终结果输出量二十二万五千,排序求频率量四十万七千。之二是需要建立的数学表达式多。要根据已知数据或根据曲线建立的偏回归方程有三十一一个,以作为各阶段、各方案、各种方法计算用的数学表达式。特点之三是设计方案多。为使电站的设计经济合理,需进行多方案的比较。实算方案十五个,其中计算三十年方案十一个,远期方案两个,另选坝址方案两个。

仅最终成果计算共用机时一百二十五个,向用户提供各方案计算结果六十四份。

二、问题分析及解决办法

马骝滩电站的地理位置特殊(如下图所示),其尾水受另一条江(黔江)来水的严重顶托,因此水能计算比较复杂,必须采用长系列水文资料计算,以便更符合实际。



要在微型机上处理这样数据量和计算量都很大的课题，必须扬长避短，适当选择处理方法。

1、将量大或者使用频繁或某阶段不能立即处理的数据均写入磁盘文件。不计排序所用的分档文件，先后共建立磁盘文件六十八个。这样既充分发挥了海量外存的优点，减少了内不足的压力，又便于存、取、校对、修改数据，确保数据的准确，使用灵活、方便。（其程序框图见图一）

2、将整个课题的计算分成若干相对独立的部分，分别编程运行，以磁盘文件作为数据交换及问题衔接的工具。这样做，无论从工作量还是从占用内存量来说都十分利于微型机的使用。

a、建立各步计算中所需的数学表达式。

i)、由于本课题既有求相关关系问题，又有曲线拟合问题，为减少程序量，就采用两种问题都适用的逐步回归方法建立最佳多元非线性偏回归方程。

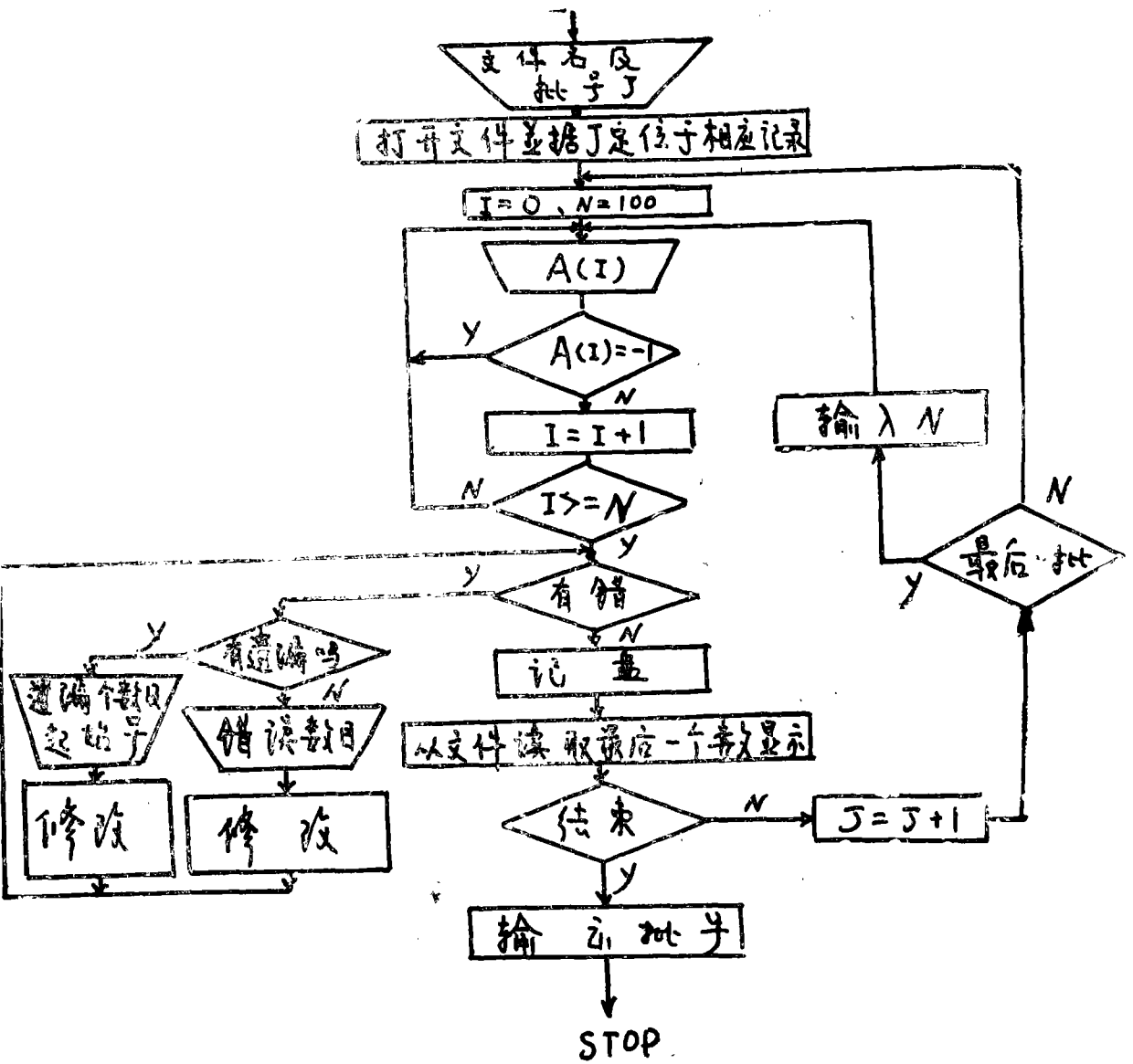
ii)、由于方程多，参加回归的因子类型多，所以编制了包括因子的函数类型为指数（任意次幂）、对数、倒数、正弦的各种组合的通用程序，利用微型机的对话功能，可以任意选择参加回归的因子及其函数类型。（其粗框图见图二）

每一个方程的建立，均可经过多次试验，以找出最佳表达式。该程序不但适用于本课题，而且对任何需用逐步回归方法解决的非线性问题均可适用。还可根据问题需要进一步扩充函数类型。

b、选择计算中关键步骤的数学表达式。

从角嘴水位(Z_2)推算坝后水位(Z_3)，用户提供了水利学的万宁公式：
$$Q = \frac{\bar{W} \bar{R}^{2/3}}{N} \cdot \sqrt{I}$$

式中 \bar{W} 、 \bar{R} （平均断面面积、平均水利半径）在 $(Z_3 + Z_2) / 2$ 即HCP为19.5cm以上时每隔1cm之值均可根据两张断面图求得，计算较为复杂（框图见图三）。



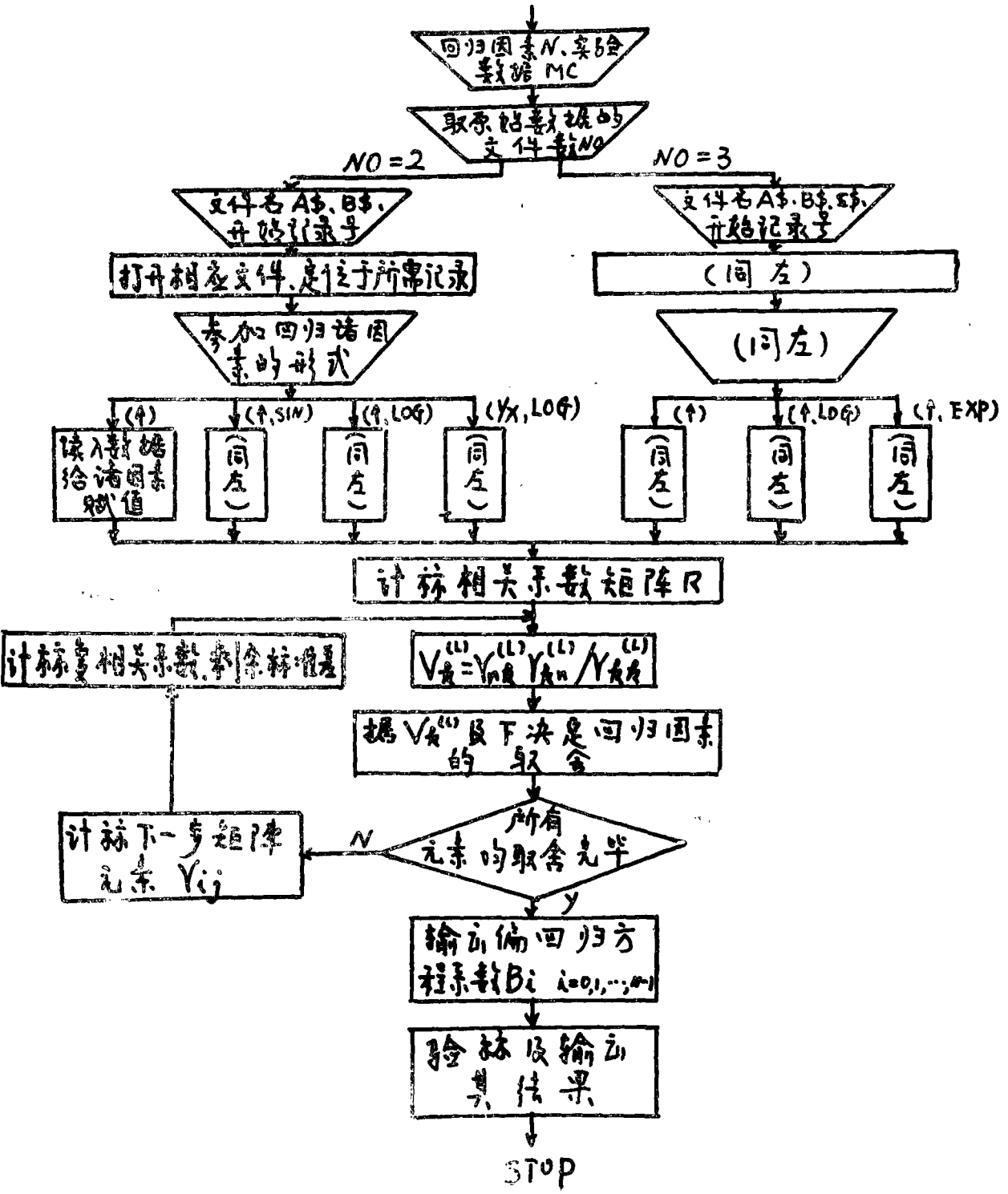
图一

N 和 $WR^{2/3}$ 均为 Z_2 、 Z_3 的函数，该函数关系 f_1 、 f_2 需用逐步回归方法建立。 $I = \frac{|Z_3 - Z_2|}{4000}$ 。

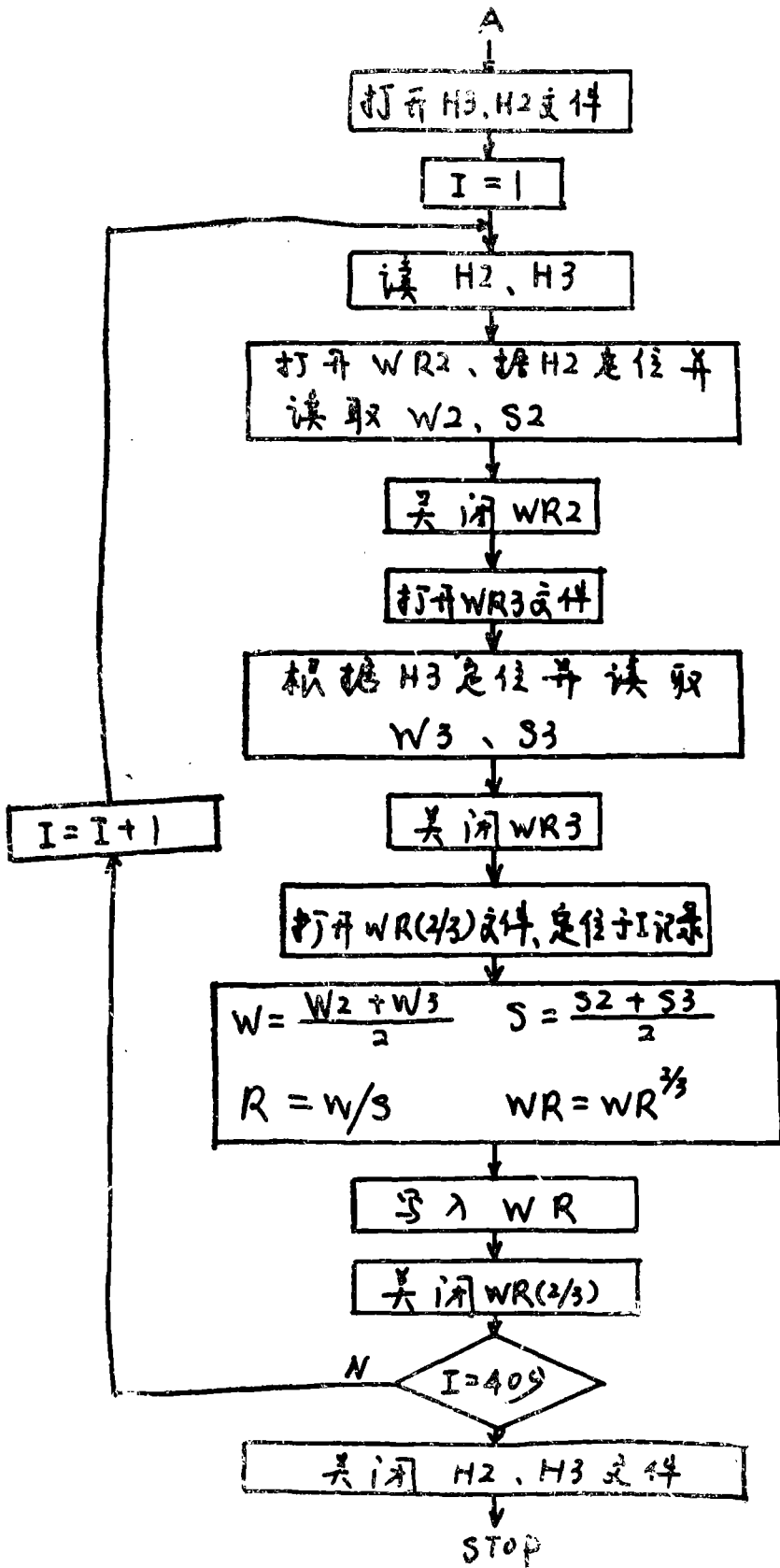
所以要在知道 Q 、 Z_2 情况下使用万宁公式，除作以上工作外，还需解高次方程

$$Q = \frac{f_2(Z_2, Z_3)}{f_1(Z_2, Z_3)} \cdot \sqrt{\frac{|Z_3 - Z_2|}{4000}}$$

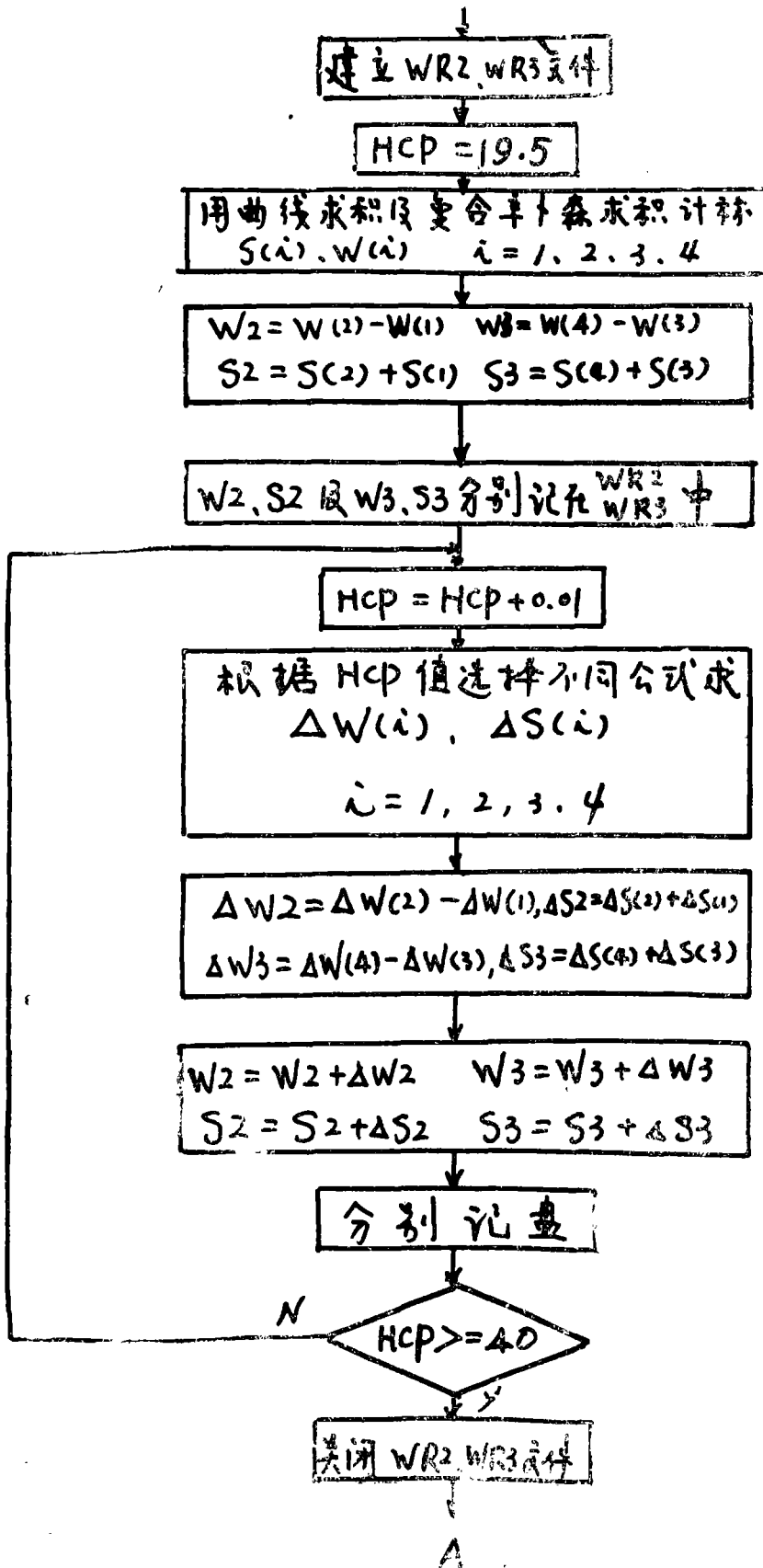
从理论上分析我们认为公式可用根据部分数据建立的偏回归方程 $Z_3 = f(Z_2, Q)$ 代替，为此，用365组数据对这两个公式的使用作了比较（框图及结果如图四所示）

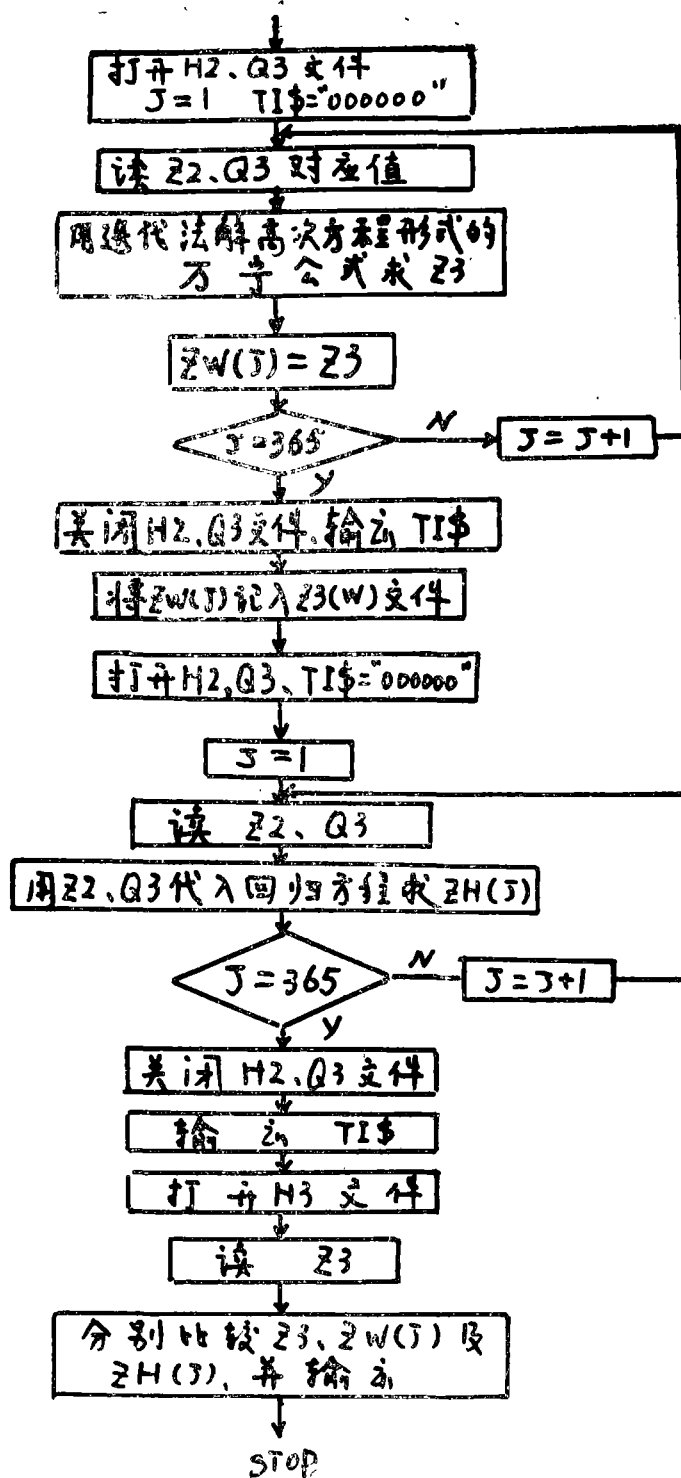


图二



图三





图四

		万 宁 公 式		偏 回 归 方 程	
运 算 次 数	乘 除	2 1 1		7	
	加 减	8 1		4	
计算一年数据的时间		51'30"		1'24"	
误 差 分 析		个 数	百 分 比 %	个 数	百 分 比 %
	< 1 cm	92	25.205	85	23.288
	1—5 cm	203	55.616	232	63.562
	5—10cm	52	14.247	34	9.315
	10—20cm	10	2.7397	13	3.562
	20—40cm	7	1.917	0	0
	70—80cm	1	0.27397	1	0.27397
	max (cm)	79.9997598		72.5829743	
min (cm)	2.57559E—04		3.3736229E—05		

* 在已知 Z_2 的情况下求一个 Z_3 的运算次数。

** 以 Z_3 的观测数据为准，对365组数据进行对比。

因为理论及实践均证明偏回归方程 $Z_3=f(Z_2, Q_3)$ 可以代替万宁公式，不仅效率高、而且精确，所以在最终方案计算中选择使用 $Z_3=f(Z_2, Q_3)$ 。在今后再遇到类似问题，则可以避开万宁公式，大大减少程序设计工作量和大大缩短使用的机时。

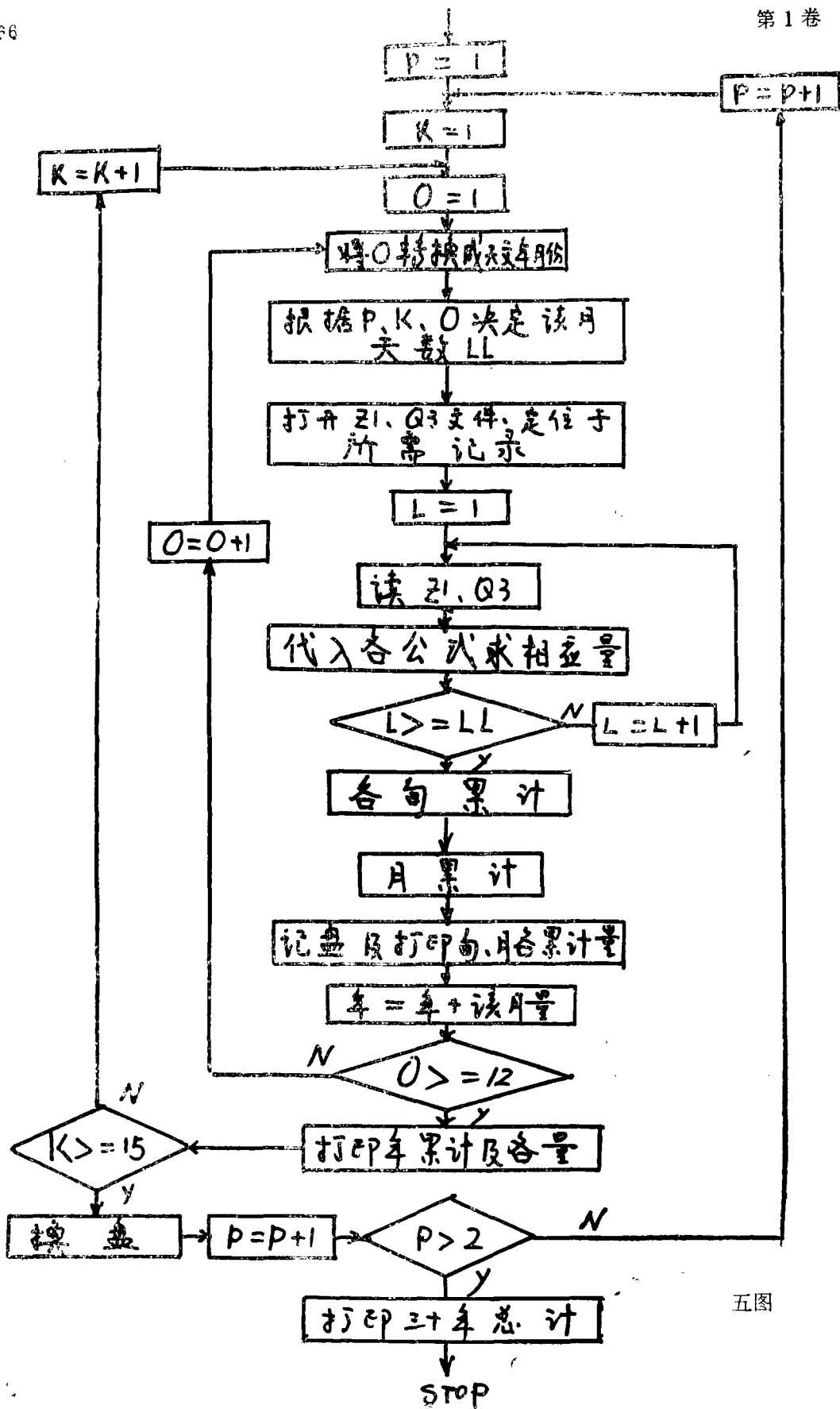
C、有了以上准备，就可以进行最终结果的计算。

考虑到三十年水能数据逐天输出，计算一个方案，光打印就要六小时，而且没有实用价值，所以与用户共同商定，最终结果计算分两步：

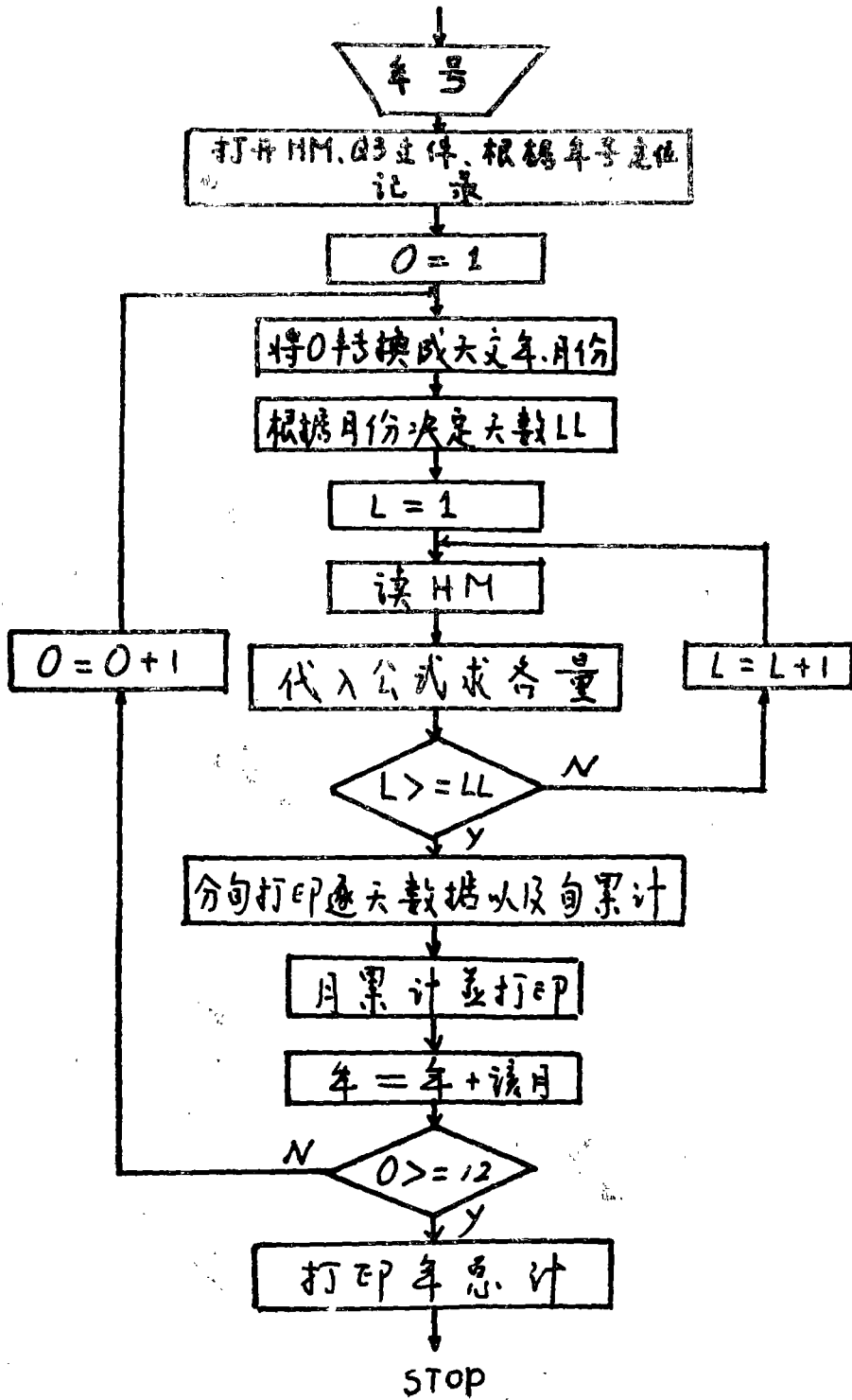
i) 三十年水能逐天计算，逐旬输出（框图如图五所示）；

ii) 每个方案选择一个代表年逐天输出，以供深入分析（框图如图六所示）。

这样，每个方案的计算时间（包括输出结果）从十一小时降为六小时，大大提高了效率。



五图



图六

d、排序求频率

需排序的各量在计算过程中均已存盘，现在可以分别排序求频率。该步骤是在C BM 4040上进行的，既使使用自己研究出的较好排序算法——跳跃对分法，速度也很慢。

算 法 名	排 序 量	10	100	500
	常 规 排 序 算 法		5"	1'20"
跳 耀 对 分 排 序 算 法		6"	54"	14'15"

表中所列CPU时间包括从磁盘文件读数及在打印机上输出的时间。

考虑到求频率目的在于判断各种机组方案的实用效果，那么就没有必要逐一排序，只需将10957个数据分数档，求相应频率，就可得出结论。所以为提高效率就采用了分档合并的办法。

该机系统一次只可以打开三个相关文件。其中一个为原数据文件，那么一次只可打开分档文件两个，要分若干档且记盘，就必须频繁打开及关闭文件。该机访问磁盘文件的速度极慢，这样就会浪费大量机时。若先将全部数据分档放入各数组，最后一起存盘，肯定可以提高速度，但由于内存容量限制，对该程序，数组元素总数不可超过5600个，故也行不通。最后采取了分批分档的办法，每次只分四档，两档记盘，两档放入数组。分档界限视方案的不同而异，原则是保证两个数组总体积不大于5600。然后再视情况细分。一共分多少次，每次在哪个范围细分均可根据各方案情况灵活掌握（框图如图七所示）。这样既保证不溢出，又相应地提高了速度。

三、效 果 分 析

用户以往人工进行无顶托现象的水能计算，算一年数程需296人小时（不包括绘图时间）。因而人工计算既不能进行多方案的比较，也不可能每个方案算若干年，一般只算三几个方案，每个方案算一年。那么所决定的设计方案就不可能十分理想。就全国而言，类似的电站设计，一般装机容量均偏大，利用率低。

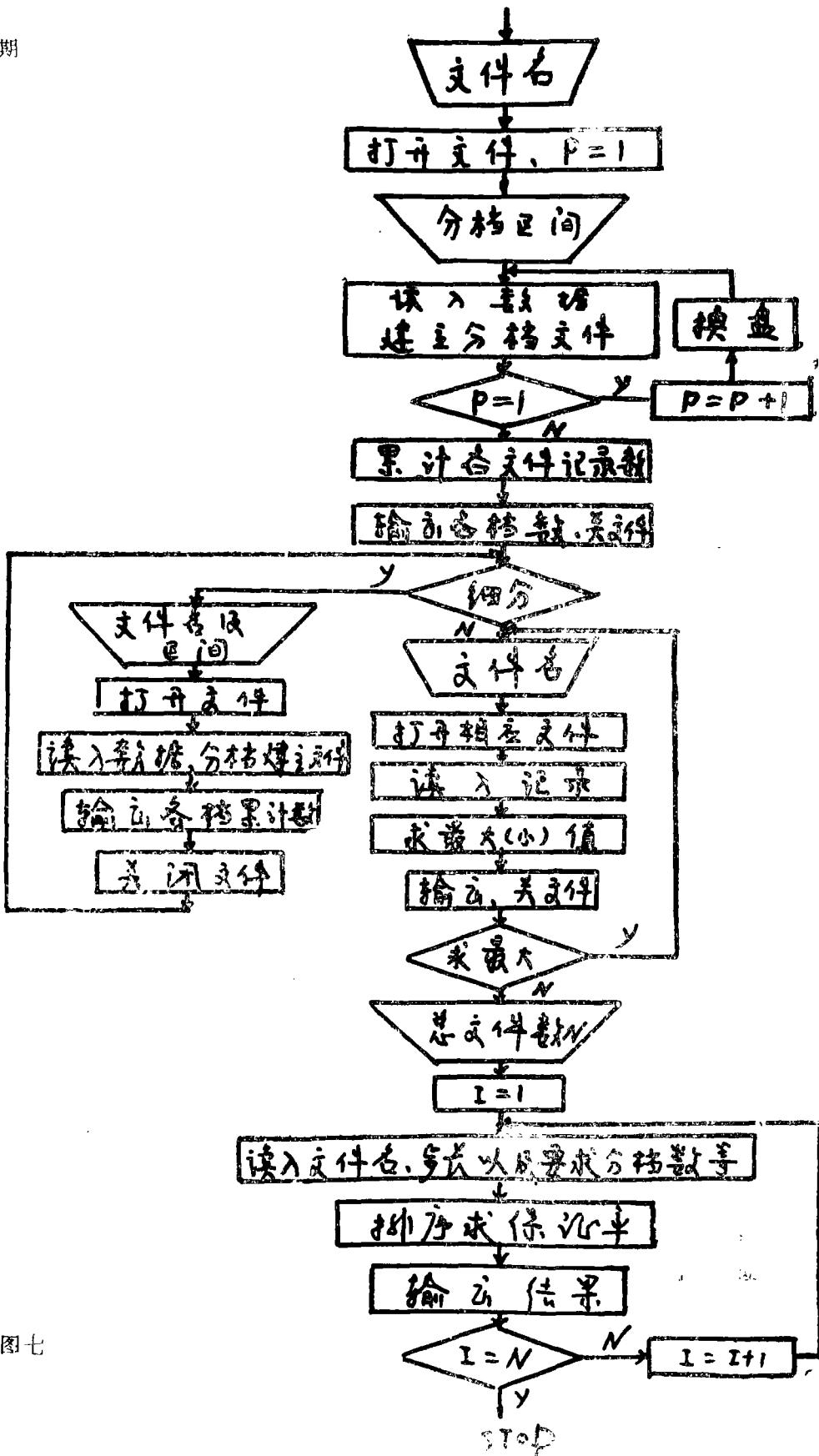
应用C BM4040算一年数据（不包括建立数学表达式等准备工作时间）平均仅需13分钟。

2、人工计算，主要靠读图，而各散点图的建立工作本身就比较繁杂。仅以 Z_1 、 Z_3 、 Q_3 关系的三维图为例，广西交通设计院四人化了半年时间绘制。据他们自己讲，若熟练了，两人用两个月时间可完成。

用微型机建立 $Z_3 = f(Z_1, Q_3)$ 偏回归方程，约用三小时，其中包括若干次因子及其函数类型的选择试验。用于回归的原始数据409组。

在描点、画近似相关曲线的过程中，均有人为的误差，读图也有误差，这些误差均是不可估计的。本课题所建立的数学表达式经过多次选择试验，最终其复相关系数均在0.9618以上（见附表），并提供了各点的残差。

3、由于时间限制，人工一般只算三、两个方案的代表年。



图七

本课题计算方案十五个，其中三十年方案十一个。用户根据计算结果决定选用其中较为经济合理的两个方案作进一步技术设计。

所建偏回归方程除用于本课题结果的计算外，还可以作为用户今后人工推算的公式，不用再查图、读图，使用方便、准确。

此外，应广西交通设计院的要求，将其中六个偏回归方程提供给他们用于水坝设计。

本课题由张正铀、乔中南、刘连芳承担。

参加数据输入和结果分析的还有广西玉林水电设计处的潘才华、沈文享、杨弟勋、尧美礼、吕清芬等同志

广西交通设计院港口室提供了部分原始数据及参考图纸。

附表：偏回归方程实例

$$1) Z_1 = 18.5357 + 8.649E-04Q_1 - 2.5855E-08Q_1^2 + 5.094E-13Q_1^3$$

$$\rho = 0.995565$$

$$2) Z_3 = 0.29155 + 0.98803Z_2 + 5.54698E-05Q_3 + 2.10617E-09Q_3^2$$

$$\rho = 0.999879$$

3) Z_3 大于正常高水位时

$$HM = \text{EXP}(-14.5585 - 2.1843 \text{LOG}(Z_3 - 21) + 2.09621 \text{LOG}(Q_3))$$

$$\rho = 0.990269$$

4) 12500KW 发电机

$$M = 1.19513 - 0.20036H + 0.0224H^2 - 0.07876 \text{SIN}(H) \quad (H \leq 6.3 \text{m})$$

$$\rho = 0.999113$$

$$\eta = -0.96612 - 0.56427H + 0.15513H^2 + 2.60778 \text{LOG}(H) \quad (H > 6.3 \text{m})$$

$$\rho = 0.998532$$

$$5) \frac{1}{N} = -1.180514E-06 + 0.35172HCP^2 - 0.015064HCP^3$$

$$+ 1.59049E-04HCP^4 - 13860.92134/HCP^2$$

$$\rho = 0.961833$$