

浅谈流量定线要求和检验方法

刘红飞

(新疆水利厅 玛纳斯河流域管理处, 新疆 石河子 832000)

[摘要] 目前,我国水文资料整编必须采用国际标准 ISO 1100/2 的要求,对 $Z-Q$ 关系曲线进行符号检验、适线检验、偏离数值检验、标准差的检验。其中,符号检验是检验 $Z-Q$ 关系曲线关系点据在曲线两旁的分布状况,曲线两旁关系点据大致分布数目应相等;适线检验是检验 $Z-Q$ 关系曲线关系点据的离散程度指标;偏离数值检验是检验 $Z-Q$ 关系曲线关系点据偏离所定曲线数值大小的指标;标准差的检验是检验实测流量点据偏离 $Z-Q$ 关系的标准差。所有以上检验结果其统计数如小于临界值,则视为定线合理。

[关键词] 关系曲线;三检验;定线

[中图分类号] P333 [文献标识码] B [文章编号] 1006-7175(2011)03-0010-03

1 水位流量关系的检验内容及适用条件

1.1 检验内容

为验证水位流量关系曲线的正确与否,目前我国水文资料整编均按国际标准 ISO1100/2 要求,要进行以下 3 种检验:

(1) 符号检验: 检验所定水位流量关系曲线两侧测点数目分配是否均衡合理。借以判断关系曲线定得是否正确。

(2) 适线检验: 是按水位递升次序,检验实测点偏离曲线正负符号的排列情况。借以检查定线有无明显系统偏离。

(3) 偏离数值检验: 检验测点偏离关系曲线的平均偏离值是否在合理范围内。借以用数据论证曲线定得是否合理。

1.2 适用条件

主要适用于水位流量单一曲线、较长、稳定时段的临时曲线及经单值化处理的关系曲线等。凡测点有 10 个以上时,一般作上述 3 种检验。作适线检验时,若变换符号次数多于不变换符号次数时,则免作此项检验。采用最小二乘法选配曲线方程时,必须作适线检验。

2 确定水位流量关系的检验方法

2.1 符号检验

2.1.1 应用公式

$$u = \frac{k - np - 0.5}{\sqrt{npq}} = \frac{k - 0.5n - 0.5}{0.5n} \quad (1)$$

式中 u 为统计量; n 为测点总数; k 为正号或负号个数; p, q 为正、负号概率,各为 0.5; * 为连续改正数(离散型换为连续型)。

2.1.2 检验方法

符号检验就是以实测流量总点数,视为抽取的样本资料容量,检验 $p = q = 0.5$ 这个假设条件能否接受,来判断所定关系曲线是否合理:

(1) 计算法: 分别统计测点偏离曲线的正、负号个数(偏离值为零者,分作正、负各半参加统计)。按给定的显著性水平 α , 从表 1 中查得相应临界值 $u_{1-\alpha/2}$ 与计算的 u 值相比较,若 $u < u_{1-\alpha/2}$, 则认为合理,即接受假设;若 $u \geq u_{1-\alpha/2}$, 则认为不合理,即拒绝原假设。

(2) 查表法: 以测点总数 n 和给定的显著性水平 α , 从表 2 中查得相应临界值 k 。再以正号或负号个数最小值 n_1 与 k 值相比,若 $n_1 > k$, 则认为合理;若 $n_1 \leq k$, 则认为不合理,拒绝 $p = q = 0.5$ 的原假设。

表 1 临界值 $u_{1-\alpha/2}$ 与 $u_{1-\alpha}$ 表

显著性水平 α	0.05	0.10	0.25
显著性水平 $1 - \alpha$	0.95	0.90	0.75
$u_{1-\alpha/2}$	1.96	1.64	1.15
$u_{1-\alpha}$	1.64	1.28	

将测点总数 n 、正号个数 k 代入式(1)计算 u 值。

2.2 适线检验

2.2.1 应用公式

$$u = \frac{(n-1)p - k - 0.5}{\sqrt{(n-1)pq}} = \frac{0.5(n-1) - k - 0.5}{0.5\sqrt{n-1}} \quad (2)$$

式中 u 为统计量; n 为测点总数; k 为变换符号次数 [$k < 0.5(n-1)$ 时作检验,否则不作此检验]; p, q 分别为变换、不变换符号的概率,各为 0.5。

[收稿日期] 2010-12-18

[作者简介] 刘红飞(1970-),男,新疆石河子人,高级工。

表 2 符号检验 n 值表

k	α		
	0.05	0.1	0.25
0	6-8	5-7	3-5
1	9-11	8-10	6-8
2	12-14	11-12	9-10
3	15-16	13-15	11-13
4	17-19	16-17	14-15
5	20-22	18-20	16-17
6	23-24	21-22	18-20
7	25-27	23-25	21-22
8	28-29	26-27	23-24
9	30-32	28-29	25-26
10	33-34	30-32	27-29
11	35-36	33-34	30-31
12	37-39	35-36	32-33
13	40-41	37-39	34-35
14	42-43	40-41	36-38
15	44-46	42-43	39-40
16	47-48	44-46	41-42
17	49-50	47-48	43-44
18	51-53	49-50	45-46
19	54-55	51-52	47-49
20	56-57	53-55	50-51
21	58-60	56-57	52-53
22	61-62	58-59	54-55
23	63-64	60-61	56-57
24	65-66	62-64	58-59
25	67-69	65-66	60-62
26	70-71	67-68	63-64
27	72-73	69-70	65-66
28	74-76	71-73	67-68
29	77-78	74-75	69-70
30	79-80	76-77	71-72
31	81-82	78-79	73-74

2.2.2 检验方法

将各测点偏离曲线的正、负号,按水位递增顺序排列,自水位最低的第二点起,依次与前一点的符号比较,相邻两点为同号者记为 0,异号者记为 1,可得 $n-1$ 个数。如曲线与实测点配合良好,则出现 0 和 1 的机会相等。即假设变换符号“1”与不变符号“0”的概率各为 0.5。

将测点总数 n 及变换符号次数 k 代入式(2) 计算 u 值,与给定的 α 值在表 2 中查得相应临界值 $u_{1-\alpha}$ 相比较。若 $u < u_{1-\alpha}$,则认为合理;若 $u \geq u_{1-\alpha}$,即认为不合理。

2.3 偏离数值检验

2.3.1 应用公式

$$S_p = \frac{s}{\sqrt{n}}$$
$$S = \sqrt{\frac{\sum(P_i - \bar{p})}{n-1}}$$
$$t = \frac{\bar{p}}{S_p}$$

(3)

式中 P_i 为测点与关系曲线的相对偏离值; n 为测点总数; \bar{p} 为平均相对偏离值; S_p 为 \bar{p} 的标准差; S 为 p 的标准差; t 为统计量。

2.3.2 检验方法

在目估定线时,可用 t 检验方法进行假设检验。如假设 p 的总体均值为 0,则式(3) 服从自由度为 $n-1$ 的 t 分布。

检验时,按式(3) 计算 t 值,并以给定的显著性水平 α 值,在表 3 中查得自由度 k 值为 $n-1$ 的临界值 $t_{1-\alpha/2}$,与 t 相比较,若 $t < t_{1-\alpha/2}$,即认为合理;若 $t \geq t_{1-\alpha/2}$ 时,即认为不合理,拒绝原假设。

表 3 显著性水平 α 及自由度 k 的临界值 $t_{1-\alpha/2}$ 表

α	k											
	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30	60	∞
0.05	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.31	2.23	2.13	2.09	2.04	2.00	1.96
0.10	2.92	2.35	2.13	2.02	1.94	1.86	1.81	1.75	1.73	1.70	1.67	1.65
0.20	1.89	1.89	1.53	1.48	1.44	1.40	1.37	1.34	1.33	1.31	1.30	1.28
0.30	1.39	1.39	1.19	1.10	1.13	1.11	1.09	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04

2.4 显著性水平 α 值的选用

国际标准 ISO1100/2 中,对符号检验、适线检验,提出 α 值采用 0.05,但对偏离数值检验的 α 值未予明确。根据我国河流及资料精度的具体情况,进行符号检验时, α 值可采用 0.25; 适线检验时, α 值可采用 0.05 ~ 0.10; 偏离数值检验时, α 值可采用 0.10 ~ 0.20。

2.5 检验结果的处理

上述 3 种检验属数理统计中的“假设检验”,均在一定假设条件下进行。若检验结果均接受原假设,即认为定线正确;如 3 种检验(或其中 1 ~ 2 种检验) 结果拒绝原假设,则应分析原因,对原定曲线适当修改,重作检验。

3 水位流量关系曲线 t (学生氏) 检验

t 检验是国际标准 ISO1100/2 中水位流量关系检验的

一种。它是依据数理统计原理提出的方法。用来判别稳定的水位流量关系曲线是否发生显著变化(即测站控制是否变动)、定线有否明显系统偏离等。通过 t 检验,可达到正确绘制和使用关系曲线的目的。

3.1 适用条件

t 检验适用于流量间测站的校测资料检验,以判断原用(或历年综合) 水位流量关系曲线是否需要重新确定;也适用于相邻年份的水位流量关系曲线或相邻时段的临时曲线是分开或合并定线的判断。

3.2 应用公式

$$t = \frac{X_1 - X_2 - U_1 - U_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}}} = \frac{d - u_d}{s_d}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (4)$$

式中 x_{1i} 为第一组测点(用于校测检验时为原用确定水位流量关系曲线的流量测点)对关系曲线的相对偏离值; x_{2i} 为第二组测点(用于校测检验时为校测的流量测点)对上述同一关系曲线的相对偏离值; \bar{x}_1 、 \bar{x}_2 分别为第一、二组平均相对偏离值; u_1 、 u_2 分别为第一、二组样本总体均值; n_1 、 n_2 分别为第一、二组测点总数; S 为第一、二组测点综合标准差; t 为统计量; d 为两组样本均值差的绝对值; u_d 为两组样本的总体均值差的绝对值; s_d 为样本均值差的标准差。

曲线若用最小二乘法定线者,上述各式中可作零处理。

在假设两组总体均值相等,即 $u_1 = u_2$ 时,则式(4)变为

$$t = \frac{d}{s} = \frac{x_1 - x_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

3.3 检验方法

(1) t 检验是假定两组变量的总体方差(或标准差)相同和两组总体均值相等条件下,进行两组样本均值比较,据以判断原定水位流量关系曲线有无明显变化。检验方法:以第一、二组实测流量资料按式(4)计算 t 值。

(2) 根据给定的显著性水平 α 值(可采用 0.05),由表 3 查得自由度 κ (即 $n_1 + n_2 - 2$)的临界值 $t_{1-\alpha/2}$,与计算的 t 值比较,若 $t < t_{1-\alpha/2}$,则接受假设,即认为原定曲线无明显变化;若 $t \geq t_{1-\alpha/2}$,则否定原假设,即认为两总体的均值有明显差异,原定曲线已发生明显变化。

3.4 检验注意事项

(1) 若用于水位流量关系曲线校测检验时,校测点 ≥ 10 个。

(2) 应注意在曲线的上下部分变动方向相反时,检验结果可能会出现接受假设的假象。

(3) 流量变幅较大时,应按水位分级进行检验。

3.5 检验结果的处理

t 检验是在假设两组样本的总体均值相等(即 $u_1 = u_2$)条件下进行的。用于校测检验时如资料精度较差,检验结果达不到要求时,或将检验标准适当放宽,即假设两总体均值差 $u_1 - u_2 = 1\% \sim 2\%$,再按式(4)作检验。如检验结果仍拒绝原假设,但校测曲线偏离原用历年综合曲线 $2\% \sim 3\%$ 以内时,则仍可用原曲线推流,否则,应重新确定关系曲线。

用于年际曲线及临时曲线的合并或分开定线检验时,如 $t < t_{1-\alpha/2}$,可以合并定线。否则,应分开定线。

4 水位流量关系测点标准差计算

测点偏离关系曲线的标准差,是反映测点散乱程度的指标。测点愈少、愈散乱,则关系曲线的可靠性愈差。此标准差可近似看作是以实测流量作为真实流量的估计量的标准误差。计算分析标准差,对定线推流的精度评价和改进测验工作,都具有重要意义。

4.1 适用条件

凡稳定的水位流量关系曲线、临时曲线法的主要曲线及单值化关系曲线,均应计算标准差,并作为一项正式资料刊印。

4.2 应用公式

$$S_e = \left[\frac{1}{n-2} \sum (\ln Q_i - \ln Q_{ei})^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$S_e = \left[\frac{1}{n-2} \sum \left(\frac{Q_i - Q_{ei}}{Q_{ei}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

式中 S_e 为实测点标准差(取正值); Q_i 为实测流量, m^3/s ; Q_{ei} 为与 Q_i 相应的曲线上流量, m^3/s ; n 为测点总数。

4.3 计算标准差

实测流量点偏离关系曲线的标准差,可用式(5)、式(6)计算。目估定线时,用式(6)计算较为简便。流量变幅较大的站,可分水位级计算。

在对数纸上用最小二乘法求回归线的站,如定一条直线不适合要求,也可分水位级求出不同斜率的关系线,分段计算其标准差。

5 结 论

流量定线和推流所采用的方法应符合测站特性和测验情况,并力求简单合理。目前我国采用国际标准对 $Z-Q$ 关系曲线进行检验,按三检验的方法,对流速仪测验断面水位—流量关系曲线逐一进行检验,经过对关系曲线的计算机编程检验,根据所计算出的各项统计值与我国目前所采用国际标准规定的临界值相比较,计算统计结果如果小于临界值,即视为 $Z-Q$ 关系曲线定线合理。

[参考文献]

- [1] 郭洪财,秦敏,王世安,等. 稳定水位流量关系曲线的模拟[J]. 东北水利水电, 2002, (4): 12-13.
- [2] 王宏,李毅. 水位流量关系定线的检验应用[J]. 人民长江, 1988, (4): 29-30.
- [3] 梅军亚,张潮,赖厚桂. 南方片水文资料整编软件系统开发与应用[J]. 水文, 2006, (2): 73-75.
- [4] GB 50179-1993, 河流流量测验规范[S].
- [5] SL 247-1999, 水文资料整编规范[S].

(编辑: 杨文)