

# 水利工程勘测设计的特征曲线法

叶达忠, 黄军胜

(广西水利电力勘测设计研究院, 广西 南宁 530023)

## Characteristic Curve Method for Survey Design of Water Conservancy Project

YE Da-zhong, HUANG Jun-sheng

**摘要:** 结合实际水利工程的测绘、地质勘察、水利工程设计、机电设计专业, 通过分析、解算、编程, 编制一个通用函数, 提高特征曲线解决问题的综合能力。

**关键词:** 2 维曲线; 水面曲线; 有压管道; 特征线; 水击强度

为了开发和利用水利资源, 常在河道上修建拦河坝, 使上游形成水库, 水库的水面将上溯到何处, 坝上游河道水面曲线如何, 这是必须进行计算的; 又如为宣泄水库中多余洪水, 需修建溢洪道, 为确定溢洪道边墙高度, 必须计算溢洪道中泄水时的水面特征曲线。

另外, 在有压管道系统中由于某一管路元件工作状态的突然改变使液体的流量(流速)发生急剧变化, 同时引起管内液体压强大幅度波动, 压力波动在管道中交替升降、来回传播, 这就是水击现象。水击的危害性很大, 水击可能导致管道系统强烈振动、噪声和气蚀, 甚至使管道严重变形或爆裂。在水电站输水系统设计中, 必须考虑水击问题, 计算水击强度最大值, 作为设计和校核有压管道、蜗壳和机组强度的依据。因此在实际工作中, 常要快捷而准确地描绘水击强度变化特征。

又如在地质勘察、测绘专业里, 描绘地形特征面貌的剖面图, 即地貌特征曲线。

2 维曲线常常被用作表达两个量的线性或非线性关系的直观特征, 即2 维特征曲线。在许多专业都得到广泛的应用。下面根据勘察测绘、水利工程设计、机电设计专业中的特征曲线描绘总结出一些共性, 从而推导、编制一个通用函数, 实现特征曲线描述、绘图。

### 一、勘测专业——地貌特征曲线

为解决勘测专业的地形特征面貌的剖面图的描述、绘图, 我们可以构造2 维特征曲线通用函数的雏形。

### 1. 曲线模型描述

反映地形特征面貌的剖面图的2 维变量为距离  $D$  和高程  $H$ 。设从3 维视图的左视或右视图来观看地貌, 那么由于距离的变化, 高程随之发生变化。我们令此关系表达函数为  $H = F(D)$ 。

此2 维特征曲线自变量  $D$  的来源, 直接取自测量采集器, 不用太多计算, 见表1。

表1 地貌特征曲线描述数据

距离 $D$	高程 $H$
0.0	104.8
10.5	109.7
23.9	116.6
31.0	90.0
44.2	86.1
70.57	89.0
78.0	79.5
85.0	88.3
94.3	90.2
112.0	105.5

### 2. 自定义曲线函数及绘制

函数  $H = F(D)$  中, 自变量为距离  $D$  (单位:  $m$ ); 函数值为高程(单位:  $m$ ), 即曲线绘制中,  $D$  为横坐标,  $H$  为纵坐标。在 Visual Basic 程序设计中自定义2 维特征曲线函数 PlanarCurve, 参数还需包括坐标方向的比例因子等绘图参数变量<sup>[1]</sup>, 见表2。绘制如图1 所示。

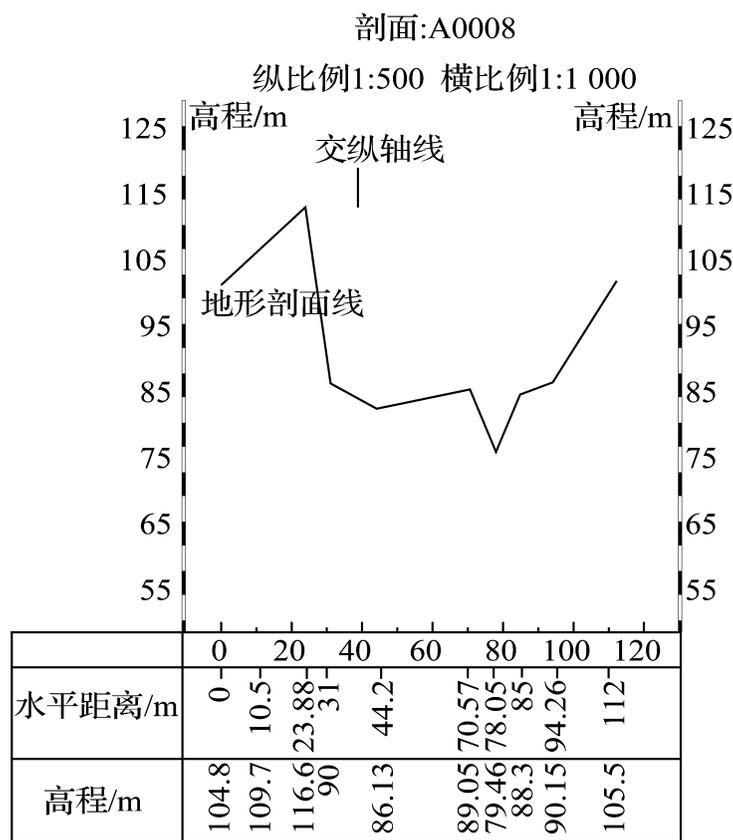


图1 单一地貌特征曲线

表2 2维特征曲线函数定义值表

变量	定义名	地貌特征曲线	水面曲线	水击强度特征线
横坐标基点	basePoint X	0	0	0
纵坐标基点	basePoint Y	0	0	0
2维曲线元数	kNum	10	13	11
自变量数组	var Yarry1	D()	S()	k()
函数值数组	var Yarry2	H()	h()	Q()
旋转度	dbl Grade	0	10	0
横坐标比例因子	Scale X1	1000	0.005	2
纵坐标比例因子	Scale Y1	500	10	1
曲线名称	NamePlaCur	剖面线	水面曲线	水击强度曲线
自变量名称	Name X	平距	沿程距离	阀门开度
函数值名称	Name Y	高程	水面高度	压强水头值
绘图字高	Text High	3	2.5	5
放置图层名	Layer Name	地貌特征	水面曲线	水击强度

## 二、水利工程设计专业——恒定渐变流水面曲线

### 1. 曲线模型描述

以棱柱体明渠恒定渐变流为例子计算,此2维特征曲线自变量的来源,需要经过一定的计算。

棱柱体明渠恒定渐变流水位(或水深)沿程变化规律,通过以下微分方程反映:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2}}{1 - Fr^2} \quad (1)$$

式中,  $Q$  为明渠通过流量;  $i$  为渠底坡度; 弗汝德数  $Fr$ ; 沿水流方向断面任一流段  $ds$ , 流段水深  $dh$ 。

渠道水面曲线计算可确定断面位置  $S$  和水深  $h$  的关系。当渠道断面形状和尺寸、底坡  $i$ 、糙率  $n$  及流量  $Q$  为已知时,控制断面的位置、水深就确定了。分段求和法就是通过控制断面的已知条件推算未知断面的水深及位置等量,依次求出沿程的水深及位置即可绘出水面曲线。计算原理如下:

渠道断面1,2的能量方程为

$$z_{01} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_{02} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_w \quad (2)$$

由底坡定义知  $z_{01} - z_{02} = i s$ , 代入式(2)化简得出分段求和法的基本公式:

$$s = \frac{(h_2 + \frac{v_2^2}{2g}) - (h_1 + \frac{v_1^2}{2g})}{i - J} = \frac{E_{s_2} - E_{s_1}}{i - J} = \frac{E_s}{i - J} \quad (3)$$

计算步骤:根据已知控制断面的流量  $Q$  及断面2的水深  $h_2$ , 计算  $v_2, E_{s_2}$ ; 假定断面1的水深  $h_1$ , 计算  $v_1, E_{s_1}$ ; 由  $h_1, h_2$  及  $n$  计算  $R_1, R_2, C_1, C_2$  等量,代入式(3)解得  $s$ ; 然后以断面1为已知,依次求出沿程相邻未知断面的水深及位置,直至  $s$  总和等于渠道总长为止<sup>[2]</sup>。

有一水利工程利用灌溉用水发电,在灌区总干渠末端建一电站,渠道长  $L = 41\ 000$  m, 底坡  $i = 0.000\ 1$ , 渠道为梯形断面,底宽  $B = 20$  m, 边坡系数  $m = 2.5$ , 糙率  $n = 0.022\ 5$ 。当通过流量  $Q = 160\ m^3/s$  时,渠道末端水深  $h = 6$  m, 绘制水面曲线并计算渠首水深。

计算得均匀流水深  $h_0 = 4.9$  m, 临界水深  $h_c = 2.29$  m, 经判断为  $M_1$  型水面曲线。取  $s = 0.05$  m 计算,水面曲线计算数据如表3(摘录)。

表3 水面曲线描述数据 m

沿程距离 S	水面高度 h
0.0	6.00
926.9	5.95
1 881.6	5.90
2 867.1	5.85
27 919.6	5.10
32 140.8	5.05
38 150.7	5.00
48 980.9	4.95

内插求得渠首水深为4.987 m。

### 2. 曲线绘制

2维特征曲线函数 Planar Curve 的参数见表2。



Visual Basic 程序设计中绘制2 维特征曲线的函数 ( 或过程) PlanarCurve 可以这样定义:

```
Public Function PlanarCurve ( ByVal basePoint X
As Double , ByVal basePoint Y As Double , ByVal NumofPoints As Integer , var X As Variant , var Y As Variant , ByVal dbl Gradient As Double , ByVal Scale X As Single , ByVal Scale Y As Single , ByVal NameLine As String , ByVal Name X As String , ByVal Name Y As String , ByVal TextHeight As Integer , ByVal NameLayer As String) As String
```

... ..

( 上接第12 页)

( 优良级、合格级、不合格级) 的依据。因此检查验收与测量放样时的测量工作, 所使用建筑区的控制系统是一致的, 测量方法也是相同的, 这里要特别指出的是, 测绘专业人员在测量放样时对放样点的精度, 习惯用点位中误差去衡量, 它是根据误差理论来设计的, 比如说用极坐标法放样一个点, 其点位中误差是根据测距中误差和测角中误差按一定的误差传播公式计算出来的, 而在所有验收规程中, 均是以允许偏差来作为检验工程质量的标准的。众所周知, 偏差是指对一既定物体的偏离值, 而允许偏差指的是偏差值不应该超过的最大限度值。对建筑工程来讲, 这类允许偏差值, 归结为建筑工程竣工后的质量最低要求。一般认为它是由施工误差( 包括构件制作误差、施工安装误差等) 和测量放样误差所共同引起的综合误差。

在分析研究综合误差时, 由于客观条件的不同, 很难正确地作出施工误差和测量放样误差在综合误差中各所占的份额。考虑到工程竣工验收时, 在对现场各类项目的检查中, 建筑物轴线位置的检查频率是最高的, 而建筑物轴线点一经测量放样在现场标定以后, 继之的各项施工就是以它为基准了, 因此在这类检查项目中发生的偏差, 应该主要归结为测

End Function 参数可按值传送。

通用函数推广到勘测、设计专业中, 在处理2 维特征曲线描绘上, 能大幅度提高工作效率, 受到相关专业使用者的好评。

### 参考文献:

- [1] 叶达忠, 朱珍燕. 数字地图上自动剖面及工程量速算 [J]. 广西水利水电, 2003, (4) :38-41.
- [2] 叶达忠, 张丽萍. 非均匀流水面曲线自动计算及绘图 [J]. 广西水利水电, 2004, (2) :103-105.
- [3] 李家星, 陈立德. 水力学( 上、下) [M]. 南京: 河海大学出版社, 1996. 340-373.

量放样方面的误差。正如前面所指出的, 检查验收中的测量工作, 基准和方法均与放样时相同, 基本上等于重复一次的测量放样工作, 如以混凝土结构工程的轴线放样精度为  $\pm 10$  mm, 而各类验收规程中规定的轴线允许偏差为  $\pm (15 \sim 20)$  mm, 二者基本上是相适应的。

### 六、结束语

在工程建设中, 测量放样工作在控制建筑物形体的质量方面, 起着很重要的作用。本文提出的三种类型的放样精度标准, 体现了一般工程建筑物的共同需求, 根据分析是能够满足现行国家各种检查验收规程所提出的质量要求的。笔者认为适宜的, 需要说明的是, 其中有的要求较高一些, 这是考虑到当前测绘仪器的更新, 实践起来并不困难, 且可以获得相应的经济利益。

测量放样是一项富有技术性的工作, 而放样工作的相对性, 则贯穿于整个建设工程的放样过程中所有检查验收的规程中, 对某些物体要求的高精度, 大量是针对在相对附近轴线而言的, 因此, 只要掌握好各种轴线( 中心线) 的放样精度, 就会比较容易地达到相关的精度要求。

参考文献 略