



断面形心法在防波堤项目工程计量中的应用

高钢锤, 陈贵侣

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东广州 510230)

摘要: 在防波堤项目中, 常常遇到旋转体结构的工程计量问题, 断面形心法可以较好地解决这类问题。首先从数学原理上证明了形心法的正确性, 接着分析了它的适用范围和对象以及确定形心和断面密度的方法, 最后用一个实际案例进一步阐述了它的具体应用和优点。借助计算机程序, 这种方法可以大大提高工作效率, 减少审批时间, 从而更好地创造效益。

关键词: 旋转体结构; 土石方; 工程计量; 形心; 断面形心法

中图分类号: U 653.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)03-0204-04

Application of section-centroid method for qty calculation in breakwater project

GAO Gang-chui, CHEN Gui-lv

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: The occurrence of qty calculation for revolver structure is widespread in breakwater project, and the section-centroid method is one superior solution. This essay proves the dependability of this method firstly, analyzes its restricted scope and structure, the program to locate centroid point and the method to ascertain density of sections after that, and finally demonstrates its application and superiority with a actual project. This method can increase the calculation efficiency notably, decrease approving time, and create project benefit having the aim of computer program.

Key words: revolver structure; quantity(qty) of earth work; qty calculation; centroid point; section-centroid method

一般来说, 在防波堤项目中, 堤头圆弧段、堤身与堤身连接处等区域, 大部分断面属于旋转体结构^[1]。用断面常规方法计算这些结构土石方时, 过程往往非常繁杂, 断面形心法则可以将这类问题化繁为简, 使计算方便快捷, 大大提高工作效率。

1 断面形心法的定义和数学原理

1.1 形心法的定义^[2]

代表面积的位置坐标称为形心或者面心 (Centroid of Area, C)。如图1所示, 任一面积均可视为许多微小面积的组合, 令微小面积为 dA , 则:

$$X_c = \frac{\int_A x dA}{\int_A dA} \quad (1)$$

$$Y_c = \frac{\int_A y dA}{\int_A dA} \quad (2)$$

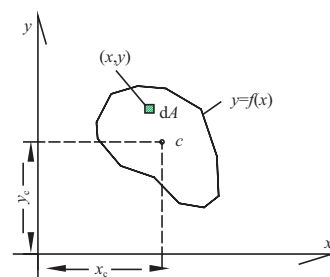


图1 形心的定义

顾名思义, 断面形心法 (简称形心法) 就是指, 利用旋转体的断面之形心及断面面积来计算

收稿日期: 2012-09-02

作者简介: 高钢锤 (1983—), 男, 工程师, 从事工程测量、水运施工控制与管理。

其体积的方法。

1.2 形心法的数学原理及其表达形式

旋转体体积计算公式系由帕普斯及古尔丁提出^[3]。如图2所示, 任意形状A绕y轴旋转一周, 则其围成的旋转体之体积V即为所求。已知此形状的面积A, 形心为C (X_c, Y_c)。现取A上之微小面积dA, 则dA绕y轴的旋转体微小体积为:

$$dV=2\pi x dA \quad (2)$$

故:

$$V=\int_A 2\pi x dA=2\pi \int_A x dA \quad (3)$$

将式(1)代入式(3), 得到:

$$V=(2\pi X_c)A \quad (4)^{[2]}$$

当旋转体的旋转角度为θ时, 则其体积V为

$$V=(\theta X_c)A \quad (5)$$

又由l=θX_c, 故: V=lA (6)

式(6)即为形心法计算旋转体体积的数学公式, 其中l为旋转体起始段面之形心运动到终止断面的路径长度。

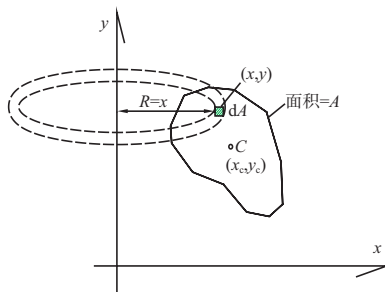


图2 旋转体体积计算示意图

在工程计量中, 形心法可以表示为:

$$V_{\text{土石方}}=\sum V_i=\sum l_{i \rightarrow i-1}(A_i+A_{i-1})/2 \quad (7)$$

式中:l_{i→i-1}为断面i和断面i-1形心之间的弧长; A_i和A_{i-1}为断面i和i-1的面积; V_i为断面i至i-1所围成之结构体的土石方量。

2 断面形心法的适用范围和对象

计算断面必须呈旋转体分布, 且相邻断面的旋转轴是唯一和固定的。

1) 计算断面须具有一定的相似性和较好的连续性。

2) 在防波堤项目中, 适用于断面形心法的结构有: 堤身与堤身连接处、堤头圆弧段以及堤轴

非直线的堤身部分。

3 断面形心法的计算步骤及形心位置和断面密度的确定

3.1 形心法的计算步骤

如图3所示, X断面A和X断面B是某一旋转体结构的起始和终止断面, 旋转轴为过O点的垂线。求取此结构方量的步骤如下:

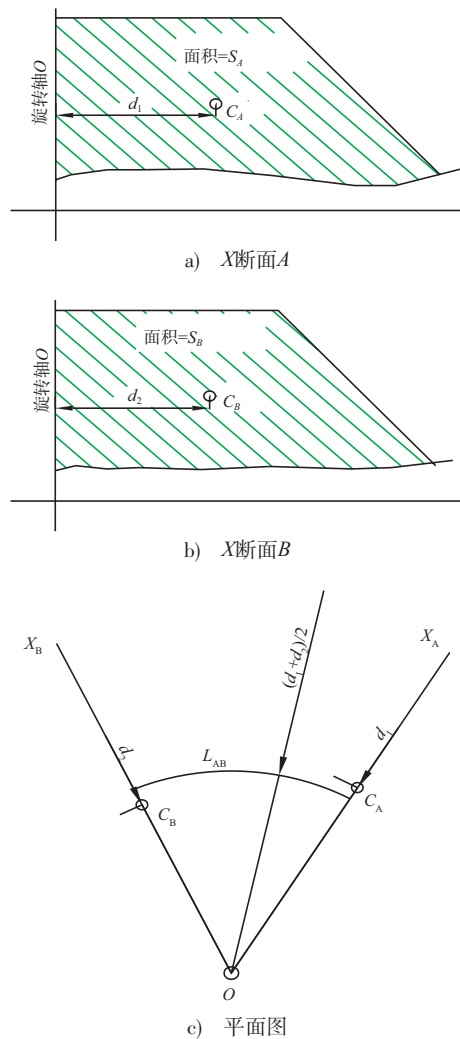


图3 形心法计算示意图

- 1) 在断面图上, 找出X_A和X_B的形心C_A及C_B。
- 2) 测量C_A和C_B到旋转轴的偏距d₁和d₂。
- 3) 在平面图上, 以O点为圆心, 以 $\frac{1}{2}(d_1+d_2)$ 为半径, 从X_A到X_B作一圆弧l_{AB}。
- 4) 此结构方量为:

$$V=l_{AB}(S_A+S_B)/2 \quad (7)$$

式中: S_A和S_B为X_A和X_B的断面面积。

3.2 如何确定形心的位置

通过上述计算步骤可知，形心位置的确定对形心法非常关键。由式(1)和(2)知道，如果用微积分方法确定断面面积的形心位置，那么对于不规则形状则非常复杂。针对这个问题，笔者利用AutoCAD的二次开发工具AutoLisp语言编写了一段标注形心坐标的程序，它可以对任意形状的断面快速批量地计算形心位置，并对其进行标注。

以下是形心标注程序主程序的源代码(自定义AutoCAD命令: xxin)：

```
(defun c:xxin(/ ddxj mianyj ddxdxj xxinj v1 v2 v3
v4 chsysh chsht CP*zg 4.8zg)
  (xx:chshh); 形心标注程序初始化
  (princ "\n选择闭合多段线:")
  (setq ddxj (ssget '(0 . "LWPOLYLINE"))); 选择闭合断面多段线图元
  (if ddxj (progn(setq ddxdxj (hqdddxj ddxj)); 将选择的
多段线图元集转换为对象集
  (setq mianyj (hqmyj ddxdxj)); 利用多段线对象集生成对应面域集
  (setq xxinj (hqxxj mianyj)); 计算面域集对应的形心坐标集
  (xx:hxxzhj xxinj Rxx zybch); 根据形心坐标集绘制形心标注及偏距)
  (xx:jsh)
)
```

3.3 如何确定断面的密度

理论上，断面密度越大，计算结果越精确。在实际应用中，应该根据断面形状的相似性和连续性以及相邻断面面积的比值，结合土石方单价合同等因素综合考虑。

一般来说，在防波堤项目中，若断面形状具有非常好的相似性和连续性，且相邻断面面积比值在 1 ± 0.2 之内，则断面密度为20 m/条(形心间之弧长)较合适；若具有较好的相似性和连续性，且相邻面积比值在 1 ± 0.5 之内，则断面密度为10 m/条较合适；若具有较差的相似形，则断面密度为5 m/条或者更小较合适；若没有明显的连续性，则应该独立计算突变处两侧的土石方。另外，如果土石方单价较高，那么可以相应地缩短

断面间距，增加断面密度，以提高计算精度。

4 形心法的应用案例及其优点

KPT防波堤项目位于巴基斯坦卡拉奇市，包括3条防波堤和1条护岸，其中西外堤堤心石方量的数值最大，约需54万 m^3 。下面以西外堤堤头(NM₁)段的堤心石方量计算为案例，进一步阐述断面形心法的具体应用，通过与其它方法的比较，进一步说明这种方法的优点。图4是NM₁的断面图(省略部分断面)。

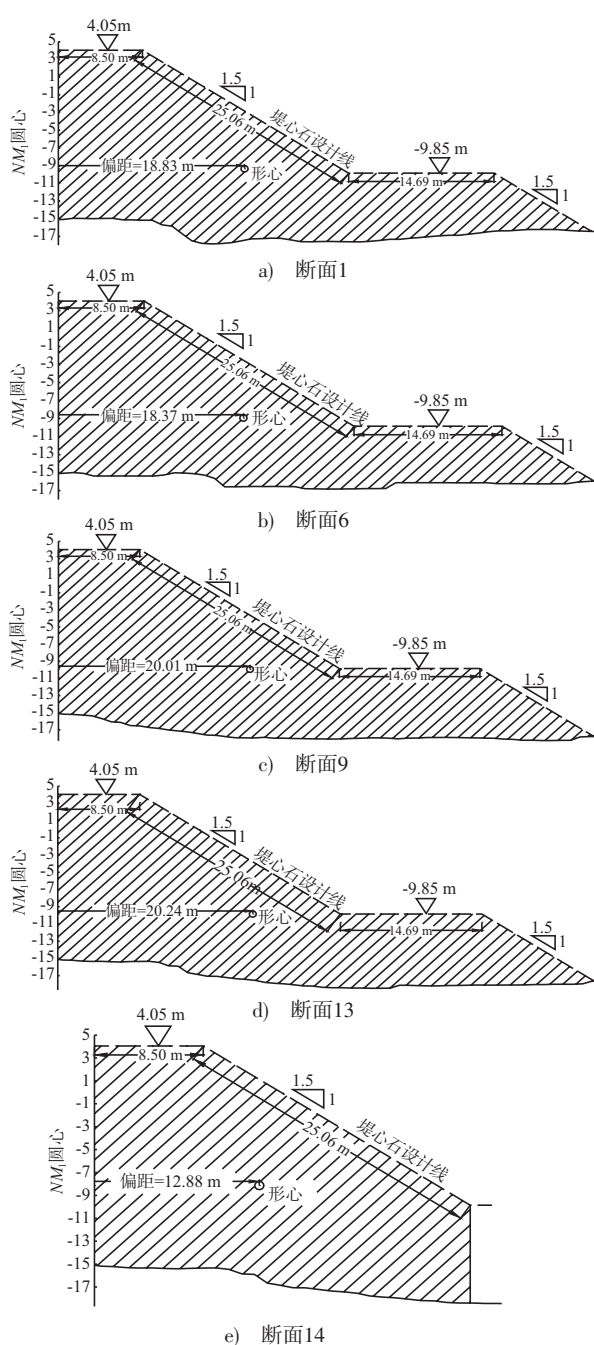


图4 NM₁断面图

在图4中, 断面形心及偏距的标注均利用3.2中的形心标注程序自动绘制。可以看出, 断面1~13具有较好的相似性和连续性, 而断面13~16具有较差的相似性(但仍具有连续性)。图5是 NM_1

的平面图。

在图5中, 断面1~16绕 NM_1 圆心呈旋转体分布。其中, 每条断面形心的位置与断面图中的偏距值一一对应, 相邻形心之间的弧长也相应标出。

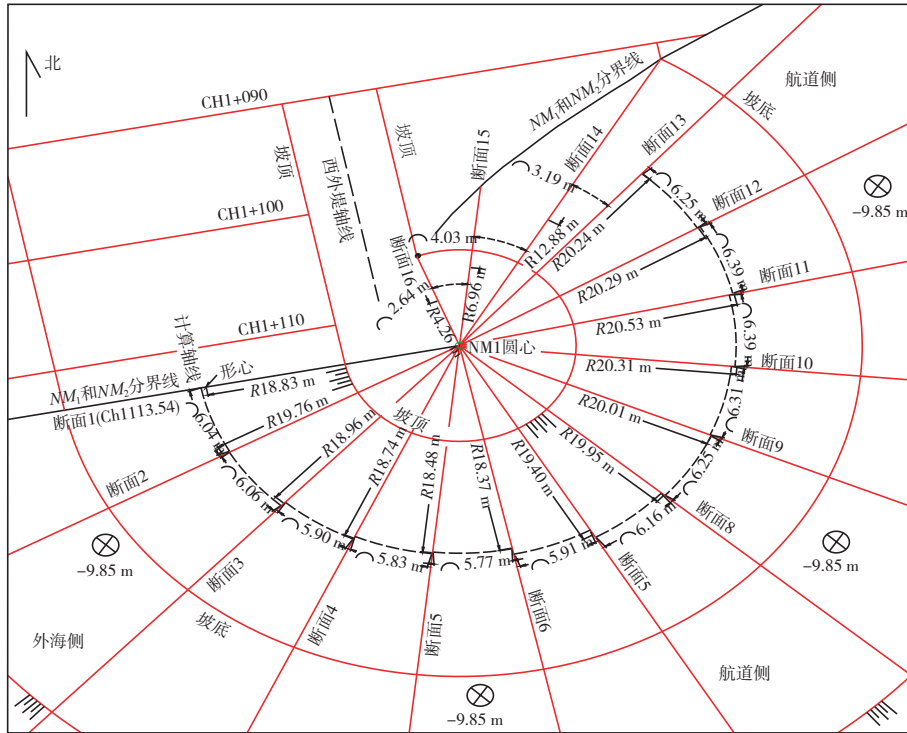


图5 NM_1 计量平面图

表1 NM_1 堤心石方量计算

断面	断面面积/m ²		平均面积/m ²		间距 /m	断面方量/m ³	
	挖	填	挖	填		挖	填
1	0.00	597.37					
2	0.00	603.31	0.00	600.34	6.04	0.00	3 626.05
3	0.00	572.42	0.00	587.87	6.06	0.00	3 562.46
4	0.00	561.57	0.00	567.00	5.90	0.00	3 345.27
5	0.00	554.49	0.00	558.03	5.83	0.00	3 253.31
6	0.00	565.31	0.00	559.90	5.77	0.00	3 230.62
7	0.00	599.02	0.00	582.17	5.91	0.00	3 440.60
8	0.00	634.01	0.00	616.52	6.16	0.00	3 797.73
9	0.00	646.28	0.00	640.15	6.25	0.00	4 000.91
10	0.00	656.56	0.00	651.42	6.31	0.00	4 110.46
11	0.00	645.57	0.00	651.07	6.39	0.00	4 160.31
12	0.00	639.97	0.00	642.77	6.39	0.00	4 107.30
13	0.00	636.24	0.00	638.11	6.25	0.00	3 988.16
14	0.00	462.85	0.00	549.55	3.19	0.00	1 753.05
15	0.00	267.13	0.00	364.99	4.03	0.00	1 470.91
16	0.00	164.65	0.00	215.89	2.64	0.00	569.95

注: 以上断面方量均采用已批准之图纸, 堤心石总方量为48 417.1 m³。

在表1中, 断面1~13的断面面积可由断面图中直接提取, 断面间距取自平面图中的形心间之

弧长。经计算可知, 断面1~13的相邻断面面积比 (下转第212页)