

# 顶管顶力计算公式辨析

朱林海<sup>1</sup>, 安关峰<sup>2</sup>

1. 广州市政工程维修处, 广东 广州 510100; 2. 中国地质大学工程学院, 广东 广州 510050)

摘要: 在顶管工程实践中常常需要计算顶管顶进总推力, 由于顶管推力计算公式很多, 而且计算结果差别相当大, 本文针对各计算公式进行了对比计算并分析其原因, 进而提出在工程计算中应注意的有关问题。

关键词: 顶管, 摩阻力, 顶力

中图分类号: TU31

文献标识码: A

文章编号: 1003-1324 (2001) 06-0013-02

在顶管工程之前, 为了顺利推动管道在土中前进, 千斤顶的顶力需要克服顶进中的各种阻力 (摩阻力、工具管前端端面阻力等), 同时在顶进过程中还不断受到各种外界因素影响 (纠偏、后背的位移等)。目前在顶管推力计算中有两类算法, 一是考虑土拱效应, 此时土柱的高度一般按照普氏太沙基公式计算。二是上覆土压力按照覆盖层的全部厚度计算。

## 1 计算公式的比较

### 1.1 考虑土拱效应的理论公式

顶管周边的均布荷载可以通过管顶上方土方的垂直荷载与地面的动荷载之和求出。即:

$$q = W_e + p \quad (1)$$

式 (1) 中:  $W_e$  为管顶上方土的垂直荷载 (kPa);  $p$  为地面的动荷载 (kPa)

#### 1.1.1 手掘式顶管顶力计算公式

$$F = F_0 + \pi B_c q \mu' L + \pi B_c C' L + W \mu' L \quad (2)$$

式 (2) 中:  $F$  为总推力 (kN);  $F_0$  为初始推力 (kN), 在手掘式顶管中, 其值为  $13.2\pi B_c N$  ( $B_c$  为管外径 (m),  $N$  为标准贯入值);  $q$  为管周边均布荷载 (kPa);  $\mu'$  为管与土之间的摩擦系数 ( $\mu' = \tan \frac{\phi}{2}$ );  $C'$  为管与土之间的粘着力 (kPa);  $W$  为每

米管子的重力 (kN/m);  $L$  为推进长度 (m)。

#### 1.1.2 采用降水措施的手掘式顶管顶力计算公式

在采用降水措施以后, 挖掘面的土体稳定而且能自立, 这时的手掘式顶管施工的推力可以用下述方法计算:

$$F = F_0 + \alpha \pi B \beta q \mu' L + \alpha \pi B C' L + W \mu' L \quad (3)$$

式 (3) 中:  $F_0$  为初始推力 (kN), 此时其值为  $13.2\pi B_c N'$  ( $N'$  为刃口贯入阻力系数;  $\alpha$  为管与土的摩擦系数 ( $\alpha = 0.5 \sim 0.75$ );  $\beta$  为管周边的荷载系数 ( $\beta = 1.0 \sim 1.5$ ), 其余同 (2) 式。

#### 1.1.3 普通泥水顶管施工的顶力计算公式

$$F = F_0 + \alpha q \pi B_c \mu' L + \pi B_c C' L + \frac{W}{(B_c - t)} B_c \mu' L \quad (4)$$

$$\text{式 (4) 中: } F_0 = (p_e + p_w + \Delta p) \frac{\pi}{4} B_c^2 \quad (5)$$

式 (5) 中:  $p_e$  为挖掘面前土压力 ( $p_e = 150 \text{ kPa}$ );  $p_w$  为地下水的压力 (kPa);  $\Delta p$  为附加压力 (一般为  $20 \text{ kPa}$ )。

式 (4) 中:  $t$  为管壁厚度 (m); 其余同前。

#### 1.1.4 一般的土压式顶管施工的顶力计算公式

在一般的土压式顶管施工中, 推力计算

$$F = F_0 + f_0 L \quad (6)$$

式 (6) 中:  $F_0 = \alpha p_e \frac{\pi}{4} B_c^2$  ( $\alpha$  为综合系数,  $p_e$  为土仓的压力, 可通过式 (7) 计算);  $f_0$  为每米管子的综合阻力 (kN/m), 可通过式 (8) 计算

$$p_e = p_A + p_w + \Delta p \quad (7)$$

式 (7) 中:  $p_A$  为掘进所处土层的主动土压力 (kPa);  $p_w$  为掘进所处土层的地下水压力 (kPa);  $\Delta p$  为给土仓的预加压力 (kPa)

$$f_0 = (\pi B_c q + W) \mu' + \pi B_c C' \quad (8)$$

由式 (6) 式 (7) 式 (8) 可得

$$F = F_0 + \pi B_c q \mu' L + \pi B_c C' L + W \mu' L \quad (9)$$

由式 (2) 式 (3) 式 (4) 式 (9) 可以看出, 总顶力的计算公式基本由四部分组成: 一是工具管前端的迎面阻力; 二是由于上覆荷载作用管外壁上产生的摩阻力; 三是由于管外壁与土之间的粘聚力产生的摩阻力; 四是由于管段重量产生的摩阻力。不过不同公式修正各项的重点有所差别。尽管如此, 对相同的工程问题, 在不考虑迎面阻力的情况下计算结果仍有较大差别。

#### 1.2 不考虑土拱效应的理论公式

根据文献 [3], 不考虑土拱效应的顶力计算公式为

$$P=f\gamma D_1\left[\frac{\pi}{2}(1+K_1)\left(H+\frac{D_1}{2}\right)+\frac{1}{3}D_1(2+K_1)+\frac{W}{\gamma D_1}\right]$$

$$L+P_F \tag{10}$$

式 (10) 中： $P$  为计算的总顶力； $\gamma$  为管道所处土层的容重； $D_1$  为管道的外径 (m)； $H$  为管道顶部以上的覆盖土层的厚度 (m)； $\varphi$  为管道所处土层的内摩擦角 ( $^{\circ}$ )； $W$  为管道单位长度自重 (kN/m)； $L$  为管道的长度 (m)； $f$  为顶进时，管道表面与其周围土层之间的摩擦系数； $K_1=\text{tg}2(45^{\circ}-\frac{\varphi}{2})$ ； $P_F$  为顶进时，工具管的迎面阻力 (kN)。

1.3 经验公式

(1) 顶进管道为钢筋混凝土管时，总推力  $P$  计算

$$P=nGL \tag{11}$$

式 (11) 中： $n$  为土质系数。

(2) 一般金属管及轻质非金属管时，总推力计算

$$P=mGL \tag{12}$$

式 (12) 中： $m$  为土质系数。

(3) 手掘式顶管推力计算

$$F=F_0+RSL \tag{13}$$

式 (13) 中： $F$  为总推力； $F_0$  为初始推力； $R$  为综合摩擦阻力； $S$  为外周长； $L$  为推进长度；

(4) 适于泥水顶管推力计算

$$F=F_0+RSL+WfL \tag{14}$$

式 (14) 中： $f$  为管子重力在土中的摩擦系数 ( $f=0.2$ ) 其余同前。

2 工程实例

某工程砂性土，根据贯标资料， $N$  平均值为 7，砂性土的内摩擦角为  $29^{\circ}$ 。容重  $18\text{kN/m}^3$ ，土的内聚力为  $11\text{kPa}$ ，土与管子的粘着力  $C'=0$ ，覆土深度为  $5.5\text{m}$ ；管外径  $1.0\text{m}$ ，壁厚  $0.10\text{m}$ ，每米管子的重力  $17.67\text{kN/m}$ ，推进长度  $100\text{m}$ 。计算无须考虑地面的动荷载。

依据式 (1) 计算得到的上覆均布荷载  $q=$

$10.86\text{kPa}$ 。

根据以上所述公式计算得到的顶管推力如表 2 所示。

表 2 各公式计算结果对比		
公 式	顶管推力 (kN)	备 注
Q)	1628.9	
G)	1662.52	$\alpha=1.25$
4)	1566.525	$\alpha=1.0$
9)	1510.47	
10)	1507.6	$f=0.35, K_1=0.347$
11)	3092.25 (5301)	$n=1.75 (3.5)$
13)	950	$R=8\text{kPa}$
14)	1330.0	$R=8\text{kPa}$

3 基本结论

对比分析以上计算结果发现，对于  $100\text{m}$  的顶管，理论公式计算结果相差较少，经验公式相差甚多。所以对待经验公式选用修正参数时一定要慎重对待。必须明确的是随着顶管顶进距离的增大，不同理论计算公式的差别也会显著，主要是由于随着一次顶距的延长，克服的管道外侧摩阻力总力占绝对优势，所以不同公式中的修订参数的作用会被距离所放大出来，得到的计算结果也就出现较大差别。

另一方面，考虑土拱效果的理论计算结果基本大于未考虑计算公式的计算结果。这可能是式 (10) 中参数  $K_1$  未考虑土的内聚力的作用。

参考文献

1 杨林德 软土工程施工技术与环境保护 人民交通出版社 2000. 9

2 余彬泉 陈传灿 顶管施工技术 人民交通出版社 1998.8

3 王承德 顶管施工中管壁摩阻力理论公式的商榷 1998.8

4 给水排水管道工程施工及验收规范 (GB50268-97) 中国建筑工业出版社，1998.5

The analysis of calculation formula of the pipe-jacking force

ZHU Lin-hai<sup>1</sup>, AN Guan-feng<sup>2</sup>

1. Guangzhou municipal engineering maintenance office, Guangzhou Guangdong 510100, China;
2. Engineering college of China geologic Unvi, Guangzhou Guangdong 510050, China)

**Abstract:**In the pipe-jacking engineering practice, the pipe-jacking force often needs to be calculated. However the calculated results vary greatly which are from different formula. The formula are compared, clarified and classified for the convenient use. The problems worthy of being paid attention are brought forth as well.

**Keywords:**pipe-jacking, friction resistant stress, jacking force