

# 喷锚支护与土钉墙

李林山

(山东水利专科学校设计院, 泰安 271000)

**【摘要】**通过对喷锚支护与土钉墙受力及作用机理的分析,揭示了由于土钉墙能充分利用土体的自承能力的特点,与喷锚支护相比,造价低,施工方便;与“刚”性支护相比,柔性支护的变位与时效作用,其受力更合理。因此,条件允许的情况下,采用“土钉墙”等柔性支护,可以大大节省投资。

**【关键词】**喷锚支护 土钉墙 柔性支护 刚性支护

**【Abstract】** Based on the mechanism for shot - anchoring protection and soil - nailing wall, the characteristics which the self - bearing capacity of soil - nailing wall is taken full advantage of is expounded. Compared with the shot - anchoring protection, it has the features of low cost of construction and convenience to construction. Compared with the rigid protection, the deformation and effect on dependent - time for the flexible protection make it more reasonable for the stress. Therefore, to use them, such as soil - nailing wall etc, may greatly reduce the investment if the condition allowed.

**【Key words】** shot - anchoring protection soil - nailing wall flexible protection rigid protection

## 1 问题提出

在深基坑支护中,笔者采用土钉墙技术屡屡中标,而理论上比较成熟的喷锚支护技术则显得有点力不从心,其秘密在于,在保证安全可靠的前提下,同样的地质与施工条件采用土钉墙具有更低的造价,更快的施工速度。那么,为什么喷锚支护的造价高,而土钉墙的造价低呢?揭示此问题,应从其作用机理谈起。

## 2 喷锚支护与土钉墙的概念

喷锚支护指的是用锚杆与喷射混凝土面层共同支挡岩土使其保持稳定的一种支护体系。喷锚支护的面层结构,一般是由钢丝网外加喷射混凝土组成的具有一定强度的柔性保护层。在基坑支护中锚杆的一端锚拉于稳定的土体上,另一端锚固于喷射混凝土面层结构上。一般分为预应力锚杆(索)与非预应力锚杆两类。

土钉墙是指以短而密的土钉置入坑壁土

体中,将土体加固成为一种自稳定挡土结构的支护体系。土钉墙往往也外加钢丝网并喷射混凝土保护层。土钉一般可分为打入式和钻孔注浆式两类。

土钉墙与喷锚支护有很多相似之处,特别是以喷射混凝土面层做保护层的钻孔注浆式土钉墙,施工工艺上与喷锚支护也相似。如均有喷射混凝土面层,均为钻孔注浆式,均属于柔性支护,都是边开挖边支护等。从表面上看土钉与非预应力锚杆好象只有长短与疏密之分,但其构造与作用机理是完全不同的。因此,两种支护型式的设计方法也不相同。

## 3 喷锚支护与土钉墙的作用机理与设计

### 3.1 喷锚支护的作用机理与设计

喷锚支护的作用机理可以从两个角度考虑:一是以喷射混凝土面层为研究对象(见图1),把面层以后的土体视为载荷,面层在土的侧压力与锚杆的水平拉力作用下保持水平向的平衡。即,土体的侧向压力是造成基坑破坏

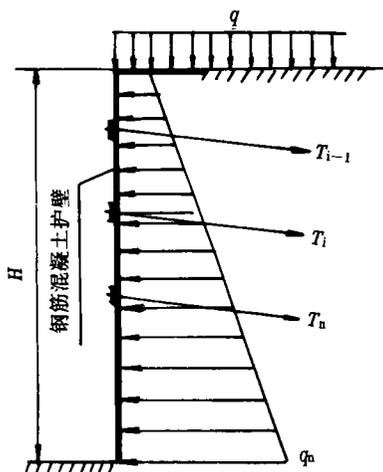


图1 喷射砼面层受力图

的主要原因,而锚杆是维持其平衡的唯一力量所在。二是假想土体沿  $\theta = 45^\circ - \varphi/2$  方向有滑裂面  $BC$ ,  $ABC$  为“下滑体”(见图2)。“下滑体” $ABC$  靠锚杆的拉力以及  $BC$  面上摩擦力与土体自重  $W$  一齐构成极限平衡。

根据以上分析,水平向的水土压力  $P$  是构成土体变位的原动力。锚杆的抗拔力在水平方向上的分力为:

$$(N_{ii})_x \geq \frac{P}{n} \text{ 或 } \sum_{i=1}^n (N_{ii})_x \geq P \quad (1)$$

式中  $P$  —— 水土总压力,  $kN$ ;

$n$  —— 锚杆根数;

$N_{ii}$ 、 $(N_{ii})_x$  —— 锚杆计算轴力及其水平

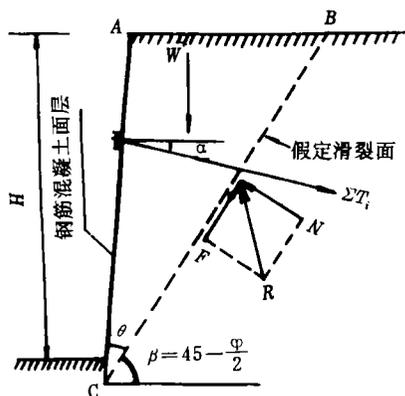


图2 下滑体  $ABC$  受力图  
分力,  $kN$ 。

锚杆的锚固长度:

$$L_s = \frac{K \cdot N_{ii}}{\pi d_n q} \quad (2)$$

式中  $K$  —— 安全系数,选自 CECS22 : 90 规范;

$d_n$  —— 锚固体的直径,  $m$ ;

$q$  —— 土体与锚固体间粘结强度值,  $kN/m^2$ 。

锚杆的直径用  $N_{ii} \leq \frac{N_P}{K}$ ;  $N_P = A \cdot f_1$

式中:

$N_P$  —— 锚杆设计轴力,  $kN$ ,在选定了锚杆的直径、根数以及锚固长度后,可根据图2的受力图进行稳定验算。

$$m = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n T_i \cos(\theta - \alpha) + W \sin \theta \right] \cdot f + L_{CB} \cdot b \cdot c + \sum_{i=1}^n T_i \sin(\theta - \alpha)}{W \cos \theta} \quad (3)$$

式中:  $m$  —— 稳定安全系数;

$T_i$  —— 锚杆能承受的抗拔力,  $kN$ ;

$W$  —— 下滑土体重,  $kN$ ;

$f$  —— 剪切面摩擦系数(取均值);

$L_{CB}$  —— 剪切面长度,  $m$ ;

$b$  —— 计算宽度,  $m$ ;

$c$  —— 土的粘聚力,  $kN/m^2$ 。

从以上简单的设计思路可以看出,其计算过程中没有考虑土体的自承能力,把面层以后的土体视为荷载进行锚杆设计,在校核

过程中假想土体有一个滑裂面,而这个滑裂面是在没有任何支护情况下的理想状态,从实测资料表明土体的侧向压力比计算值要小,锚杆的工作拉力远达不到设计值。故根据以上理论进行的锚杆设计是偏于安全的。

### 3.2 土钉墙的作用机理与设计

土钉墙的作用是靠短而密的土钉对原状土加固改善而起作用的。它把面层以后的土体不是视为荷载,而是通过人工处理使之成为承载体。土体本身是抵御变形、破坏的主

体,土钉以及面层结构是协助土体加固的客体。土钉墙的设计思路是,置入足够密度和长度的土钉,使其变成能够抵御其身后水土压力及变形破坏的“挡土墙”。土钉的密度与长度不是根据土的侧向压力而定的,也不必锚固于“稳定”土体之上。土钉的密度是以每根土钉所能控制影响土体稳定的范围而定的,其长度主要视基坑的深度及地质情况而定。可按公式(4)进行初步设计:

$$L = nH \tag{4}$$

式中:  $n$ ——经验系数;取决于基坑深度和地质情况(济南地区粉质粘土取 0.4~0.6);

$H$ ——基坑的垂直深度, m。

$$S_x S_y = k d_n L \tag{5}$$

式中:  $S_x$ 、 $S_y$ ——土钉的水平及竖直间距, m;

$k$ ——系数,与地质参数及灌浆工艺有关(济南地区粉质粘土低压灌浆取 3~5)。

从以上两种结构的作用机理可以看出,正是因为喷锚支护与土钉墙的作用机理不同,设计思路与方法也不相同,造成了支护造价的差异。锚杆是靠其对面层的锚拉,约束了土体的变形,而起稳定加固边坡作用的。因为锚杆相对稀疏,不能象土钉一样起到增强改善土体结构的目的。所以,计算时没有考虑土体本身的自承能力。土钉靠其有效地密度与长度来改善土体的结构,充分利用了土体的自承能力。由此可以看出,喷锚支护是一种被动地支护体系,土钉墙是一种主动地加固体系。

#### 4 变位对支护的影响

在一些工程中我们常遇到一些挡土墙,在土体的作用下发生一定的位移(见图 3)。但变位以后经过一段时间会自行稳定下来。对于一些土质较好的地层,经过一段时间后去掉支护也不会失稳。这是什么原因?笔者认为,一是时间缓冲作用。即,经过一定时间

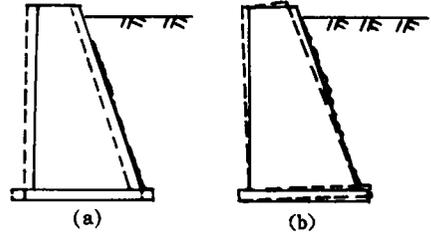


图 3 挡土墙变位示意图

(a)水平位移 (b)角位移

后基坑四周或边坡上的土压力的能量慢慢释放,使土体内部结构重新分布,达到新的平衡。二是变形缓冲作用。就是说,支护结构有一定的变位,可以起到缓冲调节作用,减少土的侧向压力。因此,控制在一定范围内的变位,减小了土压力并能充分发挥土体的自承能力。喷锚支护与土钉墙均为柔性支护,其工作阶段均有一定的变位,从受力角度上看是有益的,但是应加强监测,以控制变位在安全范围以内。相反,一些大直径的支护桩以及施加预应力的锚杆(索),虽然限制了基坑或边坡的位移,但其受力却比柔性支护大得多。因此,笔者认为,在变位受限要求不是很高的工程中尽量不应用“刚”性支护,以减少不必要的工程浪费。

#### 5 结语

喷锚支护与土钉墙,前者使用面较广,理论较为成熟;后者具有受力合理,节省投资,施工方便等特点,但对一些粘结力差的流砂,杂填土,软弱地层等土质,因不能形成“整体”故不适用,而喷锚支护则可以应用。另外,基坑周围有重要建筑物、道路等对变位、裂缝限制要求较高的工程中应慎用土钉墙。

#### 参 考 文 献

- 1 黄运飞. 基坑土体自承支护的基本原理. 岩土工程技术. 1997, (1)
- 2 王步云. 土钉墙设计. 岩土工程技术. 1997, (4)

收稿日期:1998-03-24