

管棚注浆法在软弱围岩开挖中的应用

雷 风 (煤炭科学研究总院 北京建井研究所 北京 100013)

管棚法是地下结构工程浅埋暗挖时采用的超前支护技术,其实质是在拟开挖的地下隧道或结构的衬砌拱圈隐埋弧线上,预先钻设惯性力矩较大的厚壁钢管,起临时超前支护作用,防止土层坍塌和地表下沉,以保证掘进和后续支护工艺安全运作。当遇到流塑状软岩地层或岩溶严重流泥地段时,管棚结合围岩预注浆(可在管棚钢管上事先钻小孔,使浆液能扩散到钢管周围)可成为有效的施工方法(管棚注浆法)。由于该工法具有不需要大型机具设备、工艺简单、见效快等特点,因此在地下工程软弱围岩施工中被广泛采用。

1 理论分析

1.1 作用机理

管棚注浆法中钢管是沿隧道开挖轮廓周边,间隔一定的间距,沿洞轴以一定的外插角呈外插状分布。钢管起双重作用,一是起超前管棚作用;二是起注浆管的作用。这样通过注浆加固围岩,拱顶以上被加固密实,形成结实体,整体稳定性增大,加之管棚的临时支护作用,可达到理想的开挖条件。

1.2 浆液有效扩散半径

管棚注浆通常采用单排管。对于单排管注浆(如图 1),可假定浆液的扩散半径为 R (指浆液能符合设计要求的扩散距离,而不是指浆液在地层中扩散的最远距离),相邻两注浆孔间距为 S ,则可计算出加固圈的厚度 E 值,即:

$$E=2[R^2-(S/2)^2]^{1/2}$$

对于单排注浆设计,浆液的有效扩散半径为:

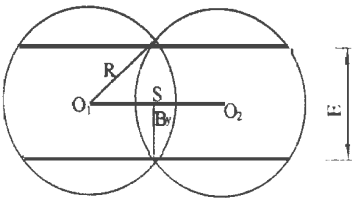


图 1 单排管注浆计算图

$$R_y= E/2= [R^2- (S/2)^2]^{1/2}$$

1.3 注浆管管长和偏角的确定

如图 2所示, A_1 A_2 A_3 A_4 分别指纵向四排管棚钢管的管口, B_1 B_2 B_3 B_4 分别指其所对应的终孔位置, $\overline{A_1A_2}=\overline{A_2A_3}=\overline{A_3A_4}=\overline{X}$ 均指注浆循环进尺。设定每相邻的两纵排钢管的水平搭接长度为 X_1 ,垂直间距为 Z 。

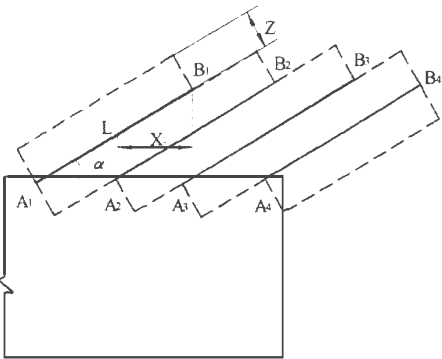


图 2 四排管注浆计算图

可以认为浆液在地层中为柱面扩散,显然要使注浆加固后拱顶以上加固密实并结石,至少应形成如图 2所示的阴影部分,这样就须满足 $R_y \geq Z$ 。

由图 2可看出,当 $R_y=Z$ 时, B_1 B_3 B_2 B_4 点均为加固的最小范围点。设定注浆

加固范围为开挖轮廓线以外 B , 则可以计算出:

$$L = [B^2 + (X + X_1)^2]^{1/2}$$

$$T = \arcsin(B/L)$$

式中: X ——注浆循环进尺; X_1 ——钢管水平搭接长度; L ——钢管长度; T ——钢管外插角; B ——注浆加固范围

根据力学稳定性计算, L 、 T 同时应满足下列要求:

- (1) 钢管的水平搭接长度 $X \geq 1 \text{ m}$;
- (2) 钢管外插角 T 为 $10^\circ < T < 30^\circ$ 。

2 北京地铁应用实例

北京地铁某区间隧道洞高 6.0 m , 洞宽 6.1 m , 采用新奥法施工原理, 正台阶法施工。其中上台阶 3.12 m , 洞身穿过粉细砂层, 砂层自稳能力极差, 采用管棚注浆加固后开挖施工。每开挖 0.6 m 立一榀拱架。注浆加固范围为开挖轮廓线外 0.8 m 。

注浆管排设间距为 0.4 m , 注浆加固圈为拱顶 120° 范围内, 即在拱顶两侧各 60° 范围内布设注浆管, 通过注浆加固, 即可保证段面的开挖稳定。钢管为 $\varnothing 42 \text{ mm}$, 采用 YT-28 型风钻顶入, 采用的是管长 $L = 3.5 \text{ m}$ 外插角 $T = 13.2^\circ$ 注浆循环进尺 1.2 m 的布管方式。结合该地铁的施工断面尺寸及施工方法, 注浆管数量为 17 根, 取钢管水平搭接长度为 1 m 。

为保证注浆时不跑浆, 而使浆液进入地层, 在注浆孔口周围 20 cm 范围内喷射 8 cm 厚 C20 号混凝土作为止浆垫, 注浆压力选择 $0.6 \sim 0.8 \text{ MPa}$ 。

3 某隧道通过破碎带的应用

某隧道宽 3.72 m , 高 2.7 m , 开挖断面截面积为 10.5 m^2 , 在掘进过程中遇到大断

层, 断层斜交隧道宽度 $30 \sim 40 \text{ m}$ 。断层为泥质与角砾岩胶结充填。由于岩体属黄泥裹大小不等块状各异的岩块, 涌水量平均达 $15 \text{ m}^3/\text{h}$, 冒顶连续前移, 对安全、质量、工期影响较大。为控制工作面冒落, 达到安全施工的目的, 在工作面沿拱顶弧线用风钻钻外插角为 $T = 11^\circ$ 的 $\varnothing 50 \text{ mm}$ 钻孔, 然后下钢管, 管径为 42 mm , 孔距 $20 \sim 25 \text{ cm}$, 管底部烧焊呈尖锥形, 管壁焊孔眼呈等距梅花形布置, 孔眼直径 10 mm , 焊孔率 $25\% \sim 30\%$, 长为 3.5 m 的钢管 7 根作为临时支护的管棚。然后喷射 C20 混凝土 25 cm 厚, 养护好之后, 注水泥-水玻璃浆液, 浆液配比为 $2:1 \sim 0.5:1$, 注浆压力为 $0.5 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 。浅眼爆破后, 再及时在管棚的下方架设 10 号槽钢支架进行全断面临时支护。经实践获得了良好的效果, 使该隧道安全、顺利提前贯通。

4 结论与体会

(1) 对软弱地层中开凿断面不超过 15 m^2 的隧道, 放炮前, 在隧道设计断面的拱顶事先施作管棚注浆, 对控制冒顶是积极有效的。浅眼爆破后, 在管棚的支撑下, 尽可能地及时架设临时支架进行支护。

(2) 管棚注浆加固只是起临时支护作用, 只要能满足开挖时地层不发生坍塌, 保证开挖的需要即可。因此, 对于采用这种方法施工, 注浆加固厚度的计算与选取是否合理, 应进行研究。

(3) 在实际施工中, 多数施工人员对管棚管长和偏角的确定是建立在“能满足施工要求”的社会效益基础上, 是否施工中有经济合理的管长和偏角的确定, 值得进一步探讨。