

浅埋暗挖隧道下穿城市快速路地面沉降控制

范智磊*

呼和浩特市城市轨道交通建设管理有限责任公司, 内蒙古 010000

摘要: 本文通过一个具体的工程实例, 针对下穿城市快速路的浅埋暗挖隧道施工, 结合施工环境整理分析施工过程中的各类安全风险源, 并且针对下穿高等级公路这一重要施工环境特点, 采取CRD预留核心土法施工, 大管棚及小导管超前支护, 暗挖隧道所影响施工范围内路面覆盖2层厚度为14 mm的钢板等措施保证施工过程中的安全风险可控, 地面沉降符合规范。

关键词: 浅埋暗挖; 高等级公路; 施工方法

一、前言

呼和浩特城市轨道交通1号线一期工程后不塔气站1号出入口暗挖隧道下穿机场高速对地面沉降要求较高。采用CRD预留核心土法施工, 洞内采用农用三轮车出土, 洞外采用龙门吊垂直提升、装载机装车、自卸车运输的出土方式, 初期支护采用边墙中空锚杆+双层钢筋网片+格栅钢架+喷射混凝土+临时支撑的形式; 二次衬砌采用二次衬砌液压模板台车模筑C35P8混凝土; 洞内施工排水采用设置排水沟顺坡排水至明挖段后设置集水坑汇水, 水泵抽排至基坑外。

二、施工前机场高速防沉降措施

(一) 超前大管棚

隧道正式开挖前在1号出入口明挖与暗挖交接位置, 围护桩外侧采用I20 a工字钢骨架, 埋设 $\phi 152$ 管棚导向管, 环向间距300 mm, 现浇600 $\times$ 1000大管棚导向墙。待导向墙强度达到100%设计强度后及时打设 $\phi 108$ 大管棚并注浆。

1. 大管棚施工要求

(1) 搭设施工平台, 钻孔顺序由高孔位向低孔位进行, 便于钻机定位、定向。

(2) 施作管棚时, 钻孔与路线纵坡外插角度为2 $\sim$ 3 $^{\circ}$, 环向间距30 cm。施工时应先施作奇数孔, 再施作偶数孔, 采取隔孔钻孔。钻机立轴方向必须准确控制, 以保证孔口的孔向正确。

(3) 管棚分节之间采用 $\phi 114$, $t = 6$ mm钢管连接, 其中 $\phi 114$, $t = 6$ mm钢管长30 cm, 通长车内丝, 管棚车外丝, 丝扣长15 cm。

(4) 管棚采用3.0 m、1.5 m两种规格, 棚管上按间距15 cm, 梅花状钻直径为10 mm的出浆孔, 管棚接头需错开。

(5) 管棚安装后, 棚管与导向管接口处用麻丝或水泥浆封堵。

(6) 管棚注浆采用0.5: 1~1: 1水泥浆, 采用强度等级为32.5以上水泥, 注浆压力为1.0~2.0 MPa, 浆液扩散半径0.6 m, 注浆完毕后, 采用M5水泥砂浆填充。

2. 注浆质量控制点

(1) 为防止注浆时浆液外流^[2], 以确保管棚注浆施工质量作业可靠施工过程安全顺利, 注浆地段的起始处利用车站或明挖段围护桩+喷射混凝土凝土封闭掌子面。

(2) 严禁纸屑、塑料等杂物在浆液搅拌时混入浆液, 造成浆液质量不合格, 浆液压注前必须进行过滤, 过滤掉大颗粒杂物, 严禁使用未经过滤的浆液, 防止泵体被大颗粒物堵塞。每次注浆施工完成后, 用清水彻底的清洗泵体、管路^[2], 防止剩余浆液凝固, 造成泵体、管路堵塞。

(3) 注浆施工过程中出现掌子面浆液外流, 应及采取有效措施进行封堵^[2]。

(4) 注浆结束, 逐步升高注浆压力, 达到最终设计压力后稳压10 min以上。完成长管棚注浆施工和管棚支护施工完成后, 按设计的开挖断面划分进行隧道开挖^[2]。

*通讯作者: 范智磊, 1985年7月, 男, 汉族, 内蒙古呼和浩特人, 就职于呼和浩特市城市轨道交通建设管理有限责任公司, 中级工程师, 本科。研究方向: 城市轨道交通, 隧道施工。

(二) 既有机场快速路铺设钢板

由于机场高速公路等级较高,且车流量较大,无法对路面交通进行封闭,无地面深孔注浆加固条件,为了进一步减小暗挖隧道与机场高速的相互影响,在暗挖隧道影响范围内,机场高速路面覆盖双层厚度为14 mm的钢板,利用钢板的抗弯刚度分散车轮轴载。

为避免在机场快速路路上满铺钢板后,防止因钢板表面光滑而导致出现通行车辆刹车失灵等安全隐患,需对钢板表面采用防滑处理措施,采用直径12~20钢筋焊接在钢板顶面,沿钢板短向通长布置,横向间距0.2 m均匀分布作为防滑条。

相邻两块钢板间采用5 mm厚,100×100 mm钢板骑缝焊接,连接小钢板四周围焊,沿相邻钢板拼缝间距2.0 m设置一块。

采用城-A级车辆荷载,荷载为 $q = 22.5 \text{ kN/m}$, $P = 140 \text{ kN}$,选取较大的荷载作为计算^[1]。

在城-A的荷载作用下: $M_{\max} = \frac{1}{8}ql^2 + \frac{1}{4}Pl = 586.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ^[1]

计算钢板厚度28 mm,计算宽度2.0 m,所采用的全都是钢材因此结构的 $E = 2.06 \times 10^5 \text{ Mpa}$ 。地基系数取为 $k_0 = 4.0 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$ ^[1]。

$$A = 560 \text{ cm}^2, I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 200 \times 2.8^3 = 365.9 \text{ cm}^4$$

梁宽2.00 m, $K = bk = 2 \times 40000 = 80000 \text{ KN/m}^2$

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{K}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{80000}{4 \times 2.06 \times 365.9}} = 0.23 \text{ m}^{-1}$$

荷载距端头的距离为5.0 m,则

$$\alpha_x = 0.23 \times 5 = 1.15 < 2.75$$

$$\left. \begin{aligned} y &= -M \frac{2\alpha^2}{K} \varphi_{3\alpha}(x-x_2) \\ \theta &= -\frac{2\alpha^3}{K} M \varphi_{2\alpha}(x-x_2) \\ M &= M \varphi_{1\alpha}(x-x_2) \\ Q &= -\alpha M \varphi_{4\alpha}(x-x_2) \end{aligned} \right\}$$

上式中 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 、 φ_4 ,均下标 $\alpha(x-x_1)$,标示 α 随荷载位置变化。

当 $x = 5$ 求得 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 、 φ_4 ^[2]分别为 $\varphi_1 = 0.96$, $\varphi_2 = 0.11$, $\varphi_3 = 0.09$, $\varphi_4 = 0.1$ 。

当 $x = 10$ 求得 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 、 φ_4 分别为 $\varphi_1 = 55.53$, $\varphi_2 = -2.206$, $\varphi_3 = -15.37$, $\varphi_4 = -63.13$ 。

由梁左端的边界条件($x = 10$), 知 $M_0 = Q_0 = 0$

$$M = y_0 \frac{K}{2\alpha^2} \varphi_3 + \theta_0 \frac{K}{4\alpha^3} \varphi_4 - \frac{K}{2\alpha} P_1 \varphi_{2\alpha}(x-x_1) = 0$$

$$Q = y_0 \frac{K}{2\alpha} \varphi_2 + \theta_0 \frac{K}{4\alpha^2} \varphi_3 - P_1 \varphi_{2\alpha}(x-x_1) = 0$$

$$M = -y_0 \frac{80000}{2 \times 0.23^2} \times 15.37 - \theta_0 \frac{80000}{4 \times 0.23^3} \times 63.13 + \frac{80000}{2 \times 0.23} \times 200 \times 2.206 = 0$$

$$Q = -y_0 \frac{80000}{2 \times 0.23} \times 2.206 - \theta_0 \frac{80000}{4 \times 0.23^2} \times 15.37 + 200 \times 2.206 = 0$$

解出: $y_0 = 0.0078$, $\theta_0 = -0.0051$

利用位移量计算公式:

$$y = 0.00078 \text{ch}\alpha x \cos \alpha x - 0.051 (\text{ch}\alpha x \sin \alpha x + \text{sh}\alpha x \cos \alpha x)$$

得出结果代入: $\sigma = Ky$

式中: σ —任一点的地基反力 kN/m^2 ;

y — 相应点的地基沉降量 m ;

K — 弹性压缩系数 kN/m^3 ^[1]

得出钢板铺设后高速行驶对路面的压力由200 kN, 降低为166.78 kN, 降低16.6%。

三、施工过程中机场高速防沉降措施

(一) 暗挖隧道CRD预留核心土法开挖

为保证机场高速行驶安全及洞内施工安全, 综合比选决定采用安全系数较高的CRD预留中央核心土法, 为隧道最终开挖方法。

CRD预留核心土法施工, 断面分左右两部、四个洞室开挖。施工中严格遵循“管超前、严注浆、短开挖, 强支护、早封闭、勤量测”的原则^[1], 各部开挖及支护应自上而下, 开挖后及时施作初期支护、中隔壁, 小断面快速成环。各开挖工作面相距不宜小于15 m, 且每一工作循环需待喷射混凝土强度达到设计强度的70%后, 方可进行后续隧道开挖。每一作业循环次开挖进尺0.5 m^[2], 开挖完成后及时架设格栅钢架+临时支撑, 钢架采用HRB400 ϕ 22螺纹钢钢筋纵向连接, 环向间距0.5 m, 挂网喷混凝土支护, 尽量缩短各部开挖工作面的间距, 使初期支护尽早封闭成环。

(二) 洞内超前小导管注浆加固

小导管安设采用高压风(吹)孔送入法, 先按设计要求导管式高压风吹成孔, 钻孔直径比小导管外径3~5 mm, 打入长度不小于钢管长度的90%, 并用高压风将钢管内的沙石吹出, 外插角采用测斜仪进行控制。

隧道每一进尺长度不得大于小导管的注浆加固长度的1/2, 剩余未开挖加固部分作为下一进尺的止浆墙。可采用每次3~5根同时注浆, 以提高注浆速度和发挥设备效率^[2]。

注浆过程中要时刻对注浆压力及注浆量的变化进行观察并记录, 当注浆压力及注浆量出现异常情况时, 立即停止注浆施工, 查明原因并采取有效措施后方可继续注浆施工^[2]。

现场注浆量达到设计注浆量且注浆压力达到设计终压时方可结束注浆^[2]。

四、沉降控制效果

在呼和浩特城市轨道交通1号线一期工程后不塔气站1号出入口暗挖隧道下穿机场高速施工过程中, 采取上述措施后, 地面沉降得到了有效地控制, 尤其是在荷载较大的路面范围内得到了有效地控制。沉降监测累计允许最大值为20 mm, 现场实测累计最大值10 mm。沉降控制效果显著。

参考文献:

[1] 郑伟.《超浅埋暗挖地下工程铺盖结构的分析与设计》.学位论文.北京工业大学, 2012-07-03.

[2] 《城市环岛路工程浅埋暗挖隧道专项施工方案》.《互联网文档资源(<https://max.book118.com>)》- 2019