

文章编号:1001-1986(2006)03-0055-03

# 地下巷道对工程建设场区稳定性影响的评估

秦玉虎<sup>1</sup>,雷醒民<sup>1</sup>,范文<sup>2</sup>

(1. 煤炭工业西安设计研究院,陕西 西安 710054;

2. 长安大学,陕西 西安 710054)

**摘要:**地下巷道上方的工程建设,需进行在地面荷载作用下工程建设场区稳定性和地面变形的评估。采用随机介质理论,根据地下巷道结构特征、支护条件和地质条件,将岩土体视为一种“随机介质”,将开挖岩土体引起的地表下沉视为一随机过程,对不同工况下地下巷道周围岩土体的应力及应变作了计算机模拟计算分析,进行定量计算评估,得出场区稳定性、地面最大沉降和倾斜度的定量评估结论。

**关键词:**巷道;随机介质;稳定性评估

**中图分类号:**TU457 **文献标识码:**A

**Assessment of underground roadway's influence to stability of engineering building estate**

QIN Yu-hu<sup>1</sup>, LEI Xing-min<sup>1</sup>, FAN Wen<sup>2</sup>

(1. Xi'an Coal Industry Design & Research Institute, Xi'an 710054, China;

2. Changan University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Under the ground-load effect the ground distortion and stability of engineering building estate above underground roadway are evaluated by the random medium theory. In the light of structural character, geologic and retaining conditions the rock mass is regarded as random medium and the ground subsidence in digging soil and rock as random course. As a result it is possible to simulate the stress and straining of soil and rock surrounding roadway in different engineering conditions and carry through ration assessment, resulting assessment conclusions of estate stability, the most gradient and ground subsidence.

**Key words:** underground roadway; random medium; stability assessment

## 1 引言

某一拟建的重要工厂项目,主要建(构)筑物附加荷载为 $200\text{ kN/m}^2$ ,要求基底沉降不大于 $100\text{ mm}$ ,倾斜度不大于 $2\text{‰}$ 。但在其下现存在A号煤层的2条近北西向巷道和在场区东侧规划的B号煤层内4条近北西向新巷道,这些巷道对工程建设威胁程度较大,在建设前必须作出场地稳定性专项评估工作,给出定性和定量的结论。

## 2 场地地质条件

据区域地质资料,地层倾角小于 $3^\circ$ ,倾向 $220^\circ\sim 260^\circ$ 。场区表层为新近回填的素填土,以下地层构成:**a.** 第四系松散层( $Q_4$ ),厚度约 $15\text{ m}$ ;**b.** 中侏罗统直罗组( $J_2$ ):由砂岩、砂质泥岩组成,为本地区的Y号煤层,砂质泥岩厚度 $14.39\text{ m}$ ,粗砂岩厚度 $8.36\text{ m}$ ,砂质泥岩厚度 $12.06\text{ m}$ ;**c.** 中侏罗统延安组( $J_3$ ):为主要可采煤层,A号煤层(A-2中)埋深约 $76\text{ m}$ ,B号煤层埋深约 $110\text{ m}$ ,C号煤层埋深约 $150\text{ m}$ 。本区地下水按照埋藏条件可分为潜水和承压水,粉质粘土层阻滞了地下水的下渗。地下水位埋深较大,水量

不大,大气降水为补给源,顶板以淋水为主。

## 3 巷道与地面建筑的关系

通过现场调查,场区地下现有A号煤皮带集中巷和回风巷两条巷道,巷道埋深约 $76\text{ m}$ ,两条巷道断面尺寸分别为 $5\text{ m}\times 3.3\text{ m}$ 和 $5\text{ m}\times 3.6\text{ m}$ ,两巷道间距为 $25\text{ m}$ 。场区内A号煤层平均厚度为 $5.08\text{ m}$ ,倾角为 $1^\circ\sim 3^\circ$ 。两条巷道施工均采用机械掘进,A号煤皮带集中巷和回风巷均采用喷锚支护,顶板锚杆为 $\Phi 16$ 的圆钢,长度 $1.6\text{ m}$ ,端部锚固。每排4根,排距 $1\text{ m}$ 。煤帮无支护,帮、顶喷浆厚度均为 $50\text{ mm}$ 。目前巷道稳定。拟建的巷道有4条,准备开采B号煤,埋深在 $110\text{ m}$ 左右。巷道断面尺寸同上。地面建筑位于这些巷道的正上方且横跨巷道。

## 4 巷道稳定性及地表变形评估

### 4.1 建筑物荷载分布

建筑物上部荷载影响深度按《建筑地基基础设计规范》的规定计算:**a.** 土中自重应力的计算 $\sigma_c = \sum \gamma_i H_i$ 。**b.** 土中附加应力的计算:按均布矩形荷载作用下考虑: $\sigma_z = \alpha_c P_0$ 。一般情况下,对于老采空

收稿日期:2005-12-06

作者简介:秦玉虎(1962—),男,内蒙古人,煤炭工业西安设计院教授级高级工程师,从事岩土工程勘察、监理等工作。



$$\left[\frac{2\pi\tan^2\beta}{\eta^2}(X-\zeta)^2-1\right]\exp\left[-\frac{\pi\tan^2\beta}{\eta^2}(X-\zeta)^2\right]d\zeta d\eta.$$

(7)

4.3.2 拱形断面巷道

对于拱形断面巷道(图 2),巷道顶部距地表深度为  $H$ ,巷道断面初始横向及纵向半轴分别为  $JA$  和  $JB$ ,同样假定巷道形成后断面半轴均匀收缩了  $\Delta A$ ,则引起的地表下沉分布  $W(X)$ 和水平位移分布  $U(X)$ 分别为:

$$W(X)=\int_a^b\int_c^dw(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta+\int_e^f\int_g^hw(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta-\\ \int_j^l\int_k^lu(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta-\int_m^p\int_o^nu(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta;$$

(8)

$$U(X)=\int_a^b\int_c^du(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta+\int_e^f\int_g^hu(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta-\\ \int_j^l\int_k^lu(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta-\int_m^p\int_o^nu(X,\zeta,\eta)d\zeta d\eta.$$

(9)

以上两式的积分上限和下限分别为: $a=H;b=H+h_0$ ;

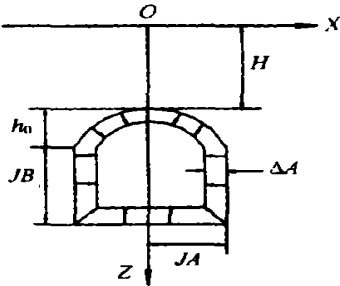


图 2 拱形断面巷道图

Fig.2 Cross section of arched roadway

表 1 地下巷道变形引起的最大地表变形

Table 1 The most ground distortion owing to roadway's distortion

$\Delta A$ /mm	地层影响 角/(°)	$W_{\max}$ /mm	$U_{\max}$ /mm	$T_{\max}$ / $10^{-4}$	$E_{\max}$ / $10^{-4}$	$K_{\max}$ / $10^{-4}$
3	26	0.61	0.30	0.1	0.1	0.0
	28	0.67	0.30	0.1	0.1	0.0
	30	0.73	0.30	0.1	0.1	0.0
	32	0.79	0.30	0.1	0.1	0.0
	34	0.85	0.30	0.1	0.1	0.0
5	26	1.02	0.51	0.1	0.2	0.0
	28	1.12	0.51	0.1	0.2	0.0
	30	1.21	0.51	0.2	0.2	0.0
	32	1.31	0.51	0.2	0.2	0.0
	34	1.41	0.51	0.2	0.2	0.0
10	26	2.05	1.01	0.2	0.3	0.0
	28	2.23	1.01	0.3	0.3	0.0
	30	2.42	1.01	0.3	0.4	0.0
	32	2.62	1.01	0.4	0.4	0.0
	34	2.83	1.01	0.4	0.4	0.0
100	26	20.90	10.33	2.3	3.1	0.1
	28	22.78	10.33	2.7	3.4	0.1
	30	24.74	10.33	3.2	3.7	0.1
	32	26.77	10.33	3.8	4.0	0.1
	34	28.89	10.33	4.4	4.3	0.2

$$c=-\sqrt{(H-\eta)\cdot\left(\frac{a^2+h_0^2}{h_0}+H-\eta\right)};$$
$$d=-c; e=H+h_0; f=H+h_0+JB; g=-JA;$$
$$h=-g; i=H+\Delta A; j=H+h_0;$$
$$k=-\sqrt{(H-\eta)\cdot\left(\frac{a^2+h_0^2}{h_0}+H-\eta\right)+\Delta A^2-\Delta A\cdot\frac{a^2+h_0^2}{h_0}};$$
$$L=-k; m=H+h_0; n=H+h_0+JB-\Delta A;$$
$$o=-\sqrt{a^2-\frac{a^2+h_0^2}{h_0}\cdot\Delta A+\Delta A^2}.$$

影响半径可以表示为:

$$R=\frac{H+h_0+JB}{\tan\beta}+JA.$$

(10)

根据以上简化的计算模型,可以计算出任意埋深下的巷道在地表面所引起的地表变形。

4.4 评估结果

通过计算得到地表最大变形参数见表 1,结果表明巷道中心最大向下变形量不超过 30 mm,由巷道引起的地表倾斜度不会超过 2‰,由此判定巷道对地表的影响较小。

5 讨论

a. 通过野外现场调研和对已有资料分析,采用采煤岩层与地表移动问题研究的随机介质理论,计算了地下巷道可能引起的地表位移量与倾斜量。得出场区范围内现有地下巷道和已规划巷道不会对上部建(构)筑构成威胁,规划场地可以作为建设场地的结论。考虑到场区内的岩性特征,遇水极易软化,风化现象严重,长期强度低,从安全角度考虑,场区下巷道废弃后,严禁回采巷道两侧的支承臂。建议巷道废弃之后,进行封巷充填处理。对将要开拓的新巷道需加强支护措施,防止风化剥落。地基处理时,宜尽量采用散体材料桩或垫层,垫层宜采取增强抗变形能力措施。

b. 随机介质理论是评价地下巷道可能引起的地表位移沉降量与倾斜量的好方法,但在实际应用中单一的方法会因边界条件的不同变化得出不同的结论,因此应采用多种方法综合分析计算,以相互验证,作出可靠正确的判断。

参考文献

[1] 孙忠弟.《高等级公路下伏空洞勘探、危险程度评价及处置》研究报告集[M]. 北京:科学出版社,2000.

[2] 凌贤长,蔡得所. 岩体力学[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002.

[3] 阳军生,刘宝琛. 城市隧道施工引起的地表移动及变形[M]. 北京:中国铁道出版社,2002.

[4] GB50007—2002, 建筑地基基础设计规范[S].

[5] GB50011—2001, 建筑抗震设计规范[S].