

深基坑施工对临近运营航油输送管道安全影响分析

丁小宇

中铁建大桥工程局集团第四工程有限公司 黑龙江 哈尔滨 150050

[摘要]航油输送管道临近深基坑施工,一方面,采用Midas对依托工程的深基坑开挖建立三维有限元分析模型,通过有限元法对施工开挖步骤、开挖长度、支撑施工时间、管道埋深及距离对管道位移的影响进行系统分析;结合对现场实际监测情况对比分析影响周边管道安全的主要因素并提出有效的施工安全控制方法,采取有效的措施控制变形,确保管线安全。另一方面,采用有限元软件Midas分别对分层开挖和台阶开挖两种施工方案进行模拟计算,计算两种不同开挖方式引起的航油输送管道竖向最大沉降理论数据,提出有效的开挖方案确保安全;并基于分层开挖模型,对开挖引起的管线-土间隙的变化规律进行研究。

[关键词]地铁深基坑;有限元法;航油管道;变形;管线-土间隙的变化规律

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.1356

1 工程概况

天津地铁4号线工程为中心城区轨道交通线网中的径向路线,线路北起北辰区小街,南至东丽区明航大学,是天津市中心城区轨道交通网中的骨干线。本项目分期实施南段工程为东南角站至新兴村站,正线全长19.4公里,共设地下车站14座,设民航大学车辆段1处,110kV变电所1座。其中,新兴村车站右线长465.222m,新兴村站围护结构采用钻孔灌注桩+止水帷幕+内支撑的支护方式,明挖顺做法施工,基坑标准段宽19.7m,深12.2~14.0m,盾构井段基坑深13.7m~18.2m。

基坑北侧有一条DN200的航油输送管道,该管道是天津滨海国际机场的中航油库区输送航空煤油,管道设计年输油量120万吨,设计压力为6.4MPa,工作温度为常温,材质为L320的无缝钢管。管道与基坑最小净距为7.33m(拉管施工,埋深较大),与渠式切割水泥土连续墙止水帷幕最小施工净距仅5.73m,管道埋深约1.5~5.60m(最近处),置于黏土层中,其下方土层为淤泥质软土,易受到外部扰动。基坑与管线具体平面位置关系如图1所示,航油管道与基坑的位置关系如图2所示,基坑与航油输送管道空间关系如图3所示,工程场地土体参数如图4所示。

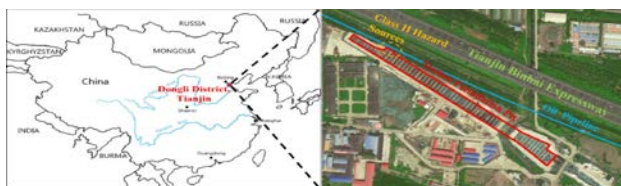


图1 基坑与航油输送管道平面位置关系图

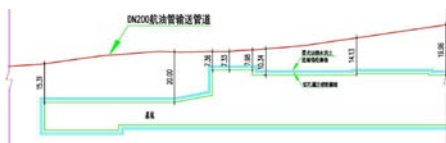


图2 基坑与航油输送管道主要邻近区域数据图

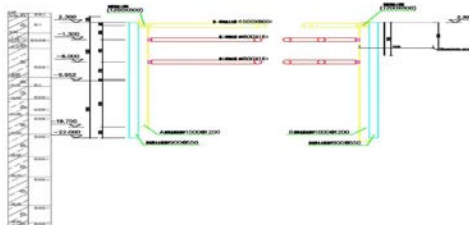


图3 基坑与航油输送管道空间关系剖面图

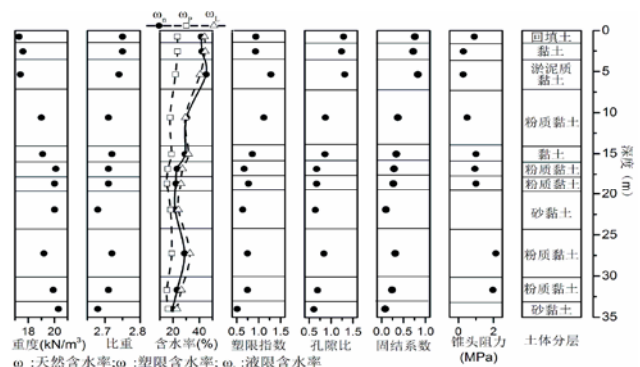


图4 工程场地土体参数图

2 数值模拟与现场测试验证

利用Mindlin理论和温克尔地基梁理论建立计算方程,将管道等效成相同刚度的均匀、连续的无限长梁,并且下卧在地基土上,再假设管道与周边土体贴合,两者挠曲变形协调一致,利用Winkler地基梁理论建立力学方程。然后利用数值积分方法求解计算方程,从而求出管道节点的竖向位移和转角位移^[1]。

2.1 建模材料属性设置

基坑采用Φ1000@1200钻孔灌注桩加600mm厚渠式切割水泥土连续墙止水帷幕作围护结构,桩间采用15cm厚的C20网喷混凝土。钻孔桩顶设置1200mm×1100mm钢筋混凝土冠梁。根据开挖深度,共设置3道支撑结构:1道混凝土支撑+2道钢支撑。混凝土支撑设1400mm×1200mm混凝土腰梁,其中第一道钢筋混凝土支撑截面尺寸为0.8m×0.8m间距约7米;第二、三道钢管支撑及钢换撑均为Φ800×16,间距约3米,在第二、三道内支撑分别施加50 kN、100 kN预应力。其支护结构示意图如图5。

基坑的形状和周围环境等影响因素,制定分层开挖和台阶开挖两种不同的开挖方式进行模拟分析,如图6所示。

2.2 模拟试验成果解析

在施工阶段模拟前,对模型的初始状态进行位移清零、初始状态应力分析,以初始应力场为起始状态。本文研究对象为基坑临近的管线,主要分析围护结构以外的土体变形,对基坑以内土体变形不做考虑。

通过数值模拟结果显示,分层开挖的随开挖开挖深度增加,其最大水平位移值也在增大,但深度越大其最大点位置下降幅度也是越大的。当分层厚度较小时,水平位移下降幅度越小,有利于支撑结构作用的发挥,开挖厚度较大,有利于施工的方便。分别选取基坑两端及中间位置共计三个点位

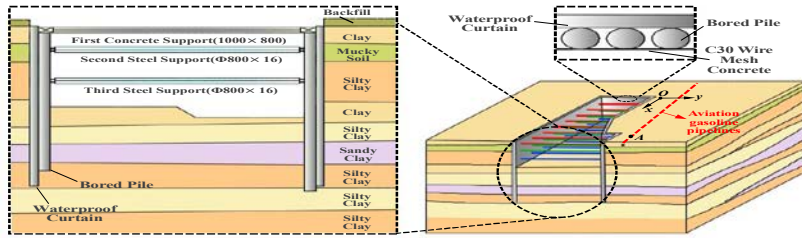


图5 基坑支护结构及土层状结构示意图

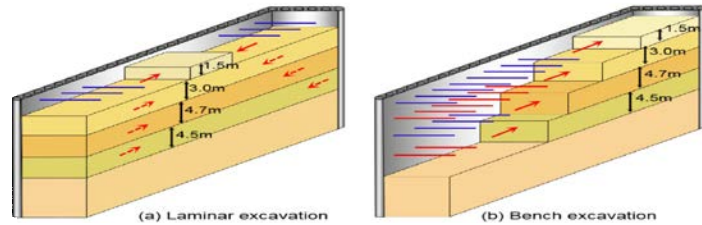


图6 两种基坑开挖方式示意图

进行分析，其中1号点位是临近航油管的点位。

模拟试验分别从开挖后的水平位移、管线的最终沉降和管线施工阶段沉降形成曲线图，分析如下：

①分层开挖方式对其周围土体影响小，航油管道临近基坑位置（1#点位）的水平位移对比其他2个点位的位移小，比较安全。

②通过分析开挖过程中的四个阶段，可以发现基坑与管线的距离对管线的沉降影响显著，管线最大沉降量出现在临近基坑段。分层开挖形式导致管线最小的沉降为3.2mm，最大沉降达到8.1mm，其整体变化幅度4.9mm；台阶开挖方式形成的最终管线沉降分布与分层开挖方式的趋势基本类似，但均为两头小中间大，最小沉降量为3.4mm，最大沉降12.5mm，其整体变化幅度为9.1mm，台阶开挖引起的管线沉降整体大于分层开挖造成的管线沉降，台阶开挖方式引起的变化幅度大，不利于管线安全。

③通过模拟发现管线在施工阶段的引起的管线竖向位移及位移变化速率不一致。分层开挖方式的管线沉降随施工阶段的变化曲线呈现为台阶形式，管线竖向位移经多次突变从最初的14.41mm达到最终阶段的5.25mm，沉降曲线突变是由于基坑土体的开挖面到管道的位置的截面，每次开挖至管道位置时引起的沉降变化值分别为：0.73mm、2.68mm、2.62mm、2.11mm。而台阶开挖方式的管线沉降曲线表现为单一突变的形式，在施工阶段3时，台阶开挖面抵达航油输送管道A点截面处，管线沉降从14.20mm开始抬升，当施工阶段7时，台阶开挖面通过了A截面，竖向沉降为最小值6.09mm，由于土体蠕变，在施工阶段8管线的竖向位移下降到7.60mm，之后的阶段，竖向位移一直保持在7.60mm，整个阶段的最大变化幅度为8.11mm。从两种开挖方式的对比发现，分层开挖的方式产生的管线竖向位移较小，且位移变化速率小，对管线的安全更有利。

2.3 管线-土体相互作用分析

基坑的开挖造成管线位移，引起土体与管线的脱离、管线的悬空，给管线的正常使用造成了很大的隐患。由于既有管线埋设于地下，无法对管线-土体的间隙进行直接测量，本文在分层开挖模型的基础上，通过计算间隙大小，分析是否对管线采取措施，实现管线-土体间隙的预测。

通过模型分析，管线自身的变形较小，管线位移主要是

周围土体变形带动管线移动，进而导致土体与管线之间产生缝隙。为便于阐述，本文规定以竖直向上方向为0°方位，顺时针方向角度增加。从图中可以得出，开挖之初，在30°、210°方位，土体与管线存在较大的缝隙，120°、300°方位的土体和管线紧密挤压；随着基坑开挖深度的增加，30°、210°方位处的缝隙闭合，120°、300°方位出现较大的缝隙。

在整个基坑开挖过程中，由于管线材料是钢材，刚度足够大，缝隙悬空引起的应力分布变化无法形成管线自身较大的变形，对管线的安全稳定影响较小。在基坑开挖完成后，还需要对管线周围土体进行换填，以保证管线在以后运营的安全与稳定。

3 结论

经过实地场地试验以及模拟计算等研究手段，得到总结如下：

(1)软土地层地铁车站深基坑开挖会引起地层变形，进而影响临近既有地下管线的安全和正常使用。采用有限元软件Midas分别对分层开挖和台阶开挖两种施工方案进行模拟，研究表明，分层开挖引起的航油输送管道竖向最大沉降为8.1mm，小于台阶法引起的管线最大竖向沉降12.5mm，确定新兴村地铁车站基坑施工的最优方案为分层开挖方案。

(2)考虑到渠式切割水泥土连续墙与钻孔灌注桩之间存在一定空隙，基坑开挖过程中通过快速挂网喷射混凝土来确保桩间土不流失，防止渠式切割水泥土连续墙止水帷幕墙体变形导致围护结构渗漏。基坑开挖过程中，通过钻孔灌注桩的桩体变形和水平位移监测情况，反应渠式切割水泥土连续墙的变形趋势，调整支撑系统与挖土方式，加强监测的方法，控制止水帷幕变形，降低基坑渗漏风险。

(3)基于分层开挖模型，对开挖引起的管线-土间隙的变化规律进行研究，发现管体-土体间隙峰值的位置从25°转动到110°。

参考文献

[1] 刘江林，刘新科；深基坑开挖对周边环境的影响，2016。

作者简介：

丁小宇（1988-），男，吉林省松原市人，工程师，研究方向：市政工程。