

迎泽大街沿线车站暗挖适用性研究

徐彦霞

中铁十四局集团隧道工程有限公司

摘要：本文以太原地铁1号线一期工程为工程背景，对太原市城市主干道迎泽大街范围10座地铁车站进行暗挖适用性分析，综合考虑风险、工期、造价、质量、环境限制等因素，分析此段地铁车站暗挖法施工的可行性，同时对比明挖法施工，结合太原市现场实际情况为此段地铁车站选择更优的施工方案。

关键词：车站；暗挖；适用性

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2024. 06. 044

一、前言

由于城市地铁主要功能在于缓解路面交通拥堵，线路多沿城市繁华道路下方敷设，车站多数设置在路口交叉位置，对于工法选择，采用工程造价较低的明、盖挖工法对地面影响较大，临时断路则会加重道路拥堵，而且其前期投入较高、盖挖法的使用的局限性决定了两者都有一定的局限性；而暗挖工法的突出优势在于不破坏路面，对周边环境影响较小，但受水文地质、技术措施、安全风险、施工工期及工程造价等诸多因素影响较大，适应性相对较差。选择何种施工工法，是筹划、设计、施工等各方地铁建设者的关注和研究的重点。

太原市轨道交通1号线一期工程起于西山矿务局，终于武宿机场站。客运西站~火车站东广场站共10座车站位于迎泽大街上，其中大南门站已完成。太原市迎泽大街是太原市的标志性、交通性、景观性、生活性主干道，也是太原市总体规划的中轴线，社会关注度极高。按照太原市政府要求为减少施工对迎泽大街的影响，对迎泽大街段车站进行暗挖可行性研究，因我单位负责本段前期方案对接工作，具体工作由我单位进行。

二、工程背景

(一) 设计概况

太原市轨道交通1号线一期工程起于西山矿务局，终于武宿机场站，长约28.6km，共设车站24座，全部为地下站，其中换乘站7座，其中大南门站、火车站东广场站、太原南站已实施，平均站间距为1.242km。线路路由西矿街站东西向沿迎泽大街至朝阳街站，南北向沿东中环路至武宿机场，呈“L”型布置。线路主要沿迎泽大街和东中环路布置。

迎泽大街沿线共设置11座车站，其中大南门站为1、2号线换乘车站，已与2号线同期完成；太原站东广场站已与太原东广场改造同期完成，剩余9座车站现设计均为明挖法施工，标准站埋深16~22.9m，换乘站点最大埋深26m。

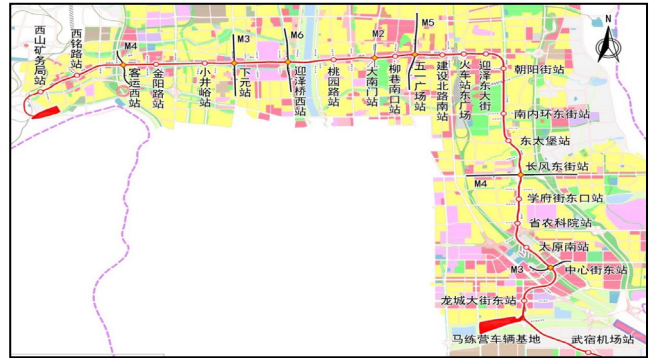


图1 1号线总平面图

(二) 周边地质水文条件

太原轨道交通1号线一期工程位于太原盆地内，迎泽大街沿线地貌有：

(1) 西山山前倾斜冲洪积平原：西客站至下元站，地形向东倾斜，相对高差118m。主要为：粉黏、粉土、砂类土、卵石、碎石土。

(2) 汾河河流漫滩及阶地：迎泽桥西站至五一广场站，地形平缓，相对高差31m。主要为：粉黏、粉土、砂类土（粉细砂居多），地下水埋深浅。

(3) 东山山前洪积平原：五一广场站至太原火车站站段，主要为：粉黏、黏粉、砂类土（砾砂）。

液化地层分布较多：迎泽大街部分车站地震液化层分布广泛，液化等级从轻微~严重，特别是桃园路站、柳巷南口站液化严重。

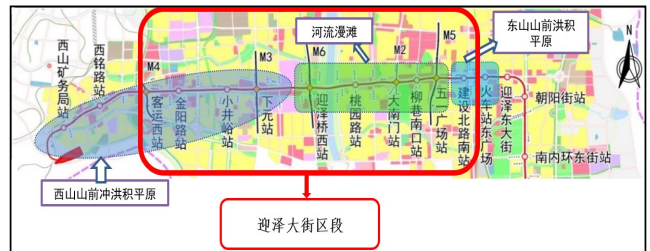


图2 迎泽大街沿线地貌平面图

(三) 交通条件

交通现状：迎泽大街为城市主干路，已实现规划，道路红线宽70m，双向十二车道，车流量较大，交通非常繁忙。

三、暗挖可行性分析

暗挖法是在地面设置工作井，全部在地下进行开挖和修筑衬砌结构的施工方法，主要适用于城市中不能采用明挖法施工的地方。

暗挖法施工特点:

- 1) 适用于地面环境复杂情况,对地面建筑、道路影响不大;
- 2) 受工程地质和水文地质条件的影响较大,安全风险高,属于重大风险源,易发生重大安全事故;
- 3) 对止水措施要求高,同时必须采取注浆、冻结等地层加固措施;
- 4) 车站埋深需6~8m左右(需对迎泽大街沿线车站进行整体下沉3m左右);
- 5) 造价大幅提高,约为明挖施工造价2倍;
- 6) 施工工序繁杂,施工速度慢,工期时间长。

以位于迎泽大街中段的桃园路站为例进行可行性分析。

(一) 工程地质分析

据钻探揭示,本车站所揭露岩土体分布较为稳定。地表多为人工填土,其下为黏质粉土、砂(粉)类土、圆砾土及粉质黏土、砂类土等组成。本车站地下水埋深2.20~3.80m。

迎泽大街沿线多为西山山前倾斜冲洪积平原、汾河河流漫滩及阶地、东山山前洪积平原,以桃园路站为例,地貌单元属汾河河流漫滩平原,地下水埋深在地面以下2~3m,主要地层有素填土、粉细砂、中砂、粉质黏土,车站顶板埋深平均为3.5m,顶板以上均为杂填土,杂填土结构松散,均匀性差,疏密程度不一,欠固结,有较强的透水性,工程性质差,易坍塌,地质条件非常不适合暗挖施工。

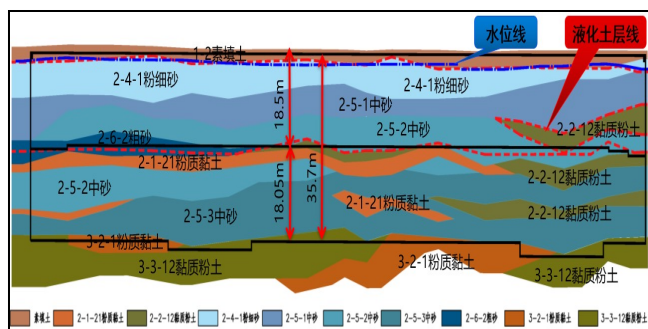


图3 桃园路站地质纵剖面图

(二) 地下水问题分析

本段车站基底埋深平均为20m,其中3号线下元站基底埋深为26.8m,迎泽桥西站换乘节点基底埋深为27.6m,如采取暗挖车站深度还需下调6m左右。

暗挖施工要满足无水施工前提条件,本段车站地下水位于地下2~7m左右,局部存在承压水,且紧邻汾河,地下水补给丰富。暗挖施工需采取降水或可靠的止水措施。

(1) 降水方案:

采用降水方案,根据太原市地铁2号线化章街基坑外降水试验,降水深度10m,地面沉降大。本标段车站平均降水深度为20m,最大降水深度达29m,降水深度

大,需设置大量降水井进行降水(未必成功),降水造成水资源浪费的同时,会引起地表沉降,通过太原地铁施工经验,太原市地层敏感性特别强,降水对沉降影响极大,降水会对周围环境造成极大影响,存在一定的未知性。

(2) 止水方案:

止水方案主要有打设止水帷幕和全断面注浆法。风险方面全断面注浆法作为止水方案,主要问题为无法保证止水效果,通过搜索国内类似工程,北京暗挖隧道注浆止水工程实例较多,隔水深度多10m以内处理上层滞水,且地层较好,但本工程隔水深度达20m以上,根据《建筑与市政工程地下水控制技术规范》隔水深度达到13m地下水控制施工安全等级即为一级,根据目前深孔注浆工艺水平,很难达到完全隔绝地下水、开挖过程中不渗漏水的效果,一旦止水存在缺陷,发生漏水情况,风险无法控制,根据2号线车站施工经验,漏水多会造成地面塌陷,且塌陷速度快(地连墙接缝漏水地面沉降约30cm/h,多次造成地面塌陷深度达4m以上),可能会造成建筑物损毁,隧道坍塌,风险极大。且工期很难保证,成本不可控。

(3) 冻结方案:

风险方面冷冻法安全可行,存在冻胀影响建筑物沉降的风险,但比坑外降水影响要小,在建筑物可承受范围之内。采用冷冻法施工,冷冻体量极大,工期不能保证,造价高。

(三) 工期分析

暗挖施工工序繁多,工序转换频繁,工期较长。明挖车站主体工期约10个月,暗挖车站主体工期约30个月,采用暗挖施工工期约增加20个月。

(四) 造价分析

暗挖施工造价相对明挖造价差距较大,暗挖车站造价约2.1万/m²,明挖车站造价约1.1万/m²,采用暗挖法施工,每个站平均投资增加1.5亿左右,10个站点增加投资约15亿元。

根据山西省发改委批复的初步设计[晋发改设计发(2020)120号文],1号线一期直接工程投资超建设规划19.9%,已经为顶格设计。如迎泽大街范围内多座车站施工方法由明挖改为暗挖,预计增加投资16亿元以上,概算造价将超批复金额的27%。与国办发(2018)52号文规定“直接工程投资较建设规划增幅超过20%的应按相关规定履行建设规划调整程序”不符,需向国家发改委重新上报审批建设规划。

(五) 风险分析

暗挖施工与明挖法施工相比风险更大,特别是太原市水文、地质情况极不利于暗挖施工风险控制,根据地铁2号线车站明挖及暗挖出入口施工经验,降水或止水效果不好,极易发生涌水涌沙、路面塌陷、管线破坏等险情。目前的地铁施工技术水平,预加固措施,很难保

证施工安全，风险不可控，暗挖施工可行性很小。

（六）周围环境影响分析

暗挖车站拱顶多为拱形结构，覆土深度至少为6~8m以上，目前设计车站顶板埋深平均为3.5m，平均需下沉6m左右。

金阳路站~小井峪站区间上穿国铁西南环线东晋隧道、下穿阎家沟框架桥，与西南环线东晋隧道垂直距离只有2m左右，受控于铁路西南环线东晋隧道及地形，沿迎泽西大街布置车站加深可能性很小。

大南门站为1、2号线换乘车站，已与2号线同期完成；太原站东广场站已与太原东广场改造同期完成。受控于大南门站、太原站东广场站已完成施作，五一广场站需在明年7月全部完工，本段线路除桃园路站外加深几乎没有条件。

（七）车站结构形式影响分析

暗挖车站结构形式多为标准车站，本部分车站涉及3个换乘车站，结构异性，暗挖施工难度较大。

下元站为1、3号线换乘车站，1号线标准段宽度31m，换乘节点跨度56m，1号线为地下2层，3号线为地下三层，结构形式复杂，车站不规则、车站规模大，不宜采用暗挖施工；

迎泽桥西站为1、6号线换乘车站，标准段为地下2层，大里程端为地下3层，两端考虑盾构始发，预留盾构始发井，中间设置轨排基地及吊装口，场地与明挖法基本相同，暗挖法施工无法满足以上要求。

五一广场站为1、5号线换乘车站，标准段为地下2层，中间换乘节点为地下3层，暗挖施工难度大。

（八）对盾构区间的影响分析

1号线区间大部分区间为盾构区间，车站两端设置盾构始发、吊出井、出土口，车站采用暗挖施工需专门设置盾构井或在车站侧面设置盾构通道，大大降低了盾构施工效率，区间工期延长。

综上所述，新型暗挖法同样不适用于桃园路站，暗挖施工不适用于迎泽大街沿线9座车站，明挖法施工无论从安全、工期、技术、投资等各个方面考虑均为最优方案。

四、车站明挖对交通的影响分析

迎泽大街为太原市重要的交通主干道，地面交通流量大，道路红线内宽度70m，明挖施工对道路影响较小，与交通管理部门对接交通疏解方案，将地铁施工对交通影响降至最低。

为减少地铁施工对迎泽大街交通及环境的影响，学习其他城市先进经验，并吸取太原地铁2号线的经验及教训，在明挖施工中，采取多种优化措施，减少对交通的影响：

（1）通过合理站位选择，减少对周边环境的影响。

（2）保证交通导改断面，减少交通干扰。

（3）优化施工组织方案，减少施工占地面积及占地时间。

（4）构件进行集中加工，减少了施工占地面积及环境影响。

（5）增加人员、设备、资金等资源投入，进一步加快地铁建设速度。

（6）加强与交警部门沟通，保证围挡周边交通顺畅。

迎泽西大街共有5座车站，客运西站、金阳路站及小井峪站设置于路中（此三站交通流量及社会影响相对较小），车站主体施工期间可保留10个车道，迎泽桥西站可保留11个车道。

迎泽大街共有5座车站，均设置于路侧。车站主体施工期间可保留8-12个车道，柳巷南口站可保留12个车道。

下元站、迎泽桥西站、桃园路站、柳巷南口站、五一广场站、建设北路南站等6座车站位于路侧，车站主体施工期可保留一侧绿带及8-12个车道，对交通影响较小。客运西站、金阳路站、小井峪站3座车站位于路中，主体施工期间可保留一侧绿带及10车道，且车站位置靠近西山片区，人、车流量相对较小。其中建设北路南站交通疏解道路近期将随双塔路地下通道开通，建设北路南站车流减少30%，对迎泽大街区域交通影响程度进一步降低。

五、结束语

地铁施工工法选择应综合考虑地质条件，周围环境、站体平面位置、车站埋深及跨度多种因素，同时还要考虑到施工对地面交通和居民正常生活的影响、施工工期、工程难易程度，合理选用施工方法。

根据国内地铁建设的经验分析，车站主体优先采用明挖法施工，除特殊地段、特殊原因外（下穿既有线、重要建筑物、管线等），极少采用暗挖法施工。

暗挖法施工难度大、造价高、工期长、不可控因素较多、安全风险高，同时限制着车站跨度、断面、埋深、车站功能等设计要求；作为特殊工法需提前解决降水、土体改良等问题后才能实施。经北京、上海等地专家研讨论证：太原地铁1号线迎泽大街沿线地下水位高、粉细砂居多、液化地层分布多，该区间不宜采用暗挖法施工。

参考文献

[1] 太原市城市轨道交通线网修编（2015年）-1112-0119.

[2] 王梦恕. 隧道工程浅埋暗挖法施工要点[J]. 隧道建设, 2006, (10): 51-53.

[3] 张顶立. 城市地下工程建设安全风险及其控制[M] 北京: 化学工业出版社, 2012.

[4] 曹伟颺. 哈尔滨保健路浅埋暗挖大跨径双连拱隧道设计与施工技术研究.