

文章编号:1004—5716(2004)07—0109—04

中图分类号:U455.4 文献标识码:B

地铁车站施工方法综述

李 围,何 川

(西南交通大学土木工程学院地下工程系,四川 成都 610031)

摘 要:目前国内外修建地铁车站的施工方法有明挖法、新奥法、盾构法和这三种方法的组合及变化形式。重点阐述了修建地铁车站各施工方法的原理、施工流程、优缺点和适用的车站形式,为我国各大城市在设计地铁车站时选择合理的施工方案提供直接参考。

关键词:地铁车站;施工方法;施工流程;优缺点;适用条件

20 世纪 70 年代以来,随着社会的发展,出现了许多大城市和超大城市,随之而增加的人口和私人轿车,给城市交通带来了严重的问题,人们逐渐认识到只有发展大运量的快速轨道交通系统(主要是地铁和轻轨系统)才能从根本上解决城市客运交通,它具有运量大、速度快、安全可靠、准点舒适和对环境污染小等优点得到了快速发展。现在全世界已有 40 多个国家的 80 多座城市修建了地下铁道,共运营线路长达 5200km,运营线路长度超过 100km 的有 14 座城市,拟建或在建地铁的城市有 30 多个,尤其是伦敦、纽约和巴黎等城市,虽然已建成几百公里的地下铁道,但随着城市的发展,还在不断地扩建。我国的上海、广州、南京、深圳、北京等城市已经修建了地铁或正准备修建^[1]。

地铁和轻轨系统同属于城市轨道交通系统,并不是在地下的就是地铁、在地上的就是轻轨,其根本区别是客运量的大小不同,地铁的单向高峰运量为 30000~90000 人次/h,而轻轨为 10000~30000 人次/h,地铁和轻轨都可部分在地下、部分在地上。地铁工程由区间隧道加上车站组成,区间隧道的施工方法主要有明挖法及盖挖法等变化形式、新奥法(NATM)和盾构法,根据日本 1991 年的统计,在城市隧道总延长 75224m 工程中,矿山法的比例占 6.1%、盾构法占 60.9%、明挖法占 33%^[2]。地铁车站是地下铁道中一个很重要的部分,联系着地面与地下的交通,其施工方法也分为明挖法、新奥法和盾构法。本文介绍了国内外地铁车站的施工方法,重点阐述了修建地铁车站各施工方法的原理、施工流程、优缺点和适用的车站形式,为我国各大城市在设计地铁车站时选择合理的施工方案提供直接参考。

1 明挖法与盖挖法

1.1 明挖法

明挖法是各国地下铁道施工的首选方法,在地面交通和环境允许的地方通常采用明挖法施工,明挖法具有施工作业面多、速度快、工期短、易保证工程质量和工程造价低等优点,但因对城市生活干扰大,应用受到各种因素的限制,尤其是当地面交通和环境不允许时,只能采用盖挖法或新奥法。明挖法适用于浅埋车站、有宽阔的施工场地,可修建的空间比较大,如带有换乘站、地下商场、休息和娱乐场所及停车库等的地下综合体车站,如上海地铁徐家汇站^[1]。

明挖法施工主要分为围护结构施工、站内土方开挖、车站主

体结构施作和回填上覆土和恢复管线四个部分。根据不同的地质条件和车站结构的大小以及基坑深度,明挖法的围护结构可采用地下连续墙、锚杆、钻孔桩加旋喷桩止水、SMW 水泥土加型钢等。采用地下连续墙围护结构的明挖法修建地铁车站的施工流程为:地下连续墙围护结构施工 内井点降水或基坑底土体加固 开挖上层土体设置上层钢支撑 开挖中间层土体 设置中间层钢支撑 最后开挖底层土体 浇筑底板混凝土结构 拆除中间层支撑 浇筑车站混凝土结构 拆除顶层支撑 浇筑车站顶板混凝土结构 回填土体等。

1.2 盖挖法

盖挖法是利用围护结构和支撑体系,在较繁忙交通路段利用结构顶板或临时结构设施维持路面交通,在其下进行车站施工工法。按结构施工的顺序分盖挖逆作法和盖挖顺作法两种。盖挖逆作法一般都是对交通作短暂封锁,一年左右,将结构顶板施工结束,恢复道路交通,利用竖井作出入口进行内部暗挖逆筑。盖挖顺作法一般是利用临时性设施(如钢结构)作辅助措施维持道路通行,在夜间将道路封锁,掀开盖板进行基坑土方开挖或结构施工。盖挖法也成为修建车站的主要方法,在世界上盖挖法修建车站占有很大比例,采用这种方法,在北京、上海、南京、广州等修建了近 10 余座地铁车站。盖挖逆作法具有占用场地时间短,对地面干扰小和施工安全等优点;适用于车站上面有高层建筑、埋深较大的地铁车站,如上海地铁新闸门路站;缺点是施工工序复杂、交叉作业和施工条件差等。盖挖顺作法同样具有盖挖逆作法的优缺点,只是适用于市区浅埋地铁车站^[1]。

采用盖挖法的基本施工流程为:施作车站临时支撑桩 施工地下连续墙围护结构 注浆加固地下连续墙墙趾 加固地基与基坑底土体 第一层钢支撑抽槽设置 开挖第一层土体 安装第二层钢支撑 车站顶板立模、绑扎钢筋和浇筑混凝土顶板覆土、埋管和路面浇筑 暗挖第二层土体 第二层钢支撑下移至第三层安装、第四层钢支撑安装 中楼板立模、扎钢筋和混凝土浇筑 分小段暗挖第三层土体 第四层钢支撑逐根移至第五层安装 底板混凝土浇筑。

2 暗挖法

2.1 新奥法

新奥法(NATM,为 New Austrian Tunneling Method 的缩写)

也是通常所说的矿山法,新奥法是当代隧道施工设计应用最广泛的方法。其施工思路是在监控量测的基础上,及时更改喷射混凝土的厚度、锚杆、钢支持和钢丝网的参数以及二次衬砌等支护措施,来保持开挖洞室的稳定,从而保证施工的安全。当地面交通和环境不允许时,世界上各国常采用这种施工方法,如日本采用新奥法修建的东叶高速线北习志野站,为三拱两柱单层式结构。其优点是对地面的影响小、造价低,适用于坚硬岩土介质、地下水水位底,但是进度慢、劳动强度大和风险也大。

新奥法施工对大断面的开挖有侧壁导坑、台阶和 CRD 等,其施工流程为:放线 钻孔、装药和放炮 通风除尘后出渣 打锚杆、钢拱架支撑和挂钢筋网 施作喷射混凝土初期支护 最后修建模筑混凝土二次衬砌。用到的辅助工法有降水、大小导管、注浆和采取必要的监控量测措施^[3]。

2.2 浅埋暗挖法

浅埋暗挖法是按照“新奥法”原理进行设计和施工,以加固、处理软弱地层为前提,采用足够刚性的复合衬砌(由初期支护和二次衬砌及中间防水层所组成)为基本支护结构的一种用于软土地层近地表隧道的暗挖施工方法,它以施工监测为手段,指导设计与施工,保证施工安全,控制地表沉降^[3]。浅埋暗挖法的施工原则是:管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测。与明挖法相比,浅埋暗挖法的最大优点是避免了大量拆迁、改建工作,减少了对周围环境的粉尘污染和噪声影响,对城市交通的干扰小。盾构法虽然也具有上述同样优点,但盾构法不能适应隧道断面变化,而且当盾构开挖的隧道不是足够长时,盾构法的经济性不明显。选用浅埋暗挖法应考虑的基本适用条件有:不允许带水作业和要求开挖面具有一定的自立性和稳定性,而且是浅埋地铁车站。缺点是地下作业风险大、机械化程度低。

浅埋暗挖法对土体的加固和对水的处理方法有冻结法、注浆、深层搅拌和管棚等。对于断面较大的隧道,考虑分部开挖、分部支护和封闭成环的需要,选择中隔壁法(CD法)、交叉中隔壁法(CRD法)和侧壁导坑法(眼镜法)等。浅埋暗挖法常用的初期支护形式是钢筋格栅、钢筋网和喷混凝土。地表位移、拱顶下沉、隧道周边收敛等量测项目常被选为监控量测的必测项目,而土压力、土体位移、支护应力等可作为选测项目。

2.3 暗挖与盖挖相结合的施工方法

暗挖与盖挖相结合的施工方法是一种新技术,是我国在使用暗挖法和盖挖法施工的基础上,经过研究总结而提出的具有盖挖法和暗挖法各自优点的一种新的施工方法^[1]。其关键是将地铁车站视为由桩、梁和拱组成的地下结构,如北京天安门西站。天安门西站的具体施工流程为:导洞开挖、支护 桩孔、柱孔开挖及护壁 条形基础施作 桩、柱吊装及灌注混凝土 桩、柱顶梁施作 三跨顶拱初期支护施作 花边墙施作 三跨顶拱二次衬砌施作 站厅层施作 站台层施作 站台板施作 建筑装饰及设备安装。

2.4 暗挖新技术

暗挖法也有了新的进展,主要有预制块法、预切槽法和气压法。预制块法是把盾构管片的安装技术和暗挖技术融合在一起的一项新技术,先做两侧导洞及侧墙,然后注浆开挖并放置钢拱架、喷射混凝土、安装预制块、在背后注浆,跨度已达 18m 以上,

该技术在法国已大量应用。预切槽法是按照结构尺寸制造一个台架,装有特制链条锯沿拱圈方向把地层切成一个高 10~35cm、深 4~5m 的槽缝,然后放置钢筋网并喷射混凝土,形成钢筋混凝土拱,在其保护下开挖施工,效果很好,在法国、意大利等国家已开始应用。气压暗挖法是采用气压条件下的新奥法施工,因采用气压较低,一般对人体健康没有影响。压缩空气不仅可排除隧道中的地下水,还可减少地面沉降,防止地面结构损坏,减少加压隧道一次衬砌的荷载,对开挖面有支护作用,降低成本,对降低施工中的粉尘有显著作用,这种办法已在奥地利、德国、英国、日本等国家应用^[4]。

3 盾构综合法修建地铁车站

国外已经采用了配合盾构法修建地铁车站的施工方法,这种施工方法可一次采用盾构法将区间隧道和过站隧道贯通,再在盾构隧道的基础上扩挖而形成地铁车站;或直接利用大直径盾构机或连体盾构机修建地铁车站。配合盾构法修建地铁车站的优点是可充分有效地利用盾构设备,达到进一步提高地铁工程的建设质量、缩短建设周期,从总体上较大幅度地降低工程造价的目的,从而使得盾构法在城市地铁工程中得到了大规模的采用;同时不影响地面交通和中断地下生命线(上下水道、电线和电话管道以及天然气管道等等),且施工安全、机械化程度高。这种施工方法适用于市区深埋车站和线路交汇处换乘下层站等。但是,其施工所使用的机械复杂,安装操作难度大。国外盾构综合法修建地铁车站有以下五种形式^[5~8]。

3.1 扩挖区间盾构隧道修建

此方法直接在两条单线区间盾构隧道的基础上,扩挖形成车站。得到实际应用的有两种方法:一种是托梁法,一种是半盾构法。此大类方法已有较多工程实例,但多用于单层岛式站台,且单线区间盾构隧道的建筑界限还应满足车站的使用要求。

3.1.1 托梁法

此方法采用两台单线盾构,并行施工修建两条单线区间隧道,而后修建两侧立柱,从两侧立柱顶部向区间隧道间的土层中压入托梁,在托梁的支撑下进行上部土体的开挖和管片的拆除,立模现浇车站顶部结构,然后开挖下部土体和管片的拆除并施做下部结构,最近建成的日本东京地铁 7 号线(南北线)的永田町站即采用该法修建的。

3.1.2 半盾构法

与托梁法一样,用两台盾构并行并行施工修建两条单线区间隧道,而后修建两侧立柱,再用半盾构修筑车站顶部结构,最后进行管片的拆除和开挖下部土体并施做下部结构。这种结构型式如图 1 所示。

3.2 建成两条或三条平行隧道

(1) 建成三条平行隧道。用直径为 9~10m 的盾构建成三条平行隧道,在中间隧道与两侧隧道间修建联络通道形成地铁车站。该法适用于修建站台较宽的岛式车站,在前苏联深埋地铁中应用较多,如基辅地铁车站(见图 2)。

(2) 建成两条平行隧道。日本近期投入技术研究力量,成功开发出了采用圆周盾构方式将小直径的区间盾构隧道扩大为大直径的方法,为在区间隧道采用盾构法,但在车站受净空限制而不便扩建为车站结构的情况提供了可能途径。

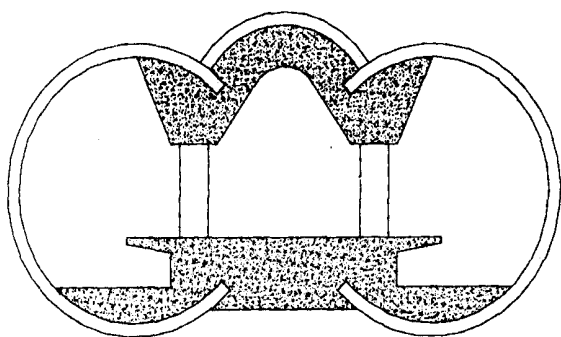


图1 半盾构法修建的车站结构

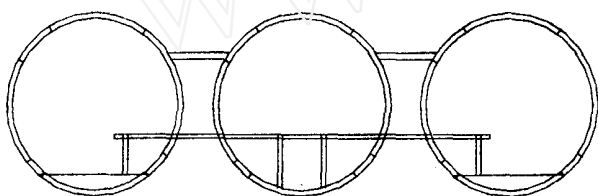


图2 基辅地铁车站的结构型式

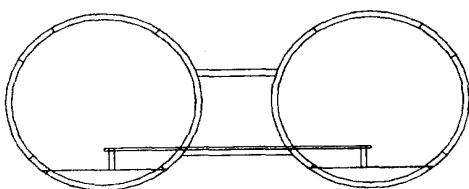


图3 伦敦地铁盾构车站

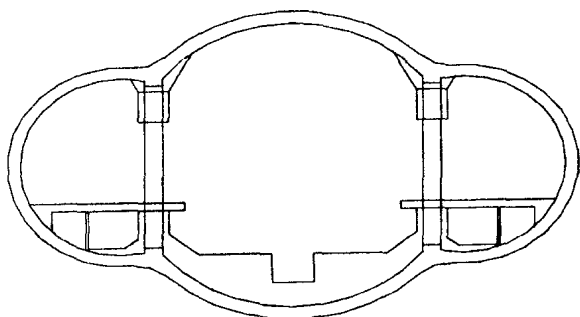


图4 单层侧式站台车站

英国直接用 7m 左右的盾构机修建两条平行隧道,形成侧式站台车站,缺点为修建车站的盾构机不能采用修建区间的盾构机,如果都用大直径盾构机修建区间和车站的话,造成不必要的浪费,其结构示意图 3,当然也可修建少量的联络通道,满足车站工作人员和乘客的通行。

3.3 固定式或分离式连体盾构机直接修建

日本在采用两连盾构机修建区间隧道成功后,继而又开发

了采用固定式或可分离式连体盾构机直接修建车站的方法。这些方法越来越多地应用到工程中,取得了良好的效果,但多为单层车站。日本还有采用此法修建双层地铁车站的计划。如都营地铁 12 号线饭田桥站,就是采用固定式三连体盾构机修建的,该站为单层岛式站台车站。图 4 为采用分离式三连体盾构机修建单层侧式站台车站示意图。

3.4 修建拱形结构

此方法为先修建两个小型盾构并充填混凝土,以此作为拱座基础,再修建上部单拱结构形成车站,此方法在俄罗斯较多使用,且已在双层车站中使用。图 5 为圣彼得堡地铁三拱墙柱式车站,先用盾构贯通区间隧道,修建两侧的立柱(实际上为连续开洞的隔墙,在墙上装有自动控制的门,列车到站时会自动开启),再暗挖站台隧道上部土体,修建拱部结构,最后开挖下部土体并修建仰拱结构。在修建上部拱式结构时,可结合辅助工法采用矿山法开挖(如加固土层后开挖或机械开槽形成上部拱式结构后开挖等)、也可直接采用若干小型盾构修筑上部拱式结构体后,在上部结构保护下开挖。

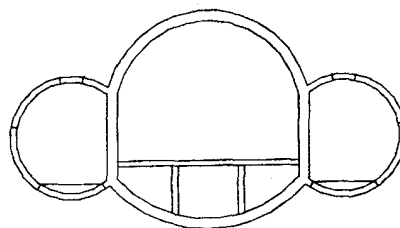


图5 圣彼得堡地铁车站

3.5 复式微型盾构修建

这是一种正在发展中的方法,其思路是采用小型或微型盾构设备,先修筑车站结构体,而后开挖内部土体,可修建大型地铁车站。其形式有多种,按盾构机刀盘的切削方向,可建成弧型或矩形车站结构体。此法不用大型盾构设备,安全可靠,可在极其软弱的地层条件下修建大型车站结构,但尚需进一步完善小型盾构设备。

4 结束语

明挖法仍然是首选的施工方法,但是应该开发深基坑围护技术和地面变形监控技术,以便明挖法在地铁车站的施工中得到更广的应用。盖挖法应是修建车站的主要方法,在世界上盖挖法修建车站占有很大比例,要建立合理的施工组织网络来疏导交通,降低对地面交通的影响,以及开发小型地下灵活的开挖机械等,来提高施工质量和缩短工期。暗挖法将有很大发展,在繁华市区,不中断交通,减少了对城市环境的影响,且具有灵活、安全的特点,有广泛的应用前景,但是应开发多臂钻孔台车、光面爆破、速喷混凝土和数据反馈指导施工和支护参数的选择的新技术。配合盾构法修建地铁车站的施工技术应该得到发展,可充分地利用盾构设备,提高建设质量、缩短建设周期,从总体上降低工程造价,同时不影响地面交通和中断地下生命线,且机械化水平高;应开发多心圆和异型盾构机以及新的支护材料和施工技术。不断提高机械化水平、提高施工速度,目前除明挖法采用

双联拱隧道浅埋段地表加固施工技术探讨

文志严,郭俊华

(中铁隧道集团二处有限公司,河北 燕郊 065201)

摘 要:以马芜高速公路黄梅山隧道进口 K4+110~+140 浅埋段施工技术为例,简要介绍双联拱隧道浅埋段如何运用地表固结注浆技术,解决隧道浅埋段的防坍问题。同时为今后类似工程施工提供借鉴。

关键词:浅埋;地表加固

1 工程概况

黄梅山隧道为浅埋、大跨、双联拱隧道,全长 530m 起止里程 K4+075~+605。海拔 37.63~80.90m,相对高差约 43.37m。隧道最大埋深 50m,洞口段(K4+110~+140)最大埋深 5m,最小埋深 2m。地貌上属丘陵低山,山体近东西走向,东高西低,隧址内矿坑杂乱分布,较大的改变了原有地貌。本隧道洞口浅埋段是整个隧道施工的关键,为了确保施工的安全,同时为了不改变原有地貌、地形,将黄梅山隧道建成“绿色、环保、国优工程”,本隧道洞口浅埋段采用了地表加固注浆技术,本文介绍的双联拱隧道浅埋段地表加固注浆施工技术是这方面的有益探索。

2 工程地质与水文地质

根据地质资料调查核实及勘察资料显示,隧址区内该段地层为第四系填筑土和上覆新统亚粘土,层厚 1~7m;下伏为白垩系下统大王山组凝灰岩及燕山三幕侵入的闪长玢岩,呈全风化斑状结构,大部分已高岭土化,泊松比为 0.4662,节理发育。我们采用先进的 HY-303 红外线预报显示,该段地质资料为非匀质构造,不同地质之间的介质密度差异较大。根据仪器原理和地质资料可判断该段存在含水结构,但水量不大。

3 方案设计

机械化施工外,盖挖、暗挖施工中大部分采用人工施工,虽然成本轻低,但施工速度慢。我国应创造条件发展适用的施工机械,不断提高施工机械化水平,才能不断加快施工进度。

参考文献:

- [1] 施仲衡,张弥,王新杰,等.地下铁道设计与施工[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.
- [2] 鐵道綜合技術研究所.シールドトンネルの實例集[M].1994,10.
- [3] 于书翰,杜漠远.隧道施工[M].北京:人民交通出版社,1992.
- [4] Walter J Hinkel, etc. Underground Railways 'yesterday today tomorrow' from 1863 upto the year 2000. compress verlag.
- [5] (日)地盘工学会.設計から施工まで[M].1997.
- [6] (日)地盘工学会.シールド工法の調査[M].1997.
- [7] (日)鐵道綜合技術研究所.鐵道構造物等設計標準?同解説[M](シールドトンネル).平成 9,7.
- [8] (日)地盘工学会.シールドトンネルの新技术[M].1995.

3.1 注浆方案确定

2002 年 3 月 28 日在相同地质条件下作了三组对比注浆实验,钻孔直径为 90mm,钻孔深度均>20m,钻孔呈梅花型布置。第一种方案钻孔孔距采用原设计 4m×4m,注浆压力为 2.0MPa,浆液采用 1:3 水泥砂浆,注浆后经开挖检测,浆液扩散半径为 1.9m,每孔浆液压入量比原设计注浆量少的多,浆液呈不规则线形分布。与注浆前的经验判断相差不大,所以此方案暂不采纳。

第二种设计方案钻孔孔距采用 1m×1m,注浆压力仍为 2.0MPa,浆液采用 1:1 水泥浆,注浆后经开挖检测,浆液扩散半径为 2.4m,每孔浆液压入量大于原设计注浆量。

经过第一种和第二种的实验结果对比分析,同时从经济性和安全性出发,决定进行第三次试验。本次试验钻孔孔距采用 2m×2m,梅花型布置,注浆压力仍为 2.0MPa,浆液采用 1:1 水泥浆,注浆量与原设计量略有减少。后经开挖检测,浆液扩散半径约为 1.9m,基本形成环形铰接桩,较好的解决了岩土固结问题,效果明显,可以满足安全施工的要求;同时又达到了节约成本的效果。因此,经多方论证及分析比较,最终注浆方案确定为第三种,但考虑到地下水的的影响,浆液采用 1:1 水泥浆+20Be 的水玻璃双浆液。

Summarizing on Construction Methods for Metro Station

LI Wei, HE Chuan

(Dept. of Tunnel and Underground Engineering of Civil Engineering School, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

Abstract: At present, construction methods of metro station include cut and cover, NATM, shield driven method and their combination and changing forms at home and abroad. The principle, advantage and disadvantage, construction flow and application condition of constructing metro station are mainly expatiated. It will offer direct reference for choosing rational construction scheme in metro station design of big city at home.

Key words: metro station; construction method; construction flow; advantage and disadvantage; application condition