

结合盾构法修建地铁车站的方案研究

何 川¹ 李 围¹ 张志强¹ 李志南²

(1 西南交通大学隧道及地下工程系,成都 610031; 2 广州市地下铁道设计研究院,广州 510010)

摘 要 文章首先介绍了国外结合盾构法修建地铁车站的基本方法,并针对我国目前采用盾构法修建地铁区间隧道的实际情况,提出了结合盾构法修建地铁车站的几种基本方案及其施工方法,并从施工、断面利用率和工程造价等方面进行了比选,最后以广州地铁三号线的建设为背景,提出了方案建议。

关键词 地铁车站 盾构法 方案研究

1 前 言

我国在城市地下铁道的建设中,盾构施工法以其良好的防渗漏水性、施工安全快速、与埋深条件无关、对周围环境影响小等优点,已成为主要的可选施工方案,在许多场合已成为首选方案。但目前我国上海、广州、北京、南京和深圳等城市在已建和拟建的地下铁道中,盾构施工法仅限于断面形式单一、直径在 6 m 左右的单线区间隧道。由于设备能力、设计和施工技术经验不足,在车站及特殊断面的隧道中未有直接采用盾构施工法或间接地在盾构施工法的基础上进行扩挖的尝试。这一现状无疑限制了盾构施工法的适用范围。

在区间隧道以盾构法施工为主体的地铁工程中,直接采用盾构法或在盾构法的基础上扩建地铁车站,可有效地利用盾构设备,使盾构法在地铁工程中得到大规模应用,达到提高地铁工程的建设质量、缩短建设周期及从总体上较大幅度地降低工程造价的目的,还可解决采用明挖法修建地铁车站时大量占用交通要道,影响车辆通行等弱点。这一修建地铁车站的方法在国外已得到较广泛的应用,但在我国尚无先例。结合我国实情,进行直接采用或配合盾构法修建地铁车站的应用技术的研究有着十分重要的意义。本文系根据广州市建设科技发展基金项目“广州地铁三号线车站盾构综合法施工技术研究”的部分初步研究成果整理而成。

2 国外结合盾构法修建地铁车站方法简介

2.1 区间隧道扩挖

此方法系直接在两条单线区间盾构隧道的基础上,扩挖形成地铁车站。得到实际应用的主要有以下两种方法:①托梁法,此方法采用 2 台单线盾构,并行施工,而后压入托梁,进行开挖,修筑车站顶部;②半盾构法,与托梁法一样,用 2 台单线盾构并行开挖两侧,而后用半盾构修筑车站顶部。日本及俄罗斯采用此类方法的工程实例较多,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。

2.2 建成两条或三条平行隧道

前苏联莫斯科曾用盾构建成三条直径为 9 ~ 10 m 的平行车站隧道,在中间隧道与两侧隧道间修建横通道形成地铁车站。日本近期投入技术研究力量,成功地开发出了采用圆周式微型盾构将小直径的盾构隧道扩大为大直径的方法,为在受净空限制而不便扩建成车站结构的情况下采用盾构法提供了可能途径。

2.3 采用固定式或分离式连体盾构机

日本在采用两连体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。

2.4 修建单拱结构

此方法在俄罗斯采用较多,且已用于在双层车站。其特点为:先修建两个小型盾构隧道并充填混凝土,以此作为拱座基础,再修建上部单拱结构形成车站。在修建上部拱式结构时,可结合辅助工法采用矿山法开挖,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下部。

3 车站地质概况

3.1 场地条件与工程地质

本文以三号线上的林和西路站为工程背景进行方案研究。林和西路站所处地形较平坦,地面高程11.40 ~12.72 m,场地为珠江一级堆积阶地。第四系覆盖层以人工堆积土、冲洪积土和残积土为主,厚5.10 ~14.5 m,局部可见透镜体状淤泥质土和细砂。除南侧站端为运动场地面外,其余均为混凝土、沥青路面。本场地由上至下的土层厚和围岩级别见表1。轨面至地表埋深为21.346 m。主要工程地质问题:其一,砾岩的风化残积土,遇水易散,在开挖中基坑边墙、隧道顶及边墙易失稳;其二,沙河断裂破碎带的不利影响。

表1 场地土层厚和围岩分级

土层符号	含义	层厚/m	围岩级别
<1>	人工填土	0.8	I
<4-1>	冲积粘土层	5.3	I
<5-1>	残积土层(可塑、稍密)	2.9	I
<5-2>	残积土层(硬塑、中密)	11	II
<7>	岩石强风化带	1.0	III
<8>	岩石中等风化带	0.6	IV
<9>	岩石微风化带	8.49	V

3.2 水文地质条件

本段地下水主要为部分地段砂层孔隙水、中风化岩裂隙水,稳定地下水位为1.90 ~5.70 m。

4 采用的主要技术标准和修建规模

4.1 主要技术标准

修建的地铁车站(包括站台、站厅和出入口)的主要技术标准如表2所示。

4.2 修建规模

根据《广州市轨道交通三号线工程总体策划纲要(讨论稿)》(2001-2-19)中的车站施工方法及综合情况一览表,建议的林和西路站的修建规模见表3。

5 方案设计及施工方法

5.1 车站方案设计

方案1:三连拱岛式站台车站。该车站站厅设在地面,站台两端可设辅助用房,站台与站厅之间由楼梯和自动扶梯连接。三连拱岛式站台车站断面见图1。

方案2:两连拱岛式站台车站。该车站站厅也设在地面,站台两端可设辅助用房,站台与站厅之间由楼梯和自动扶梯连接。两连拱岛式站台车站断面见图2。

方案3:三条平行隧道岛式站台车站。该车站结构系在两条已建区间盾构隧道中间,再单独修建一条结构独立的隧道作为站台,用联络通道的方式将该隧道与盾构隧道联结,使其使用功能与三连拱相近,但便于修建。站厅设在地面,站台两端可设辅助用房,站台与站厅之间由楼梯和自动扶梯连接。三条平行隧道岛式站台车站断面见图3。

5.2 施工方法简介

从工程地质和水文地质可知:车站结构集中在残积土层(中密)和岩石风化带,其围岩级别为II ~ V级,

表2 车站修建的主要技术标准

站 台	车站站台有效长度	140 m		侧式站台宽度(有柱式柱外)	≥2 400 mm
	站台装修面至轨顶面高	1 080 mm		侧式站台宽度(有柱式柱内)	≥3 000 mm
	站台层装修后净高	≥3 000 mm		侧式站台宽度(单洞暗挖)	≥3 000 mm
	站台层地坪装修面至结构中板底面净高	≥4 300 mm	站 厅	站厅层地坪装修面至结构中板底面净高	≥4 400 mm
	岛式站台宽度(无柱)	≥8 000 mm		站厅层装修后净高	≥3 000 mm
	岛式站台宽度(有柱)	≥10 000 mm	出 入 口	出入口通道宽度	≥2 700 mm
	侧式站台宽度(无柱)	≥3 500 mm		出入口通道净高	≥2 500 mm

表3 林和西路站的修建规模

车站名称	设计客流	车站等级	站台型式	站台宽度	线间距	适宜的施工方法
林和西路	4 365 人次/h	三	岛式	8 m	13.2 m	暗挖或盾构过站后扩挖

现代隧道技术

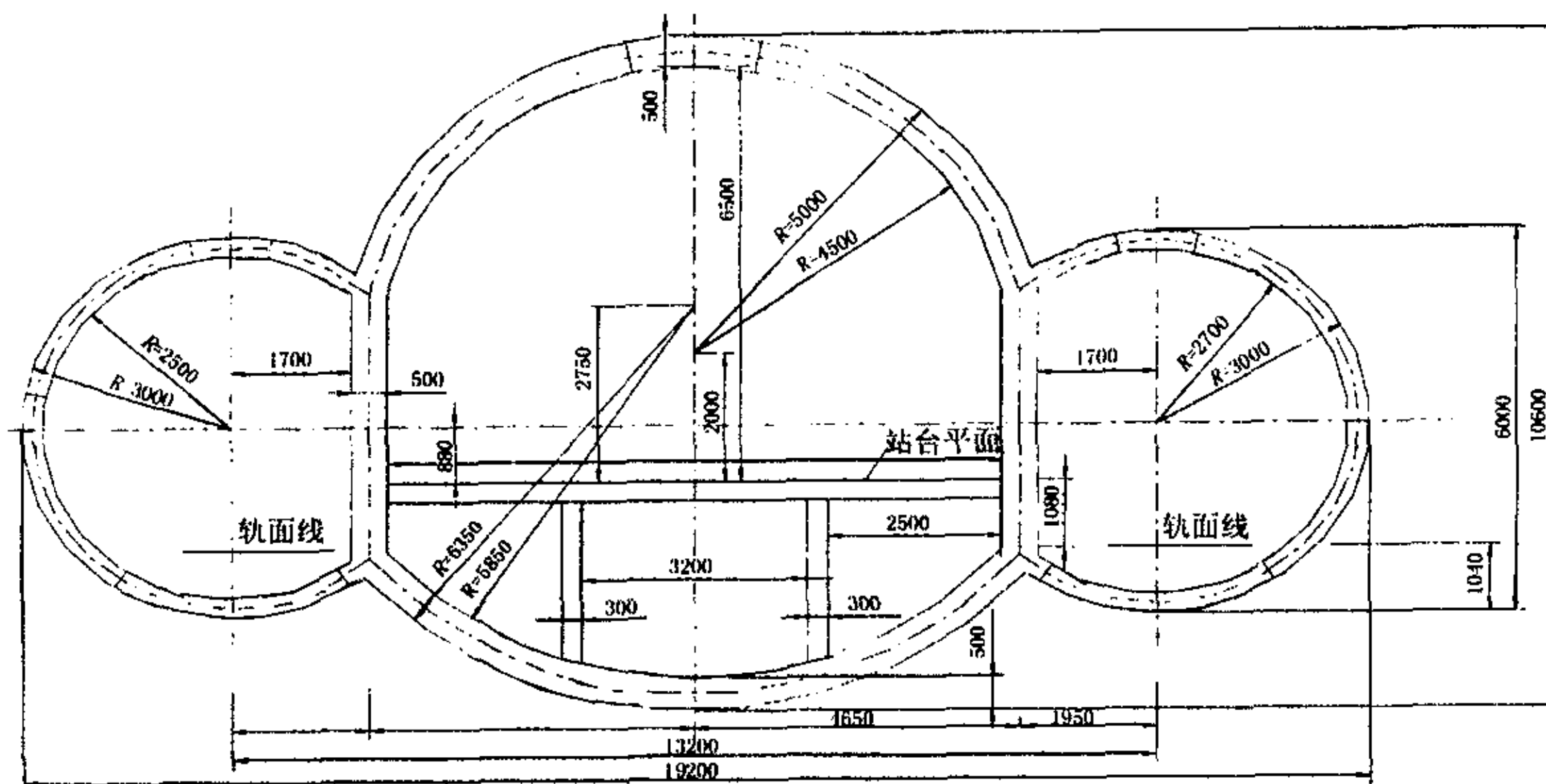


图1 三连拱岛式站台车站断面图(单位:mm)

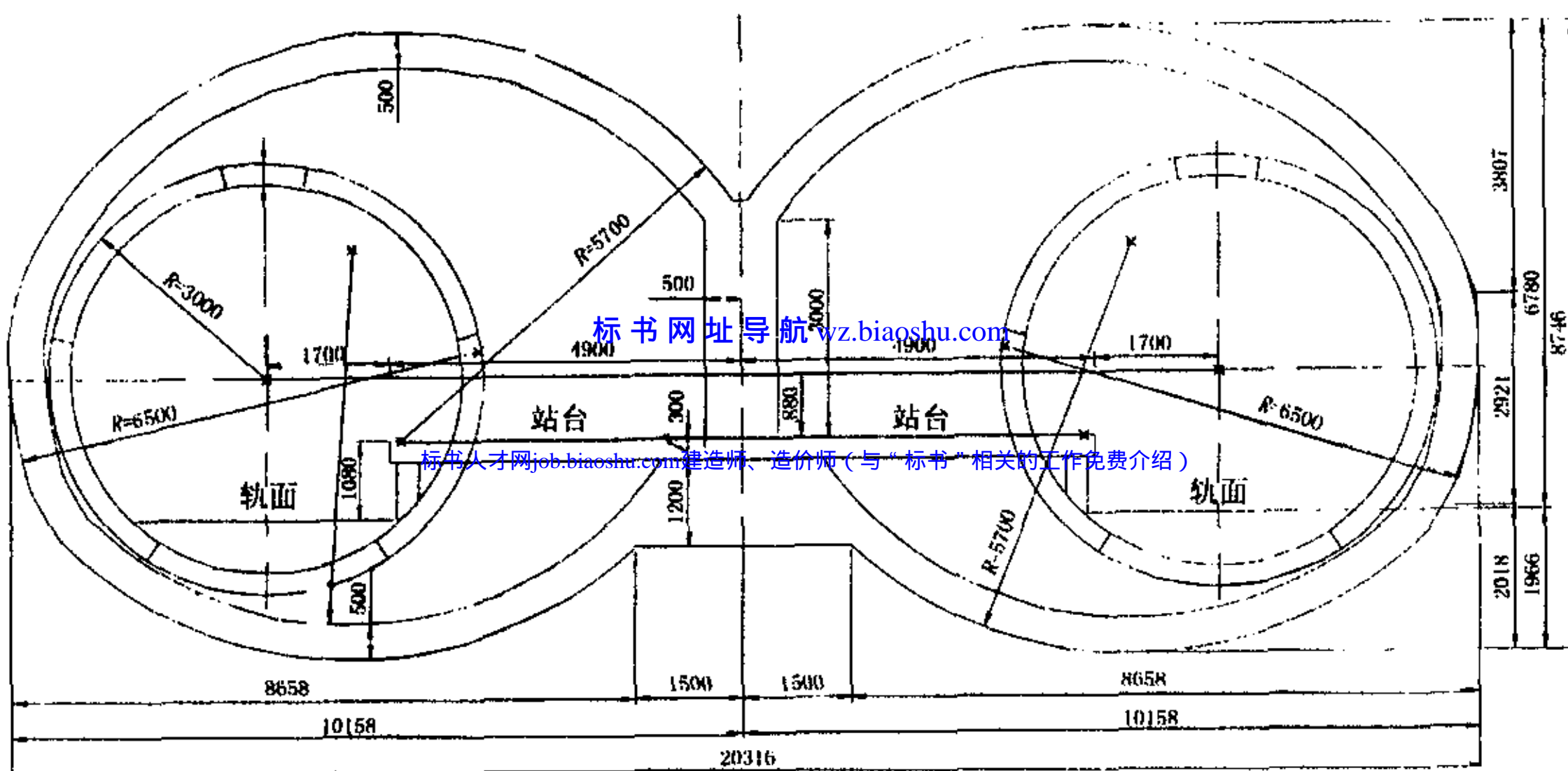


图2 两连拱岛式站台车站断面图(单位:mm)

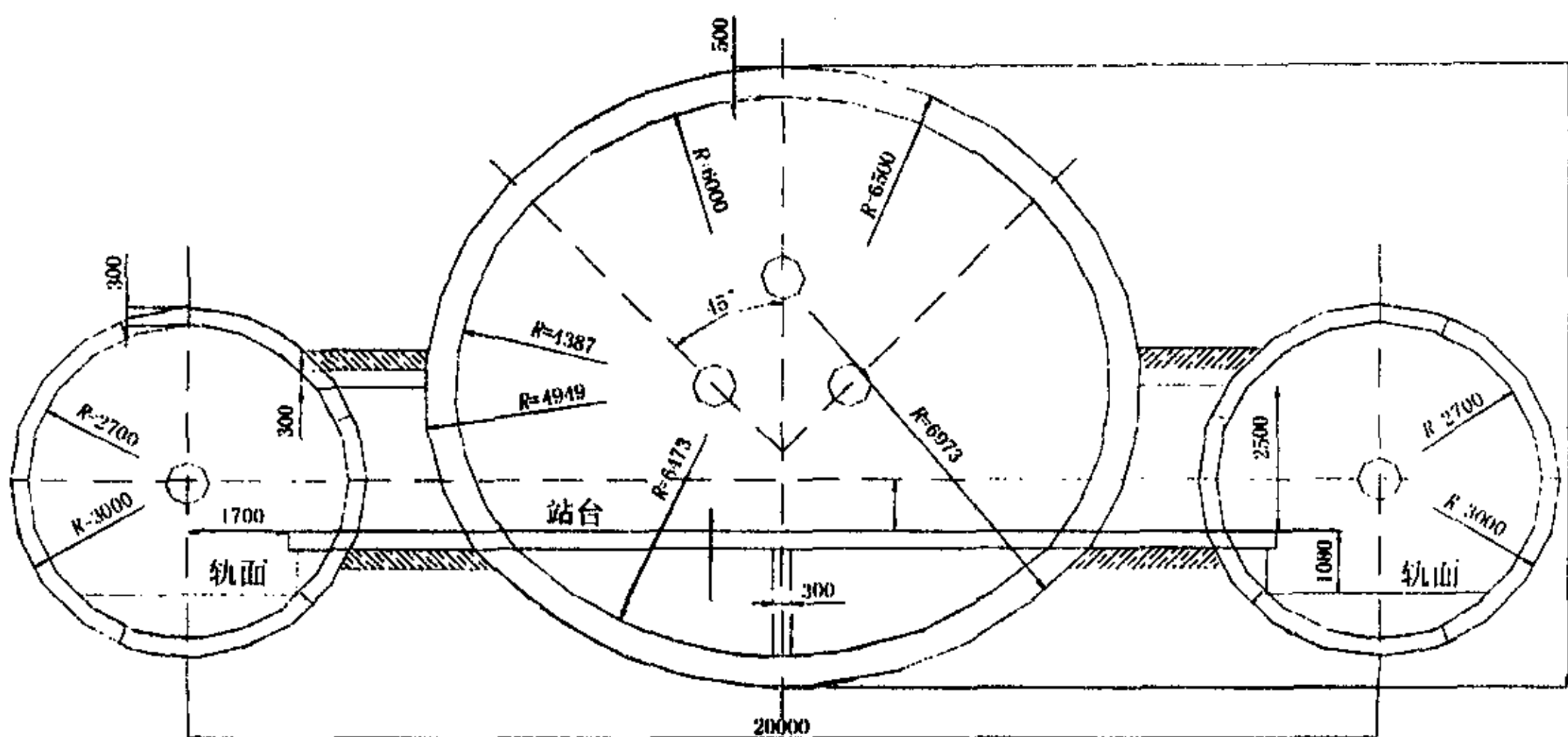


图3 三条平行隧道岛式站台车站断面图(单位:mm)

结合盾构法修建地铁车站的方案研究

完全可结合暗挖法在已经贯通的盾构区间隧道的基础上扩挖成地铁车站。各方案的施工顺序如下述。

(1) 三连拱结构

可采用半盾构法或暗挖法在已建成的两条区间盾构隧道的基础上扩挖成三连拱结构,根据我国盾构发展情况和成熟的暗挖法施工经验,推荐的施工顺序(图4)为:①修建左右两侧立柱;②进行中间拱顶地层加固改良及超前支护,开挖上弧槽并修筑拱部结构;③开挖左下部分;④开挖右下部分;⑤拆除管片和修筑仰拱结构。

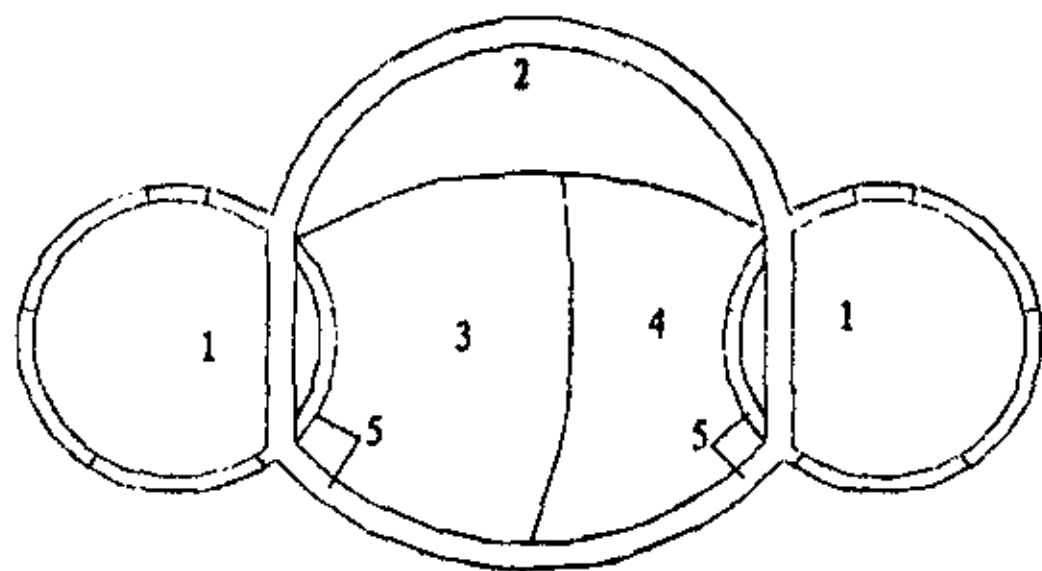


图4 三连拱结构开挖顺序

(2) 两连拱结构

采用三导洞法的施工顺序(图5):①开挖中导洞并修筑中墙;②开挖左侧导洞并修筑左边墙;③开挖左洞上弧槽并修筑拱顶结构;④拆除左侧管片结构、开挖并修筑左洞仰拱结构;⑤开挖右侧导洞并修筑右边墙;⑥开挖右洞上弧槽并修筑拱顶结构;⑦拆除右侧管片结构、开挖并修筑右洞仰拱结构。

(3) 三条平行隧道结构

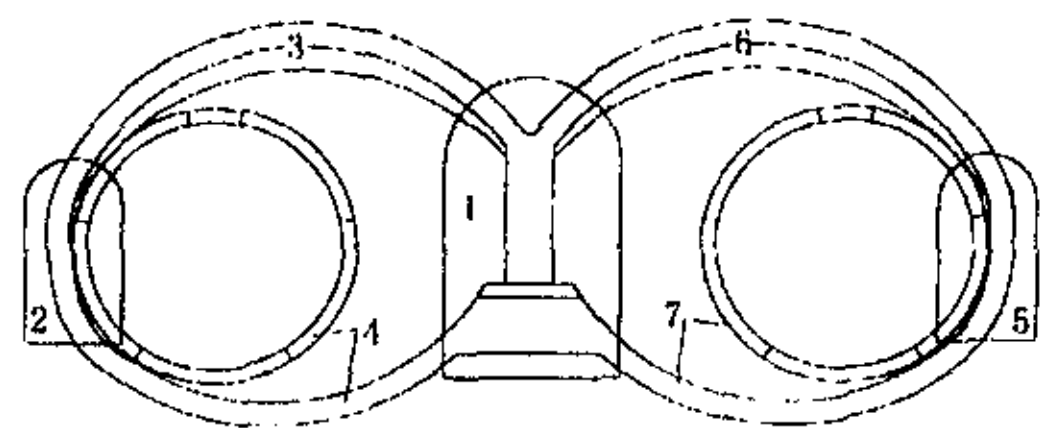


图5 二连拱结构开挖顺序

该车站结构系在两条已建区间盾构隧道中间,再单独修建一条结构独立的隧道作为站台,用联络通道的方式将该隧道与盾构隧道连接,其使用功能与三连拱相近。采用暗挖法中 CRD 工法的施工顺序(图6):①进行地层加固改良及超前支护,开挖左上部分;②开挖左下部分;③进行地层加固改良及超前支护,开挖右上部分;④开挖右下部分;⑤修筑二次衬砌并修建左右两侧联络通道。

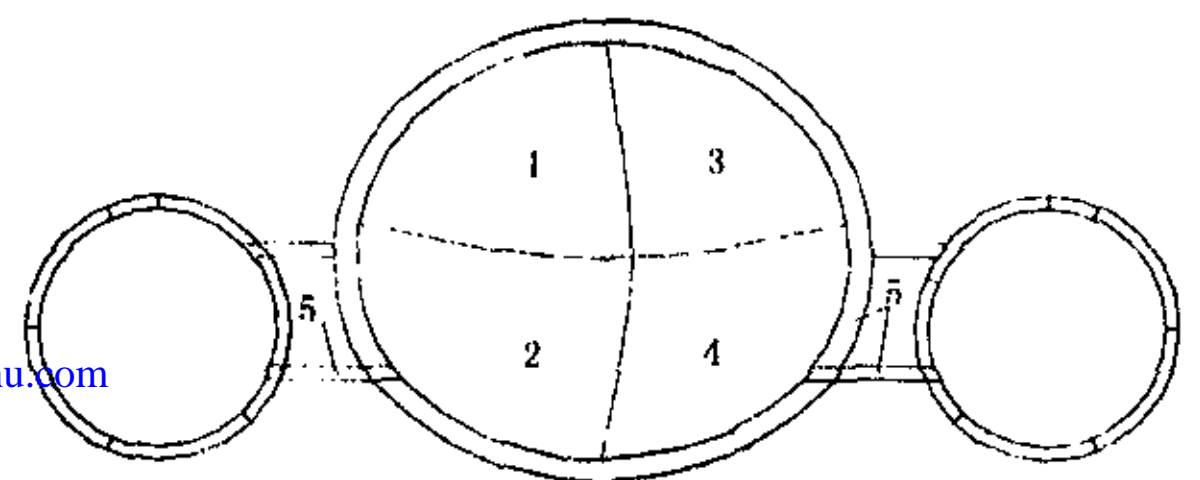


图6 三条平行隧道结构开挖顺序

6 方案综合比选

对前面提出的三种方案从多方面进行定性分析比较,结果见表4。

表4 方案比较

比较项目	三连拱岛式或侧式站台车站方案	两连拱岛式站台车站方案	三条平行隧道岛式站台车站方案
地面沉降	一般	较大	较大
施工难度	一般	较大	较小
施工安全度	稍大	稍小	一般
施工环境	一般	稍差	稍差
地面场地占用	少	少	少
线间距	较小	较小	较大
使用条件	好	好	一般
断面利用率	好	好	一般
拆掉管片数	一般	多	少
受力条件	好	一般	较差
防水效果	一般	稍差	一般
施工工期	一般	较长	一般
工程造价	一般	稍高	次稍高
结论	推荐	不推荐	推荐

现代隧道技术

7 结构内力计算

对三连拱结构方案和三条平行隧道结构方案采用荷载—结构法进行了内力计算,其计算结果如图7和图8所示。

8 方案建议

- (1) 结合矿山法修建单层车站,站厅设在地面,可选用三跨岛式(或侧式)站台车站及三条平行隧道岛式站台车站,站厅可设在地面或地下站台两端。
- (2) 应研究车站内站台和站厅、与其它辅助建筑物的连接、地面出入口等的修建技术。
- (3) 对用盾构法修建的车站隧道,其拼装用的管片应进行特殊设计,如管片的撤卸和可再利用等,以便于车站的扩挖施工。
- (4) 在选定方案结构型式的条件下,结合地质情况,进行施工数值模拟研究,以论证结构型式和施工方法的可行性。

参考文献

- [1] シールドトンネルの新技术[M].(日)土木工学社出版,1995
- [2] シールド工法の調査、设计から施工まで[M].(日)地盘工学会出版,1997
- [3] トンネル标准示方书「シールド工法编」・同解说[S].(日)土木学会出版,1996
- [4] 施仲衡.地下铁道设计与施工手册[M].西安:陕西科学技术出版社,1997
- [5] 李 围,何 川等.地铁车站盾构综合法技术在我国的应用前景探讨.十四届地下铁道论文集,北京:中国科学技术出版社,2001
- [6] 何 川,李 围等.广州地铁三号线车站盾构综合法施工技术初步研究报告.成都:西南交通大学,2001

〈作者简介〉

何 川 男 教授 博士生导师

图8 三条平行隧道结构方案弯矩图(单位:N·m)