

目录

-
- 1.广州市轨道交通3号线的设计特色 鲍 风 (1)
- 2.地铁工程中地下结构防水问题的探讨 莫庭斌 (5)
- 3.套管钻孔咬合桩在深圳地铁一期工程中的应用 瞿守信 (11)
- 4.基坑支护支撑拆除过程的弹塑性有限元分析 崔奕 等 (14)
- 5.论城市轨道交通工程投资控制重点 陈 光 (16)
-
- 6.地铁车站集成环控系统 毛宇丰 (19)
- 7.地铁TVF风机选型设计应注意的问题初探 谈洪潮 (25)
- 8.广州地铁大温差冷水机组蒸发器传热面积核算 唐增良 (27)
- 9.广州地铁1号线地下空间环境
 噪声分析及降低噪声的方法 翁树波 等 (29)
-
- 10.城市轨道交通的牵引变电所 樊元武 (33)
- 11.地铁移动电话引入系统设计探讨 龚小聪 (36)
- 12.浅析工程项目信息库 林润文 (37)
-
- 13.采用小编组、高密度列车运行方案
 ——是降低工程造价及运营费用的有效途径 陈浩然 (39)
- 14.简论如何提高地铁服务 骆海瑛 (46)
- 15.浅析高矫顽力磁卡在上海地铁AFC系统的应用 温 泉 (49)
-
- 16.轨道交通车辆中IGBT逆变器的应用与发展 吴伟光 (51)
- 17.欧洲地铁列车控制系统 王 洁 (56)
-
- 18.第八届国际地铁、轻轨及高速铁道展览会 (57)
- 19.中国工程院咨询项目
 ——“降低地铁工程造价及工程管理若干问题的研究”课题动态 (58)
- 20.第二届中国城市轨道交通技术设备展览会即将开幕 (4)
- 21.极具活力及市场价值的专业展
 ——2002成都国际地铁轻轨暨铁路设备展览会 (18)
- 22.上海城市轨道交通的总体规划和“十五”规划 (35)

编辑委员会

顾 问：

傅志寰	铁道部部长 中国工程院院士
周干峙	中国科学院院士 中国工程院院士 建设部高级顾问
赵宝江	原建设部副部长
刘国冬	中国工程咨询协会副会长
焦桐善	中国交通运输协会副会长
刘建航	中国工程院院士
陈肇元	中国工程院院士 清华大学教授
王梦恕	中国工程院院士
杨鲁豫	建设部标准定额司司长
周翊民	铁道部顾问
谢正光	北京市地铁总公司副总经理
程 骁	上海市地铁建设公司总经理
陈韶章	广州市地铁总公司副总经理
沈晓阳	重庆轨道交通总公司总经理
李淞泉	南京市地铁总公司总经理
柏贤华	北京市城建设计研究院董事长
沈秀芳	上海市隧道工程轨道交通设计研究院院长
王新杰	中国地铁工程咨询公司顾问

主 任 施仲衡

副主任 杨家齐 姜 帆 沈子钧

委 员 (按姓氏笔划为序)

王兆民	王策民	王振信	申大川	叶大德
包国兴	史其信	兰 荣	朱 军	仲建华
闫景迪	余才高	沈景炎	汪 禾	张 弥
宋敏华	杨 超	卓 弘	周庆瑞	赵 力
彦启森	俞加康	谢仁德	曾学贵	褚敬止
潘曾同				

编 辑 郑晓薇 李太惠 曲小溪 陈 欣 余 乐

广州市轨道交通 3 号线的设计特色

鲍 风 (广州市地下铁道设计研究院)

摘要 广州地区经济的持续发展,城市范围的扩大和人口增加,城市空间结构发生了重大变化。广州市根据新的城市形态结构调整了城市总体发展目标,提出了发展快速轨道的设想。本文通过对广州市轨道交通 3 号线的产生环境、技术特性进行分析,以期对我国快线快速轨道的发展有所借鉴。

关键词 广州 轨道交通 3 号线 设计特色

广州市轨道交通 3 号线是我国第一条以 160km/h 为目标速度进行设计的快线系统,也是第一条“再”线运营的轨道交通系统。这条线路的提出、实施都有着不同于国内以往其他轨道交通系统建议的特色。

一、广州市轨道交通 3 号线的规划特点

随着广州人口达到 1000 万人的规模,大量人口集聚于城市,区域城市化进程的加快,尤其在珠江三角洲地区所具有显著的区位优势,对其所具有的辐射力和吸引力又提出了更新、更高的要求。番禺、花都撤市设区的实施,使城市空间结构发生了重大变化,市区面积由原来的 300km² 扩大为 1000km²。根据新的城市形态结构,广州市提出南拓、北优、东进、西联的城市发展战略,广州市将发展成为一江多岸、两轴三带、两个转移、三个大港、四个物流中心的多中心、网络型、生态系统复合型的城市。

为了达到上述目标,广州制定了长远的综合交通发展政策:优先发展城市快速轨道线,尽快建立以南北快线为核心,常规线为基础,市郊铁路、城际快轨为辅助的便捷、高效的都会区轨道交通运输网,形成支持并引导城市发展的“快线+常规”模式,结合常规公交的发展,促进城市发展向公共交通依赖型转变,推动城市空间拓展与人口疏散。

项目组从广州城市发展的需求,参考了世界上国际化城市巴黎、旧金山等城市的发展模式,提出了轨道交通 3 号线的快线要求。3 号线的建设思路从适应城市既有客流形态的模式转变为以轨道交通的建设引导城市结构及居民出行和生活方式改变的发展模式上来。

二、采用的技术特点

广州市轨道交通 3 号线由于采用了快线这一概念,有别于通常轨道交通的特点,为了更好地说明这些特点,我们可以参照巴黎 RER 线及旧金山 Muni 系统的情况。

1. 最高速度、旅行速度及站间距的设置

巴黎 RER 线:既有线路 150km/h,新建线路 200km/h,巴黎核心区旅行速度 100km/h,外围线 120km/h 以上,平均 100km/h 站间距 3km。旧金山 Muni 线:增建线路 160km/h,旅行速度 100km/h,站间距 2.5km。

根据广州市轨道交通近期线网的规划,3 号线与机场快线构成了北部花都与南部市桥的连接,线路长度 100km,将成为广州市南北向的客流大通道,承担起广州乃至整个珠江三角洲南北主客运走廊的功能。按城市内乘客长距离公交出行的要求应该将时间控制在 45min 以内,为此,设计中旅行速度应达到 100km/h 左右,目标速度应达到 160km/h。

广州市轨道交通 3 号线呈“再”型布置,考虑到 3 号线所经区域既有建成区,又有番禺新的规划建设区,应与沿线发展现状相协调,采用不同的站间距。

线路主线全长 100km,全部为地下线路,共设 16 座车站,最小站间距 1.5km,最大站间距 2.5km,平均站间距 2.5km。支线也全部为地下线,全长 20km,支线共设 4 座车站,最小站间距 1.5km,最大站间距 2.5km,平均站间距 1.5km。其中与主线和支线有一个换乘站(接轨)。

由于站间距分布的不等,如果在全线范围内都按

LIGHT
RAIL

按照城市轨道交通的最高速度制定技术标准，必将造成工程上的浪费。因此，猿号线线路在设计时，提出了路段速度的概念，即按照本区段的最高行车速度，合理设置线路的平面曲线半径及缓和曲线，最大限度地满足了工程的需要。

列车编组和输送能力设置

列车编组和输送能力将直接影响系统的功能，为此，研究了巴黎 砾砾线及旧金山 月粤线系统的特性如下：

巴黎 砾砾：采用 愿员节编组，愿缘园猿源园人列车，追踪间隔 愿缘园秒，设计列车间隔 愿缘园秒，猿源园门猿卡，最大停站时间 缘秒，输送能力 远猿园园人，猿向小时，横向座位为主。

旧金山 月粤线：采用高峰期间 愿员节编组，非高峰期间 缘节编组，高峰小时追踪间隔 愿缘园秒，其他时段追踪间隔 猿缘园秒，猿源园门猿，停站时间 猿园秒，猿向小时，横向座位为主。

通过分析，猿号线的系统能力主要由大石站的折返能力、体育西路站的车站追踪能力、列车出入段线能力以及区间追踪能力共同决定。现仅列出体育西路站(主线、支线接轨按图 员方案 员计算)及区间通过能力表如表 员

以上能力均满足远期 愿园园秒的最小行车间隔要求。

通过对车辆段出入段线、折返(包括临时折返)站等的折返能力计算，在采用准移动闭塞的情况下，猿号线系统能力均大于 愿园园秒的要求，推荐 远节列车编组方案。

猿号线主线与支线的设置

无论是巴黎 砾砾、旧金山 月粤线均存在大量的

支线设置，支线布置于核心区外围，连接居住区、工业区等，负责向主线汇集客流，主线贯穿核心区，负责核心区的金融区、商业区、办公区的人流集疏。

表 员 体育西路站能力计算表 单位：泽

列车编组	信号	源辆	缘辆	远辆
能力分类	移动闭塞	猿园	猿园	猿园
	准移动闭塞	猿缘	猿苑	猿愿
车站追踪	移动闭塞	愿缘	愿缘	愿缘
	准移动闭塞	愿缘	愿缘	愿缘
从支线进入主线	移动闭塞	愿缘	愿缘	愿缘
	准移动闭塞	愿缘	愿缘	愿缘
从主线进入支线	移动闭塞	愿缘	愿缘	愿缘
	准移动闭塞	愿缘	愿缘	愿缘
折返(支线独立交路)		猿缘	猿缘	猿缘

表 圆 区间通过能力计算表 单位：泽

列车编	源辆	缘辆	远辆
信号			
移动闭塞	猿苑	猿愿	猿愿
准移动闭塞	源缘	源缘	源缘

广州市轨道交通 猿号线不尽相同，猿号线选择“再”型设置主支线，既考虑到贯通广州南北的必要性，又兼顾五山高校区及居住区。

猿号线的主线与支线在体育西路站接轨，同时又与 员号线体育西路站换乘，所以接轨方式的取决，直接影响 猿号线的服务水平。为此，项目组做了大量的工作，对比了三大类 猿个接轨方案，进行了比选，现仅列举两个典型的方案(图 员图 圆)。

从比较来看，方案 员运营方便、灵活，方案 圆节省

LIGHT RAIL

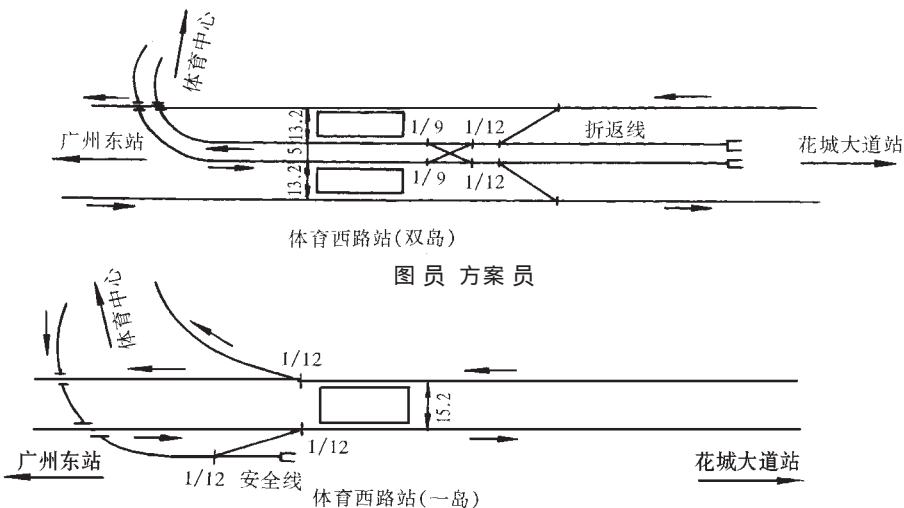


图 圆 方案 圆

投资 愿 1000 万元(包括折返线)。

表 猿 猿号线主线支线接轨方案比较表

	优点	缺点
方案员	<p>员 双岛站再线运营兼独立折返模式,再线运营时,折返线做停车线用;</p> <p>圆 同等功能条件下,工程造价最省;</p> <p>猿 近期支线或主线客运量增大时,支线在体育西路站可独立折返使用,不影响主线通过能力;</p> <p>源 在各个时期使用方便、灵活,同一站台换乘</p>	<p>员 工程造价比较高,配线比 II 类一般方案增多一个折返交叉渡线,一条左线联络线,一条折返线,总长约 源 000 米;</p> <p>圆 支线双线需绕行拉猿 00 纵坡与主线立体交叉,左线绕行长度比方案圆长 员 000 米;</p> <p>猿 支线双线均下穿广州天河体育馆和游泳池</p>
方案圆	<p>员 再线运营方式,能满足再线运营要求;</p> <p>圆 工程费较方案员估算要节省 愿 1000 万元(包括折返线)</p>	<p>员 支线不能独立运营;</p> <p>圆 支线右线在进入体育西路站前停车,只能在区间等待,且在陡坡上,主线右线通过能力比方案员差些</p>

源 快线行车组织

在快线的行车组织中存在 猿 种行车组织方式,第一种为快线越站追踪方式,在巴黎 砸 砸 线采用,这种方式的特点为区间双线,减少工程投资,部分列车旅行速度快,但在核心区仅采用站站停的追踪方式。第二种为越站越行方式,利用客流的潮汐现象,在客流大的主要站点间运行,区间需要设计三线,该部分列车运行速度快,输送快。第三种为追踪运行,在旧金山 月 月 系统采用,区间双线,在主线与支线交汇、分叉段设置三线,满足系统可靠性要求。

通过对以上 猿 种行车组织方式的研究,经过排运行图等工作,结合工程实施及经济方面的比较,猿号线选择了追踪运行的模式。按列车 远 辆编组设计,初、近、远期均推荐采用“再”线运营交路方案。为了提高车辆的运用效率,在保证一定的服务水平的前提下,猿号线推荐的行车交路图如图 猿

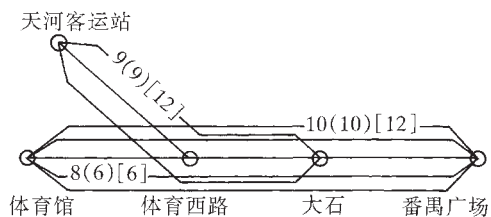


图 猿 猿号线推荐的行车交路图

缘 区间疏散模式

猿号线的平均站间距达到 圆 000 米以上,最长的区间有 远 000 米,因此,区间的疏散模式不同于常规地铁线,是重大的安全问题。

参照国内外有关地铁隧道设计,在两条行车隧道间设有不少于 圆 000 耐火极限的中隔墙时或两条隧道是完全分开的情况下,当其中一条隧道发生火灾时,另一条隧道可为乘客提供足够的安全保障。因此,猿号线长区间隧道火灾时,乘客疏散方案考虑采用在超过 员 000 米的长区间隧道左右线间每隔 苑 00 米设置一个左右线间的联络通道,同时在联络通道两端设甲级防火门。当列车着火且停在区间隧道内时,乘客可通过列车端头门下车到道床后步行至最近车站或最近的联络通道处进入另一条隧道内,控制指挥中心根据乘客疏散的距离决定是否派出救援列车。根据香港地铁所做测试,一列满载列车的乘客由车厢内有秩序地通过列车端头门下车至道床所需的平均时间约为 员 00 秒,扣除 员 00 秒的应急反应、决策等时间,乘客下车后剩余的疏散时间应控制在 员 00 秒内完成,若乘客步行平均速度取 员 00 米/分钟,则乘客下车后步行的最长距离不应大于 员 000 米。

根据上述原则,在 员 000 米区间隧道左右线间均匀设两个联络通道,其间距不大于 苑 00 米;在 远 000 米区间隧道左右线间均匀设 猿 个联络通道,其间距同样控制在不大于 苑 00 米;汉溪至光明路区间隧道长度约为 远 000 米,从汉溪向南分别为 圆 000 米隧道,源 000 米半敞开式区间隧道,按区间招标文件要求采用每隔 苑 00 米开缘 00 天窗雪,最后为约 员 000 米隧道。其中 源 000 米半敞开式区间隧道顶部开启面积已远远满足有关规范自然排烟面积要求,因此若列车发生火灾且停在半敞开段内时采用现场自然排烟方式,其他区段仍采用机械排烟方式,乘客疏散通道仍按每隔 苑 00 米设一个左右线的联络通道。

由于长区间隧道还可能同时有两列车运行情况,若前面一列车发生火灾且停在区间隧道内时,消防人员无法通过后面的阻塞列车而接近事故列车进行救援工作,因此,对于可能同时有两列车运行的区间隧道还应考虑消防人员进入的专用通道,参考香港地铁的方法,在出现此种情况的区间隧道内(猿号线有 猿 个区间是此种情况)轨旁设一低平台,平台的最小宽度 圆 000 米,上部空间最小宽度 圆 000 米,空间的净高不小于 圆 000 米。

三、猿号线在路网中的定位

通过与规划部门的多次协调,广州市轨道交通猿号线的功能等级定位,与主要服务于环城高速公路内人口、功能等密集的主城区的地铁 员 圆 号线(平均运

LIGHT RAIL

行速度约 猿号(猿)有所不同,为广州市南北主干线,采用大站快车形式,车站平均间距 猿左右,平均运行速度约为 猿,保证城市南北有非常快捷的交通联系。

在城市主要客运交通方式中,地铁(轻轨)、快线分属于不同层次、不同位置、不同服务水平、不同服务范围的二种城市轨道交通系统,它们之间是相互补充、相互依赖共存的。猿号线的服务范围不仅仅是地铁员圆号线的站点的概念,而是一个面的概念,或者说是一个组团的概念。猿号线作为广州市轨道交通的主干线,主要布设于城市核心区与城市主要组团(番禺区的洛溪、大石、市桥等)、交通枢纽之间,承担区域中长距离出行;而员圆号线以及规划中的地铁、轻轨作为城市核心区的主要轨道交通方式,承担核心区内的中距离出行和对快线的集疏作用。城市主要轨道交通方式的对比见表源

四、结论与建议

猿由于猿号线采用了快线概念以及“再”线运营的模式,在设计中无专门的规范可以依据,而且在我国城市化进程中,快线系统及“再”线的运营有十分广泛的应用前景,因此必须加快对这一交通方式的研究。

猿虽然快线系统有其优点,但我国的轨道交通开始不久,线路较短,尚未形成网络,因此应采取客观和发展的态度,注重各种轨道交通方式的层次性和其发展建设前提的研究。

表源 城市主要轨道交通方式对比表

项目	地铁、轻轨	快线	
系统性质	城市公交客运骨干系统,承担中距离为主	主要承担中心区与周边组团间长距离客运交通	
线路布局	选择城市客运交通走廊,与道路公交网交织合作	选择城市客运交通走廊,必须依赖公交、地铁接运	
客运能力	系统列车化、高密度运行,属中、大运量系统	系统列车化、高密度运行,属大运量系统	
服务水平	平均速度	猿	猿
	高峰行车间隔	猿	猿
	直达性	较好	较差
	服务范围	城市中心区范围	城区范围
服务性质	线的影响	点的影响	

猿必须考虑到轨道交通的引入会大大改变走廊地区的相对可达性,城市的结构将会发生大幅度的改变,从而改变其发展方向和发展方式,因此轨道交通的发展应纳入城市群、都市区的发展战略规划。

猿由于快线系统照顾的客流是点的概念而不是面,因此必须重视轨道交通站点与站点地区规划的结合,着重考虑保持沿线较高的开发密度和居民出行要求,满足轨道交通对客源的需求。

参考文献

- 猿 广州地铁代表团法国、美国快线系统考察报告, 猿
- 猿 章云泉,城市轨道交通特征分析,城市规划汇刊, 猿

LIGHT RAIL



第二届中国城市轨道交通技术设备展览会即将开幕

众所周知,城市地铁轻轨的出现为人们提供了更加便捷、舒适、快速的交通便利。猿年以前,北京将斥资 猿亿元人民币新建轨道 猿,地铁八通线、源号线、缘号线、城市铁路、奥林匹克公园内交通线等都要在这期间完成。专家分析,政府的重视和潜力巨大的轨道交通市场将给众商家带来巨大的商机。为加强国内外地铁、轻轨行业的交流、合作与贸易,促进我国城市轨道交通的快速发展,由建设部批准举办的“第二届中国城市轨道交通技术设备展览会”将于 猿年 缘月 猿日在北京农展馆举行。本届展会得到了系统内部的大力支持,规模大,档次高。成功地举办本届展会,将给参展商带来巨大的商机,同时对促进城市轨道的发展有着重要的意义和深远的影响!

地铁工程中地下结构防水问题的探讨

莫庭斌 (广州地铁总公司)

提 要 地铁工程中的地下结构防水,是地铁结构工程中的一个主要问题。笔者根据广州地铁1号线建设的经验和运营后防水效果,对结构渗漏原因提出分析,并对结构防水设计中的选型、变形缝设置、附加防水层的作用评价及结构对混凝土品质的要求,结构防水施工中的混凝土品质控制、接缝、防水层施作等问题提出看法。

关键词 地铁 结构防水 设计 施工

地铁工程中的地下结构防水,一直是地铁设计与施工各方所关注的问题。其原因不仅仅是电气化隧道(车站)使用的观感和设备安全的要求,而且还将影响结构的使用寿命。特别是在广州,由于地下水埋藏浅,补给充沛,地下车站和隧道结构终年为地下水所包围,结构防水问题尤为突出。笔者根据广州地铁1号线结构防水的经验和思考与各位同行共同探讨。

一、地铁工程中地下的防水要求和防水设计

我国《地下铁道设计规范》(GB 50157-2003)第五章第六节对地铁工程结构防水作了专门规定:

“地铁隧道工程的防水设计应遵循“以防为主,防排结合,因地制宜,综合治理”的原则。

“车站及机电设备集中的地段,隧道结构不应渗水,结构表面不得有湿渍(即满足一级防水标准要求)。

“区间及其他一般隧道结构不得有线流和漏泥砂,当有少量漏水点时,每昼夜的漏水量不得大于0.5L/m²(即满足三级防水标准要求)。

根据地铁设计规范的要求,广州地铁1号线的地下结构均按照防水型结构进行设计;车站结构通常有柔性防水层和防水钢筋混凝土内衬组成防水结构;明挖区间隧道有防水钢筋混凝土结构外敷柔性防水层(防水卷材或聚胺酯防水涂料);矿山法暗挖区间则用喷射混凝土初期支护,卷材夹层、模注防水混凝土二次衬砌组成防水结构(见图1)。

施工缝设遇水膨胀橡胶止水条,区间用钢芯橡胶腻子止水片;变形缝埋设中置式橡胶(或聚氨酯)止水带(见图2)。

二、地铁工程中地下结构的渗漏现象及原因分析

尽管在设计中对结构防水已作了多重考虑,施工中亦给予了相当的投入和关注,但结构完工后,渗漏现象仍然未能完全避免。在1号线工程中,渗漏主要有以下几种情况:

1. 局部混凝土面渗漏;

2. 结构缝漏水,包括施工缝漏水和变形缝漏水;

3. 混凝土开裂漏水。

这三类渗漏的原因分析如下:点渗水大多数是在固定模板的穿心螺栓部位发生,原因有三:

(1) 螺栓没有或没焊好止水片;

(2) 过早拆模,由于施工时螺纹碰毛或水泥浆糊死螺纹,强行拧卸螺帽,致使螺栓在混凝土中松动形成透水通道;

(3) 没有认真做好穿心螺栓孔口的防水封堵。

这种情况在大多数车站和明挖隧道结构中都有不同程度的发生。

还有一种点渗水情况发生在底板。原因是基坑开挖后,坑底涌(渗)水没有做好导排,强行做混凝土垫层,水将垫层击穿后未作处理,继续做底板,结果涌(渗)水在底板混凝土固化之前将底板击穿形成点渗。

大面积渗水,主要是混凝土质量不良,包括混凝土抗渗等级过低或混凝土拌合物入仓后振捣不良,导致混凝土密实度不够不能抗渗。这种情况在1号线仅芳村站有一个仓号的边墙上发现过,经用赛帕斯(Sealant)处理后已无渗水。

LIGHT
RAIL

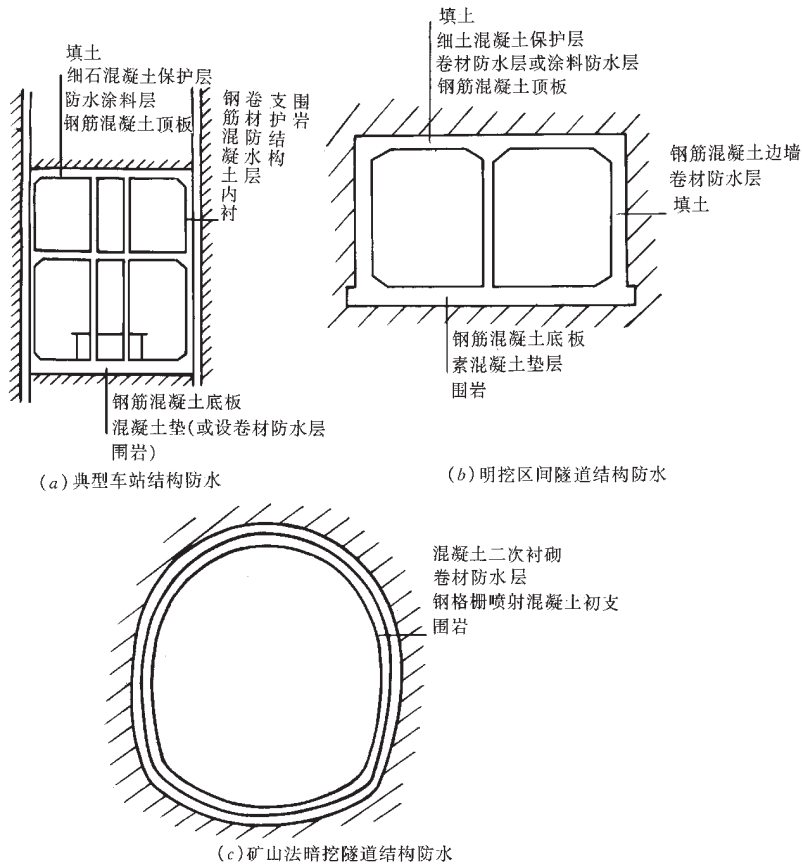


图 11

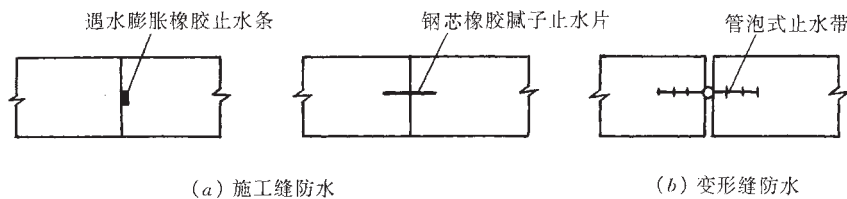


图 12

点渗和大量渗水应是施工原因造成的。因此，只要施工中严格把关，按规程要求做好每一步工序，点渗和大量渗水是可以避免的。

接缝漏水现象中，变形缝漏水主要是止水带埋设位置不准确和止水带附近混凝土密实度不够。其主要原因是在埋设止水带部位用于固定止水带的端头模板支模刚度不足，当浇灌混凝土振捣时，由于模板变形，止水带被挤离正确位置甚至被挤至脱出，混凝土也不能充分振捣而密实度不够。这种情况在号线为数不少。变形缝漏水应是施工原因造成的。在号线有不少承包商已对此作了改进，采用盒式端头模板，可靠地夹持止水带并做成整体端模，相信将会有较大的改善。

施工缝漏水的原因比较复杂，既有设计选用止水材

料不当，亦有施工工艺不当两方面原因。号线工程的施工缝基本上都选用遇水膨胀橡胶止水条。这种材料膨胀率高，耐老化性能好，耐水性好，经多次干湿缩胀试验，体积变化率不大于15%，但是遇水膨胀速度快，表面缓膨胀剂性能不稳定，在湿作业条件下，往往未浇混凝土或混凝土未硬化前就膨胀完毕，失去了遇水膨胀止水的作用。而且施工过程中，往往对止水条的固定措施不当，在浇混凝土时，止水条与已硬化的混凝土面不密贴，甚至脱开，也是造成施工缝漏水的重要原因。因此解决施工缝漏水首先要从止水材料的选择入手，遇水膨胀橡胶止水条必须要解决性能稳定可靠的缓膨胀表面保护层才能使用。号线选用了非硫化丁基橡胶钢芯止水片在海珠广场站和市二宫站取得不错的效果。但使用这种止水片必须用盒式端头模板做好夹持定位和保护，这需要在施

工中严格把关。

还有一种施工缝漏水是发生在边墙与板的水平接缝上。这种情况的原因是边墙模板较高,一般达到源远,在浇灌边墙混凝土时没有按规程要求下串筒或导管,混凝土从墙顶模板口自由落下,产生离析,或墙过高在底部振捣不充分甚至漏振,致使水平施工缝部位混凝土不均匀或不密实,形成透水通道。这种情况也应从严格施工措施解决。

混凝土结构裂缝漏水是号线结构漏水中占比较多的。漏水裂缝大都不是由于结构因荷载作用产生的裂缝。因为在结构计算中已严格控制结构迎水面裂缝宽度,背水面裂缝宽度(浅埋暗挖隧道素混凝土二衬除外)。漏水裂缝基本上垂直于线路结构轴线方向,这主要是结构混凝土收缩导致的裂缝。混凝土收缩的基本原因有两个,一是混凝土固化过程和固化后的失水收缩,二是混凝土温度降低导致的收缩。这两种收缩都是水泥混凝土材料固有的特性。因此,混凝土结构的收缩是不可避免的。而广州地铁号线的车站结构设计原则上不留变形缝(伸缩缝),当混凝土的收缩率大于其极限拉伸应变时,收缩裂缝将不可避免地出现。号线土建工程完工之后,结构冬季漏水现象明显地比夏季要多就是最好的证明。

三、地铁结构防水设计中的几个问题

地铁结构防水的主要目标是:

(员)保证结构内使用空间无水,或渗漏限制在标准容许的限度之内;

(圆)保证周围环境不因渗漏(或结构排水)使地下水流失导致不良影响;

(猿)不因渗漏使结构使用寿命缩短。

地铁号线的实践证明,为了实现上述主要目标,结构与防水是密不可分的,应当从设计开始就作为一个系统给予整体考虑。在此,提出几个在设计中有争议的问题与读者共同讨论。

结构防水的选型问题

从结构防水的角度看,结构可分为防水型和排水型两大类(见图猿)。防水型结构的特点是构筑严密的封闭结构防水系统,把周边环境的水拒于结构之外,从而保证结构内使用空间满足无水的使用条件;排水型结构的特点是构筑可靠的排水系统,有组织地把结构周边环境的水排走,从而保证结构内使用空间满足无水的使用条件。在地下工程实践中,两种结构都有采用。例如:大多数大铁路的山岭隧道和公路隧道,由于具备自流排水条件,以及排水不导致对周围环境产生不良影响时,多采用排水型结构;而城市地下铁道和高层建筑地下室,由于周边环境条件要求比较严格(特别是在第四纪沉积层中构筑的工程结构),多采用防水型结构。无疑,防水型结构的建设投资要比排水型结构要高,而排水结构的长期运营成本则比防水型结构高。因此,在城市地铁工程中的结构防水类型应根据工程水文地质条件来选择。当围岩渗透系数低,且地下水补给来源充分,结构排水不导致对周围环境造成不良影响,日后长期运行排水代价不高时,宜选用排水型结构;反之,当围岩渗透系数高,结构排水可能对周边环境造成不良影响,或日后长期运行排水费用高到难于承受时,则宜选用防水型结构。

根据两类结构的特点,在设计中应有不同的考虑:

(员)防水型结构

防水层必须完整、严密;

防水层所包裹的结构应能承受防水层传递的全部水压力;

在防水层与被它包裹的结构之间应设置适当的排水通道用以排放由于施工原因发生的防水层偶然破损或缺陷漏入的少量水,保证结构使用空间不出现渗漏。

(圆)排水型结构

在结构外应有完整、可靠的排水系统(通常要

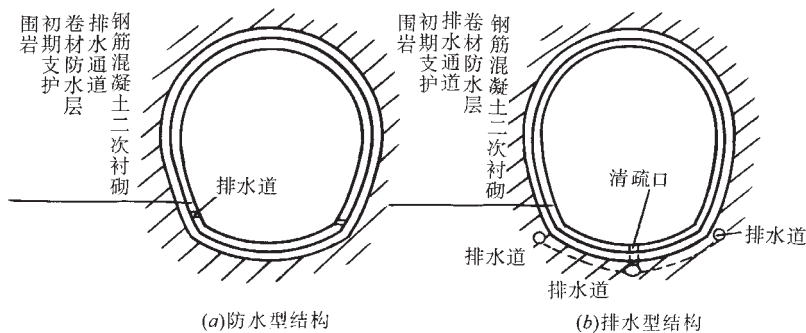


图 猿

做到结构最低位置)；

④设置防水层，让周边环境的水在防水层外流入排水系统排走，并减少支护结构对内衬结构混凝土的约束，降低内衬混凝土开裂的危险；

⑤防水层包裹的结构不必再考虑防水层传递水压力。

上述考虑主要是针对多层式(夹层式)结构，如矿山法隧道、明挖(盖挖)法车站、明挖区间隧道等。至于盾构法隧道，则完全依靠构件自身和接缝的严密防水性能达到防水目标，结构承担全部围岩压力和水压力。

⑥关于变形缝(伸缩缝)设置问题

这是一个长期以来有争议的问题。在广州地铁员号线中明挖区间隧道每100m设一道变形缝，但地下车站主体结构(一般车站长达100m以上)原则上不设变形缝(仅个别车站因结构荷载差异或各段支护形式改变设了变形缝)。主张设变形缝者认为，混凝土材料干缩和温度降低收缩是固有的材料特性，结构收缩是必然的，不设缝将导致结构的随机开裂或在薄弱部位开裂。主张不设缝者认为，混凝土的收缩由于分段施工，已消除了大部分收缩影响，且由于施工的原因变形缝止水带往往难于做好，有“十缝九漏”之说。笔者的意见是赞成设缝，理由如下：

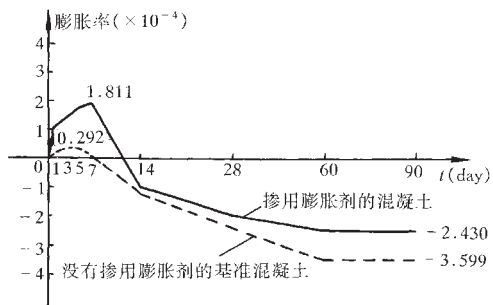
(1)干缩和降温收缩是水泥混凝土材料的固有特性。通常认为混凝土干缩率达1.35%，线膨胀系数为10⁻⁵，而混凝土的极限拉伸应变仅为0.0001。在地铁结构施工中，由于混凝土中水泥水化热使混凝土温度可升高到50℃以上。而冬季广州最低气温可能在5℃左右。因此在施工过程中，混凝土可能经历的温差达45℃，其最大降温收缩率可达1.35%，加上干缩，最大的可能收缩率达2.7%。这一收缩率远远大于混凝土极限拉伸应变0.0001。当结构受到约束不能自由收缩时，开裂将是不可避免的。

(2)由于地铁结构的尺度较大，混凝土构件厚度亦较大，干缩可能延续达一年以上才基本完成。因此仅由施工缝分段构筑并不能消除混凝土的大部分收缩影响。例如，上海地铁圆环线结构设置了诱导缝。在结构完成一年后观察诱导缝张开达1.5mm，诱导缝间距为10m。即使不计入结构混凝土已发生的拉伸变形影响，用诱导缝分段施工，其后期收缩率仍达1.35%以上，仍远大于混凝土的极限拉伸应变。因此，不设变形缝、结构混凝土的开裂将难于避免。

(3)由于混凝土固结后收缩延续时间较长，用设

置后浇带的办法虽能减轻，但仍然难于消除收缩致裂。因为后浇带要在两侧结构完成后仅过1(源天)灌注混凝土，而且不可能保证在冬季低温期施作。

(源采用补偿收缩混凝土也不可以解决地铁结构收缩开裂问题。近年来，不少设计把采用补偿收缩混凝土(微膨胀混凝土)作为结构抗裂措施。其实这是对微膨胀混凝土的误解。水电部天津设计院科研所做过基准混凝土和微膨胀混凝土14天膨胀过程试验。试验表明，两种混凝土在一旦脱离水中养护条件之后，均立即开始收缩，而且微膨胀混凝土的最大膨胀值与最终收缩值之差甚至大于不掺用微膨胀剂的基准混凝土收缩值(见图源)。



图源 混凝土膨胀过程曲线(限制膨胀)

因此，使用水泥混凝土的地铁结构，适当设置变形(伸缩)缝，是抗裂的必要措施。

⑦附加防水层的作用评价

地铁工程的地下结构在设计中多采用全包防水的方式：车站的顶板顶面一定做附加防水层，边墙大多做成层迭式结构，中间夹有防水层，底板底或设置或不设置防水层；明挖区间隧道一般在顶板顶、边墙外侧均做附加防水层；矿山法区间隧道采用复合式衬砌的均按地铁设计规范(即《地铁设计规范》)规定设置夹层防水层(卷材)。

附加防水层按其混凝土界面关系可分为粘连型和非粘连型两类，粘连型防水层可有粘贴式卷材(包括冷粘贴和热熔粘贴)及涂料；非粘连型防水层通常用非粘贴式卷材。实际上只有先完成混凝土结构后敷设防水层的工序(如顶板、离壁式明挖结构边墙)才能做成粘连型附加防水层；先敷设防水层后做混凝土结构的工序(如底板、层迭式边墙、矿山法隧道复合式衬砌的夹层防水层)在被保护的混凝土界面都只能做成非粘连型。

由于防水层施作面积很大，特别是夹层防水层(包括层迭式边墙和矿山法隧道复合式衬砌)敷设后还有多道工序，偶然的破损和卷材焊接缝不严密难于

LIGHT RAIL

完全避免,此外,冷粘贴式卷材往往要求混凝土基面含水率不得大于2%,在广州的气候条件下极难保证,且卷材的粘贴力不足以克服混凝土水分的蒸发压力,当卷材防水层粘贴后经太阳直射,往往出现大面积鼓泡剥离的现象,施工质量无法保证。因此,号线多数车站顶板和部分明挖区间后来都改为涂料防水层。由于涂料施工时采用先涂布一层与混凝土表面亲和力强的过渡层能抵抗混凝土中水分的蒸发压力,然后再涂布防水层,有效地保证涂料层与混凝土表面粘结,不再发生鼓泡剥离现象。但由于涂料防水层与混凝土粘连紧密,当混凝土开裂时,裂缝部位的防水层局部拉伸率很大,若防水层厚度不足,则防水层随之被拉断而漏水。因此,号线工程中无论是卷材防水层和涂料防水层均未能完全避免裂缝渗漏,但使用涂料防水层的渗漏要明显少于用卷材防水层的渗漏。

可见,附加防水层(卷材、涂料)的防水作用是辅助性的,真正重要的还是依靠混凝土结构的自防水能力(包括混凝土抗渗等级、避免贯通性裂缝、施工缝、变形缝渗漏)。附加防水层的作用在于大幅度地减少或隔离周边大量地下水与结构的接触(水对混凝土的侵蚀与接触水量有关);对渗漏量有限制作用;隔离内衬混凝土与先形成的支护结构,减少由于支护结构对内衬结构混凝土的约束从而减少内衬结构混凝土开裂。故地铁的地下结构中,附加防水层有它的作用,因而是必要的。

1. 对混凝土品质的要求

由于地铁工程中的地下结构特定的防水要求,决定了它对混凝土品质的要求。除了与一般房屋建筑用混凝土的强度等级、拌合物工作性能(塌落度、和易性、塌落度经时损失等)的要求之外,还有抗渗等级和收缩率两个方面的要求是必须关注的。

混凝土抗渗等级的控制除取决于混凝土胶凝材料用量、水胶比和振捣密实度之外,还有一个很重要的条件是拌合物和易性要好,离析混凝土的抗渗性能是很差的。

混凝土收缩率的控制包括干缩率和混凝土水化热温升达到最高温度后降温收缩两方面。干缩率一般用水灰比(水胶比)控制,水灰比高则干缩率大,但水灰比对干缩值降低影响幅度并不大。控制混凝土固化过程达到的最高温度效果要显著得多,主要措施有降低水泥用量,采用缓凝措施延长水泥的水化放热过程,严格限制拌合物入仓温度等。

四、结构防水施工中的几个问题

结构防水施工是一个细致的过程,任何失误或疏忽都将可能影响防水的效果。广州地铁号线和号线的施工经验告诉我们,有几个带有普遍性的问题需要给予充分重视。

1. 混凝土的品质控制

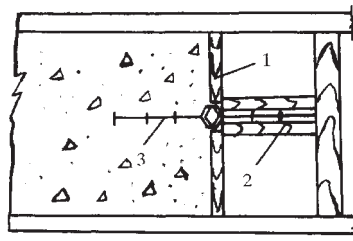
如前所述,地铁结构混凝土有强度、拌合物工作性能、抗渗、低收缩等多方面的要求,其品质控制必须贯穿从混凝土配合比设计直到养护的全过程,包括原材料质量、水泥用量、水胶比、温度、灌注工艺、养护等多个环节。其中水泥用量、水灰比、拌合物入仓温度等均应有明确的限制指标。

2. 接缝施作

接缝往往是防水的薄弱部位,原因在于施工难度较大,或止水材料品质不稳定,包括施工缝与变形缝。因此同行之中有“十缝九漏”之说。

号线有部分施工缝渗漏的原因是遇水膨胀橡胶条的表面缓膨胀保护层质量不稳定,有效保护时间太短,往往在混凝土尚未灌注,膨胀过程已完成,造成止水条失效。但东山口车站针对这种情况,把止水条安装在灌混凝土前最后一道工序,尽量缩短止水条与施工过程中水的接触时间,得到良好的施工缝止水效果。根本的解决方法应是在遇水膨胀橡胶条表面缓膨胀保护层的质量稳定上下功夫,并延长胶条的膨胀完成所需要的时间。

两次埋入式止水带和钢芯橡胶腻子止水片,则主要是定位、保护问题。在号线由于止水带跑位甚至脱出的情况并不少见,导致变形缝漏水的不少。建议采用盒式端头模板固定止水带(止水片),同时使止水带(止水片)得到保护(见图缘)。



图缘 盒式端头模板固定止水带(止水片)
1—端头模板 2—止水带夹定板 3—止水带。

3. 附加防水层的收口处理

附加防水层的收口处理往往被忽视,特别是卷材防水层。结果水从防水层边缘大量进入防水层与内衬混凝土之间的缝隙,全程串通。例如,号线的矿山法

暗挖隧道 ;由于从设计到施工均未详细考虑在车站与区间隧道接口处的防水层收口具体做法 ,结果水从防水层与二衬之间的界面贯通整个区间。因此从设计开始必须注重防水层的收口处理。

五、结构防水的后处理

尽管在设计和施工中 ,对结构防水均已给予相当的重视 ,但工程实践表明 ,渗漏仍然难于完全避免。其原因有二 :

(一)每一区间或车站的防水层面积以万平方米为单位计算。如此大的面积敷设防水层 ,偶然的施工破损或焊缝不够严密 ,或收口不够严密 ,不容易完全避免。一旦存在缺陷 ,则水沿着防水层与混凝土结构界面扩展 ;水在二衬(内衬)的薄弱部位突破 ,成为渗漏。

(二)钢筋混凝土(或混凝土)结构 ,由于分阶段施工 ,如支护结构与边墙、支护结构与板 ,由于两部分构件混凝土不能一次灌注 ,这样先灌注硬化的结构混凝土对后灌注的结构混凝土龄期不同而收缩不同步 ,已足以导致后灌注构件在接触界面附近的开裂。这是由混凝土材料的固有特性所致 ,也很难完全避免。

号线工程实践也表明 ,几乎每个地下车站或区间隧道在结构施工完成后均需经进行防水后处理 ,才达到验收标准。因此对于像地铁这样的大规模地下工程 ,防水的后处理措施实际上是必要的后备手段。

作为防水的后处理 ,除了注意应在结构收缩稳定或已趋于稳定 ,并尽可能在一年之中的低温阶段(即混凝土材料收缩最大时)实施之外 ,对处理方法和选用的材料应当慎重选择 ,使防水后处理能取得令人满意的长期效果。

一、对于局部面渗漏的处理

通常混凝土局部面渗水的原因是混凝土抗渗等级不足 ,或因施工原因(如漏振、离析)所致。对这类混凝土渗漏推荐采用渗透结晶型涂料(如赛帕思)从内表面进行处理。这种涂料涂敷之后 ,可有结晶渗入混凝土的毛细孔 ,从而堵塞水的渗透通道。上海地铁号线和广州地铁号线都曾采用这种材料处理混凝土面渗漏 ,取得了令人满意的结果。

二、裂缝渗漏的处理

对于混凝土裂缝渗漏 ,通常采用注浆封堵的办法处理 ,利用加压注入裂缝的浆液固化后堵塞裂缝透水通道达到止水目的。由于注浆是在有水的条件下进行的 ,所以要求浆液材料可以在有水的条件下固化 ,粘度较低 ,可以渗入混凝土较细的裂缝。在广州地铁号线

线曾使用过的注浆材料有 :水溶性聚胺酯、丙凝、乙凝、水溶性聚胺酯与高强度聚胺酯混合液、弹性环氧树脂、环氧树脂、改性环氧树脂)水泥浆等。从上海地铁号线和广州地铁号线的结构裂缝注浆效果看 :水溶性聚胺酯的止水效果通常只有远月 ,这是由于水溶性聚胺酯遇水发泡成为含气海绵体 ,且与裂缝的混凝土表面粘结力很低 ,在列车行驶振动条件下 ,海绵体逐步被破坏 ,重新漏水 ;丙凝、乙凝是一种低强度胶凝体 ,在列车行驶振动和外水压力作用下 ,不出个月胶凝体就被一点点挤出 ,重新漏水 ;弹性环氧注浆液粘度较高 ,且与水不相溶 ,在裂缝漏水的条件下灌注效果不太理想 ;高强聚胺酯混合液 ,可灌性和强度均较好 ,在广州地铁号线东山口站注浆封堵裂缝收到良好效果 ,但浆材价格较贵 ;改性环氧)浆液由于粘度可调至与水接近 ,与水有良好的相容性 ,且与混凝土有良好的亲和能力 ,固结体强度高于混凝土(悦) ,因而是一种性能优良、耐久性和化学稳定性良好的注浆材料 ,在广州地铁号线和上海地铁号线注浆堵漏均收到良好的效果。

六、小 结

地铁工程的地下结构防水是建设、设计施工各方均高度关注的问题 ,根据广州地铁号线建设和国内地铁建设的有关经验 ,可归纳为以下几点 :

一、结构防水是一个需要系统严密的思考 ,设计、施工、原材料品质三方面均需认真对待才能做好的难题。任何一方面的失误或疏忽都将对防水效果造成重大影响。

二、结构渗漏的基本原因是混凝土品质不良 ,混凝土收缩致裂、施工缝或变形缝施工质量不良 ,而混凝土收缩致裂中 ,温度下降收缩的影响往往大于干缩影响。

三、结构防水有防水型和排水型两类 ,选型应根据水文地质条件、环境条件限制 ,建设成本和长期运行排水成本等多方面因素比较决定。

四、附加防水层在防水要求较高的结构中是必要的 ,但最重要的是混凝土结构自防水。

五、结构设置变形缝(伸缩缝)是结构防裂(防渗漏)的必要措施 ,后浇带难于达到变形缝防止结构开裂的效果。

六、微膨胀补偿收缩混凝土由于后期收缩特性 ,在地铁结构中不宜作为防收缩开裂的措施。

(下转第页)

LIGHT
RAIL

层、地面影响也比较小。

该施工工艺施工不需要采用降水措施,在钢套管的保护下,周围地层的地下水不易进入钢套管内,钢套管内的挖土、下放钢筋笼、灌注混凝土等均在钢套管的保护下进行作业,不受周围地层中地下水的影响或者说影响要小得多。

该施工工艺适用于黏土、杂填土、砂层、砾石、卵石(粒径小于 20mm),全风化、强风化的岩土层(除中风化、微风化的岩层以外)的任何地层,适用范围比较广。

该施工工艺对施工的安全、质量有保证,特别不像人工挖孔桩那样安全性差、质量不易保证。该施工工艺在钢套管保护下,完全用机械化作业,不需人员下井,对人员的安全和对混凝土的灌注质量得到保证。

该施工工艺施工的钢筋混凝土咬合桩,施工造价并不高,据深圳地铁一期工程,按深圳市的定额计算,每米钢筋混凝土咬合桩(桩径 1000mm)的造价在 1.5万元 左右,而每米钢筋混凝土连续墙的造价约在 1.2万元 左右,而每米钢筋混凝土人工挖孔桩造价约在 1.8万元 左右,人工挖孔桩施工必须进行降水,若加上降水的造价人工挖孔桩的造价也不比套管钻孔咬合桩低。

该工艺设备能力强,采用日本三菱公司生产的 $\text{M}1000$ 型液压全套管钻机,该机重量 7t ,下压力 150kN ,上拔力 100kN 。该机有 1000mm 、 1200mm 、 1500mm 三种直径的钻头(抓斗)和套管,进行全液压、全套管钻孔作业和下放钢筋笼灌注混凝土作业,能防水、防泥土进入混凝土中,进行全套机械化作业,机械化程度高,安全可靠。该设备采用上下导向,工作平台自动找平,通过作业人员以外吊线、内吊环监控能确保咬合桩的垂直度在 100mm 以内。

该工艺施工速度快、进度能保证。据在深圳地铁一期工程中如香蜜湖站用的是桩径 1000mm 的钢筋混凝土咬合桩,一序桩的钢筋笼是矩形的“ \square ”,二序桩的钢筋笼是圆形的“ \circ ”,桩的深度从 10m 到 20m 分种不同的深度。除了岩层以外,在各种砂、土和砾、卵石中施工,平均 1h 可以完成一根 10m 深直径 1000mm 的桩(成桩),每天 10h 连续作业,可以完成 10 根 10m 深直径 1000mm 的桩。如果没有特殊情况的话,该工艺施工的速度是很快的,施工进度能够保证工期的要求。

每种围护结构有其优点,也有其缺点。套管钻孔

咬合桩,其主要的缺点同挖孔桩、泥浆护壁钻孔桩以及地下连续墙一样,遇到孤石和岩层时,钻孔十分困难,同时也会出现钢筋笼上浮和下沉的问题,其不同于其他围护结构的问题,主要是在施作二序桩过程中,由于相邻的第一序桩混凝土处于未初凝状态,随着钻孔的加深,第一序桩有可能出现混凝土管涌现象,必须采取相应的措施防止管涌的发生。另外对一序桩的混凝土缓凝时间有特殊要求,同时对二序桩的施工时间也有特殊要求,必须在一序桩混凝土终凝之前完成二序桩的切割成孔。

三、套管钻孔咬合桩的施工工艺

1. 单桩成桩施工工艺流程

在单桩成孔过程中液压千斤顶牵动套管正反转(约 1m 范围)加压下切、管内抓斗取土(若遇大块石可用十字冲击锤冲砸击碎)等作业,使钢套管压入设计深度,形成全套管护壁成孔,实现速度快、成孔质量高及桩芯质量好等特点。

当套管通过含水层时,钢套管能隔断地下水渗漏,保证干孔作业浇筑桩芯混凝土,确保桩芯混凝土质量,若没有隔断地下水,可按水下浇筑桩芯混凝土方法施工。

全套管钻机较易操作,套管切割和起拔力大,成孔垂直精度高,能较好地满足钢筋混凝土咬合桩的设计精度。

钢套管是在浇筑混凝土后逐步拔出,因此成桩混凝土外形受到控制,桩身混凝土质量得到保证。单桩成桩施工工艺流程图如图圆

2. 咬合桩施工工艺

一序桩成桩在前,二序桩切割一序桩形成咬合桩,一序桩采用 $\text{C}20$ 钢筋混凝土或素混凝土,二序桩采用 $\text{C}30$ 钢筋混凝土桩。二序桩的施工工艺同于一序桩,但对于二序桩施工除了确保其垂直精度,使其能与一序桩充分咬合外,还存在施工过程中由于切割的挤压以及磨擦等产生的对已成一序桩的损害。采用加入缓凝型减水剂以使被切割的一序桩有较长时间的缓凝时间(约 1h),在一序桩未终凝状态施作二序桩,消除了对一序桩的损害,同时还要考虑由于一序桩处在尚未初凝的状态,二序桩施工时,由于垂直精度和二序桩施工可能产生未初凝一序桩混凝土的管涌问题,克服管涌的措施将在下面叙述。

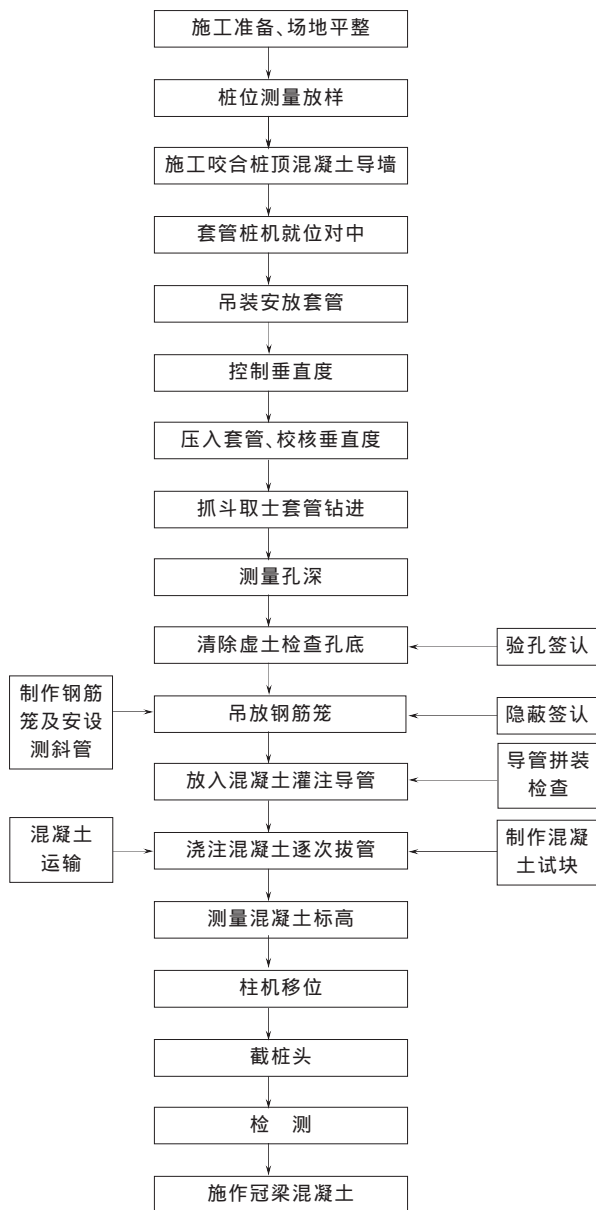


图 圆 单桩成桩施工工艺流程图

四、套管钻孔咬合桩的技术保证措施及注意事项

防止管涌的措施

在地下水丰富有活动水的砂层施工,钢套管要尽量压入砂层中,一般压入砂层1.0m,就不会出现管涌。为了保险,可使套管继续下压直到穿过砂层,再抓出套筒中的砂、土,但一般底部要保留1.0m厚的砂、土层与套管外的砂、土层,平衡压力防止管涌。

对于地下水位过高,可以在套管内补水,以平衡套管外的水压力。

在施工过程中随时注意钢套管内涌砂现象,及时采取以上措施,防止管涌现象。

在施作二序桩的过程中,由于第一序桩混凝土处

于未初凝状态,随着钻孔的加深,一序桩有可能出现混凝土管涌现象,要克服施工二序桩时一序桩混凝土发生管涌,应合理配制一序桩混凝土的坍落度,一般应控制在180mm为宜,减少混凝土坍落度,降低混凝土的流动性,同时依据钢套管的切割下压能力,做到套管始终超前,抓土在后,抓土石离套管底的最小距离必须保持1.0m以上,使孔内留足一定厚度的反压土层,防止管涌。

若遇到地下水或穿越砂层时应随时观察孔内动态,按少取土多压切的原则操作,发挥全套管跟进的钻孔工艺特点,达到管超前防止管涌。

防止钢筋笼上浮和下沉的措施

(一)防止钢筋笼上浮的措施

①对 ϕ 1.0m直径咬合桩在灌注混凝土时,由于钢套管壁厚不同,直接影响到钢筋笼的直径和钢筋保护层的厚度。如果钢筋笼的直径大了,在钢套管起拔时,会把钢筋笼拔起,出现钢筋笼上浮,故对 ϕ 1.0m的钢筋混凝土桩其钢筋笼的直径不宜大于900mm。

②要确保钢筋笼加工垂直度,钢筋笼不能变形。

③钢套管上拔时,要反复转动钢套管,在同一方向转动钢套管1.0圈,使其松弛,减少磨擦直接拔起。

④配以专用器具利用钻机上拔动作,下压钢筋笼上拔套管,控制钢筋笼上浮。

⑤在钢筋笼底部焊接钢板,防止钢筋笼上浮。

(二)防止钢筋笼下沉的措施

①成孔后,桩底添加一定深度的片石、混凝土块压实,提高桩底持力层的承载能力,使钢筋笼不会下沉。

②加强并增大钢筋笼底部抗浮钢板的面积,以增加钢筋笼和桩底持力层的接触面,防止钢筋笼下沉。

套管钻孔咬合桩施工中应注意的事项

(一)在灌注混凝土时,随着混凝土的上升,适时提升和拆卸导管。根据咬合桩钢筋笼定位的要求,导管底端埋入混凝土面以下1.0m,并不得小于0.5m,以免导管埋得过深,造成拔不起管,使钢筋笼产生上浮,埋深度过浅把导管提出混凝土面,造成断桩。

(二)提升导管时应严禁碰撞钢筋笼,当混凝土埋钢筋笼达1.0m时,方可提升导管,以防钢筋笼上浮。

(三)控制最后一次混凝土灌注量,为保证桩头质量,应超灌1.0m,桩头多余灌注的混凝土在冠梁施工前凿除。

(四)成孔后套管随混凝土的灌注逐段起拔,起拔套管应视起拔状况而精心操作,阻力过大时应采用多转动套管慢拔的办法,保证套管起拔中的顺直,在任何情况下,严禁强行拔起套管。

LIGHT RAIL