

# 挖孔桩围护墙在工程中的应用

周心培<sup>\*</sup>

(铁道部第四勘测设计院)

**提要** 在广州地铁设计和施工中大量采用了人工挖桩作基坑围护。本文根据广州的实践简要介绍挖孔桩围护结构的类型、设计方法和施工步骤,并根据笔者的体会提出若干建议。

**主题词** 挖孔桩 围护墙 地铁 应用

## 1 广州地铁一号线工程概况

广州地铁一号线工程南起广州钢铁厂(广钢站),向北经坑口、花地湾、芳村,穿珠江水底隧道到达北岸的黄沙。又沿宝华路北上在荔湾路口右转弯走上中山路,此后向东经中山七路、西门口、公园前、农讲所、烈士陵园、东山口至中山一路的杨箕。穿广州大道后经天河村,过体育西路后左转弯向北,经体育中心后沿体育东路直达终点站广州东站站。地铁一号线全长 18.4 km,共有 14个地下站和 2个地面站。

## 2 沿线工程地质及水文地质概况

### 2.1 地层岩性

广州地铁一号线线路通过的地层上部为第四系沉积层,下伏白垩系红层。第四系沉积层主要为:

(1)人工杂填土层厚度 0.5~5 m

(2)海陆交替层

淤泥、淤泥质土 深灰至灰黑色,流塑状

松散砂层 上部粉、细砂,下部中、粗砂,呈松散饱和状

(3)洪冲积层

粘土、亚粘土 棕红色间灰白色,硬塑至可塑状,局部地段具膨胀性粘土。

<sup>\*</sup> 本文收稿日期:1997-01-08 周心培 铁道部第四勘测设计院地铁处 武汉 邮编:430036

砂性土层 以中、粗砂为主,局部为细砂或砾砂,浅黄色或灰白色,多呈稍密~中密状,局部细砂或薄层松散状

#### (4) 风化残积层

普遍发育于第四系地层底部,主要为白垩系红层风化的亚粘土、粘土,紫色~暗红色,可塑~硬塑,厚度 0.5~10 m,最厚达 20 m,该层有良好的隔水性。

白垩系红层主要为泥质粉砂岩、砂岩、含砾砂岩及砾岩,多为泥质胶结,次为铁质或钙质胶结,褐红色、棕红或暗红色,局部为灰色,砂状或碎屑结构,层状构造,属软质岩类,遇水极易软化。

强风化层 呈半岩半土状,土为硬塑状,允许承载力  $[R] = 300 \text{ kPa}$

中风化层 裂隙发育,岩芯多呈碎块或短柱状,允许承载力  $[R] = 600 \text{ kPa}$

微风化层 色泽新鲜,裂隙不发育,岩芯呈长柱状  $[R] = 800 \text{ kPa}$

## 2.2 水文地质特征

沿线地下水主要为赋存于第四系松散土层中的孔隙水;基岩裂隙水一般不发育,其单位涌水量  $q = 0.026 \sim 0.089 \text{ l/s m}$ ,局部地段因节理裂隙发育、岩石破碎,裂隙水较发育。松散砂层孔隙潜水略具承压性,  $q = 0.086 \text{ l/s m}$  中粗砂层  $q = 0.14 \text{ l/s m}$  冲洪积细砂夹粘土透镜体层  $q = 0.025 \text{ l/s m}$  地下水位埋深一般在 1.1~2.5 m

## 3 挖孔桩围护结构的类型

由于广州地铁一号线所有地下车站和部分区间隧道采用明挖施工,受地形地质和地面建筑等的限制,明挖基坑必须进行施工围护。基坑围护结构一般可采用地下连续墙、钻孔桩或人工挖孔桩。由于广州地铁一号线沿线上部为第四系地层,下部(车站轨面以下或中楼板以下)一般为风化的岩层,岩层中地下连续墙或钻孔桩成槽成孔都比较困难(尤其是连续墙成槽),因此工程造价将急剧上升。经技术、经济比较,广州地铁一号线车站和区间隧道明挖基坑大部采用人工挖孔桩作围护。挖孔桩围护结构从受力机理可分为两大类:

### (1) 挖孔桩与车站主体框架结构共同受力

即围护挖孔桩不仅起施工临时围护的作用,而且在长期的使用阶段,桩与主体结构一起承担水土压力。这种共同受力的情况又可粗略地分为两种力学模式:

桩与框架墙之间为叠合关系 两者间不能传递叠合面上的剪力;首先,桩承受施工阶段的主、被动土压力和水压力;而在使用阶段结构承受的是静止土压力和水压力,两者之间的土压力和水压力之差由围护桩和框架结构共同承受,并按桩和框架墙的刚度分配。

桩与框架墙之间为复合关系 采取一定的构造措施使桩与框架墙间能传递剪力。使用阶段和施工阶段土压力和水压力的差值由桩与框架墙作为一个整体结构来承受。

### (2) 挖孔桩与车站主体框架结构在力学上无关

即挖孔桩只承受施工阶段的水土压力,使用阶段的土压力和水压力完全由主体框架结构单独承受。

## 4 围护挖孔桩的设计计算

围护桩是承受侧向水土压力和支撑力以受弯为主的构件,因此在设计上把围护桩视作弹性地基上的梁。主动土压力以分布荷载的形式作用于桩身。以弹性链杆代替地层对桩身的被动土压力,并且弹性链杆只能受压不能受拉。在计算中当链杆出现拉力时,程序自动废除该链杆。支撑(或锚杆)作为一个弹性构件以铰接的形式与桩身相连(图 1)。地铁车站基坑深约 15 m 左右,一般设两道支撑。第一道支撑位于顶板以上,第二道支撑位于中楼板以上。在施工开挖阶段,当开挖至顶板以上桩顶时,即架设第一道支撑。接着继续开挖,开挖至中楼板标高时,则架设第二道支撑。此后,继续开挖直至完成整个基坑。在施工回筑阶段,在浇筑站台层底板、侧墙和中楼板后,拆除第二道支撑。继续浇筑站厅层侧墙和顶板后,拆除第一道支撑。最后进行顶部回填和恢复路面。工程地质条件差的车站也有设三道或多道支撑的。设三道支撑时,第三道支撑位于中楼板和站台板之间,在浇筑底板后,根据设计或实际情况可以拆除第三道支撑,也可以暂时保留这道支撑。但是设多道支撑的情况下,往往在灌注边墙混凝土时不能拆除全部支撑。以上详细叙述开挖和回筑过程,只是为了说明在整个施工过程中桩身受力情况的变化。而设计计算必须如实反映这样一个动态的变化过程,分步进行计算,并且每一步都必须考虑桩与支撑间的变形协调关系。如果采用专用的软件进行程序化的计算,输入地层的物理力学参数后,程序可以自动分步计算,分步绘制土压力、位移和内力图,直至生成最终内力包络图。

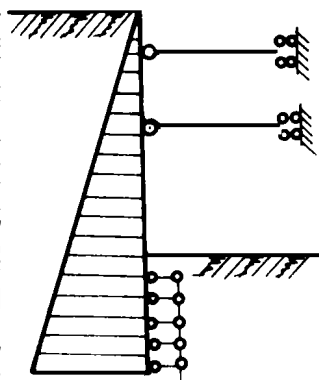


图 1

## 5 挖孔桩围护墙的形式及其施工

挖孔桩围护墙的形式根据地形地质条件和受力机理可分为以下几种。

(1) 密排单桩式 各桩密排布置,但互不关联,这种形式适用于地下水不发育的地层。如图 2(a)所示。

(2) 密排联桩式 各桩密排布置,邻桩的护壁互相咬合,这种形式适合于地下水较发育的地层。如图 2(b)所示。

(3) 间隔桩式 桩与桩之间相隔 1~1.5 m,间隔部分用锚喷混凝土或用模注混凝土防护,这种形式适合于地质和水文地质情况较好的地层。如图 2(c)所示。

(4) 虚实相间式 当地质和水文地质条件较好时也可采用虚实桩间隔的形式,即以实心桩作为受力抗弯桩,而以空心桩(仅作护壁)作为实心桩间的防护。如图 2(d)所示。

(5) 矩形桩 一般挖孔桩均为圆形桩。为了充分发挥桩身受力钢筋的作用,在工程地质条件良好的地层中,也有采用矩形挖孔桩的,桩身截面尺寸为 1.0×1.2 m。密排矩形桩实际上等同于地下连续墙,采用适当的预埋件可使后浇的顶(中)底板与矩形桩组成车站(区间)的框架结构。这种情况下可不另筑框架内墙或仅筑薄薄的内衬墙。如图 2(e)所示。

(6) 复合桩 由于这种桩与内框架墙复合成为一个整体结构来共同受力,因此要采取可靠

的构造措施,最简单的做法是沿桩身预埋相当数量的连接钢筋,在灌注内框架墙时将这些钢筋伸入内墙中。如图 2(f)所示。

设计要求挖孔桩的施工遵照有关规范、规程的要求进行。在土层和强风化地层中开挖完全是用人工的,在中风化和微风化地层中采用凿岩机钻孔和进行控制爆破。在局部流塑状淤泥质地层或厚层含水砂层中,需先做好地层加固(如深层搅拌)后再进行人工开挖。在特别困难的地层中也有采用打(压)入钢护筒强行通过或中途改为钻孔桩的。在地下水不发育的地层中采用抽水后灌注桩身混凝土;在富水地层中,则采用水下灌注,以保证桩身混凝土的质量。

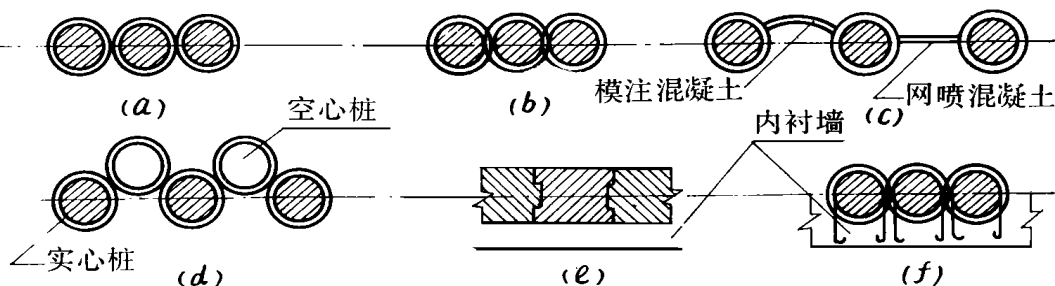


图 2

## 6 小结与建议

(1)广州地铁一号线工程的实践证明,用人工挖孔桩作基坑围护是可靠的、成功的。它不仅综合进度快,造价相对较低,也符合我国国情。还特别值得注意和可取的是在施工过程中对地质情况的变化有很强的适应性。

(2)在整个车站土建工程中,围护结构的造价约占总造价的 25~30%。因此,围护结构如果仅作为施工围护的临时性结构,这是不合理、不经济的。应结合具体工程地质条件,在设计中考虑其在整个结构体系的使用阶段所应有的作用。

(3)采用复合结构形式在理论上是合理的,技术上是可行的,设计得当能取得较好的经济效益。但因这种结构在出现桩身质量问题时较难补救,所以要求施工和监理队伍有较高的素质,必须保证可靠的工程质量。

(4)叠合结构形式由于桩、墙间能施作防水层,因此其防水性能较好,这对于地下铁道来说也是至关重要的。

(5)围护桩可以采用无支撑的自立桩,也可以采用支撑或锚杆。采用锚杆或不设支撑对于基坑开挖是十分方便的,但在经济上往往不合算。钢支撑虽然对基坑开挖有一定影响,但因能重复使用和回收,因此是经济合理的,应该优先采用。在局部地段采用钢支撑有困难时,也可采用钢筋混凝土支撑。

(6)挖孔桩是一项成熟的工程技术,但由于土工结构未知因素太多,在实践中不乏失败的例子,工程施工必须严格按设计要求进行;设计计算理论也应在工程实践中得到检验。因此,每个基坑施工都应进行围护结构体系(含支撑或锚杆)的变形和内力的监测,及时反馈监测信息,修正设计,指导施工。

# APPLICATION OF MEN-DUG PILES IN THE CONSTRUCTION

Zhou Xinpei

(The Fourth Survey and Design Institute of the Ministry of Railways)

**Abstract** Men-dug piles were extensively adopted as the retaining walls for pits in the design and construction of the Guangzhou Subway. In the paper, the writer introduces briefly the types, designing methods and constructing sequence of the pile-retaining wall, and makes some suggestions according to his own experience.

**Keywords** men-dug pile; retaining wall; application

## 《铁道工程学报》1997年组稿计划

1997年,《铁路工程学报》应围绕着南昆线、西安安康线、邯济线、秦岭隧道、芜湖长江大桥、地铁等重点工程组织稿件,在勘测设计技术、施工技术及工法、工程管理及工程质量监察等方面进行深入的研究和探讨,切实为现场解决一些技术难题,提供信息和资料,进行各方面的技术服务。

在铁路设计方面,重点研究铁路的高速和既有线的提速技术,组织一批探讨如何使铁路实现快速运输,增强其竞争能力的文章。

在桥梁工程方面,将结合现场需要,就大跨度斜拉桥、中小跨度整孔箱梁施工、悬灌、悬拼连续梁桥施工、高墩及深水基础技术等进行研究,组织稿件报导有关研究成果和施工经验。

隧道及地下工程方面,重点组织有关长大隧道和地铁工程技术方面的文章,介绍隧道和地下工程施工的新工法和新经验,重点研讨单线隧道施工机械化配套技术,提高施工机械化和自动化水平。

在铁道工程地质方面,着重于在地质勘测设计阶段的工作和施工、运营过程中的地质问题进行探讨,在第三十届国际地质大会的基础上,深入研究一些最新的勘测方法和勘测手段,进一步提高铁路工程地质工作的水平。

其他在站场、房建、给排水和现代工程管理等方面,也要适当组织一些水平高的文章和论文,扩大技术服务的范围。

愿与广大作者、读者合作,把《铁道工程学报》办得更好。

(本刊编辑部)