

上海轨道交通地下明挖车站土建工程造价指标的关键影响因素分析

郭睿

(上海市政工程造价咨询有限公司, 上海市 200092)

摘要: 将轨道交通地下明挖车站的土建工程分为主体围护、主体结构和附属工程3个部分,分别分析其造价指标的关键影响因素,并结合上海轨交某线路地下明挖车站土建工程的造价指标,采用技术经济对比和数据统计计算相结合的方法,分析各因素的影响程度大小,以期上海轨道交通的造价工作提供一定参考。

关键词: 上海轨道交通;地下明挖车站;土建工程;工程造价;影响因素

中图分类号: F572.88

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)04-0242-04

0 引言

在工程建设前期,尤其设计资料还不完善时,造价指标是估算造价的重要依据,可以用于方案比选的快速估算,也可为后阶段造价工作提供参考。上海轨道交通线路多穿越市区,以地下线路为主,地下车站也以明挖方式居多。本文通过对上海轨道交通地下明挖车站土建工程的技术经济分析和数据统计计算,分析其费用指标的关键影响因素及影响程度,以期上海轨道交通的造价工作提供参考。

1 分析方法和指标数据的选取

基于车站的项目特性,附属部分与主体相比埋深较浅,围护、结构方案均有较大不同,而围护工程与主体结构受影响的因素也各不相同,故本次将车站土建划分为主体围护、主体结构、附属工程(含附属围护和结构一起)3个部分分别进行分析。

在辅以数据的统计分析时借用上海轨交某条线路(以下简称线路A)29个地下车站的造价指标。线路A全线为地下明挖车站,选用施工图阶段预算造价,可避免投标让利和结算工况变化等变更对造价的影响。考虑围护费用受基坑面积影响较建筑面积影响更大,故围护造价指标选用基坑面积作为分母,主体结构和附属工程造价指标分别用主体和附属的建筑面积作为分母计取。本文在后续分析中将借助SPSS软件对造价指标进行线性相关性、正态分布性

的计算,为了避免信息价月份不同带来的误差影响,计算指标中将各车站的信息价月份统一调整到近期某月份(2020年8月)。

2 地下车站造价指标的影响因素分析

2.1 主体围护造价指标的影响因素

众所周知基坑围护设计受土质影响很大。但本文探讨的是上海轨交车站土建造价的影响因素,而基于上海软土地基的背景条件,各车站土质差异并不大。故土质条件不作为本文分析内容。

2.1.1 底板埋深

底板埋深对地下车站围护费用有着显著影响,最直观的从不同埋深车站的围护结构尺寸、支撑道数等就能看出。本线路地下2层车站的主体埋深为16~17 m,地下连续墙厚度为800 mm,标准段墙深在30 m左右(不含构造段),支撑使用4道居多(1道混凝土+3道钢支撑);而地下3层车站的主体埋深在25 m上下,地下连续墙厚度需要增加到1 200 mm,标准段墙深达46~50 m(不含构造段),支撑则需要设置7道(2道混凝土+5道钢支撑,局部增加1道)。

图1为29个车站主体工程围护费用指标(以基坑面积为分母,下同)的数据点曲线,图中横轴29个车站从左至右的底板埋深呈逐渐增加趋势。由图1可见,围护费用指标随底板埋深的增加而呈现出明显的上升趋势。

借用SPSS数据分析软件对主体围护造价指标与主体底板埋深的线性关系进行了计算,结果得到拟合线性公式为:围护造价指标(万元/m²)=-1.582+0.230×

收稿日期: 2021-07-01

作者简介: 郭睿(1988—),女,硕士,工程师,从事工程造价咨询工作。

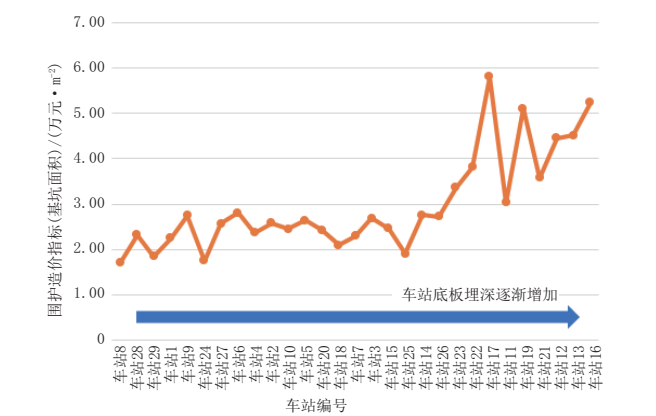


图1 A 线路 29 个车站围护造价指标(基坑面积)随底板埋深的变化曲线

底板埋深(m),如图2所示,反映的拟合结果为底板埋深每增加1 m,围护造价指标增加2 300元/m²。模型相关系数的平方值 R^2 为0.748,意味着底板埋深可以解释围护造价指标74.8%的变化原因。

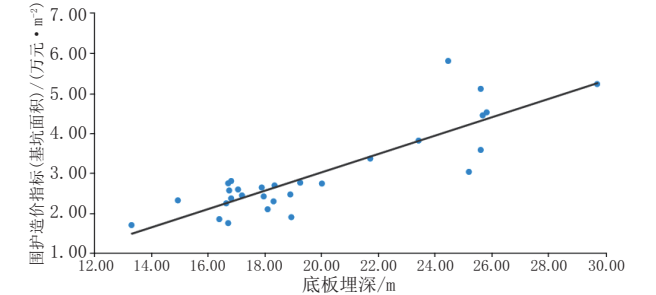


图2 车站底板埋深与围护造价指标的线性关系图

2.1.2 围护比

围护比为围护结构水平投影长度与基坑面积的比值,该比值越大,则代表相同基坑面积下,基坑需要围护的长度越长。对比土质条件类似、深度相近的车站来说,围护比越大,围护费用越高。上海轨交A线路车站之间土质情况差异不大,在此选取埋深相近的2组车站数据对比。

线路A埋深16~17 m时,车站围护比和围护造价对比见表1;车站围护比与围护指标的线性关系图见图3。

表1 线路A埋深16~17 m时车站围护比和围护造价对比			
车站编号	围护比	围护造价指标(基坑面积) /(万元·m ⁻²)	底板埋深 /m
车站24	0.076	1.747	16.71
车站29	0.096	1.844	16.39
车站27	0.097	2.564	16.76
车站2	0.109	2.581	17.05
车站10	0.109	2.446	17.20
车站9	0.111	2.742	16.70
车站1	0.112	2.245	16.64
车站6	0.112	2.799	16.80

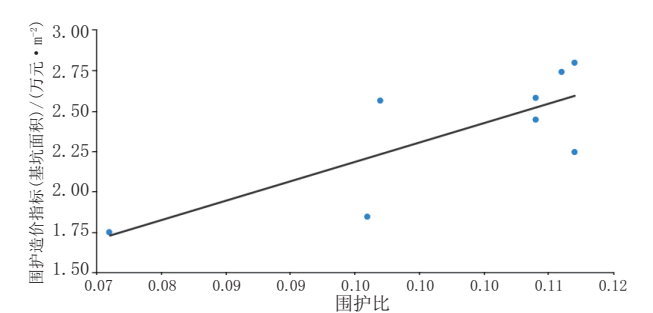


图3 线路A埋深16~17 m时车站围护比与围护指标的线性关系图

由表1可知,同样埋深在16~17 m的车站中,围护比最低为0.076的车站24,其围护造价指标为1.747万元/m²,也是最低的;围护比最大为0.112的车站6,其围护造价指标为2.799万元/m²,也是最高的。

在该组数据中,围护造价指标(万元/m²)=-0.104+24.089×围护比,模型相关系数的平方值 R^2 为0.591,意味着围护比可以解释围护造价指标59.1%的变化原因(见图3)。

线路A埋深24~25 m时,车站围护比和围护造价对比见表2;车站围护比与围护指标的线性关系图见图4。

表2 线路A埋深24~25 m时车站围护比和围护造价对比			
车站编号	围护比	围护造价指标(基坑面积) /(万元·m ⁻²)	底板埋深 /m
车站11	0.088	3.029	25.2
车站21	0.090	3.575	25.6
车站13	0.092	4.517	25.8
车站12	0.099	4.454	25.68
车站17	0.105	5.800	24.47
车站19	0.105	5.110	25.59

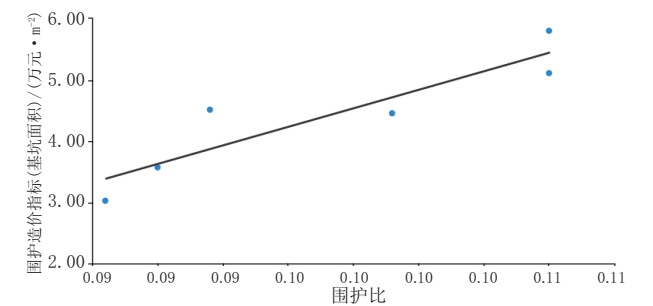


图4 线路A埋深24~25 m时车站围护比与围护指标的线性关系图

由表2可知,埋深在24~25 m的车站中,围护比最低为0.088的车站11,其围护造价指标为3.029万元/m²,也是最低的;围护比最高为0.105的车站17和车站19,其围护造价指标分别为5.8万元/m²和5.11万元/m²,也是最高的。

在该组数据中,围护造价指标 $= -7.267 + 121.049 \times$ 围护比,模型相关系数的平方值 R^2 为 0.830,意味着围护比可以解释围护造价指标 83.0%的变化原因(见图 4)。

从 2 组数据对比分析可以看到,当埋深类似时,围护比对围护费用有较大影响。

2.1.3 环境保护要求

2.1.3.1 基坑保护等级的影响

对于市区地铁线路来说,经常会遇到为保护附近构筑物、管线而增加费用。环境保护对设计内容的一个重要影响体现在设计参数取值上。依据《上海城市轨道交通工程技术标准》(STB/ZH-000001—2012)表 12.5.1 基坑保护等级标准,将基坑保护等级按照

基坑周围一定范围内是否有重要管线和构筑物划分为三级,保护等级越高,基坑沉降和位移的控制要求越高。不同等级之间的参数成倍数差异,例如一级基坑地面最大沉降量限值仅为二级基坑的 1/2,为三级基坑的 1/5。沉降和位移控制越严格势必围护要求越高,花费越高,设计内容上会采用增加地基加固范围和强度、增加支撑使用及增加围护结构尺寸等一系列方法来减小基坑沉降和位移。

为对比基坑保护等级不同对围护造价指标产生的影响,选取线路 A 同样埋深为 16~17 m、围护比为 0.1~0.11、土质以黏土为主的 7 个车站(见表 3),其中 3 个二级车站、4 个一级车站。一级车站和二级车站围护内容差异主要有以下几点:

表 3 线路 A 埋深 16~17 m、围护比 0.1~0.11 的车站在不同基坑保护等级下的围护设计内容和费用对比

车站	环境保护等级	围护造价指标/(万元·m ⁻²)	地基加固	地下连续墙深度	支撑
车站 1	二级	2.240	端头井旋喷桩加固	29 m	1 道混凝土+3 道钢支撑
车站 4	二级	2.365	端头井旋喷桩加固	(30.5/32.5) m	1 道混凝土+3 道钢支撑
车站 27	二级	2.564	旋喷桩抽条加固为主	30 m	1 道混凝土+3 道钢支撑
车站 2	一级	2.581	全车站旋喷桩抽条加固	36~37 m	1 道混凝土+3 道钢支撑
车站 6	一级	2.799	仅坑外地基加固	(29/32) m+12.5 m/10 m/8 m 构造段	1 道混凝土+3 道钢支撑
车站 9	一级	2.742	端头井搅拌桩加固	30.5 m+10 m 构造段	1 道混凝土+4 道钢支撑
车站 10	一级	2.446	旋喷桩抽条加固为主	32 m+7 m 构造段	1 道混凝土+4 道钢支撑

(1)在支撑使用方面,3 个二级车站均采用 3 道钢支撑,而一级车站中有 2 个车站采用 4 道钢支撑(车站 9、车站 10)。

(2)二级车站中仅端头井加固的较多,一级车站中全车站抽条加固的较多。

(3)地下连续墙的深度为一级车站略深于二级车站,其中最深的车站 2 达到 36~37 m,其余车站以 30 m 左右居多。在该组数据中一级基坑围护造价指标略高于二级基坑。

对该组数据进行线性回归分析,模型 F 检验没有通过,相关性计算中的显著水平 P 值 >0.05 。数据计算结果体现的是环境保护等级不对围护指标产生显著影响关系,说明环境保护等级对围护费用的影响关系较小。

2.1.3.2 其他设计构造的影响

除了设计参数的影响,为了保护周边构筑物和管线而采取的一些构造措施也会对围护费用产生影响,譬如经常遇到的地下连续墙加深构造段和钢支撑使用轴力伺服系统。基坑降水过程会引起周围一定范围内的水土流失,导致周边构筑物和管线沉降,对地下连续墙做一段加深构造段可以增加降水水流

的绕流路径,加深段通常只配构造筋起到挡水的作用。线路 A 共有 18 个一级环境保护基坑,其中有 9 个车站采取了地下连续墙加深构造。表 4 统计了地下连续墙加深构造对围护造价费用的影响。由表 4 可知,该加深构造会使造价增加 500~3 000 万,引起主体围护费用增加 5%~10%。

表 4 线路 A 一级环境保护基坑地下连续墙加深构造对造价的影响

车站名称	地下连续墙 深度加深	引起造价增加 /万元	引起主体围护费 用增加比例/%
车站 6	8~12.5 m 构造段	557.85	5
车站 9	10 m 构造段	990.00	9
车站 10	7 m 构造段	908.60	6
车站 12	3 m/局部 11 m	626.04	3
车站 13	15 m 构造段	3 202.95	6
车站 16	8 m 构造段	1 084.80	6
车站 17	(5/13 m)构造段	1 504.35	7
车站 20	3.5 m 构造段	443.80	3
车站 21	局部 10 m 构造段	718.50	4

为了控制基坑变形,可以对钢支撑采用轴力伺服系统,也就是通过电子设备对钢支撑的轴力做监控,低压自动补偿、高压自动报警,有效控制围护结构位移。此举监控费用较高,1 根钢支撑轴力伺服预

算价约为2万,1个4道钢支撑的车站约240根左右,即需要增加480万元的费用。

2.1.4 砂性土层的影响

砂性土层会对围护结构的槽壁稳定性带来不利影响。由于砂性土比较松散,容易在地下连续墙接头的位置出现泥沙、漏水,目前上海轨交地下连续墙有采用铰接头的工艺来防治此危害。铰槽机相较常规的液压抓斗成槽机价格昂贵,A线路中共2个车站使用铰接头,分别引起围护费用增加880万和2700万,引起主体围护费用增加比例约5%。

2.1.5 主体围护费用影响因素小结

综上所述,对车站主体围护费用影响程度最大的是底板埋深,它对围护造价指标的影响起着决定性作用。围护比相同埋深的基坑影响也较大,而环境保护、砂性土层存在一定影响,也会引起围护费用增加几百万到几千万,但引起费用的增加比例不大。

主体围护中费用占比最高的是围护结构,线路A中各车站约达到60%~70%(其余为地基加固、支撑降水)。底板埋深增加时,围护深度尺寸会有较大变化,而围护比影响的是单位基坑面积中围护结构的用量,所以这2种因素对围护费用指标呈现了主要影响关系。

2.2 主体结构

主体结构造价指标相较围护工程来说相对稳定,混凝土含量(单位建筑面积含量)和含钢量受各种因素影响的规律并不明显。对线路A各车站数据进行测试,底板埋深和顶板覆土厚度经拟合不与主体结构造价指标呈现明显相关性(相关性计算中的显著水平 P 值 >0.05)。但底板埋深和顶板覆土厚度也会对主体结构的设计产生一定影响,例如底板埋深和顶板覆土厚度增加会分别致使底板和顶板尺寸增加、配筋率提高。

对主体结构造价指标进行正态性检验发现 $P>0.05$,说明没有呈现出显著性,造价指标具有正态分

布特征,数据集中在均值附近。线路A主体结构造价指标为0.35~0.62万元/ m^2 ,均值为0.522万元/ m^2 (见图5)。

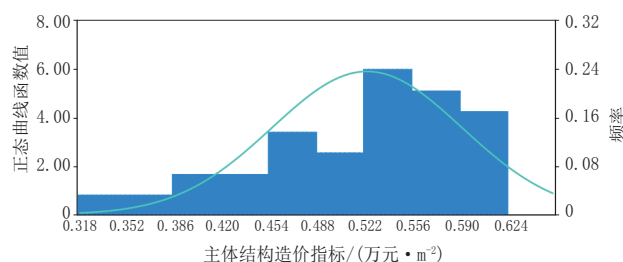


图5 线路A主体结构造价指标正态分布直方图

2.3 附属工程

附属工程本身造价占比不大,约占车站总造价的20%~30%。由于出入口埋深多有相近,线路A中24个车站附属工程造价指标呈现正态分布,均值为1.443万元/ m^2 (见图6)。

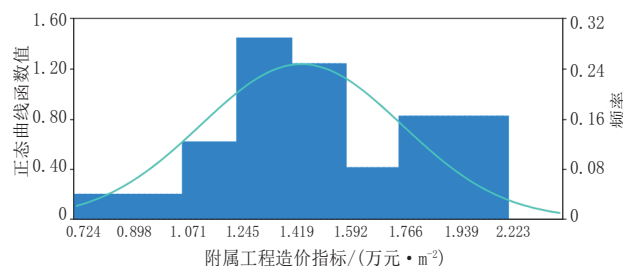


图6 附属工程造价指标正态分布直方图

3 结 语

本文将明挖地下车站土建工程分为主围护、主体结构和附属工程3个部分,分别分析了影响其造价的关键因素,一方面通过技术经济对比,另一方面通过对上海轨交近期建设的某线路造价指标进行数据计算,辅助得到分析结论。从2种方法互相印证的结果来看,主体围护造价指标受底板埋深和围护比的影响较大,环境保护和砂性土层会产生一定影响但影响不大;主体结构和附属工程造价指标相对稳定且都满足正态分布性。

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com