

城市轨道交通冻结法联络通道初步设计阶段的造价分析

詹邦晏

(上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 200235, 上海//工程师)

摘要 目的:结合《上海市轨道交通工程预算定额(SHA3-31—2016)》,套用每月信息价后发现,冻结法联络通道造价存在指标过高的问题,严重偏离市场价,特分析实际工程量及定额子目消耗量等基础数据,并提出修改意见。方法:从工程量及定额组成入手,对现有联络通道通用图的工程量测算,分类固定量及变化量,寻找变化量的函数关系。结合实际招标控制价,对冻结法联络通道造价的组成进行分析研究,得出联络通道基础造价,通过联络通道长度及是否带泵房进行组价,最终确定联络通道合理的造价。结果及结论:通过对联络通道工程量及定额组价的分析,调整部分定额子目中的工料机消耗量,使联络通道的工程造价处于合理水平,为初步设计阶段造价的控制提供参考。

关键词 城市轨道交通;联络通道;冻结法施工;定额;造价分析

中图分类号 TU723.3:U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.07.047

Cost Analysis of Urban Rail Transit Freezing Method Link Passages at Preliminary Design Stage

ZHAN Bangyan

Abstract Objective: Based on the 'Budget Quota for Rail Transit Engineering in Shanghai (SHA3-31-2016)' and the corresponding monthly information price, it is discovered that the cost estimation for link passage using freezing method is excessively high and significantly deviates from market price. Fundamental data including the actual engineering quantity and consumption of sub-items in the quota are specifically analyzed, and modification suggestions are given. Method: Starting from the composition of engineering quantity and quota, the engineering quantity for existing link passage generic diagrams is checked and calculated, classifying fixed quantity and varying quantity, and identifying the functional relationship of the varying quantities. Considering the actual bidding control price, the cost composition of freezing method link passage is analyzed and studied, the fundamental cost is determined. The

link passage length with or without pump rooms are considered in the cost composition, finally leading to a reasonable estimation of link passage cost. Result & Conclusion: By analyzing the engineering quantity and cost quota composition of link passage, adjustment is made to the consumption of materials, labor, and machinery in sub-items of partial quota, which ensures that the link passage engineering cost is maintained at a reasonable level, providing reference for cost control at the preliminary design stage.

Key words urban rail transit; link passage; freezing method construction; quota; cost analysis

Author's address Shanghai Tunnel Engineering Rail Transit Design and Research Institute, 200235, Shanghai, China

随着城市轨道交通工程建设的不断发展,地铁隧道冻结法联络通道在软土地层得到了广泛的应用。但由于缺乏相应计价依据,冻结法造价指标始终存在争议。本文结合工作实践及施工经验,依据《上海市轨道交通工程预算定额(SHA3-31—2016)》^[1](以下简称“2016年上海轨交预算定额”),对冻结法联络通道的工程量组成、相应定额和造价指标进行分析及研究。图1为区间联络通道示意图。图2为区间联络通道兼雨水泵房示意图。

本次研究的主要内容包括冻结法联络通道工程量差异、定额子目消耗量和造价指标分析。

1 冻结法联络通道工程量差异分析

冻结法联络通道的工程量主要由冻结加固、开挖及初期支护、二次衬砌及防水层组成。其中有无泵房及联络通道中心间距(即上下行隧道中心线之间的距离)的长短对工程量及造价影响尤为明显。

根据所涉及的定额子目,工程量变化可分为以下4类情况。

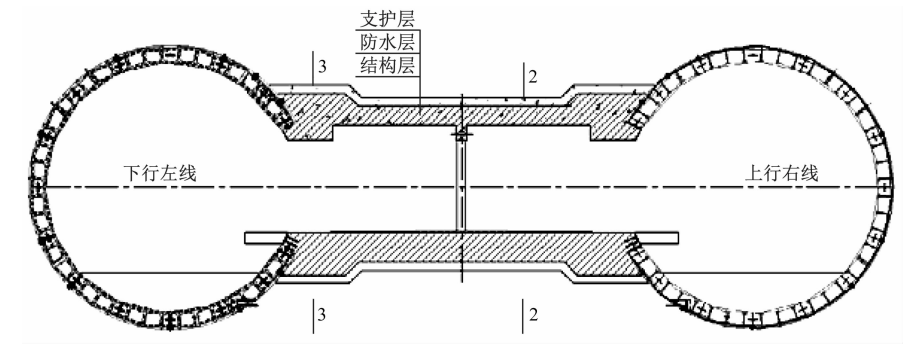


图 1 区间联络通道示意图
Fig. 1 Diagram of interval link passage template

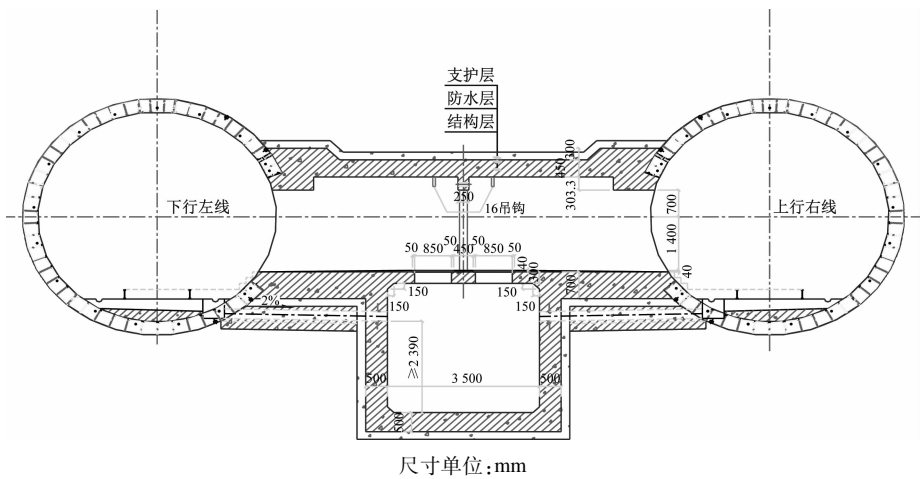


图 2 区间联络通道兼雨水泵房示意图
Fig. 2 Diagram of interval link passage and rainwater pump house template

1.1 固定工程量

固定工程量是不随联络通道中心间距长度变化及是否设置泵房等因素变化的工程量。

根据定额说明中的解释,固定值工程量主要有:冷冻板制作安装,集配液圈制作安装、拆除,盐水干管安装、拆除,冻结制冷及冷冻监测设备安装、监控与拆除,隧道支撑制作安装、拆除,安全防护门制作安装、拆除,监控视频与通信设备安拆及使用,隧道架空运道安装、拆除,钢管片拆除,防火门制作安装。

1) 冷冻板制作安装:一个联络通道(兼雨水泵房)均按 1 套计算。

2) 集配液圈制作、安装、拆除统一按 20 m 计算。

3) 盐水干管安装、拆除:一般情况下冷冻站按设置在联络通道附近考虑,安拆长度为 100 m(进水+回水);如冷冻站设置在除联络通道附近以外的区域内(如图 3 所示),按盐水箱至联络通道中缝距离外加 4 m 考虑,此为特殊情况,初步设计阶段

不考虑。

4) 冷冻监测系统安装、监控与拆除,安全防护门制作安装、拆除,监控视频与通信设备安拆及使用,以及隧道架空运道安装、拆除,不论是否设置泵房,均按 1 套考虑。

5) 隧道支撑制作安装、拆除(其大样如图 4 所示):联络通道开挖前在区间隧道中设置钢桁架,以防止联络通道开挖过程中引起的沉降、变形等。其设置要求为区间隧道上下行线联络通道开口两侧各架 2 榀,共 4 榀。以 6.6 m 外径区间隧道为例,钢桁架通用图计算得出 4 榀工程量合计为 8.824 t。

6) 根据新一轮上海轨道交通建设规划中对钢管片的要求,单座联络通道需拆除的钢管片工程量为 8.457 t。

7) 由于防火门安装于联络通道中间,一般按一座联络通道 2 樘考虑。

1.2 中心间距长度变化影响的工程量

这类工程量主要包括:冻结站安装、拆除,冻结平台制作安装、拆除,首次充氟,融化氯化钙等。

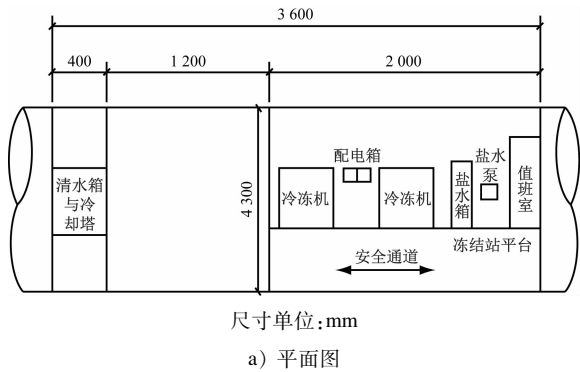


图 3 冻结站布置图
Fig. 3 Layout of the freezing station

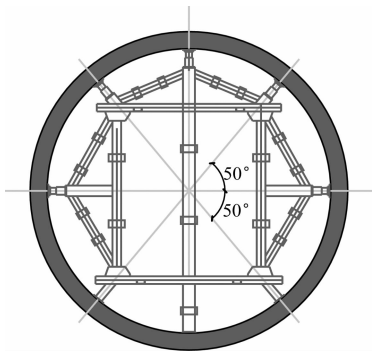


图 4 隧道支撑钢桁架大样图
Fig. 4 Detailed drawing of tunnel support steel truss

- 1) 冻结站安装、拆除:按定额工程量计算规则,单个旁通道一般设 1 个冷冻站;当联络通道位置的线间距 ≥ 20 m 时,需布置 2 个冷冻站。
- 2) 冻结平台制作安装、拆除根据定额说明每套包括端头井平台(上、下行线各 1 个)、钻孔平台及钻架(上、下行线各 1 个)、冻结站平台(1 个)共 3 个

平台;结合冻结站安装、拆除,当联络通道中心间距 ≥ 20 m 时,需增加 1 个冷冻站,相应只增加 1 个冻结站平台,定额消耗量调整为 1.33 套。

3) 首次充氟:按照定额说明,当联络通道位置的线间距 ≥ 20 m 时,需布置 2 个冷冻站,每个冷冻站需配置 1 台主用冷冻机和 1 台备用冷冻机。冷冻站安装时,每台冷冻机一般需充氟 600 kg。在实际施工中,当联络通道中心间距 ≥ 20 m 时,则按 1.5 个冷冻站考虑,即需配置 2 台主用冷冻机和 1 台备用冷冻机;冷冻机首次充氟总量按 1.8 t 考虑。

4) 融化氯化钙:按定额工程量计算规则,一般一个联络通道按 14 t 计算。参照首次充氟的计算规则,当联络通道中心间距长度超过 20 m 时,融化氯化钙按 21 t 考虑。

1.3 是否设置泵房影响的工程量

- 1) 开孔(见图 5 和图 6):根据联络通道施工图

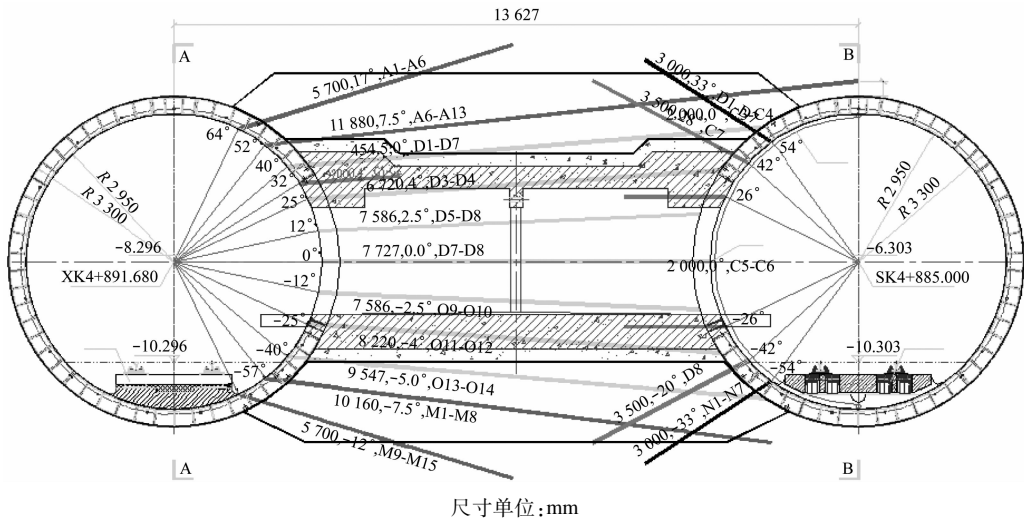
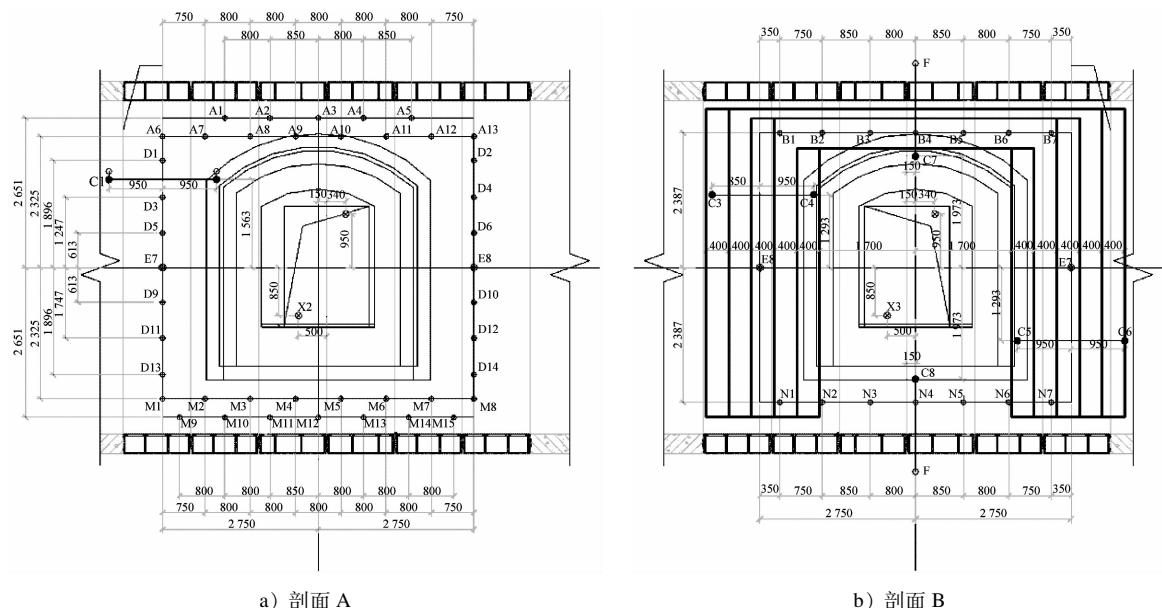


图 5 联络通道开孔的冻结孔布置剖面图
Fig. 5 Profile drawing of opening freezing hole layout with openings in the link passage



注:尺寸单位为mm;A为一侧顶面冻结孔;B为对侧顶面冻结孔;C为开孔;D为一侧侧墙冻结孔;E为透孔;F为测温孔;M为一侧底面冻结孔;N为对侧底面冻结孔;X为泄压孔。

图6 联络通道开孔的冻结孔布置大样剖面图

Fig. 6 Detailed profile drawing of opening freezing hole layout with openings in the link passage

工程量的统计,不设置泵房时,A面冻结孔布置为上部13孔、下部13孔、两侧各7孔,B面冻结孔布置为上部6孔、下部15孔,以上合计61孔,另考虑测温孔8孔;设置泵房时,A面冻结孔布置为上部13孔、下部13孔、两侧各13孔,B面冻结孔布置为上部6孔、下部15孔,以上合计73孔,另考虑测温孔12孔。

2) 冻结管割除及封孔,与开孔的计算原则和工程数量一致。

3) 二次衬砌及防水层施工,遇水膨胀橡胶条设置于联络通道与钢管片衔接处,其工程量与泵房是否含排水管有细微差异。

1.4 中心间距长度及是否设置泵房共同影响的工程量

1) 冻结孔水平钻孔:根据开孔数量按每孔钻孔长度合计计算,开孔数量按是否设置泵房确定;冻结孔单孔钻孔长度根据实际施工图的平均水平长度测算,按联络通道中心间距的中值+2 m(冻结壁外扩范围)计算。

2) 冻结孔及测温孔安装工程量与冻结孔水平钻孔的计算原则和工程数量一致。

3) 冻结制冷考虑积极冻结及维护冻结时间(即开挖构筑时间),其中,积极冻结时间为固定值,一般按45 d考虑;维护冻结时间按联络通道开挖构筑

工程量确定,开挖构筑工程量大小与联络通道长度及是否设置泵房相关。

4) 融沉注浆钻孔:按联络通道二次衬砌面积,以 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 密度布置融沉注浆孔,设置泵房时另行增加考虑8个融沉注浆孔,同时利用隧道底部增加12个融沉注浆孔。

5) 融沉注浆:按融沉注浆钻孔数量,每孔注浆 1.5 m^3 计算,分6次注浆完成。

6) 冻土开挖:根据图纸,将联络通道分为标准段(2-2断面,见图1,下同)、变坡段(即2-2断面与3-3断面衔接处)、敞口段(3-3断面)、泵房段及排水管段,其中变坡段、敞口段及泵房段工程量是相对固定的,标准段及排水管段随联络通道的中心间距长度而变化。

7) 初期支护钢支架制作安装:仅在标准段、敞口段及泵房段设置,初步设计阶段常规按0.5 m间距考虑。其中敞口段及泵房段工程量是相对固定的,标准段随联络通道的中心间距而变化。

8) 二次衬砌及防水层中,除防火门制作安装及遇水膨胀橡胶条,其他工程量均根据联络通道的中心间距长度及是否设置泵房发生变化。其中变坡段、敞口段工程量是相对固定的,工程量主要变化发生在标准段中。排水管制作安装仅联络通道兼雨水泵房工程中需要。

2 定额子目消耗量分析及消耗量调整前后造价分析

根据 2016 年上海轨交预算定额及对应信息价,结合实际施工图工程量测算,发现测算的联络通道造价与实际市场价存在较大的偏差,其中最主要的偏差在于冻结法加固。

2.1 实际市场招标情况

根据上海申通地铁集团有限公司对联络通道招标限价的指导,招标控制价如表 1 所示。

表 1 联络通道招标控制价
Tab.1 Bidding control price

联络通道 中心间距/m	招标控制价/万元	
	联络通道	联络通道兼雨水泵房
14	347.50	398.01
15	364.54	415.05
16	381.58	432.09
17	398.62	449.13
18	415.66	466.17
19	432.70	483.21
20	449.73	500.24

2.2 按原始定额消耗量的工程造价

根据前述工程量计算原则和数量,采用 2016 年上海轨交预算定额,测算联络通道造价见表 2 和表 3。

表 2 联络通道费用测算汇总表(不调整消耗量)
Tab.2 Summary of cost estimation (without consumption adjustment) for link passage

联络通道 中心间距/ m	冻结加固 费用/ 万元	开挖及初期 支护费用/ 万元	二次衬砌及 防水层费用/ 万元	合计费用/ 万元
14	326.14	64.23	32.78	423.15
15	337.81	67.94	34.84	440.59
16	346.66	71.65	36.92	455.23
17	357.38	75.36	38.98	471.72
18	369.05	79.07	41.05	489.17
19	377.90	82.78	43.11	503.79
20	458.60	86.50	45.37	590.47
21	468.14	90.21	47.44	605.79
22	481.19	93.92	49.51	624.62
23	494.23	97.63	51.58	643.44

2.3 定额消耗量的调整

对比采用定额原始消耗量计算的工程造价和

表 3 联络通道兼雨水泵房费用测算汇总表(不调整消耗量)
Tab.3 Summary of cost calculation (without consumption adjustment) for link passage and rainwater pump house

联络通道 中心间距/ m	冻结加固 费用/ 万元	开挖及初期 支护费用/ 万元	二次衬砌及 防水层费用/ 万元	合计费用/ 万元
14	359.45	83.98	32.78	476.21
15	371.74	88.05	34.84	494.63
16	384.03	92.12	36.92	513.07
17	395.36	96.19	38.98	530.53
18	407.66	100.26	41.05	548.97
19	417.12	104.33	43.11	564.56
20	501.88	108.40	45.37	655.65
21	515.54	112.47	47.44	675.45
22	529.21	116.54	49.51	695.26
23	542.87	120.61	51.58	715.06

招标控制价,差异幅度约 20 %。经过分析,部分定额的人工、机械台班消耗量偏高是造成差异幅度较大的主要原因,为合理确定初步设计阶段的工程造价,根据实际施工组织和进度安排,需要对定额子目中的不合理人工、机械消耗量进行调整。调整数据参考联络通道施工进度计划(详见表 4)相关数据进行测算。

1) 冻结制冷人工消耗量调整。定额中联络通道冻结制冷需 11.44 d/台班,与实际偏差大。结合定额工作内容及现场实际情况,现场冻结制冷共需 12 人,2 人一班组,分成 6 个班组,冻结制冷 1 个班组/台班,每个班组作业 1 个班次后休息 5 个班次,故人工调整为 2 d/台班。

2) 冻土开挖人工消耗量调整。按一座 13.6 m 标准联络通道计算,冻土开挖量约为 126.4 m³,开挖及结构施工天数为 20 d,其中冻土开挖时间约为 10 d,按每班 3 人开挖考虑,每天 3 班次,合计消耗 90 工日,即 90 个工日开挖 126.4 m³ 冻土,折算下来约为原定额人工消耗量的 20%,故人工消耗量调整为 0.84 工日/m³。

3) 隧道支撑制作安装、拆除的机械台班消耗量调整。开挖及初期支护施工中,隧道支撑制作安装、拆除中的立式油压千斤顶消耗量偏大。按实际施工,开挖及结构施工天数为 20 d,其中千斤顶数量为 6 台,故折算后,消耗量应调整为 163.191 3 台班/t。

表 4 施工进度计划表
Tab.4 Construction schedule

项目	打钻工期/ d	冻结站安装 工期/d	积极冻结 工期/d	开挖及结构 施工工期/d	打钻至结构 完成总工期/d	充填及融沉 注浆工期/d
漕盈路站—2#风井 7#旁通道	20	25	45	20	90	150
漕盈路站—2#风井 8#旁通道	20	25	45	20	90	150
2#风井—青浦站 9#旁通道	20	25	45	20	90	150
青浦站—3#风井 10#旁通道	20	25	45	20	90	150
青浦站—3#风井 11#旁通道	25	25	45	20	90	150
3#风井—汇金路站 12#旁通道	25	25	45	20	90	150

注:冻结站安装与打钻同时施工。

2.4 调整定额消耗量后的工程造价

将原始定额消耗量造价测算结果按照上述人工、机械消耗量进行调整,调整后的联络通道工程造价详见表 5 和表 6,再次将测算的造价与招标控制价对比,差异幅度在 5 % 以内,可见调整消耗量后造价指标与市场价的差异变小,较为合理。

表 5 联络通道费用测算汇总表(调整消耗量)
Tab.5 Summary of cost estimation (with consumption adjustment) for link passage

联络通道 中心间距/ m	冻结加固 费用/ 万元	开挖及初期 支护费用/ 万元	二次衬砌及 防水费用/ 万元	合计费用/ 万元
14	271. 11	47. 39	32. 78	351. 28
15	281. 01	49. 76	34. 84	365. 61
16	288. 97	52. 13	36. 92	378. 02
17	297. 91	54. 50	38. 98	391. 39
18	307. 81	56. 87	41. 05	405. 73
19	315. 77	59. 25	43. 11	418. 13
20	394. 70	61. 62	45. 37	501. 69
21	403. 35	63. 99	47. 44	514. 78
22	414. 62	66. 36	49. 51	530. 49
23	425. 89	68. 73	51. 58	546. 20

3 结语

根据调整定额消耗量后测得的造价数据,得出以下结论:联络通道以 14 m 中心间距为计算基础(351. 28 万元),中心间距每增加 1 m,费用增加 13. 83 万元;中心间距超过 20 m 时,另考虑相应增加费用 69. 73 万元。联络通道兼雨水泵房以 14 m 中心间距为计算基础(409. 40 万元),中心间距每增

表 6 联络通道兼雨水泵房费用测算汇总表(调整消耗量)
Tab.6 Summary of cost estimation (with consumption adjustment) for link passage channel and rainwater pump house

联络通道 中心间距/ m	冻结加固 费用/ 万元	开挖及初期 支护费用/ 万元	二次衬砌及 防水费用/ 万元	合计费用/ 万元
14	300. 87	59. 8	48. 73	409. 40
15	311. 38	62. 33	51. 69	425. 40
16	321. 90	64. 87	54. 48	441. 25
17	331. 46	67. 41	57. 27	456. 14
18	341. 97	69. 94	60. 07	471. 98
19	350. 55	72. 48	62. 86	485. 89
20	433. 54	75. 02	65. 85	574. 41
21	445. 42	77. 55	68. 64	591. 61
22	457. 31	80. 09	71. 43	608. 83
23	469. 20	82. 63	74. 23	626. 06

加 1 m,费用增加 16. 15 万元;中心间距超过 20 m 时,另考虑相应增加费用 72. 37 万元。

通过对接络通道(兼雨水泵房)工程量及费用的测算,为初步设计阶段投资控制提供数据支撑。

参考文献

[1] 上海市建筑建材业市场管理总站. 上海市轨道交通工程预算定额(SHA3-31—2016)[M]. 上海: 同济大学出版社, 2018. Shanghai Construction Building Materials Industry Market Management Station. Shanghai rail transit engineering budget quota (SHA3-31—2016) [M]. Shanghai: Tongji University Press, 2018.

(收稿日期:2023-01-30)