

地质钻孔资料在地铁车站工程中的应用

—以马来西亚MRT2期工程BMS站为例

毛立广

中国中铁股份有限公司国际工程分公司 北京 100036

摘要: 本文以马来西亚MRT2期工程BMS地铁车站为案例, 分析阐述了地质钻孔资料在项目投标阶段用于估算开挖土石方工程量及项目实施阶段用于隧道盾构机选型、地下连续墙成槽设备优选及基坑开挖前降水方案等方面的应用。

关键词: 地质钻孔资料; 地铁车站; 盾构选型; 成槽设备优选; 投标报价

Application of Geological Borehole Data in Metro Station Engineering: A Case Study of BMS Station of MRT2 Project in Malaysia

Liguang Mao

China Railway Corporation International Engineering Branch

Abstract: Taking the BMS metro station of MRT2 project in Malaysia as a case, this paper analyzes and expounds the application of geological borehole data in the project bidding stage to estimate the excavation of earth and rock engineering quantity, and in the project implementation stage to select the tunnel shield machine, the optimization of the underground diaphragm wall trenching equipment and the dewatering scheme before foundation pit excavation.

Keywords: Geological borehole data; Subway station; Shield type selection; Groove equipment optimization; Tender offer

1 工程概况

BMS站位于吉隆坡新捷运二期(SSP)地下工程C标段中部。该站采用标准两层岛式车站, 有效长度289m, 最大宽度49.6m, 标准段宽26m, 深19.25m, 建筑总面积达

15219.68m², 其中设备区域面积为9026.88m², 公共区域为6192.8m²。设两出入口, 两组风亭分别与出入口合建, 出



图1 BMS站平面位置图

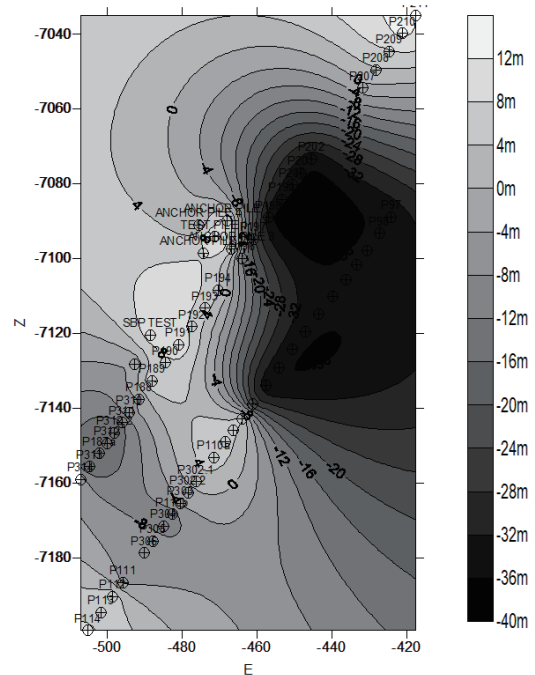


图2 BMS站地质钻孔布置和基岩面等值线图

入口位于车站两侧南北端头。(见图1)

1.1 地质概况和水文特征

本车站处于吉隆坡石灰岩(Limestone)和肯尼山(Kenny Hill)地质交界区域,地下水发育,地面绝对标高在GL33-35m之间。(见图2)

根据车站已完成钻孔揭示,本车站按岩土层层序,从上至下分述如下:

黏土:黄褐色、褐黄、灰黄等色,硬塑,局部可塑。质较纯。广泛分布于表层人工杂填土之下,层厚一般1.5~7.0.3m。本层顶板标高为34.8m。标贯实测击数平均值 $N=15.6$ 击/30cm。根据室内试验:天然密度 $\rho=1.88\sim 2.07\text{g/cm}^3$,天然含水量 $w=20.3\sim 34.7\%$,天然孔隙比 $e=0.601\sim 0.970$,饱和度 $S_r=82.9\sim 98.5\%$,液限 $W_L=36.2\sim 56.7$,塑限 $W_P=17.6\sim 26.2\%$,塑性指数 $IP=17.2\sim 30.5$,液性指数 $IL=0.15\sim 0.48$,天然快剪指标:凝聚力 $c=31.4\sim 117.9\text{kPa}$,内摩擦角 $\Phi=6.6\sim 22.1^\circ$,压缩系数 $a_v=0.10\sim 0.78\text{MPa}^{-1}$,压缩模量 $E_{sv}=2.17\sim 17.06\text{MPa}$,基床系数 $KV=7.0\sim 56.1\text{MPa/m}$,自由膨胀率 $F_s=23.0\sim 55.0\%$ 。

粉质素土:黄褐色、褐黄、棕黄色,硬塑。呈透镜状分布于表层人工杂填土之下,厚0~3.38m。标贯实测击数 $N=14$ 击/30cm。根据标贯锤击数 N 判定,无侧限抗压强度 $q_u=169\text{kPa}$,地基承载力标准值 $f_k=347\text{kPa}$,内摩擦角 $\Phi=32^\circ$ 。根据室内试验:天然密度 $\rho=2.01\text{g/cm}^3$,天然含水量 $w=19.6\%$,天然孔隙比 $e=0.613$,饱和度 $S_r=86.6\%$,液限 $W_L=32.7$,塑限 $W_P=16.5\%$,塑性指数 $IP=16.2$,液性指数 $IL=0.19$,天然快剪指标:凝聚力 $c=65.9\text{kPa}$,内摩擦角 $\Phi=16.2^\circ$,压缩系数 $a_v=0.21\text{MPa}^{-1}$,压缩模量 $E_{sv}=7.37\text{MPa}$,基床系数 $KV=24.2\text{MPa/m}$,自由膨胀率 $F_s=24\%$ 。

该区域地下水位在地面以下约1~1.5米,车站顶板位于地下水位线以上,其余位于地下水位线以下。

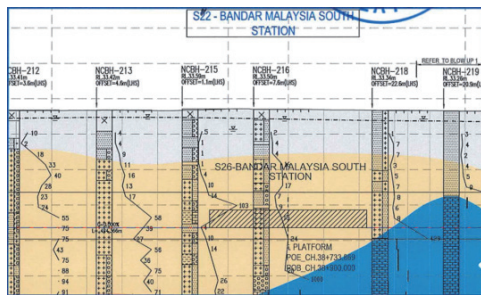


图3 大马城南站地质剖面图

根据车站范围现有地质钻孔资料总结如下:

表1 南站地层简表

深度	地层名称	标贯值
0~-6/-8米	第四系冲积层	<10
-6/-8~-24米 (车站底板-20米)	肯尼山系	10~40
-24/-43以下	石灰岩	/

地连墙开槽深度范围内,除北段会开挖至基岩面以下2~3m,其余各段均在基岩面以上。此范围内,肯尼山系地层的饱和水抗剪强度普遍低于180KPa,平均值约为75KPa;基岩面以下2~3m内石灰岩的饱和水单轴抗压强度普遍低于60MPa。

2 地质钻孔资料的应用

2.1 盾构选型

根据投标阶段全线地下段地质钻孔资料分析,在只考虑地层岩土特性、颗粒物大小及含量、地层水压力及地层渗透系数等地质参数,结合不同类型盾构机适用的地产生条件,选择土压平衡式盾构机即可满足施工要求。通过对比,相同盾构里程推荐使用盾构机类型与综合其他因素如工期要求、采购价格、环境评价影响因素、场地条件等得到的盾构机选型结果在里程符合率上达到95.5%,说明仅依靠地质资料决定盾构选型的实际可行性,对其它类似项目,在其它资料不足的情况下,迅速做出可行性决策也具有借鉴意义。

2.2 成槽设备优选

表2 常用的地连墙成槽机具

机械编号	机械名称	机具适用性特点
a	抓取式成槽机	不适用于砂岩层,较硬地层工效较低
b	液压铣槽机	不适用于漂石、大孤石地层,硬岩工效低
c	冲击钻机	成孔为圆孔,需要二次修孔,工效低

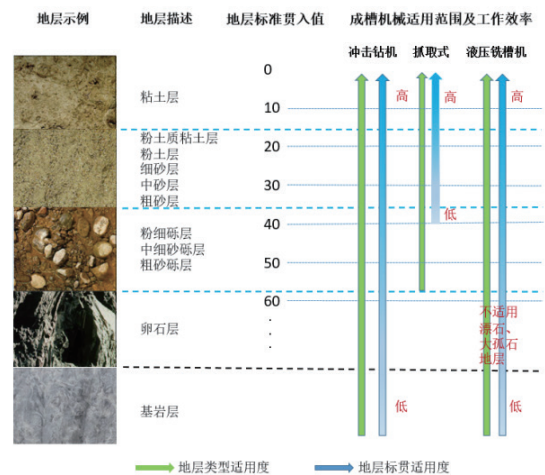


图4 三种常用成槽机具适用范围及工作效率对比

结合BMS站地质情况和三种施工机具特点,采用多种机具配合施工可实现优势互补,既保证质量又节约工期和费用。

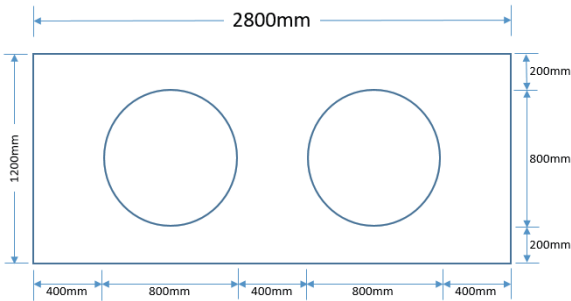
从①施工效率②成槽质量③成本费用三方面综合考虑选择机具的各种组合方案:

根据已完工地下连续墙施工验证,得出以下结论。

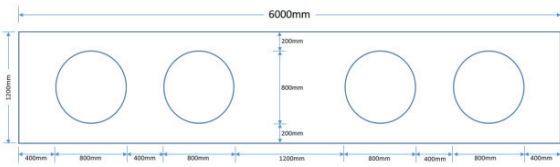
表3 推荐组合方案及其优缺点对比

序号	成槽机械组合	优缺点对比
方案一	a+b	效率、成本、质量综合最优
方案二	a+c	成本适中，效率较差，遇到倾斜岩面施工较困难
方案三	a+b+c	施工效率最高，成本最高，地层适应性最强

根据实际施工中效率对比，即抓取成槽机+液压铣槽机组合，与抓取成槽机+冲击钻机组合，再与抓取成槽机+液压铣槽机+冲击钻机组合，三种设备组合类型对比，采用抓取式成槽机开挖土层，岩面以下先采用冲击钻引孔再使用铣槽机的开挖方式成槽的方式施工效率最高，对各种地层类型的适应性最强。地质资料预测结果与实际施工结果相符合。



5A 2.8米槽段钻机引孔示意图



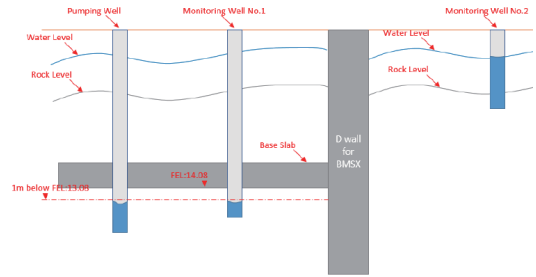
5B 6米槽段钻机引孔示意图
图5 不同长度槽段钻机引孔示意图

2.3 入岩深度的确定

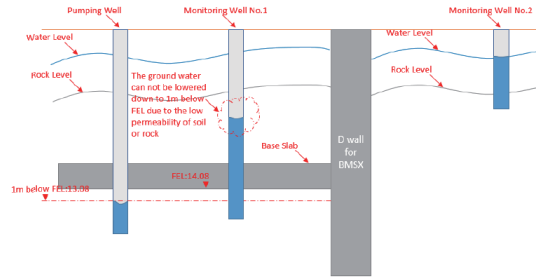
根据BMS站结构设计要求，考虑1.6倍的安全系数，作为本车站围护结构的地下连续墙，满足入岩条件的需生根在岩石强度达到5兆帕的岩层中才能满足承载力要求，通过地质钻孔资料中，岩石取芯样本的强度实验数据，可以得到平均入岩深度为3米可以达到设计要求。

2.4 作为基坑开挖降水方案依据

综合地质资料中岩芯渗透率实验数据及基岩面深度数据推断，在该车站进行抽水实验将无法达到原设计文件要求的抽水实验终止条件。通过在抽水实验开始前与设计单位沟通确认增加了另外一种抽水实验终止条件。实际抽水实验符合通过地质资料的预先推断，顺利达到与设计单位沟通确认增加的抽水实验终止条件，比原计划工期提前3天达到了土方开挖条件进入基坑开挖阶段，为项目工期目标争取了3天的有利条件。



6A 设计文件要求的抽水实验终止条件



6b根据地质钻孔资料推测提出的抽水实验终止条件

图6 两种抽水实验终止条件

3 地质钻孔资料的应用总结

(1) 成槽施工是地连墙施工中最重要工序，成槽质量决定了地连墙的质量和后续基坑开挖的难度；通过地质资料分析，优化成槽设备组合，加快成槽施工效率，可以减少地层塌方，最优化地连墙施工质量，即保证了施工进度及质量目标，又减少后续缺陷处理，达到成本控制目标。

(2) 按抓取式成槽机抓取宽度合理设置每幅地下连续墙幅长及预埋孔，形成抓取式成槽机、冲击钻机和液压铣槽机流水作业，可提高成槽效率。

(3) 通过地质资料与设计文件相结合，确认了入岩深度，并计算出开挖深度，进而估算开挖土石方工程量，为投标报价提供依据。

参考文献：

[1]周昊. 基于BIM技术的岩土工程建模-仿真一体化方法研究[D]. 武汉轻工大学, 2022. DOI: 10.27776/d.cnki.gwhgy.2022.000094.
[2]武钰斌. PBA工法地铁车站钻孔咬合桩围护结构止水效果及开挖变形研究[D]. 北京交通大学, 2020. DOI: 10.26944/d.cnki.gbfju.2020.003122.
[3]堵紫薇. 隐伏岩溶地层对半盖挖车站基坑稳定性影响及控制技术研究[D]. 中国矿业大学, 2019.