

# EPC模式下海外城市地铁设计优化研究

## ——以吉隆坡MRT项目为例

许叶亮

中国中铁股份有限公司国际工程分公司 北京 100036

**摘要：**本文介绍了在EPC模式，英标体系下，吉隆坡地铁项目全周期过程中的设计技术及管理经验，以期为将来类似项目提供相关有价值的参考。

**关键词：**EPC；地铁设计；海外工程

# Study on Overseas Urban Subway Design Optimization under EPC mode-- Take the Kuala Lumpur MRT Project as an Example

Yeliang Xu

China Railway Corporation Limited International Engineering Branch, Beijing 100036

**Abstract:** This paper introduces the design technology and management experience in the whole cycle process of Kuala Lumpur Metro project under EPC mode and British standard system, in order to provide relevant valuable reference for similar projects in the future.

**Keywords:** EPC; Subway design; Overseas project

## 引言

MRT是马来西亚政府“大吉隆坡”发展的重点项目。2011年7月正式启动，计划分三期执行，全长约150公里，项目建成后将服务于630万大吉隆坡区域居民。MRT1与MRT2已建设完工并投入运营，MRT3已进入投标阶段。作者在MRT2期C标段设计技术部(下简称技术部)，从开工到竣工，完整经历了全周期的设计技术及管理工作，本文将对相关工作进行总结，以期为海外地铁设计技术及管理工作提供参考经验。

### 1 勘察设计管理

C标段总长2.3km，两站两区间，包括施工设计、勘测、采购、施工、机电安装、装修装饰、联调联试、项目交

付等。业主设计单位(国内称为设计院)结构和机电专业为AECOM(同时为牵头设计单位)，建筑装修，隧道专业为本地及新加坡的设计单位，其设计流程及管理与国内设计院有较大差异。设计专业分为建筑、结构、机电、隧道，每个专业图纸按施工阶段又分为供审图(IFC之前的图纸)，施工图(IFC图纸)，施工安装细节图(shop drawing)，竣工图(as built)。专业多，施工阶段多，每个专业图纸数量巨大，因此对于图纸和勘察设计全过程管理非常重要。

承包商一般需要在业主图纸基础上，出具详细安装施工图，一定要督促承包商先详审业主施工图，解决问题或确认无疑问后，再出详细安装施工图，且每个步骤都要有严格的时间限制，以保证现场图纸的及时批复与发放，同



时避免后期承包商的技术问题索赔。向业主反馈的图纸问题，和提交的详细安装施工图，需要有正式往来记录，并且规定时间内回复；对于业主提出的设计变更，要及时结合现场进度情况，申明产生的成本和工期影响，这些工作对于后续的变更索赔具有重要支撑作用。

## 2 各专业协调

由于各个专业图纸由不同设计单位设计，造成各专业图纸之间协调性差；同时因工期和施工顺序问题，也会影响各专业的最终落实存在冲突。因此需要提前预见并协调问题。

建筑图中包括所有类型墙体，混凝土墙、砖墙、轻质隔墙，但是结构图会根据建筑图的整体墙体布置，选择部分墙体设置为承重墙并体现在结构图中，土建承包单位一般用结构图施工，因此会存在以下问题，需要提前协调&预防：

（1）建筑图中的砖墙&轻质隔墙，在结构图中为混凝土墙，影响后续建筑功能。

（2）建筑图中的非承重混凝土墙，在结构图中没有体现，容易漏做，需要后期植筋补做。

根据规划，建筑会在车站边界墙体预留通道给未来外部商业接驳，这时结构施工时钢筋需要特殊的布置，方便未来凿除；或者车站内某些功能房间，暂时不用，建筑图显示为可拆卸墙体封堵，结构图未注明，施工时易疏忽直接浇筑成混凝土墙。

## 3 结构设计和方案优化

项目施工中，可以从各个方面进行结构设计和方案优化，节省成本和工期，为项目创造较大的价值。

### 3.1 设计富余量优化

结构设计规范标准为英标，一般欧美设计单位在满足规范标准的情况下，仍然会给出较大的富余量，因此，在能得到设计单位计算书和原始资料的情况下，可以研究相关文件，找出富余量，并给出优化建议。下面给出列子加以说明：

#### 3.1.1 交叉线地连墙深度减少

原设计：交叉渡线地连墙为永久维护结构，墙桩基深度与上部荷载和地质参数直接相关。设计要求的地连墙深度计算书中使用的竖向摩阻力系数 $K_s$ 为1.5。

优化原因：按照设计规范，竖向摩阻力与系数 $K_s$ 成正比关系，系数 $K_s$ 应为2.0，即原上部荷载不变的情况下，承载力增大，地连墙深度相应减小。

优化结果：地连墙平均桩长减短2.9m；减少地连墙土方开挖量和混凝土量1336m<sup>3</sup>；减少钢筋用量361吨。

#### 3.1.2 南口桩长的深度减小及混凝土型号优化

原设计：南口咬合桩第一个版本施工图（W00）1区维护结构桩长均超过50m，最长达到59m，入岩深度为7m。

优化原因：因为初步设计桩长标高未能确定，现场准备工作均是按照正常维护结构的一般设计长度30多米开展。图纸标高确定后经过核算超出成本预算，并增加了现场施工难度。经查阅设计规范、地质资料、复核荷载及咨询计算书，发现存在过度设计的现象（2-6区存在类似情况），

即承载力存在较大富余量，与业主设计部及设计咨询多次沟通修改图纸，最终减短桩长并在后续图纸更改后重新签发。同时永久咬合桩素桩混凝土型号C40建议改为C20，便于施工。

优化结果：根据现场实际的入岩范围，根据前后图纸标准的不同，降低施工难度以及节约工期约3个月。

a) 1区维护结构桩长均控制在42m范围之内，最深入岩深度减小2m；

b) 2-3区咬合桩入岩深度减少1m，5-6区部分钻孔桩入岩深度减少2m。

c) 1-4区永久咬合桩素桩混凝土型号C40建议改为C20。

d) 4区咬合桩的素桩桩长的减少，以及1区咬合桩的素桩桩长的减少。

#### 3.1.3 南口钢套筒优化

原设计：南口桩外径尺寸为1480mm和1180mm（保护层厚度为75mm），桩基承包商套筒加工的外径1480mm和1180mm，减去套筒壁厚50mm后内径为1380mm和1080mm，导致钢筋笼与套筒之间的净空过小约为25mm，套筒被钢筋笼卡住的风险极大，且现场已发生了两次套筒拔出失败的情况。

优化原因：保护层增加至125mm，即钢筋笼直径减少100mm，可较大程度降低卡住的风险，但桩基承载力与钢筋笼直径有直接联系，设计咨询不愿更改设计，认为加大保护层桩基抗弯承载力会减小从而不能满足设计要求，业主考虑施工风险，要求更换套筒加大套筒直径。现场面临套筒需增大尺寸、现场施工效益低等窘境。

优化方案：设计部通过在原设计荷载不变的基础上，重新计算桩基础，验算保护层厚度增大为125mm可以满足设计要求，提报减小钢筋笼直径（减小保护层厚度）的验算报告，并减少钢筋量，相关计算和图纸获得业主批复。从而减小施工风险、加快施工进度的同时，避免了更换套筒的高额费用。

优化结果：避免更换套筒、套筒拔不出等风险。从源头上保障了现场的施工质量和效益，节省套筒更换成本。

#### 3.1.4 南口Zone2a钢支撑优化

原设计：原设计2区有2层钢支撑。

优化原因：第2层钢支撑距离开挖底部标高只有2.6m空间，空间小，机械设备运转困难，导致往下开挖的工作难以操作，降低施工效率，且阻挡从二区进入一区的通道，增加一区开挖难度。

优化建议：研究设计单位原报告，发现设计富裕量较大，故取消第2层钢支撑，调整第1层钢支撑的标高，重新计算钢支撑、桩基础和挡墙的受力，并验算承载力。

优化结果：提供施工道路和空间。保证1区的开挖。减少一层钢支撑及围檩约43吨。

## 3.2 根据现场需要，进行方案优化

原设计单位制定的整体施工方法和大的施工方案，是在既定条件和理想情况下制定的，但实际施工中，因为场地、市场材料、机械设备、施工顺序等各方面的改变，

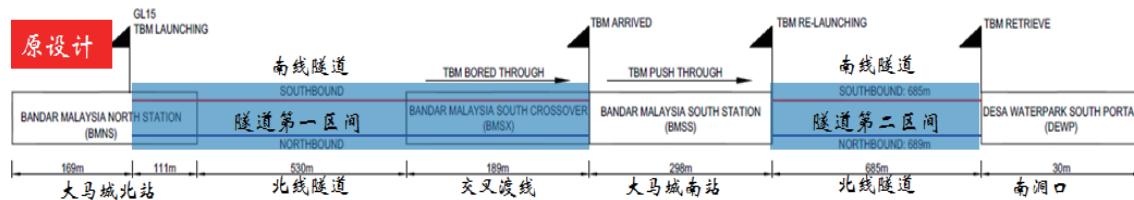


图1 原设计的隧道盾构平面布置图

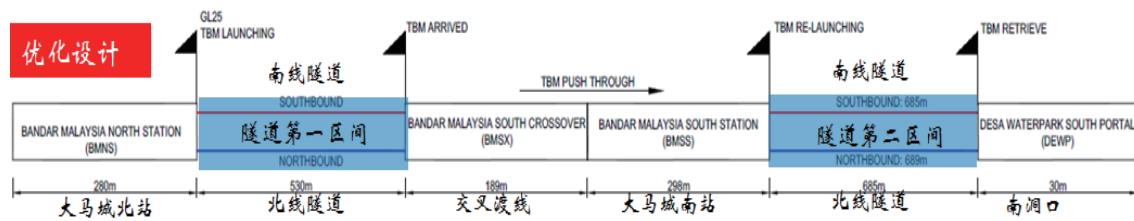


图2 优化设计后的隧道盾构平面布置图

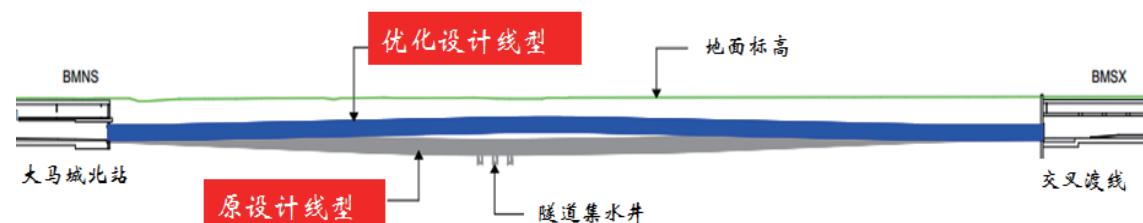


图3 隧道第一区间线型调整立面对比图

原定的整体方案已经不适用，因此需要在验证可行的情况下，进行方案优化，下面给出列子加以说明：

### 3.2.1 交叉渡线TBM盾构过站改为空推过站

交叉渡线根据原交地时间和设计方案，是打完地连墙后，盾构过站，后因提前拿到地块，交叉渡线主体施工可提前，故将盾构过站，改为空推过站，但大部分底板钢筋接驳器已按照盾构过站方案的标高预留（比TBM底部高），因此需要将交叉渡线TBM出洞端底板部分降低（后期回填素混），在接收TBM后，再顶升TBM，并对底板承载力进行验算。在经过一系列方案、计算报告反复修改后，TBM顶升并空推过站获得了业主批复，减少了长度为189m的临时双线隧道，节省了交叉渡线的施工工期。（见图1、图2）

### 3.2.2 第一区间隧道线型调整

原设计：因为大马城未来发展需求，北站至交叉线的隧道线型设计为“V”字形，中间位置双线各有3个隧道集水井，每个尺寸为深3.5m和直径2.5m。

优化原因：1)隧道集水井位于岩石区域，其爆破开挖属于高危工程。2)隧道集水井位于隧道第一区间，待第二区间盾构结束后，才可进行集水井的施工安装，对轨道场地交付的节点日期会产生较大影响。

优化方案：隧道一区间竖曲线由“V”字形调整为“人”字形。（见图3）

优化成果：

减少的工程量：取消隧道集水井以及相应530m隧道排水管，降低施工难度和轨道交付里程碑压力，缩短工期约半年左右；北站始发井岩石开挖深度减少0.68m；隧道内集水井处于岩石区域，爆破开挖施工为高危工程，避免安全

风险。

b) 增加的工程量：南线始发区域2根岩杆拔除；后配套支架升高，GL28轴北线切桩等。

c) 相应变更申请已经获得业主确认。无费用增加。

### 3.2.3 龙门吊基础优化

原设计：北站60吨龙门吊（吊重承载力为45吨），桩基础为12颗微型桩（直径300mm, 桩长18m）以及长110m、深1.7m、宽0.6m的地梁结构（112m<sup>3</sup>钢筋混凝土结构）。

优化方案：1) 使用已经施做的基坑支护体系临时咬合桩和冠梁为基础进行优化设计。2) 原设计咬合桩为基坑临时维护结构，主要承受土压力、路面20kpa堆载以及地锚竖向分力，若承担额外的由龙门吊每侧各4处42吨的竖向轮压，验算分析后需拔除底层1排地锚减小咬合桩的竖向荷载，且侧墙需施工至拔除的地锚标高，回填侧墙与咬合桩之间的空隙，再安装和使用龙门吊，即可满足受力要求，根据现场施工进度和车站施工计划，此方案可行。

## 4 总结

EPC模式+英标体系+东南亚市场的地铁项目施工中，设计技术及管理非常重要，关系到整个项目的进度和效益，针对规范和当地业主&咨询的相关特点，运用得当可以为项目节省较大的成本，和施工工期。

## 参考文献：

- [1] 管皓伟. 地铁车站深基坑支护体系设计研究 [J]. 价值工程, 2020 (8): 108-109.
- [2] 杨武厂. 硬岩地层中地下连续墙成槽方法研究 [J]. 施工技术, 2018, 47 (31): 7-10.