

# 上海浦东国际机场捷运工程东线区间调线调坡设计

余喜红

(上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,200092,上海//工程师)

**摘要** 上海浦东国际机场捷运工程东线区间情况复杂,有先期预留段,又有下穿通道项目代建段,设计施工时间不一,设计标准也有所不同,施工测量放样的基准点也存在一定的系统误差,其调线调坡工作难度很大。采用调线调坡工作提前介入,多次测量、多次调线调坡设计,多专业协调、调整限界设计的策略,基于平面和纵断面的偏差情况分析,详细阐述了中隔墙实施前后调线调坡工作中遇到的问题,并提出了相应的解决方法和建议。

**关键词** 上海浦东国际机场捷运线;线路设计;调线调坡;预留结构

**中图分类号** U239.81

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2020.08.029

## Line and Slope Adjustment Design for the Eastern Section of Shanghai Pudong International Airport MRT Project

YU Xihong

**Abstract** Shanghai Pudong Airport MRT (mass rapid transit) East Line project is confronted with complicated construction situations, such as the pre-reserved section, the underpass passage section of deputy construction, different design and construction times, different design standards and systematical errors of construction datum point, all this makes the line and slope adjustment very difficult. Through the design of advance intervention, multiple measurements, multiple line and slope adjustments, and taking the strategy of multi-domain cooperation and gauge design adjustment, the deviation of horizontal and vertical slope design adjustment of the project is analyzed, obstacles and solutions of the line and slope adjustment before and after the implementation of partition wall are proposed.

**Key words** Shanghai Pudong International Airport MRT Line; line design; line and slope adjustment; reserved structure

**Author's address** Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., 200092, Shanghai, China

目前,国内各地轨道交通发展迅猛,施工技术 & 装备等水平不断提高,经验积累也越来越丰富。但在施工过程中,难免会遇到由测量误差、施工误

差、结构变形抑或是人为失误等因素导致的施工后结构净空无法满足限界要求等情况。这就需要在铺轨之前进行调线调坡设计,以消除或减小误差来满足设计要求。文献[1-6]介绍了调线调坡的原理和基本流程,总结了一些常用的平、纵断面调整方法。但实际的工程调线调坡设计过程中会遇到各种特殊情况,需要结合工程特征寻求合理的解决方案。本文介绍了上海浦东国际机场捷运东线区间调线调坡设计的重难点及解决方法。

## 1 上海浦东国际机场捷运工程东线区间概况

### 1.1 工程概况

上海浦东国际机场捷运工程是机场空侧的1条旅客运输系统,主要服务航站楼与卫星厅之间的旅客。正线分为东线和西线,均为双线,且均为地下敷设。其采用4辆编组的接触轨式A型车。上海浦东机场捷运工程的平面如图1所示。其中东线区间连接T2航站楼站(以下简为“T2站”)和S2卫星厅站(以下简为“S2站”),采用明挖浅埋结构形式。东线区间按照土建结构的设计施工时序,大概可分为3段:

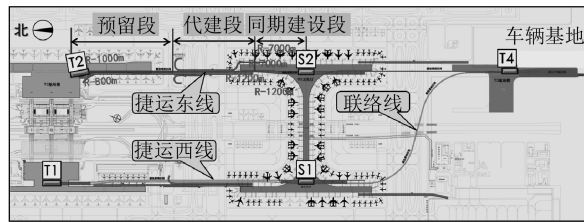


图1 上海浦东国际机场捷运工程平面示意图

1) 预留段:在T2航站楼实施时,按照通行APM(自动旅客运输)胶轮车为条件,在航站楼指廊长度范围内同步预留了620 m长的隧道结构。

2) 代建段:在机场三期工程全面启动建设前,以通行钢轮钢轨三轨B型车为设计条件,利用5号停机坪改造及下穿通道项目,先期建设下穿现有北滑行道段的捷运隧道土建结构。

3) 同期建设段:S2站的土建结构与机场三期

工程同步建设实施。

## 1.2 施工图设计原方案

### 1.2.1 线路施工图原方案

在线路平面设计原方案中:T2 站为曲线站台,左右线曲线半径  $R$  分别为 1 000 m、800 m;出站后两线平行向南,线间距为 4.6 m;在 S2 卫星厅指廊段各以一对反向曲线(左线  $R=7\,000$  m,右线  $R=1\,200$  m)接 S2 站。

预留段为先期预留结构,基本为平坡。其余段为浅埋结构,采用缓坡设计。

### 1.2.2 限界施工图原方案

1) 预留段。预留段结构内部尺寸为 8.6 m (宽)×4.5 m (高)。各专业对此进行适应性研究后设计的横断面如图 2 所示。在宽度方向上:线间距为 4.6 m,线路中心线至两侧边墙内侧距离为 2.0 m;双线之间设中隔墙,中隔墙宽度为 0.2 m(含施工误差);在双线中间设置 0.55 m 宽的疏散平台,以满足规范的最小宽度要求;总体宽度布置理论上刚好满足原地道宽度 8.6 m 的布置条件。在高度方向上:由于地道高度方向略有变化,根据初步测量资料来确定高度方向布置;轨面以上,按不小于 4.09 m 布置;轨道结构高度按不小于 0.36 m 布置。

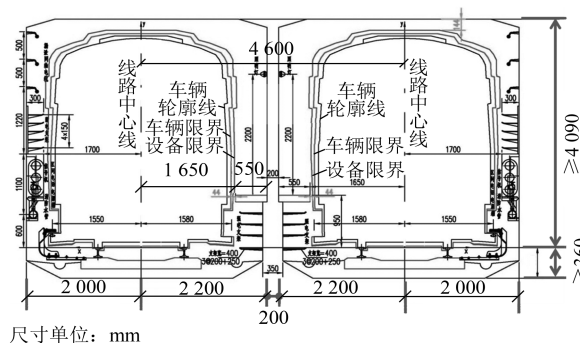


图 2 预留段限界横断面布置示意图 mm

2) 下穿通道项目代建段。代建段箱型结构尺寸不小于:8.8 m(宽)×4.8 m(高)。在宽度方向上:双线线路中心线至外侧边墙内侧距离为 2.1 m,其他同预留段。在高度方向上:轨面以上按不小于 4.20 m 布置,轨道结构高度按不小于 0.56 m 布置。

## 2 调线调坡设计难点

1) 东线区间 3 段的设计、施工时间不一,前后历时较长,施工测量放样的基准点也存在一定的系统误差,且设计标准不一样。

2) 预留段是按照 APM 的条件进行设计的,且

为了适应接触轨式 A 型车通行,基本按照规范最小要求设计,其设计几乎没有裕量。

3) 此外,预留段结构建成时间较长,其多年累积的沉降和变形,给调线调坡设计以及后续的中隔墙及疏散平台施工带来了较大的挑战。

## 3 调线调坡设计

### 3.1 应对策略

1) 调线调坡工作提前介入,多次测量、多次调线调坡设计。因东线区间情况复杂,空间尺寸紧张,对施工精度要求高,故先后在 2017 年底(代建段北段 200 m 尚未完工)、2018 年 5 月(代建段后实施段完工后)、6 月(中隔墙及疏散平台完工后)进行了多次调线调坡断面测量,之后根据测量结果及时进行调线调坡细化设计工作,并对后续施工提出相关要求。

2) 多专业协调,调整限界设计。对多次测量结果分析后发现,受施工误差及变形沉降等因素影响,预留段即使调线调坡,其原设计限界也无法满足要求。为避免浪费,经过多专业研究,结合预留结构的实际形态,在满足行车安全的条件下对限界控制断面进行调整。

### 3.2 中隔墙实施前的调线调坡

#### 3.2.1 隧道施工偏差情况

##### 3.2.1.1 平面偏差情况

在中隔墙尚未实施阶段,检查平面偏差要重点核对线路中心线至外侧墙的距离是否满足要求。根据测量结果校核,问题较大的主要是预留段。预留段地道内净宽多处不足 8.60 m,最小处净宽仅为 8.54 m。且隧道实测中心线较原设计整体向西偏移:在 DK0+485 以北,中心线偏移量较小,横距为 1.949~2.032 m;而在 DK0+485 以南,则偏移较大。预留段的左、右线线路中心线至侧墙横距如图 3 所示。由图 3 可见,右横距(右线中心线至右侧墙横距)均大于 2.0 m,左横距(左线中心线至左侧墙横距)

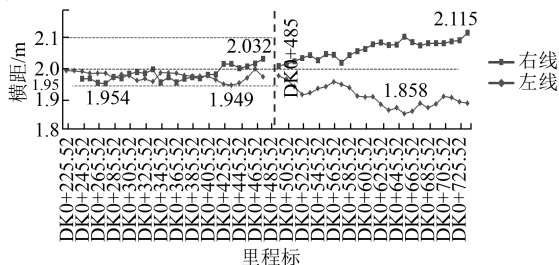


图 3 预留段的左、右线线路中心线至侧墙横距

距)均小于2.0 m,且越往南偏移越大。

### 3.2.1.2 纵断面偏差情况

根据测量结果校核,代建段的纵断面基本满足设计要求,不满足限界要求的主要是预留段。预留段地道结构内底板标高范围为-1.329~-1.428 m(设计标高为-1.370 m)之间,实测最小内净高为4.45 m(设计净高为4.50 m)。

如图4所示,线路中心线轨面至地道顶板及底板的净距变化无明显规律,且预留段的南端整体结构有所下降。预留段北段剔除个别凸点,整体轨面上净空基本为4.09 m以上,南端约50 m范围内不足4.09 m。

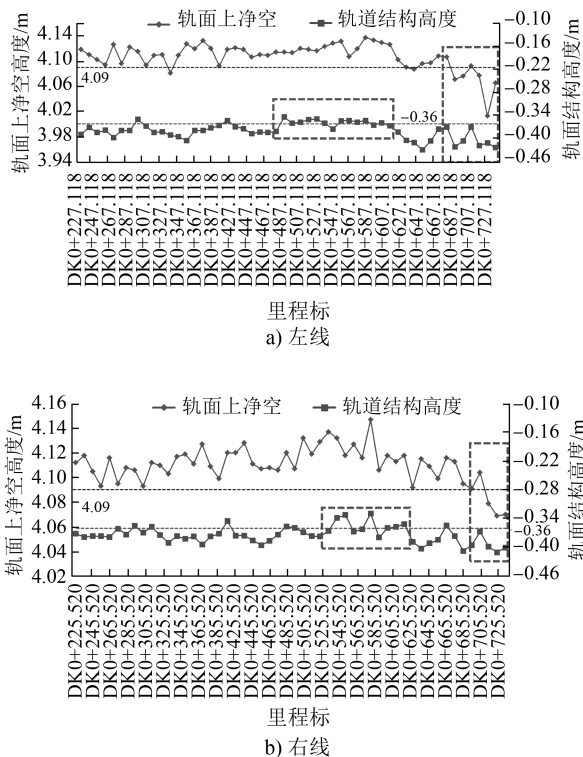


图4 预留段轨面上净空及轨道结构高度

预留段轨道结构高度设计最小值为0.36 m。实测资料显示,仅个别点不满足要求,且主要分布在左线 DK0+477~DK0+597 及右线 DK0+535~DK0+615 段。

### 3.2.2 限界设计调整

根据上述测量结果,无论平面如何调整,线型都无法满足原先限界的设计要求,因此,经限界、轨道、结构、给排水等专业设计人员沟通研究后,拟定限界控制断面做出如下变化:

1) 左线(东)侧:有集水坑、排水泵及相关设备,考虑左横距按不小于1.950 m控制(集水坑处)。

2) 右线(西)侧:右横距按不小于1.900 m控制。

3) 线间距:线间距不小于4.600 m,考虑到施工误差,中隔墙及疏散平台实施做特殊处理,中隔墙厚度设计调整为0.160 m,疏散平台宽度仍为0.550 m。

### 3.2.3 调线设计

根据测量结果和调整后的限界方案,用CAD软件画出2条限界包络线。经过多次拟合,调线方案为:预留段线路顺时针略微旋转,保证左右线平行且线间距不小于4.600 m;出预留段后,设置2对反向曲线( $R \geq 7\,000$  m,不设缓和曲线)与原线路顺接。调线前后,T2站范围内的线路保持不变。调线方案如图5所示。

调线后,剔除个别凸点,预留段左横距 $\geq 1.950$  m,右横距 $\geq 1.947$  m(见图6);代建段的左横距 $\geq 2.000$  m,右横距 $\geq 2.000$  m(见图7)。

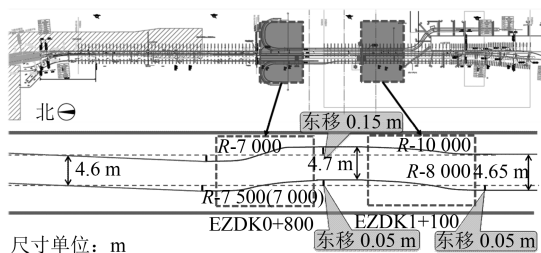


图5 东线区间线路调线设计方案示意图

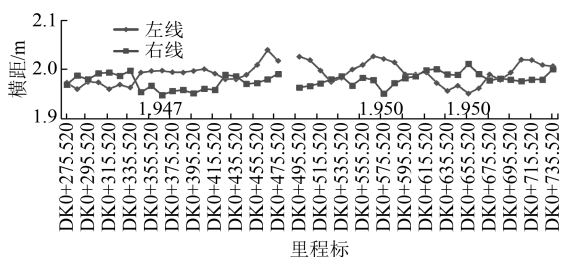


图6 预留段调线后线路左、右中心线至外侧墙横距

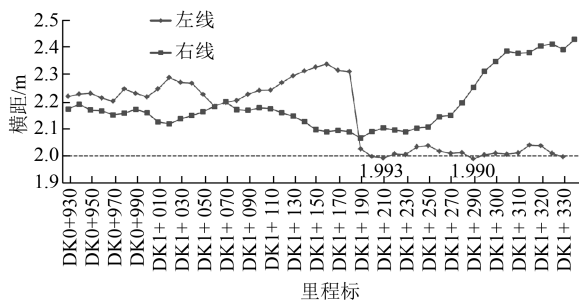


图7 代建段调线后线路左、右中心线至外侧墙横距

### 3.2.4 调坡设计

经过多次检验计算,在预留段左线增设4个变

坡点,右线增设3个变坡点,且各坡段差小于2‰(不设竖曲线)。在预留段南端约50 m范围内,轨面上净空不足4.09 m,轨道结构高度较0.36 m有所富余。考虑紧邻预留段南侧的200 m(代建段)尚未实施,因此在预留段与代建段交接处利用-3‰纵坡顺接,使预留段南端轨面下移。预留段与代建段交接处调坡前后对比如图8所示。调整后的轨面上净空及轨道结构高度基本能满足限界要求。

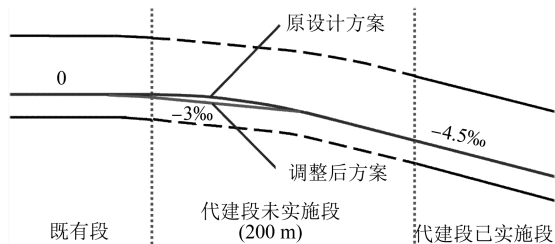


图8 预留段与代建段交接处调坡前后对比示意图

### 3.2.5 后续施工放样要求

1) 考虑到限界受控,要求后续中隔墙、疏散平台的施工误差应控制在10 mm以内。施工测量放样,要求按铺轨同一测量控制网,同时建议按照CPⅢ精度放样。

2) 预留段终点以南长约100 m范围的纵断面有所下压,要求代建段按照调线调坡后的施工图进行施工;同时,考虑到此段围护结构已经实施,为确保断面宽度,建议西侧侧墙外放5~10 cm。

### 3.3 中隔墙实施后的调线调坡

中隔墙实施前后的调线调坡工作基本相似。本文不再赘述相似部分,仅对在疏散平台实施后遇到的新问题进行研究。

#### 3.3.1 隧道施工偏差情况

根据测量结果,疏散平台边缘至线路中心线的距离及疏散平台宽度存在以下问题:

1) 如图9所示:预留段右线疏散平台边缘至线路中心线的距离均在1.65 m以上,满足限界要求;疏散平台宽度多处不满足0.550 m的设计最小值要求,且最小宽度为0.533 m。

2) 如图10所示:代建段左线疏散平台边缘至线路中心线的距离较多处不足1.65 m,最小值为1.625 m;疏散平台宽度基本不小于0.55 m(靠近T2站预留段的两个凸点除外,最小宽度为0.545 m)。

#### 3.3.2 调线设计

1) 预留段右线虽然出现多处疏散平台宽度不足0.55 m的情况,但其对应的线路中心线至中隔墙

的横向净距 $\geq 2.2$  m ( $1.65$  m +  $0.55$  m),因此可在满足疏散平台边缘横向净距不小于1.65 m的前提下,对疏散平台进行补宽,不用调线。

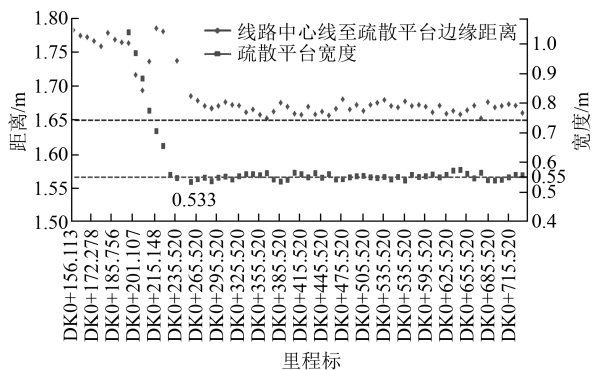


图9 预留段右线疏散平台至线路中心线距离及疏散平台宽度

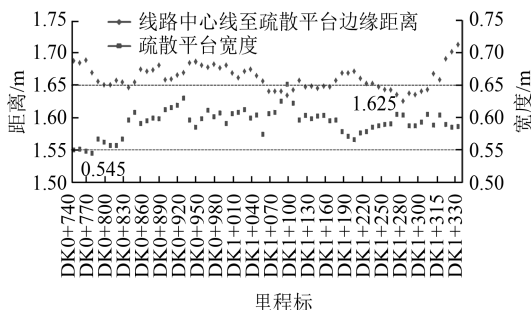


图10 代建段左线疏散平台至线路中心线距离及疏散平台宽度

2) 代建段左线疏散平台边缘至线路中心线的距离较多处不足1.65 m,但其对应的线路中心线至中隔墙的横向净距 $\geq 2.2$  m ( $1.65$  m +  $0.55$  m),因此左线也不用调整,而是通过凿除疏散平台边缘的方式来加大疏散平台边缘至线路中心线的距离,使其满足限界要求(不小于1.65 m)。

#### 3.3.3 后续工作的建议

1) 东线区间段受土建条件限制,限界设计紧凑,建议铺轨完成后,重新复核疏散平台限界及有效宽度。

2) 铺轨后的管线施工应精确控制安装误差。

3) 东线区间段有一些特殊设计,对后期运营维护要求较高,建议后续运营维护期间应重点保持线形、轨道几何线位、道床排水通畅、设备管线的空间位置等,以保障运营安全。

## 4 结语

本文对上海浦东机场捷运工程东线区间调线

调坡设计工作进行梳理总结,得到如下设计要点:

1) 在前期设计时,各专业应尽量避免采用极限值,为后期的调线调坡留有余地。

2) 测量数据是调线调坡工作的基础,其可靠准确与否对调线调坡工作能否顺利完成至关重要。因此,设计单位前期提出的测量要求需具有针对性,并与测量单位建立方便快捷的沟通方式,以保证调线调坡工作的有序高效。

3) 前期预留结构、其他工程代建范围,由于沉降、变形抑或是标准不同等因素影响,是调线调坡工作的重点,需加密断面测量,避免遗漏限界控制点。

4) 调线调坡是轨道交通设计过程中协调土建施工的一项工作,涉及线路、限界、轨道、建筑、接触网及其他轨旁设备等多方面,调线调坡工作人员需要与多专业充分沟通,在满足铺轨、设备安装实施

要求的前提下,使调线调坡后的方案尽可能为后续运营留有适当的调整空间。

### 参考文献

[1] 司耀旺. 地铁线路调线调坡设计探讨[J]. 现代城市轨道交通,2016(3): 81.

[2] 陈兵. 轨道交通调线调坡设计相关研究[J]. 铁道勘测与设计,2014(3): 25.

[3] 李驰宇,虞先溢. 轨道交通调线调坡技术及改进研究[J]. 都市快轨交通,2019(4): 25.

[4] 赵强. 武汉2号线调线调坡设计研究[J]. 铁道工程学报,2013(10): 100.

[5] 杜昊璇. 城市轨道交通施工完成后的调线调坡设计研究[J]. 地下工程与隧道,2015(2): 52.

[6] 李连生. 地铁既有线改扩建工程中线路调线调坡测量技术的研究与应用[J]. 城市轨道交通研究,2013(3): 107.

(收稿日期:2020-03-19)

(上接第 119 页)

### 3.2 窗口服务

人员服务的得分在窗口服务中最低,其主要原因是近期线路密集开通,使得有经验员工进一步摊薄,应予以重点关注。青岛地铁可通过强化日常业务培训、合理安排演练、增加实操练习等方式提升人员业务水平。

### 3.3 设备设施

设备设施各项指标得分偏低,这是主要提升方向。服务设备设施,尤其是电梯/扶梯、候车座椅、卫生间等设施,在乘客乘车过程中使用频率高,对乘客体验影响大。建议青岛地铁采取以下措施:①总结设备故障规律、合理调整检修计划,以降低设备故障率;②增加候车座椅以供有需要的乘客使用,尤其在客流量较大的车站应予以优先配备;③在建设期应考虑增加女卫生间的蹲位数,以减少女卫生间排队现象。

## 4 结语

乘客满意度调查是考察地铁运营企业服务质量的重要手段。利用基于模糊算法的乘客满意度

指数法进行乘客满意度评价,有助于发现服务工作薄弱环节,对地铁运量服务工作提出改进建议。

### 参考文献

[1] 周艳芳,周磊山. 城市轨道交通乘客满意度评价体系的构建[J]. 都市快轨交通,2007(5): 33.

[2] 张双. 地铁乘客满意度评价体系研究[D]. 西安:长安大学,2008.

[3] 唐炜. 城市轨道交通乘客满意度影响机理研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2017.

[4] 皋琴,李卫军,饶培伦,等. 北京地铁服务质量评价[J]. 城市轨道交通研究,2011(2): 42.

[5] 矫丽丽,徐永能,于世军. 城市轨道交通乘客满意度测评模型[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2012(增刊1): 638.

[6] 杨亚,漆晓宇. 成都地铁1号线乘客满意度评价体系的构建[J]. 交通科技与经济,2011(6): 54.

[7] 袁玲,张卓. 基于 SERVQUAL 的城市轨道交通服务质量评价实证研究[J]. 科技视界,2012(35): 44.

[8] 陈旻瑜. 地铁乘客服务水平评价体系研究[J]. 城市轨道交通研究,2006,(9): 70.

(收稿日期:2019-08-19)