

城市轨道交通控制中心多屏拼接幕墙可视性设计

王 茜¹ 方卫宁¹ 陈悦源¹ 李颖峰²

(1. 北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室, 100044, 北京; 2. 上海轨道交通运营管理中心, 201103, 上海//第一作者, 硕士研究生)

摘 要 以人因工程学原则和相关工效学标准为依据, 结合上海市轨道交通控制中心多屏拼接幕墙工程实例, 对控制中心多屏拼接幕墙的可视性设计从拼接屏选型要求、屏幕数量、可视距离、位置布局进行了详细的分析和探讨。提出了一种多屏拼接幕墙可视性的设计方法, 使之更好地与人的视觉特征相匹配, 改善了多屏拼接幕墙信息传递的可达性, 保证了调度团队作业时共享信息的良好可视性。

关键词 城市轨道交通; 控制中心; 多屏拼接幕墙; 可视性设计

中图分类号 U29-39; TN949. 18

DOI: 10. 16037/j. 1007 - 869x. 2020. 01. 023

Visual Design of Multi-screen Splicing Curtain Wall in Urban Rail Transit Control Center

WANG Qian, FANG Weining, CHEN Yueyuan, LI Yingfeng

Abstract Based on the principles of human factors engineering and related ergonomics standards, with a case study of multi-screen splicing curtain wall in Shanghai Rail Transit Control Center, the visual design of multi-screen splicing curtain wall of the control center is analyzed and discussed from aspects of splicing screen selection, screen number, visual distance and position layout. On this basis, a visual design method of multi-screen splicing curtain wall is presented, which makes the multi-screen splicing curtain wall match visual function of human preferably, improves the accessibility of information transmission of multi-screen splicing curtain wall, and ensures good visibility of the dispatching team to shared information.

Key words urban rail transit; control center; multi-screen splicing curtain wall; visual design

First-author's address State Key Lab of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, 100044, Beijing, China

多屏拼接幕墙是一种交互式信息墙显示器, 现已广泛应用于轨道交通、军事、数据可视化及办公

自动化等领域, 其显示与交互是人机交互领域研究的热点之一。

在多屏拼接幕墙显示的人因研究方面, 文献[1-4]等国外研究主要关注大屏显示对团队工作绩效以及群体协调模式的影响, 文献[5-6]等国内研究主要关注大屏信息显示功能要求的实现。

目前, 我国城市轨道交通工程中的多屏拼接幕墙可视性设计, 需要更科学更系统的方法。本文以上海市轨道交通控制中心多屏拼接幕墙设计为例, 探讨多屏拼接幕墙的可视化设计方法。

1 多屏拼接幕墙的可视性设计流程

在多屏拼接幕墙的可视性设计中, 首先, 通过对共享屏显示任务分析, 确定屏幕显示需求; 结合设计空间约束, 进一步确定多屏拼接幕墙的屏幕选型和数量, 再结合信息显示内容确定屏幕最小信息显示单元; 最后, 结合人因工程学设计的相关标准以及控制中心岗位设置情况, 计算多屏拼接幕墙的可视距离, 并对多屏拼接幕墙的纵向、水平布置位置进行设计和评估。具体流程如图 1 所示。

2 关键技术性问题分析

在上海市轨道交通控制中心项目中, 多屏拼接幕墙可视性设计的关键技术性问题的解决都在详细设计及校核阶段。

2.1 显示器选型

上海市轨道交通控制中心多屏拼接幕墙(以下简称“控制中心大屏幕”)位于控制中心大楼的 8、9 层挑空大厅内。8 层设置的 3 块屏幕墙区域分别为 COCC(网络运营协调与应急控制中心)区、网络视频监控区及网络电力调度区, 其显示面积大、物理拼缝要求严格, 需昼夜无间断显示。9 层为应急指挥区, 可总览 8 层 COCC 的屏幕墙, 实时掌握线网运行状态。

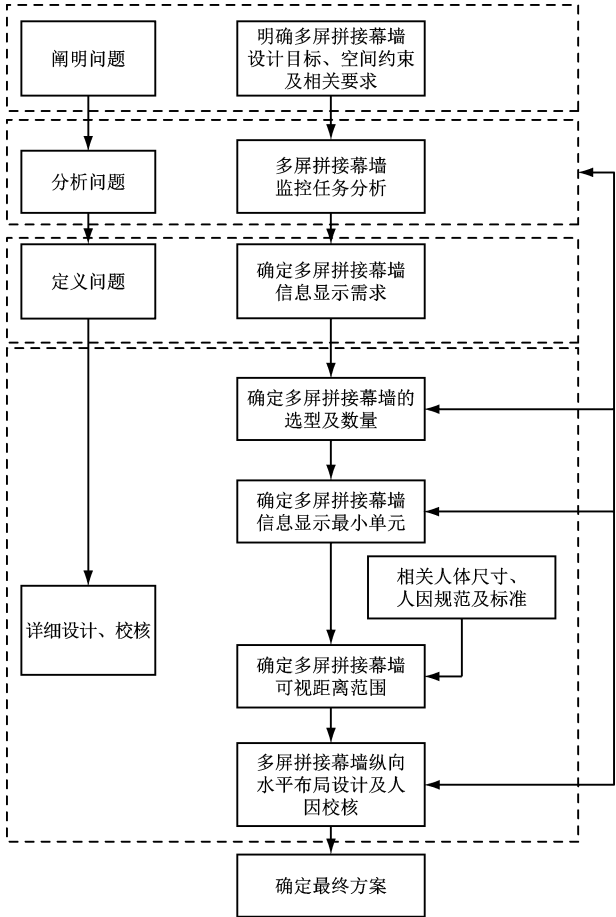


图 1 多屏拼接幕墙的可视性设计流程图

表 1 四种主流多屏拼接显示技术性能指标对比表

对比项目	DLP 背投技术	LCD 拼接技术	小间距 LED 技术	投影融合技术
背光类型	三色纯激光光源	LED 背光	LED	LED 光源
亮度	≤800 cd/m ²	≤700 cd/m ²	≥1 000 cd/m ²	1 000 ANSI(中心亮度)
对比度	≥1 800: 1	4 000: 1	≥2 000: 1	≥1 800: 1
可视角度	120°(H)/80°(V)	178°(H)/178°(V)	140°(H)/130°(V)	120°(H)/90°(V)
均一性	95%, 良好	95%, 良好	97%, 良好	85%, 一般
细节表现	较好	良好	较差	一般
灰度表现	较好	良好	一般	一般
拼接缝隙	最小为 0.1 mm	最小为 1.7 mm	无缝	无缝
安装空间	大	小	小	大
维护成本	低	低	高	高
总体投资	较高	低	较高	低

注:可视角度中 H 表示竖向,V 表示水平方向

求(见图 3);然后,分析多屏幕墙在不同运营状况下的显示界面设计对其数量确定的影响;最后,结合幕墙可布置面积与显示器所选型号,获得所需的显示器数量。

目前,多屏拼接幕墙的主流显示技术为 DLP(数字光处理器)背投、LCD(液晶显示)拼接、小间距 LED(发光二极管)及投影融合^[7]。

由表 1 可知,DLP 背投技术比 LCD 拼接技术的拼缝更小,比 LED 技术和投影融合技术更适合全天候使用。如今,DLP 背光源已升级使用 LED 光源和激光光源,其光源寿命可达 80 000 h,总体成本较以往有所降低。此外,DLP 在城市轨道交通领域已有较长时间的应用,其技术比较成熟。因此,控制中心大屏幕墙采用 DLP 技术,选用 Barco 生产的 OverView MVL-721 显示屏。屏幕大小为 70 吋,具体尺寸为 1 549 mm(长)× 872 mm(宽)× 950 mm(厚),视场角为 180°。

2.2 显示器数量的确定

根据文献[8],显示屏数量设计需要考虑控制中心同步控制的内容量、常规监控作业显示方式,应急模式显示方式、报警显示方式,以及是否需要为要显示的内容预留位置等内容。控制中心大屏幕墙的显示屏数量需要根据其显示需求、显示器选型及幕墙可布置面积约束来共同确定。具体确定流程如图 2 所示。首先,通过分析正常运营、应急指挥和参观展示等 3 类工况的任务,初步获得显示需

通过对三种区域岗位的任务需求进行调研并分析得到所需显示内容及布局,结合上述需求并考虑控制中心 DLP 幕墙布置的空间约束,最终确定 COCC 区的 DLP 幕墙为 4 × 20 块布置,位于大厅前

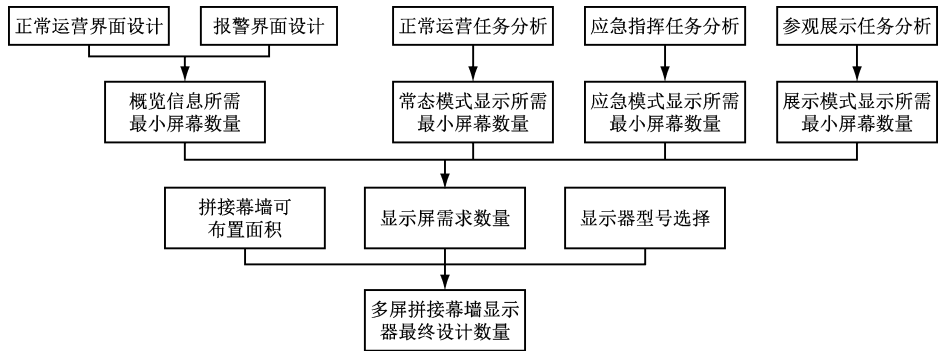


图2 多屏拼接幕墙的显示器数量确定流程

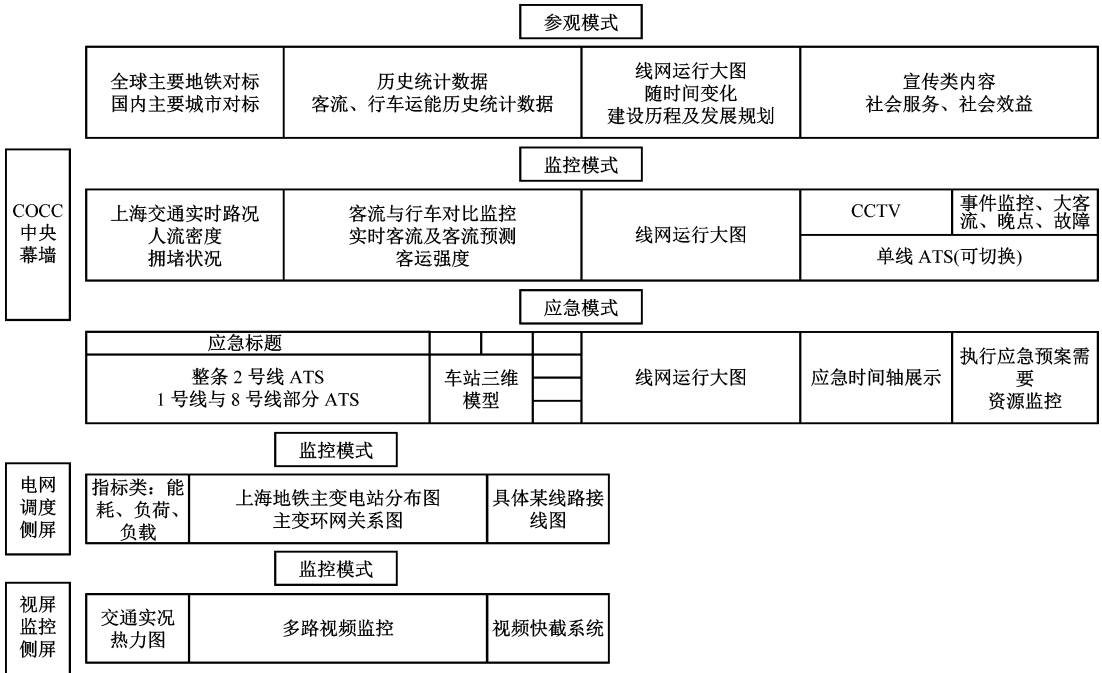


图3 控制中心大屏幕墙不同工况下的显示需求

侧墙中央位置;网络视频监控区及电力调度 DLP 幕墙均为 3 × 10 块布置,对称布置于 COCC 区幕墙两侧。

2.3 视觉参数的确定

2.3.1 视野范围确定

目前在人视野域方面有较多标准涉及,较为典型的有文献[9-11]。这三个标准规定人的坐姿正常视线均为水平线以下 15°。

对于不同对象,其视野范围的角度有所差别。文献[9]为美军标准,其适用对象为美国国防部,制定较为严格。文献[10]是我国电力行业的标准,相比电厂控制中心,城市轨道交通控制中心的面积一般更大,共享屏数量更多,故该标准的相关适用性有待验证。而文献[11]以人体尺寸和活动范围为主要研究对象,视野域范围具有更广泛的适用性,

因此本文选用文献[11]的视野范围进行设计和校核。

考虑视觉作业的舒适性,在水平、垂直角度范围内,人的视野均分为最佳眼动视野、最佳观察视野和扩展直接视野,分别对应最佳显示区、正常显示区和扩展显示区,如图4和图5所示。

2.3.2 视点和视距设计

多屏拼接幕墙显示系统视点位置依据文献[12]中的后倾坐姿眼点进行确定。

视距指显示屏平面中心点与操作人员眼点之间的距离。视线与字符平面法线之间的夹角为 0° 时的视距为最大识别视距。视距与视角关系为:

$$\alpha = 2 \arctan \frac{D}{2L}$$
 (1)

式中:

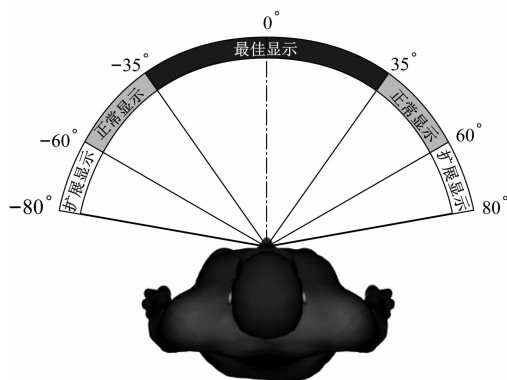


图4 水平方向显示器布置角度范围

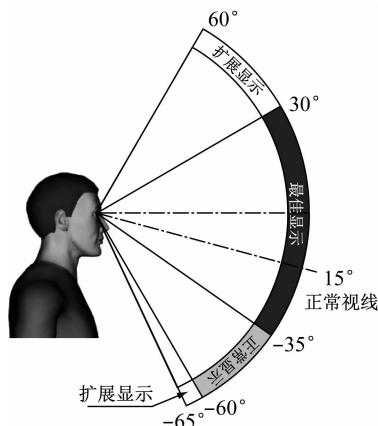


图5 垂直方向显示器布置角度范围

α ——视角;

D ——字符高度;

L ——视距。

根据文献[13]规定,对可读性要求较高时,视角范围为 $16' \sim 24'$ 。根据上海市轨道交通控制中心共享屏数量、显示内容及界面设计要求,得到DLP共享显示屏的字符最小高度为65 mm,结合式(1)确定集控中心显示屏的最小可识别视距 $L_{\min} = 9\,311\text{ mm}$,最大可识别视距为 $L_{\max} = 13\,966\text{ mm}$ 。显示屏的放置应满足该要求。

2.4 多屏拼接幕墙的布局设计

上海市轨道交通控制中心的3块多屏拼接幕墙分别供COCC、网络安防调度和网络电力调度作业使用。下面以COCC多屏拼接幕墙为例进行布局设计。

2.4.1 纵向可布置范围的确定

根据控制中心总体布局要求,COCC调度台位于大厅中央后方的台阶上方(每层台阶高度设计为150 mm)^[9]。分两排共设7个调度位,其中COCC值班总调度长位于第二排,其余岗位位于第一排。

多屏拼接幕墙的最低布置位置需满足后排人员的作业视觉需求。以后排第5百分位女性的后倾坐姿眼高 H_{5e} 进行设计,对其前方视野造成遮挡的有前排调度台和前排第95百分位身高的作业人员。经比较发现,调度台最高端高度 H_c 低于前排第95百分位身高作业人员的坐姿身高 H_{95h} ,因此,按遮挡点高度取 H_{95h} ,计算多屏拼接幕墙纵向布局范围 H_1 为:

$$H_1 = D_h + H_{5e} + \frac{H_{95h} - H_{5e}}{D_1 - D_2 - d' + d}(D_1 + d) \quad (2)$$

式中:

D_h ——调度台区域地面高度,取600 mm;

D_1 ——后排调度台前沿距幕墙距离, $D_1 = L_{\max} - d_1$,取13 816 mm;

D_2 ——前排调度台前沿距幕墙距离, $D_2 = L_{\min} - d_2$;

d_1 ——后排人员后倾坐姿较正坐姿增加的视距,取180 mm;

d_2 ——前排人员后倾坐姿较正坐姿增加的视距,取150 mm。

根据文献[14]中对受限空间尺寸的要求,两排岗位之间的通道间距为1 500 mm;而 $L_{\max} = 13\,966\text{ mm}$,调度台深度为1 100 mm,可得 $D_2 = 11\,216\text{ mm}$ 。

类似的,其他参数取值为: $H_{5e} = 1\,210.0\text{ mm}$, $H_{95h} = 1\,445.7\text{ mm}$, $H_c = 750.0\text{ mm}$ (调度台高度) + 273.0 mm(桌面显示屏高度) $\times 110\%$ (10%的富余量) + 150.0 mm(桌面显示屏距桌面的距离) = 1 200.3 mm,且满足 $H_c < H_{95h}$ 。相应的COCC区多屏拼接幕墙最低布置位置见图6。

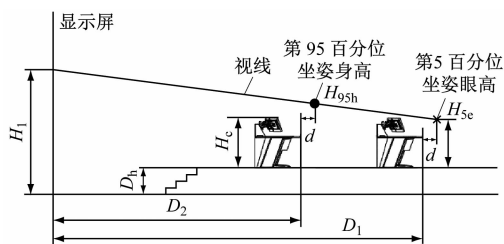


图6 COCC区屏幕墙纵向最低位置示意图

经测算,DLP幕墙纵向布局范围高度为5 295 mm,大于DLP幕墙4块70吋显示器的总高度(3 488 mm),可以满足DLP幕墙的布置要求。

2.4.2 水平布置位置的确定

根据文献[15]控制室布局规定,对于需定期或

连续使用的工作站外视觉显示屏,其最佳位置应在作业人员的正前方。为满足作业人员的视觉舒适性要求,COCC 区多屏拼接幕墙以 4×20 的形式排布,位于控制中心前端的中间位置,左右对称布置 4 排 10 列显示屏。

依据人的扩展水平直接视野 ($-80^\circ \sim 80^\circ$) 评估幕墙水平布置位置合理性。对 COCC 前后两排调度位进行人因校核的结果分别如图 7 和图 8 所示。

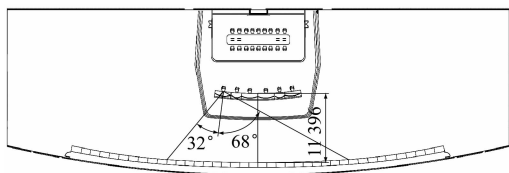


图 7 COCC 区第一排调度位视角分析

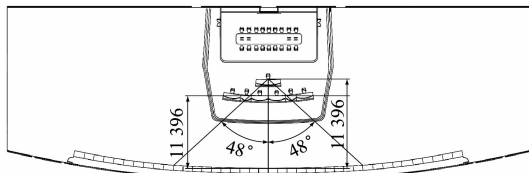


图 8 COCC 区第二排调度位视角分析

由图 7 可见,COCC 区第一排两侧的调度人员观察多屏拼接幕墙的角度分别为 32° 和 68° 。从图 8 可以看出,第二排作业人员观看多屏拼接幕墙的左右视野角度均为 48° ,均满足扩展视区 80° 视野范围。因此 COCC 拼接幕墙的水平布置范围满足调度人员的视觉作业要求。

3 结语

多屏拼接幕墙是城市轨道交通控制中心路网状态及系统监控的重要装备之一。随着城市轨道交通线网关系日渐复杂、共享资源逐渐丰富,以及对调度班组团队配合要求的不断提高,对控制中心多屏拼接幕墙的可视性设计也越来越引起城市轨道交通运营方的关注。

为满足控制中心运营作业的需求,本文以上海轨道交通控制中心多屏拼接幕墙设计为例,将以人为中心的理念整合到多屏拼接幕墙的可视性设计中,提出了一种轨道交通控制中心多屏拼接幕墙的可视性设计方法,使多屏拼接幕墙更好地与作业者的视觉特征相匹配,保证了调度团队作业时共享信息的良好可视性,有效避免了多屏拼接幕墙不良设

计对行车运营安全的影响,提高了运营使用方的满意度。

参考文献

- [1] WILSON S, GALLIERS J, FONE J. Not all sharing is equal: the impact of a large display on small group collaborative work [C]//CSCW'06 Proceedings of the 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work. Banff: ACM, 2006:25.
- [2] 威肯斯 C D,李 J D,刘乙力,等. 人因工程学导论[M]. 张侃,译. 上海:华东师范大学出版社,2007:481.
- [3] HÅREFORS E. Use of large screen displays in nuclear control room[D]. Sweden: Uppsala University, 2008.
- [4] WALLACE J R, SCOTT S D, LAI E, et al. Investigating the role of a large, shared display in multi-display environments [J]. Computer Supported Cooperative Work, 2011, 20 (6):529.
- [5] 周锋. 浅析铁路客专调度所大屏幕显示系统的建设方案[J]. 铁道通信信号, 2017, 53(1):61.
- [6] 史伟康. 地铁控制中心中央控制室大屏幕视角设计浅谈[J]. 科技信息, 2013(1):62.
- [7] 陈婴. 三种大屏幕显示技术应用的分析与对比[J]. 四川水力发电, 2016, 35(4):146.
- [8] Engineering Equipment & Materials Users' Association. Process plant control desks utilising Human-Computer Interfaces; EEMUA 201[S]. 2nd Edi. UK:EEMUA, 2012.
- [9] Department of Defense Design Criteria Standard. Human engineering design criteria for military systems, equipment and facilities; MIL-STD-1472G[S]. Washington: United States Department of Defense, 2012.
- [10] 国家电力公司电力自动化研究院. 控制中心人机工程设计导则 第 2 部分 视野与视区划分: DLT/575. 2—1999[S]. 北京:中国电力出版社, 1999:1239.
- [11] Henry Dreyfuss Associates. Humanscale[M]. Cambridge: The MIT Press, 1974.
- [12] International Organization for Standardization. Ergonomic Design of Control Centres Part 4: Layout and dimensions of work stations: ISO-11064-4[S]. Switzerland:ISO, 2004.
- [13] 中国人民解放军总装备部. 军用视觉显示机器人机工程设计通用要求: GJB 1062A—2008[S]. 北京:总装备部军标出版发行部, 2008.
- [14] 国家电力公司电力自动化研究院. 控制中心人机工程设计导则 第 4 部分 受限空间尺寸: DL/T 575. 4—1999[S]. 北京:中国电力出版社, 1999.
- [15] International Organization for Standardization. Ergonomic Design of Control Centres Part 3: Control Room Layout; ISO-11064-3[S]. Switzerland:ISO, 1999.

(收稿日期:2018-03-12)