

# 上海地铁网络的重要枢纽——人民广场站

刘建航,俞加康

(上海市隧道工程轨道交通设计研究院,上海市)

**摘 要:**人民广场是上海的政治、文化、娱乐中心,是最大公交枢纽和人员集散地之一。地铁 1、2、8 号线在此交汇。为了改善换乘功能,加设了下沉式广场和“大三角”地下换乘大厅。由于运营线和在建线的交织,实施过程中遇到诸多难题,从而采取有效的处理对策。

**关键词:**三线交汇;重要枢纽;建设难题;处理对策

**中图分类号:**U452.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)04-0007-04

## 1 人民广场地区的功能定位

东起西藏中路,西至黄陂南路,南至金陵中路,北到南京西路所围的 1.4 km<sup>2</sup> 范围内,称之为人民广场地区。

人民广场地区是上海的行政中心,是最重要的公共活动中心和最繁华的商贸、文化娱乐区域,也是近代优秀历史建筑最集中的区域之一。新建的大剧院、博物馆、城市规划展示厅等又成了上海新的标识性建筑。

已通车的地铁 1 号线、2 号线和在建的 8 号线车站交汇于此,还有 52 条公交线路到达或经过(调整前),使该区域成为上海市最大公共交通枢纽和人员集散地之一。

改造后的人民广场地区包括了占地 9 公顷的人民公园、15 公顷的延中绿地一、二、三期和 11 公顷的人民广场,成为市中心最大和最富有魅力的开放空间之一,同时还是上海的绿肺、上海的心脏地带。

该区域与中华商业第一街——南京路步行街相毗邻,所波及的浦西外滩与浦东陆家嘴地区的

中央商务区,以及周围辐射的 30 km<sup>2</sup> 的中心商业区通过轨道线和诸多公交线紧紧地串联在一起。经预测,人民广场地区日客流量将达到 82 万~84 万人次,高峰小时客流量将超过 10 万人次。

## 2 三条轨道线交汇概况

### 2.1 线路

地铁 1 号线一期工程:莘庄——徐家汇——淮海路——人民广场——上海火车站,全长 20.969 km,共设 16 座车站(目前正在北延伸至富锦路)。自 1990 年 1 月 19 日正式开工建设,1995 年 4 月,徐家汇至上海火车站试运营,直到 1997 年 7 月 1 日,一期工程全线通车运营。滞后于世界第一条地铁线——伦敦地铁 134 年,上海第一条地铁终于诞生了,它是上海南北向的交通干线。

2 号线一期工程:中山公园——静安寺——人民广场——陆家嘴——世纪公园——张江,全长 19.72km。共设 13 座车站(目前正在西延伸至临空园区)。1995 年动工,2000 年底正式通车运营,是上海第一条联接浦西浦东的轨道交通线,是上海东西向交通干线。

在建的 8 号线一期工程:开鲁路——虹口足球场——人民广场——世博会地区——成山路,全长 23.218 km,共设 22 车站。自 2002 年 7 月正式开工,计划 2007 年底建成通车,是人民广场连

收稿日期:2006-06-05

作者简介:刘建航(1929-),男,上海人,教授级高级工程师,中国工程院院士,主要从事地铁、越江隧道等地下工程的研究、设计、施工工作。

成就为桥梁技术所用(例如材料科学,信息科学等等)。

桥梁的科学研究多数是一种技术研究,这种技术可在每一项工程中应用总结后再提高再改进再在下一工程中应用,不断应用使这种技术非常有效,不断完善。我们将应用科学研究多立课题,去克服工作中一个又一个困难,比如抗腐蚀课题,这次工程用了,下一工程修正后再开,不断修正完善直到满意为止。

当前先把第一线的问题先予解决,同时继续开发第二线——材料科学目标是高强轻质低价,这是桥梁技术进步的一个重要源泉。

我国疆土辽阔,有着无数的河流山谷,每年有大量资金投入桥梁工程,使我们的同行有着空前的机遇。已经走过成千上万桥梁的同行将继续吸纳当代各科学领域的新成就及当前世界同行的新经验,去走出中国桥梁的新天地。

接杨浦区,穿越世博会浦西、浦东地区首条建成通车的轨道交通。

## 2.2 各线的客流

1号线预测远期的最大客流量(单向)6万人次/高峰小时。设计最大列车编组为8辆大型车,最小行车间隔为2 min,目前运营为6辆编组,高峰时段行车间隔已达3 min;随着北延伸不久将建成通车,客流日趋增长,将扩编到8辆编组和调整最小行车间隔至设计目标。以缓解1号线的不堪拥堵现状(最大运载日客流已超过130万人次)。

## 2.3 人民广场站的各线的客流量和换乘量

1号线人民广场站高峰小时客流量为54 219人次;2号线为23 283人次;8号线为18 978人次。

各线之间换乘客流量:1号线 $\longleftrightarrow$ 2号线134 735人次/日;1号线 $\longleftrightarrow$ 8号线88 382人次/日;2号线 $\longleftrightarrow$ 8号线136 997人次/日。

## 2.4 在全市轨道交通网络上的重要性

1985年上报国务院的总体规划中,上海地铁网络规划为7条线,总里程为176 km,当时交汇于人民广场有1号线、2号线和4号线,进入90年代,为配合浦东改革开放,重新调整路网,形成11条地铁线和10条轻轨线,总里程达500 km。此时三条线交汇于人民广场仍然不变。2001年5月国务院批复的“上海市城市总体规划”中,轨道交通网络调整为17条线,总里程780 km。在此路网中,仍有1、2、8号线交汇于人民广场。在2004年上海城市轨道交通建设规划中,路网17条线总里程调整为810 km。交汇于人民广场的1、2、8号线定为近期实施的线路。

1、2、8号线交汇于人民广场,形成了以广场为中心,向6个方向辐射的轨道交通锚固点,从而大大减少了到达和经过此广场地区的地面公交线。目前52条地面公交线路已逐步在减少,预期最终可减少至6条,从而可大大减轻人民广场地区的道路压力。

# 3 三线换乘站的布置

## 3.1 各线人民广场站的車站形式

首条设计建设的1号线一期工程人民广场站设于西藏中路西侧的人民公园内,跨九江路而不穿越南京西路,同时需保留精品商厦。车站规模为366.8 m $\times$ 21.2 m,地下二层岛式车站(站台宽度14 m)。预留了与2号线之间的联络线的接口。

当1号线建成通车后,紧接实施2号线的建设。由于历史原因,1号线未预留与2号线实现站台之间的换乘。为了保护 and 穿越已运营1号线

区间和维持南京西路的交通,站位设于南京西路南侧的人民公园内;地下三层岛式车站,车站规模381.7 m $\times$ 26.94 m,站台宽度14 m,设有一条贯通式存车线以及与1号线联络线。由于两车站站位设置条件限止,仅能在九江路下设通道换乘(即从2号线地下二层站厅层至1号线地下一层站厅层,实现非付费内换乘);换乘通道的宽度受到九江路南侧地块(当时已批租)的限止,无法做宽,给日后乘客的换乘带来不便。

为了不影响西藏路的正常地面交通,8号线的站位采取平行紧贴1号线设置。地下二层车站规模315.9 m $\times$ 26.28 m,站台宽度13 m。站内考虑了一条尽端式存车线以及与1号线之间的渡线。8号线与1号线平行站厅换乘。

## 3.2 换乘功能的完善

一旦8号线建成通车后,原有1、2号的换乘通道不能解决三线之间的换乘。为满足三线之间日换乘量达36万人次(预测远期)设计要求,提出了下沉式广场和“大三角”换乘大厅的设计方案(见图1)。

## 3.3 下沉式广场

位于西藏路西侧,南京西路南侧设置建筑面积约7 000 m<sup>2</sup>(下沉3 000 m<sup>2</sup>)斜坡式下沉广场,东侧通过地道与南京路步行街相接;北侧与新世界地下商场相接;西南侧分别与三线车站接通。下沉式广场对三线换乘有所改善,但仍不能真正解决便捷的换乘。

## 3.4 “大三角”换乘大厅

利用已建1、2号线车站及1、2号线之间联络线外壁所围空间(“大三角”)设置换乘大厅(见图2)。

大厅内设有售检票系统和换乘空间,同时增加了至地面出入口。“大三角”局部地下二层为实现新设2号线地下二层至1号线地下一层站厅层付费区的换乘通道(通道内设自动扶梯6台和宽为7.2 m人行梯),同时取消了原2号线地下二层至1号线地下一层的换乘通道,改成为地下一层非付费通道。

# 4 建设人民广场站换乘枢纽遇到的难题和处理对策

## 4.1 1、2号线之间处理对策

地铁2号线人民广场站东端头井基坑深22.1 m宽37.6 m,基坑东边墙距正运行的1号线地铁隧道10.6 m,基坑底在1号线隧道底以下10.7 m。为使隧道沉降控制在10 mm以内,施工中采取

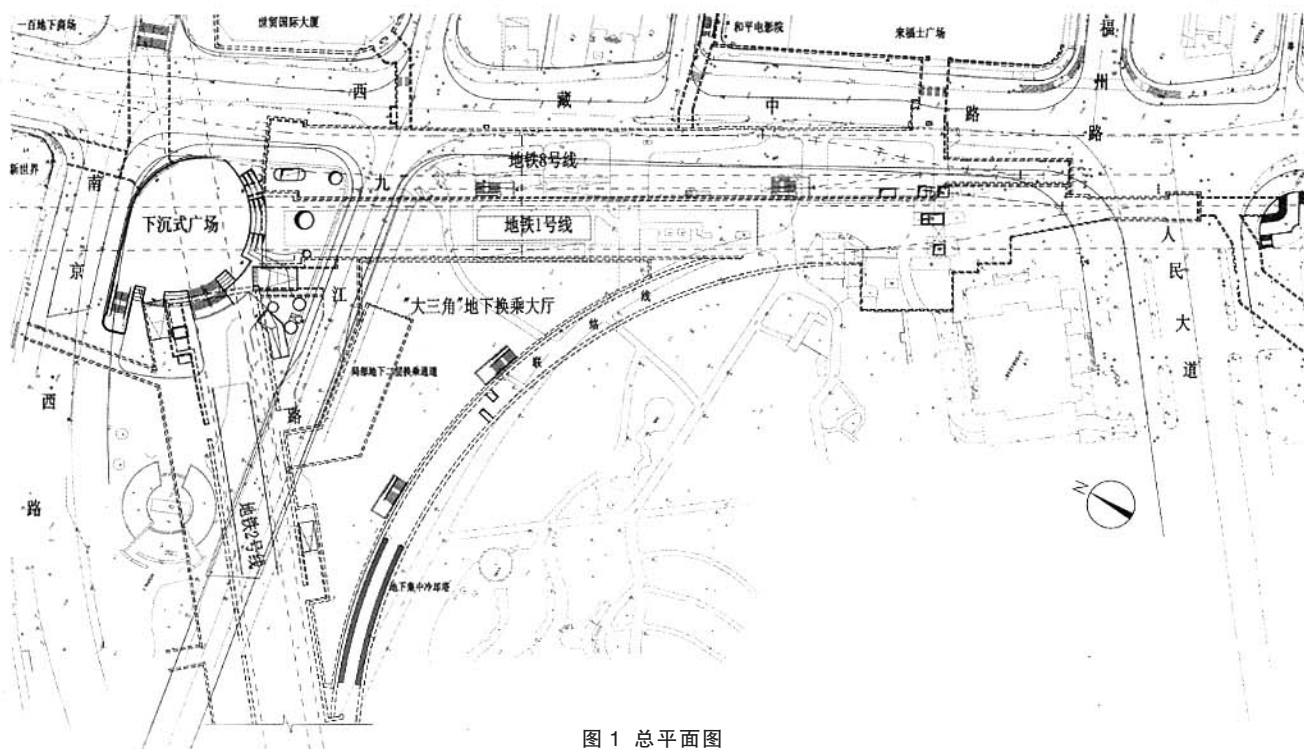


图1 总平面图

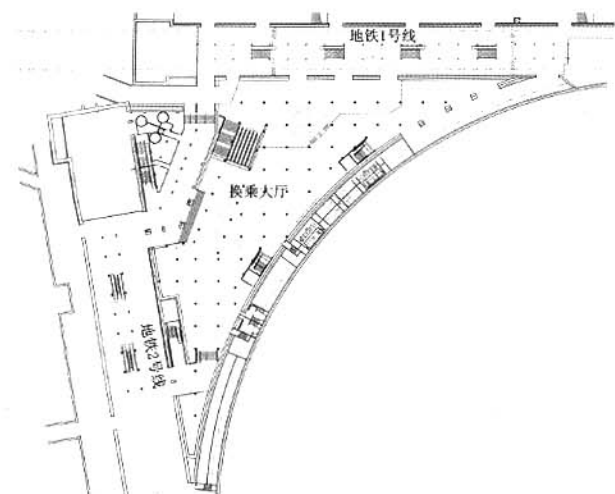


图2 “大三角”地下一层平面图

了三个主要措施:

(1) 基坑内以旋喷桩法进行分层加固形成三道暗撑;

(2) 基坑分层开挖, 每层根据分步限时平衡的要求, 严格制定并实施了开挖和支撑的施工步骤;

(3) 根据预先敷设在1号线隧道中的电子遥测器, 在每日列车运行中输送的隧道在列车振动下的连续振陷的数据(振陷速率平均 0.07 mm/时)(见图3), 在东端头井东墙向隧道底下打11根水平注浆管进行跟踪注浆, 历时约2月。基坑封底稳定, 在列车夜间停运时, 以竖向双液分层注浆, 加固隧道下卧土体至较硬土层以求得长期稳定。(见图4)。

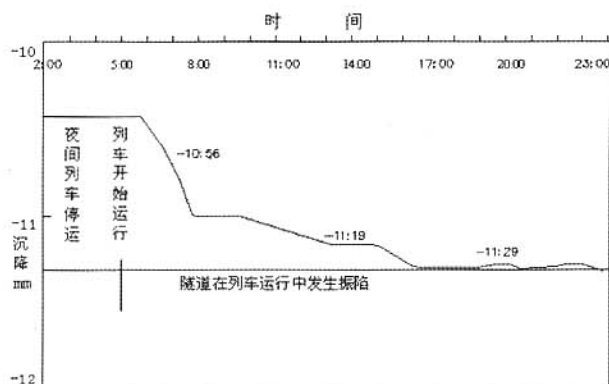


图3 隧道振陷曲线图

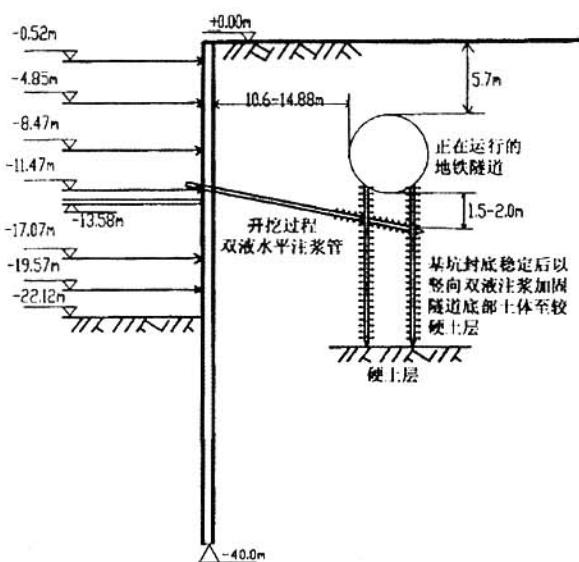


图4 基坑封底示意图



#### 4.2 1、8号线之间处理对策

8号线人民广场车站紧贴正在运行的1号线人民广场站(见图5,图6),为将1号线车站最大结构位移控制在 $-1.3\sim+3.5\text{ mm}$ 以内,8号线车站基坑施工采取了三项主要措施:(1)对1号线车站东地下墙被动区,以搅拌桩进行地基加固,采取了严密的“搅拌桩依序跳打、控制打拔速度和注浆配比流量”的加固注浆工艺及施工参数;(2)采用逆作法施工和分步限时开挖和支撑的施工工艺;(3)在地基加固到逆作法施工的全过程中,对1号线车站结构变形,实施了高精度(准确到 $0.1\text{ mm}$ )的跟踪监测和实时反馈分析,指导施工参数的调整和优化,终于将1号线车站结构中板最大水平位移控制到向西侧移 $1.3\text{ mm}$ ;底板最大水平位移控制到向东侧移 $1.7\text{ mm}$ ;结构东侧墙体竖向隆起 $3.5\text{ mm}$ 。确保了1号线地铁车站结构不裂不漏和安全运行(见图6)。



图5 1、8号线人民广场站平面图

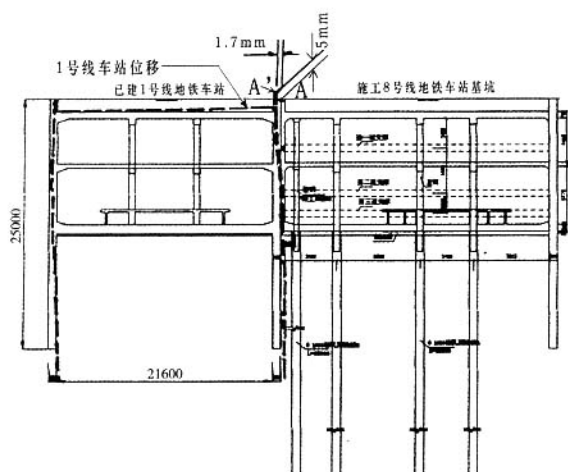
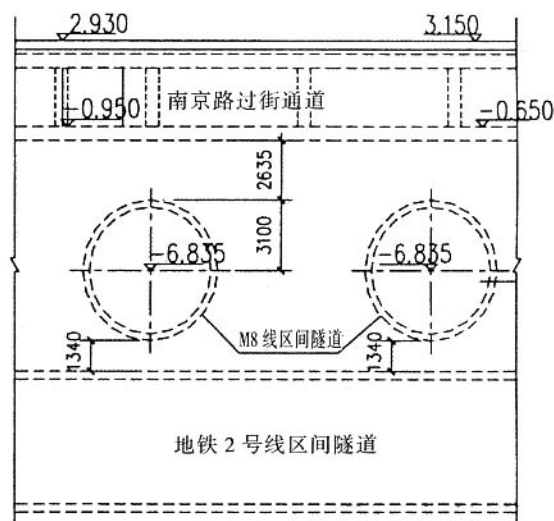


图6 1、8号线人民广场站横剖面图

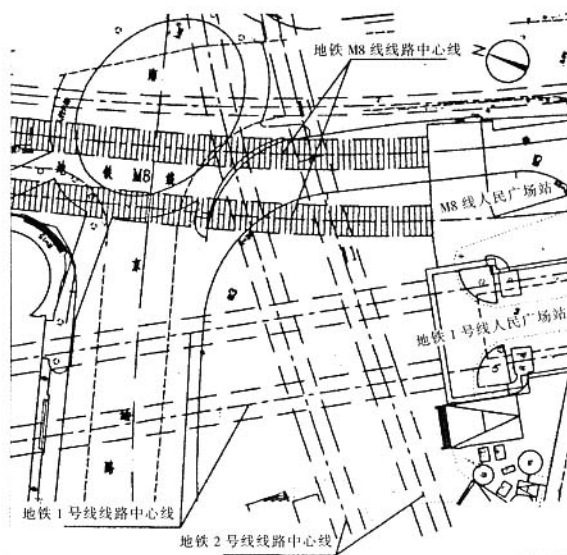
#### 4.3 2、8号线之间处理对策

8号线盾构隧道上方穿越正在运行的地铁2号线隧道,其净距为 $1.34\text{ m}$ ;同时要在新建成的南京路步行街地下人行通道的下方穿越,其净距为 $2.63\text{ m}$ (见图7)。在工程实施前根据盾构施工地层损失引起的地层应力变化,对2号线隧道回弹变形进行了有限元定量分析,并为提供风险防范对策,对影响2号线隧道位移的主要因素进行了敏感性分析。由于设计与施工密切结合,对8号线盾构穿越2号线隧道进行了很有成效的监控,

将盾构施工地层损失控制在 $3\%$ 以内。确保了地铁隧道和人行通道的安全运行。8号线单个盾构穿越2号线隧道所引起的实测2号线隆起曲线与预测结果相当吻合(见图8,曲线基本是单个盾构穿越影响的叠加)。



剖面图



工程平面位置图

图7 工程位置平、纵剖面图

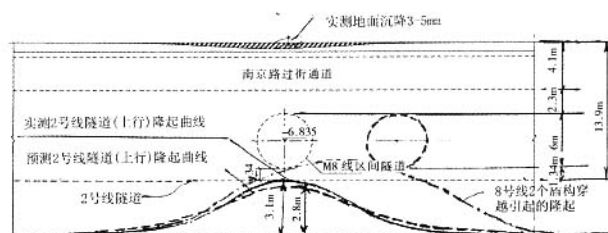


图8 8号线盾构隧道穿越2号线隧道引起隧道上隆示意图

#### 4.4 下沉式广场与3线之间的处理对策

下沉式广场处在1号线、2号线和(下转31页)

综合考虑五环路道路工程投资、沿线所经过村庄拆迁,从北京市路网总体规划分析,五环路南苑机场段南苑机场以西和以东五环路路线方案已经确定,从道路线形方面来看,方案四显然与五环路总体线位走向不符,此方案恶化了五环路的环路功能。

方案一与方案三从线形走向上看与方案二区别不大,但根据南苑机场提供的道路线位必须满足机场净空、各种航向导航台保护区以及灯光的保护要求,方案一与方案三穿越南苑机场时,必须采用隧道的方式。隧道施工方案复杂,同时为了保证道路和机场的使用要求,在隧道内设置有照明、通风、监控、排水等安全设施,并根据机场要求为保障机场安全必须采取其它技术安全措施。因此,方案一与方案三在投资上将远远高于方案二。

经各方面比选,最终采用方案二。方案二通过南苑机场的区域为机场跑道南端外 600 m ~ 850 m 范围(长 250 m),五环路从该区域的地面通过,满足机场无线电导航设施及其保护区要求;五环路线位处障碍物许可高度为  $(600-60) \times 1.6\% = 8.64$  m(标高  $35.6+8.64 = 44.24$  m),此处五环路标高为  $38.33+4.5=42.83$  m(4.5 m 为五环路净空),满足机场净空要求;考虑到灯光对机场地面航空灯的影响,五环路南苑机场段取消灯光照明,以满足机场对灯光的保护要求。

在满足机场要求的前提下,在该区域范围内合理调整五环路线位,使五环路通过机场周边地

区时,对周围环境及区域经济发展产生的不利影响降至最低。

## 4 结论

五环路四期道路工程穿过南苑机场飞行区线位,最终选择南苑机场跑道南端外 600 m ~ 850 m 范围内,五环路从该区域的地面通过,线位满足机场净空、各种航向导航台保护区以及灯光的保护要求。通过该实例,对高等级道路通过机场飞行区有以下几点认识:

(1)线位所通过机场飞行区区域,必须符合机场飞行区技术标准。

(2)比选线位前,测量单位应详测机场飞行区范围内各种航向导航台具体位置及标高,根据航向导航台位置确定各种航向导航台保护区,以使道路线位满足各保护区要求。道路线位应尽可能从各种航向导航台保护区外通过,在保护区外线位可从地面通过,但要满足机场净空要求和机场灯光要求;道路线位如必须从保护区内通过时,则必须采用下穿的方式穿过机场飞行区,并根据机场要求为保障机场安全,必须采取其它技术安全措施。

(3)各机场有各自独立的具体要求,设计线位时应及时与机场沟通,根据机场的具体要求合理选择道路方案。

(4)确定线位方案后请机场方面确认,提出各方面均满意的设计方案。

(上接 10 页)8 号线隧道相互交叉的上方。广场基坑开挖将 1 号线隧道上 7 m 多的覆土挖去 3.8 m。这个大量卸载效应必引起正在运行的地铁 2 号线地铁隧道的上隆位移。为控制隧道上隆,设计和施工中采取了“设抗拔桩,分块浇筑底板,及时压载”的对策,每开挖一小段、浇一块底板锚拉于抗拔桩上,在底板初凝后即按预定计划堆压砂袋,这一小段的施工要在晚间列车停运后约 9 h 内完成。在紧张的施工过程中,以自动监测手段,跟踪监控,最终将隧道的最大回弹量控制在 6 mm 以内。

除了上述施工难点,还要在 1 号线车站以西,2 号线车站以南及联络线以北的三角地带,以已建车站的地下墙为围护结构,进行基坑施工,建造人民广场换乘大厅。凭借紧贴 1 号线的 8 号线人民广场站的设计施工经验,换乘大厅必将成功建成,而最终完成人民广场站换乘枢纽的建设。

## 5 改善人民广场地区的环境

三条地铁线交汇于处,共有 22 座风井、14 处出入口以及三座车站的 13 座地面冷却塔,大部分集中于九江路北侧、西藏路西侧、南京西路南侧范围内。为了改善这一块环境,采用了如下措施:出入口能敞开的尽量敞开;把高风井改为敞口低风井(离地 1 m)座落在绿化丛中;13 座冷却塔均移至“大三角”地下一层内。结合 8 号线的建设,继把精品商厦拆除后,同时拆除了中百一店天桥、大屏幕、大陆饭店、虹光医院等建筑一直至延安东路。通过道路疏理、公交调整、地面车辆的限止,人民广场地区必将成为一个绿树成荫、万紫千红、风姿绰约、游人漫步的生态环境,成为上海富有魅力、交通便捷的开放空间。