

与地铁盾构(车站)相关的城市桥梁方案设计

谢涛, 王天翔

(上海浦东建筑设计研究院有限公司, 上海市 201206)

摘要: 以上海市十几年的市政工程为背景, 总结整理了与地铁相关的城市桥梁布置方案; 经相关沉降位移计算, 在满足轨道交通的相关安全要求前提下, 确定了新建城市桥梁的桩基与地铁盾构之间的安全净距, 以期进一步合理布置桥梁横断面、桩基, 以及合理选用上下部结构形式。

关键词: 轨道交通; 城市桥梁; 地铁盾构; 地铁车站; 沉降

中图分类号: U442

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)05-0104-04

0 引言

随着城市基础建设的不断发展, 地下轨道交通与道路走向一致或交叉的情况非常普遍。当道路存在地面桥梁或道路上方建设高架桥梁时, 由于需避让轨道交通, 桥梁总体布置方案会受到较大影响。

参照上海市十几年来的实际工程案例可知, 地铁对于沉降要求较高, 而城市桥梁在主要交通干道、大型交通枢纽等处, 与地下空间需求的矛盾更加突出。在满足轨道交通的安全要求和城市桥梁一般采用中小跨径常规结构的前提下, 怎样科学、合规、合理和安全可行地利用地下、地上空间, 合理布置桥梁横断面和桩基, 以及合理选用上下部结构形式, 在桥梁设计项目方案启动时, 是必须解决的问题。

1 城市桥梁桩基与地铁盾构净距的确定

根据《上海市轨道交通管理条例》(2021年8月25日第五次修正通过)的要求, 轨道交通应当设置安全保护区, 在轨道交通安全保护区内进行打桩作业时, 其作业方案应当经过市交通行政管理部门同意, 并采取相应的安全防护措施。而城市桥梁桩基距离地铁盾构及车站很近时, 就要评估其对地铁的影响, 以保证地铁结构安全, 并为管理部门评估提供参考。

桥梁桩基在施工及运营时段内, 均会产生一定的沉降。所以城市桥梁与地铁盾构及车站平面距离较近时, 由于桥梁桩基的沉降会对地铁沉降产生影响,

一般须保证其对地铁附加沉降的影响小于 20 mm, 理论上应以具体项目的桩基布置形式、桩顶力、桩基与地铁盾构之间的净距、土体计算参数为依据进行具体的地铁沉降验算, 以判定是否满足地铁的沉降要求。

例如, 某新建桥梁桥位处, 地铁与该桥基本平行走向, 该桥引桥、梯坡道设置有 $\phi 800$ mm 钻孔灌注桩, 桩基均设置在运营的地铁上下行盾构一侧位置, 盾构边缘与钻孔桩外壁之间的净距为 4.5 m (见图 1), 地铁盾构的埋深约为 12.3~13.8 m。经计算, 地铁盾构沉降值很小, 仅 7.2 mm, 远小于 20 mm 的地铁沉降要求 (见图 2, 图中横坐标为 0 的位置表示盾构距桩基最近的点)。

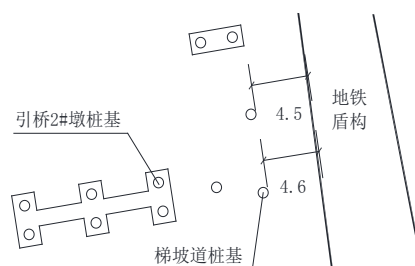


图1 地铁盾构位置图(单位:m)

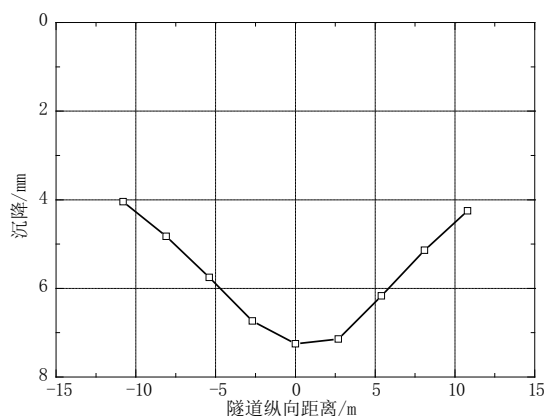


图2 盾构沉降示意图

收稿日期: 2021-11-26

作者简介: 谢涛(1971—), 男, 本科, 高级工程师, 从事桥梁设计工作。

如果桥梁桩基距地铁盾构较近, 沉降计算结果不满足要求, 则针对地铁沉降过大的情况, 可以采取如下几种措施:

(1)增长桩长,以减小主桥墩自身沉降及其对邻近地铁盾构的影响。

(2)调整桩基布置,增大桩基与地铁之间的间距。

(3)减小群桩荷载。采取优化荷载计算,设置补偿基础等方式可以降低群桩荷载,即可减小群桩的自身沉降及其对周围构筑物的影响。

(4)设置隔离桩保护措施。如果现场间距过小,这一措施实施起来会有一定困难。

(5)施工后期采用桩底注浆工艺应会进一步减小沉降量。

到目前为止,经过诸多项目的实践及经验总结, $\phi 800\text{ mm}$ 钻孔灌注桩在单桩承载力达 250 t 左右,距地铁盾构不小于 3 m 时,施工现场监测到的地铁盾构沉降值均能满足要求,桥梁项目均得以顺利实施。所以一般认为当桥梁桩基与地铁之间的净距满足最小 3 m 的要求时,即可初步认为桩基布置方案可行,可作为方案设计的设计原则。

2 与运营地铁盾构走向基本一致的城市桥梁总体布置方案

2.1 城市高架桥梁

2.1.1 平面概况

这种运营地铁盾构平面走向情况一般为：地铁盾构基本位于道路设计红线内或与红线稍有出入，地铁中线线位与道路设计中线不重合，并可能在道路设计中线左、中、右来回漂移。

2.1.2 桥梁设计的制约因素及控制标准

制约因素:(1)可布置桥梁墩柱的平面位置;(2)地铁盾构与桥下地面道路的相对位置;(3)地铁盾构与桥梁墩柱的相对位置;(4)桥梁墩柱下方可布置桩基的平面区域。

控制标准:(1)桥梁桩基与地铁之间的净距满足最小 3 m 的要求;(2)布置桩基的区域,可满足布置设计要求的桩基数量。

2.1.3 桥梁总体布置设计步骤

在桥梁设计时,首要任务是初步确定可布置墩柱、桩基的平面位置,其次结合桥梁桩基布置形式,确定承台、立柱、上部结构的总体布置。

2.1.4 桥梁的主要典型横断面布置形式

按上面所述,在保证桩基与地铁盾构之间满足

3 m 净距的要求下,同时兼顾地面道路布置桩基的条件,高架桥梁的主要典型布置形式(包括上、下部结构的方案)见图 3~图 7。

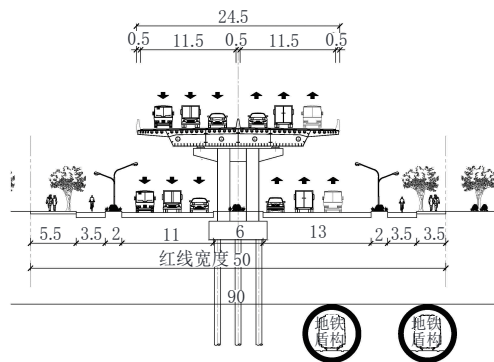


图3 形式一断面布置图(单位:m)

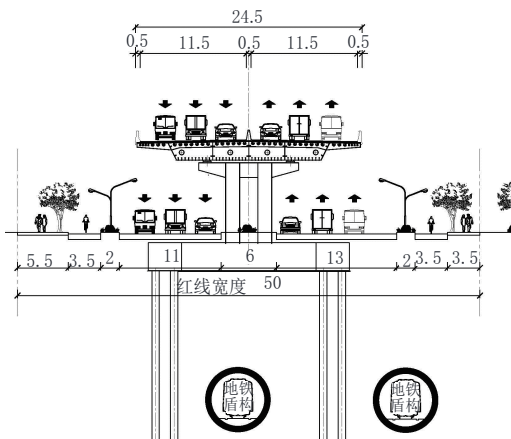


图 4 形式二断面布置图(单位:m)

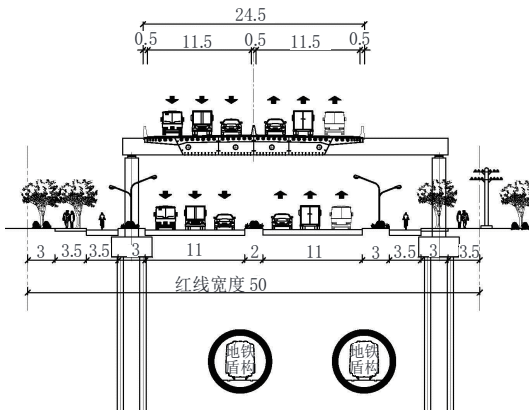


图 5 形式三断面布置图(单位:m)

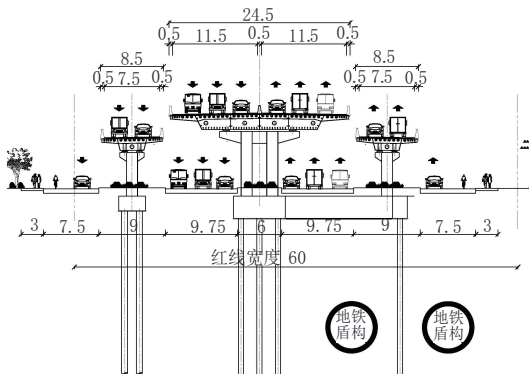


图 6 形式四断面布置图(单位:m)

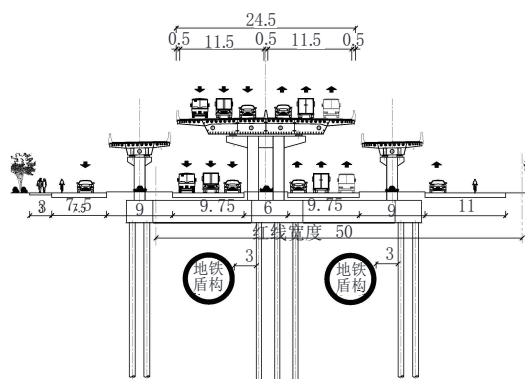


图7 形式五断面布置图(单位:m)

图3所示形式(形式一)一般位于高架桥标准设计段,地铁盾构全部偏在(主线)桥梁一侧,道路中央分隔带可布置墩柱。此形式下的桥梁方案为:桩基与地铁盾构之间满足3 m净距的前提下,桥梁上下部按桥梁标准段正常布置。

图4所示形式(形式二)一般位于高架桥标准设计段,地铁盾构位于(主线)桥梁墩柱下方,道路中央分隔带可布置墩柱但无法布置桩基。此形式下的桥梁方案为:桥梁下部结构按“地梁+承台”方式跨越地铁盾构,在盾构两侧布置桩基。

图5所示形式(形式三)一般是地铁盾构位于中央分隔带、机非道路分隔带位置,道路中央分隔带处宽度不足,无法布置墩柱;一侧机非道路分隔带下方无法布置桩基。此形式下的桥梁方案为:为避免让地铁盾构,桥墩处桥梁上部采用外伸横梁设计,墩柱布置在道路两侧。

图6所示形式(形式四)一般是地铁盾构位于(主线+匝道)桥梁一侧,道路中央分隔带可布置墩柱及桩基,匝道墩柱下可布置单排桩。此形式下的桥梁方案为:道路分隔带可布置主线及匝道墩柱,桥梁上部按标准段正常布置,下部结构设置地下横梁,用以连接主线桥梁承台与一侧匝道承台。

图7所示形式(形式五)一般是地铁盾构位于(主线+匝道)桥梁两侧,道路中央分隔带可布置墩柱及桩基,匝道墩柱下可布置桩基,但为保证桥梁桩基与地铁盾构之间3 m的净距,主线及匝道桩基均偏在墩柱一侧。此形式下的桥梁方案为:道路分隔带可布置主线及匝道墩柱,桥梁上部按标准段正常布置,下部结构设置地下横梁,用以连接主线桥梁承台与两侧匝道承台。

以上仅示意出现较多的几种情况,不同的项目可能会有个别特殊情况出现,可参考上述布置原则作相应处理。

2.1.5 上部结构的选型

因地铁盾构走向与桥梁基本一致,较多情况下可布置桩基的区域较小,桩基布置数量受到限制,因此一般情况下,上部结构可采用自重较小的钢梁。而且钢梁吊装重量小,对地铁的影响也相对较小。在桩基布置条件相对较好的情况下,也可考虑预制混凝土小箱梁,但不建议采用现浇混凝土梁。

2.2 地面跨河桥梁

基本概况为运营地铁盾构与道路走向基本一致,在河道处下穿规划河道,位于地面跨河桥梁下方。

因地铁盾构位置无法布置桩基,所以桥台需进行特殊设计。桥台台身、台帽采用常规结构尺寸设计,一般纵桥向需布置3排桩基,承台纵桥向加长,以满足桩基布置数量的需求,承台厚度相应加大,一般在2 m以上(见图8)。桥台的承台部分横桥向分块布置见图9。桥台台身根据桩基承台横桥向布置位置,计算后可采用钢筋混凝土结构或预应力混凝土结构。

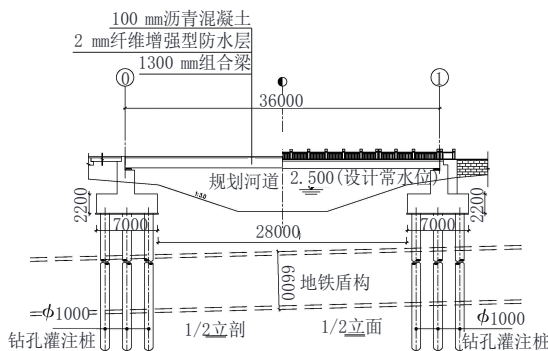
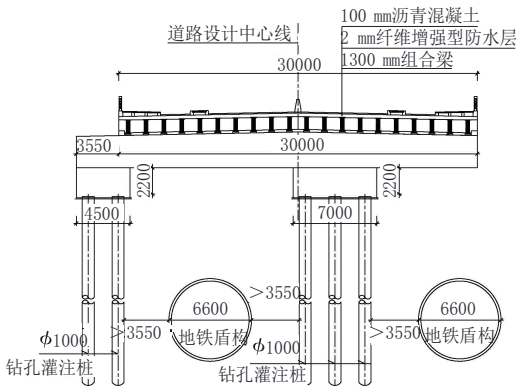


图8 地面跨河桥梁立面图(单位:mm)

图9 地面跨河桥梁桥台横断面
(桥台的承台横桥向分块布置)(单位:mm)

3 地铁车站上的城市桥梁方案

3.1 运营线路的地铁车站上的桥梁方案

已运营(或已开始施工)的地铁车站不能允许桥梁建设对其有影响,因此一般采用在保证安全距离的前提下(安全距离一般控制在桥梁桩基与地铁车

站之间的距离不小于 3 m),桥梁跨越地铁车站的方案设计。例如:桥梁桥面竖直投影与地铁车站重叠,城市高架桥的桩基分布于车站两侧(见图 10),桥墩处上部结构采用外伸横梁跨越地铁车站(见图 11)。

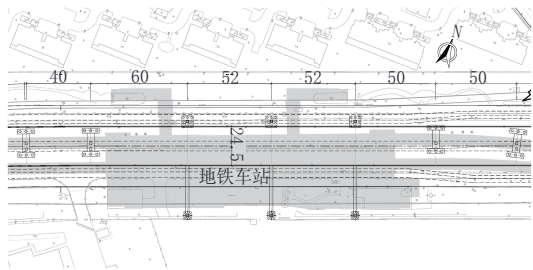


图 10 地铁站平面图(单位:m)

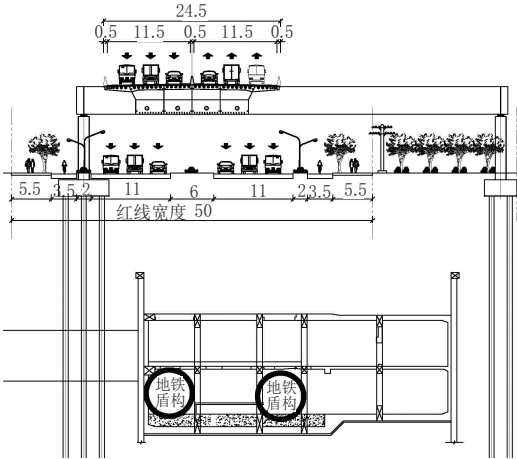


图 11 桥梁跨越地铁车站横断面(单位:m)

外伸横梁的跨度取决于地铁车站的规模。当车站规模较大,平面结构尺寸较大时,外伸横梁较长,对于地面上的景观影响较大,此时可在外伸横梁上设置绿化,或在外伸横梁端部进行装饰造型美化,以适当改善景观效果。

总结:一般情况下,地铁运营线路的车站位于道路红线范围内时,对桥墩的总体布置会产生较大影响,布置难度相对较大。在跨径及桩基布置合理性、桥梁横桥向结构布置合理性等方面,需反复比较后,在各方面处于相对合理的平衡点处,确定最优方案。

3.2 桥梁与处于设计阶段(非运营)地铁车站的结合设计

桥梁与在建地铁车站在同一时段进行设计、施工时,在地铁车站部分,由于地铁车站的平面尺寸相对较大,在条件允许的情况下,可考虑以地铁车站作为桥梁的基础,见图 12。此时桥梁墩柱直接布置在车站结构的顶板横梁或地下连续墙附近,地铁设计单位需同时考虑桥梁墩柱传递的附加荷载进行地铁车站

的设计,必要时应对重要节点进行加强处理,见图 13。为防止车站纵向的不均匀变形和沉降,应对车站底板下压缩性较大的土层进行高压旋喷加固,并增加底板部分桩基以调整沉降。

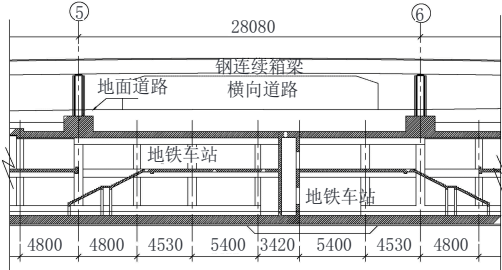


图 12 城市桥梁与非运营地铁车站结合设计立面图(单位:mm)

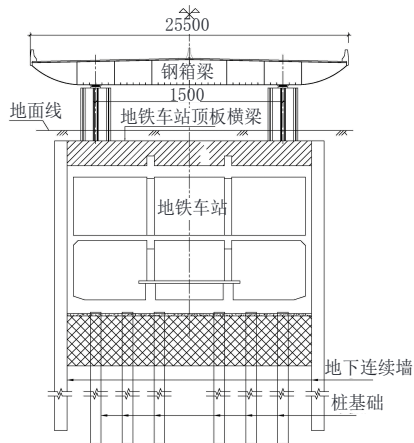


图 13 城市桥梁与非运营地铁车站结合设计断面图(单位:mm)

结合地铁车站进行桥梁设计,可在很大程度上降低桥墩的布置难度,避免上部结构采用外伸横梁设计,明显提高桥梁结构设计方面的合理性。

同时也应注意到,结合地铁车站进行桥梁设计时,需要桥梁设计单位与地铁车站设计单位密切配合,共同确定合理的结合设计方案,保证双方结构设计的安全性。

4 结 语

(1)到目前为止,经过诸多项目的实践,一般认为城市桥梁桩基与地铁之间的净距满足最小 3 m 的要求时,即可初步认为桥梁桩基布置方案可行。因此,净距 3 m 可作为方案设计的设计原则。

(2)在城市桥梁临近地铁盾构、车站进行设计时,要初步确定可布置墩柱、桩基的平面位置,其次结合桥梁桩基布置方案,综合运用上部结构外伸横梁、地下横梁、承台分块等结构形式,确定承台、立柱、上部结构的总体布置方案。