《城市建筑》，2017 (8) :318-321

湖北省公路交通可达性空间格局演化及影响因素

■ 陈　青

[摘　要] 文章以 1995 年、2005 年和 2015 年三年为时间断面，利用 Arcgis 的网络分析工具，分析了湖北省公路交通可达性的空间格局演化，并利用空间质心和地理探测器的方法探讨了区位及地形因素对可达性的影响。结果表明：湖北省县域公路交通可达性空间格局总体上呈圈层式结构，中部地区可达性高，外围地区可达性低，高速公路的修建成为了提高交通可达性的有效手段。近 20 年间，湖北省县域公路交通可达性总体上不断提高，且省内交通可达性的相对差距不断减小，湖北省的基础交通设施建设对边远地区带来了更为明显的影响。不仅区位对可达性有基础性影响，同时地形对可达性也有重要影响。其中，坡度比高度影响更为明显，但地形影响总体呈现相对减弱的趋势。

[关键词] 可达性　地形　区位　网络分析

交通是区域物质和人员流动所依赖的基础，其发展演化必然对区域经济联系、空间结构和城镇体系等产生显著影响。在诸多交通网络评价方法中，可达性被认为是一项应用广泛、行之有效的综合性指标。至今关于可达性的确切含义尚存在一定的分歧，但是学者普遍认为交通系统将可达性的基本含义与个体在空间中移动的能力联系起来。

对于可达性度量目前常用的方法有拓扑法、距离法、累积机会法、等值线法、重力模型法、平衡系数法、时空法、效用法等。实际上，对于区域交通通达性的测度实是对最小成本路径的求解，而最小成本路径中包含不同类型距离，包括空间距离、时间距离、经济距离、社会距离以及心理距离等，其中经济距离需要较复杂数据运算而后两者相对抽象，暂不讨论。而时间距离也是基于空间距离得到，所以测度可达性最终要落脚到空间路网中。随着GIS技术的应用，目前测算空间距离主要有两种方法：栅格赋权法和矢量网络法。栅格赋权法将研究区域作为栅格研究，并根据不同道路类型和土地覆盖类型对研究区域内每个栅格进行赋值，通过栅格计算最终得到总体可达性格局。矢量网络法是依据 Dijkstar 算法，以点和线代表现实中的路网结构，求得目标区所抽象的点在区域交通网络中的可达性。两种方法各有优缺点，栅格赋权法可以覆盖整个区域，但对栅格进行赋权重较为主观；矢量网络法的主要缺陷在于用节点和连线构成的网络模拟整个区域，无法代替所有地域看见你。但笔者认为区域内所有位置到区域核心点的距离与全局的宏观距离相比影响很小，而且栅格数据结构并不如矢量数据结构适合表达线状地理实体。所以论文采用矢量网络法测算可达性。此外，分析交通可达性影响因素对于更好地改善区域可达性具有重要意义。但现有研究通常只分析可达性与经济发展水平等社会经济内容的关系，而实际上二者是相互影响的，而且很多时候交通往往作为经济社会的一部分，所以论文重点关注地形和区位两个非经济社会因素对可达性产生影响。但目前相关研究很少，只有少量较为简单的定性描述。但获得地形和区位对区域交通可达性影响的清晰性认识，对于完善可达性理论研究以及指导区域交通具体实践具有重要价值。

论文以湖北省为例，利用矢量网络法，选取 1995、2005 和 2015 三个时间节点测算湖北省各县市区的公路交通可达性演化过程，并分析区位和地形与可达性之间关系。

一、 研究区域及数据来源

1. 研究区域

湖北省位于华中地区、长江中游，历来是“九省通衢”之地。截止 2013 年年末，湖北省高等级公路通车里程 212 893 km，铁路运营里程 3 551 km。沪汉蓉高铁与长江干流横贯东西，京广高铁纵贯南北，武汉市是中国航空运输中心之一，海陆空综合交通运输便利。

湖北省地势大致为东、西、北三面环山，中间低平，略呈向南敞开的不完整盆地。在全省总面积中，山地占 56%，超过面积半数。湖北省山地西高东低，西部秦巴山区平均海拔超过 1 000 m，地形蜿蜒曲折，对外联系非常不便。

2. 数据来源

公路交通网络数据以 1995 年、2005 年和 2015 年的《湖北省交通旅游图》为基础图件，通过在 Arcgis 中矢量化得到；DEM 数据从地理科学数据云下载得到，为 GDEM30 米分辨率数据；湖北省各县市区的矢量数据从湖北省基础地理信息中心获取。

二、 研究方法

1. 可达性研究方法

论文的研究单元为县域，一个城市中的所有市辖区被视为一个县域单元，以县域政府所在点代替整个县域，实现点线面在湖北省公路交通网络中的融合。将现有矢量数据在 Arcgis 中建立网络数据集，利用 Arcgis 的网络分析模块建立 O-D 矩阵，通过数据统计功能得到每个县域单位到其他县域的最小空间距离之和。根据《国家公路设计标准》和湖北省的实际情况，确定不同类型公路的时速，然后用最短空间距离除以各路段所属的标准时速，得到各县域到其它县域的最小时间距离之和，再通过在 Arcgis 的空间分析功能，对 83 个节点进行克吕金差值，得到湖北省公路交通可达性格局。然后分别计算 1995—2005 年、2005—2015 年和 1995—2015 年各县域可达性的变化幅度。研究中对可达性以及变化幅度的分类均采用自然断裂点法，目的是最大化组间差距并最优化组内相似值。

2. 可达性影响因素研究方法

区位对可达性影响的研究方法是分别在 Arcgis 中求出湖北省地理质心和三个时间点的可达性平均中心，对其相互位置作比较；选择可达性最高和最低的十个县域，对其所处位置进行比较；利用 GeoDa 软件获得湖北省交通可达性空间自相关结果，揭示各县域相互位置对湖北省交通可达性区域格局的影响。

选用“地理探测器”研究可达性与地形关系。“地理探测器”研究方法首次应用是在探测地方性疾病形成的原因，随后在城市化形成机理和复种指数影响因素等领域得到了应用，具体模型如下：

$$P_{D,U}=1-\frac{1}{n\sigma_U^2}\sum_{i-1}^{m} n_{D,i}\,\sigma_{U_{D,i}}^2$$

式中，$P_{D,U}$ 为湖北省地形探测力指标，$n_{D,i}$ 为次一级区域样本数，m 为次级区域的个数，整个区域 σ_U^2 为湖北省公路交通可达性的方差，$\sigma_{U_{D,i}}^2$ 为次一级区域的方差。假设 $\sigma_{U_{D,i}}^2\neq 0$，模型成立，P 的取值区间为[0，1]，$P_{D,U}=0$ 时，表明湖北省交通可达性呈随机分布，$P_{D,U}$ 值越大，说明地形对湖北省区域经济的影响越大。

三、 结果分析

1. 公路交通可达性空间格局总体特征

湖北省公路交通可达性总体上呈圈层模式，可达性等值线呈不规则环形分布。湖北中部江汉平原及其附近地区可达性最高，东西两侧地区可达性较差，其中尤以西部更差。但比较三个不同时间断面的交通可达性，1995 年的可达性曲线最为平滑，2005 年可达性曲线明显向北和西北方向变形凸出，2015 年可达性曲线向西南方向变形凸出。进一步分析可以发现，不同时间圈层形状的变化与不同时间段交通建设行为紧密相关，尤其是高速公路建设。1995 年湖北省主干路网结构不够完善，高速公路里程很短，只有沪蓉高速武汉至荆州段和武汉市周边几条短程高速，所以在传统路网结构下的公路交通可达性呈现明显的从中心向边缘递减的趋势。到 2005 年，随着京广高速、二广高速和汉十高速的通车，鄂西北以及鄂北方向交通可达性大为提高，同时沪蓉高速在湖北省内的进一步延伸，也一定程度上提高了宜昌地区和鄂东南方向的交通可达性，但程度不及鄂西北和鄂北方向。到 2015 年湖北省已经形成较为完整的高速公路系统，但由于高速公路对地形崎岖地区的作用更为突出，所以沪蓉高速恩施段以及恩黔高速和安来高速对鄂西南地区交通可达性的提高作用更为明显。

进一步分析，1995—2005 年可达性偏向西北和北方向发展，是与国家加强东南沿海与西北和华北联系的政策紧密相关的。而 2005—2015 年间，随着成渝城市群的建设和重庆成为国家中心城市，加强四川盆地与长三角的沟通成为重要的国家政策。所以，湖北省的交通可达性在很大程度上是湖北省作为重要交通中间通道而得以改变的。

万方数据

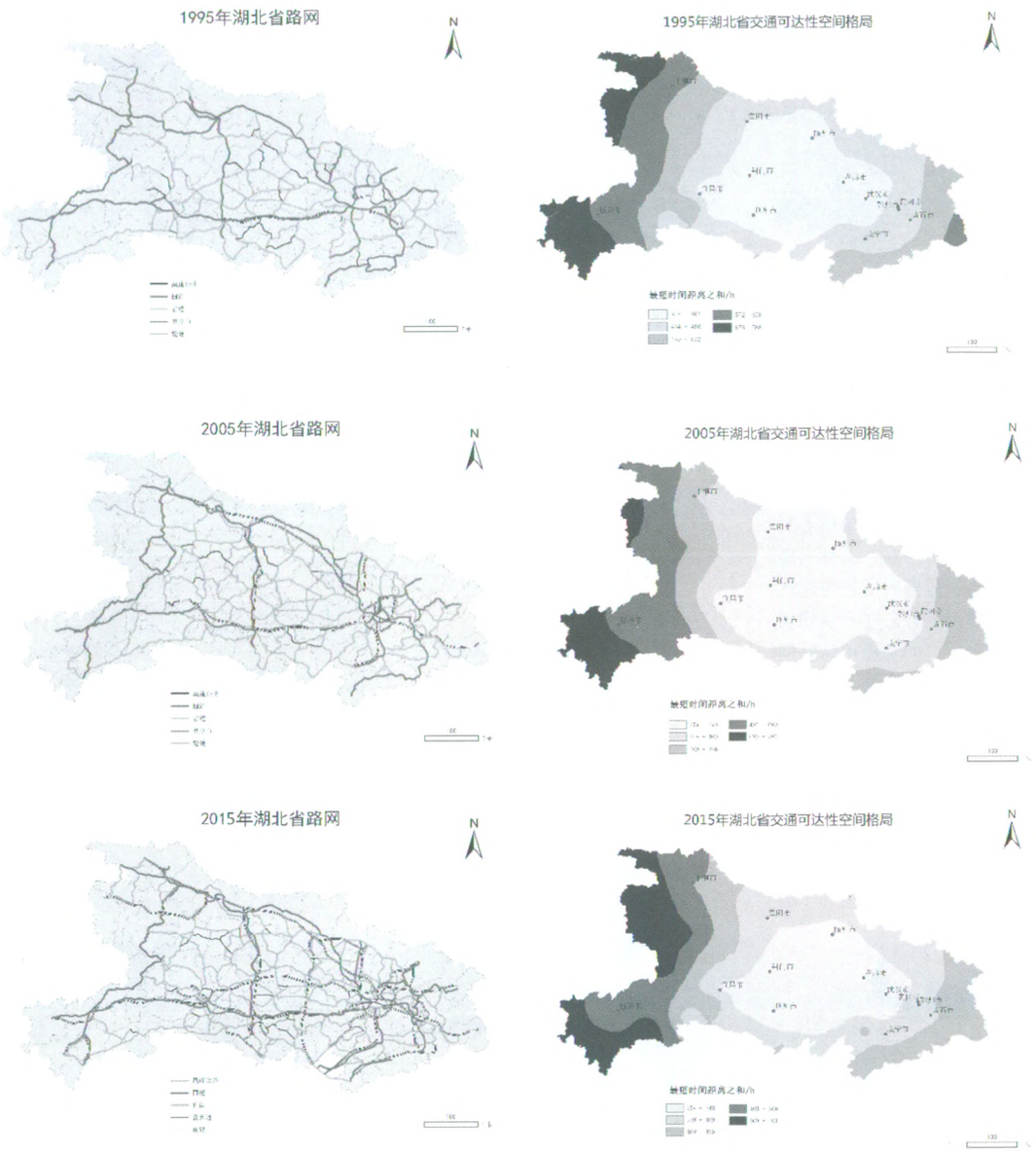

图1 1995年、2005年和2015年湖北省公路路网及可达性空间格局

2. 公路交通可达性演化特征

（1）总体交通可达性演化特征

1995—2015年间，湖北省公路交通可达性总体上不断提高，且省内县域交通可达性差距不断减小。1995年各县域时间距离平均值为457h，到2005年为390h，比1995年减少14.7%，2015年平均值334h，比2005年减少14.4%，湖北省公路交通可达性在前后两个阶段的增加比较均匀；1995和2005年年各县域时间距离最大值均为咸丰县，但2005年比1995年减少10.6%，2015年的竹溪县则比2005年的咸丰县减少22.3%，可见2005—2015年湖北省在增强边缘地区交通通达性上作出了较大努力；时间距离最小值从1995年荆州市的328h变为2005年潜江市273h，到2015年再变为京山县246h，减小幅度不如最大值明显；时间距离标准差三年分别为113h、97h和75h，变化幅度由14.2%变为22.7%，湖北省内交通可达性差距在加速减小。综合比较时间距离最大值、最小值和标准差，可以判断20年来湖北省公路交通可达性在总体提高的同时，对边远县市的可达性的改善效果更为明显，起到了缩短区域发展差距的作用。

表1 不同年份湖北省县域时间距离主要指标统计表

时间/年	平均值/h	最大值/h	最小值/h	标准差/h
1995	457	790	328	113
2005	390	696	273	97
2015	334	541	246	75

（2）县域单元交通可达性演化特，

总体上湖北省外围县域的可达性增强幅度要强于中部县域，但鄂西山区腹地县域可达性增强幅度不大。外围县域变化幅度大主要与其初始值较低有关。分阶段来看，1995—2005年间，鄂西北地区是高增加幅度县域的最大集聚区，包括了郧西县、郧县等6个县域，鄂东南地区也有黄梅、武穴等5个县域，也是这10年间湖北省可达性增强的主要集聚区；2005—2015年间，鄂西南地区是县域可达性增强的主要集聚区，包括了咸丰县、来凤县等6个县域，此外还有湖北省中部的京山县，京山县也是2015年到省内时间距离之和最小的县域；综合两个阶段，1995—2015年间，鄂西北和鄂西南地区交通可达性增加最为突出，此外鄂东南以及鄂中北地区增加也较为明显。鄂西山区腹地县域交通可达性增加幅度较低表明这里道路交通建设进程较为缓慢，这主要由于其高而崎岖的地形地势，处于湖北省最边远的地区。在1995—2005年和2005—2015年交通建设主要在其两侧的鄂西北和鄂西南展开的基础上，预计未来十年鄂西腹地交通可达性有可能会大幅提高。

万方数据

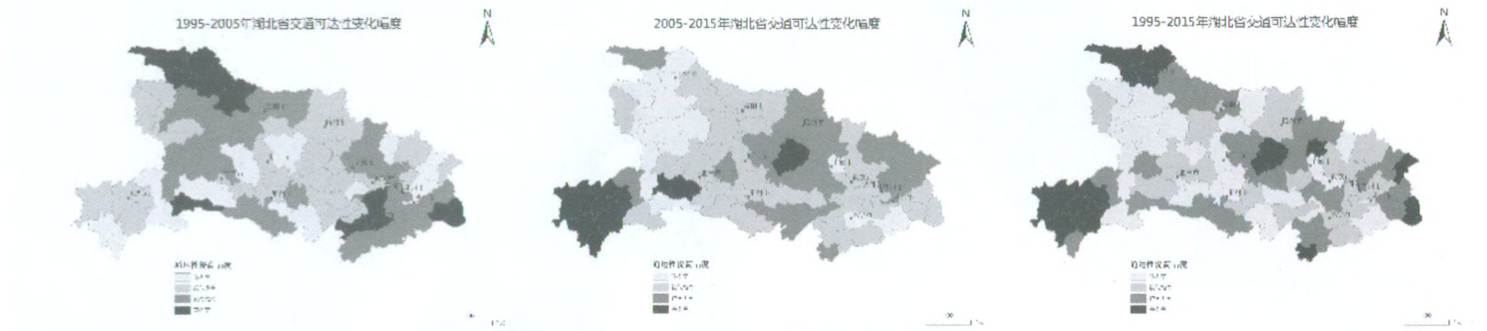

图 2 不同阶段湖北省交通可达性变化幅度

3. 公路交通可达性影响因素分析

（1）区位因素

在 Arcgis 中分别生成湖北省地理质心和 1995 年、2005 年和 2015 年可达性平均中心，通过距离测量得到三年可达性平均中心到湖北省地理质心的距离分别为 26.4km、27.1km 和 26.9km，总体上距离非常近。这表明区位对湖北省范围内交通可达性的影响是基础性的。单纯从理论上看，在一块均质区（意味着交通条件也是均质的）的交通可达性问题可以简化为一条线段上的点的距离问题，那么位置相对居中的点到其他所有点的距离之和总比周围点要小。所以湖北省中部可达性高于周边地区。但实际上一个区域不可能是均质区，如果中部地区具有强大的交通阻力因素，周围地区的可达性有可能比中部更高。但湖北省恰好外围地区为山地丘陵，这又加剧了可达性的不平衡性。

图 3 湖北省地理质心与不同年份可达性平均中心分布图

为了更清楚地分析区位因素对交通可达性的影响，研究选取三个时间点中交通可达性最高和最低的十个县域并将之表现在图中。1995 年和 2005 年表现较为相似，高交通可达性县域分布在武汉—枝江一线，处于质心偏东偏南地区；而低交可可达性县域位于鄂西地区，且呈比较明显地圈层形状。由于多条交通干线的修建，2015 年高、低可达性格局较之前变化较大，高可达性县域分布更为偏东，低可达性县域分布更为零散，但总体上符合中部可达性高、周围可达性低的分布特征。

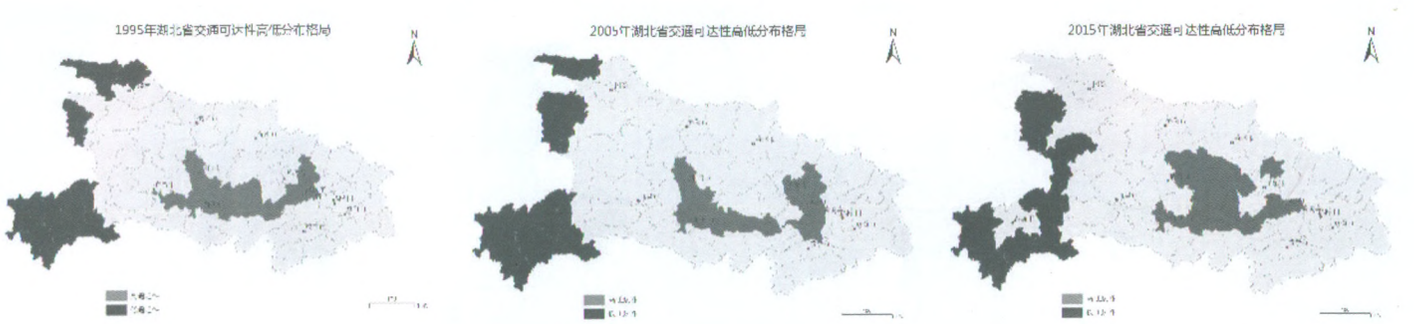

图 4 不同年份湖北省高低可达性县域分布图

空间自相关是指地理事物分布不同于空间位置的某一属性值之间的统计相关性，包括全局自相关和局部自相关。湖北省 1995 年、2005 年和 2015 年的全局自相关 Moran’s I 统计量分比为 0.868174、0.804825 和 0.803388，湖北省交通可达性存在显著的正空间自相关特性。同时，Moran’s I 统计量持续下降，表明各县市的相对区位对湖北省交通可达性整体影响减少。湖北省交通可达性局部空间自相关集聚情况总体上与湖北省高低可达性县域分布相一致，中部江汉平原地区为高交通可达性集聚区，鄂西北和鄂西南地区为低交通可达性分布区。

图 5 不同年份湖北省交通可达性局部空间自相关集聚图

（2）地形

地形因素可以分解为海拔高度和坡度两个指标，利用“地理探测器”分别对湖北省海拔和坡度进行探测，分别得到 1995 年、2005 年和 2015 年海拔和坡度对湖北省公路交通可达性的影响权重（表 2）。可以发现，海拔与坡度两大地形因素对湖北省公路交通可达性的影响权重平均超过 0.5，表明地形对可达性的影响并不随机而有一定影响，但同时影响并不显著。坡度的影响权重大于海拔，坡度对

万方数据

可达性的影响更大。在海拔相差不至于过分悬殊的情况下，高原上筑路比山地相对容易，入藏铁路选青藏线而不是滇藏线和川藏线也是出于相同的考虑。另外，海拔和坡度的影响权重总体上逐年递减，可以看出地形因素对交通可达性的影响在减弱，这也从侧面反映了人类改造自然能力的提高。

表 2 不同年份地形因素探测权重

因素	1995 年	2005 年	2015 年
海拔	0.515	0.506	0.498
坡度	0.544	0.511	0.519

四、 结语

（1）湖北省县域公路交通可达性空间格局总体上呈圈层式结构，中部地区可达性高，外围地区可达性低。可达性曲线的形状在 1995—2005 年和 2005—2015 年分别向西北和西南方形变形凸出，这种可达性的变化受高速公路建设影响很大。

（2）近 20 年间，湖北省县域公路交通可达性不断提高，且省内县域的差距不断减小。1995—2005 年和 2005—2015 年两个时间段的湖北省公路交通可达性增加比较均匀，但后一阶段在改善边缘地区交通和缩小省内差异方面所取得的成就更大。总体看，湖北省外围县域的可达性增强幅度要强于中部县域，尤其是鄂西北和鄂西南地区，但鄂西山区腹地县域可达性增强幅度不明显，未来湖北省交通基础设施建设应该加大对这些县域的倾斜力度。

（3）三个时间断面的可达性平均中心距湖北省地理中心的距离都很近，表明区位因素是湖北省内交通可达性差异的基础性因素，外围地区的山地地形加剧了这种不平衡性。但地形对可达性的影响相对较弱，而且影响呈减小的趋势。

（4）区域是一个开放的系统，区域外围也是相对的概念，湖北省边缘县域被限制在湖北省区域范围内本身就不公平，如果考虑范围更大，边缘县域的可达性会比测算的更高。如何平衡这种相对外围的概念应该成为今后研究中需要重点注意的问题。另外，区域内节点的联系不可能只有公路，如何将不同交通方式整合在适量网络中研究也是今后需要研究的重要内容。另外，出于简单化考虑，不同年份速度标准没有变化，而实际上应该有所提高，所以 2005 年和 2015 年的真实可达性实际上要更高。

参考文献

[1]Morris J M，Dumble P L，Wigan M R.Accessibility indicators for transport planning[J].Transportation Research PartA，1979，13(2)：91-109.
[2]杨涛，过秀成.城市交通可达性新概念及其应用研究[J].中国公路学报，1995，8(2)：25-30.
[3]李平华，陆玉麒.可达性研究的回顾与展望[J].地理科学进展，2005，24(3)：69-78.
[4]陈浩，陆峰，程昌秀.可达性度量方法及应用研究进展评述[J].地理科学进展，2007，26(5)：110.
[5]蒋海兵，徐建刚.基于交通可达性的中国地级以上城市腹地划分[J].兰州大学学报：自然科学版，2010(4)：58-64.
[6]Wang J F，Li X H，Christakos G et al.Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the He shun Region，China[J].International Journal of Geographical Information Science，2010，24(1)：107-127.
[7]刘彦随，杨忍.中国县域城镇化的空间特征与形成机理[J].地理学报，2012，67(8)：1011，1020
[8]杨忍.环渤海地区耕地复种指数时空变化遥感反演及影响因素探测[J].地理科学，2013(5)：588-593.

（作者单位：武汉大学城市设计学院）

（上接第295页）

与保养显得十分必要。做好盾构机维护与保养不仅能给公司带来更大的效益，更重要的是能减少资源的浪费，使得同一设备能够创造更大的价值。

参考文献

[1]施虎，龚国芳，杨华勇，苏健行.隧道盾构掘进机推进系统设计[J].工程机械，2008(7)：26-28.
[2]庄欠伟，龚国芳，杨华勇.盾构机推进系统分析液压与气动[J].液压与气动，2004(4)：121-122.
[3]胡兴军，子荫.我国隧道盾构掘进机的发展和应用[J].内蒙古煤炭经济，2004(4)：11-12.
[4]叶飞，黎柯军.隧道掘进机技术及其在我国的发展和应用[J].中外公路，2006(4)：21-23.
[5]傅德明.我国隧道盾构掘进机技术的发展历程（上）[J].建设科技，2002(8)：54-58.

（作者单位：中铁十七局集团第六工程有限公司，石家庄 050000）

（上接第305页）

三也属与承重与挡水分离式结构，其挡水结构维修相对容易，但承重结构维修相对不易，承重结构与水不直接接触，对结构耐久性有利。（6）施工难度分析：三个方案施工均可实现，且均有类似工程先例。方案一采用造槽机法槽身一次成型，施工技术相当成熟，施工质量能够得到充分保证，现浇造槽机施工技术容易为施工人员掌握。方案二需要先预制 T 形梁，再架设 T 梁，最后现浇槽身，施工技术也很成熟，但需要小型预制厂，且工序较方案一多。方案三需先整段预制拱肋及系杆，张拉系杆，吊装拱肋，拱肋就位后搭设支架现浇风撑、拱上排架及槽身，施工工序在三个方案中最多。（7）外观造型：方案一槽身内、外部均有弧段，线条优美、槽身轻巧，整体视觉效果简洁、美观。方案二整体结构简洁，视觉效果一般。方案三整体效果优美，但结构内部杆件繁多、线条复杂。（8）投资分析：方案一为 2030 万元，方案二为 2310 万元，方案三为 2370 万元，方案一在三个方案中投资最少。（9）综合分析：总体来说三个方案均有类似成功先例，但方案三投资最大，施工难度最高，抗震性能最差，不利因素多，可最先排除方案三。方案一和方案二相比，两个方案结构性能相差不大，但方案一槽身为整体预应力结构，其抗震性能、施工工艺、外观造型及投资均优于方案二。结合工程场区地形地质条件、受力特点、抗震性能、耐久性、外观造型、施工质量安全风险控制等因素，综合分析，方案一 30m 跨承重与挡水一体梁式渡槽在三个方案中最优。

三、 结语

渡槽工程方案比选是一项重要而复杂的工作，往往受地形、地质、水力、施工、投资等条件限制，需要从多种可行的方案中比选出最优的一个方案。工程设计人员需要掌握工程所在位置的各种基础资料，经过全面、客观、详细的对比分析，以使选出的方案在经济及社会效益方面最显著。

参考文献

[1]张玉明，张高伟，刘国龙，等.南水北调沙河渡槽预应力结构设计与配筋优化[J].人民长江，2013，44(16)：9-11.

（作者单位：河南省水利勘测设计研究有限公司，郑州 450016）

（上接第316页）

“统一策略”是指项目在方案阶段和总体阶段都是作为一个整体建筑来设计的，同时整个项目所遵循的总体消防策略、交通策略等也是在此阶段确定的。无论之后依据的规范和业态及功能有何变化，总体的设计策略始终维持不变。在“统一策略”的大前提下，“分期建设”便成为了保障项目整体进度的有力措施。由于项目前期设计时作为一个整体来考虑，每期对于后期的施工均考虑了预留措施，避免了采用“设计一期，建设一期”的方法时产生的设计前后矛盾，施工衔接困难等问题。“不同标准”是指由于项目周期较长，项目前后历经了《建筑设计防火规范》《住宅设计标准》《汽车库、修车库、停车场设计防火规范》《公共建筑节能设计标准》等多种设计规范的更新，整个项目的施工图设计在遵循总体设计策略的前提下分为多期，虽然每期均采用了不同的国家规范作为设计标准，但最终仍保持了项目整体设计的连贯性。

五、 结语

X 项目作为一个超大型、极其复杂的 TOD 项目，在整个设计和施工阶段均引入了大量的新技术、新工艺。X 项目中仍有许多技术难点值得探讨，例如怎样维持一个日客流量近 30 万的地铁站在不停运的状态下对项目进行整体建设施工等。本文受篇幅所限，不再对这些问题进行详细阐述。X 项目作为上海在城市更新过程中一次新的尝试，对 TOD 模式今后在我国的发展具有十分重要的借鉴意义。

（作者单位：华东建筑研究院有限公司 200002）

万方数据