

城市群轨道交通客流预测在 TransCAD 中的实现*

李安勋 朱顺应 李军 王红 管菊香 孙琴梅

(武汉理工大学 武汉 430063)

摘要 城市群轨道交通客流预测多采用综合线网分配预测法,为了提高预测法精度,准确地描述城市群中各种公共交通方式之间的合作竞争关系,在预测时需要考虑竞争方式的运营组织。讨论了基于运营组织的城市群轨道交通客流预测分配阶段应用 TransCAD 解决预测的整体思路与方案,阐述了其操作步骤、各种层的建立、相关表的建立及设置、相关属性设置、分配结果处理及需注意的事项,并引入 AutoCAD 辅助建立基层线网层及小区层。

关键词 TransCAD; 轨道交通; 客流预测; 城市群; 运营组织

中图法分类号: U491.1+12 文献标识码: A

0 引言

近年来,城市群与城市轨道客流预测方法得到很大发展,但归纳起来,基本上沿用基于现状客流分布基础上的“四阶段”法。

TransCAD 是常用的交通规划客流预测软件,其功能强大、操作简便,国内已有专家学者对其进行了不少应用性研究,如 TransCAD 在公路网规划^[1]、城市交通规划^[2]、城市公交线网规划^[3]及城市轨道客流预测^[4]等中的应用,但在城际轨道交通客流预测中的应用研究还较少。本文探讨了运用 TransCAD 实现基于运营组织的城市群轨道交通客流预测技术,并引入 AutoCAD 辅助建立基层线网层及小区层。

1 城市群轨道交通的分配特点

城市群轨道交通分配非常复杂,主要体现在:

① 分配的综合线网建立复杂;② 对于轨道线的运营组织设置复杂。城市群中的城际轨道线,途经中心城区和非中心城区,考虑到中心城区客流与非中心城区的客流的不同特点,城际轨道线可采用较复杂的运营组织方法,如城内与城际分别采用不同的运营组织方案等。这种城际轨道线在 TransCAD 中要进行特别处理。

2 分配操作步骤

运用 TransCAD 软件进行综合线网分配的操

作流程如图 1 所示。

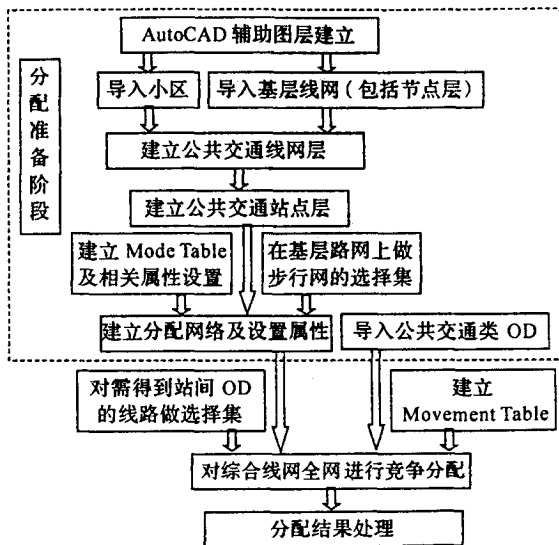


图 1 TransCAD 分配操作流程

3 分配前期准备

3.1 基层线网层与小区层的建立

城市群轨道交通规划所涉及的区域广,分配所需的基层道路网络庞大。基层道路网络有城市道路网络和公路网络,要单纯在 TransCAD 中建立基层道路网络相对较复杂,因此,可以利用 TransCAD 支持多种文件的特性,将其与 AutoCAD 联系起来,通过 AutoCAD 来辅助建立道路网络。

1) 基层线网层及节点层的建立。基层线网层包括城市道路网和公路网。

TransCAD 虽然可以直接完成各图层的建立,但它毕竟不是一个专业的绘图软件,在建立图

层时将遇到诸多不便,如图形编辑完成后不能进行撤消操作,只能进行修改和删除等。AutoCAD在绘图描线方面比TransCAD具有更好的可操作性,可以借助其来辅助完成绘图工作,提高图层建立的效率。

先在 AutoCAD 中描绘道路线网,描绘时注意分层处理,将相同性质的元素放于同一个图层,如将道路分为高速环线、主干道、次干道、高速公路、一级路、二级路等图层,有助于导入 TransCAD 后的查询及管理;然后将描绘好线图的 AutoCAD 文件保存为 *. dxf 文件,并导入 TransCAD 中(即在 TransCAD 中打开),注意 TransCAD 一次只允许导入一类图层,如点、线或面层(point、line or area),此处应选择导入图层为线层(layer type 为“line”),在导入时进入“Coordinates”可对图形的缩放比例等进行设置;在线层的导入结果中,TransCAD 产生了 2 个图层,线网层和线网层相对应的隐藏的节点层(endpoints),并且 AutoCAD 中的多个线网图层已经合并为 TransCAD 中的一个线网图层,但是加入了一系列字段“layer”存放 AutoCAD 中设置的图层名;导入完成后应观察及检测导入图层的完整性与连接性,是否在描图或导入过程中出现了差错,如果图层中有与实际不符的地方,需相应地在 AutoCAD 中修改,或进行重导,或直接使用 TransCAD 进行修改。

2) 交通小区层的建立。小区层的建立与基层线网层的建立类似,但相对简单。先在 AutoCAD 中描绘出小区划分结果,保存为 *. dxf 文件,然后导入 TransCAD。导入时注意选择导入图形为面层(layer type 为“area”),还应特别注意设置的缩放比例要与导入基层线网层的比例一致。导入完成后同样要检测导入图层的完整性,如有与实际不符的地方应做相应修改。

3) 交通小区层与基层线网层的关联。完成图层导入后需建立小区与路网的连接,即将各小区的发生吸引点连接到路网上。此过程中,务必先将 TransCAD 自动生成的小区号修改为实际已经设定好的小区号,再在基层线网节点层上建立一列空的字段,以便保存小区号,连接由 Tools-Map Editing-Connect 来完成。

4) 基层线网层与交通小区层的基本属性设置。道路属性字段中至少需设置“Walk time”、“Driver time”及“IVTT”等字段,分别表示该路段

的步行时间、小汽车通行时间以及乘客车内乘车时间,其它属性可根据分析深度来选择。小区的属性设置选择可以根据分析的深度来确定,比如设置人口组成等。

3.2 公共交通线网及站点层建立

在 TransCAD 中为处理公共交通问题提供了两个模块,Route Systems 与 Transit。进行公共交通网络分配时,先用 Route Systems 模块在一个单独的图层中建立路径系统,并设置路径系统的各种属性,再用 Transit 模块进行分配处理。

1) 公共交通线网层的建立。基于运营组织的综合线网分配轨道客流预测法在 TransCAD 中需要建立的公共交通线一般包括轨道线、常规公交线、长途客运线和铁路线等。

在基层线网层建立的 network 基础上,新建 Route Systems 层,接着使用 Route Systems-Editing Toolbox 中的工具建立与修改各种公共交通线路。在建立的过程中,需注意以下几点:①建立的公共交通线路是有方向的,因此,需对每一个方向的线路进行编号。也就是说,如果一条公交线是双向服务的,那么建立了一条由东向西的公交线后,还应建立一条由西向东的公交线;②先建立一类公共交通线再建另一类公共交通线,以利于分配结果的处理。

2) 站点层的建立。在公共交通线路上,使用 Route Systems-Editing Toolbox 中的工具进行站点的建立。站点建立可以在所有公共交通线路建立完成后再进行站点的统一建立,也可以公共交通线路与站点交错着建立,为了使分配结果更好处理,站点最好按顺序建立,建立完一条线的站点后再建立另一条线的站点。

3) 站点层与基层线网节点层的关联。在完成公共交通线网与站点层后,可进行站点层与基层线网节点层的关联。当建立公共交通分配网络时,在网络中 TransCAD 将相近的公共交通站点合并到同一节点上,当站点合并后,同一节点上的合并站点之间将没有时间阻抗。这个步骤也可以单独提前进行,首先需要在站点层上建立一个空的字段来存放节点号,接着用 Transit-Tag Stops To Node 命令来完成。

4) 公共交通线网层与站点层基本属性设置。路径属性内容一般包括“CCSTYLE”、“Mode”、“Headway”、“Variance”、“Fare”、“XFare”、“Capacity”、“FareTable”,以上属性并非都是必

须的,主要取决于分配分析的深度及分配方法的选择。

设置路径属性有4种方式:①按路线设置。即对每一条线进行单个详细设置;②按方式设置。即建立Mode Table对路线进行分类,再对各类方式进行设置;③系统设置。将所有路线的某类属性简单地设置成相同的值;④混合设置。同时采用上述2种或3种方式进行设置。并不是路线的所有属性都要采用相同的设置方式,对于路线的不同属性可以采用不同的设置方式。

设置方式适应范围。当公共交通路线较少或不考虑公共交通方式之间的换乘时,可选择按路线进行设置;当公共交通路线较多、需考虑不同公共交通方式之间换乘及公共交通方式运营组织复杂时,需按方式进行设置或混合设置;当公共交通方式单一及运营组织方式相同时,可选用系统设置。

对于运营组织的城市群综合线网分配,设置方式应采取按路线设置与按方式设置的综合设置方式。

3.3 不同公共交通工具的处理及运营组织的设置

1) 不同公共交通工具的处理。在TransCAD综合线网分配中,能较好地体现各种公共交通工具之间的合作与竞争关系。其合作表现在各种公共交通工具(特别是其它的公共交通工具)相互补充、相互衔接、相互强化吸引的强度及范围;其竞争主要表现在各种公共交通工具不同运营组织及不同服务水平对客流的吸引不同。

TransCAD中可对每条公共交通线分开设置属性,也可以对公共交通线进行分类设置属性,Mode Table就是用来进行公共交通分类处理的。公共交通工具可以分为常规公交、长途客运、轨道和铁路等。Mode Table的建立主要可以用来处理以下问题:

(1) 为不同的交通方式设定不同的服务参数及权重参数,比如车头时距、转乘时间、运行速度等;

(2) 为不同的交通方式设定不同的票价方式,比如一票制、梯形票制等;

(3) 处理交通方式之间换乘的时间与费用。

Mode Table建立一般包括“Mode_Name”、“Mode_ID”等字段。“Mode_Name”用来标识方式的名称,“Mode_ID”是用数值来标识方式以及用来建立与路线的联接,联接方式是将公共交

通线网层中“Mode”字段与Mode Table中“Mode_ID”字段数值设置成相同数值。

考虑各种公共交通方式之间换乘的时间和费用损耗,还需要建立Mode Transfer Table。

在基于运营组织的城市群轨道交通客流预测中,为准确的描述城市群中各种公共交通方式不同的运营组织方式,Mode Table建立是必要的。

2) 不同公共交通方式运营组织的设置。

(1) 常规公交、长途客运、铁路的设置。相对于轨道交通,这3种公共交通方式的运营组织较简单,一般都是一线一运营组织,包括相同的车头时距、运行车速、票价方式等,在TransCAD中较易处理,可对每一条线的属性进行单独设置,也可利用Mode Table进行分类设置。

(2) 轨道的设置。TransCAD中的一条公共交通线只能拥有一组固定的运营组织。即一条公共交通线在交路方式上只能体现为短交路或长交路,而不能表示为长短交路;一条公共交通线只能有一个行车间隔时间、一个运送速度及一个票价系统。而在实际的城市群轨道交通中,一条轨道线往往在市际运营时开行长交路而在市内运营时开行短交路,且市内及市际的轨道交通采用不同的行车间隔时间及运送速度。这使得实际轨道线运营组织方式在TransCAD中要以另一种方法来实现。

同一条轨道线不同段采用不同运营组织在TransCAD中的实现方法是:用TransCAD中的多条公共交通线表示实际的一条轨道线。如一个长短交路方式在TransCAD可以用两条公共交通线表示,一条线表示长交路,另一条线表示短交路,这样就能用两种不同的运营组织方式来表示实际的运营组织方式。值得注意的是:①用多条公共交通线表示实际的一条轨道线会给一个实际站点分配多个交通公共线站点,并且由于城际列车可能会在市内段跨站停车而引起长交路市内站点会比短交路少,因此,需特别注意多条公共交通线上站点与实际站点之间的关联;②分配时为了避免将市内出行的乘客分配到市际线上,需将城际轨道交通在Mode Table中单独另列,并建立此方式的费用矩阵;③要得到实际轨道线的预测结果必须将两条线的分配结果(包括站点的分配结果)进行叠加。

3.4 分配网络的建立及属性设置

1) 分配网络建立。TransCAD软件并不是直

接在建立的各种交通网络上进行分配的,而是生成一种虚拟的网络结构。公共交通分配网络建立一个*.tnw文件,该文件中除了包含各个网络实体外,还包括各种属性。对于综合网络,包括各种交通实体的属性,如基层路网、公共交通网和公共交通站点的属性等。

在分配网络建立之前,需要创建一个步行网络选择集。这个选择集可以由 Select-Select by location 来完成,一般设置步行范围为离站点 500 m 以内的区域,对于非中心城区等特定区域可进行适当扩大。

建立公共交通分配网络前需确保公共交通线网层和站点层建立完整,并已打开处于当前层;需确保包括基层线网层在内的相关属性已经设置,分配网络建立是由 Transit-Create network 来完成。

2) 分配网络设置。分配网络建立以后,在 TransCAD 软件中,可以对网络进行进一步的设置,如设置交通方式、票价方式、各时间与费用的权重、停车换乘方式等。

在有 Mode Table 的前提下才能进行方式设置。建立 Mode Table 时已对交通方式进行了分类,城市群轨道客流预测一般将其划分为市内轨道、城际轨道、常规公交、长途客运和铁路等,在 Transit Network Settings-Mode 选项中将 Mode Table 及各种方式设置等加载到分配网络,并进行相关设置。此处体现出各种公共交通方式的竞争关系,也是综合线网分配与单独轨道线网分配相比的优势之一。

在 TransCAD 软件中提供了几种收费方式,供规划者选择,包括:① 一票制,即不考虑距离的远近,均是一种票价;② 线路区间票,即按照乘坐的起终点的位置收费,只对该线路车辆而言;③ 方式区间票,按照乘坐的起终点的位置收费,但允许在该方式的车辆之间的免费换乘;④ 混合票制,是一票制和区间制的结合,可以组合成多种收费制度,对于非一票制的收费方式,需要建立费用矩阵。由于城市群的多种公共交通方式及多种运营组织方式共存,所以在分配预测中都采用混合票制。

使用混合票制一般需做如下准备:① 建立 Mode Table;② 在 Mode Table 或线路属性中加入一个费用方式字段,用来标示费用方式,“1”表示一票制,“2”表示梯形票制;③ 在 Mode Table 或线路属性中加入一个字段,用来存放费用矩阵

名称,以建立各交通方式或线路与费用矩阵的联接;④ 建立费用矩阵(fare matrix)。完成以上操作后再进入 Transit Network Settings-Fare 中进行相关设置。

根据需要,还可对其他参数进行更详细的设置,如设置阻抗参数和换乘停车站等。需要注意的是,根据选择分配方法的不同,可以设置的参数也会有所不同。

4 分配及分配结果处理

分配前要确保公共交通系统(A transit route system)、分配网络(A transit network)及 OD 矩阵(An OD passenger demand matrix)都存在并已经打开。

TransCAD 为公共交通网络分配提供了 5 种分配方法:最短路法(Shortest Path)、最优策略(Method of Optimal Strategies)、路径搜索法(Pathfinder)、用户平衡法(User Equilibrium)和随机用户平衡分配(Stochastic User Equilibrium)法。前 3 种为不考虑路网容量的非平衡分配方法;后 2 种为考虑线网容量影响的平衡分配方法。实际应用中,随机用户平衡分配法(SUE)分配的结果更合理,可以为每个 OD 对之间找到合理的路径。

在综合公共交通线网 Network 已经建立的情况下进入分配的设置,Transit-Transit Assignment,在分配方法中选择分配结果最优的 Stochastic User Equilibrium(随机用户均衡分配法)。选择 Stochastic User Equilibrium 后可以进入 Network-Assignment 中进行分配方法所需广义阻抗函数等的设置。再进入 Options,根据实际需要的结果内容来进行设置,如建立了 Movement Table,在“Movement Table”栏的下拉选项中找到;如对需产生 OD 矩阵的公共交通线建立选择集,在“Line OD Routes”栏的下拉项中找到。

在轨道交通系统中,获得客流预测结果一般需要以下几个方面的数据:① 全线客流;② 车站客流(上下车客流及站间断面流量);③ 分段客流(站间 OD 表及平均运距);④ 换乘客流(各换乘站分向换乘客流量)。

用 TransCAD 进行客流分配,上述预测内容都可得到(有些虽然不能直接得到,但进行简单处理后能得到)。得到所需结果内容需采取具体操作及处理如表 1 所列。

表1 客流预测结果处理表

序号	客流预测结果所需内容	分配准备	TransCAD中对应分配结果	分配结果处理
1	全线客流	在公共交通线网层的 dateview 中加入一列用来存放全线客流量	Boarding counts	确定轨道网层为当前图层,选择 Transit-Route Utilization,进入相关设置操作就可得出。所需数据将出现在公共交通线网层的 dateview 中
2	车站客流(上下车客流及站间断面流量)		Boarding counts Transit Flows	上下车客流即 Boarding counts 表,站间断面流量即 Transit Flows 表,无须更多的处理
3	分段客流(站间 OD 表及平均运距)	对需要得到站间 OD 的线路创建一个选择集	Line OD	Line OD 即非矩阵形式的站间 OD 表,可通过 Matrix-Import 将 Line OD 转换为 OD 矩阵表。将站间 OD 表与站间距离矩阵表对应相乘再除以总的客流即可得平均运距
4	换乘客流	建立 Movement Table	Movement Table	换乘客流就是 Movement Table 所包含的内容

对城际轨道线分配结果的处理,需要找出能表达某条城际轨道线的几条代表线进行分配结果的合并。以上 TransCAD 中生成的列表结果都是 dateview 形式,可以另存为 txt 文件,然后导入 excle 中做进一步的处理。

5 实例应用

在长株潭城际轨道交通客流预测中,采用的预测方法是基于运营组织的综合线网分配预测法,在分配阶段借助于 TransCAD 来实现。在建立公共交通线网时,对一些公交线路进行了简化处理。由于长株潭部分城际轨道线的运营组织比较复杂,规划预计在中心城区采用 80 km/h 的运行车速,在中心城区外采用 120 km/h 的运行车速,中心城区与中心城区外的行车间隔时间也有所不同,所以对其中部分城际轨道线进行了多运营组织处理^[5-6]。

图2是2050年长株潭公共交通综合线网分配结果,其中城际轨道线承担的城际日客运总量约为49.90万人·次,约占城际公共日客运量的53.4%,约占城际全方式日总客运量的31.2%(中间报告预测结果)。

6 结语

为了提高城市群轨道交通客流预测精度,体现城市群各种公共交通方式之间的合作竞争关系,在预测时需考虑各公共交通方式的运营组织。本文研究了如何在 TransCAD 中完成基于运营组织的城市群轨道交通客流分配,阐述了其操作步骤和一种基层路网建立的便捷方法,提出了各种公共交通方式的处理方案和各步骤中应注意的问

题,还对如何得到所需预测结果进行了分析。此方



图2 2050年长株潭公共交通客流分配结果图

法与思路已经成功运用到长株潭城际轨道客流预测中,证明了方法与思路的实用性与可行性。本文研究的是“四阶段”法分配阶段在 TransCAD 中的单独实现,实际为 TransCAD 提供了解决轨道客流预测的全套方案,能实现“四阶段”法中的全部阶段,能得到轨道客流预测结果所需的所有基本内容。

参考文献

- [1] 姚宏伟. TransCAD 软件在高速公路交通量预测中的应用. 沈阳工程学院学报:自然科学版, 2005, 1(4):64-69
- [2] 马 骥,裴玉龙. TransCAD 软件在城市交通规划的开发与应用. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(5): 118-122
- [3] 李 硕,易 武. 长沙县公交规划客流预测与 TransCAD 应用. 科学技术与工程, 2005, 5(19): 1 352-1 353
- [4] 潘艳荣,邓 卫,崔长旭. TransCAD 软件在轨道交通客流预测中的应用, 交通与计算机, 2006, 24(1): 110-113

- [5] Applegate D. Caliper Corporation. Travel Demand Modeling with TransCAD, 2000: 261-326
- [6] 铁道第四勘察设计院, 武汉理工大学. 长株潭城际轨道交通客流预测报告. 武汉: 武汉理工大学, 2006

Implementation of Metropolitan Agglomeration Passenger Flow Forecast in TransCAD

LI Anxun ZHU Shunying LI Jun WANG Hong GUAN Juxiang SUN Qinmei

(Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: The forecast method of synthesis network assignment usually uses the passenger flow forecast of metropolitan agglomeration. In order to improve the precision and accurately describe the cooperation and competition relationship among public transportation modes in metropolitan agglomeration, the operation organization of competition transportation modes should be considered during the forecast. The overall idea and the plan of applying the TransCAD to solving problems on the transit assignment stage of the passenger flow forecast of metropolitan agglomeration were elaborated on the basis of operation organization. Meanwhile, the sequence of operation, each type of layer establishment, pertinent table establishment and the settings, pertinent attribute settings, assignment result disposal, and the item that should be paid attention to were also illustrated. At last, the method of introducing AutoCAD to help to establish the basic line layer and area layer was introduced.

Key words: TransCAD; rail transit; passenger flow forecast; metropolitan agglomeration; operation organization

(上接第 106 页)

- [3] Ofyar Z. TAWIN, Rusmadi SUYUTI. The impact of location and number of traffic counts in the accuracy of OD matrices estimated from traffic counts under equilibrium condition. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2003(5): 1 393-1 407
- [4] 杨琪, 王炜, 卢林. 用于 OD 反推的路段交通量观测点设置研究. 中国公路学报, 1995(12): 82-87

Count Location Selection for OD Matrix Estimation

CHEN Zongjun LI Keping SUN Jian

(Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A new method on OD matrix estimation—OD desire line intercept method—was developed for practical use based on initial OD matrix. The new method is reliable in theory, which has been proved by four basic rules: OD covering rule, maximal flow fraction rule, maximal flow intercepting rule, and link independence rule. Compared with other methods, a real network has been tested to validate its advantage and maneuverability. The result shows that the GEH drops from 5.99 to 5.02 and the covered OD proportion of maximal 50 raises from 64% to 72%.

Key words: OD estimation; traffic counts; Visum; OD desire line intercept method