

武汉市交通流量数据管理系统研究

吴宁宁 王志强 孙贻璐

【摘要】交通流量数据是城市道路交通运输规划与管理、设计、评价的重要依据，有必要建立统一平台进行数据管理。基于武汉市多年交通流量数据，研究利用 SQL Server 和 ESRI 的 SDE 空间数据库引擎搭建流量数据库，重点研究分转向复杂路口的数据结构，最终构建一个集数据导入、管理、统计分析、集成展示等功能于一体的软件平台，解决目前流量数据多源异构、难以共享和可视化的问题。最后对武汉市交通流量数据管理系统的实践作用进行了展望。

【关键词】智能交通；交通规划；交通流量；交通信息系统；地理信息系统

1. 绪言

随着社会经济的迅速发展，城市化进程的加快，机动车拥有量持续迅猛增加，机动化交通需求的增长速度远大于城市交通基础设施的建设速度，城市交通面临着巨大的压力与挑战。

交通流量数据是城市交通规划与管理、设计、评价的重要依据。随着信息技术的发展，许多城市陆续建立了交通流量数据采集系统，由于目前数据存在的来源多样、格式各异、行业壁垒等问题导致城市交通流量数据共享困难、数据效益难以充分发挥，因此有必要建立统一的软件平台，对这些流量数据进行整合和统一管理。

武汉作为中国科技部批准的“智慧城市”示范城之一，自 2010 年起率先启动“智慧城市”建设试点工作，《武汉智慧城市总体规划与设计》将智能交通建设作为其中重要专项。在此背景下，武汉市交通信息系统建设于 2011 年正式拉开序幕，先后完成实时路况监控系统、交通拥堵评价系统、交通信息集成展示系统、交通规划决策支持系统等子系统，系统建设现阶段工作重点围绕“扩大数据源、完善系统功能、扩展应用范围”展开，整合交通行业各部门数据，充分发掘交通信息在服务政府决策、规划研究、部门管理和社会公众的潜力。武汉市交通流量数据管理平台依托武汉市信息系统工程进行建设，是武汉市交通信息系统的重要组成部分。

根据其他城市建设交通流量系统的经验，其关键在于路口路段拓扑关系以及流量数据结构的定义^[1]。本文旨在整合武汉市多年积累下来的宝贵流量数据资源，探索基于 SQL Server 和 ESRI 空间数据库引擎技术、c#编程语言构建城市交通流量数据管理系统的关键技术和方法。

2. 武汉市流量调查历程

(1) 2011 年前，传统流量调查

结合 1998 年和 2008 年居民出行调查以及城市交通预测模型工作，开展大规模的包含交通流量在内的专项小样本调查。2005 年以后，随着城市社会经济快速发展、城市建设的全面加速、城市化水平的不断提高、机动车拥有量的快速增长，为及时掌握城市快速发展中的

交通特征，武汉市每年均开展交通流量、道路车速等小样本调查，作为武汉市综合交通调查的重要补充。早期流量调查形式以路口调查为主，区间路段调查为辅，其中路口调查点位基本覆盖武汉市主城区主干道沿线的重要路口，2011 年武汉市路口流量共计 189 处，这些数据对分析武汉市交通运行特征，以及重要交通工程、事件的交通影响分析提供了重要数据支撑。

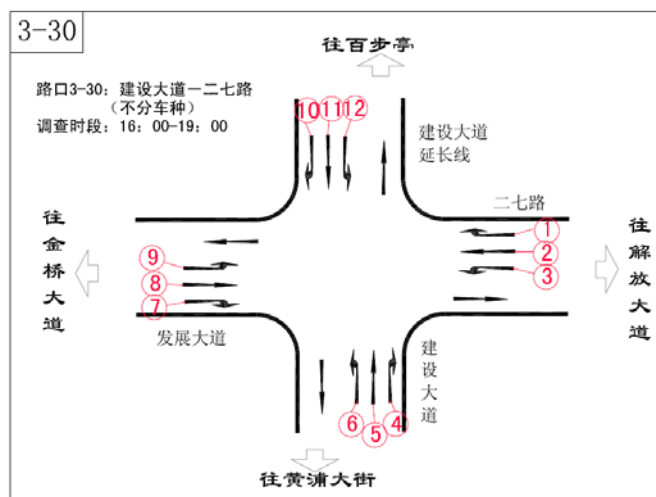


图 1 十字路口交通流量调查点位

根据武汉市居民出行特征和交通流量时间分布特征，武汉市流量调查时间集中在上下班高峰时期（早高峰：7：00-10：00；晚高峰：16：00-19：00），在调查时段内每 15min 为一个统计区间。该阶段流量调查以人工计数的方式为主，路段调查分不同的行驶方向开展，路口调查则包括不同进口的（掉头）左转、直行、右转的车流量，如图 1 所示，十字形交叉口一般设置 12 个流量观察点位。重要路口路段开展分车型流量调查，根据武汉市出行方式结构特征，车型划分为小客、出租、公交、大客、摩托、小货、大货。原始流量数据通过 Excel 进行存储，经过数据处理的高峰小时路口和路段流量图分别在 AutoCAD 中用路口流量转向图，和分级路网进行展示。

分车种路段路口的标准车流量为：

$$\text{标准车流量} = \text{小客} + \text{出租} + \text{公交} \times 2.5 + \text{大客} \times 2.5 + \text{摩托} \times 0.5 + \text{小货} + \text{大货} \times 2.5$$

不分车种路段路口的标准车流量：

$$\text{标准车流量} = \text{混合车流量} \times \text{混合车转换系数}$$

（2）2012 年后，新技术交通调查

由于传统人工调查方法效率低，调查具有偶然性，特殊天气和夜间安全隐患多，且人工工作量大、成本高，成为制约其发展的瓶颈。面对着城市社会经济日新月异的发展，传统调查方法可持续发展的瓶颈，以及交通发展新时期不断显现的新特征，迫切需要在交通调查中开展新技术应用。目前层出不穷涌现出的交通数据采集技术、不断成熟商业化的交通调查技术、高度集成化的智能交通系统等各种新技术，为交通调查新技术应用研究提供了便利条件。

从 2012 年开始，武汉市流量调查在人工调查的基础上引入交管局交通视频、城投公司

过江 ETC 数据、人工拍摄视频数据，利用成熟商业交通流量视频检测软件和数据库技术，使得流量调查向实时自动化采集和处理迈向一大步。在数据更新周期方面，由过江 ETC 系统和交管交通视频提取交通流量数据较少受时间限制，更新周期短；调查成本上，解决了传统调查对人力的依赖，调查费用大大降低；存贮方式上，则更多采用数据库形式，数据管理和共享更为方便。

3. 武汉市交通流量数据管理系统的搭建

3.1 基础路网

路网是交通流量可视化和数据结构设计的基础。随着 GIS 技术在各领域的延伸运用，交通地理信息系统作为一种集数据存储、管理、分析、展示功能为一体的技术，实现了对时空属性数据的有效管理，逐渐成为智能交通系统的主要平台。将地理图形信息与其相应的附属用户信息结合在一起，用于对交通路网、公交线路、停车场站等信息进行管理，可同时实现数据管理、交通数据查询、空间分析、统计及报表输出等功能[2]。目前比较常用的 GIS 平台有 Mapinfo、Arc/Info、AutoMap 等。

武汉市交通流量数据管理系统沿用武汉市交通信息系统“一张图”路网作为系统搭建的基准路网，采用 ESRI 的 ArcGIS 平台对道路路网及其属性数据进行存储。道路网由具有拓扑关系的节点层和路段层构成。与一般 GIS 路网不同，系统基准路网符合导航格式标准，路段层区分道路行驶方向、高架层和地面层，有利于不同方向和层面上的流量展现，以及复杂路口的转向关系的定义，如图 2 所示。

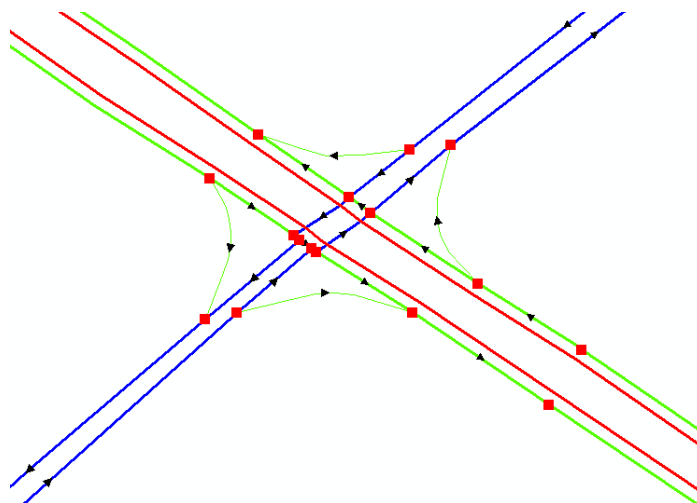


图 2 基准路网图

基准路网的节点层和路段层属性数据结构如表 1 和表 2 所示

表 1 道路节点数据结构表

主要属性	说明
NodeID	节点编号, 唯一值
X	坐标值
Y	
CrossName	路口名称: 新华路-唐家墩路...
Type	是否分车型
SurveyTime	调查时间: 16: 00-19: 00...
PeakHour	高峰时间: 17: 15-18: 15...
PeakVEH	高峰小时流量 (veh/h)
PeakPCU	高峰小时流量 (pcu/h)

表 2 路段数据结构表

主要属性	取值
LinkID	路段编号, 唯一值
FromNode	路段起止节点编号
ToNode	
RoadName	道路名称: 金桥大道...
Lanes	车道数: 1、2、3...
RoadClass	道路等级: 快速路、主干道、次干道、支路
Width	道路宽度
Source	调查类型: 路段人工调查、视频、ETC、路口推算...
Type	是否分车型
SurveyTime	调查时间: 16: 00-19: 00...
PeakHour	高峰时间: 17: 15-18: 15...
PeakVEH	高峰小时流量 (veh/h)
PeakPCU	高峰小时流量 (pcu/h)

3.2 流量数据结构

3.2.1 路段数据结构

路段数据库存储高架、地面以及不同方向的流量数据。不同数据来源包括人工调查流量、ETC 流量、视频流量数据, 采用相同的数据格式进行存贮, 其数据结构如表 3 所示, 以路段编号与路网的路段层关联, 分车型流量数据分别存贮在对应车型的流量属性中, 不分车型的路段流量存储在混合车属性中。

表 3 路段数据结构表

路段编号	调查日期	时段	小客	出租	公交	大客	摩托	小货	大货	混合车	车型系数	是否分车型
------	------	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	------	-------

3.2.2 路口数据结构

路口数据需体现路口交通总流量, 路口相邻路段进出口流量, 以及不同进出口之间的转向流量, 因此与路段数据结构相比, 路口数据结构设计需另外考虑路口节点与进出口路段之间的拓扑关系, 以及不同进出口之间的转向关系, 本次系统路口流量数据结构, 用路口与相邻路段拓扑关系表、路口转向关系表和转向流量数据表进行联合表示。

表 4 路口与相邻路段拓扑关系表

路口编号	相邻路段总数	相邻路段编号号	进口路段编号	出口路段编号
------	--------	---------	--------	--------

表 5 路口转向关系表

路口编号	转向关系数量	转向关系编号	进口路段编号	出口路段编号
------	--------	--------	--------	--------

表 6 路口流量表

路口编号	转向关系编号	日期	时段	小客	出租	公交	大客	摩托	小货	大货	混合车	是否分车型
------	--------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-------

在调查数据录入过程中，从路网中提取交叉口节点的 NodeID 作为路口唯一编号，并以与交叉口相邻双向路段的 LinkID 作为进口路段编号和出口路段编号，路口编号与路段编号的拓扑关系表结构如表 4 所示。路段转向关系表与调查点位代表的转向关系一一对应，对于一般的十字交叉路口一般有 12 种流向关系，数据表包括路口编号、转向关系数量、转向关系编号、进口路段编号、出口路段编号，如表 5 所示。路口转向流量表结构，与路段流量类似，如表 6 所示。

3.3 基础数据库结构

采用 SQL Server 作为系统数据库平台，分为空间数据库和流量数据库，两者通过节点编号和路段编号进行关联，空间数据存储在与 SQL Server 兼容的 SDE 空间数据库中，不同数据表之间的逻辑关系如下图所示。

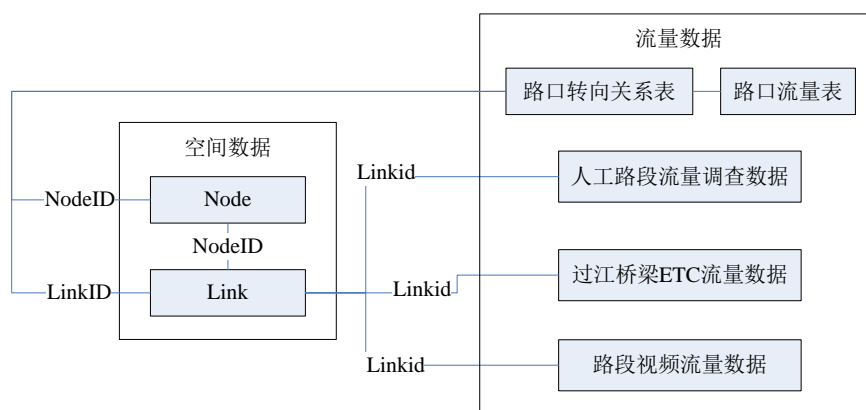


图 3 数据库结构

3.4 系统功能展示

系统涉及的主要功能包括：（1）数据录入与集成；（2）数据管理；（3）数据统计与分析；（4）专题图与数据导出；（5）权限管理。

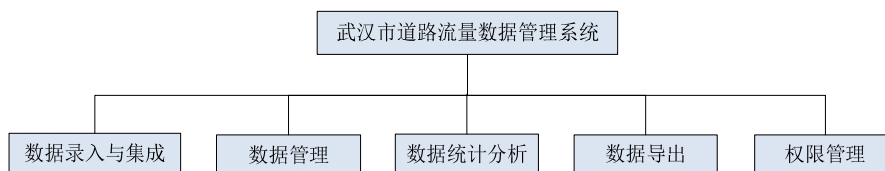


图 4 系统功能结构

（1）数据导入与集成

原始流量数据必须按照预定的格式录入，系统读取以格式化方式存贮的原始数据，自动存贮在流量数据库中。

（2）数据统计分析和展示

全路网高峰小时车流量，按照分级路网的形式进行显示，用户利用地图工具输出专题图或自定义操作。

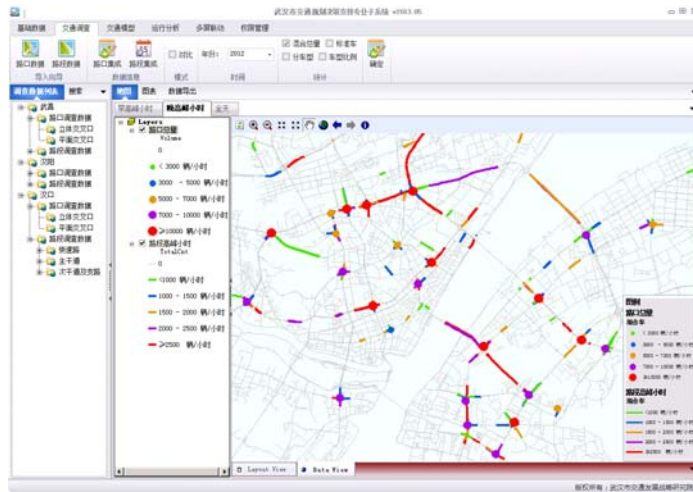


图5 路口路段流量图

单个路段高峰小时流量按照分车种和时段的形式进行显示；单个路口高峰流量则以车流转向图的形式进行展示，并标注不同进出口流量以及不同转向方向的流量。

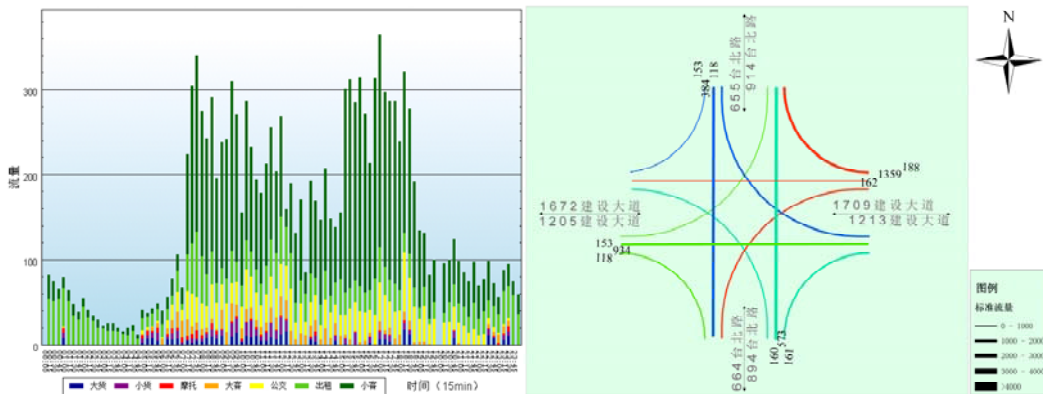


图6 路段和路口流量图

(3) 权限管理

管理员具有数据导入、管理、使用的权限，一般用户则只有数据使用权限，从而保障数据的安全性。

4. 运用展望

武汉市交通流量数据管理系统，已经成功导入2009年至今连续四年的路口和路段流量数据，对指导城市交通发展战略规划、道路网络规划、公交线网规划、大规模城市用地开发、重大交通基础设施建设等项目发挥了重要作用。通过对武汉市流量变化情况进行跟踪，分析交通现状问题，对制定城市疏堵计划，开展交通政策评估，有效辅助政府决策，提供了科学依据。

目前武汉市交委在公交、出租车上安装车载GPS系统，交管局建立了覆盖主城区范围的区域交通控制系统，并开展了车牌识别系统研究，以武汉市交通信息系统建设为契机，通

过有效整合这些数据源，建立统一的数据管理平台，借助数据库和 GIS 地图匹配等技术，自动识别车辆行驶轨迹，获取路段流量和路口转向流量，可大大提高流量数据的时效性。

同时武汉市正在开展基于现有路网模型和流量数据系统建立武汉市新一轮交通现状预测模型研究，在上一轮预测模型的基础上，研究交通出行 OD 反推技术，目的在于制定一套常态有效的交通模型更新体系，基于城市人口、用地、道路条件变化、交通政策出台情况，预测城市短期交通变化情况，从而扩大流量数据系统应用范围，更好的指导城市交通规划、建设和管理。

5. 结语

随着社会经济的快速发展、城市用地强度增加和布局变迁，交通基础设施逐步完善，城市交通需求和分布格局发生了巨大的变化，流量数据是体现城市交通特征的重要量化指标，开展规律性的交通流量数据采集，对分析交通问题，制定科学有效的交通发展政策意义重大。本次研究结合武汉市案例，利用 GIS 和数据库技术建立一套统一的流量数据管理系统，解决了目前流量数据多源异构、管理困难、使用效率较低的问题。随着信息技术在交通领域的推广，以及武汉市在交通数据整合力度上的加强，流量系统的数据内容将更加充实，系统功能也将逐步完善。

【参考文献】

- [1]张开广, 孟红玲, 等. 洛阳智慧交通系统的数据库应用研究[M]. 郑州: 河南科学, 2012.
- [2]吕北岳, 吴江, 等. GIS 技术在我国交通规划中的应用研究[M]. 北京: 测绘科学, 2003.

【作者简介】

吴宁宁, 女, 硕士, 武汉市交通发展战略研究院, 工程师。电子信箱: 412793912@qq.com
王志强, 男, 硕士, 武汉市交通发展战略研究院, 工程师。电子信箱: 76414830@qq.com
孙贻璐, 女, 硕士, 武汉市交通发展战略研究院, 工程师。电子信箱: 164443490@qq.com