

考虑居民生活质量的城市交通可持续发展指标

杨 超, 魏艳艳

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 从推动经济、社会、生态全面发展以及提高居民生活质量的角度出发对城市交通可持续发展的定义和内涵进行了阐释, 提出以人为本的生活质量指标以及公平性指标, 并将生态环境可持续扩展为土地利用、能源消耗和环境保护的可持续。在综合评价中对交通拥堵、安全及污染成本给予考虑。

关键词: 城市交通; 可持续发展; 评价指标; 生活质量; 公平性

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

Indexes of Sustainable Urban Transport Based on a Consideration of Residents' Living Quality

YANG Chao, WEI Yanyan

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: From the perspective of enhancing economic, social and environmental development as well as improving residents' living quality, the definition of sustainable transportation is illustrated in detail. People-oriented and equity indicators are put forward and research on ecological sustainability is extended to land use, energy consumption and environmental preservation. The external costs of traffic congestion, safety, and air pollution are taken into consideration adequately in overall evaluation.

Key words: urban transport; sustainable development; evaluation indexes; quality of life; equity

交通拥堵、交通安全、交通污染和能源消耗等问题正在受到越来越多的关注, 而实现城市交通的可持续发展是解决上述问题的根本途径。对城市交通可持续发展状态做出判断, 对城市交通可持续发展战略做出评估, 必须把城市交通可持续发展评价放

在首位^[1]。

交通作为城市重要功能、人的基本需求, 其可持续发展目标不仅包括经济、生态、社会的全面和谐发展, 还要从以人为本的角度提高城市居民生活质量。“以人为本”是指以人为价值的核心和社会的本位, 本质上体现对人的生存境况的关怀, 对人的价值的尊重, 对人的作用的重视^[2]。本文将以人为本的要素加入到城市交通可持续发展的定义, 并从提高居民生活质量、代内及代际公平等方面提出体现以人为本的具体衡量指标。人性化的可持续发展定义及指标能够客观、真实地反映城市交通可持续发展水平。

1 城市交通可持续发展内涵

1.1 城市交通可持续发展定义及内涵综述

1996 年世界银行发表的《可持续交通运输: 政策变革的关键》^[3]提出了可持续交通的概念。此后各国研究组织(如安大略环境与经济圆桌会议(ORTEE)、加拿大交通运输组织(TAC)等)对可持续交通展开深入研究, 并根据研究目的给出可持续交通的定义。尽管目前城市交通可持续发展还没有统一标准的定义, 但对于可持续交通应具有的内容却达成一致, 即: 可持续的交通系统应该能够提供出行者以平等安全的方式获取基本社会、经济服务的机会; 应该能够促进经济发展, 并不对环境造成危害^[4]。

在国内, 申金升等^[5]首次从交通系统建设与管理、生态环境保护、社会经济发展需求方面对城市交通可持续发展提出具体要求, 并给出可持续交通的定义与内涵, 其重点在于实现交通效率、资源环境 and 价值观念三者的内在统一。

在城市交通可持续发展研究中, 张军^[6]、陈毕

收稿日期: 2012-08-29

基金项目: 新世纪优秀人才支持计划(NCET-08-0406)

第一作者: 杨 超(1974—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为交通运输规划与管理。E-mail: tongjiyc@tongji.edu.cn

通讯作者: 魏艳艳(1987—), 女, 工学硕士, 主要研究方向为交通运输规划与管理。E-mail: missxy0226@163.com

伍^[7]从提高交通系统效率、保护生态环境、节约资源利用、提高人类生活质量等方面对可持续交通进行了定义,并认为交通的可持续发展要实现交通系统在经济、社会和环境三方面的和谐统一,形成经济、社会、环境、交通相互作用的良性循环.只有与城市经济、社会、环境协调发展,城市交通系统才能实现真正意义上的可持续发展.

尽管关于城市交通可持续发展的定义没有统一标准,但由上述研究可知,对城市交通可持续发展的研究主要是围绕经济、社会和环境可持续展开.

1.2 城市交通可持续发展的内涵

传统研究对于城市居民生活质量的影响研究较少.居民生活质量是社会经济发展和环境保护的推动力,而经济、社会、环境变化又会对居民生活质量产生深刻影响.只有在经济、环境、社会的和谐发展中不断提高人的生存质量,满足人的更高层次的需求,才能实现社会的真正进步.城市交通是为人服务的,以实现可持续发展为目标的城市交通应尽可能体现人文关怀,关注机动化趋势对公众健康和安全感的影响,提高交通参与者从交通体验中获得的幸福感,满足人的客观需要和主观需求,从而提高城市居民的生活质量.所以,本文在城市交通可持续发展中增加“居民生活质量”这一维度,并提出包括健康、安全和满意度等以人为本的具体要求及指标.对于环境可持续,本文将重新定义为生态可持续,并将其内容扩展为包括土地、能耗和环境在内的生态可持续,同时在环境方面强调对人的影响.对于社会可持续,本文不仅关注能源消耗的代内公平性,还关注代际公平性,并将公平性量化.对于经济可持续,本文在考虑交通拥堵、交通安全以及交通污染等负效应的基础上量化交通发展对经济增长的贡献.

本文从城市居民生活质量、生态可持续、社会可持续和经济可持续4个方面对城市交通可持续发展给出如下定义:

(1) 保证居民的健康和安全,满足出行需求,提高出行满意度,并使居民从交通服务和基础设施的使用中获得愉悦体验,提高居民生活质量.

(2) 保护生态环境,减少能源消耗、土地占用、空气污染和噪声污染,并把污染空气的废气和废物的排放限制在城市承载能力范围内.

(3) 在确保社会和生态环境健康发展的前提下保证代内公平和代际公平,并能够在居民的经济承受能力内为所有人提供舒适、安全、高效、多样的出行服务和出行方式选择.

(4) 在财政上可承受,并且能够促进区域经济发展,提高经济发展质量.

2 城市交通可持续发展评价指标

2.1 评价指标结构

可持续发展评价是通过评价指标体系的方法来反映可持续发展的相关主题,测度交通系统和其他基础设施系统的可持续发展水平也需要通过构建可持续评价指标体系的方法来实现.多数可持续发展评价指标框架可以归为以下3类^[8]:①基于联系的评价指标框架(linkages-based frameworks),如压力-状态-响应(PSR)框架,标准-影响-行动-措施(CIAM)框架等.②基于影响的评价指标框架(impacts-based frameworks),如基于经济、环境和社会影响的三维指标框架.③影响导向型评价指标框架(influence-based frameworks),如加拿大交通部(Transport Canada)建立的层列式评价指标的框架,包括状态层、行为层和运行层3层指标.

基于联系的评价指标框架能够从因果关系的角度对人类活动、环境变化、政策响应进行分析,从而建立因果关系清晰的评价指标体系,但它适用于空间尺度较小的微观领域,对空间差异较大、因素较多的大尺度综合评价则困难较大.基于影响的评价指标框架能够全面反映交通系统对经济、环境、社会等方面的影响,利用该框架建立的可持续交通评价指标体系可以充分体现经济、社会、环境可持续的基本内涵,能够从全局统筹和掌握交通系统的可持续发展状态.层列式指标框架可用于监测交通与环境问题在可持续发展方面的进展,但该框架通常因可量化的指标太少而遭到批驳^[9].

本文采用基于影响的评价指标框架,以城市交通可持续发展为总体目标,将城市交通可持续发展水平作为评价指标,并以居民生活质量、生态、社会、经济可持续为子目标,从上述4个可持续发展的角度选取具体的城市交通可持续发展基础指标,并使所选指标能够较好地反映可持续发展的相关主题,指标层次参见图1.

2.2 评价指标定义

指标体系是评价的基础,是综合反映城市交通系统可持续发展水平的依据^[10].在设置评价指标时需遵循科学性、完备性、可行性和独立性的原则,以便使设置的指标更加合理.本文在城市交通可持续发展评价中考虑居民生活质量、生态、社会、经济等4

个方面。

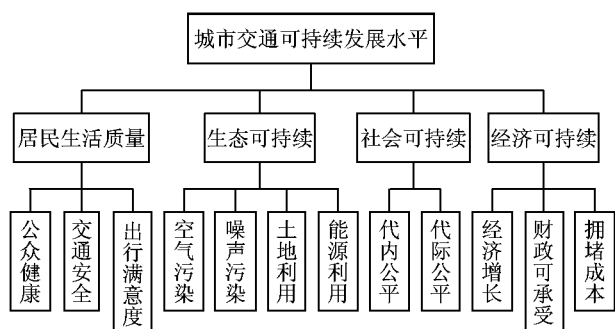


图1 城市交通可持续发展评价指标结构

Fig.1 Indicator framework for performance measures of urban transportation sustainability

2.2.1 居民生活质量评价指标

城市居民生活质量主要从交通安全、公众健康、出行满意度等方面进行评价。

2.2.1.1 交通安全

交通安全指标分别为 10 万人交通事故率和 10 万人死亡率。前者是反映交通事故次数的相对指标，后者是描述交通事故严重程度的指标。

2.2.1.2 公众健康

公众健康主要涉及由交通空气污染、交通噪声污染以及由采用私人机动化出行引起的健康问题。

(1) 道路交通是室外空气污染的重要来源，由交通造成的空气污染主要包括 CO, HC, NO_x, SO₂, 颗粒物等。NO₂ 质量浓度是一项被广泛接受的交通空气污染指标^[11]，所以本文将 NO₂ 的质量浓度变化对调整失能寿命 (disability adjusted life years, DALYs) 的影响作为健康指标。DALYs 是由于过早死亡或患病而损失的健康寿命，适合分析环境因素对公众健康的影响，计算公式如下^[12]：

$$\begin{cases} D_{\text{ALYs}} = A_B DS \\ A_B = A_R PF \\ A_R = (R'_R - 1)/R'_R \\ R'_R = (R_R - 1)C + 1 \end{cases} \quad (1)$$

式中： A_B 为因暴露于某环境因素而处于特定健康状态下的人数； D 为某健康状态的持续时间，对于患病状态，该指标可用患病人数表示，这里将持续时间设置为 1 年（假设患病人数约等于发病率乘以持续时间，并假设该稳态方程中发病率不随时间发生变化），对于死亡状态，该指标用损失寿命（年）表示，可表达为期望平均寿命与死亡平均寿命之差； S 为严重度权重系数，可用来测度因患病导致能力下降的程度，取值范围 $[0, 1]$ ，0 表示健康状态，1 表示死亡

状态，由于本文只研究环境因素对死亡人数的影响，所以取 $S=1$ ； A_R 为因暴露于某环境因素而患某种疾病的风险； P 为基准发病率或基准死亡率； F 为暴露于环境因素中的人口比例，对于空气污染，令 $F=1$ ，表明每个人都在某种程度上暴露于空气污染中； R'_R 为调整相对风险； R_R 为相对风险； C 为某环境因素的浓度。

(2) 随着道路交通量逐渐增大，越来越多的人暴露于交通噪声污染中。在这方面本文主要研究交通噪声对日常生活和夜晚睡眠的干扰状况，并分别用严重干扰人群比例 (severe annoyance, S_A) 和严重睡眠干扰人群比例 (highly sleep disturbance, H_{SD}) 作为研究指标，计算公式如下^[13-14]：

$$\begin{cases} S_A = 9.868 \times 10^{-4} (L_{\text{den}} - 42)^3 - 1.436 \times \\ \quad 10^{-2} (L_{\text{den}} - 42)^2 + 0.5118 (L_{\text{den}} - 42) \\ L_{\text{den}} = 10 \lg \left[(12/24) \times 10^{L_D/10} + (4/24) \times \right. \\ \quad \left. 10^{(L_E+5)/10} + (8/24) \times 10^{(L_N+10)/10} \right] \end{cases} \quad (2)$$

$$H_{SD} = 20.8 - 1.05 \times L_N + 0.01486 \times L_N^2 \quad (3)$$

式中： L_D , L_E , L_N 分别表示白天 (07:00—19:00)、晚间 (19:00—23:00) 和夜间 (23:00—7:00) 的等效噪声水平。

(3) 私人机动化出行量的增加不仅会造成交通拥堵、交通污染、交通噪声等问题，私人机动化出行方式本身也会对出行者的健康造成某种程度的影响。研究表明，诸如步行和自行车出行的主动式交通比私人机动化方式出行更有益于人体健康^[15-16]。与步行和自行车相比，驾车会减少人体活动和代谢当量 (METs, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) 消耗，如驾车的 METs 值为 5.86，而步行和自行车的 METs 值一般为 14.64 和 18.83^[15]。因此，步行和自行车出行能够增加人体活动强度，提高健康水平。本文把达到主动式交通活动中等活动强度时间推荐值 (每周 150 min) 的人群比例作为衡量出行人群健康状况的指标。

2.2.1.3 居民出行满意度

居民出行满意度反映城市交通发展满足社会经济活动和居民生活需求的程度及居民对交通服务的满意程度，可由居民平均通勤出行时耗、日均道路交通运行指数、拥堵持续时间、公交站点 500 m 半径覆盖率等指标来反映。居民平均通勤出行时耗与公交站点 500 m 半径覆盖率的变化均反映居民出行方便性、可达性的变化，可由统计数据得出；道路交通运行指数 (也称道路交通拥堵指数) 是综合反映道路网交通运行状况的指标，日均道路交通运行指数可采用一日高峰时段道路交通运行指数的平均值，计算

步骤如下^[17]:

(1) 按照道路等级,以不高于 15 min 为统计间隔,计算道路网中各路段的平均行程速度。

(2) 分别统计快速路、主干路、次干路和支路中处于严重拥堵运行等级的路段里程比例。

(3) 对各等级道路拥堵里程比例以车公里作为权重进行加权,计算确定道路网拥堵里程比例,计算方法可参考文献^[17]。

(4) 按照道路网拥堵里程比例计算道路交通运行指数。

拥堵持续时间是路网分别处于中度拥堵、严重拥堵等级的持续时间,从时间分布的角度反映道路网交通拥堵状况和变化趋势。拥堵持续时间指标参考文献^[17]中的计算方法。在道路交通运行指数的基础上分别统计处于中度拥堵、严重拥堵等级的时间,从而计算日均交通拥堵持续时间。

2.2.2 生态可持续评价指标

生态可持续主要评价交通系统对空气污染、噪声污染、土地利用及能源消耗的影响。空气污染状况可用 NO_x 年日均质量浓度、 SO_2 年日均质量浓度、可吸入颗粒物(PM_{10})年日均质量浓度等指标进行评价。需要注意的是,尽管在居民生活质量评价中利用 NO_2 年日均质量浓度计算指标 D_{ALYs} ,但事实上并不重复,这是因为氮氧化物不仅危害人体健康,还对环境造成污染。氮氧化物是酸雨成因之一,所带来的环境效应多种多样,包括大气能见度降低、地表水酸化及富营养化等问题。充分考虑氮氧化物的危害有助于客观评价城市交通可持续发展水平。

噪声污染可用交通干线噪声平均值(L_{Aeq})进行评价。噪声污染的危害不只局限于对居民生活和睡眠的干扰,对动物、仪器仪表及建筑物均构成危害。因此,本文将交通干线噪声平均值作为评价噪声污染危害的指标。

土地利用和能源消耗可分别用人均道路面积和单位客运量燃油消耗进行评价。在适应当前交通需求的前提下,人均道路面积越大越好,单位客运量燃油消耗越小越好。

2.2.3 社会可持续评价指标

由于我国城市交通可持续发展研究中对社会可持续研究较少,尤其是对代内和代际公平的研究仍然停留在以公平性为原则的理论层面,没有落实到具体的指标层面。因此,本文对社会可持续的评价主要考虑不同交通方式的人群在能源占用方面的公平性,即考察能源消耗的代内公平以及代际之间在能

源消耗方面的公平性。使用不同交通方式的人群在能源占用方面的公平性指标即代内公平指标可按如下公式计算^[8]:

$$\alpha = 100 - \sum_i |X_i - Y_i| \quad (4)$$

式中: α 为代内公平指标; X_i 为公共交通或个体机动车在机动化出行中的分担率; Y_i 为不同出行方式的能源消耗比例。该指标越小,表明机动化出行中公共交通或个体机动车的分担率与相应的能源消耗比例分布差异越大。

为测度能源消耗的代际公平性,可假设能源消耗的目标变化率为 e ,若当前一代的能源消耗平均值比上一代能源消耗平均值更接近目标值,则有利于提高能源消耗的代际公平性,促进可持续发展;否则,能源消耗的代际不公平性加剧。能源消耗的代际公平性指标可按如下公式计算^[18]:

$$e = \left(\frac{T_P - G_P}{T_C - G_C} \right)^{1/N} - 1 \quad (5)$$

式中: T_P 和 T_C 分别为上一代和当前一代预期达到的能源消耗目标值; G_P 和 G_C 分别为上一代和当前一代能源消耗的平均值; N 为一代所代表的年限,令 $N=5$ 。本文以 5 年作为一代,与我国每 5 年制定发展规划相对应。当 $e > 0$ 时,表明当前的能源使用情况好于上一代能源使用情况,当前的能源消耗比上一代的能源消耗平均值更接近目标值,能够促进代际公平性的提高;当 $e < 0$ 时,则能源消耗的代际公平性恶化。

2.2.4 经济可持续评价指标

在考虑交通拥堵、交通安全、交通污染等外部收益和财政可承受的情况下,经济可持续主要测度交通系统投资对 GDP 的贡献情况,可持续的交通系统应能够促进经济发展。因此,经济增长的评价指标为年交通投资对年 GDP 的贡献率(TCG)、财政可承受的评价指标为年交通投资占年 GDP 的比重、家庭可支配收入中交通支出比重;外部收益的评价指标为交通拥堵成本、交通安全成本以及环境成本。具体计算方法参考文献^[19]。

3 结论

从城市居民生活质量、生态环境保护、社会和经济等方面对城市交通可持续发展进行定义,并提出以下改进:

(1) 提出以人为本的具体指标,关注机动化出行对健康的影响,从交通安全、出行满意度方面提出

量化指标。

(2) 将生态环境可持续扩展为包括土地、能耗和环境的生态可持续,并在环境方面强调对人的影响。

(3) 对于社会可持续方面,量化不同交通方式对资源消耗的代内公平性以及整体对于资源消耗的代际公平性。

(4) 对于经济可持续方面,从交通发展的正负效用客观评价交通对经济发展的作用。

参考文献:

- [1] 张生瑞,邵春福,严海. 公路交通可持续发展评价指标及评价方法研究[J]. 公路交通学报, 2005, 18(2): 74.
ZHANG Shengrui, SHAO Chunfu, YAN Hai. Evaluation indices and model of highway transportation sustainable development [J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(2): 74.
- [2] 朱贻庭. 伦理学大辞典[M]. 上海:上海辞书出版社, 2004.
ZHU Yiting. Ethics dictionary [M]. Shanghai: Shanghai Lexicographical Publishing House, 2004.
- [3] The World Bank. Sustainable transport: priorities for policy reform [R]. Washington D C: [s.n.], 1996.
- [4] Jeon C M, Amekudzi A. Addressing sustainability in transportation systems: definitions, indicators, and metrics [J]. Journal of Infrastructure Systems, 2005, 11(1): 31.
- [5] 申金升,徐一飞. 城市交通可持续发展问题的思考[J]. 中国软科学, 1997, 7: 113.
SHEN Jinsheng, XU Yifei. Thinking on several issues of sustainable urban transportation [J]. China Soft Science, 1997, (7): 113.
- [6] 张军. 城市交通系统可持续发展综合评价研究[D]. 成都:西南交通大学, 2007.
ZHANG Jun. Study on the integrated evaluation for the sustainable development of urban traffic system [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2007.
- [7] 陈毕伍. 中国公路交通可持续发展研究[D]. 西安:长安大学, 2010.
CHEN Biwu. Research on air environment influence of sustainable development urban transport [D]. Xi'an: Chang'an University, 2010.
- [8] Jeon C M. Incorporating sustainability into transportation planning and decision making: definitions, performance measures, and evaluation [D]. [S. l.]: School of Civil and Environment Engineering of Georgia Institute of Technology, 2007.
- [9] Gudmundsson H. Indicators and performance measures for transportation, environment and sustainability in North America [R]. Aarhus: National Environmental Research Institute, 2001.
- [10] 尹春娥,马艳,万国华. 可持续发展的城市交通系统评价指标体系[J]. 山西建筑, 2005, 31(7): 20.
YIN Chun'e, MA Yan, WAN Guohua. The evaluating index system of sustainable urban transport [J]. Shanxi Architecture, 2005, 31(7): 20.
- [11] Vau kempen E, Swart W, Weudelvos W. Exchanging car trips by cycling in the Netherlands: a first estimation of the health benefits [R/OL]. [2012-08-17]. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/630053001.pdf>.
- [12] Knol A B, Staatsen B A M. Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands 1980-2020 [R]. Bilthoven: RIVM, 2005.
- [13] Miedema H M E, Oudshoorn C G M. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals [J]. Environmental Health Perspectives, 2001, 109(4): 409.
- [14] Miedema M E, Vos H. Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies [J]. Behavioral Sleep Medicine, 2007, 5(1): 1.
- [15] U S Department of Health and Human Services. Physical activity and health: a report of the surgeon general [R]. Atlanta: National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
- [16] Cavill N, Kahlmeier S, Rutter H, et al. Methodological guidance on the economic appraisal of health effects related to walking and cycling: summary. economic assessment of transport infrastructure and policies [R/OL]. [2012-08-27]. <http://www.euro.who.int/document/e90944sum.pdf>.
- [17] 北京交通发展研究中心. DB11/T 785 — 2011 城市道路交通运行评价指标体系[S]. 北京:北京市质量技术监督局, 2011.
Beijing Transportation Research Center. DB11/T 785-2011 Urban road traffic performance index [S]. Beijing: Beijing Municipal Administration of Quality and Technology Supervision, 2011.
- [18] PAN Tzechin, KAO Jehngjung. Inter-generational equity index for assessing environmental sustainability: an example on global warming[J]. Ecological Indicators, 2009, 9: 725.
- [19] 魏艳艳. 城市交通可持续发展评价指标体系及评价方法研究[D]. 上海:同济大学, 2013.
WEI Yanyan. Research on the index system and evaluation method of sustainable transportation in urban areas [D]. Shanghai: Tongji University, 2013.