

交通环境承载力计算方法

牟瑞芳

西南交通大学, 交通运输学院, 成都 610031

摘要: 环境问题是可持续发展的重要问题之一。如何保持交通的可持续发展是交通环境研究的主要内容。本文从承载力的概念入手, 对交通环境承载力的概念、内涵以及本质进行了分析。根据交通环境承载力的含义提出了交通效用的概念, 以交通效用的最大化作为衡量交通系统能力的指标, 并初步提出了相应的承载力计算模型。

关键词: 交通环境; 承载力

中图分类号: X32; U12

文献标识号: A

文章编号: 1672-4747(2006)03-0030-05

A Method to Calculate the Bearing Capacity of Traffic Environmental System

MOU Rui-fang

College of Traffic and Transportation,

Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

Abstract: Environmental problems are one of important problems of sustainable development in traffic. How to maintain the sustainability of development is main contents of traffic environmental system. This paper firstly discussed the concept of bearing capacity. Then, its nature of traffic environmental system was analyzed in detail. A new concept was proposed to calculate the capacity of traffic environment which is named utility. According to the utility, a model of traffic environmental system is put forward to calculate the capacity of the system.

Key words: Traffic environment, bearing capacities

0 引言

随着可持续发展的要求, 环境承载力的研究近几

年得到快速发展。研究的深度得到进一步提高。承载力是一个综合性非常强的指标, 它能够综合反映出环境——经济系统的协调性。但是, 目前研究环境承

收稿日期: 2006-03-31.

作者简介: 牟瑞芳(1962-), 男, 山东栖霞市人, 西南交通大学交通运输学院教授。

载力的问题主要集中在水环境承载力的研究^{[1],[6]}。一方面水环境问题比较突出,二是水资源日益贫乏。这些问题对人类经济的发展构成一定的限制和约束,因此,水环境承载力的研究在国内外得到较大发展。就环境承载力而言,目前,对其概念的理解尚存在一定的差距,其内在的本质和内涵理解也不统一,形成了几种不同的概念和计算方法,从一定角度上具有一定的混乱性。对于交通系统而言,尤其是交通规划和交通建设方面,交通环境承载力只进行了公路生态环境承载力的研究^[7],研究的方法采取的层次分析方法,分别建立了土地资源承载力、水环境承载力以及交通污染承载力的计算方法。应该说,就交通环境而言,该文是分析交通环境承载力的主要文献。

众所周知,研究环境承载力具有十分重要的意义,因此,近几年来对环境承载力的研究十分活跃。因为,环境承载力从一定的层面上反映出人类经济活动与环境之间的极限,是人类经济开发活动的基础。因此,环境承载力的分析与研究必须反映出人类的经济活动受环境约束的特点。往往这方面的分析大部分从环境要素的角度进行分析。本文主要针对交通环境而言,如何分析交通环境承载力进行一定的探讨。

1 相关概念

1.1 承载力的概念

承载力的概念起始于土木工程和岩土工程中,主要反映的是材料在一定的变形条件下所能够承受的最大荷载,也就是说在一定变形条件下材料能够抵抗外力的能力,该属性是材料的物理属性,也是一本质属性。对于不同的变形阶段承载力的范围也是变化的,如在弹性阶段的承载力和塑性阶段的承载力以及大变形后破坏阶段的承载力,其大小是不同的。

一般情况下,材料的力学行为分为弹性和塑性两个过程。在弹性阶段内材料的变形与外力的变化是线性关系,也就是说,当外力撤出以后,材料本身的变形将恢复原始状态,这一阶段称之为弹性变形阶段。在塑性变形阶段,也就是说当外力撤出以后,材料本

身将有一部分变形得不到恢复,这阶段从理论说,材料具有一定的损伤。具有损伤并不能说明系统不具备承载能力,只是说变形具有部分不可恢复性。有时候从结构本身出发,往往还需要考虑材料的塑性特性,从而可以最大限度发挥材料的承载力。

1.2 环境承载力

早期的环境承载力研究与生态学的发展密切相关。1921年,帕克和伯吉斯就在有关的人类生态学杂志中,提出了承载力的概念^[8]。这个概念指的是某一特定环境条件下(主要指生存空间、营养物质、阳光等生态因子的组合),某种个体存在数量的最高极限。后来这一术语被应用于环境科学中,便形成了“环境承载力”的概念。显然该概念也是强调的一种极限,但该极限所依存的或者依赖的约束条件是特定的环境,这一特定的环境有两层含义,一是就环境本身而言能够接受废弃物的能力,二是从资源的角度强调,在一定的资源情况下物种所具备的数量最大值。二者均是环境承载力的约束条件,但应该取其中的最小值作为衡量这一特定条件下个体(物种)存在数量的极限。采用数学的语言可以描述为:

$$EC = F(\min(W, R)) \quad (1)$$

式中, EC 为环境承载力; W 为环境系统本身所能接纳的废弃物能力; R 为环境系统的资源。

国内较严格的“环境承载力”的概念最早出现在《福建省湄洲湾开发区环境规划综合研究总报告》中^[9],即“在某一时期、某种状态或条件下,某地区的环境所能承受的人类活动的阈值”。这里“某种状态或条件”,是指现实的或拟定的环境结构不发生明显向不利于人类生存的方向改变的前提条件。所谓“能承受”是指不影响环境系统正常功能的发挥。由于环境所承载的是人类的活动(主要指人类的经济活动),因而,承载力的大小可以用人类活动的方向、强度、规模等来表示。在这里,环境的结构、环境的功能是衡量人类活动的约束条件,也就是说的某种状态或条件,但强调的是这种状态或条件没有指明是弹性的还是塑性的。因为环境的特征之一就是环境具有一定的自我调节功能,这种功能就是在土木中的材料

弹性性质。当自我调节功能受到一定影响或者部分功能得不到发挥情况下,说明环境系统本身已经产生的部分损伤。因而,环境承载力也具有土木工程中承载力相类似的变化规律。

环境承载力具有客观性、相对性、可调性和随机性的特征,其客观性体现为环境承载力是一个客观的量,是环境系统的客观自然属性,相对性表现在环境承载力因不同时期、区域和衡量标准而异;可调性反映为人类在掌握环境系统运动变化规律的基础上,根据自身的需求和对环境系统进行的有目的的改造,从而使环境承载力朝着人类预定的目标变化;随机性突出在人类生存与发展质量标准变化的随机性和模糊不确定性,同时也说明环境系统的复杂性和人类活动的主观性的特征^[8]。

1.3 交通环境

随着经济的发展,可持续发展问题日益得到广泛重视。交通对于国民经济的发展起到举足轻重的地位,然而,交通的发展也离不开可持续问题。反映在交通运输行业上的可持续发展问题体现在环境、资源(能耗)以及社会经济问题方面。尤其对于城市交通而言,交通所产生的环境问题也越来越突出。可以说,在城市环境问题中,交通环境问题占有十分重要的问题,无论是城市生态环境问题还是城市污染问题。

近年来,国内外很多学者、交通规划工作者对交通规划理论的发展进行深入研究,提出了许多新的研究内容、理论和方法。总体来讲,都是在交通规划理论中通过交通活动的强度对环境系统的影响进行分析研究。

要满足交通的可持续发展,除了从交通系统本身的规律出发,研究交通的规划与管理以外,还要考虑环境问题对交通发展的影响和约束,尤其在交通规划层次上更应当注意环境问题。这是因为,根据可持续发展的理论,环境问题的历史来看,解决环境问题要以预防为主,同时结合治理技术,才能够达到环境与经济的协调发展。预防的关键在于交通的规划阶段。

毋庸置疑,交通行业无论是铁路、公路、水运还

是航空以及城市交通是一个十分庞大的系统。牵涉的范围很广,也有建设方面的因素也有运营管理方面的因素,也有能源、资源利用又有污染方面的要素。因此,要给交通环境下一个十分确切的概念十分困难。文献^[1]给出了交通环境的概念为:以交通活动为主体,主体以外的统称为交通环境。结合环境科学中环境的定义、概念,对于交通环境而言我们采取以交通系统为基础,以人为主体,将交通活动过程中(包括交通建设、设计以及运营管理)中对人构成影响各类要素总和称之为交通环境。它既包括交通活动所带来的水环境问题、大气环境问题、声环境问题和生态环境问题,同时还包括电磁环境、经济环境以及地质环境和景观环境等等。交通环境是一个综合性的问题。该概念需要反映出交通系统和环境系统二者相互依赖和约束的关系。

2 交通环境承载力

2.1 概念

从某种意义上说,环境承载力概念的产生与发展离不开环境容量的概念。二者既有联系又有区别。容量的概念是一种相对狭窄的概念,仅仅指明的是环境容纳污染物的多少。对于不同的环境要素,环境容量是不同的。当作为一个系统考虑的时候,应当取其中的最小值作为环境的约束条件。在研究经济发展和环境与资源的关系过程中,的确资源和环境承载力的物理含义比较明确,并且便于宏观控制。但资源与环境的承载力计算十分的困难。这主要是因为承载力的计算过程中牵涉到的经济因素、环境因素以及资源因素不是十分的便于确定,再者要找出经济与环境和资源之间的相关性也十分困难。因此,在经济政策和环境管理方面,目前采取环境容量的计算十分普遍。一是环境容量具有具体的可操作性,它和经济活动过程中污染物的排放量密切相关;二是在经济控制过程中也不失为一个比较好的参考依据。因而,环境容量的计算相对比较普遍。

为了和土木工程中的承载力概念相一致,很多学

者采取了压力指标来计算资源与环境的承载力。因此,这里又牵涉到这些压力指标该如何选取以及怎么计算的问题。从理论上说这些研究的思路、方法是正确的,但正如前面指出的一样,要分清经济和环境与资源之间的压力指标以及解决他们之间的相关性问题是相当困难的。

2.2 交通环境指标体系

某一环境所能支持人类活动的能力是有限的,即环境承载力应是一个客观存在的确定的量。对于交通环境而言,交通环境承载力的指标体系可以分为四类^{[10],[11]}。一是资源类指标体系,由于交通系统要得到发展离不开资源,资源量也是交通发展的制约因素,如能源,对于铁路、公路、航空、水运以及城市交通等等都离不开能源,再比如无论是何种交通方式,土地的使用和占有量也衡量交通方式很重要的指标。自然资源支持力指标,包括不可再生资源以及在生产周期内不能更新的再生资源,如化石燃料、金属矿产资源、土地资源等。二是环境生产支持力指标,包括生产周期内可更新资源的再生量,如生物资源、水、空气等,污染物的迁移、扩散能力,环境消纳污染物的能力。三是社会经济技术支持水平指标,包括社会物质基础、产业结构、经济综合水平、技术支持系统等。这个方面也是交通环境承载力很重要的指标。因为,不同的社会产业结构,生产力布局等都会影响到资源的合理配置问题,这个配置的合理与否直接影响到资源利用最大化问题。四是人类心理支持水平。交通的发展对居民的心理影响也是不容忽视的方面,尤其是交通安全理论方面更应当强调人的心理承受能力,因为,这一因素直接关系到交通布局中人的行为关系。

3 交通环境承载力的计算方法

前已叙述,在资源承载力方面,研究比较多的领域主要集中在土地资源承载力,矿产资源承载力以及水资源承载力方面^[6];而在环境污染承载力上,主要体现在水环境承载力、大气环境承载力、旅游环境承

载力上^{[1]-[5],[9]}。而对于交通环境而言,目前主要将交通环境承载力分解为交通环境污染承载力、交通环境资源承载力、交通环境心理承载力以及交通环境经济承载力四个方面^[7],然后取其最小值作为交通环境的承载力,并且分别给出相应的量化方法。我们认为,无论是环境污染还是资源以及经济角度上,作为交通系统而言, these 问题是相互联系和依赖的,应当作为一个整体来考虑。也就是说对于交通系统,环境污染的能力,交通资源的能力以及交通系统经济能力都对交通系统的最大交通能力构成了约束条件,重要的是,这些约束条件是耦合的。因此,作为耦合的一个交通系统,不应当进行拆分处理,而且,应该采取系统的观点进行分析处理,因为,交通系统本身就是国民经济系统中一个非常重要的子系统。

设交通环境系统内所有的资源为 R ,该资源包括用于交通的所有资源,如土地资源、能源以及资金、劳动力等形式。另一方面,由于交通环境污染问题,从交通系统资源中必然分离一部分资源用于污染治理,如噪声、废气、生态等内容,设用于消减污染物的资源为 R_r ,那么用于交通系统本身生产的资源为 R_c ,则有:

$$R_c = R - R_r \quad (2)$$

需要指出的是,由于资源的配置问题在不同的交通系统中或者交通系统内部存在一定差异,因此,对于交通系统而言应该是一个 N 维向量,下面所有的变量均视为 N 维向量空间。

在交通系统中交通的拥有量为 Q ,那么交通拥有量必然和生产资源之间存在一定关系,既是所谓的生产函数:

$$Q = F(R_c) \quad (3)$$

设生产过程中排放的污染物量为 S_p ,则 S_p 和 Q 之间存在一定的函数关系,通常称之为排放函数:

$$S_p = H_1(Q_1) \quad (4)$$

式中, Q_1 为生产过程中数量。

设交通工具消费过程(运行状态)的拥有量为 Q_2 ,且 $Q = Q_1 + Q_2$,在交通工具的运行过程中污染物的排放量为 S_{p2} ,则

$$S_{p2} = H_2(Q_2) \quad (5)$$

则 $S_p = p_1 + S_{p2}$

在消减资源 R_r 条件下, 消减的污染物数量为 S_r , 则存在下列函数关系:

$$S_r = F_r(R_r) \quad (6)$$

那么, 进入到环境中的污染物数量 S 由下式确定,

$$S = \Sigma S^p - \Sigma S^r - S_0 \quad (7)$$

式中, S_0 为环境系统的自净能力。

在环境中污染物数量为 S 的条件下, 造成的环境损害为:

$$U = G(S) \quad (8)$$

式中, U 为环境质量。

式(2)~(8)构成了交通系统和环境系统之间的约束条件。

根据前面交通环境承载力的概念, 交通环境承载力是一个综合性的评价指标, 一方面反映了交通环境的质量状况, 另一方面又反映了交通运输能力(该能力主要指的是交通量以及管理方式), 最终达到的效果是人们的出行满意程度, 也就是交通的效用的大小。为此构建的交通效用函数 W 为:

$$W = W(Q, U) \quad (9)$$

那么, 在满足交通最大效用的前提下的交通量 Q 和环境质量 U 必须满足相应的约束条件, 从而定义交通环境的承载力 C 为

$$C = \frac{Q}{U} \quad (10)$$

数学模型为:

$$W = W(Q, U) - MAX$$

约束条件为式(2)~(8)

4 结束语

交通环境是交通可持续发展的重要内容。如何界定和计算交通环境承载力是交通规划与管理的重要方面, 也是影响交通规划质量的主要因素。因此, 合理的考虑计算交通环境承载力是非常必要的。以往的环境承载力概念相对来说比较狭义, 没有考虑经济、资源以及环境的相互作用问题, 或者单独计算。但对于一个交通系统来说, 资源、环境和经济体系是一个整体, 三者之间相互依赖和约束。根据交通效用理论提出的交通环境承载力的概念和计算方法具有一定的实用价值, 充分考虑了资源、环境和经济之间的依赖性和制约性。

参考文献

- [1] 王 磊. 公路建设项目沿线地区生态环境承载力分析与研究[D]. 西安: 长安大学硕士学位论文, 2004.
- [2] 陈楷根. 区域环境承载力理论及其应用[D]. 福州: 福建师范大学硕士学位论文, 2002.
- [3] 《福建省湄州湾开发区环境规划综合研究》总课题组. 福建省湄州湾开发区环境规划综合研究总报告[R]. 1991.
- [4] 唐剑武. 环境承载力的理论雏形—环境容量[J]. 北大研究生学刊(自然科学版). 1995, (2).
- [5] 彭再德等. 区域环境承载力研究初探[J]. 中国环境科学, 1996, 16(1): 6-10.
- [6] 汪恕诚. 水环境承载能力分析 with 调控: 中国水利学会成立70周年大会学术报告[J]. 水环境论坛, 2001, 33(增刊): 1-7.
- [7] 申献辰. 水环境承载能力及其定量描述方法[J]. 水环境论坛, 2001, 33(增刊): 26-29.
- [8] CUN Fenjun. The carrying capacity of municipal water environment and its case study [J]. Journal Natural Resource, 1998, 13(1): 58-262.
- [9] WANG Shu hua. Study of sustainable use of water environment carrying capacity [D]. Beijing: Beijing Normal University, 1996: 1221.