

## 摘 要

（随着我国经济建设快速发展，城市规模不断扩大，许多城市对旧城进行大规模的改造，新上了许多交通建设项目，为使有限的资金得到合理地运用，此时开展市政交通建设项目评价的工作受到市政管理部门的高度重视，本文是在这个背景下开展研究工作的。）

本文在全面分析了市政交通建设项目特点之后，考虑建设项目的经济效益、社会效益、技术性能三个方面，建立了综合评价指标体系，并对各项目指标进行详细的分析，给出了计算模型。

由于市政交通建设项目评价指标体系中有定量指标也有定性指标，许多指标的大小只能用模糊性语言来描述，于是本文建立了一个多目标、多层次的模糊决策模型对项目进行评价排序。

评价排序过程中以综合评价指标体系为层次结构，运用层次分析法计算各指标的权重。对定性指标采用专家评分法确定其隶属度，而定量指标建立隶属函数用于确定其隶属度，从而得到指标的模糊评价矩阵。最后，通过模糊综合评判方法对各交通建设项目进行评价排序。

作者编制了技术性能指标的可视化计算程序和模糊综合评价可视化程序，以方便决策者使用。

关键词：市政交通建设项目；层次分析法，模糊综合评判

## Abstract

With the drastic development of civil economy and the city scale enlarging, some works, such as reconstructing the older city districts and building some traffic projects, etc, has been done. In order to make full use of the limited resource, the city administrators have a great concern on the assessment of the constructing projects. So, it is very necessary and imperative to make some systematical analysis and researching on the evaluating traffic projects.

After in detail discussing the characters of the municipal traffic projects, economic efficiency, social and technology efficiency have been considered. Based on the works mentioned above, an index system of synthetic assessment is set up. In addition, all indexes are analyzed in detail and calculating models are given.

In the evaluating system of municipal transportation construction projects, there exist quantitative indexes and qualitative indexes, a lot of which could only be expressed by fuzzy language. So, a multiobjective and multilayered fuzzy decision making model is set up in the dissertation, and this model is used to order and evaluate construction projects.

In the process of evaluating and ordering projects, weights are obtained by means of the hierarchy analytic method in the framework of the hierarchy construction of synthetically evaluating index system. In addition, expertise accounting is used to get the subordinate-degree for quantitative index, the subordinate function is applied to qualitative index, and then fuzzy evaluating matrix for all the indexes is determined. By the method of the fuzzy synthetic evaluation, transportation construction projects are assessed and ordered.

In order to enhance the working efficiency of evaluating projects, visual software, which is used to determine the technology index, and another visual software about fuzzy synthetic evaluating are individually offered. They will be convenient for decision-maker working on the evaluating projects.

**Key words:** Municipal Traffic Constructing Project, Hierarchal Analytic Method, Fuzzy Synthetical Evaluation

## 独 创 性 声 明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得石家庄铁道学院或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签 名： 鄧永誠 日 期： 2003.2.8

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解石家庄铁道学院有关保留、使用学位论文的规定，即：学院有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

签 名： 鄧永誠 导师签名： 李學德 日 期： 2003.2.8

## 第一章 绪 论

## 1.1 市政交通建设项目评价的意义

城市是我们进行商品生产、流通和生活的基地。城市道路网就是实现城市功能的保证。一般情况下，一个城市经济越发达，其道路网就越发达，因为道路网不发达，布置不合理，势必影响整个城市功能的正常发挥，对城市经济发展不利。城市道路网配置是否合理、路网系统在城市经济建设与发展中所发挥的作用和产生的效果如何以及人、车、路是否和谐一致等问题是城市交通网络综合评价所要研究的内容。

随着经济的迅速发展，我国的城市化进程快步推进，在改革开放短短二十几年里，建立了大批的城市，其中大城市和特大城市规模迅速膨胀。但因市政基础设施投资力度不够，近几年许多城市出现交通阻塞、环境污染、道路积水等问题。国外许多城市通过改造、扩建城市道路和兴建大运量轨道交通系统来解决交通拥塞，取得了良好的效果，另一方面这也是对项目的评价做得较好的一个体现。

我国对交通项目评价起步较晚，城市交通建设滞后于经济发展，城市人均道路拥有量水平偏低，表 1-1 列出了国外主要几大城市与我国主要城市人均道路拥有量的对比数据。

表 1-1 各国城市人均道路拥有量（1993 年统计资料）

城市	新加坡	东京	纽约	巴黎	北京	上海	广州
人均道路面积/m <sup>2</sup> 人 <sup>-1</sup>	24.2	26.3	28.3	10.29	4.8	2.1	4.5

对城市交通建设项目进行评价有以下几方面意义：

(1)从经济、社会、环境各方面，综合评价路网的效果使社会各阶层认识到城市交通网给城市带来的效益，同时对于加强城市道路投资，加速道

路建设和城市建设会起到积极的促进作用。

(2)为各个城市路网提供了一个进行横向对比的方法。通过评价,了解路网系统的症结所在,从而采取合适的对策。

(3)在进行科学的预测前提下,对城市路网规划方案的优选和评价排序提供了一个较科学的方法。

(4)城市道路网作为城市大系统,是城市基础设施大系统中的一个子系统,它的研究会给大系统的研究提供基础信息和资料。

(5)对合理安排城市道路建设资金,加快城市道路建设都能起到积极的作用。

进行城市道路网评价有其特点,一方面路网系统和其它城市系统的联系密切,其系统内部所涉及的因素也很多,所以指标数量较多;另一方面指标的计算,特别是经济效益指标的计算比较复杂,涉及范围较广。

鉴于指标系统的复杂性,在建立评价指标体系时,应遵从以下原则:

(1)定量和定性统一。由于评价指标多,有的指标可以定量,有些不能或不易定量。尽量采用定量指标,辅以定性指标是建立评价指标原则之一。

(2)科学性和可测性统一。无论指标设置得多么完善,都难免出现这样或那样的问题。这是因为,指标的数量是有限的,不可能把所有因素都考虑进去,并且,指标之间也不能出现指标含义重叠现象。因此,指标的設置必须抓住事物的主要方面和本质特征,使其具有科学性。另一方面,指标设置具有基础资料收集方便,含义明确,计算简单等特点,即具有可测性。

(3)可比性。指标的設置必须抓住评价对象的共性部分,使其具有可比性。

(4)系统性。在建立评价指标体系时,不仅要考虑路网系统各要素之间的内在联系,还要考虑和其它外界系统的联系。

## 1.2 国内外研究现状及研究方法

我国大多数城市历史悠久,在漫长的历史长河中,形成了比较固定的城市格局,但在中国改革开放以后,中国的城市迅速扩张,农村人口涌入城市,使得城市的一些基础设施显得不堪重负。加之大多数城市长期以来



缺乏规划和管理，使一些问题显得特别突出，如：一些城市主要干道交通拥挤，城市道路大面积积水，交通事故率居高不下等等，这些问题在国外 20 世纪 80 年代也出现过。如何解决这些城市的通病，成为我们关注的焦点。

现在各城市都在加大城市基础设施的投入，特别是在城市道路系统中的投入，通过改建、扩建城市道路，以期望改善现有的道路交通状况。各大城市都在积极的规划城市道路网，通过调整路网结构使路网分布合理，但要上的项目很多，对各项目的效益评价是个非常突出的问题。

西方的项目评价方法，在费用—效益分析的基础上，在 20 世纪 60、70 年代得到了迅速的发展，形成了以一些国际经济组织命名的评价方法，如 OECD 法、WB 法等。这些方法都指出了项目评价有财务、国民经济和社会这 3 个层次，而且认为国家的目标不仅仅局限于国民经济的增长，也想了不少方法来解决经济和社会评价的结合问题。目前看来，定量解决的还只是项目的经济评价，社会评价尚处于不断探索之中，很不系统和完善，更少有针对性具体行业的社会评价方法。尽管如此，西方一些国家在基础设施、公用事业等社会效益大的项目评价实践中，已针对项目的不同特点进行了社会效益的评价，获得出很多成功经验。

近一、二十年来，西方开展了社会学家参与分析的社会评价，英国叫社会分析，美国称为社会影响评价(SOCIAL IMPACT ASSESSMENT)，在发展中国家也推行了这种社会评价。美国政府要求对项目进行社会影响评价，并且于 1969 年通过立法推广，已应用于水资源项目的开发、能源、钢铁等产业部门。这种社会影响评价，主要集中在人类环境的人文分析方面，考察项目和方案的实施对居民所在地的人口、生活、健康、安全、教育、文化娱乐等方面的影响。世界银行的社会影响评价涉及公用开发性项目的可行性研究，还用于部分重要项目的后评价。

我国于 20 世纪 70 年代末才开始建设项目评价的理论和方法研究，1987 年正式颁布了《建设项目经济评价方法与参数》，随后于 1990 年 6 月国家计委投资司和建设部标准定额研究所联合编著出版了《建设项目经济评价方法与参数实用手册》，推动了我国项目经济评价工作的开展。近年来在开展项目经济评价的实际工作中，已有了一些项目进行了社会效益评价，但大都是处于从属地位。

对于项目排序方法主要有单目标排序方法和多目标综合排序方法，它们都是在对项目评价的基础之上进行的<sup>[1]</sup>。

单目标排序的基础是建设项目的经济分析与评价，该方法主要分析建设项目的成本、维修养护费用、车辆营运成本及项目的经济效益，并根据项目的经济评价指标对项目进行排序。如 20 世纪 60、70 年代在美国，成本—效益分析在各类交通建设项目评估及排序中广泛应用，交通建设项目排序主要以各项目效益成本比的大小作为评判的依据。虽然成本—效益分析在各类资金相互竞争项目的分析与排序有一定合理性，但是经过具体实施后会发现这种单目标排序方法会导致公共资金分配不公的严重现象，并导致运输系统的不连贯。因此以成本—效益分析或其它单一经济指标为基础的分析与排序方法不能全面反映建设项目的实际情况。

随着系统工程、运筹学、计量经济学及决策分析技术的发展并广泛应用交通领域，20 世纪 80 年代以来多目标综合评价被用于项目分析及相应排序工作中，多目标综合排序的理论基础是效用理论，它给反映建设项目的评价指标分配一个权重值，反映建设项目的综合效用表示为：

$$U(X) = \sum_i K_i U_i(X_i) \quad (1-1)$$

式中， $U(X)$ —项目  $X$  的综合效用值；

$K_i$ — $i$  指标的权重；

$U_i(X_i)$ — $X_i$  项目  $i$  指标的效用值。

根据每个指标的效用函数的模型，确定各项目不同指标的效用值，再根据各项目综合效用对项目进行排序。

如在比利时，道路主管部门与道路研究中心合作开发的综合排序方法中，采用了包括安全、社会经济情况、生活环境、交通、城市开发和现状道路网状况等方面能定量描述的 29 个明确目标。将各目标的复杂程度加以浓缩，分析人员按 1 至 5 的分数给各目标进行评分，将各项目综合分数(加权目标值)累加后，即可以对各项目进行排序。1989 年在美国宾夕法尼亚主要建设项目排序中，采用了安全、国防安全、环境影响及对区域发展影响方面的 12 个排序指标，根据项目对这 12 个指标不同影响程度按 0 至 4 的 5 个等级对其评分，并根据决策者对各指标赋予的权重，进一步求各项目的综合分数，并依据综合分数的大小对项目进行综合排序。

这种综合排序方法同样在丹麦、英国、荷兰等国家广泛应用。但纵观国外这种多目标综合排序方法有一共同缺点,即各指标无论是能直接量化,还是难以直接量化,主要集中在分析人员打分的基础上进行归类,往往带有较大的主观性。同时,对一些直接量化的指标,若再根据指标值域分级打分,往往造成难以区分各项目的不同指标之间较小的差别。

由于我国最近几年来才开始城市道路网规划工作,因而对路网建设项目的分析与排序工作还处于起步阶段,尚未提出一种比较系统地反映建设项目对路网总体影响的分析方法,以及在此基础上的路网建设项目排序方法。

对市政交通建设项目的评价需从多角度展开,进行系统的全方位的立体观察,因而需要进行多目标的综合评价,建立决策层次结构,在此层次结构上,运用系统分析的方法进行有效的分析<sup>[2~4]</sup>。

### 1.3 研究内容及方法

本文主要研究内容包括以下几个方面:

(1)从分析城市道路交通特点入手,在前人研究的基础之上<sup>[5~9]</sup>,总结出一套综合评价城市交通建设项目的评价指标。

(2)分别对城市交通建设项目的国民经济效益、社会效益和技术性能进行了全面的分析,并给出计算各效益指标的方法,并对技术性能指标的计算编制了可视化计算程序 TECH-ESTEM 1.0。

(3)运用层次分析法和模糊综合评判方法对项目评价排序,并编制了可视化计算软件 ESTIM 1.0。

市政交通建设项目评价的程序框架见图 1-1 所示,具体说明如下:

(1)建立市政交通建设项目评价层次体系,确立总体目标。

(2)选择评价的指标,对项目的影响范围(经济效益、社会效益、技术性能)进行全面的描述,并计算各指标的权重。

(3)对各项目各效益进行客观的计算,确定各项目在相应指标中的隶属度。

(4)在各项目的模糊评价矩阵的基础上,进行模糊综合评判,得出各项目的排序值。



(5)进行评价总结分析。

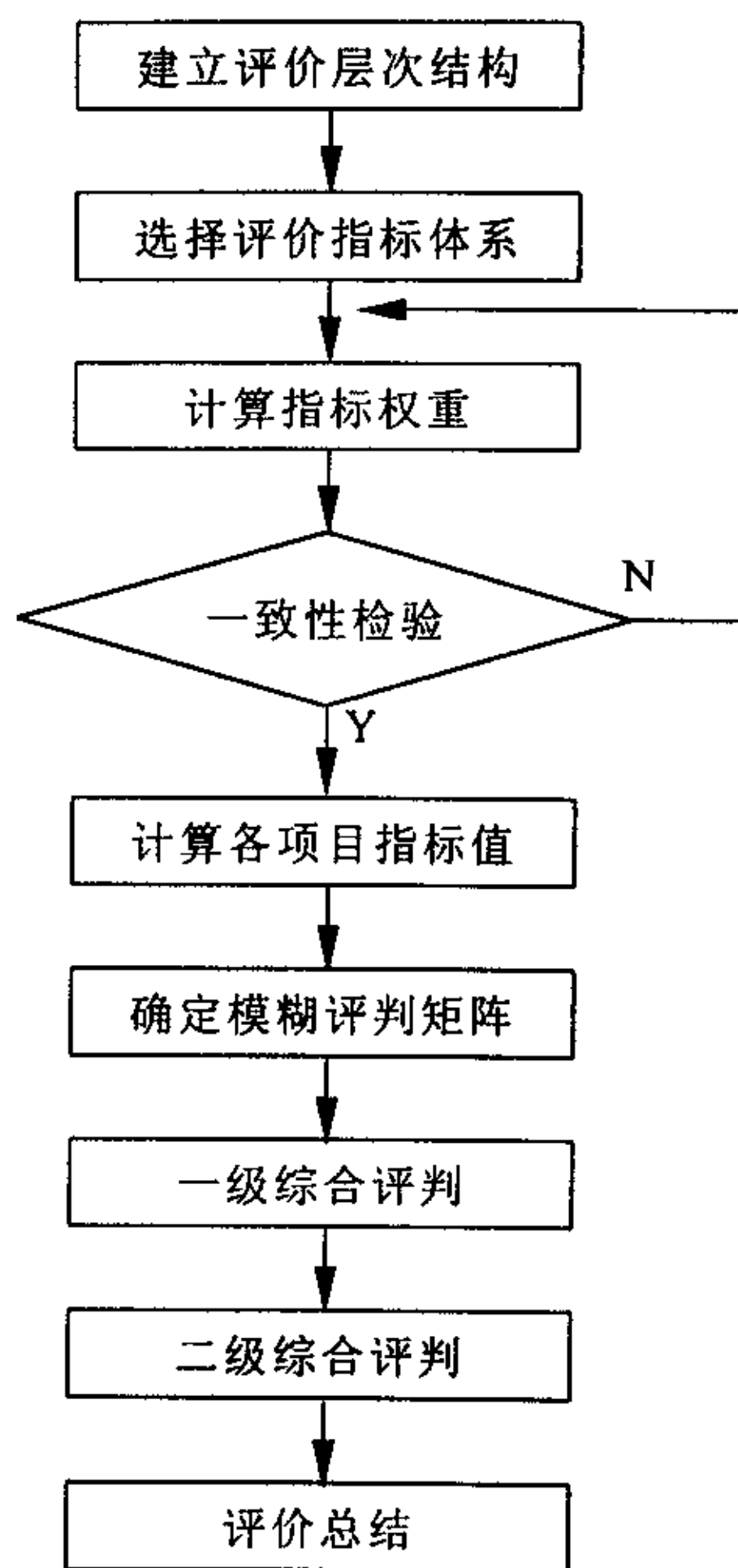


图 1-1 综合评价程序框图

## 第二章 市政交通建设项目综合指标体系

### 2.1 市政基础设施概述

市政基础设施是城市赖以生存和发展的基本条件。城市道路、交通、排水、污水处理、供气、供电、园林绿化、城市防洪等设施，与各行各业千家万户有着密不可分的联系，城市中一切经济活动和居民生活时刻离不开它们。上述基础设施技术状态如何？功能负荷情况如何？直接关系到城市的经济效益、环境质量和安定。

市政基础设施是一个多因素多层次的复杂大系统，可用图 2-1 层次结构表示其内容。

当前，加大市政基础设施投资力度、改善城市投资环境等课题已纳入许多市政府的议事日程。但如何利用有限的资金来缓解当前城市的最主要的矛盾，则是决策者考虑问题的关键。市政基础的建设必需把握好以下几个大的原则：

(1) 定位好城市的性质：即城市在国家或城区的政治、经济、文化生活中所处的地位，发挥的作

用和发展方向。综合性城市对市政基础设施的数量、质量和完善程度的要求较高，而单职能的或特殊职能的城市仅对相应的某些基础设施中的数量和质量提出一定的要求。例如，港口城市和交通枢纽城市要求交通基础设施齐全、完善、现代化；风景旅游城市要求有完善的园林、绿化、环境卫

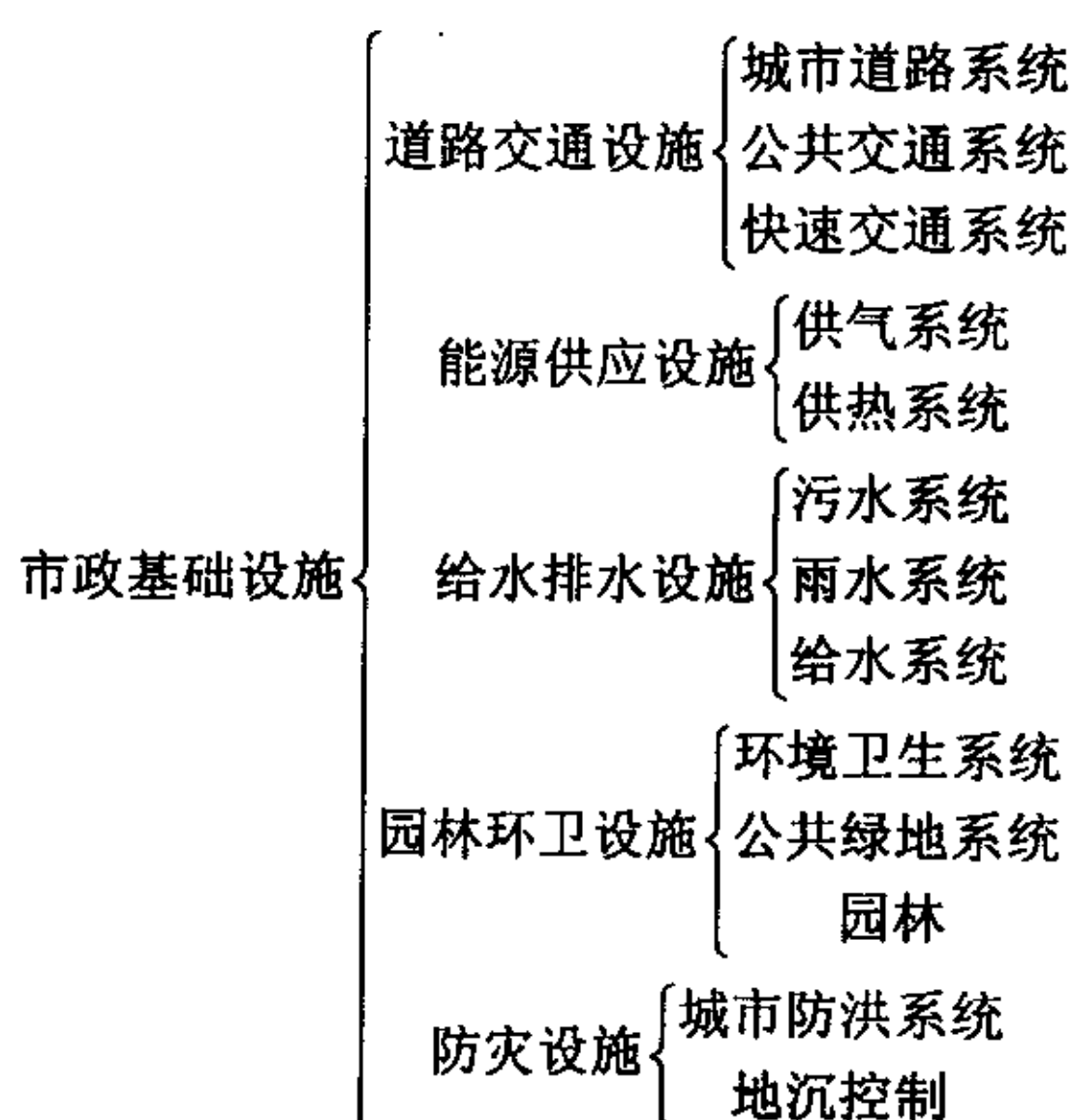


图 2-1 市政基础设施层次结构

生、污水排放与处理和环境保护等基础设施。

(2)确定城市的规模：市政基础设施的容纳负荷能力，是制约城市发展规模的重要因素，它与城市规模之间存在一定的比例关系。在城市整个地域空间内，经济、社会的发展要求市政基础设施的容量与城市人口、建筑面积、工业生产能力等相适应，并为其提供稳定的水、电、气、热等有形产品及运输、通讯服务。如果城市规模超过基础设施的承载能力，必然造成交通拥挤、供电供水紧张和空气水质污染，则城市难以得到健康的发展。

(3)以提高人民的生活水平为目标：人民生活不仅在物质上得到满足，精神上也要得到满足，如：有更多的时间进行户外活动、休闲娱乐，这些都对城市的交通、园林绿化等基础设施提出了更高的要求。

(4)城市现代化的要求：城市的现代化要求有高效率的信息、交通、高质量的工作和生活环境、齐全的公用服务设施等，而这都有赖于市政基础设施的发展和现代化。

总而言之，市政基础设施必须与城市经济、社会协调发展。

市政基础设施中的城市道路交通设施是许多城市存在问题最多的一个系统。由于中国城市规划起步较晚，原先建设的道路系统不能满足现在的交通需求，以至于严重阻碍了城市的发展。城市对内交通是用于满足城市居民日常的生活、工作需求的道路系统。现今由于城市人口激增，城市道路人均占有率偏低，自行车与机动车混合行驶导致交通管理上的困难。诸多因素致使现有的道路系统出现各种各样的问题。尽快解决城市的交通拥塞是城市各部分功能正常运作的基本保障，是城市经济快速发展必要条件，是市政规划管理部门的当务之急。

### 2.2 市政交通建设项目评价的特点

市政交通建设项目有别于一般的工业项目<sup>[10]</sup>和区域交通项目<sup>[11,12]</sup>的评价，它有自身的一些特点，对这些特点的清晰把握，将有助于我们准确地选定评价系统及评价指标体系。

#### (1) 市政交通建设项目的非盈利性

城市交通系统是为整个城市提供社会化服务的。没有任何人，任何部门能够脱离它而存在，它具有公共服务的性质。市政交通建设项目一般只

有基础设施而无营运设施，它们都由城市市政管理部门负责日常的管理和维护，故此它一般为非盈利的项目。但也有一些世行贷款项目，要考虑贷款偿还问题，可以通过提高加油站的油价达到还贷的目的，上海内环路高架项目就是很好的例子<sup>[40]</sup>。

一般在选取评价系统时可以不考虑财务评价。

#### (2) 市政交通建设项目效益存在间接性、综合性

市政交通建设项目的投资收益主要表现为服务对象效益的提高，即它的效益主要是在项目的外部，其中包括因为没有该项目而造成的损失。因此在考虑经济评价时主要考虑的是该项目的国民经济的评价。

另外，市政交通建设项目的效益具有显著的综合性和广泛性，即不仅产生经济效益(国民经济效益)，同时也产生社会效益，而后者在市政建设中也是重要的，故此评价指标中的社会效益体系是不可缺少的部分。

#### (3) 市政交通建设项目的规划性

市政交通建设项目在质和量、空间和时间上，必须与城市发展保持一致，必须与城市近期、中期、长期的发展规划相一致。

因此在选定指标的评判标准时，我们必须结合具体城市的具体情况，做出恰当的选择，这样才能做到市政交通建设项目与特定城市的发展同步。

#### (4) 市政交通建设项目建设适当的超前性

市政交通建设项目与一般工业项目相比，往往建设规模较大，投资多，而且改建一般较困难，因此要适当超前建设为城市以后的发展留有余地。

### 2.3 市政交通建设项目的评价系统

对市政交通建设项目的综合评价应由三个子系统组成，即技术性能评价、国民经济评价和社会效益评价。

技术性能评价，是从城市道路网的技术性能方面，分析其内部结构和功能<sup>[13]</sup>。从整体而言，城市道路网的社会效益和经济效益如何，首先取决于路网规划方案的技术性能，所以路网的技术性能评价是评价系统中必不可少的组成部分。

国民经济评价，是对交通建设项目进行经济效益分析<sup>[14,15]</sup>。在资金比较紧缺的情况下，城市道路建设必需考虑以较少的投资，获得较好的国民



经济效益。

市政交通建设项目的建设不仅会给城市道路使用者带来直接经济效益外，还将对规划区域的社会经济发展产生深远的影响。这些间接的经济效益和间接的影响也必需作为评价系统的一个准则。

### (1) 国民经济评价系统

经济效益评价可分为财务评价和国民经济评价。

财务评价是从投资项目或企业角度根据国家现行财税制度和现行价格，分析和测算项目的效益和费用，评价的目的在于搞清楚项目的盈利能力和偿债的能力，以判断项目在财务上的可行性。概括地说，财务评价就是对项目收支借贷的结果做出分析和评价。

国民经济评价是从国家整体的角度来考察项目的收益和费用，用影子价格、影子工资、影子汇率和社会折现率计算、分析项目给国民经济带来的净效益，评价项目经济的合理性。

市政交通建设项目一般是非盈利项目，且城市道路系统是由政府的城市建设管理部门负责建设管理，并未独立成立个企业来进行经营管理。故此项目决策的经济评价应以国民经济评价为主，而不考虑财务评价。《公路规划编制办法》中规定，在公路规划阶段，只需进行国民经济评价。区域性公路建设虽是要考虑盈利性的项目，但初期投资特别大，在规划阶段，将不存在盈利，故进行财务评价是没有多大意义的，这和市政交通建设项目是同一个道理。

经济评价中，我们应遵循以下原则：

#### ① 费用效益的范围对应一致的原则

项目的净效益一般根据“有项目”和“无项目”对比的原则来确定。它主要表现为所涉及的运输系统在客货运输过程中发生的各种运输费用的节约、拥挤程度的缓解、运输质量的提高、包装费用的节约、设施维修养护费用的减少等效益。

项目的费用主要表现为线路以及相关配套设施的固定资产投资及维护费用。项目的外部效果只计算一次性相关效果。要注意防止外部效果的重复计算或漏算。

经济评价实际上就是总支出费用与所获得效益的相对比较。效益和费用的范围划分应为：凡为国民经济所做的贡献均计为该方案的效益，为便



于计算，一般只计算直接经济效益，也就是由道路使用者获得的效益，费用就是在规划建设期内所投入物的经济价值。

### ②采用“有”、“无”比较法原则

“有”、“无”比较法是将拟建项目在建设的条件下发生的各种费用和效益与假定拟建项目不施实的情况下发生的费用和效益两者进行比较，来确定拟建项目费用和效益的一种方法。在我们的经济评价系统中将采用这种方法进行评价。

### ③计算期采用国内同一价格原则

国家计委 1987 年颁布的《建设项目经济评价方法》规定：国内项目的经济评价，在计算期内使用同一价格。由于规划方案的经济评价只作国民经济评价，故需使用影子价格。

### ④计算年限应统一的原则

按交通部颁发的《公路建设项目经济评价办法》计算年限为建设年限加道路投入使用后的预测年限，原则上按 20 年计算。

## (2)社会效益评价系统

由于城市是一个多功能的经济体系，包含有经济、政治、文化、教育、国防、环境等多个系统。市政交通建设项目不仅对经济系统带来直接的国民经济效益，还对其它系统也将带来重大的影响而具有可观的间接经济效益，这部分效益的评价将归为社会效益的评价系统中<sup>[16]</sup>。

市政交通建设项目的社会效益评价可表述为：从社会角度分析评价项目对实现城市各项社会发展目标所做的贡献与影响，其中包括正影响(正的社会效益)和负影响(负的社会效益)。

## (3)技术性能评价系统

城市道路是一个多功能的综合的网络体系，市政交通建设项目的建设必然对城市路网系统的技术性能产生一定的影响。这些影响是产生经济效益和社会效益的基础。

技术性能评价是从城市路网系统的技术性能角度出发，研究市政交通建设项目的建设对路网系统技术性能方面的影响，评判道路建设项目的合理性，为道路建设项目优化、排序提供基本依据。

路网技术性能主要包括：路网结构性能及交通运行质量两部分。在选取指标时，应从路网结构性能和交通运行质量两个方面来考虑以使路网技

术性能达到较优。

### 2.3.1 国民经济评价系统指标<sup>[17]</sup>

国民经济评价是以影子价格为工具，以国家参数为标准，站在国家或全社会立场上所进行的盈利性分析，考虑投资行为的国民经济可行性。市政交通建设项目是国民经济的一个重要部分，其投资效果具有公共性，主要表现为外部效果，即使用者将获益。因此，国民经济评价是市政交通建设项目评价的重点之一。

为了能全面、真实地反映国民经济评价系统在整个评价项目中的地位和作用，我们采用以下指标来反映国民经济的效益和费用的关系：经济净现值( $ENPV$ )，效益费用比( $BCR$ )、净效益费用比( $NBCR$ )，经济内部效益( $EIRR$ )和投资回收期( $N$ )。

### 2.3.2 社会效益评价系统指标

考虑社会是由经济、政治、文化、教育、卫生等多个领域组成的，社会发展目标包括经济、政治、文化、教育、卫生、安全、国防、环境等多个社会领域的目标，市政交通建设项目与各个社会生活领域的发展目标或多或少有关系。

要建设社会效益评价系统的指标系统，就是要找出建设项目对各个社会发展目标产生的贡献作用的大小，并用某一种量度来衡量这种贡献的大小。

根据市政交通建设项目自身的特点和对社会发展目标贡献大小及影响深度，主要考虑以下几个方面来选取指标，作为评价的依据。

#### (1)对自然和生态环境的影响

一个市政交通建设项目的兴建或改进，即会给城市的市容市貌带来变化，创造优美环境，又会增加或减少污染。

#### (2)对土地价值的影响

土地是一种稀缺资源，对城市土地利用合理与否，对城市社会、经济系统的整体结构、功能和效益有重大影响。

#### (3)对居民生活质量的影响

人们每日都要出行，一个市政项目的建设，必然会对城市及至整个地区居民产生广泛的影响。如人口理想分布、消除隔离状态、生活环境、日常消费和能源供应得到改善等等。当然还可能产生因居民动迁，安置不善等不利影响。

### (4)对旅游业的影响

旅游、旅行密不可分，旅游业的发展对交通有着强烈的依赖性，交通运输的改善会促进旅游业的发展，提高风景旅游区价值，而项目开发占用城市土地还可能破坏文化古迹和旅游景点。

### (5)对文化科技的影响

物质流、人流、信息流、能量流都要通过交通运输来实现。市政交通建设项目的建成，为开展人员交往、信息和产品的交换创造了方便条件，可以促进地区间的联系和文化、教育和科技方面的交流。

### (6)对就业的影响

项目的上马不仅会产生直接的就业效果，还会产生巨大的单位就业效果，因为项目会刺激各种生产活动的增加，各种各样的服务业也会随之兴起，就业机会必然增加。

## 2.3.3 技术性能评价系统指标

前面已经分析了技术性能评价主要考虑路网结构性能及交通运行质量。因此路网结构性能及交通运行质量将作为市政交通建设项目技术分析指标选取的主要依据。

选取技术性能评价指标应满足以下基本要求：

### (1) 科学性

要求评价指标有理论依据，并能在数量和质量方面以及空间和时间上充分反映路网的技术特征和使用品质。

### (2) 可测性

其中包括两个方面的含义：一是评价指标可根据一定的方法和手段求得；二是所用的基础资料比较可靠和易取得。

### (3) 可比性

相同指标可用于不同方案的比较，为此力争指标实现定量化。对于非定量指标，应有相对优劣程度的评定指标。

针对市政交通建设项目的特点，我们主要选取以下指标反映路网结构性能：路网密度、路网连通度、路网可达性。用另一组指标反映路网使用功能：路网平均车速、路网拥挤度、路网服务水平等。

#### 2.3.4 市政交通建设项目综合评价指标体系

根据以上分析本文建立了市政交通建设项目综合评价体系层次结构，如图 2-2 所示，该层次结构较全面地考虑了市政交通建设项目的影响的各方面。

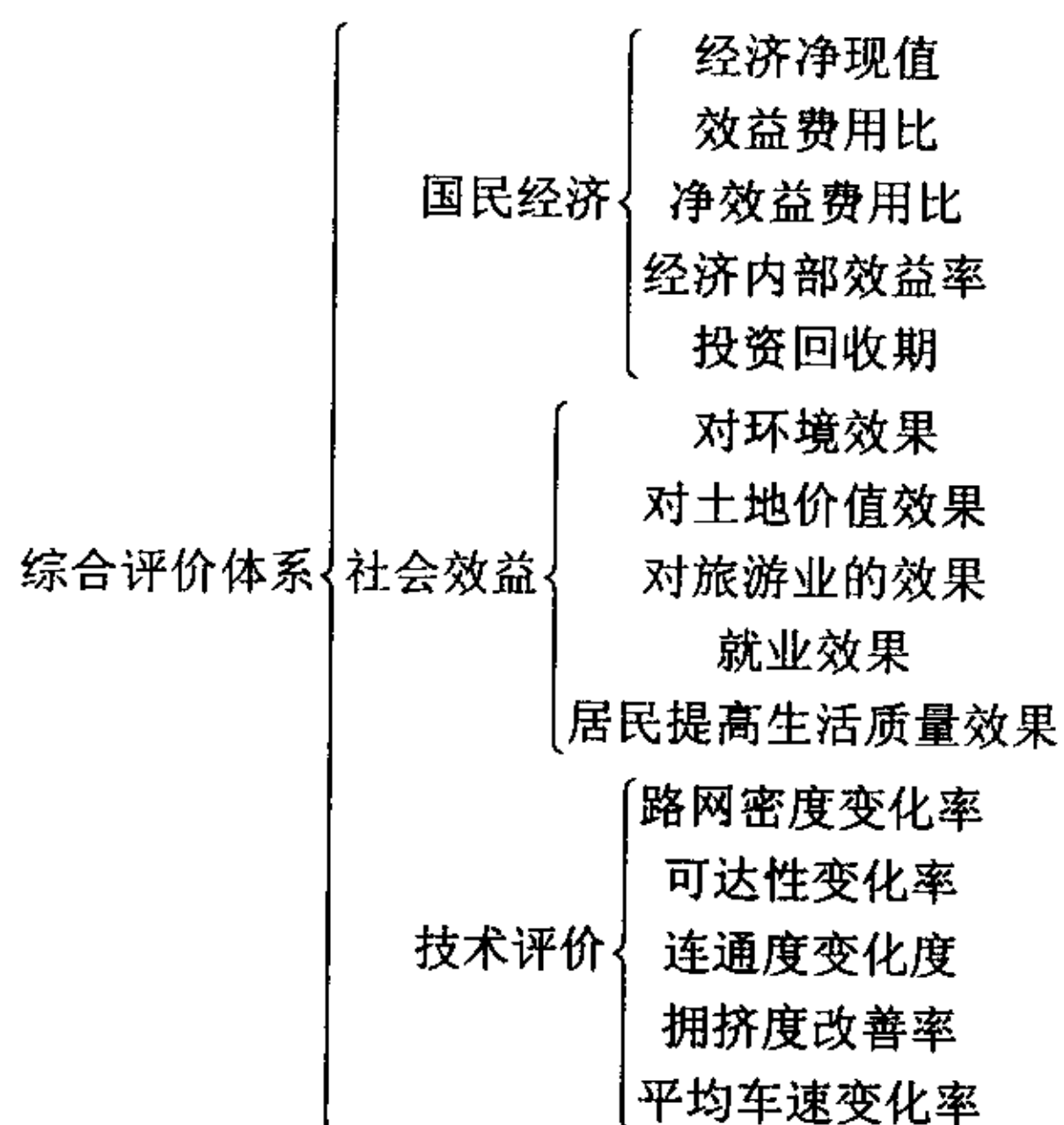


图 2-2 综合评价指标体系框图

## 第三章 市政交通建设项目指标分析

### 3.1 市政交通建设项目国民经济效益指标分析

#### 3.1.1 国民经济费用与效益概述

城市交通是国民经济的一个重要部门，其投资效果具有公共性，主要表现为外部效果。

进行国民经济评价首先要对项目的费用和效益进行识别和划分，也就是要认清所评价项目在哪些方面对国民经济产生费用，在哪些方面产生效益，识别和划分费用和效益的基本原则是：凡是项目对国民经济所做的贡献，均计为项目的效益，凡是国民经济为项目所付出代价均计为项目的费用，另外费用与效益计算口径必须一致。

根据市政交通建设项目的特点，还要明确以下两点：

##### (1)费用与效益的边界

由于市政交通建设项目的效益表现在使用该项目的人、车、货上，即表现在项目的服务对象上，这部分效益称为直接效益。项目的上马还会对国民经济其它部门产生深远的影响，这部分效益称为间接效益。本文把间接效益的评价归结为社会效益的评价中去了，因此在这里不计为国民经济效益的一部分。

##### (2)费用与效益追踪的对象

财务评价在考察费用和效益的过程中，其追踪的对象是货币，而在国民经济评价中，其追踪的对象不是货币，而是投入和产出的社会资源。如市政交通建设项目效益考察的对象是人、车、货在有项目时相对无项目时节约的各项费用。

#### 3.1.2 计算国民经济费用与效益的几个重要概念

以下几个概念在识别和计算国民经济费用与效益时要经常用到<sup>[18,19]</sup>。

##### (1)机会成本与沉没成本



对国民经济费用与效益的分析实质上是机会成本的比较分析。某项经济资源的机会成本反映了该项资源如果不被本项目占用或耗费而投入其他项目所能获得的最大效益。因此,某项资源如果具有多项用途,而该资源又相对稀缺,不能同时满足各种项目对资源的需求时,就需要在各种需求之间做出取舍。

在计算国民经济费用时,在考虑稀缺资源(土地,技术劳动力等)的成本时就是按该项资源的机会成本计入国民经济费用的。

与机会成本相对的是沉没成本。在项目国民经济评价中,沉没成本是指已投入的成本。项目的财务评价与国民经济评价都涉及沉没成本概念,但两者考虑的范围不同。例如,某公路建设方案实施后将通过某废弃的机场,那么尽管该机场也许有残值,尽管项目执行单位为取得占用权必须付款,但由于修机场所发生的资源耗费已成为历史,现在占用它不会导致未来追加资源耗费,所以如果机场不被占用将被闲置的话,使用它的机会成本为零。而在财务评估中,只有当废弃机场的所有权属于项目执行单位时机场的残值才属于沉没成本,否则为取得使用废弃机场使用权而支付的货币将构成项目的财务成本。

#### (2)影子价格

在项目的国民经济评价中所使用的影子价格是与机会成本概念联系在一起的,它反映了项目投入物与产出物的社会价值。相对于项目的投入物而言,它的影子价格(机会成本+新增费用)反映了由于该物品不能用于其他项目而损失的最大利益;相对于项目的产出物而言,它的影子价格反映了该物品用于其他项目所能获得的最大利益。这样,投入物与产出物的影子价格,就成了衡量项目经济成本和经济效益的尺度。

由于影子价格是资源得到最优分配和利用时的价格,所以影子价格反映了各种经济资源的相对稀缺程度。如果某种经济资源的影子价格高于其市场价格,则意味着该资源稀缺程度严重,这是由于较低的市场价格导致了这类经济资源的过度需求,从而造成资源的相对短缺。如果某种产品在现行价格下供大于求,则意味着该物品的影子价格低于现行价格。严重过剩而闲置的经济资源的影子价格为零。

#### (3)转移费用

在项目的国民经济评价中,有一类收支不能作为项目经济成本,也不

能构成的产品的经济价值，这就是转移费用。

所谓转移费用，就是指社会某一个体所拥有的经济资源转移到了另一个体的手中。由于所有权发生了变更，使得个体发生了费用或取得了收入；但对于社会整体来说，即未取得收入也未耗费资源。因此，如果建设项目的成本或效益中含有转移费用，必须进行调整。

市政交通建设项目中所发生的转移费用，一般包括以下几项：

- ①投入物财务成本中所包括的税金和利润；
- ②项目的国内贷款利息；
- ③项目所使用的闲置资源；
- ④折旧。

#### (4)社会折现率

社会折现率是国民经济评价所必不可少的重要通用参数。各类建设项目的国民经济评价都采用国家规定的统一的社会折现率。社会折现率是投资项目的资金所应达到的按复利计算的最低收益水平，即站在国家角度项目投资应达到的收益率标准。同时，社会折现率又是不同时间发生的费用或收益相互折算的复利系数，因而它又代表着社会对资金时间价值的判断。从一定意义上说，社会折现率是资金的影子价格，它代表着资金的占用在一定时间里所应获得的最低收益率。

根据我国在一定时期内的投资收益水平、资金机会成本、资金供求状况、投资规模以及项目国民经济评价的实际情况，社会折现率取为 12%。

#### (5)影子工资换算系数

影子工资体现国家和社会为建设项目使用劳动力而付出的代价。影子工资由劳动力的边际产出(机会成本)和劳动力就业或转移而引起的社会资源消耗两部分构成(劳动力的边际产出指一个建设项目占用的劳动力，在其他使用机会下可能创造的最大效益)。在国民经济评价中影子工资作为费用计入建设费用。

影子工资换算系数是项目国民经济评价参数，是影子工资与财务评价中的职工个人实得货币工资加提取的福利基金之比。根据市政交通建设项目的特点，在建设期间由于大量使用民工，其影子工资换算系数为 0.5。一般人员影子工资换算系数可取 1。

#### (6)农用土地影子费用

土地是市政交通建设项目的特殊投入物。在国民经济评价中，土地影子费用包括拟建项目占用土地而使国民经济为此放弃的效益—即土地机会成本，以及国民经济为项目占用土地而新增加的资源消耗(如拆迁费用、剩余劳动力安置费等)。

土地影子费用为土地机会成本加上新增资源消耗费用。土地机会成本按照拟建项目占用土地而使国民经济为此放弃的该土地最好可行替代用途的净效益测算。

### 3.1.3 国民经济费用构成与计算

市政交通建设项目的费用包括建设期费用及相关的养护管理等费用，如图 3-1 所示。

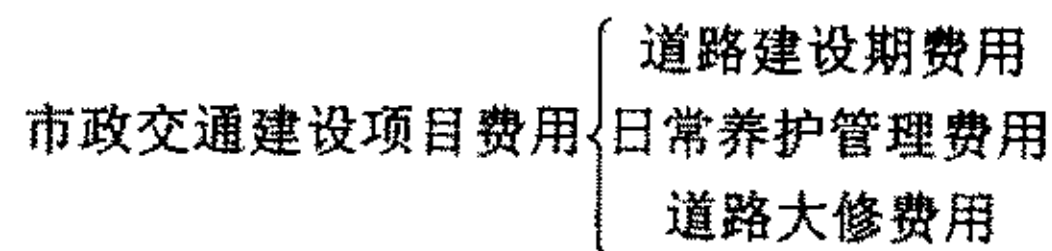


图 3-1 市政交通项目费用构成

#### (1)道路建设项目费用

道路建设项目费用应包括以下几个部分：

- ①建设安装工程费用：土方、结构物、城市道路配套工程、安全设施等费用；
- ②设备、工具购置费用：信号设备，照明设施的购置费；
- ③其它基建费用：征地拆迁、技术装备费等；
- ④预备费；

计算各项费用时，应根据国民经济评价的要求对各种费用进行相应的调整。

#### (2)日常养护管理费

日常养护管理费为每年对道路进行小的修补和维护所需的支出，不同的城市有不同的标准。

#### (3)道路大修费用

道路大修费用指在建设项目实施后一定时期内，需要对道路进行一次全面的维修，以保证道路达到原有的设计标准。

### 3.1.4 国民经济效益计算

市政交通建设项目的效益主要表现在道路的使用者(人、车、货)在使用一种旅行线路代替另一种时发生的各种费用的节约,如:运输费用的节约、运输时间的节约、通行拥挤程度的缓解、运输质量的提高、交通事故损失的减少等的效益。但其效益的计算与区域公路效益计算上有很大的不同,区域公路效益计算常按正常运输量、转移运输量和诱发运输量分别计算其效益<sup>[20]</sup>,而市政交通的运输量在一段时期内常常是较稳定的,这里只按工程的不同种类来分别计算其效益<sup>[39~41]</sup>。

市政交通建设项目多为新建、改扩建工程,在效益计算不大相同,应区别对待。

#### 3.1.4.1 改扩建工程项目效益计算

改扩建工程提高了原有道路的等级,改善了交通设施,使道路更加通畅更加安全。费用的节约是在与原有道路对比的情况下计算出的,原有道路的运输量取原道路交通网络下的道路运输量,改扩建道路后的交通量按新道路网络下分配的虚拟道路运输量。其效益包括以下几个方面:

(1)运输费用节约效益  $B_1$

运输费用节约效益  $B_1$  的公式为:

$$B_1 = (C_w L_w - C_y L_y) Q_n \quad (3-1)$$

式中,  $C_w$ 、 $C_y$ —分别为无项目和有项目时的单位运输费用,元/吨公里(元/人公里);

$L_w$ 、 $L_y$ —分别为无项目和有项目时的运输距离,公里;

$Q_n$ —运输量,万吨/年(万人/年)。

(2)运输时间的节约效益  $B_2$

随着国民经济的持续发展,人们生活水平的日益提高和汽车拥量的迅猛增加,出行时间逐步成为道路用户乘车路线选择的首要考虑因素之一,从另一方面这也说明道路改善给居民节约旅行时间带来的效益占道路改善效益比重越来越大。

居民时间节约效益考虑节约时间的一半用于生产目的。由于不同城市的人均国民生产总值不同,因此在计算时要考虑不同城市的差别,对不同城市的评价,采用该城市相应的人均国民生产总值代入计算。



$$B_2 = \frac{1}{2} b T_n Q_{np} \quad (3-2)$$

式中,  $B_2$ —居民时间节约效益, 万元/年;

$b$ —居民的单位时间价值(按人均国民收入计算), 元/小时;

$T_n$ —节约的时间, 小时/人;  $T_n = T_w - T_y$ ;  $T_w$ 、 $T_y$  分别为无项目和有项目时的旅行时间;

$Q_{np}$ —生产人员数, 万人次/年。

### (3)减少货物在途时间效益 $B_3$

减少货物在途时间效益实质是使得资金周转加快而获得的效益, 计算公式为:

$$B_3 = \frac{P_r Q_n I_k T}{(12 \times 365) L} \quad (3-3)$$

式中,  $B_3$ —减少拥挤效益, 万元;

$P_r$ —计算年度在途货物平均价格(元/吨);

$I_k$ —社会折现率, 即资金年利率(%);

$T$ —节约小时数(小时);

$L$ —改善道路长度(公里);

$Q_n$ —运输量(万吨公里)。

### (4)提高交通安全的效益 $B_4$

提高交通安全的效益计算公式为:

$$B_4 = P_{sh} (J_w - J_y) M \quad (3-4)$$

式中,  $B_4$ —提高交通安全的效益, 万元;

$P_{sh}$ —交通事故平均损失率, 元/次;

$J_w$ 、 $J_y$ —分别为无项目和有项目时的事故率, 次/万车公里;

$M$ —交通量(万车公里);

交通事故损失费可以参照现行事故赔偿及处理情况来确定。无项目和有项目时的事故可以参照统计资料及预测数据确定。但无项目时的事故不应套用统计数字, 而应考虑未来交通量条件下无项目时的事故增长因素。

#### 3.1.4.2 新建工程效益计算

对于新建工程效益计算, 与改扩建工程效益计算不同之处是在取的运



输量有所不同。由于新建工程没有原道路与之比较，它的运输量都是其它道路上转移过来的运输量。因为计算效益是在有无项目比较法上进行的，因此取与新建工程有相同起止点的道路相比较来计算以上各项效益。

### 3.1.5 国民经济评价指标计算

#### (1) 经济内部收益率 $EIRR$

经济内部收益率是反映建设项目对国民经济净贡献的相对指标，是建设项目在计算期内各年经济净效益流量的现值累计等于 0 时的折现率。计算公式为：

$$\sum_{t=1}^n (B-C)_t (1+EIRR)^{-t} = 0 \quad (3-5)$$

式中， $B$ —建设项目经济效益流入量；

$C$ —建设项目经济费用流出量；

$n$ —计算期；

在评价建设项目国民经济贡献能力时，如果经济内部收益率等于或者大于社会折现率，表明建设项目对于国民经济的净贡献达到或者超过了国民经济要求的水平，认为建设项目从国民经济角度考虑是可以被接受的。

#### (2) 经济净现值 $ENPV$

它是反映建设项目对国民经济净贡献的绝对指标，是建设项目按照社会折现率将计算期内各年的经济净效益流量折现到建设期初的现值之和。计算公式为：

$$ENPV = \sum_{t=1}^n (B-C)_t (1+i_s)^{-t} \quad (3-6)$$

式中， $i_s$ —社会折现率

在评价建设项目国民经济贡献能力时，如果经济净现值等于或者大于 0，说明建设项目可以达到符合社会折现率的国民经济净贡献，认为该建设项目从国民经济角度考虑是可以被接受的。

#### (3) 效益费用比 $BCR$

效益费用比是建设方案在规划期内各年效益的现值总额和各年费用的现值总额的比率。计算公式为：

$$BCR = \sum_{t=0}^m [B_t(1+i)^{-t}] / \sum_{t=0}^m [C_t(1+i)^{-t}] \quad (3-7)$$

当  $BCR > 1$ ，说明该建设方案的效益大于费用，方案可取。

当  $BCR < 1$ ，说明该建设方案的效益小于费用，方案不可取。

#### (4) 净效益费用比 $NBCR$

净效益费用比是指建设项目产生的净效益占费用的比重，其计算公式：

$$NBCR = \sum_{t=0}^m [B_t(1+i)^{-t} - C_t(1+i)^{-t}] / \sum_{t=0}^m [C_t(1+i)^{-t}] \quad (3-8)$$

在对建设项目进行比较排序时，可以参考该指标。

#### (5) 投资回收期 $N$

投资回收期是指以方案的净收益抵偿方案建设总投资所需要的时间，它应包括建设期。

设初始投资为  $C_0$ ，每年的净收益为  $R_j$ ，则投资回收期为满足下式的  $N$ ：

$$\sum_{j=1}^N R_j - C_0 = 0 \quad (3-9)$$

### 3.2 市政交通建设项目社会效益指标分析<sup>[21]</sup>

#### 3.2.1 定量指标的分析

社会效益指标大部分是定性说明的指标，但有些指标仍然可以使其定量化，以帮助专家打分时能有一个参考值，下面给出定量指标的计算公式。

##### (1) 就业效果指标的计算

就业效果的概念是单位投资创造的总的就业机会。它是项目新增就业人数与项目投资之比。

就业效果按目前一般通用的单位投资就业人数计算，公式如下：

$$\begin{aligned} \text{总就业效果} &= \frac{\text{本项目及相关项目总就业人数}}{\text{本项目及相关项目投资}} \\ \text{直接就业效果} &= \frac{\text{本项目新增就业人数}}{\text{本项目投资}} \\ \text{间接就业效果} &= \frac{\text{相关项目新增就业人数}}{\text{相关项目投资}} \end{aligned} \quad (3-10)$$

根据市政项目的特点，市政交通建设项目一般没有营运人员就业，因此本项目新增就业人数的计算为建设时间人员的投入量，相关项目新增就业人数的计算为市政交通建设项目开发后，由于街道两边的地产开发或企业的建立产生增加的就业人数。

#### (2)对环境的影响效果

由于项目的实施在施工期间，可能会对周围的环境产生一定的负面影响，如扰乱居民的正常出行或由于施工的噪音影响居民的正常休息。在项目完成之后，有此市政项目有相应的绿地开发，供居民休息娱乐，使居民区的环境得到很大的改善。因此在评价项目对环境的影响效果时，要综合考虑项目的全过程。

在城市道路的环境评价主要考虑噪声对城市生活区的影响，和道路配套绿地的设施对城市居民的影响(这一部分评价可放到对居民生活提高的影响中来评价)。

目前国内外在道路噪声评价中一般采用以 A 声级为基础的等效声级  $L_{eq}$  作为评价指标， $L_{eq}$  数值和人们的主观吵闹感觉程度有较好的相关性。在市域道路网噪声评价中，以相关的国家标准《城市区域环境噪声标准》(GB3096-93)作为依据。城市区域环境噪声标准详见表 3-1。

表 3-1 城市区域环境噪声标准

适用区域	昼间	夜间
特殊住宅区	45	15
居民、文教区	50	40
一类混合区	55	45
二类混合区、商业中心	60	50
工业集中区	65	55
交通干道两侧	70	55

注：特殊住宅区指特别需要安静的住宅区；居民、文教区指纯居民区和文教、机关所在地；一类混合区指一般商业与居民混合区；二类混合区、商业中心指工业、商业、少量交通与居民混合区；商业中心指商业集中的繁华地区；工业集中区指一个城市或区域内规划明确确定的工业区；交通干道两侧指交通量大于 100 辆/小时的道路两侧。

为了简化计算可操作性强，作者采用噪声指数  $I$  作为评价指标：计算公式如下：

$$I_d = \frac{Q_d}{Q_{d0}} \quad (3-11)$$

式中， $I_d$ —昼间噪声噪声指数；

$Q_d$ —昼间噪声产生量；

$Q_{d0}$ —昼间噪声允许量；

$$I_n = \frac{Q_n}{Q_{n0}} \quad (3-12)$$

式中， $I_n$ —夜间噪声噪声指数；

$Q_n$ —夜间噪声产生量；

$Q_{n0}$ —夜间噪声允许量；

### 3.2.2 定性指标的分析

社会效益与影响多种多样，许多不仅不能用货币定量，也难以用实物定量。例如项目对文化的影响，对社会稳定安全的影响，对增加我们闲暇时间的影响，对我民风俗的影响，常常都不好量化。因此，项目社会评价必须用定量与定性分析相结合的方法，定性分析为主是当前社会分析发展的主要方向。

本文采用的指标系统中定性指标有：对土地价值效果、对旅游业的效果、提高居民生活质量效果。对这些指标采用调查分析的方法进行定性分析。

## 3.3 市政交通建设项目技术性能指标分析<sup>[22]</sup>

### 3.3.1 路网结构性能的指标分析

路网结构制约着路网的总体功能水平，一个交通运行效率高的路网必定有着优良的结构，市政交通建设项目的实施能够在一定程度上提高路网连通度，改善路网节点可达性，提高路网总体等级水平及路网密度等，下面就这些方面具体分析建设项目对路网结构影响的各项技术指标。

## (1) 路网可达性变化率

路网可达性，是指规划区内从某一节点出发，通过道路交通抵达任一目标(目的地)的行程距离、行程时间或交通费用的大小。在交通规划中，可达性是一项十分重要的评价指标。路网可达性反映了路网中各节点之间交通联系的便捷程度，它从道路使用者角度出发来衡量路网结构的合理性。路网可达性变化率反映了建设项目实施后，路网中各节点之间联系程度的变化情况。体现不同建设项目对改善路网布局均衡性方面所做出的贡献。

要计算路网可达性变化率，我们要先计算在现状路网条件下的可达性和新建项目后路网的可达性，然后才能求出可达性变化率。

首先给出路网平均出行时间  $T$  或平均出行距离  $D$  的概念，采用矩阵表达形式，即：

$$T = [t_{ij}] \text{ 或 } D = [d_{ij}] \quad (3-13)$$

式中， $t_{ij}$ —路网中  $i$ 、 $j$  点间的最短平均行程时间；

$d_{ij}$ —路网中  $i$ 、 $j$  点间的最短平均距离。

矩阵  $T$  或  $D$  反映了路网的基本特征，可直观地表明路网中和运输点之间联系的便利程度。

路网中某一点的可达性，即由某一点开始至其他各点的平均出行时间  $T_i$  或  $D_i$  表示如下：

$$T_i = \frac{\sum_j^n t_{ij}}{n} \text{ 或 } D_i = \frac{\sum_j^n d_{ij}}{n} \quad (3-14)$$

式中， $n$ —区域内的节点数目；

$\sum_j^n t_{ij}$  或  $\sum_j^n d_{ij}$ —矩阵  $T$  或  $D$  第  $i$  行元素之和。

整个路网的可达性，则用路网总的平均出行时间  $\bar{T}$  (或  $\bar{D}$ ) 来表示，即：

$$\bar{T} = \frac{\sum_i^n T_i}{n} \text{ 或 } \bar{D} = \frac{\sum_i^n D_i}{n} \quad (3-15)$$

计算完现状路网和改建后路网的可达性后就可以计算可达性变化率，以显示改建路网的可达性效果。



路网可达性变化率可按式计算：

$$\Delta \bar{T} = (T_0 - T) / CS \quad (3-16)$$

式中， $\Delta \bar{T}$ —路网可达性变化率；

$T$ —改建后路网可达性(秒)；

$T_0$ —现状路网可达性(秒)；

$CS$ —新建项目建设及养护管理费用(万元)；

## (2) 路网密度变化率

城市道路网密度的大小反映了城市建设发展的水平，在某种程度上体现了城市路网结构的合理性，它也是城市交通宏观规划的重要指标之一。

路网密度常有以下几种不同的表达方式。

面积密度(公里/平方公里)：单位面积拥有的道路里程长度，计算公式为：

$$D_F = L / A \quad (3-17)$$

人口密度(公里/万人)：单位人口拥有道路里程长度，计算公式为：

$$D_P = L / P \quad (3-18)$$

经济密度(公里/亿元)：单位经济产值占有道路里程数，计算公式为：

$$D_S = L / S \quad (3-19)$$

式中， $D$ —分别以  $F$ 、 $P$ 、 $S$  为基数的路网密度(km/单位)；

$F$ —城市面积(km<sup>2</sup>)，必要时可扣除区域内的水面面积；

$P$ —城市的人口数(万人)；

$S$ —城市的经济指标，如年一个农业总产值(亿元)；

$L$ —城市道路里程长度(km)；

为使此项目指标具有综合可比性，常采用路网的综合密度  $D_c$

$$D_c = L / \sqrt[3]{F \cdot P \cdot S} \quad (3-20)$$

路网密度变化率反映新建项目对路网密度的影响，这种影响是通过道路里程的增长来实现的，对于新建城市道路建设项目而言，道路里程增长明显，而对于改建扩建城市道路而言，道路里程增长不明显，我们常采用换算道路里程长度来计处路网密度变化率。以某一级城市道路为基准确定一个道路之间的等级换算系数

$$\Delta D_c = (D - D_0) / CS \quad (3-21)$$

式中,  $\Delta D_c$ —路网密度变化率;

$D$ —改建后路网密度;

$D_0$ —现状路网密度;

(3) 路网连通度变化率

路网连通度是通过考察网交通节点的连通状况, 从路网布局方面反映道路网的结构特点, 其定义为规划区域内各节点间相互连通的强度, 计算公式为:

$$C = \frac{L}{HN} = \frac{L}{\sqrt{AN}} \quad (3-22)$$

式中,  $C$ —规划区域内路网连通度;

$L$ —规划区域内道路网总里程(公里);

$H$ —相邻两节点间的平均空间直线距离(公里);

$A$ —规划区域面积(平方公里);

$N$ —规划区域应连通的节点数;

当  $C$  值接近 1.0 时, 路网布局为树状, 各节点之间多为两路连通;  $C$  值为 2.0 时, 路网布局为方格网状, 节点多为四路连通; 当  $C$  值略大于 3.0 时, 路网布局为三角网状, 节点多为六路连通, 三种连通方式如图 3-2 所示。

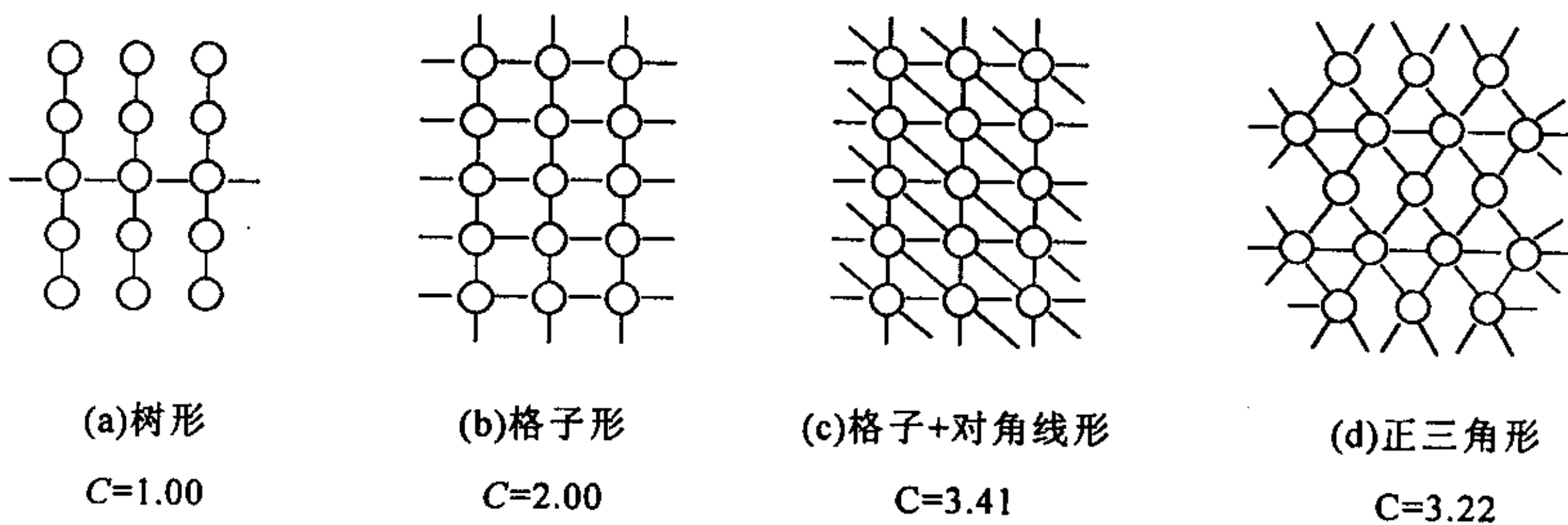


图 3-2 路网连通状态图

路网连通度变化率是反映新建项目对公路网连通度的影响指标, 其计算公式如下:

$$\Delta C = (C - C_0) / CS \quad (3-23)$$

式中,  $\Delta C$ —连通度变化率;

$C$ —改建后路网的连通度;

$C_0$ —现状路网的连通度;

### 3.3.2 交通运行质量的指标分析

#### (1) 路网拥挤度改善率

“拥挤度”概念先由日本用于公路评价, 是用来表示公路拥挤或利用程度的指标。道路网拥挤度就是反映整个路网适应负荷的能力, 即与交通需求的适应情况, 定义为路网交通量与路网容量之比。计算公式为:

$$S = \frac{Q}{C} = \frac{\sum_i (q_i l_i)}{\sum_i (l_i c_i)} \quad (3-24)$$

式中,  $S$ —路网拥挤度;

$Q$ —整个路网的服务交通量或分配交通量(辆/天);

$C$ —整个路网的标准容量(辆/天);

$q_i$ —第  $i$  路段实际服务交通量或分配交通量(辆/天);

$c_i$ —第  $i$  个路段设计标准交通量(辆/天);

$l_i$ —第  $i$  个路段里程(公里)。

不同的建设项目对城市道路网的拥挤度改善率是不同的, 它反映了建设项目在路网中起到的重要性, 解决交通问题的能力, 我们如下定义拥挤度改善率:

$$\Delta S = \left( \frac{S_0 - S}{S_0} \right) / CS \quad (3-25)$$

式中,  $\Delta S$ —路网拥挤度改善率;

$S_0$ —现状路网的拥挤度;

$S$ —改建后路网的拥挤度;

$CS$ —新建项目建设及养护管理费用(万元);

#### (2) 路网平均车速变化率

我国城市路网平均车速普遍较低, 一是由于我国城市道路混合交通的特点造成的, 其次道路交通管理不善等因素起作用, 另外旧城区路网普

遍较窄，道路容量已经不能满足交通需求。因此城市道路网的平均车速是道路交通中的道路系统、车辆系统、和管理系统综合作用的结果，它综合反映了道路网的系统性能，也是反映路网服务质量的重要指标。计算公式如下：

$$V = \frac{\sum_i (V_i l_i q_i)}{\sum_i (l_i q_i)} \quad (3-26)$$

式中， $V$ —路网平均车速(公里/小时)；

$V_i$ —路网中第  $i$  段平均行驶车速(公里/小时)；

$l_i$ —路网中第  $i$  路段里程(公里)；

$q_i$ —路网中第  $i$  路段交通量(辆/天)；

路网平均车速变化率反映建设项目的实施对路网平均车速的影响。建设项目的实施必然会减少路网中某些路段的拥挤度，改善车辆运行状况，进行而提高路网平均车速，其计算公式如下：

$$\Delta V = \left( \frac{V - V_0}{V_0} \right) / CS \quad (3-27)$$

式中， $\Delta V$ —路网平均车速变化率；

$V$ —改建后路网平均车速(公里/小时)；

$V_0$ —现状路网的平均车速(公里/小时)；

### 3.3.3 技术性能指标的可视化计算<sup>[23,24]</sup>

城市交通路网节点较多，技术评价指标的计算，尤其是全路网的可达性中众多节点相互之间的平均出行时间和距离的计算，需要借助于计算机进行运行，在 VC++6.0 环境下开发了上节介绍的五项指标的计算，由于 VC++ 的可视化功能强大，使用户操作使用时更加简单，而且动态地显示了规划的网络图形，可以检查数据是否输入有误。

下面给出的是总的流程，如图 3-3 所示。

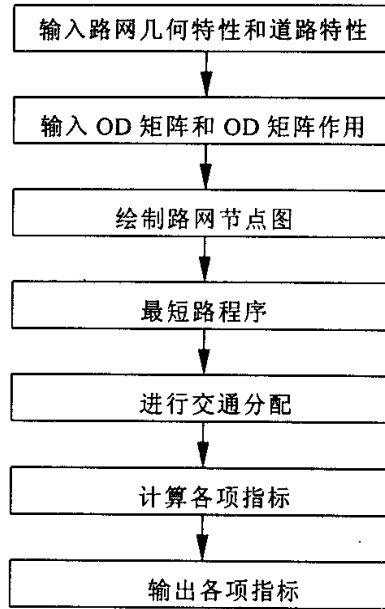


图 3-3 技术性能指标计算流程图

### 3.3.3.1 最短路算法与线路识别

采用的是时间权矩阵迭代算法来计算最短路权的。矩阵迭代法是一种借助于时间矩阵迭代运算求解最短路权(我们的路权是指各路段的行驶时间)的算法。该法能获得任意一点到另一任意点之间的最短路权矩阵。

先构造一个时间权矩阵，初始的时间权矩阵给出只经过一步(一条边)就能到达某一点的最短时间，若不能一步到达则矩阵中对应项就赋一大数。

对矩阵进行以下运算，便可得到最多经过两步达到到某一点的最短时间。

$$\begin{aligned}
 T^{(2)} &= T * T = [t_{ij}^{(2)}] \\
 t_{ij}^{(2)} &= \min [t_{ik} + t_{kj}] \\
 k &= 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}
 \tag{3-28}$$

式中， $n$ —网络节点数；



\*—逻辑运算符；

$t_{ik}$ 、 $t_{kj}$ —时间权矩阵  $T$  中的元素。

循环迭代经过  $m$  步达某一节点的最短时间权为：

$$\begin{aligned} T^{(m)} &= T^{(m-1)} * T = [t_{ij}^{(m)}] \\ t_{ij}^{(m)} &= \min [t_{ik}^{(m-1)} + t_{kj}] \\ k &= 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (3-29)$$

式中， $t_{ik}^{(m-1)}$ —为  $T^{(m-1)}$  矩阵中的元素。

迭代终止的条件是：

$$T^{(m)} = T^{(m-1)} \quad (3-30)$$

即到  $T^{(m)}$  中的每个元素等于  $T^{(m-1)}$  中每个对应元素为止，此时的  $T^{(m)}$  便是任意两节点之间的最短路权矩阵。

在交通分配中还要知道任意两点间的最短路线。才能按一定的方式把交通量分配到各条道路上去。

最短路线的识别采用追踪法，从每条最短路线的起点开始，根据起点到各节点的最短路权搜索最短路线上的各交通节点，直至线路终点，最短路线识别也可以从终点开始向起点追踪(称反向追踪)。

设某最短路的起点为  $V_r$ ，终点为  $V_s$ ，则该线路的识别按以下方法进行。从起点  $V_r$  开始，寻找与  $V_r$  相邻的一点  $V_i$ ，使得：

$$t_{ri} + t_{\min}(i, s) = t_{\min}(r, s) \quad (3-31)$$

式中， $t_{ri}$ —节点  $V_r$  至节点  $V_i$  的时间；

$t_{\min}(i, s)$ —节点  $V_i$  至  $V_s$  的最短路权；

$t_{\min}(r, s)$ —节点  $V_r$  至  $V_s$  的最短路权；

那么，线段  $[V_r, V_i]$  便是从  $V_r$  到  $V_s$  最短线路上的一段。再寻找与  $V_i$  相邻的一点  $V_j$  并使得：

$$t_{ij} + t_{\min}(j, s) = t_{\min}(i, s) \quad (3-32)$$

则线段  $[V_i, V_j]$  为最短路线上的一段。如此不断反复止到终点  $V_s$ ，把节点  $V_r, V_i, V_j, \dots, V_s$  连接起来，便得到从  $V_r$  到  $V_s$  的最短路线。

### 3.3.3.2 交通分配及程序设计

#### (1)分配方法

要计算路网的各项指标，各路段的交通分配量是计算的基础数据，分配结果的好坏直接影响到指标计算的准确性和可信度。本软件采用的交通分配方法是容量限制分配方法。

容量限制分配是一种动态的交通分配方法，它考虑了路权与交通负荷之间的关系，即考虑了交叉口、路段的通行能力限制，比较符合实际情况。

容量限制分配分为容量限制-增量加载分配、容量限制-迭代平衡分配两种形式。本软件采用的是前者，其流程框图如图 3-4 所示。

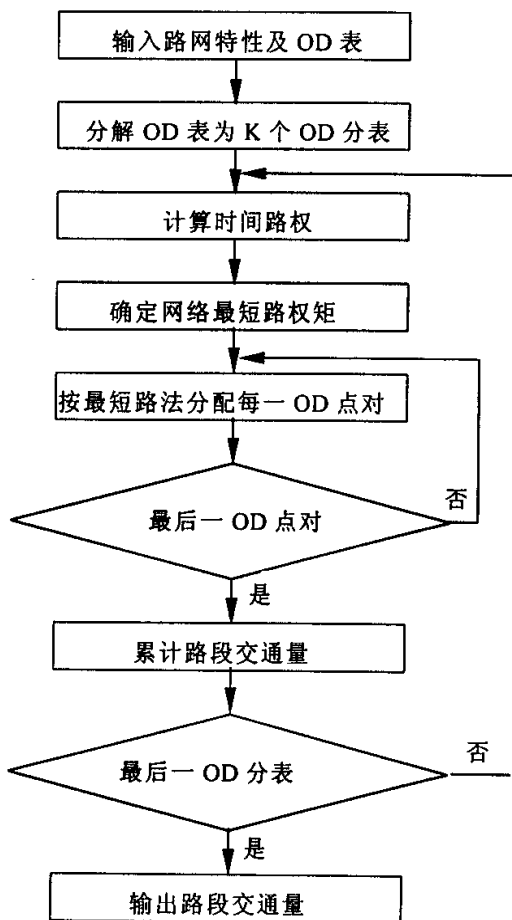


图 3-4 容量限制法流程框图

采用容量限制-增量加载分配模型分配出行量时，需先将 OD 量分解成  $K$  部分，即将原 OD 表( $n \times n$  阶， $n$  为出行发生、吸引点个数)分解成  $K$  个

OD 分表( $n \times n$  阶), 然后分  $K$  次用最短路分配模型分配 OD 量, 每次分配一个 OD 表, 并且每分配一次, 路权修正一次, 路权采用路阻函数修正, 直到把  $K$  个 OD 分表全部分配到网络上。

(2)路阻函数

路阻函数是指路段行驶时间与路段交通负荷之间的函数关系, 它是容量限制分配的关键。程序设计采用的路阻是美国联邦公路局提出的路阻函数, 其形式为:

$$t = t_0 [1 + \alpha (V/C)^\beta] \tag{3-28}$$

式中,  $t$ — 两交叉口之间的路段行驶时间(秒);

$t_0$ —交通量为零时的路段行驶时间(秒);

$V$ —路段机动车交通量(辆/时);

$C$ —路段实用通行能力(辆/时);

$\alpha$   $\beta$  参数, 取  $\alpha=0.15$ ,  $\beta=4$ 。

要确定零交通量时路段行驶时间  $t_0$ , 则要确定零流车速  $U_0$ , 软件采用车道的设计车速来代替零流车速  $U_0$ 。根据《城市道路交通规划设计规范》路段设计车速与道路等级的关系如表 3-2 所示:

表 3-2 设计车速与道路等级的关系

道路等级	快速干道	主干道	次干道	支路
设计车速/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	60	60	40	30

(3)路段平均车速及运行时间的确定

指标计算中, 关键要确定的是路段平均车速及运行时间。在区域路网规划中, 计算路段平均车速及运行时间常采用不同等级公路的车速及交通量的关系模型, 经交通分配后得出各路段的交通量后, 由模型计算路段的平均车速, 再计算行驶时间。

由于采用了容量限制法分配交通量, 每分配一次就调整一次各路段的路权(各路段的行驶时间), 此行驶时间比较接近真实的情况, 故可用于计算路段的行驶速度。

$$V_i = l_i / t_i \quad (3-29)$$

式中,  $V_i$ —路段  $i$  平均车速(公里/小时);

$l_i$ —路段  $i$  的长度(公里);

$t_i$ —路段  $i$  平均行驶时间(小时)。

### 3.3.3.3 可视化软件简介

本软件是在 VC++6.0 下开发的,输入输出数据都是采用文本文件格式,提供了文件的标准接口,对于地理信息的输入可以用数字化仪得到相应的信息,然后按照接口的要求,写成相应的文本文件即可正确地读入数据。

在作数据处理时,都采用的是动态数组,软件可以试用不同的地区项目的评价工作,而且非常节约内存。采集数据采用邻接目录法,这样可以省去很大一部分无用信息的输入,同样在存储时非常的节约。

软件能够绘制出输入的道路网络信息,这种可以检查,输入文件是否出错。输入数据主要包括两部分:一是路网结构信息,二是路网 OD 矩阵,都用文件方式进行读入,如图 3-5 所示:

输入完数据后,程序将自动生成网络图以检查数据输入是否正确,如图 3-6 所示。

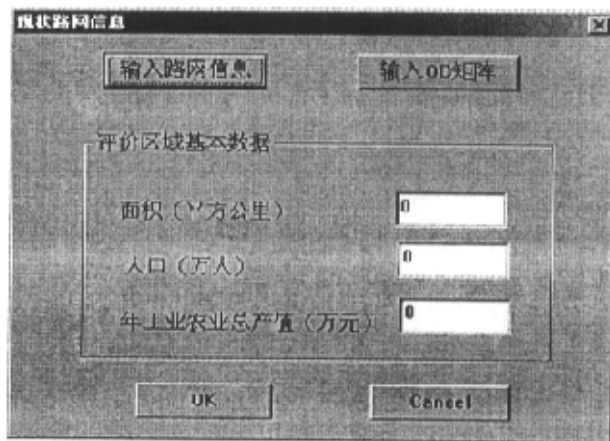


图 3-5 数据输入对话框

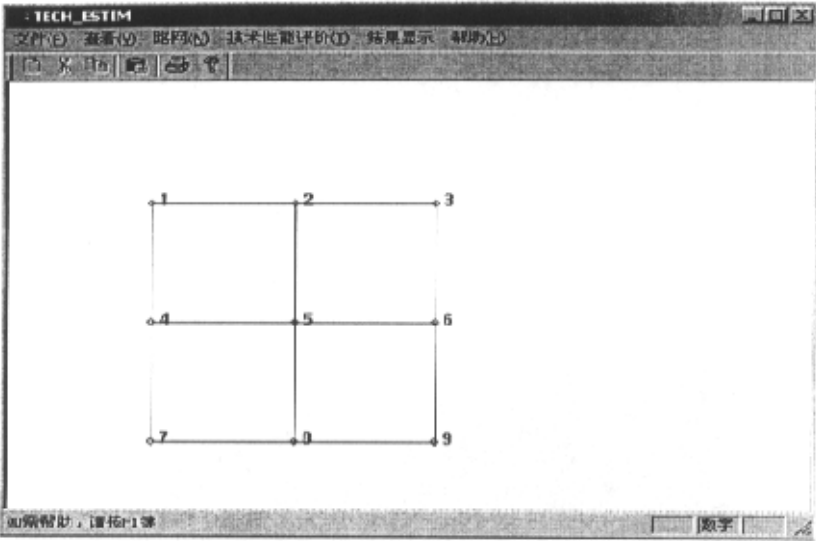


图 3-6 自动生成网络图形

程序通过 OD 矩阵分配等一系列计算，最后算出所要求的网络的技术性能指标，并通过表格显示出来，如图 3-7 所示。

Figure 3-7 shows a screenshot of the '路网技术指标' (Network Technical Indicators) window. The window displays a table with 6 columns: 路网密度 (Network Density), 可达性 (Accessibility), 连通度 (Connectivity), 拥挤度 (Congestion), and 平均车速 (Average Speed). The first row of data shows values for index 1: 0.22, 3055.4, 0.73333, 0.66286, and 28.151. The window has a '确定' (OK) button at the bottom.

	路网密度	可达性	连通度	拥挤度	平均车速
1	0.22	3055.4	0.73333	0.66286	28.151

图 3-7 技术性能指标计算结果



它可以显示在不同网络信息下的路网技术性能指标，用于对比改变路网结构时路网技术性能指标的变化情况。

## 第四章 市政交通建设项目综合评价

### 4.1 定性与定量相结合的决策方法—层次分析法

#### 4.1.1 层次分析法概述

层次分析法(The Analytic Hierarchy Process 简称 AHP)是美国著名运筹学家,匹兹堡大学教授 T.L.Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的一种决策方法,它使人们从认为只有复杂的数学模型才能做出正确决策的误区中摆脱出来,开辟了定性与定量相结合的决策方法的新思路,使决策过程更接近于人们的决策思维过程,更符合实际<sup>[25~27]</sup>。

市政交通建设项目是关系到城市发展的重大项目,投资大,影响深远,正因如此,它涉及面广,涉及因素众多,对它进行正确的决策不是易事。层次分析法能够很好地把因果关系思路理清楚,形成决策的层次结构,使复杂的因素一下子变得有序起来,另外市政交通项目因素中定性因素很多,而层次分析法对此能做出很好的处理。因此用 AHP 对市政交通建设项目进行决策分析是很好的选择。

#### 4.1.2 AHP 的基本步骤

运用 AHP 解决问题,大体可以分为四个步骤:一、建立问题的递阶层次结构;二、构造两两比较判断矩阵;三、由判断矩阵计算被比较元素相对权重;四、计算各层元素的组合权重。详述如下:

##### (1)建立递阶层次结构

这是 AHP 中最重要的一步。首先,把复杂问题分解为称之为元素的各种组成部分,把这些元素按属性不同分成若干组,以形成不同层次。同一层次元素作为准则,对下一层次的某些元素起支配作用,同时它受上一层次元素的支配。这种从上至下的支配关系形成了一个递阶层次,处于最上面的层次通常只有一个元素,一般是分析问题的预定目标,或理想结果,中间的层次一般是准则、子准则,最低一层包括决策的方案,其层次结构

如图 4-1 所示。

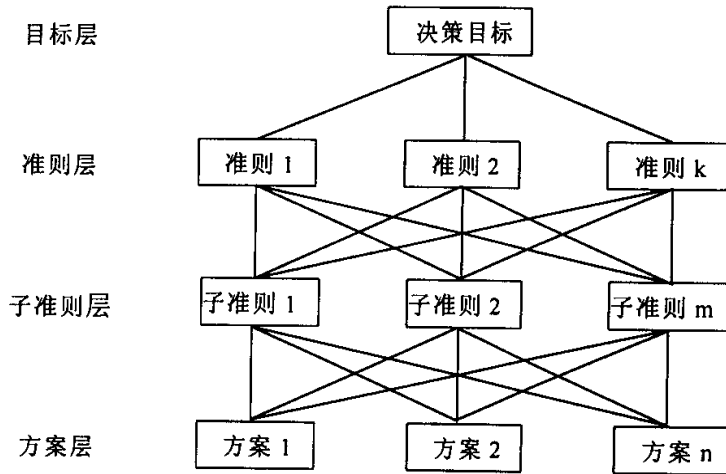


图 4-1 递阶层次结构示意图

#### (2)构造两两比较判断矩阵

在建立递阶层次结构之后,上下层次之间元素的隶属关系就被确定了。同一层次元素的重要性即权重的计算,是通过构造两两比较判断矩阵实现的。对于  $n$  个元素来说,得到两两比较判断矩阵  $A$ :

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad (4-1)$$

判断矩阵具有如下性质:

- ①  $a_{ij} > 0$ ;
- ②  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ ;
- ③  $a_{ii} = 1$ ;

则称  $A$  为正互反矩阵。

$A$  的元素不一定具有传递性,即未必成等式:

$$a_{ij} * a_{jk} = a_{ik} \quad (4-2)$$

式(4-2)如果成立,则称  $A$  为一致性矩阵。在由判断矩阵  $A$  导出元素排序权值时,一致性矩阵有重要意义。

构造两两比较判断矩阵时,常采用 1-9 的标度方法来区别指标的重要

性。1-9 的标度方法是将思维判断数量化的一种好方法,如表 4-1 所示。首先,在区分事物的差别时,人们总是用相同、较强、强、很强、极端强的语言,再进一步细分,可以在相邻的两级中间插入折衷的提法,因此对于大多数决策判断来说 1-9 级的标度是适用的。其次,心理学的实验表明,大多数人对不同事物在相同属性上分辨能力在 5-9 级之间,采用 1-9 的标度反映多数人的判断能力。第三,当被比较的元素其属性处于不同的数量级,一般需要将较高数量级的元素进一步分解,这可以保证被比较元素在所考虑的属性上有同一个数量级或比较接近,从而适用于 1-9 的标度。当然根据问题的特点也可以采用别的类型标度方法,如 0-1 的标度,指数型的标度等。

表 4-1 1-9 标度及其描述

标度	定义描述
1	一个因素比另一个因素同等重要
3	一个因素比另一个因素稍微重要
5	一个因素比另一个因素明显重要
7	一个因素比另一个因素强烈重要
9	一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	两标度的中间值

### (3) 计算单一准则下元素的相对权重

这一步要解决在准则  $C_k$  下,  $n$  个元素  $A_1, A_2, \dots, A_n$  排序权重的计算问题,并进行一致性检验。对于  $A_1, A_2, \dots, A_n$  通过两两比较得到判断矩阵  $A$ , 解特征根问题:

$$A\omega = \lambda_{\max}\omega \quad (4-3)$$

由式(4-3)所得到的  $\omega$  经正规化后作为元素  $A_1, A_2, \dots, A_n$  在准则  $C_k$  下排序权重,这种方法称排序权向量计算的特征根方法。 $\lambda_{\max}$  存在且唯一,  $\omega$  可以由正分量组成,除了差一个常数倍数处,  $\omega$  是唯一的。 $\lambda_{\max}$  和  $\omega$  可采用幂法,和法或根法计算。

在判断矩阵的构造中，并不要求判断具有一致性，这是为客观事物的复杂性与人的认识多样性所决定的。但要求判断有大体的一致性却是应该的，当判断偏离一致性过大的，排序权向量计算结果作为决策依据会出现某些问题。因此在得到 $\lambda_{\max}$ 后，需要进行一致性检验，其步骤如下：

(1)计算一致性指标  $CI$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \tag{4-4}$$

式中， $n$ —平均判断矩阵的阶数

(2)计算一致性比例  $CR$

$$CR = CI / RI \tag{4-5}$$

式中， $RI$ —平均随机一致性指标，由表 4-2 查取，当  $CR < 0.1$  时，一般认为判断矩阵的一致性可以接受。

表 4-2 平均随机一致性指标  $RI$

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
$RI$	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41

在对项目进行评价时，要分别对不同层次的元素确定其相对权重，软件在设计时，设计了四个两两比较矩阵，有准则层比较矩阵、国民经济效益各指标比较矩阵、社会效益各指标比较矩阵和技术性能各指标比较矩阵。下面给出用于评价的一组比较矩阵及计算结果。

表 4-3 准则层两两比较矩阵

	A	B	C	$w$
A	1	5	5	0.714
B	1	1	1	0.143
C	1/5	1	1	0.143

注：A、B、C 分别代表，国民经济效益、社会效益、技术性能



表 4-4 国民经济效益两两比较矩阵

	A	B	C	D	E	$\omega$
A	1	1	0.2	1	0.2	0.0769
B	1	1	0.2	1	0.2	0.0769
C	5	5	1	5	1	0.385
D	1	1	0.2	1	0.2	0.0769
E	5	5	1	5	1	0.385

注：A、B、C、D、E 分别代表，经济净现值、效益费用比、净效益费用比、经济内部收益率、投资回收期

表 4-5 社会效益两两比较矩阵

	A	B	C	D	E	$\omega$
A	1	1	5	3	1	0.296
B	1	1	3	3	1	0.264
C	0.2	1/3	1	1	1/3	0.0785
D	1/3	1/3	1	1	1/3	0.0863
E	1	1	3	3	1	0.275

注：A、B、C、D、E 分别代表，对环境效果、对土地价值效果、对旅游业的效果、就业效果、居民提高生活质量效果

表 4-6 技术性能两两比较矩阵

	A	B	C	D	E	$\omega$
A	1	3	3	3	3	0.4
B	1/3	1	3	3	3	0.258
C	1/3	1/3	1	3	3	0.166
D	1/3	1/3	1/3	1	3	0.107
E	1/3	1/3	1/3	1/3	1	0.069

注：A、B、C、D、E 分别代表，路网密度变化率、可达性变化率、连通度变化率、拥挤度改善率、平均车速变化率

对以上各矩阵用软件进行一致性检验后，发现技术性能两两比较矩阵不能满足一致性要求，如图所示为软件对技术性能比较矩阵一致性提示信息。



图 4-2 一致性提示信息

修改技术性能比较矩阵如表 4-7，用软件检查一致性得图 4-3 提示信息，说明该比较矩阵一致性能够满足。

表 4-7 修改后技术性能两两比较矩阵

	A	B	C	D	E	$\omega$
A	1	3	3	1/3	1/3	0.4
B	1/3	1	1	1/9	1/9	0.258
C	1/3	1	1	1/9	1/9	0.166
D	3	9	9	1	1	0.107
E	3	9	9	1	1	0.069

注：A、B、C、D、E 分别代表，路网密度变化率、可达性变化率、连通度变化率、拥挤度改善率、平均车速变化率



图 4-3 修改矩阵后一致性提示信息

## 4.2 模糊综合评判

### 4.2.1 模糊综合评判概述

综合评判问题也称为综合决策问题<sup>[28~30]</sup>，进行综合评判时，必须具备三个条件：(1)因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ，(2)评判集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ ，(3)单因素决断，对于单因素决断，有模糊映射  $f: U \rightarrow V$ ，即是说，单因素  $u \in U$ ，便存在一个模糊决断  $B(u) \in f(v)$ ，根据模糊映射定理，模糊映射  $f$  可以确定一个模糊关系  $R_f$ ，它可以用一个矩阵  $R \in M_{n \times m}$  来表示，因此， $R$  又可以看成是  $U \rightarrow V$  的一个模糊变换。这样， $(U, V, R)$  就构成了一个综合评判模型。

综合评判的正问题：给定  $a \in M_{1 \times n}$ ，它是  $U$  的一个模糊子集，称为因素的权重。对于给定的模糊变换  $R$  及因素的权重  $a$ ，由模糊变换便得到  $V$  的模糊子集  $b$ ，即

$$a \circ R = b \in M_{1 \times m} \quad (4-6)$$

综合评判的逆问题：对于给定的综合决策  $b \in M_{1 \times m}$ ，通过模糊变换便决断了  $b$  所赖以产生的因素权重  $a$ ，即所谓模糊关系方程求解问题。而模糊关系方程可能无解或有无穷多组解，因此，我们只能从一组备择集分配方案中找出最佳方案，设  $a_i \in M_{1 \times n}$ ， $(i=1, 2, \dots, s)$ ，称  $J = \{a_1, a_2, \dots, a_s\}$  为权重分配的备择集，它仍为  $U$  上的一组模糊子集。从  $J$  中选出最佳权重，即若有  $i$ ，使得

$$(a_i \circ R, b) = \max(a_j \circ R, b), 1 \leq j \leq n \quad (4-7)$$

### 4.2.2 市政交通建设项目模糊评价模型建立

设影响因素集为  $U$  将影响因素按属性的类型分为国民经济指标、社会效益指标和技术性能指标 3 个方面的子集，记作  $U_i (i=1, 2, 3)$ ，其中：

$$U_1 = (U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}, U_{15}) \quad , \quad U_2 = (U_{21}, U_{22}, U_{23}, U_{24}, U_{25}) \quad ,$$

$$U_3 = (U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}, U_{35}) \quad ,$$

其中  $U_{ij}$  表示第  $i$  个子集第  $j$  个影响因素。评语集合为  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ ，分别表示优秀，良好，中等，可行，不可行 5 个

等级。任意一个因素的评价为  $R_{ij} = [\gamma_{ij1}, \gamma_{ij2}, \gamma_{ij3}, \gamma_{ij4}, \gamma_{ij5}]$ ，式中  $\gamma_{ijk}$  为第  $i$  个子集，第  $j$  个因素对于第  $k$  等级的隶属度。对任一  $U_i$  而言，它所有的因素在评语集  $V$  上的评价矩阵可表示为：

$$R_i = \begin{bmatrix} \gamma_{i11} & \gamma_{i12} & \gamma_{i13} & \gamma_{i14} & \gamma_{i15} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{i51} & \gamma_{i52} & \gamma_{i53} & \gamma_{i54} & \gamma_{i55} \end{bmatrix}, \quad (i=1,2,3) \quad (4-8)$$

于是  $(U, V, R)$  构成一个综合评价模型。

### 4.2.3 市政交通建设项目评价矩阵的确定

#### 4.2.3.1 定性指标隶属度确定方法

前面已经提到对于定性指标的评价采用专家打分法来解决。专家打分法主要有两种方式，一种是专家会议法，即邀请一定数量的专家，面对面进行分析讨论，集思广益，相互启发，相互补充，从而对某一问题作出评价，另一种是德尔菲法(Delphi 法)，此法的实质是以匿名方式通过几轮咨询征集专家们的意见。这种方式可避免专家受权威人士的影响，有利于各抒己见，不受外界影响，容易发挥自己的创造性想象能力，因而在一些统计预测和决策方案的比较方面广为应用。

我们这里也采用 Delphi 法进行定性指标的评价。指标的定性分析基本上是采用文字描述，说明事物的性质。首先建立指标分析情况表便于评价专家对评价指标的影响状况有清晰的了解，进行评估打分，项目指标分析情况表，如表 4-8 所示。给各个指标评价标准规定五个等级即：优秀、良

表 4-8 项目指标分析情况表

顺序	评价指标	指标描述分析	备注
1			
2			
3			
...	...	...	...

好、中等、一般、较差，各个专家对各个评价指标进行选择，然后对每个指标进行统计计算，确定各个指标对应评价集的隶属度，最后所有指标进入综合评价系统，进行模糊综合评价。

表 4-8 中评价指标一栏填入需评价的指标，指标描述分析一栏填入调查人员对指标的描述分析结果，备注一栏可填入指标的调查资料及统计数据来源等情况。

当专家对各项目情况有了一个较全面的掌握之后，就可以对各项定性指标进行评判了，评判的统计结果填入指标统计表中，见表 4-9。

表 4-9 指标统计表

评价指标	优秀	良好	中等	一般	较差
1					
2					
3					
...	...	...	...	...	...

表格空白处填入选择该项评语的专家数，最后隶属度的计算为：

$$\text{隶属度} = \frac{\text{该项评语的专家数}}{\text{专家总人数}} \quad (4-9)$$

#### 4.2.3.2 定量指标隶属度确定方法

定量指标转化为模糊数确定隶属度需要建立相应的隶属函数，这里采用简单实用的线性函数，其中横坐标为指标值，纵坐标为隶属度，有  $m$  个等级，就设置  $m$  条折线，分别代表各等级的隶属函数。

对任一个定量影响因素  $U_j$ ，首先给出此因素对应于评语集  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$  五个语言的界限值，如表 4-10 所示。

表 4-10 评语界限表

评语	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
界限值	$\geq v_1$	$v_1 \sim v_2$	$v_2 \sim v_3$	$v_3 \sim v_4$	$\leq v_4$



则任一因素  $U_{ij}$  的隶属度计算公式为:

对于最高等级

$$\mu_{v_1}(U_{ij}) = \begin{cases} 1, & U_{ij} \geq v_1 \\ \frac{U_{ij} - v_2}{v_1 - v_2}, & v_2 < U_{ij} \leq v_1 \\ 0, & U_{ij} \leq v_2 \end{cases} \quad (4-10)$$

对于中间等级,  $j=2,3,4$

$$\mu_{v_j}(U_{ij}) = \begin{cases} 0, & U_{ij} \leq v_{j+1} \\ \frac{U_{ij} - v_{j+1}}{v_j - v_{j+1}}, & v_{j+1} < U_{ij} < v_j \\ 1, & U_{ij} = v_j \\ \frac{v_{j-1} - U_{ij}}{v_{j-1} - v_j}, & v_j < U_{ij} < v_{j-1} \\ 0, & U_{ij} \geq v_{j-1} \end{cases} \quad (4-11)$$

对于最低等级

$$\mu_{v_5}(U_{ij}) = \begin{cases} 1, & U_{ij} \leq v_5 \\ \frac{v_4 - U_{ij}}{v_4 - v_5}, & v_5 < U_{ij} \leq v_4 \\ 0, & U_{ij} \geq v_4 \end{cases} \quad (4-12)$$

负向指标  $v_1$  为指标的界限值的下限,  $v_5$  为指标的界限值的上限。  
 $\mu_{v_j}(U_{ij})$  隶属度的计算式可相应写出。

#### 4.2.4 评判方法

##### (1) 一级综合评判

对每个子集  $U_i$  按一级模型进行评判, 评判集  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ ,  $U_i$  上的权重分配为  $A_i = \{a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4}, a_{i5}\}$ , 这里要求  $\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1$ 。  $U_i$  的单因素评判矩阵为  $R_i$ , 于是第一级的综合评判为:

$$\begin{aligned} B_1 &= A_1 \circ R_1 = \{b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{15}\} \\ B_2 &= A_2 \circ R_2 = \{b_{21}, b_{22}, b_{23}, b_{24}, b_{25}\} \end{aligned} \quad (4-13)$$

$$B_3 = A_3 \circ R_3 = \{b_{31}, b_{32}, b_{33}, b_{34}, b_{35}\}$$

## (2) 二级综合评判

将每个  $U_i$  作为一个因素，用  $B_i$  作为它的单因素评价矩阵，又可构成评判矩阵：

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} \end{bmatrix} \quad (4-14)$$

$R$  是  $\{U_1, U_2, U_3\}$  的单因素评判矩阵， $U_i$  作为  $U$  的一部分，反映  $U$  的某类属性，可以按它们的重要程度给出权重分配，即： $A = \{a_1, a_2, a_3\}$ ，于是有第二级评判： $B = A \circ R = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ 。

## (3) 广义模糊算子的综合评价模型

在一级综合评判和二级综合评判中，进行模糊矩阵的合成计算时，要涉及如何选取合成算子的问题，在软件设计时，选取三种模糊算子，进行评价分析<sup>[31]</sup>。

模型 I：模糊算子采用扎德算子，称为主因素决定型模型，记作  $M(\wedge, \vee)$ ；在二级综合评判中：

$$b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \wedge R_{ij}) = (a_1 \wedge R_{1j}) \vee (a_2 \wedge R_{2j}) \vee \cdots (a_n \wedge R_{nj}) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

模型 II：模糊算子采用“实数乘法”与“取大”运算，称为主因素突出模型，记作  $M(\cdot, \vee)$

在二级综合评判中：

$$b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \cdot R_{ij}) = (a_1 \cdot R_{1j}) \vee (a_2 \cdot R_{2j}) \vee \cdots (a_n \cdot R_{nj}) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

模型 III：模糊算子采用“实数乘法”与“有界和”运算，称加权平均型模型，记作  $M(\cdot, \oplus)$

在二级综合评判中：

$$b_j = \bigoplus_{i=1}^n (a_i \cdot R_{ij}) = (a_1 \cdot R_{1j}) \oplus (a_2 \cdot R_{2j}) \oplus \cdots (a_n \cdot R_{nj}) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

其中  $a \oplus b$  表示： $\min\{a+b, 1\}$ ，由于在计算权重向量  $A$  时，已经对  $A$  进行了归一化处理，因此在进行有界和计算时，可直接作加法，而不用和 1 进行比较。

通过以上计算可以得到各计划项目的分值，从而确定其优先顺序。

### 4.3 市政交通建设项目次序的决策分析管理信息系统<sup>[32]</sup>

建设项目的决策分析数据量较大，不容易管理，作者编制了相应的软件使得对市政交通项目建设次序的决策分析更加容易，管理者可以通过该软件很直观地进行决策分析，使决策管理更加科学，更加直观。

#### 4.3.1 软件的主要功能

本软件是在 VC++6.0 环境中开发的<sup>[33~38]</sup>。为了管理者使用方便，主要考虑实现以下几种功能：

(1)软件可以动态地管理工程，管理者可以添加，删除工程和修改工程中的数据；

(2)软件采用了广义模糊算子进行评价矩阵的合成计算，管理者可以比较几种不同的算子计算的结果；

(3)软件提供了经济型、社会型和技术型三种不同偏重的权重，管理者也可以根据自身的需求自定义权重；

(4)软件可以进行一致性检验，以防止决策者在输入权重计算的两两比较矩阵时出现失误。

#### 4.3.2 软件简介

##### (1)自定义指标权重

权重计算是通过构造两两比较矩阵计算矩阵的特征向量得到的，软件提供了自定义权重的输入界面，如图 4-4，决策者只要按一定的要求去构造两两比较矩阵就可以了，计算的结果会显示出来，见图 4-5。



图 4-4 自定义指标权重对话框

权重	1	2	3	4	5
准则层	0.114	0.143	0.143		
国民经济	7.53e-002	7.69e-002	0.365	7.53e-002	0.365
社会效益	0.4	0.250	0.153	0.107	6.9e-002
技术性能	0.4	0.258	0.136	0.107	6.9e-002

图 4-5 指标权重结果表

对自定义的权重，软件给了一致性检验软件显示结果如图 4-6 所示，若发现有不一致的两两比较矩阵可以及时地改正，以防正决策错误。

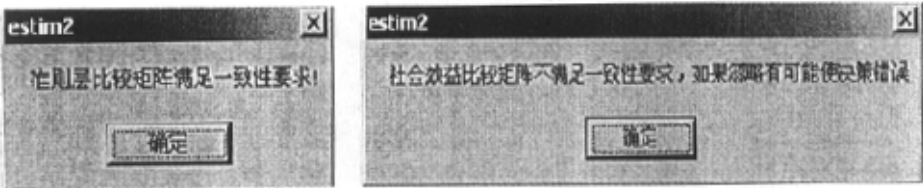


图 4-6 一致性检验结果提示

(2)广义模糊算子

软件提供了三种广义模糊算子，供决策者使用，决策者可以对比用不同的算子计算结果的差别。

打开模糊算法菜单有主因素决定型、主因素突出型、加权平均型三种算子，选择某一种算子该算子前面会作标记表示选中该算子。界面上也会提示当前所用的模糊算子是哪一个。

(3)动态数据管理

软件的数据结构采用 MFC 中的链表类 CObList，把每一个工程的所有数据自定义为一个数据类 CEngine，把 CEngine 类的对象作为 CObList 类的一个元素，这样所有的工程的数据结构就形成了一个链表。

软件可以进行比如删除工程和添加工程等对工程链表的操作，如图 4-7 工程菜单所示。

自定义的 CEngine 类编写了序列化过程，这种对工程数据的保存工作将变得简单化。

```

//CEngine 类头文件中的代码
class CEngine:public CObject
{
    DECLARE_SERIAL(CEngine)
public:
    CString m_strName;
    double m_nFuzz[15][5];
    CEngine(){}//default constructor
    CEngine(CEngine&
eng):m_strName(eng.m_strName)
    {
        //copy constructor
        for(int i=0;i<15;i++)
        {
            for(int j=0;j<5;j++)
            {
                m_nFuzz[i][j]=eng.m_nFuzz[i][j];
            }//j
        }//i
    }
    const CEngine& operator=(CEngine& eng)
    {
        m_strName=eng.m_strName;
        for(int i=0;i<15;i++)
        {
            for(int j=0;j<5;j++)
            {
                m_nFuzz[i][j]=eng.m_nFuzz[i][j];
            }//j
        }//i
        return *this;
    }
}

```

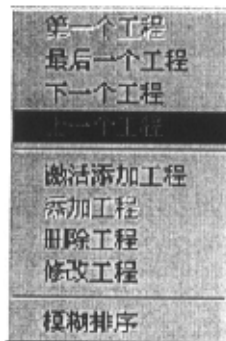


图 4-7 工程菜单

```

    }
    virtual void Serialize(CArchive& ar);
};

typedef CTypedPtrList<CObList, CEngine*> CEngList;
//CEngine 类实现文件中的代码
#include "stdafx.h"
#include "engine.h"

IMPLEMENT_SERIAL(CEngine, CObject, 1)

void CEngine::Serialize(CArchive& ar)
{
    TRACE("CEngine::Serialize(CArchive& ar)");
    if(ar.IsStoring())
    {
        ar<<m_strName;
        for(int i=0;i<15;i++)
        {
            for(int j=0;j<5;j++)
            {
                ar<<m_nFuzz[i][j];
            }//j
        }//i
    }//if
    else
    {
        ar>>m_strName;
        for(int i=0;i<15;i++)
        {
            for(int j=0;j<5;j++)
            {
                ar>>m_nFuzz[i][j];
            }
        }
    }
}

```



```

    }/j
  }/i
}
} //serialize

```

#### (4) 打印及预览功能

软件提供了打印及预览功能，对项目评价的结果进行报表输出。

#### (5) 软件主界面简介

主界面包括了工程的项目名称，模糊矩阵表格，权重表格及所有工程显示表格，提供了快捷工具栏。文件的调入采用标准的 Windows 对话框，操作简单，见图 4-8 所示。



图 4-8 软件主界面

## 第五章 结 论

近几年随着我国对城市交通规划的日益重视, 市政交通建设项目评价作为交通规划中的重要环节在许多城市也开展起来, 现在已经积累了很多宝贵的经验供我们学习。

本文所做的研究内容主要有以下几个方面:

(1)本文在全面分析了市政交通建设项目特点之后, 建立了综合评价指标体系, 并对各指标进行详细的分析, 给出了计算模型。

(2)本文建立了一个多目标、多层次的决策模型运用层次分析法和模糊综合评判方法对项目进行评价排序。

(3)对技术性能指标计算编制了计算程序。

(4)对模糊综合评价方法编制了可视化程序。

由于时间仓促论文有一些不足之处还需进一步研究, 总结为以下几点:

(1)对于隶属度的计算。对定量指标的模糊化方法及合理性的讨论还有待于进一步进行研究和论证。

(2)程序指标的设定应该是可变的, 应该提供决策者修改指标的方法。

(3)评价程序对各指标的隶属度应能计算。

(4)评价程序应建立起相应的城市数据库, 以便在评价时进行调入使用。

我将继续深入本课题的研究工作, 编制出一个较通用的市政交通建设项目综合评价系统来。

## 参考文献

- [1] Michael D Meyer, Eril J Miller. Urban Transportation Planning A Decision\_ Oriented Approach[M]. McGraw\_Hill Book Company,1984,459~466
- [2] 隽志才,石勇民. 公路运输技术经济学[M]. 北京:人民交通出版社,1997,86~100
- [3] 邱东. 多指标综合评价方法的系统分析[M]. 北京:中国统计出版社, 1991
- [4] 李锦华, 张忠秀. 多目标模糊综合评价在城市道路建设项目后评价中的应用[J]. 天津城市建设学院学报, 1998, 4(1):13~20
- [5] 樊建林, 孙章. 城市交通可持续发展评价指标体系的研究[J]. 上海铁道大学学报, 1999, 20(8):57~63
- [6] 李湛. 城市交通运输系统的评价指标体系[J]. 城市规划汇刊, 1995(5):51~64
- [7] 薛飞, 候去生, 孙桂英. 城市道路网综合效益评价指标体系研究[J]. 黑龙江交通科技, 1997,(3):1-2
- [8] 顾保南, 方青青. 城市轨道交通规划的路网评价指标体系研究[J]. 城市轨道交通研究, 2000(1):24~27
- [9] 贾宝勇. 城市交通运输项目评价方法的研究[D]. 北京:清华大学, 1993
- [10] 武春发, 戴大双. 工业技术经济学[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1998
- [11] 赵发科. 区域公路建设项目分析及排序方法研究[D]. 南京: 东南大学, 2000
- [12] 英国海外开发署. 发展中国家项目评估-经济学家指南[M]. 北京: 中国计划出版社, 1996:228~232
- [13] 杨涛, 形渊, 彭爱星. 城市交通网络布局质量评价技术研究[J]. 城市道桥与防洪, 1994(3):9~16
- [14] 张宗溥, 周惠珍. 技术·评价·决策[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1988
- [15] 高松林, 李爱华. 可行性研究与项目评估[M]. 北京:中国商业出版社, 1994
- [16] 林晓言, 许晓峰. 建设项目经济社会评价[M]. 北京:中华工商联合出版社, 2000,211~290
- [17] 阿尔丁夫. 技术经济学[M]. 北京:中国物资出版社, 1993
- [18] 于守法. 建设项目经济评价方法与参数应用讲座[M]. 北京: 中国计划出版社, 1995
- [19] 国家计委投资司, 建设部标准定额研究所. 建设项目经济评价方法与参数实用手册[M]. 北京: 新华出版社,1990

- [20] 国家计委投资司, 建设部. 建设项目经济评价方法与参数[M]. 北京: 中国计划出版社, 1993, 17~20
- [21] 王五英, 于守法, 张汉亚. 投资项目社会评价方法[M]. 北京: 经济管理出版社, 1992, 77~98
- [22] 王伟, 邓卫, 杨琪. 公路网络规划建设与管理方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001, 139~145
- [23] 王伟, 徐吉谦. 城市交通规划理论与方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1991
- [24] 周宪华. 公路网规划与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1996, 46~71
- [25] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民出版社, 1989
- [26] 赵焕臣, 许树柏. 层次分析法-一种简易的新决策方法[M]. 北京: 科学出版社, 1986
- [27] 许树柏. 实用决策方法-层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988
- [28] 吴秉坚. 模糊数学及其经济分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1994
- [29] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1984
- [30] 张俊福, 邓本汪, 朱玉仙. 应用模糊数学[M]. 北京: 地质出版社, 1988
- [31] 贺仲雄, 赵大勇. 模糊数学及其派生决策方法[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992, 50~64
- [32] 吴万铎, 吴万钊. 模糊数学与计算机应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 1986
- [33] 潘爱民, 王国印译. Visual C++技术内幕[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999
- [34] 马安鹏. Visual C++ 6 程序设计导学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002
- [35] 郑阿奇, 丁有和, 郑进. Visual C++实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000
- [36] 谭浩强. C 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999
- [37] 吕凤囊. C++语言程序设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001
- [38] 侯俊杰. 深入浅出 MFC[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002
- [39] 苗彦英, 韩萍, 王世光. 城市轨道交通的费用及分析研究[J]. 大连铁道学院学报, 1996, 17(1): 17~23
- [40] 张维然, 曲丹, 罗芳艳, 戴光岳. 论上海内环线高架系统的经济效益[J]. 同济大学学报(社会科学版). 2001, 12(3): 67~73
- [41] 吴宇航, 程珊珊, 潘玉利. 道路时间费用预测模型研究[J]. 公路交通科技. 2001, 18(2): 90~93

## 致 谢

本文工作是在岳渠德教授指导下完成的，导师渊博的知识，精益求精的敬业精神和孜孜不倦的教诲使我受益匪浅，并将在以后的工作和学习中永远激励着学生。论文的程序工作一直是在王明生教授指导下完成的，王教授多次在百忙之中抽出时间修改我的程序，杨艳群老师对我的论文给予了很大的帮助，在此向他们表达我最衷心的感谢！

在论文的完成过程中，还得到两位师兄李向国、张晓东在生活上和学习上的热情帮助，同时忘不了 2000 级研究生班各位同窗在各方面的照顾，在此一并表示衷心的感谢。

## 个人简历、在学期间的研究成果及发表的学术论文

### 个人简历

邹永诚，男，1979年6月出生，1999年7月毕业于石家庄铁道学院交通工程系交通土建专业获学士学位。2000年考入石家庄铁道学院道路与铁道工程专业硕士研究生。

### 参研课题

- (1)铁道部项目：秦沈客运专线缓和曲线与曲线超高及竖圆重叠试验(项目编号：2000G48A)
- (2)河北省交通厅项目：城市市政项目建设次序的决策分析研究

### 已发表和待发表论文

- [1] 岳渠德, 邓年春, 邹永诚. 石家庄市市中心区交通状况调查与评估[J]. 石家庄铁道学院学报, 2000, 13(3):100~102
- [2] 邹永诚, 杨艳群. 市政交通项目建设次序的模糊综合评价方法[J]. 石家庄铁道学院学报(已录用)