

# 交通隧道规划与设计

崔之鉴 编著  
麦倜曾 主审

西南交通大学出版社

## 内 容 提 要

为了提高交通设施规划决策的科学水平,本书针对交通问题对社会经济发展存在的制约,首次注重了工程规划与人文学科的结合,并对交通规划系统分析、地下交通工程规划设计及机能的基本要求作了全面的介绍。主要内容包括:城市交通规划系统分析方法、铁路隧道、公路隧道、水底隧道、城市地下铁道的规划与设计。本书可作为城市规划、地下工程、道路工程、铁道工程等专业的大专生、研究生的教材,同时也可供城市规划、交通隧道设计、人防等专业人员参考。

### 交通隧道规划与设计 JIAOTONG SUIDAO GUIHUA YU SHEJI

崔之鉴 编著 变偶曾 主审

西南交通大学出版社出版发行  
(四川 峨眉山市)

西南交通大学出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.125

字数: 256千字 印数: 1—3000册

1990年3月第1版 1990年3月第1次印刷

ISBN 7-81022-132-9/T 047

定价: 2.45元

# 目 录

绪 论	1
<b>第一章 交通工程设施规划系统分析概论</b>	<b>4</b>
第一节 概述	4
第二节 规划系统结构的形成	11
第三节 城市交通问题应用 ISM 法的构造机能分析	13
第四节 采用数量化模型形成结构的概述	20
第五节 交通现象调查和现状分析	23
第六节 区域出行调查	24
第七节 物资流动调查	25
第八节 现状分析的方法	26
第九节 预测模型	31
第十节 规划制订过程	39
第十一节 规划的评价和确定	43
<b>第二章 铁路隧道规划与设计</b>	<b>49</b>
第一节 调查	49
第二节 铁路隧道的规划设计	56
第三节 铁路隧道净空	64
第四节 隧道洞身的支护结构	68
第五节 衬砌断面设计及几何尺寸的拟定	73
第六节 洞门形式及隧道内的附属建筑物	76
第七节 明洞	81
第八节 相邻隧道规划问题——相邻隧道间距	83
第九节 竖井、斜井	84
第十节 铁路隧道运营通风规划设计	87
<b>第三章 公路隧道规划与设计</b>	<b>96</b>
第一节 概述	96
第二节 调查	96
第三节 公路隧道主体工程的设计	97
第四节 公路隧道路面铺修	100
第五节 公路隧道的排水和防水	111
第六节 洞门、内部装修	112

第七节	公路隧道施工方法	112
第八节	公路隧道通风	113
第九节	公路隧道的照明	120
第十节	防灾设施	122
<b>第四章</b>	<b>水底隧道规划与设计</b>	<b>125</b>
第一节	概述	125
第二节	调查	126
第三节	水底隧道的规划设计	126
第四节	水底隧道引道规划设计	133
第五节	水底隧道的附属建筑物	136
第六节	圆形装配式衬砌结构	139
<b>第五章</b>	<b>地下铁道规划与设计</b>	<b>145</b>
第一节	地下铁道路线规划	145
第二节	地下铁道各种设施	148
第三节	地下铁道隧道结构形式	156

# 绪 论

近代国家中，所有地区各种特性的产生和发展，都是以交通为前提的，而且它的支柱是交通机能，尤其是陆上交通担当着主要任务。所以保证路面交通是必不可少的条件。

随着我国社会经济发展，路面交通相应增大，而其修建水平满足不了发展的需要，结果造成各种交通设施超负荷、交通事故、交通阻塞、交通公害等弊病，成为一大社会问题。针对交通需求的高涨，解决好路面交通的规划和修建，是目前急需研究的课题。

路面交通线一般由许多工程建筑物组成，其中包括路基、涵洞、桥梁、隧道等等。而隧道是交通线上重要的组成部分。所谓隧道是指“在保留上部地层的前提下，开挖出能够提供某种用途的地下空间”，交通隧道通常是接近水平而又细长的地下通路。然而近来由于经济、交通和隧道施工技术等方面的发展，隧道的定义范围也出现了相应的扩大，也包含了斜井、竖井、地下铁道；采用开挖回填修筑的地下道路和在海底等处以沉埋敷设，沉箱法建造的地下通道；大型的上、下水道；电缆管路；地下电站；地下储油库等人工洞库。

1970年OECD（经济合作与发展组织）隧道会议从技术方面将隧道定义为：“最终使用于地表面以下，不论以任何方式建造的所需形状和尺寸的空洞，内部净空断面在 $2\text{ m}^2$ 以上者”均为隧道。

一般按用途、施工方法，隧道大致可分为如下几类，从而也就出现了各种名称的隧道。

如按用途分：铁路隧道、公路隧道、航运隧道、水工隧道、矿山隧道、上、下水道等。

按地层分：岩石隧道（软岩、硬岩）、土质隧道。

按所处位置分：山岭隧道、城市隧道、水底隧道等。

按施工方法分：矿山法、明挖法、盾构法、沉埋法、沉箱法隧道等。

按断面形式分：圆形、马蹄形（拱形）、矩形隧道等。

按开挖断面的大小分：特大断面（ $100\text{ m}^2$ 以上）、大断面（ $50\sim 100\text{ m}^2$ ）、中等断面（ $10\sim 50\text{ m}^2$ ）、小断面（ $3\sim 10\text{ m}^2$ ）、极小断面（ $3\text{ m}^2$ 以下），这是按ITA（国际隧道协会）的定义数值划分的。

其他还有单线、双线、多线等区分。

由于社会经济和文明的发展，对于隧道的需要不仅存在于铁道、公路、航运之中。而且近年城市高速发展的高密集化、大城市中地下铁道、高速公路、上下水管道，地下街等地下空间多层次的开发，城市各种设施的修建也大量产生了各种用途的隧道。另外从城市环境建设的需要和能源的地下储备的形势来看，不论发达国家和发展中国家，城市地下空间利用将越来越引起人们的重视。

而人类在古代并没有进行大规模地下结构物的建设，当时仅仅为穴居的需要而修建了洞穴，后来由于文化和经济的发展，为军事防御目的、地下矿产资源的采掘、灌溉、运河、铁道交通、水力发电的需要，隧道建设逐渐增加，直至当代已成为人们日常生活中不可缺少的一部分。而且随着隧道的建设，在技术上经历了各种变迁，并得到了发展。

据现有记载，世界上最早的隧道是公元前 2200 年，巴比伦国王为连结宫殿和神殿而修建长 190 m 的隧道，当时是由奴隶们在极危险作业条件下完成的。在此后的 2000 年时间里，隧道技术没有值得一提的进步。直至测量技术进步和从两端洞口开挖隧道方法的发现，尤其是进入罗马时代，利用棚架支护和卷扬提升施工方法后，才开挖了数量较多的军用隧道和水工隧道。然而岩石开挖仍然没有超出火烧开挖面，烧热后急速泼冷水使岩石开裂的方法。直至公元 14 世纪发明了火药，并于 1679 年用于法国拉恩开得克运河隧道开挖，以及 19 世纪的产业革命，隧道开挖出现了各种新方法，迎来了近代隧道开挖技术的新曙光，在 1818 年布鲁内尔 (Brunel) 发明了盾构，意大利物理学家欧拉顿 (Erardon) 提出以压缩空气平衡软弱地层涌水压力，防止地层坍塌的方法后，英国的科克伦 (Co-Chrane) 利用这个原理，在 1830 年申请了用压缩空气开挖水底隧道的专利，但由于缺乏足够大的空气压缩机，这种方法多年来未能实现。第一次应用压缩空气和盾构修建水底隧道是 1896 年由英国人格雷特黑德 (Greethead) 实现的。

在欧洲自贯穿阿尔卑斯山的辛普伦铁路隧道建设开始，岩石隧道开挖技术得到了较大进步。最先开始应用凿岩机和使用硝化甘油 (TNT) 炸药。

美国的隧道技术发展比欧洲稍迟。大规模工程是从 20 世纪开始的。最先在密执安中心铁道的底特律河使用沉埋施工法修建水底隧道。

我国古代在地下工程方面就具有悠久的历史 and 辉煌的成绩，远在几千年前就能开采矿石，是世界上采矿工业发展最早的国家。公元前 1122 年金属矿石开采已相当发展，公元 1271~1368 年就有深达数百米的盐井。17 世纪初宋应星所著《天工开物》一书，就是我国有关地下工程方面最早的书籍，它详细记载了竖井采煤法。在水工隧道方面，例如陕西褒城的石门隧道规模就相当大，再有奴隶主和封建统治者修建的墓穴都是规模较大的地下工程，如长沙的楚墓、洛阳的汉墓、西安的唐墓等等。比较宏伟的地下宫殿要数 1956 年发掘的明十三陵之一的定陵，它建于 1584~1590 年。这些历史古迹都显示出我国古代在隧道建筑方面的水平。可是新中国成立以前的近百年，由于长期处于半封建、半殖民地社会，经济落后，政治衰败，地下建筑发展极度缓慢，就以铁路隧道而言，解放前的半个多世纪里，仅仅修建了 238 座，总延长 89 km，而且主要依靠人力开挖，至于水底隧道，地下铁道之类的隧道建设根本谈不上。

新中国成立以后，为改变国家的经济布局，发展内地和山区的需要，修建了大量的山区铁路，先后修建了成渝、宝成、鹰厦、丰沙、川黔、贵昆、成昆、湘渝、湘黔、焦枝等隧道比重较大的山区铁路。使得我国在铁路隧道的数量和施工技术上都有了较大发展，据 1984 年统计，已有铁路隧道 4675 座，总延长 2124 km，成为世界各国之首。

60 年代后，我国逐渐掌握了隧道建筑的近代技术，从人力为主体的施工转向以机械为主体的施工，技术上有明显提高。不仅在铁路、而且在公路，地下铁道，地下电站等方面建成较多的长大隧道。例如 1960 年，上海黄浦江底，以盾构法修建直径 10.2 m，长 1322 m 的打浦路水底公路隧道。1964 年开始修建长 21 km 的北京第一期地下铁道；1970 年开始修建的天津地下铁道等等。

特别是对外开放，对内实行改革政策实施以来，促进了沿海地区和城市交通的迅速发展，城市生活节奏加快，为满足经济发展的需求，对于地下铁道、给排水隧道，城市道路隧道等的建设就更显十分重要。例如 1988 年建成的衡广复线的坪石至乐昌段 14.30 km 的大瑶山

双线铁路隧道。上海建成的第二条穿越黄浦江的延安东路水底公路隧道。为解决天津供水需要的引滦工程的八一岭引水隧道、近期开始建设的广州穿珠江的南沙沉埋法水底公路隧道等。

另外，最近一个时期以来，为缓解城市地面交通的拥挤、混杂状况，上海、广州、南京等城市都在积极修建和筹建地下铁道。北京地下铁道第三期工程也将进行设计和施工。

面对隧道需要量的增加，为加快建设，今后隧道技术的研究方向应该向施工机械化；规划、设计合理化；使用安全等方面进行，但我国是发展中国家，经济力量有限，所以在隧道技术开发研究时，应在引进同时，更需要的是立足于国内技术力量，独立自主进行。

此书主要是针对当今城市交通问题，包括环境、人口、工业、土地利用、资源、住宅等多种复杂因素的交织，因此满足城市交通要求的隧道功能及构造也将出现复杂性和多样化，而且必然会涉及地下空间的综合开发和利用。尤其是地下铁道造价高（一般相当于地面有轨交通体系 10 倍以上），改建难，在规划时必需与城市总体规划紧密配合。为提高隧道技术人员的规划决策能力，在交通隧道功能及构造知识基础上，增加必要的交通规划知识而编写的。

# 第一章 交通工程设施规划 系统分析概论

## 第一节 概 述

当进行河流、海港、公路、铁路、上下水工程、公园等各种事业时，首先必须分别拟订计划。这从来就是工程最为重要的部分。当然对于城市交通设施也不例外。随着城市社会环境的复杂化，要真正满足人们活动需求，城市交通规划必然应该考虑城市的综合开发和环境保护。在这种情况下，近几十年来，尤其是本世纪 60 年代以来，交通规划才逐渐发展，成为一个专门的学科。但由于多因素的交织，交通规划在具体内容方面将成为什么样的形式体系，目前还存在着各种难题，这也就是交通规划学的现状。

就交通规划学的形成状况考虑，它是属应用学科，但它又不同于“结构力学”，“水力学”等等学科，是既包含自然学科（如规划中必须应用数学、统计学等），又包含社会学、经济学等人文学科多领域的内容，从这点来看，它应属边缘学科。所以当对它进行研究和学科开发时，很需要各学科间的共同努力。

人们在城市空间内进行着各种活动，从这些活动的机能来分类的话，大致可分为生产、流通和消费三个方面。生产就是指人们在工厂作业、在办事机构中进行管理。而流通是指货物的流动和人的交通（也包含通讯）。消费除包含物质消耗外还包含着娱乐、休息。若以现象来分类的话，可分为上班、流动、生活（消费）。而维持着人们复杂而多样活动的条件是城市的各种基础设施（包括道路、铁道、海港、空港、给排水、休闲娱乐设施等等）。

由此可见，作为规划的对象最重要的而且不能违背的是人们的活动，同时还有活动场所，即支持活动的空间及作为规划素材的设施，三者之间存在着密切的相关关系。它构成了整个城市的规划体系。如图 1-1 所示。

若把图中所表示的注重以某一特定侧面的分类中，去掉重叠部分的话，城市规划种类大体可分基础规划（人口、经济、社会、文化）；土地利用规划；交通规划（道路、铁道、新型交通体系）；河流规划（治理、水利、环境）；城市街道修建规划；城市设施修建规划；枢纽规划（海港、空港、流通中心）；景观、绿地规划八类。

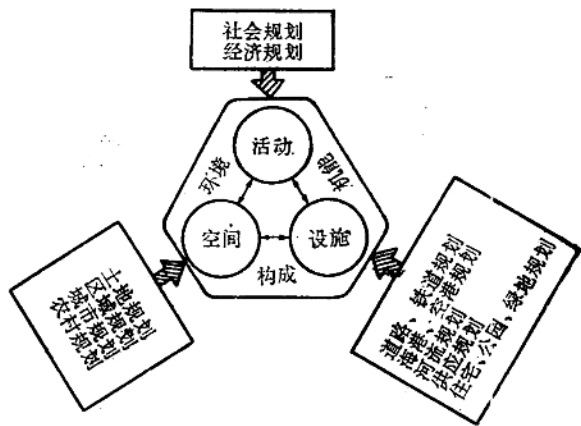


图 1-1 规划的构成及相关关系示意图



规划在内容方面是由决定的目标年限所支配，而规划时间的长短则关系到规划的素质。一般从对远期的设想开始到最终实施规划的完成，即使尽量缩短各阶段规划的时间，也要3~5年。

规划的目的是要以目前的意向来决定有关未来的事物。若从表现人们活动的观点来观察规划的话，“规划是在某个社会环境中，个人或者某个集团为完成某个目的的一种发现”。所以规划工作的出发点是围绕各种设想（意向）来决定计划的全过程和对内容产生的重要影响。设想不外乎是个心理过程，作为行为的内在原因应是动机，而外部的环境状况和事物变化是引起行动的诱发因素。在外部存在引诱，内部产生动机，从而形成一系列的相关行动，这就称为动机过程。在这里所谓各种设想就是内心活动的起源（动机）。在内心活动的内部是指所说的目的意识。为完成规划，首先是要将各种设想具体化，即必须从整理目的开始。而目的是对办法而言的，所以在认识目的时，常常是预先设想办法，结合目的和办法，考虑整理出可能的行动，这就是规划的大部分工作内容。

在交通规划系统中，目的往往是多元的，为正确取得多元目的间的关系，最重要的是理清目的层次结构——目的构造。

实际制定规划时，最初提出的问题大多在形式上是比较模糊的，因而对提出的问题作如何解答，必须对现状如何进行考虑和可能实现的办法如何来考虑。所以首先要对问题做详细了解。如何以规划目的来观察问题，采用怎样的评价标准，这随问题本身的提示方法或掌握提示问题内容的方法而不同。由于制定规划人员对于外界环境的认识方法和对环境知识及经验存在着差异，因此对规划系统要得出明显的定型格式是困难的，但对规划系统的各种技术、环境调查，针对目的经计算机综合概括，形成规划的软件系统是可以实现的。

## 一、规划步骤和系统分析

为取得规划程序的科学化，系统分析是有效方法。这是因为系统分析可直接应用于决策，并能提供较为优越的信息，具有对准实际起因的功能。

系统分析是指为解决复杂的问题，准确定义决策者的目的、在整体上比较评价代替方案；如果需要还可以开发新的代替方案，帮助决策者选择最优代替方案，而设计的系统方法，另一方面系统分析还具备以下特征的分析程序，即能正确从广阔领域中提取问题、明确目的和确定分析框架、明确问题的过程；列举、开发代替方案、整理用于分析的资料数据的调查过程；在客观上讨论分析各代替方案的费用和效果的分析过程；考虑无法计量的重要因素和不确实性；提出综合的结论，并作解释与评价。还能与决策者保持着不间断的密切关系，直至得出满意的结论，经循环程序反复这些过程，继续寻求到问题解决。作为这个分析的整体，总称为系统分析。

由于规划问题要得到解决的目的数多，其中还包含相互对立的因素，并且对有关目的的满足程度、客观评价标准的选择和测定也存在着一定困难，因此多数情况下要全面得到解决是不可能的。加之问题涉及未来，包含着较多的不确实性，所以规划问题是较复杂的。

应用系统分析解决复杂的规划问题，第一阶段是明确问题的性质。根据S.L.Optner的见解将问题分为两类，即一是定形问题；非定形问题。另一是定量问题；定性问题；混合问题。而规划问题大多是混合问题，多数情况下进行规格化是困难的，而且出现的定量问题中

也是规划大，问题的规范化也不那么简单。

所以在交通规划应用系统分析时，重要的是明确设定的目的和对分析有用的规定。为明确认识目的，至少有以下三个问题要明确，即

- ① 目的的定量表示和目的完成程度的计量尺度如何选择；
- ② 目的间的关系，特别是目的间存在交替换位时，对立目的间的权重；
- ③ 判断是否可能达到目的。

这三个方面很重要。但按问题本身这些方面是不容易解决的。而且随着时间的推移，规划目的的变化也会引起各种不易处理的事态。

在规划过程中，因规划系统的多元目的中，若要使一个目的得到比较多的满足，就会出现牺牲另一目的的一部分。从而产生许多难处理的关系，就很有必要吸收多数人们的目的意识。这也是规划系统复杂性的理由之一。所以规划中多元目的设计必须从社会、经济、事物逻辑的观点充分分析综合确定。

其次，采用系统分析完成设定目的的办法通常不限于一个，能考虑几个，即考虑几个为完成目的的代替方案。为衡量代替方案满意程度的标准就是所说的评价标准。在系统分析中，这个标准采用的是效率和有效度。效率的含义是评价代替方案的效果和消耗资源的比较，即以效益与费用之比来衡量代替方案效率的评价标准。有效度的含义是表示目的完成程度除金额以外的计量尺度。是采用费用对有效度评价。一旦确定评价标准后，就可从明确规划目的，列举达到目的的代替方案中，选出最符合愿望的方案。并要通过以下步骤来实现。

#### （一）调查

规划调查的目的是要取得能为决定规划方针的方法，作出正确判断的有用情报，在这个阶段中，需要收集的资料是主要因素和它们之间的关系、目的和系统、使用的分析方法等。对于能收集到的资料重要的是探讨它们的相互依存关系和内容、意义，掌握资料的完成日期，完成方法的可靠性。

由于系统分析的关键是分析是否明晰，在实际资料收集中最好多花些时间，但是一般在收集资料时多数会出现困难，存在着不能计测的数据。而从系统结构来看重要的是主要因素和它们间的关系。由于对未来多数是不能计测的。另外对取得的资料也搞不清可信程度如何，在主要因素间关系调查中也出现模糊性，作为资料也就没有价值。所以在资料收集中，必需调查事实；汇集资料，从一次取得的数据中提取新的信息，并再取得资料（即包含资料的反复加工）。这样做要花费时间和费用，在实际工作中会受到限制。那么究竟要取得什么样的资料，采取何种收集方式，都要从必要性分析判断和在收集资料上需要的时间和费用作比较衡量决定。

在实际工作中，资料的收集与加工和进行主要因素间关系的调查之后，进行代替方案的设计和根据经验制定模型，这时多数情况下需要作些补充，因而要求调查工作应具有相当的弹性。

当实施调查时，可归结为进行全数调查还是进行抽样调查的问题，当①全数调查无意义时，②日期、费用受限制时，③全数调查不可能时，④设想要取得丰富的调查内容时，则进行抽样调查。抽样调查多数是采用以误差理论为依据的随机抽样法。

与抽样法并重的统计调查法是实验规划法，实验规划法的目的在于较高效率的获得情报，在资料上所花费的费用和时间最为有利，但对于这方面还需要做些研究。

## (二) 分析

进行设计和选择系统代替方案时，重要的是分析。分析可分为对代替方案的期望程度分析和对于不确实性的灵敏度分析。在代替方案设计和选择阶段中，分析的中心是采用理论思考模型分析。

模型分析的第一步是模型的建立。一般来说模型是现象的一种表现，是以图形或数学式表现问题的解答和现象的目的。建立模型时，应由已经设定的问题、目的、假说、假定、什么样的评价标准出发，并确定如何进行简化，如何收集资料，代替方案是什么样的系统等。最终必须取得能集中反映工作的成果。

模型由表达形式来分类的话，可分为如下三类：

① 视觉模型 (iconic model)：采用缩小或扩大的方法来表示实物体。

② 相似模型 (analogue model)：一组特性以另一组特性做置换表现，例如用图形的几何量表示变数与变数间的关系，是相似模型。

③ 符号模型 (symbolic model)：现象中的主要因素和它们之间的关系，使用文字、数字等符号来表示的方法，是最抽象的，但最富有操作性的形式。应用数学方法建立的模型就是代表性的例子。

另一种分类法是以模型使用的分析方法来分类，可分为：

① 分析模型 (analytical model)：由分析方法或规则系统 (algorithm) 求得理论最佳值。多数情况使用符号模型。

② 模拟模型 (simulation model)：模拟模型由符号模型或相似模型来表现对象。使用计算机对某种对象做输入、输出操作。近年来由于计算机的发展而提供了广泛的应用范围。

③ 启发式模型 (heuristic model)：是以一次操作不能求解时，通过几阶段的操作，并对各阶段的解进行改善，从中获得启发的方法。使用这样的操作方法即为启发式模型。

系统分析使用的模型，相应于问题和应用的分析方法，并考虑模型的操作性能和现实性的比较，由分析人员选择。一般从富有表现力和操作性能出发，最好使用符号模型。但从系统分析处理大多是混合问题的这种情况，对于问题的全体常常也不限于以符号模型来表达。也采用从某个符号模型输出作为下一个模型输入的方法，组合若干个符号模型来表现问题的全体。或由模拟模型和启发模型来形成系统分析，即采取所谓寻求最适解的方法。

模型确定后，下一步是操作阶段。根据模型操作，同时比较费用和效益或有效度，进行代替方案的效率与有效度分析。

其次是不确实性分析，不确实性的含义是指有关未来的事物现象引起不确定性的复杂结果。而系统分析过程中，随时会带进不确实性，这对目前意向的决定将极困难，预测未来也很困难，最后是分析结果失去合理性的最重要原因。从而有必要明确显示不确实的主要因素及其给分析结果带来什么样的影响，另外相对于不确实的主要因素，分析结果存在着多大变化的可能性，进而讨论分析代替方案如何调整为具有弹性的代替方案，供决策人员参考。

分析中的不确实性除对分析结果影响要作处理以外，还应做如下四个方面的介绍。① 不确实性的程度怎么样，② 为减少不确实性要考虑哪些方面，③ 因减少不确实性，要花费多少费用，④ 技术开发带来的进步，能减少多少不确实性因素。

## (三) 预测

规划是以目前为起点，在扩大不确实性的同时，进行面向未来目标的描述，并能考虑寻求处理不确实性的效果。因而规划对于目前意向的决定是它的本质，而所有未来的预测将成为它的基调。

特别在规划制订中是以充分满足未来的社会、经济、事物逻辑的需要为目的，所形成的设施及功能方面应该考虑到这个本质。因而重要的是需要明确预测的概念，推进规划的科学化。

我们需要的是所谓关于不具体物的行动资料。当以往的需要量和其行动的社会体系状态明显存在这样一个空间（是指需要空间），且需要空间的状态变化可表现为行动的需要，为分析搞清需要空间的构成要素和特征，必需进行预测。在掌握调查统计资料数据的同时，重要的是要建立分析技术，明确需要空间的构成要素。

另外在预测的基础上，确定需要空间的状态，区分构成行动的主要因素的控制部分和不受控制部分的因素。哪些因素可能控制，应采用什么办法来调整。当然为表示需要空间状态的结果如何，就必需建立系统模型。

另一方面统计在预测方面也有很重要的功用。统计方法的核心是如何将时间事物投影到空间事物上，如何消除时间因素，使得更具合理的性质。如果这成为可能的话，需要预测的问题就归结为统计推算的问题，重要的是提出事物应具有统计思考方法。

#### （四）代替方案设计

代替方案设计是通过科学分析，考虑解决问题办法的阶段。为完成一个目的或一组目的的手段，作为后补的选择对象即为代替方案。多数情况下不限于一个，也可能存在几个。根据 S.L. Optner 提出的有两种类型，一种是机能代替方案；另一是活动的代替方案。换句话说是有关系代替方案应是怎么样的代替方案（what to do）和应是如何去代替（how to do）的方案。这是一个可能的分类。规划系统分析中，多数必须考虑 what 和 how 双方来设计代替方案。

在作为规划对象的问题中，不可避免带入不确实性的主要因素，同时随时间的推移，问题的客观条件时刻起变化，问题中的假定和参数值也变化，目的也存在变化的情况，当然评价标准也必须改变。因而在设计代替方案时，有关代替方案能承受变化的范围必须作充分分析。这种能承受偶然发生的变化和状态变异，被称为代替方案的弹性或所说的非反应性。

规划系统分析中，为完成目的，通过分析作业，列举出现实的代替方案。假如需要进一步开发，则将这些代替方案进行可能的组合，从中选择应满足必要条件、最符合愿望的代替方案。如何进行愿望判断，在系统分析中采用效率和有效度来完成。由愿望指标选择评价标准，根据评价标准选择代替方案或进行顺序排队，从中决定最合适、最能满足要求的方案。

#### （五）解释与评价

解释并评价分析结果，由此而选出一个最符合愿望的代替方案，得出系统分析循环步骤的第一次结论。这个时期用什么样的评价项目为基础，以什么样的标准进行评价，没有一定的规定，但一般来说要考虑如下情况。

① 为能得出规划符合目的和合理性的评价，必须要求所有的规划各阶段应明确地进行。

② 必须正确表现出评价项目，评价标准；

③ 必须努力做到采用数量评价，以达到客观评价的标准；

④ 为同时评价相关的不同性质的主要因素，要能使用换算评价；

⑤ 规划系统各阶段的评价项目、评价指标和评价标准，多数情况下，希望能寻求参考过去类同的例子。但也应努力寻求新的观点，这点不应该忽视；

⑥ 重要的是不仅仅只以一个评价指标，在观点变更后，要根据几个评价指标做评价；

⑦ 为避免评价的矛盾，必须考虑到保持后面问题的评价与前面问题评价的一致性。

另外，在解释与评价阶段，要求在可能的限度内以模拟来验证分析结果的合理性。但采用这样的模拟验证有困难时，解释与评价只能依赖于直观和主观判断的办法，以主观判断的意图来补充完善与分析的关系，即在系统分析中，采用科学的事实评价存在困难时，根据判断理由，提出主观判断的意见形式。

由以上说明，规划系统分析循环步骤可由以下框图图 1-2 表示。

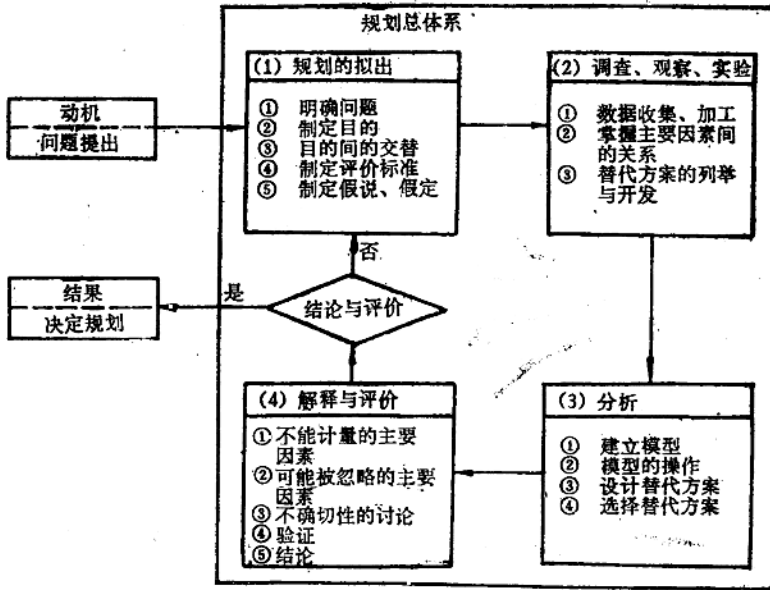


图 1-2 系统分析的循环步骤框图

## 二、规划系统与方法

规划系统由作为硬件的调查技术、分析技术、预测技术、代替方案设计技术、评价技术中获得，并针对目的采用软件综合这些方面概括形成。被编入规划系统的硬件和取得的软件应具有实际评价作用。没有软件的前提，硬件在实际上也没有意义。从而促进各种技术要进行较深入的理论研究，取得规划系统意向的综合，使其具有现实目标和获得实用价值的地位。

日前开发的交通规划系统的主要方法及其规划过程见表 1-1。

尽管目前规划系统中，虽说使用上述的这些方法进行大量的分析，但也发现分析中带来的局限和问题。首先，分析不能在充分基础上较完整的进行，原因是花费在分析上的时间和费用是有限度的；另外从分析的内容上看，为达到某个目的的代替方案，随着技术和环境的变化也在变化。再有考虑到必然会保留着不能测定的主要因素。因此上述方法的效果评价

表 1-1 交通规划过程使用的主要方法

规划种类 \ 规划过程	需明确问题 ①	调查 ②	分析 ③	预测 ④	代替方案设计 ⑤	评价 ⑥
交通规划 (道路、铁路)	智力控制 写作概要 表达思想法 德尔斐法 听取 会议	统计调查 样本理论 抽样 多变量分析 情报处理	内部交流 等待排队 模型 网路研究 体系动态 结构力学 土力学	回归分析 时间序列 马氏链 体系动态 集中交通 量发生推 算模型 交通量分 布模型	交通方式推 算法 交通分配模 型 线性规划法 非线性规划 法 目标规划法 动态规划法	持分分配 法 一对比较 法 效用函数 费用效益 分析 费用有效 度分析 Timbegen 模型 Meses 模 型 环境评估
城市设施规划	智力控制 写作概要 表达思想法 德尔斐法 听取 会议	统计调查 样本理论 抽样 多变量分析 情报处理	相关分析 离散分析 ISM FSM DEMA- TEL 多变量解 析 结构力学 土力学	回归分析 时间序列 体系动态	线性规划 非线性规划 目标规划 SWT 法	持分分配 法 一对比较 法 效用函数 费用效益 分析 费用有效 度分析 环境评估

中,包含着无法以共同尺度来测定代替方案和相互间的比较问题。在这种情况下,从来就没有办法考虑不存在缺点的分析,所以要想得出问题的完整分析,重点是应该提取有用的资料。

另外在目的没有明确定义的情况下,即使效率和有效度得到计量化,也往往造成不能全部表达目的尺度,这时代替方案的效率和有效度的尺度将是近似地被满足。对未来的预测不存在完全被满足的方法。因此要对规划系统的最大限度的可能性作阐述,当判断未来事物时要充分认识分析的缺点,需要充分讨论资料的分析精度。

其次应指出的是,规划系统分析得不出完全科学的结论。但在决策上是有作用的,因为具有非常实用的针对性。在分析过程中,不仅能客观的处理问题,同时这个处理也是根据科学方法来进行的,实际上可以取得对决策有用的情报。在分析过程中也要吸收分析人员和专家们的主观判断。如果掺入主观判断,规划系统分析不能说结局是科学的,分析的可信度和完善性保留着可议论的余地,这也是系统分析存在的局限性。

## 第二节 规划系统结构的形成

1969年美国贝尔(Bell)电话研究中心的霍尔(A.D.Hall)提出系统工程是由时间维、逻辑维、知识维构成的一个三维结构。概括了系统工程的工作步骤、阶段以及涉及的知识范围。是处理一般系统问题的思考方法。

系统结构的逻辑维是指分析和处理系统问题的思维过程,霍尔将它分为七步,即①问题定义,在全面收集有关资料和数据,提出所要解决的问题,弄清问题的实质。②评价系统设计,提出为解决问题所应达到的目标,应采取的政策、制度评价标准。③系统综合,形成方案。④系统分析,通过建立模型,对系统方案进行分析,研究各种要素变化对目标产生的影响。⑤最优化,选择系统要素最佳配合,找到最优方案。⑥决策。⑦实施,将最优方案付诸实施,并在实施中不断修改。

三维结构的时间维是表示系统工程所经历的阶段。霍尔把它分为:①规划阶段,在此阶段要明确系统的概念,确定系统目标,提出环境条件和制约条件。②制定方案,进行系统设计,提出各种替代方案,进行系统分析。③系统开发,制定系统研制方案,对关键项目进行试制试验。④生产阶段。⑤安装调试阶段。⑥运行阶段。⑦更新阶段。

霍尔三维结构中的知识维是指完成上述各阶段各步骤的工作所需要的各种专业知识和技术素养。它包括社会科学、工程技术、医学、法律等各门学科,而且涉及到众多科技领域。

由霍尔提出的系统三维结构告诉我们,时间维、逻辑维的各项活动不是互相独立的,而是相互影响,相互渗透的。各阶段各步骤的活动要反复交叉进行才能使系统的设计更完美,从整体上达到最优的效果。

本节规划系统结构的形成叙述的内容是指系统规划阶段分析、处理系统问题的思维过程。

社会经济的飞速发展,使得原来单一的社会向多样化复杂社会转化,因此即使能简单解决的技术和经济问题也因社会、环境问题的增多,大多变成不容易解决。特别是城市人口的集中,生产活动的扩大,出现的高密度社会使得能源、资源、环境等各种问题互相交错,形成所谓问题的复合体(problematique)。从而在规划领域中包含着比现实各种问题更为广泛的社会、环境的因素。所以规划应由较多的人员参加综合讨论,发现具体的策略,以规划来平衡各种问题的处理方法,寻求最有利的接近系统。

在没有搞清系统结构以前,为解释清楚规划问题,首先是建立系统的层次构造模型,使问题明确,并应从有关人员问题广泛交换意见开始。

系统结构的形成方法,近年来有较大发展,有ISM和DEMATEL方法,以图或相关矩阵表示的“图论”工作方法,数量化理论的方法等。

目前较适用的ISM和数量化模型方法,是规划系统形成的主要方法,下面就ISM法做些简单介绍。

采用ISM法的构造机能分析:

这个方法是从60年代末开始研究并建立的,称为“概括的系统工程思考法”。

这个方法是新开发的系统分析方法之一,是利用电子计算机明确项目的目标、目的;并理顺有关项目间人员的意见交流。方法重点在于构成系统要素间的关系和建立系统体系的层次结构模型。

系统分析方法的代表一般是指所说的费用、效益分析;计算机的输入、输出分析。但这种

分析在对象系统的构造不明确时,不可能适用。因而在分析之前,必需要做形态分析。这个形态分析的方法,由于近年引入了“图论”的研究,得到了发展。形态分析的特征是对于未知的复杂问题的构造、范围、内容从模糊阶段出发,采用了①提取问题的项目,②确定项目间的关系,③完成构造模型,④模型讨论,几个过程使得问题逐渐明确;这就是形态分析的特征。

目前采用ISM法的目的是要对切身的社会问题,提供具体的解决措施。ISM法的重点是通过集团内人们对问题相互讨论,理解后提出决定意向和构造模型的辅助办法。即由于集团的学习、理解问题的构造,并通过这个过程搞清分项的目的,同时决定解决策略。

ISM法进行的步骤一般为:①将参加讨论的人员分成小组(约10人左右);②各参加人员进行议论,随机列举项目的目标,目的;③提取主要因素、确定关系;④由要素连结关系的集合“构造”或“相互作用模型”建立系统流程(此时要使用电子计算机)。⑤研究、解释、修改构造模型;⑥参考他人相似建立的ISM模型,提供容易理解的符号,并明确关系;⑦最终完成结构图。

若采用电子计算机操作时,ISM法的操作步骤可总结如下:

①最初假定:由具备专业知识的参加人员,随机列举项目的目标、目的,考虑存在的关系,并提取要素的目录(E),经适当思考假定关系的描述(R),②步骤1:使用要素目录(E)和关系(R)进行要素间比较,当(R)存在变化时,就有必要进行所有的组合比较,③步骤2:使用电子计算机建立有向图,④步骤3:得出图的解释,进行改进,作成构造图。这时要使用改进后的要素和它们的关系描述,并开始对整体的过程做修改,⑤步骤4:使用容易理解的符号,完成构造模型。如图1-3所示。

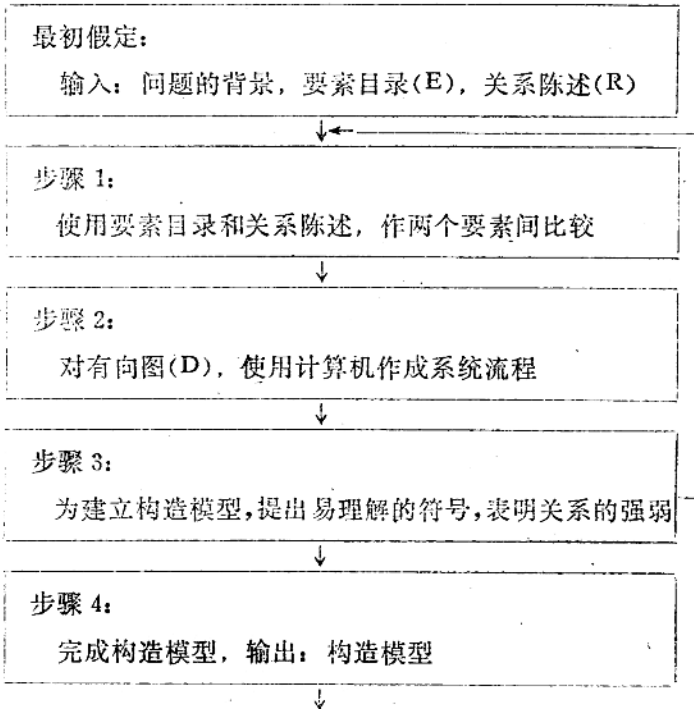


图 1-3 ISM 法基本过程图



上图表示为适用 ISM 法的基本步骤的全体过程，若用程序框图表示，则成图 1-4 的

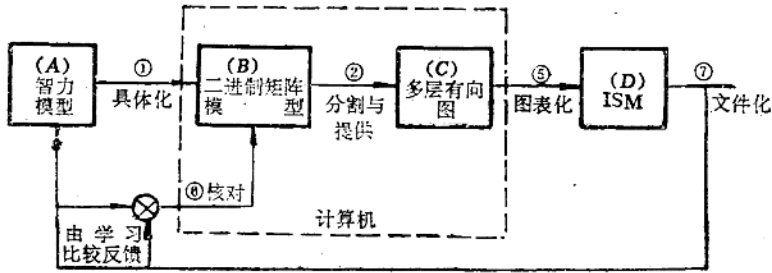


图 1-4 ISM 法的程序框图

式样。在完成上述的构造模型后，再经人们的直观性和创造性的工作，对问题加深理解，最终表现为系统的决定意见和发现新问题等的有效合成。因此 ISM 法也不是单纯地使用系统分析方法。

从以上表明 ISM 的步骤中，自始至终联系着计算机，假如能利用图形形象那就效果更好。在应用 ISM 法之前应做算法说明，使用“图论”时，应将具有层次结构的系统要素间的关系综合为有向图，在数学上将这些要素使用容易理解的“0”或“1”的两值矩阵来表示。由于篇幅关系这方面不作详细介绍。

### 第三节 城市交通问题应用 ISM 法的构造机能分析

目前城市交通包含着什么样的问题，作为规划问题如何来认识，这些都要从构成问题的所谓主要因素构成机能的相关关系方面做分析。而过去一贯都是依靠个人或组织部门的经验资料为中心来讨论城市交通问题。由于提出了 ISM 法后，就能正确考察和具体掌握城市交通问题构造整体的方法。其原因是这样可做到 ① 明确问题构成的主要构成因素；② 由于作为系统问题来认识，同时能确定各个问题的构造；③ 可以用多元多层次图形来表现问题的结构。

在这里工作的第一步首先是由经验丰富的规划科技人员，从最大可能的限度内全面地收集构成城市交通问题的主要因素开始。在提出这些主要因素时，使用智能指令 (brain writing) 并同时调查城市有关文献来进行。

下一步是在收罗全面提供的主要因素中，判断存在相同意义、内容的主要因素，并更改为一个主要因素。这样在以上提供的主要因素集合中，就不包含有内容相同的因素。但是在这些收集全面的主要因素的意义、内容之间还存在着“包含关系”。在实施城市交通结构机能分析时，不希望结构的主要因素间有包含关系。为此要采取经交通规划技术人员间进行反复讨论后，整理出的城市交通问题概念的标准的包含关系，如表 1-2 所示。