

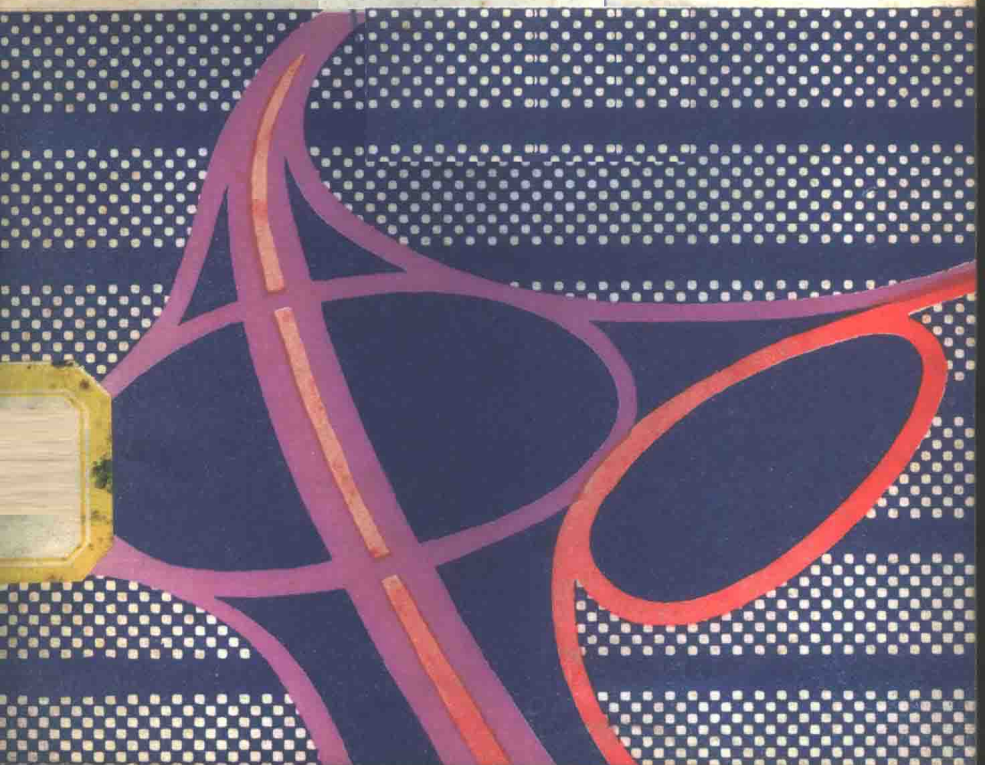
利用电子计算机进行 道路路线最优化设计

经济合作与开发组织 编

黄京群、 赵振明

熊有言、 颜如贵

译校



利用电子计算机进行 道路路线最优化设计

经济合作与开发组织 编

黄京群、赵振明

熊有言、~~顾如典~~

译校

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

这是经济合作与开发组织(O、C、E、D)道路研究小组关于使用电子计算机进行道路路线最优化设计的一本专门报告集。全书共十二章,分别论述了在技术经济、合理为目的的前提下,如何利用电子计算机进行道路选线最优化设计的理论和方法;并在附录中介绍了有关国家对于道路设计最优化程序编制的简介。本书可供公路设计人员及大专院校道路专业师生参考。

本书由交通部科学研究院重庆分院赵振明、熊有言、颜如贵三同志分别担任前言、原文提要、第一章至第五章,第六章至第八章以及第九章至第十二章的译文工作;由交通部第二公路勘察设计院黄京群同志译出全部附录,并对全书译文作了校核。

利用电子计算机 进行道路路线最优化设计

经济合作与开发组织 编

黄京群、赵振明 译校
熊有言、颜如贵

人民交通出版社出版
(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 3.5 字数: 77 千

1980年9月 第1版

1980年9月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,900册 定价: 0.37元

前 言

道路研究计划有两个主要的活动范围:

——增进成员国的道路建筑、安全和运输的国际合作, 现有的协调研究设备, 以及联合试验结果的精确翻译。

——提出国际道路研究文件, 有组织的交换成员国科学文献的情报和目前的研究计划方面的合作方案。

本计划主要涉及确定必要的科学和技术基础, 以帮助成员国政府对下述许多迫切的道路问题作出决策:

——整个道路下部结构的规划、设计和养护, 计及经济、社会和技术的发展与需要;

——道路安全方面共同全盘策略的制定、规划和执行;

——现有交通控制系统的改进 (在高速公路上和城市内) 以及现行的和新的交通系统和设施的一体化。

成立利用电子计算机进行路线最优化设计的道路研究组, 在于评价这种技术的理论和实践和估价它的有效性和适用性。本报告是本研究组于1971年和1972年在巴黎的经济合作与开发组织 (O.C.E.D)、英国运输和道路研究试验所、西西里岛的野外公路国家管理局和科隆的西德联邦公路管理局计算机中心召开的四次会议的最后一份报告。本报告摘要地讲述计算机在道路设计中所起的作用, 并简述最优化的优越性。把造价问题, 以及诸如几何设计标准、美学和等级控制那样一些必需考虑的约束条件, 作了详细研究。讨论了数据

的取得，并对最优化技术和现行道路最优化设计方法作了综合评论，其中包括对经济合作与开发组织成员国间的协议进行的联合最优化试验程序的叙述。在结论中确定了由于使用最优化程序所得的效益并鼓励更广泛的使用它们。

目 录

原文提要

前言

第一章 绪言.....	1
第二章 内容项目和目的.....	2
第三章 道路设计.....	3
3-1 道路设计的范围.....	3
3-2 道路设计者的目标和 方法.....	3
3-3 电子计算机在道路设计中的 应用.....	4
3-4 几何设计.....	7
3-5 道路定线和设计的顺 序.....	8
3-6 经济考虑.....	9
第四章 最优化在道路设计中的应用.....	10
4-1 最优化的定义.....	10
4-2 在三个设计阶段的最 优化.....	11
4-3 连接道路设计的最 优化.....	12
4-4 本报告中所研究的最 优化.....	12
4-5 设计人员使用的最 优化.....	12
第五章 最优化和选线的需要.....	13
5-1 需要范围.....	13
5-2 最优化方法的顾 主.....	13
5-3 必要条 件.....	14
5-4 道路网的重要 性.....	15

第六章	连接道路设计中的费用	15
6-1	连接道路设计中的主要费用.....	15
6-2	与平面、纵断面和路线有关的费用分类.....	19
6-3	对最优化有重要意义的费用.....	21
第七章	连接道路设计中的约束条件	21
7-1	约束条件项目.....	21
7-2	几何设计标准.....	22
7-3	美学和相位对应特性.....	22
7-4	道路标高和走向的控制.....	22
第八章	数据的取得	23
8-1	概述.....	23
8-2	数据来源.....	23
8-3	数据的精确度.....	24
8-4	灵敏度试验.....	24
8-5	环境费用.....	31
第九章	最优化技术	35
9-1	一般考虑的问题.....	35
9-2	初解.....	36
9-3	总体和局部最佳解值.....	36
9-4	基本的最优化技术.....	36
第十章	现有道路设计最优化方法	44
10-1	概述.....	44
10-2	纵面线形最优化程序的现况.....	44
10-3	平面线形最优化程序.....	44
10-4	使用最优化程序的受益与成本比.....	45
10-5	最优化方法的选择.....	46
第十一章	联合试验计划	48
11-1	引言.....	48

11-2	试验目的.....	48
11-3	试验地点说明.....	48
11-4	试验方法.....	50
11-5	试验结果.....	51
11-6	试验结论.....	52
第十二章	结论和建议.....	56
附录 I	现有道路定线最优化方法一览表.....	58
附录 II	各国最优化程序简介.....	66
附录 III	法国用点确定线形：微多项式绘图法.....	101
附录 IV	英国曲线形断面的处理.....	102

第一章 绪 言

利用电子计算机进行道路线形最优化设计这样的课题，在本研究组开展工作之前，只有丹麦、法国、西德、英国和美国研究过，而经济合作与开发组织的其余国家对此比较知道的甚少。但是，这些研究的最终结果在发展之后，将成为计算机程序的形式，可供全世界道路设计人员使用。这些国家的经验表明，使用最优化程序，可以大量地节约人力物力和大大地降低建筑费用，例如，与过去的方法相比，估计土方工程费用平均节约15%。

本报告评介了最优化技术的现状，并在一开始探讨了对于了解最优化是必要的道路设计的若干方面的问题。道路设计者在探求其最省的方案时，是从检查比较方案着手的，而这种探求用电子计算机进行比较有效。由于道路设计是分阶段进行，并牵涉到一些利害相关的单位（发包者、设计者和承包者），使用最优化方法就会带来获得好处的许多机会。但仍存在许多困难，突出的是费用的复杂性和对它们缺乏了解，同时需要服从复杂的约束条件，在本报告中对这些问题给予了特别的关注。

然而，还是取得了重大进展。现在已经有了几种最优化技术，英国和法国在日常工作中均已采用了处理纵面线形的程序，而丹麦、西德和美国处在高级的发展阶段。平面线形最优化的研究也在进行中，这在第十章同一系列问题一齐讨论。

此外本研究组的工作还促进了其它国家对最优化更积极的关心，例如在西班牙，目前正在编制纵面线形试验性的最优化程序。

第二章 内容项目和目的

成立本研究组，是为了评介和报道成员国关于利用计算机进行道路线形最优化设计的情况。其主要目的如下：

1. 评介道路线形最优化方法的现有知识，包括各国的经验和实践。

2. 鉴定特定国家最优化技术的研究、发展和有效地应用的成果，使能推荐给成员国普遍和直接应用。

3. 鉴定和指出在发展和应用最优化方法方面需要解决的问题范围。此外还指明将来所需要的研究和发展重点。

4. 为管理人员、工程师和研究人员提供一个科学上完善的基础，使在各自国家的不同部门对于采用最优化技术作出决断。

5. 根据成员国共同关心的范围和要求，提出关于最优化使用的计算机程序方面详细的联合研究、试验和评定计划。

6. 准备一个综合报告，简述本研究组的发现，它将是管理人员，从事研究此课题的研究人员和科学家，以及参与公路定线和设计的实践工程师们所感兴趣的。

第三章 道路设计

3-1 道路设计的范围

道路设计经历下面几个阶段：

(1)形态和地理阶段的规划，其中侧重于最佳的运输方式和广泛的经济因素。

(2)道路网设计，这主要是有关设计一个道路系统，使之适合预期的交通流。

(3)道路连接线设计，在此阶段设计道路网的组成路段，是直接有关施工的问题。

本研究组的工作与最后阶段有关系，这就是道路连接线的设计。该项工作限于考察乡区公路，因为市区的用地和构造物费用复杂。而且交通流并不随道路连接线的设计而定，并且认为是固定的。当然，交通流将决定着道路宽度，同时设计也要考虑汽车运营费用。

3-2 道路设计者的目标和方法

道路设计者可以把他的道路设置在道路连接线终点之间的任何地方。他的目标将是选择那样一个线位，使得其建筑、用地、交通和社会影响的总费用最低，同时要服从几何设计和通道方面的任何约束。选择这种定线的方法，将是设计和估定比较路线的费用，并且进行比较，以便找出最好的路线。

具有可能性的路线数目是很大的，而且比较工作也是

大量的，一个道路设计者通常没有时间去审查足够的比较路线而找出最好的，或者在一些场合下，甚至找出接近于最好的路线也没有时间，但是，电子计算机是一种工作很迅速的机器，如果采用适当的计算机程序，则有助于设计者进行他的搜索工作。

3-3 电子计算机在道路 设计中的应用

从六十年代初期起，在公路设计过程中使用电子计算机成了日益重要的事情。最初阶段计算机仅用于过去靠手工进行的日常计算，但是随着时间的推移以及计算机硬件和软件的发展，整个设计过程及其计算方法发生了变革。例如，应该提到的有：根据多边折线而不是根据单元的主正切线来定出平面线形的新方法，以及数字地形模型的使用。

于是开始了第二阶段的进展：许多国家和单位花费很大力量来制定或多或少是完整的成套程序，它包括了从大地测量和制图过程到土方工程最优化的整个设计范围。这些程序的特色是输入数据，以相当固定的形式给出，而其计算过程只能通过输入流中的某些参数来控制。同时，由于各国设计标准或法规的不同，出现了在程序中插入各种约束条件的趋向。

在公路设计领域中，计算机方法主要应用于下列题目内：

(1) 减少测量数据和制图手续：

- 使用电子光学测量仪器计算距离；
- 航空摄影测量结果的分析；

——导线测量的计算和自动制图。

(2) 平面几何线形的计算:

——包含单元适当组合的平面线形的确定;

——处理半径变化的缓和曲线;

——复合曲线的计算;

——两条路线之间的距离和交叉点(互通式立体交叉的几何图形)。

(3) 用数字地形模型处理地形资料:

——数字地形模型的公式化;

——根据沿着已定的平面线形的数字地形模型, 推导出地面纵断面和地面横断面;

——不同土类的处理。

(4) 纵断面几何线形的计算:

——包含单元的适当组合的纵断面线形的确定。

(5) 横断面数据的计算:

——确定道路横断面在地面上的截线;

——自动包括道路横断面内的路拱和超高;

——不同的道路宽度和上、下行线分别位于不同标高的道路。

(6) 土方工程量的计算:

——按采用横断面数据的端面积法;

——按采用平面图式的柱状法。

(7) 定线数据的计算:

——根据多边折线定出平面线形。

(8) 边坡稳定分析。

(9) 排水系统的设计:

——排除雨水于路外的排水管尺寸的选定。

(10) 自动绘图:

- 平面和纵面线形图；
- 人工构造物的施工图；
- 透视图。

中间结果是通过卡片、纸带、磁带、磁盘或计算机内的联机设备，从一个程序转送到另一个程序。

为使人与机器配合更为有效，发展了一些专用的信息处理机。它们通常包括以下部分：

- 一种指令组成的、面向问题的语言；
- 一套常规的处理程序；
- 一套信息外存储器。

设计人员通过一套与他的技术词汇相似的指令与计算机联系。根据以往计算的结果，选择指令和运算，就可以增量地解算一个问题。

虽然这些程序组的大部分目前只适用于当地的环境，但有发展远距离处理或分时系统的趋向。一个工程师通过终端装置直接与计算机相互联系，能尝试变更其输入数据，同时立即获悉这些变更的效果。已发展的一些专用程序，不仅能使设计人员直接地与计算机“通话”，而且能看出它的计算结果，并可以用一支光笔在阴极射线管上巧妙地处理其计算结果。

一些计算机程序系统能非常迅速地计算路线几何线形和土方工程量，这就使设计人员有可能比以前更方便地多考察几种比较方案。

另一些计算机程序系统可在设计人员准备好数据后单独地执行他的探索。这些系统使用数学上的最优化技术，而它们是本研究的主题。这种系统能节省设计人员很多时间，并能找到相当便宜的路线。

3-4 几何设计

3-4-1 大体上定线

一条道路通常是以平面图和平面线形和纵面线形正视图来说明。这些图在很大程度上是分开设计，但要注意彼此的要求。主要考虑平面线形应当给出实际可行的最短线路，可是要回避购置费用或社会费用高的土地、引起工程上困难的地区或障碍物、以及可能包含大量土方工程或构造物费用的地域。至于政治上的考虑，在许多国家的平面线形布置必须交给公众审查，并在一定的设计阶段内“固定”下来，此后仍然允许变更纵面线形。纵面线形的设计是使它适合于沿所选定的平面线形的地面。平面线形和纵面线形的组合必须有满意的视觉质量。平面线形可以弄弯曲，给驾驶人员呈现出一种引人入胜的景色，缓和曲线可以延长，同时在平面线形和纵面线形中，小半径曲线可以相位对应，以避免视觉不良或者出事故。

3-4-2 线形要素的形式

平面线形传统上是以一连串直线、曲线和缓和曲线相连接组成，纵面线形是以一连串直线和抛物线相连接组成。

缓和曲线有这样的特性，其曲率半径沿着曲线逐渐地变化。在平面线形中，缓和曲线是必要的，使得驾驶人员能相当从容地转动方向盘而顺适的向前行驶，并使乘车人员不致遭受不舒适。有一种意见是在纵面线形中包含缓和曲线，但没有得到设计人员的赞同。对待平面线形中缓和曲线的态度，国与国之间有所不同。大多数国家采用缓和曲线，并且

根据动力学的考虑和（或）视觉上的考虑进行设计。

在英国和法国已试用一种非古典的线形形式（微小多项式的），其最小距离上的曲率并不遵守恒定法则或线性法则。这在附录Ⅲ内详加讨论。

3-5 道路定线和设计的顺序

在所有的经济合作与开发组织（O.E.C.D）国家内，道路设计在阶段上采取所谓初步设计阶段、可行设计阶段和最后设计阶段，或者用具有类似意思的名称。在初步设计阶段，道路设计者主要关心的是相当准确地预计一条道路的费用，以便判断修建它是否经济。在可行设计阶段，就高费用、困难和障碍等的原因来考查路线，而这些是必须避免的，以确保平面线形按照可以经济地修建道路的原则进行设计。最后设计阶段是选定最佳的路线，和细致地改进平面线形和纵面线形的设计，以得出最低费用。

每个阶段都标志着某些行政手续，例如，行政批准和资金分配，向政府部门和地方当局以及公众征询意见，取得用地等。

在这些设计阶段期间，可以有效地采用最优化或者类似的技术，进行下列研究和设计活动：

——在宽阔的感兴趣地带内选择路线：宽阔的感兴趣地带定义为，它可典型地和终点之间距离的四分之一那样宽。经过研究探索选出许多可能的路线，选择时要考虑交通需要，用地和建筑费用高的地区，以及社会上和政治上的问题。要同地方和政府部门及法定当局协商，以查明其对路线的特别要求或异议。在第一次审查时就淘汰了大多数路线，留下很少数路线供进一步研究。

——在中等宽度的感兴趣地带内设计平面线形：剩下的每条路线，以几百米宽的感兴趣地带来代替。在每个中等宽度地带内可以设计出几条平面线形，并选出其中最好的一条代表该路线。这些路线经过比较，取所有路线中最好者做出最后设计。这项路线设计，可能有一个或两个比较方案，送到负责部门审批，并列入一定的道路计划内。此路线经批准公布后，平面线形就“固定”下来。

——在狭窄的感兴趣地带内设计平面线形：在实践中，当详细设计该条道路时，可以在约30米的狭窄地带内进一步调整平面线形。

——纵面线形设计：在详细设计时可以随意改变纵面线形，一直到公布用地要求时为止。此后，如果不额外多占用土地，仍然可以改变纵面线形。

——土方工程的填挖方设计：每次设计出一条纵面线形，还必须设计出填挖方，以便给出最便宜的土方工程。

3-6 经济考虑

正如第3-2节所述，道路设计人员目标在于选择总费用最低的道路线位。它必须考虑的费用在第六章内列出。有些费用同其它费用是在不同时间发生的；建筑费用是在修建道路时必须支付的，而交通费用是经过几年时间才出现。为了比较这些费用，它们必须全部折成目前时价。假设现在可以取得用于将来费用的资金，这笔资金就可以到需要时才投资，由于存款利息将得到更多的资金。这种资金上的增加意味着，只需较少的资金就可满足将来的需要，而计算其减小的方法被称为折息。现在为支付将来费用所需的资金被称为它的“净现支值”。