

《震后重建的技术与政策文集(一)》

中国建筑技术发展中心

一九八九年二月



## 前 言

1988年建设部抗震办公室下达了“震后恢复与重建的技术与政策”研究课题，要求围绕震后恢复与重建，在总结国内外经验的基础上，着重研究影响震后恢复与重建的因素以及震后恢复与重建的技术和政策。课题从1988年开始到1990年完成。1988年的目标是：搜集资料，提出国内外震后恢复与重建经验报告。本文集就是本课题1988年部分工作成果的汇编。

本文集共汇编了八篇资料：有关震后重建决策的二篇，有关震后修复的二篇，有关震后现场考察的四篇，影响震后重建规划的因素与对策系研究总结，已刊登在《建筑学报》1988年第10期。

随着研究工作的发展，将陆续编印文集，以使研究成果能适时地得以传递和应用。

### 《震后恢复与重建的技术与政策》

课题研究组

叶 耀 先

陈 寿 梁

刘 志 刚

丁 绍 祥

夏 方

1989年2月

# 目 录

## 前言

### (一) 震后重建决策

1 . 《以重建经济政策为基础分析震后恢复》

2 . 《重建政策和技术, 实例: 1980年1月1日 Azores 群岛》

### (二) 震后修复

1 . 《修复工程的技术经济效益》

2 . 《震后修复工程》

### (三) 重大地震考察报告

1 . 《1980年意大利 Irninia 地震现场调查》

2 . 《1980年12月11日地震中塔什干现代住宅建筑的情况》

3 . 《1985年9月19日墨西哥地震现场调查》

4 . 《1985年墨西哥城地震的原因及其影响》

### (四) 影响震后重建规划的因素与对策

### (五) 八十年代世界大地震一览表

### (一) 震后重建决策

CHARLES SCAWTHORN

和

EVERARD M. LOFTING

( 英国 )

(美国)

## 提 要

震后重建经济政策必须处理哪些应该重建和怎样重建的问题即，各经济部门应该以什么顺序恢复和是否应该在原地重建。此类问题在工业不大发达的地区尤为重要，因为在这些地区，受未遭破坏的基础设施的现有开发模式的限制比较小。

本文讨论分析这类问题的两种方法并阐述若干结果。

(1) 投入——产出 (I-O) 模型。它描述了一个经济体系内的供求网络。且可找出恢复过程中最关键的部门。

(2) 城市经济模型或选址模型。它可对资本、运输和地震破坏加以限制，使地区部门选址优化。

## 1. 引言

尽管一个地区在震前可能已经有了经济上可靠的工商业，但震后救援而投入的资本和人力给发展与震前不同的模式提供了机会。对于工业不发达的地区尤其如此，因为这些地区开发得不如工业发达地区完整。而且常常破坏更为严重，几乎全部毁坏。(Ribaric, 1982)，这就是说，遭受严重地震破坏的工业不发达的地区可以比工业比较发达的地区更容易改变其发展模式。工业较发达地区由于建筑物和基础设施的重要部分常常能在地震中幸存，而被灾害前的发展模式限制住了。(Douty, 1977) 这样，地震救援就可使工业不发达的地区有



可能救助地震的直接破坏而且还能通过修改灾后发展模式，最大限度减少恢复需求和未来损失以减轻未来灾害的破坏。

有鉴于此，在本文中地震救援向地震破坏地区提出了两个问题：

哪些应该重建？怎样重建？

关于应该重建什么和怎样重建方面的问题涉及几种不同的情况。一种是相关经济部门的恢复问题，此时，必须考虑恢复运行能力，不是一项设施（例如：一座工厂）而是一个过程，一条供需链。另一种是重建该地区所需要的资金问题。通过改变土地利用减小地区总体地震危险可以减少重建所需的资金，鼓励在高于平均破坏水平的小区以外开发就是一种可行的办法，这种改变土地利用能减少将来地震中的损失。

本文通过介绍二种经济分析方法以及将它们用于减轻地震破坏来阐述这些问题。第一种方法是产际（产业间）模型或投入——产出模型，它描述了一个经济体系中的供需的联系或网络，从而可以确定恢复过程中关键环节。第二种方法是选址方法，它利用一个区域的城市经济模型使该区域总资金、运输和地震破坏费用最小。此外，要用这些概念把地震恢复从直觉过程，有时要重复过去的错误，推进到以分析为基础使地区发展优化的过程，这是一个漫长的历程。

## 2. 投入—产出（I—O）模型

### 2.1 背景和典型模型

投入—产出模型（也称为 I—O 模型或产际模型）是二次大战之前利昂节夫〔Leontief 1936〕从理论上提出来的，利昂节夫因为做出这项贡献随后获得了诺贝尔经济学奖。二次大战以后，部分地区由于和战争期间人力和物力的战略分配有关问题的刺激，曾经利用

1947年的经济统计建立了第一个大型的美国经济实际模型。现在，美国商务部为每个统计年定期提出揭示美国经济内部结构关系的详细的I—O模型。在亚（次）国家级水平上，投入—产出方法已发展成为区域经济的一块基石。因为这种方法允许分析者相当详细地追踪任何促进或亏损对经济的反响，所以，对于综合经济影响分析，这种方法已成为主要方法。

一个投入—产出模型提供了一种经济体系的极清晰的生动图像。它揭示了各经济部门之间相互依存的方式，还和可能的促进因素来源所谓：家庭消费、私人资本形式、政府采购和出口，最终消费有关。一般说来，其它方法是做不到的。

将经济体系划分成若干部门，其个数取决于几个因素，包括模型使用目的和建立模型的机构能支配的资源。为了更好地理解基本的I—O模型，让我们把注意力放在表1这种简化的、假设的模型上。要记住，一般说来，不会有什么机构去建立少到仅包括几个部门的I—O模型——这样高的集结程度会失掉太多关于经济结构的信息。这种经济图像的第一个要注意的方面是模型中的部门要包括诸如低工业化地区可能会出现各项经济活动：农业、农业部门某些产品的罐头生产线，为罐头加工业以及其它部门供电和供水，服务部门等。在这份简化的、假设的交易表中，罐头加工业/供电/供水部门可认为是加工部门整体。每个部门既是买方又是卖方，即，每个部门向每个其它部门采购投入，销售其产出。（尽管在有些情况下，实际交易可能是零。）该模型的名称，投入—产出，也正是来自这种双向进入的会计特征。

表1中的数据代表发生在一段特定时期内的经济交易，在表1情

表1 假设交易表 (\$ 百万 / 月)

| 买方<br>卖方  | 罐 头 |       | 电 力 | 水 供 | 服 务 部 门 | 家 庭 | 投 资 | 政 府 | 出 口 | 总 计 |
|-----------|-----|-------|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
|           | 农 业 | 加 工 业 |     |     |         |     |     |     |     |     |
| 农 业       | 5   | 40    | —   | —   | 5       | 10  | 5   | 10  | —   | 75  |
| 罐 头 加 工 业 | —   | —     | —   | —   | —       | 15  | 5   | 5   | 55  | 80  |
| 电 力       | 5   | 10    | —   | 5   | 10      | 5   | —   | 15  | —   | 50  |
| 供 水       | 10  | 15    | 5   | —   | 5       | 10  | —   | 5   | —   | 40  |
| 服 务 部 门   | 5   | 10    | 10  | 5   | 10      | 15  | 5   | 10  | —   | 70  |
| 进 口       | 10  | 5     | 10  | 20  | 10      |     |     |     |     |     |
| 增 值       | 40  | 10    | 25  | 10  | 30      |     |     |     |     |     |
| 总支出       | 75  | 80    | 50  | 40  | 70      |     |     |     |     |     |



况下，这些数据是部门的每个月度的交易，虽然该表一般是描述一年的交易，由于以后的例子，我们在这张表格里选择了月交易。这些数据反映了每个部门与其它经济部门买卖活动的大量信息。沿着行看，以服务部门为例，我们可以看到，在一个典型月份里，服务部门通过服务销售给农业部门五百万美元（例如，土壤分析），销售给罐头生产商壹仟万美元（例如，机器维修），销售给电力部门壹仟万美元（例如，保健），销售给供水部门伍百万美元（例如，工程分析），销售给服务部门本身壹仟万美元（例如，复印机），销售给家庭壹仟伍百万美元（例如，干洗），提供投资伍百万美元（例如，库存），销售给政府壹仟万美元（例如，食品服务），没有出口服务。服务部门的总销售（中间加最终）总和为每月柒仟万美元。

每一行表示各部门的销售情况，每一列表示采购情况。我们再来看服务部门，这个部门从农业采购伍百万美元（例如，原粮），从电力部门、供水部门以及服务部门本身的其它部门分别采购壹仟万、伍百万和壹仟万美元，进口壹仟万美元（例如，材料），以及增值叁仟万美元（例如，工资）。对服务部门的总投入为柒仟万美元，与服务部门的总产出数值相等。

因为遵从恒等式

总销售收入 = 总成本 + 利润

所以，对每个部门，总产出（销售）等于总投入（采购）。

表1的交易计及了每个具体部门和剩余财产的所有销售收入和成本，增值的平衡项。增值主要包括工资、利润、租金、利息、股利和营业税。



按上述方式。投入—产出交易表显示经济结构的快照。强调各经济部门之间的相互关系。正如上面提到的那样，美国和其它国家的经济（尤其是日本的经济）都定期建立详细的I—O模型。还提出了许多利用公布数据的非调查方法和按比例缩小全国表格的方法。例如，文献〔Lofting 1979〕的作者之一提出的方法能在美国县、乡级建立I—O表。尽管I—O模型创造的图像对于我们理解经济运行作用很大，I—O模型的用途远远超出这方面的作用。

在讨论I—O模型的其它优点之前，应该提一提该模型的一个限制条件。常用的I—O模型乃基于正常的经营条件和相对较小的产际关系变化。就是说，该模型是一个线性的、小位移模型。在应用到估计灾害影响和救援时，变化显然会是很大的，还会伴随大量的一种产品由另一种产品替代的情况。例如，在一座钢厂遭到破坏的地方，供应因此削减，在建筑业中，用混凝土，甚至木材代替，在仪表工业里，用塑料代替。下面将进一步讨论这一问题。

## 2.2 I—O模型在震后恢复中的应用

除了考虑初期应急医疗，食物和棚屋之外，任一灾害后都应确认经济重建政策，Cochrane〔Cochrane, 1975〕和Rose〔Rose, 1979〕都强调在应急管理政策和决策中使用小区域I—O模型。在本文中，从灾前经济结构开始，并根据生产能力的损失估计破坏，修改经济模型来反映灾后条件以考虑货物替代为特定的基础可对模型作进一步修改。正如Rose和Cochrane所建议的那样，修改后的模型可化为线性规划(LP)形式，并且当地产品或其它经济措施把问题扩大成了特定的经济限制。于是，恢复战略可从这些“瓶颈”（障碍）的连续破坏为依据，这些障碍使当地的产品、就业或收入获

得最大增长。在实际做法上，选择措施所依据的统计是需要的，但是，如果把模型运行结果明确而符合实际地提出来，那么它就在某种程度上有助于协调多种多样的利益。

现用一个简单例子来说明此观点，看表1的经济体系，比如说，发生了一次地震，只有供电、供水设施遭到破坏。这样在供电、供水能力得到某些恢复以前，罐头工业不能运行。为了说明起见，比如说有两个可行的方案。如图1所示。方案A集中技术力量、设备和恢复资源尽快地恢复电力，把供水的完全恢复推迟4个月。一个月之后只有50%的供水量。方案B，2个月后完全恢复供水能力，代价是1到4月期间只有50%的供电量。在这两种方案里，头1个月是受严重且不可避免灾害影响的一个月。正常渠道没有水电供应。

表2表示在表1假设交易表的关系基础上方案A和B的后果。对于两种方案我们都假定家庭劳动、（电或水）、农业和罐头业在次序上优先于其余部门（投资、政府、出口）。对方案A，我们看到供水是一个主要障碍，在2—4月期间限制了充足电力的作用。出口为零，整个经济的增值在1—4月期间为1亿9千万美元。方案B，集中恢复供水，允许罐头工业在第二个月恢复出口。1—4月期间获得总出口为1亿1千万美元，增值（约等价于雇工费）为2亿5百万美元。在一个具体经济体系中，现金出口收入或增值和有关的充分就业可能是目标。这里要指出的一点是I—O模型可在恢复过程中识别关键部门。尽管这里的例子极为简单。一个真实的经济根本没那么简单地完全包含在其相互关系中，或分配稀缺的恢复资源。对于一个地区，I—O模型常是现成的，或者是不叫建立的，它可以用来显著改善援助分配和恢复过程。



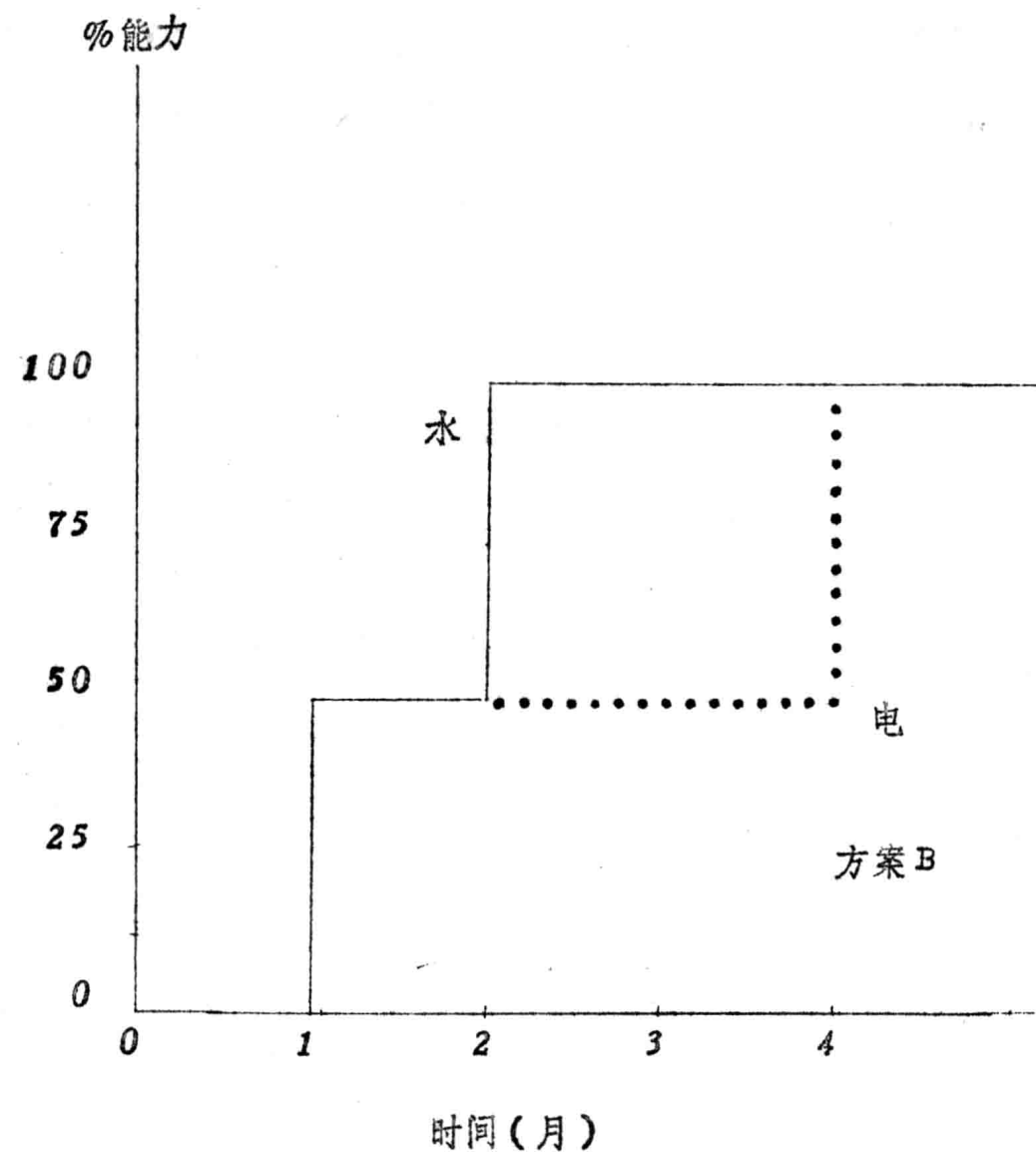
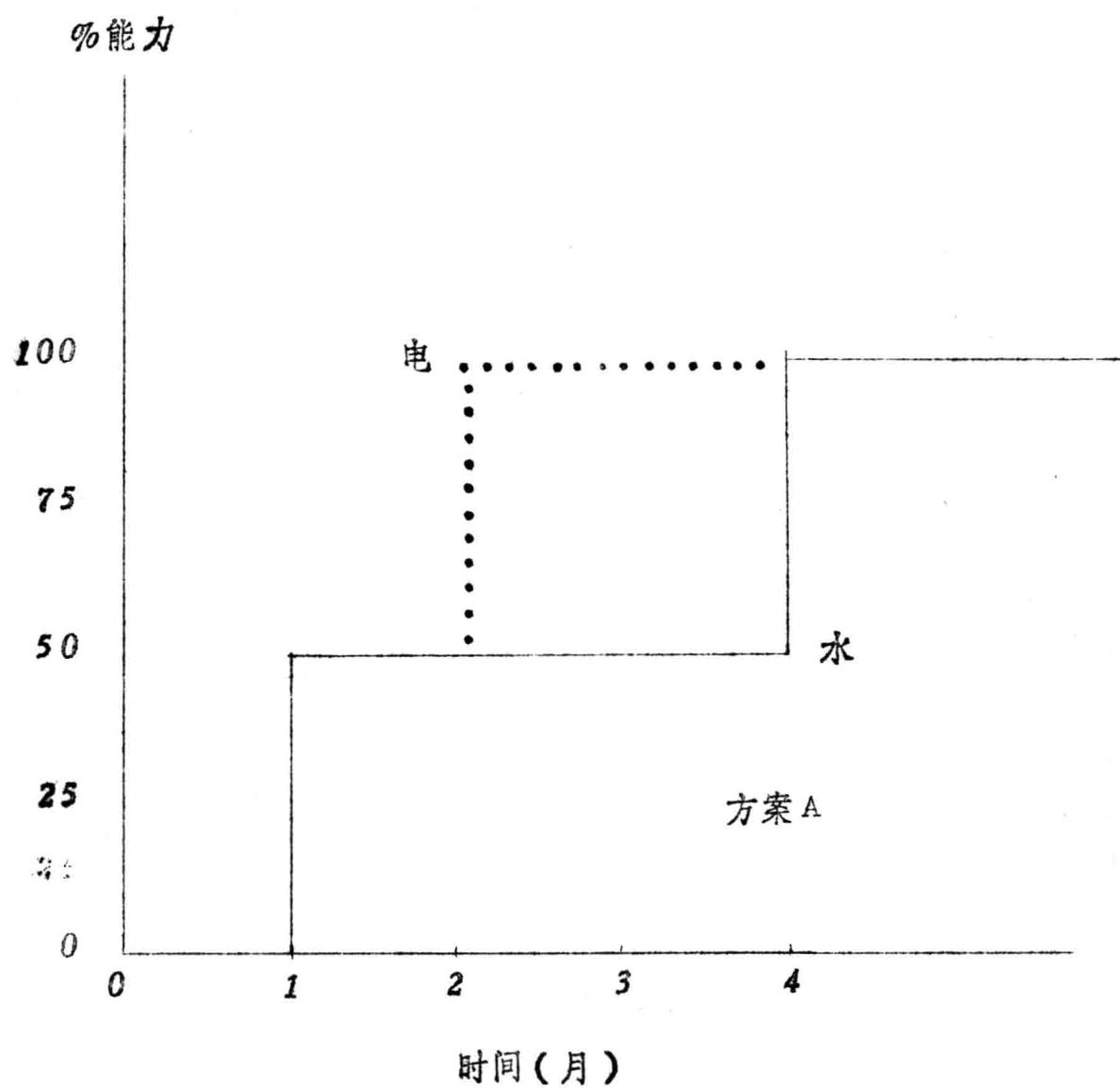


图1：震后恢复的两个方案（水——，电……）

| 时间   | 能 力                  |                    |   | \$ 百万 / 月 |      | 以下部门购买  |     |        |           |
|------|----------------------|--------------------|---|-----------|------|---------|-----|--------|-----------|
| (月)  | 电力                   | 供水                 |   | 家 庭       | 供 水  | 电 力     | 农 业 | 罐头加工业  | 其 它       |
| 方案 A |                      |                    |   |           |      |         |     |        |           |
| 1—2  | 50% <del>=27.5</del> | 25% <del>=20</del> | 水 | 7.5       | —    | 2.5     | 10  | —      | —         |
|      |                      |                    | 电 | 5.0       | 1.25 | —       | 5   | —(10)* | —(16.25)* |
| 2—3  | 100% <del>=50</del>  | 20                 | 水 | 7.5       | —    | 2.5(5)* | 10  | —      | —         |
|      |                      |                    | 电 | 5.0       | 1.25 | —       | 5   | —(10)* | —(43.5)*  |
| 3—4  | 55                   | 20                 | 水 | 7.5       | —    | 2.5(5)* | 10  | —      | —         |
|      |                      |                    | 电 | 5.0       | 1.25 | —       | 5   | —(10)* | —(43.5)*  |

A: 总出口=0

总增值=三个月时间壹亿玖仟万\$

|      |      |    |   |     |      |     |    |        |           |
|------|------|----|---|-----|------|-----|----|--------|-----------|
| 方案 B |      |    |   |     |      |     |    |        |           |
| 1—2  | 27.5 | 20 | 水 | 7.5 | —    | 2.5 | 10 | —      | —         |
|      |      |    | 电 | 5.0 | 1.25 | —   | 5  | -(10)* | -(16.25)* |
| 2—3  | 27.5 | 40 | 水 | 10  | —    | 2.5 | 10 | 15     | 2.5       |
|      |      |    | 电 | 5   | 5    | —   | 5  | 10     | 2.5       |
| 3—4  | 27.5 | 40 | 水 | 10  | —    | 2.5 | 10 | 15     | 2.5       |
|      |      |    | 电 | 5   | 5    | —   | 5  | 10     | 2.5       |

B: 总出口=三个月时间壹亿壹仟万\$

总增值=三个月时间贰亿伍百万\$

( ) \* 内的数量表示由于缺少其它商品(如: 电力和供水)

而未能开发的供电供水潜在能力。



### 3. 减轻地震危害的选址方法

#### 3.1 背景

当在一个地区面临地震危险时，减轻地震危害的选址方法包括考虑结构物或设施变更场地，这和在固定场地考虑改变结构设计水平完全相反。这种方法来自城市经济学理论（参看〔Mills, 1972〕，该书对基本理论有很好的解释），最近已被用于减轻地震破坏〔Scanthorn 等1982〕。由于历史的和地理的原因，许多地区发展中心集中在高地震破坏区。这些高破坏区可能是深冲积土层或近似水体的其它软弱土壤，因而地震时，这些土壤因受到长持时强运动而发生地面破坏和（或）液化。这就是说，我们发现最高价值集中在预期有最大破坏的土地上。旧金山、东京、大阪、墨西哥城、马尼拉都是展示这些特点的大城市的例子。而且几乎所有地区都以不同程度显示这些特点。有了这种观点，直观上很明显可知，通过避开易破坏的土壤条件地段建设就能减少资金投入和破坏。我们所说的资金投入指的是对抵抗地震力所必需的钢材、混凝土等的资金要求——在预期破坏较高的地区，对这些材料需求越多，所需资金也就越多。在高于平均预期破坏的地区，由于地震引起的破坏所造成的材料损失越多，资金的损失也越多。若凭直觉，显然会认为应该离开高破坏地区建设。然而，问题是迁移要花多少钱？就是说；我们需要定量分析易地发展、建筑物和人口的迁移。图1解释了这个概念。通常存在的人口分布由人口密度按指数规律衰减，从区域中心（称为中心商业区，或CBD）向外的轴对称‘马戏团帐篷’式图形来表示。在一座理想的都市里，由于运输费用与住房费用之比，（一个具体地方的）人口按这种形式分布——确实能表明帐篷（图形形状——译者注）是资金和运输费用

的函数。自然，在一个实际地区，由于局部地理条件变化（小山、风光、气候）历史因素（奠基地点）和交通因素，如从政治上确定交通系统，人口分布不会如图1所示呈对称分布。但是，一般来说，城市经济学已经证明，弄清了决定这些分布的因素后，它是区域建筑与人口分布的可靠而合理的模型。图1还示出了一个斜平面，称为损坏函数。这个斜平面可看成是基岩地层的表面。所以，介入空间就是到基岩的深度，或 *Isoreach*。正如在许多城市地区发现的那样，这个介入空间被软弱的、抗震差的土壤所填充，这些土壤通常是原始或新近冲积成的。这样图1中，冲积层的深度是左边深，右边浅——而破坏函数是右边高（预期破坏高）左边低〔注〕如果人口和（或）建筑物的决策者了解这种破坏函数并对此做出合理反映，那么人口和发展将象如图所示避免高破坏区往右迁移，移向低破坏区。这种迁移可表示成与资金和运输费用有关的预期地震破坏的函数〔Scawthorn 1982〕。

在经济模型中考虑地震破坏概念，可借助于费用——效益分析使迁移量化，在这里，为了确定使该地区总费用最小的人口和建筑物密度分布就要权衡运输、土地开发、结构物和地震破坏费用。这样就可减少该地区资金（即，结构费用）。正如引言中所指出的，由于在低工业化地区，承担维持现状的要求较小，一次强烈破坏地震以后，这种方法在该地区应用的可能性就特别大。

〔注〕：此处似应为破坏函数左边高，右边低——译者。



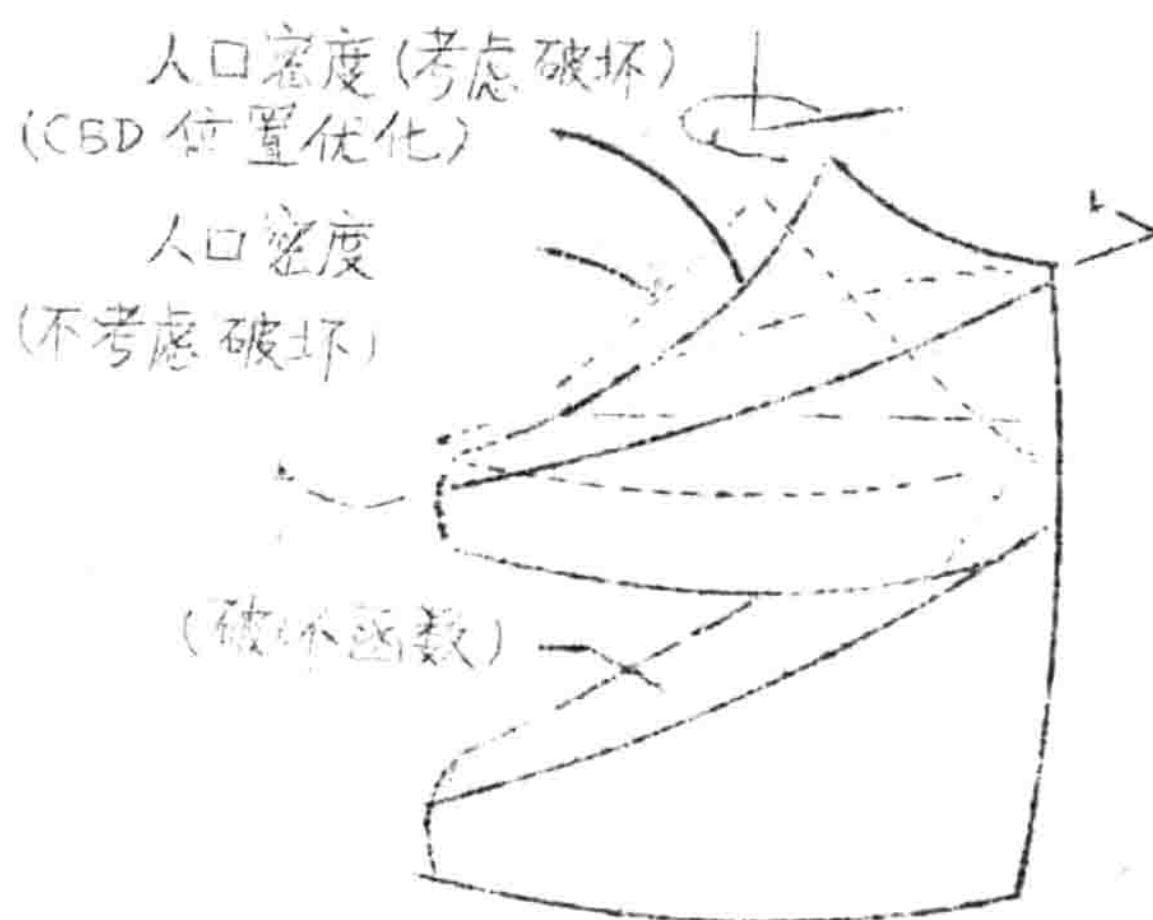


图 1

### 3.2 理论和应用

选址方法的理论在许多文献 [Scawthorn 1984] 中都曾作过详细介绍, 在这里只作简要说明。它基本上包括借助于线性规划 (LP) 求目标函数  $Z$  的最小值, 在这里  $Z$  为:

$$Z = R_c a_c P_i [1 + D_i] + R_L a_L P_i + R_T a_T (x, y) P_i \quad (1)$$

式中  $R_c$  = 基本资金 (类似地,  $R_L, R_T$  分别是土地和交通运输的资金)。

$a_c$  = 基本资金生产率系数 (即, 生产  $P_i$  的单位产出所需要的资本投入)

( $a_L$ : 类似地为土地生产率系数)

$P_i$  = 在每个  $(x, y)$  地点的产品  $i$  (例如, 二层楼的工厂)

$D_i$  = 产品  $i$  的地震破坏 (以总值的百分数表示)

$a_T(x, y)$  = 在  $(x, y)$  地点,  $P_i$  所需的运输

这是最小值。要受生产数量充足的每种产品  $P_i$ , 把产品运输到销售点的约束, 还要受到现有土地的约束。还可能含有其他附加约束, 如所考虑的具体地区的约束。在工业不发达地区, 一种具体产品的生产可能会受到缺乏熟练劳力的限制。这种模型已发展成一个计算机程序, 称为 LOCRESK, 并已应用到一个实例研究区, 即旧金山市。

### 3.3 在旧金山市的应用

做为一个实例研究区, 上述方法已被用于旧金山市。选择旧金山是由于该市地震活动高, 土壤和建筑物类型多, 以及中心商业区 (CBD) 位于对抗震不利的土层上。对旧金山的地震危险来自圣·安德斯断层和海伍德断层。前者是著名的 1906 年地震与火灾的根源, 后者要比著名的圣·安德斯断层更接近中心商业区, 并曾于 1868 年和 1836 年破裂过。圣·Gregorio 断层危险较小但仍有潜在危险。Lindh [Lindh 1983]。最近曾估计旧金山半岛地区的圣·安德斯断层一直具有约等于 0.5% 的发生 7 级地震的年概率, 在 1982 年—2012 年期间, 这样的地震的发生概率约为 23%。对海伍德断层也做了相似的估计, 在它的北段, 具有同样的发生 6.5 级—7 级地震的概率。这样, 我们知道, 今后 30 年里旧金山市的邻近地区有大约 50—50 次发生大地震的机会。

旧金山显示出各种土壤类型——从大面积的岩石露头到 19 世纪末期就倾倒在旧金山湾的含有沙丘的软弱松散人造土壤。这一特定地



区。是城市中心商业区的大部分现址，也是1906年地震地面严重破坏和液化的地段。然而，应该指出的是，甚至在这片土质条件不好的地区，基础好的建筑物在1906年的地震中表现良好（例如，建在桩基础上的Ferry建筑。）从二十世纪六十年代末期以来，旧金山兴建了大量的建筑，除现有约4千万平方英尺的办公面积以外，到2000年预期要增加办公面积约3千万平方英尺。

图2表示旧金山市结构与占用分布的LOCBSK图。未考虑地震破坏。注意，城市运转费用每年为16.9亿，LOCBSK有效地再现了旧金山，使办公活动中心与指定的中心商业区重合。对于这些运转费用尚应增加每年为3亿1千2百万美元的抗震结构和内部陈设费用，这是由每种结构、土壤和占用的简单结构破坏，再乘以3以包括对内部陈设和占用者的总破坏估算出来的。

这样，对于该城市，每年总运转费用，包括地震破坏，为20.02亿美元（1982年美元）图3表示中心商业区位置与图2相同的城市，但结构物和用户自由地寻找其抗震最优地点，而对每个公式1，利用常规的线性规划求出极小值，并受到旧金山海湾地区交通和经常往来的现有模式的约束。这就是说，我们限制通过金门桥和海湾桥等的现有交通流，绘出图3（和图2）。另外一个方案是模拟整个海湾地区并确定最优交通流量和桥梁地点。然而，目前桥梁的地点在任一地震下可能都是最优的海湾横渡。更大的研究超出了本研究的范围。图3的结果是每年净节约7千6百万美元，总运行费用地震破坏减少到2.16亿美元或减少9千6百万美元或减少30%或约为由于使用减轻地震危害的选址方法节约4%。