

西安市城市地质环境与土地工程能力评价

李显忠

(建设部综合勘察研究设计院,北京 100007)

摘要:从城市地学资料入手,详细研究了西安市的地质环境主题,采用了相应的模型,对土地工程能力进行了综合评价,为制定城市土地利用工程控制措施提供了科学依据。

关键词:地质环境;土地利用能力;定量评价。

中图分类号: P610.10 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)06-0638-04

作者简介:李显忠,男,副研究员,1965年生,1990年获中国建筑科学研究院岩土工程硕士学位,现主要从事城市地质环境和土地工程能力评价以及岩土工程与工程地质方面的研究工作。

0 引言

西安市地处我国中部,是驰名中外的历史文化古城。为了满足城市日益增长的社会、经济发展需要,避免和减少由于各种潜在的灾害与工程活动诱发的灾害所带来的经济损失,充分挖掘西安城市范围内高质量环境与土地资源的开发潜力,对低质量环境与土地的开发给予必要的控制和积极的工程处理,最大限度地促进城市发展与环境协调,充分发挥和提高城市的经济、社会与环境效益,进行了此项研究。

城市是人类生活最集中、土地利用最密集的地区,也是土地开发对环境干扰和环境对人类工程活动反馈最强烈的地区之一。对于土地工程利用能力评价的重要性无需质疑。正是通过它,一方面要最大限度地发挥土地赋存的环境条件所表现出来的资源能力,另一方面又要最大限度地减少环境条件所起的制约作用^[1~3]。

通过以往的研究实践,确定实用于西安市的研究技术路线,要点如下:(1)认识城市地质环境质量、城市环境的生态变异和地质灾害孕育和发生过程是一个受控于城市环境地质条件现状的动态系统过程;(2)查明这一动态系统过程的关键在于查清城市

地质环境的主题要素;(3)结合现有资料,建立地学信息钻孔数据库,评价物理模型、经济模型以及综合评价的数学模型;(4)对场地的土地工程能力进行综合技术、经济评价;(5)从土地利用、防灾及生态保护出发,编制城市开发及土地控制条例;(6)不断引进、开发、利用新技术、新方法,保证使用资料的可靠性,提高城市土地工程利用评价的精度。

西安市地质环境与土地工程能力评价成果,经应用实践证明已为西安市城市合理开发利用土地资源并对土地利用进行必要的控制提供了科学的决策依据,其成果具有以下优点和创新点:(1)不仅全面分析了西安市的地质环境主题要素,而且综合分析考虑了城市规划的要求和社会经济要素,这从根本上改变了过去传统地学编图只考虑地学本学科表达的规范性、系统性,而忽略了如何在城市规划中运用的可操作性、综合性的常规做法;(2)沟通了城市规划师和地学专家在专业领域的交流渠道,直观易懂,便于非专业人员理解和接受,大大提高了工程地质图系的使用价值,为城市用地发展确定了正确选择方向;(3)对高灾害区的土地利用进行了必要的工程控制,大大降低了灾害的损失费用,社会效益显著。

本文对城市地质环境与土地工程能力评价方法已成功应用于南京、唐山、海口、南宁、成都、东营等城市总体规划修编项目,取得了显著的社会效益和经济效益。

1 地质环境的主题特征

地质环境主题的确定,应能够表达地质环境利用和保护的突出特点.内容上,要依据现有的环境地质问题和已产生的或潜在的地质灾害来确定,还要反映地质环境利用过程中土地工程潜力开发的成功经验,二者都是为了在评价时能较科学准确地表现地质环境的质量等级;此外,主题特征应具有典型性和空间区域性两者相统一的特点,不但要求内容的典型性,还要求空间上有较大范围的覆盖.

根据上述原则,通过对地质环境的研究,西安市地质环境主题特征可确定为:(1)地震及场地伴生震害影响;(2)地裂缝及地面沉降;(3)湿陷性黄土地基;(4)饱和软黄土;(5)人工填土.

2 土地工程能力的综合技术分析

土地工程能力是土地利用时土地所赋存和表现出的土地工程属性方面的不同内容.城市地质环境表现的 3 种突出属性是特性、稳定性和适宜性.特性是土地依存的地质环境所固有的一种基本特征;稳定性是依存地质环境的土地资源用作某种专门工程用途时,土地所能表现的安全性能力;适宜性则是依存地质环境的土地资源,被广泛应用时所表现出的技术经济条件的优劣程度.

在正确捕捉城市地质环境主题特征的基础上与场地的特性、稳定性、适宜性进行联系分析,筛选和构造出评判信息主因素,并落实到场地单元三种属性与综合属性的计算分析评价中.

城市土地工程能力评判模型的建立过程要以层次分析为基础,建立起与层次关系相适应的单层综合评判结构模型和多层综合评判结构模型.单层综合评判结构模型要完成以场地单元三种属性为出发点的土地工程能力的评判,而多层综合评判结构模型则需在单层评判结果基础上,完成综合程度最高的土地工程能力的评价.

2.1 单层综合评判结构模型

建模过程如下:

设场地单元 X_j 为某种属性评判因素的信息集 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im})$, X_{ij} 表示单元 X_i 被考虑的第 j 个因素信息值, $j = 1, 2, \dots, m$; 决断集 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$, V_i 表示评判的结果; 权数集 $A = \{a_1,$

$a_2, \dots, a_m\}$, a_j 称是第 j 个因素被考虑的权数.

设第 j 个因素的单因素评判结果 $R_j = (r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1k})$, 因而可得到 m 个因素的总评判矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mk} \end{bmatrix}$$

式中: r_{ji} 表示某场地单元第 j 个因素属于评判结果 V_i 的隶属度. r_{ji} 的取值, 视具体情况, 可通过专业方式、专家评分或统计等方法获得.

考虑权数分配影响, 得到综合评判 $B = A \cdot R$

上述单层综合评判结构模型如图 1 所示:



图 1 单层综合评判结构模型

Fig. 1 Structural model of comprehensive judgment for single layer

2.2 多层综合评判结构模型

建模可按下面步骤进行:

第一步: 将因素集 $X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$ 按某种属性分成 S 个子集, 记作: X_1, X_2, \dots, X_S , 满足 $\sum X_i = X$, 设每个集 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im})$, $i = 1, 2, \dots, S$; 则有 $\sum m_i = m$; 第二步: 对于每个子集 X_i 按单层次分别进行综合评判, 设 X_i 的诸因素权重分配为 A_i , X_i 的单因素评价矩阵为 R_i , 则得到: $B_i = A_i \cdot R_i$, $i = 1, 2, \dots, S$; 第三步: 将每个子集作为一个元素看待, 用 B_i 作为它的单因素评判, 这样 $R =$

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ \vdots \\ B_S \end{bmatrix}$$

是 (X_1, X_2, \dots, X_S) 的单因素评判矩阵, 每个

X_i 作为 X 中的一部分, 反映了 X 的某种属性, 按它们的重要性给出权重分配 A , 于是有: $B = A \cdot R =$

$$A \cdot \begin{bmatrix} A_1 \cdot R_1 \\ \vdots \\ A_S \cdot R_S \end{bmatrix}$$

框图如图 2 所示.

这里给出的是双层综合评判结构模型, 若在层次划分中, 得到的 (X_1, X_2, \dots, X_S) 仍含有较多的因素, 可对它再作划分, 得到三级以至更多级的综合评判结构模型.

根据评判结构模型及其所需容纳的评判信息与具体数字模型或方法相结合, 落实到场地单元进行计算分析或综合, 这一过程可归结为评价模型的形式

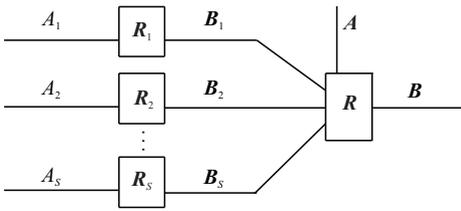


图 2 多层综合评判结构模型

Fig. 2 Structural model of comprehensive judgment for multilayer

成与使用。

西安市场地单元的特性、稳定性、适宜性以及三种属性综合的土地工程能力所使用的评价模型如下：(1)特性评价模型：模糊软划分；(2)稳定性评价模型：逻辑信息法；(3)适宜性评价模型：模式识别与最优隶属评判；(4)土地工程能力：模糊综合评判。

3 土地工程能力的综合经济分析

土地工程开发不仅与社会政治、科技及经济系统关系密切，而且与地质环境系统共存于大自然。因此土地工程开发综合经济分析要立足于城市地质环境主题特征研究基础上，并与社会经济相结合。对此，我们运用费用损失指标分析法来实现^[4~6]。

费用损失指标分析原理如下：

假定所有的随机事件都决定费用，服从泊松分布，而其中每一事件都假定与其他事件相独立，且发生概率在任何时间都是一个常数，那么这几个事件在给定的 Δt_n 时间服从泊松分布，发生概率为：

$$P = \frac{(\lambda \cdot \Delta t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda} \quad (1)$$

其中： λ 为事件重发概率。不难看出，如果这些事件在时间间隔 t 中服从泊松分布，那么下个事件从目前起将发生在 t 单位时间的概率服从幂指数分布，其概率为：

$$P = \lambda \cdot e^{-\lambda} \quad (2)$$

事件重发间隔时间 t 为：

$$t = \int_0^{\infty} \lambda t e^{-\lambda t} dt = 1/\lambda \quad (3)$$

在计算所有期望费用时，除了折价比外，假定每事件的费用都是常数。令 X 等于时间 t 时每事件的费用，那么时间 t 时的费用目前的折价值为： $Xe^{-\gamma t}$ ，则下次事件产生的期望费用为：

$$\int_0^{\infty} (Xe^{-\gamma t}) \cdot \lambda e^{-\lambda t} dt = \frac{\lambda}{\lambda + \gamma} \cdot X \quad (4)$$

其中： γ 为折价比。对于损失能够重复发生的事件，应计算将来所有事件的期望费用。首先计算在 t_1 时刻发生第一次事件情况下，第二次事件在 t_2 时发生的概率 P_2 为：

$$P_2 = P_{12} \cdot P_1 = \lambda^2 e^{-\lambda t_2} \quad (5)$$

由此推出至第 t_n 时 n 次事件发生下的概率 P_n 为：

$$P_n = \lambda^n e^{-\lambda t_n} \quad (6)$$

因而第一次 n 个事件的期望费用为：

$$X \sum_{i=1}^n \frac{\lambda^i}{(\lambda + \gamma)^i} \quad (7)$$

对所有将来事件的期望费用则为：

$$\lim_{n \rightarrow \infty} X \sum_{i=1}^n \frac{\lambda^i}{(\lambda + \gamma)^i} = \frac{\lambda}{\gamma} \cdot X \quad (8)$$

西安市土地开发费用组成包括如下几个方面：

(1)岩土承载体费用：指岩土承载体为保证建筑物安全而进行必要的地基处理费用。地基处理费用主要包括湿陷性黄土地基、饱和软黄土、人工填土和饱和土液化的处理费用。这部分费用为基本费用，采用经验统计法计算。(2)地震损失费用：指在地震作用下建筑物及室内资产所遭受破坏的损失费用及工业停产而产生的损失费用。地震损失费用属灾害风险费用，采用泊松分布风险法进行计算。(3)地裂缝及地面沉降损失费用：指在地裂缝及地面沉降作用下建筑物遭受破坏进行处理的损失费用，属灾害风险费用，用泊松分布风险法进行计算。(4)活动断裂带损失费用：指西安市东南的长安—临潼大断裂在地震时遭受破坏的损失费用。

以上四大方面土地开发费用分别按低层住宅、多层公寓住宅、高层住宅、工业生产、商业营业、教育科研医疗卫生与办公用地 7 种土地利用类型，西安市划分为 417 个评价单元进行分项计算，结果编制成不同土地利用类型的土地工程能力图。

4 结论

本文对西安市地质环境敏感性的分析，在技术分析上属定性，在经济分析上属定量。凡属费用高和敏感性高者，要求在开发技术上重点对待，防止向场地属性不利影响的方面恶化，从而造成更大损失。

对西安市，从技术分析看，整体来讲，场地适宜性敏感性最高，稳定性次之，特性低，即场地的土地工程能力图与场地适宜性分布图相关性最大，与场

地稳定性分布图相关性次之,与场地特性分布图相关性最小。

从费用分析看,7种土地利用类型,均受地震及不良地基土影响最大,沉降损失次之,地裂缝损失最小。但需注意,西安市的计算分析是建立在 $1\ 000\text{ m}\times 1\ 000\text{ m}$ 的单元网格划分基础上的,地裂缝由于受影响宽度的限制,在千米网格中所占比例较小,故绝对损失值小。这对于为大面积城市整体规划服务的土地工程能力评价中是允许的,但具体到单体建筑,则地裂缝造成的损失最大,故在具体建筑或小区规划时需考虑大面积土地能力的基础上,严格按《西安市地裂缝场地勘察与工程设计规程(DBJ24-6-88)》进行。

参考文献:

- [1] 李显忠,方鸿琪.南京市土地利用定量分析[J].工程勘察,1991,(1):5~11.
- [2] 李显忠,方鸿琪.唐山市土地利用定量分析[J].工程勘察,1992,(3):1~6.
- [3] 方鸿琪,杨闽中.城市工程地质环境分析原理[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.387~395.
- [4] Laird R T. Quantitative land-capability analysis [J]. Professional Paper of USGS, 1979: 945.
- [5] 毛同夏,石宏仁,张丽君.区域地质环境的定量评价和预测[J].地学前缘,1996,3(2):141~146.
- [6] 苗德廉,李显忠,陈景秋,等.西安城市工程地质图集[M].西安:西安地图出版社,1998.185~223.

EVALUATION OF URBAN GEOLOGICAL ENVIRONMENT AND LAND UTILIZATION CAPABILITY IN XI'AN CITY

Li Xianzhong

(*Institute of Comprehensive Geotechnical Investigation and Surveying, Ministry of Construction, Beijing 100007, China*)

Abstract: In this paper, the geological references of the Xi'an city are employed to make an detailed investigation into the geological environment of the Xi'an city. In addition, the corresponding model is employed to make a comprehensive evaluation of the land utilization capability, providing a scientific basis for the decision making of the controlling measures for urban land-utilization projects.

Key words: geological environment; land utilization capability; quantitative evaluation.