

# 黄土地区城市建设用地影响因素分析及评价方法研究

——以咸阳市城区建设用地为例

苏英<sup>1</sup>, 杜忠潮<sup>1</sup>, 刘俊峰<sup>2</sup>

(1. 咸阳师范学院资源环境与城市科学系, 陕西 咸阳 712000; 2. 咸阳市建筑设计研究院, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 在工程勘察资料的基础上, 采用定性定量相结合的层次分析方法, 筛选主要影响因子对咸阳市区建设用地质量等级进行评价, 为城市规划及建设用地地价评估提供依据。研究表明: 影响咸阳市区建设用地质量的主要因子除地基土承载力外, 还需考虑黄土湿陷性和砂土液化等影响建筑地基处理成本的因素, 地下墓穴坑洞与洪水淹没也是滨河古城建设用地质量评价中不可忽视的因素。咸阳市区土地质量可分五等, 以二等地面积最大, 一等地次之, 三、四、五等地面积较小。

**关键词:** 城市; 黄土地区; 建设用地; 质量评价

中图分类号: TU444

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)04-0185-04

## Research on the Effect Factors and Evaluate Methods of the Cityland for Constructing Engineering in Loess Region

——Taking the Land in Xianyang Downtown Area As an Example

SU Ying<sup>1</sup>; DU Zhong-chao<sup>1</sup>; LIU Jun-feng<sup>2</sup>

(1. Department of Resources Environment and Urban Science, Xianyang Normal College, Xianyang, Shaanxi 712000, China; 2. Xianyang Architecture Design Research Institute, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** Based on the reconnaissance data of the building, the quality grade of the city land for constructing engineering in Xianyang downtown area was evaluated by choosing the main influence factor and adopting the AHP methods of qualitative and quantitative analysis, in order to provide the basis of the city planning and estimating the city land. The results show besides the foundation carrying capacity, the factors, such as loess wet-sinking and sandy soil liquefying are main factors that influence the cost of the constructing engineering in loess river valley region; the factors of underground grave pit and the flooding are needed to be considered at both riversides. The land quality in Xianyang downtown area is divided into five grades, the second grade land is the biggest one, followed by the first, third, fourth and fifth grade of land.

**Key words:** city; loess region; the city lands for constructing engineering use; quality evaluation

城市建设用地质量评价是一个受多方面因素影响的复杂系统工程问题。考虑城市规划及其建设发展的要求, 对城市各自然要素作综合研究的基础上, 采用一定的定量、定性方法, 对城市用地质量等级进行分析评定划分, 对于制定城市改建、扩展及发展规划, 组织城市功能区结构乃至估算城市地价等有着重要的意义。

### 1 基本思路与基础资料

#### 1.1 基本思路

城市土地作为一种空间、住所、环境, 其承载的主要是建筑物和构筑物。对于城市土地的质量评价, 着眼于土地利用

的空间布局, 主要考虑城市工程建设与土地因子之间的关系, 即对建筑工程地基状况有重大影响的工程地质、地貌、水文等因子, 也考虑建筑技术的可能性、建设实用性、社会效益及视觉美感等人文因子。其目的在于为合理制定利用城市土地规划、提高城市承载能力及其负荷功能、生产功能、环境功能、美学功能等提供科学依据。

基于上述分析, 城市建设用地质量评价应当遵循适宜性与限制性; 综合分析主导因子分析; 简明实用等科学原则。首先对城市范围的土地划分土地类型, 再根据城市所在自然地理区域特征选取对当地工程建设用地质量影响较大的自然因子, 建立具有系统结构的评价指标体系, 参照工程建筑

① 收稿日期: 2004-08-07

基金项目: 陕西省教育厅专项科研基金(02JK200); 咸阳师范学院科研基金(00—17)

作者简介: 苏英(1961—), 女, 陕西泾阳人, 咸阳师范学院副教授, 从事资源环境与城市科学教学及研究工作。

用地的通用标准规范, 确定影响城市土地质量的主要因子及其分等标准, 采用一定的数学模型, 对城市建设用地质量做出具有普适性参照价值的综合评价。

### 1.2 基础资料

本项研究采用的基础资料源于咸阳市近 20 年间在市区完成的岩土工程勘察资料, 筛选具有代表性的 92 例。其在各地貌单元的分布为河流三级阶地 12 例、二级阶地 38 例、一级阶地 30 例、高河漫滩 12 例, 经整理摘录出其中主要的参数数据作为主要评价因子的指标。

## 2 研究区(咸阳市城区)土地类型划分

### 2.1 划分方法

就目前已有的研究成果来看, 城市土地质量评价的基本途径有二: 一是对研究区作等面积的网格划分, 再分网格进行土地质量评价, 最终形成网状质量等级图<sup>[1]</sup>; 二是在划分土地类型的基础上, 提取评价因子的信息, 对不同类型土地作质量评价, 得出研究区土地综合质量等级图<sup>[2]</sup>。本研究采用后一种方法, 其优点在于发挥自然地理学优势, 较为准确的获取各土地类型的评价因子信息, 并使每组信息皆有明显的代表性。据此, 宜首先对咸阳市区土地进行分类, 作为评价单元。

咸阳市建成区范围的土地分异, 主要是非地带性因子引起的地方性分异<sup>[3]</sup>, 从而地貌与地表组成物质成为城市土地的主导分异因子。故应对城市工程建设具有重大影响的地貌形态和地表物质组成特征作为其土地类型划分的依据。

### 2.2 咸阳市区工程建设用地分类系统

咸阳市城区濒临渭河, 地貌单元整体上属于渭河平原。城市建成区大部分位处渭河一、二级阶地, 沿河流走向东西伸展, 东郊主体为高河漫滩, 大部分中心城区与南郊为一级阶地、西郊为二级阶地, 北郊为河流三级阶地与黄土台塬(图 1)。市区内地势北高南低、西高东低, 近地表组成物质主要为第四系风积黄土、残积古土壤及河流冲积黄土状粉质黏土、粉质黏土、粉土及砂土为主。从城市发展及其远景规划看<sup>①</sup>, 整个城市建成区分为西郊电子工业出口区、市中心区、东郊石油化工仓储区、北郊文教旅游区和南郊新开发区等五个功能区。根据城市地貌形态及第四纪地层结构的差异, 将该市区土地类型划分如下:

河道滩地: 1 淤泥及粉、细砂滨河滩地(河漫滩); 2 冲积粉土、中细砂高河漫滩。

河流阶地与台塬: 1 薄层冲积黄土、粉质黏土河流低阶地(一级阶地); 2 薄层风积黄土河流低阶地(二级阶地); 3 厚层风积黄土河流高阶地(三级阶地)及黄土台塬。

显然, 对咸阳市区建设用地类型的划分, 基本上是以地貌类型为单元, 并考虑第四纪地层结构的差异给出上述分类体系。

## 3 评价因素分析与指标体系建立

据城市工程建设用地的自然条件与人为影响因素, 结合

黄土地区地层结构及其物质组成的特性, 综合分析影响城市建设用地的限制因子, 将评价因素分为如下四大类(表 1):

因素	权重	因子	权重
地质 B <sub>1</sub>	0.791	C <sub>1</sub> 地基承载力	0.200
		C <sub>2</sub> 断裂构造	0.045
		C <sub>3</sub> 黄土湿陷类型及陷等级	0.276
		C <sub>4</sub> 砂土液化等级	0.180
		C <sub>5</sub> 建筑场地类别	0.090
地貌 B <sub>2</sub>	0.103	C <sub>6</sub> 貌类型与部位	0.027
		C <sub>7</sub> 地面坡度与高差	0.076
		C <sub>8</sub> 地下水埋深	0.036
水文 B <sub>3</sub>	0.071	C <sub>9</sub> 地下水水质	0.013
		C <sub>10</sub> 河流洪水淹没状况	0.013
		C <sub>11</sub> 河道状况	0.009
其他 B <sub>4</sub>	0.035	C <sub>12</sub> 地下塞穴坑洞	0.020
		C <sub>13</sub> 地裂缝与崩塌	0.011
		C <sub>14</sub> 其他不良地质现象	0.004

### 3.1 地质因素(B<sub>1</sub>)

主要从工程地质角度考虑, 包括地基承载力、黄土湿陷性或砂土液化、断裂构造等地质灾害与建筑场地类别等。这些因素皆与建筑工程的地基质量、人工处理措施及其成本造价密切相关。

### 3.2 地貌因素(B<sub>2</sub>)

主要指地貌形态与地势两大类。其中地貌形态反映所受营力作用的状况; 地势起伏以地面坡度(高差)反映。这些影响城市建设用地规划及利用价值, 并有助于城市土地功能的划分。

### 3.3 水文因素(B<sub>3</sub>)

包括地表水与地下水方面的信息状况, 考虑到黄土地区的物质组成特性, 主要以地下水的类型及埋深, 地下水的水质等反映地下水对于工程建设用地质量的影响; 而以河流洪水淹没及河道状况反映地表水的影响效应。

### 3.4 其他因素(B<sub>4</sub>)

包括直接影响建筑工程地基质量的地下塞穴坑洞、地裂缝、崩塌及其它不良地质现象等, 这些都会增大地基处理成本代价。

以上四个方面的评价因素分别从地质背景、地貌形态、水文状况及不良地质现象等方面反映城市建设用地的综合性状, 且彼此间有密切联系, 其共性在于皆对城市建设用地质量产生影响。可以将该四个基本因素及其所包含的评价因子归结为具有层次结构的城市工程建设土地质量的综合评价指标体系(表 1)。

## 4 评价方法与结果分析

### 4.1 指标权重确定

采用层次分析法(AHP)原理确定咸阳市城区建设用地

①咸阳市人民政府, 咸阳市土地利用总体规划, 1998 年 3 月。

质量影响因子指标的权重。该方法是美国匹兹堡大学萨迪教授(T. L. Seaty)于20世纪70年代初提出的一种实用性多准则决策方法<sup>[4]</sup>。是将需要识别的复杂问题分解成若干层,由若干专家和决策者对所列指标通过两两比较重要程度逐层进行判断评分,利用计算判断矩阵的特征向量确定下层因子指标对上层因子指标的贡献程度,从而得到基层指标对总体目标或综合评价指标重要性的排列结果。

构造判断矩阵是层次分析的关键。假设目标为A,评价因素指标为B:B={f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, ..., f<sub>3</sub>} ,构造判断矩阵P(A-B)为:

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix}$$

式中:f<sub>ij</sub>——表示因素的相对重要性数值(i=1, 2, ..., m; j=1, 2, ..., n), f<sub>ij</sub>取值如表2所示。本研究以城市建设用地质量等级评价为总目标(A),相对而言,要素层B<sub>i</sub>之间的重要性通过综合城市规划、建筑设计、岩土工程、地理、地质等领域专家(13人)的评判,得出判断矩阵如表3。其中:B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>分别表示地质因素、地貌因素、水文因素和其他因素。通过按相关法则计算,得到上述矩阵的特征向量W=[0.791, 0.103, 0.071, 0.035]<sup>T</sup>,即评价因素B<sub>i</sub>(i=1, 2, 3, 4)的权重值分别为0.791, 0.103, 0.071, 0.035。

表2 A—B判断矩阵及其含义

f <sub>ij</sub> 取值	含义
1	f <sub>i</sub> 与f <sub>j</sub> 同等重要;
3	f <sub>i</sub> 与f <sub>j</sub> 稍微重要;
5	f <sub>i</sub> 与f <sub>j</sub> 明显重要;
7	f <sub>i</sub> 与f <sub>j</sub> 相当重要;
9	f <sub>i</sub> 与f <sub>j</sub> 极其重要;
2, 4, 6, 8	分别价于1-3, 3-5, 5-7, 7-9之间
f <sub>ij</sub> =1/f <sub>ji</sub>	f <sub>i</sub> 与f <sub>j</sub> 不重要的程度

对该判断矩阵及相应的特征向量W作一致性检验,求得最大特征向量λ<sub>max</sub>及一致性检验指标CR值(表3),表明所构造的判断矩阵具有满意的一致性。以相同的方法原理,可以得出各单项因子(C<sub>i</sub>)的权重值(表1)。

表3 A—B判断矩阵及其运算结果

A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	W	
B <sub>1</sub>	1	6	6	8	0.791	λ <sub>max</sub> = 4.217 CR = 0.080
B <sub>2</sub>	1/6	1	2	3	0.103	
B <sub>3</sub>	1/6	1/2	1	4	0.071	
B <sub>4</sub>	1/8	1/3	1/4	1	0.035	

## 4.2 主要影响因子选取及其指标值量化处理

### 4.2.1 选取主要影响因子

根据表1中诸因子权值大小的比较,结合城市建筑工程对用地质量的具体要求,经综合分析,选取对咸阳市区建设用地质量起比较重要影响作用的8大因子(表4)。其中地基承载力为地基土的强度指标,不同高度建筑物对地基承载力

有着不同的要求,其值的大小影响建设用地质量,一般建筑物地基持力层为地表下2.0~7.0m,文中所用地基承载力值取持力层范围各土层承载力特征值加权平均。湿陷性是黄土的重要工程特性,黄土湿陷类型及湿陷等级是《湿陷性黄土地区建筑规范》<sup>[5]</sup>中的重要指标,对建筑、结构、防水及地基处理的设计影响很大,在一定程度上与黄土地区工程建设的成本高低密切相关。饱和砂土液化问题是河流冲积平原地区经常会遇到的工程地质问题,它直接影响建筑地基的稳定性,液化等级与建筑抗震设计和地基土处理密切相关<sup>[6]</sup>,是建设用地质量优良与否的重要衡量指标之一。断裂构造及其他不良地质现象(地裂缝、滑坡、泥石流、地面沉降等)发育的地段对工程建设不利,应尽量回避,在不能回避的情况下应采取结构加强或工程处理措施,不良地质现象的存在直接影响建设用地质量。建筑场地类别是建筑结构及抗震设计的重要参数,其类别的高低对工程造价有一定影响。建设用地受地下水位和河流洪水淹没的影响主要与所处的地貌部位有关,河流低阶地和河漫滩既在一定程度受河流洪水淹没的影响,同时地下水位较高,工程建设中需要采取降水、排水和防水措施,增加了工程费用,影响建设用地质量。咸阳市城区沿渭河东西延伸,并且跨渭河向两岸发展,必须考虑河流洪水期可能带来的淹没及雨季时期积水对低洼处建筑物的浸泡以及高地下水位带来的不利影响,这些都会限制土地的建设利用程度。

表4 影响城市建设用地质量的主要因子

因子	权值
黄土湿陷类型与湿陷等级	0.276
地基承载力特征值	0.200
砂土液化等级	0.180
建筑场地类别	0.090
距隐伏断裂构造距离	0.045
地下水埋深	0.036
地下墓穴坑洞等	0.020
河流洪水淹没状况	0.013

### 4.2.2 评价指标值量化

为了便于比较,据该8个主要影响因子的作用性质及表现形式,采取如下不同方法对各评价指标(因子)进行量化处理(表5):

(1)对于可度量指标的量化处理,采用分段取值。如地基承载力特征值、黄土湿陷等级、砂土液化等级、建筑场地类别、地下水埋深及距隐伏断裂构造距离等因子。

(2)对于定性评价指标,如与河流洪水淹没情况、地下墓穴坑洞分布密集程度等指标,是征询专家意见评分法确定。首先是将每项指标分为优、良、中、低、差5个等级,每个等级的系数分别为1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2。在对主要影响因子进行指标量化处理的基础上,结合有关黄土地区工程建筑的技术规范采用等价原则,避免主观随意性,将咸阳市区建设用地质量的主要评价因子划分为5个等级。

### 4.3 城市建设用地质量综合评价指数值确定

城市建设用地质量评价指标体系中的每一单项指标, 皆是从不同侧面来反映用地质量状况的, 欲反映其全貌需进行综合性评价。本研究采用模糊加权法, 即先给出主要影响因

子各等级的模糊标准量化值, 在针对特定评价单元, 将各因子的权值乘以其对应的等级量化值, 所得乘积之和即为该评价单元的综合质量评价指标。其函数表达式为:

表 5 城市建设用地质量评价因子分等标准

等级/分值	一/1.0	二/0.8	三/0.6	四/0.4	五/0.2
地基承载力特征值/ $kPa$	> 190	170 ~ 190	150 ~ 170	130 ~ 150	< 130
地下水埋深/ $m$	> 15	15 ~ 10	10 ~ 7	7 ~ 5	< 5
黄土湿陷类型及湿陷等级	无	非自重	非自重	自重	自重 -
砂土液化等级	无	轻微	轻微-中等	中等	严重
洪水淹没及排水状况	无、排水畅	无、排水较畅	无、排水不畅	有、排水不畅	有、排水极不畅
距隐伏断层的距离/ $m$	> 400	400 ~ 200	200 ~ 100	100 ~ 50	< 50
建筑场地类型					
地下墓穴坑洞等	无	较稀少	稀少	较密集	密集

$$Q = \sum_{j=1}^n I_j R_j$$

式中:  $Q$ ——总得分; 为某项指标的评分值;  $I_j$ ——单项指标的层次总排序权重值;  $R_j$ ——主要因子的编号;  $n$ ——总数目。

结合咸阳市区建筑用地各样点 8 大因子的综合得分, 确定出 4 个等级, 依次给出其模糊量化值为 > 0.800, 0.800 ~ 0.700, 0.699 ~ 0.600, < 0.600 (表 6)。通过模糊加权平均法, 得到咸阳市各土地类型的综合指数均值(图 1)。

南岸低阶地, 以沔河西侧面积最大; 其在渭河北岸呈狭窄条带状东西延伸, 至东郊与高河漫滩相接; 二等地以渭河北岸具有薄层风积黄土的二级阶地为主, 其在东郊面积较小, 在城市中心区和西郊面积较广; 三等地主要为高河漫滩, 渭河北岸分布在东郊, 南岸则主要在沔河东侧, 其质量问题主要表现为比较严重的砂土液化与洪水淹没的威胁; 四等地分布在具有厚层风积黄土的河流高阶地及黄土台塬, 影响其建筑用地质量的主要不利因素是黄土的严重湿陷性与地下墓穴坑洞, 这些在黄土地区是普遍存在、且必须考虑建设用地工程处理的问题; 五等地当是缺失勘查数据的滨河滩地, 为永久不宜建筑用地。就分布面积看, 咸阳市城区建设用地以二等地面积最大, 一等地次之, 三、四等地面积相对较小。

### 5 结 语

随着社会经济的发展, 城市化进程日益加快, 城市土地评价越来越成为地理科学、土地科学及城市经济学等领域的科学工作者所关注、面临的新问题。本文采用定量与定性相结合的方法, 对咸阳市区土地从建筑地基质量评价的角度进行探讨, 结合实际状况评价了咸阳市区建设用地的质量等级, 并征询相关专家意见, 经实证分析, 评价结果对城市工程建设有一定的实际指导意义。应该指出, 由于本文所采用的原始资料数据多分布于建成区, 样点尚不足以覆盖该市规划区的范围, 评价工作还有待于积累更多的资料进一步深入, 以得到更加理想的评价结果。

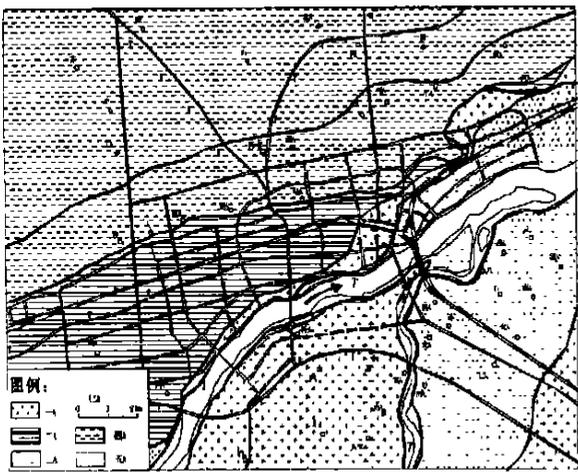


图 1 咸阳市城市建设用地质量等级图

### 4.4 评价结果分析

由咸阳市区建设用地质量等级图(图 1)可以看出, 咸阳市区按地貌单元区分, 一等地是适宜性较广、质量最好的建筑用地, 主要分布在远离隐伏断裂构造带且地势平坦的渭河

参考文献:

[1] 吴恒. 城市用地的影响因素分析及其评价系统[J]. 地理研究, 1995, 14(4): 69- 77.  
 [2] 陈桂花, 徐樵利. 城市建设用地质量评价研究[J]. 自然资源, 1995, (5): 22- 30.  
 [3] Г伊萨钦科. 今日地理学[M]. 北京: 商务印书馆, 1986. 142- 143.  
 [4] 张超, 等. 计量地理学基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.  
 [5] GBJ25 ~ 90, 湿陷性黄土地区建筑标准[S].  
 [6] GB50011 ~ 2001, 建筑抗震设计规范[S].