

地面沉降预测预警系统

张发明 (河海大学地质系, 南京 210024)

刘玉海 (西安地质学院水工系, 西安 710054)

摘要 由人类工程经济活动引起的地面沉降, 是主要的环境工程地质问题之一。本文运用系统分析的方法, 建立了地面沉降预测预警系统 (DTLAS), 实现了地面沉降的计算机管理。运用 DTLAS 可以预测未来最终地面沉降量, 为市政规划和地下水资源管理提供决策依据。

关键词 地面沉降 预测 预警 系统

Abstract Land subsidence is the result of engineering and environmental activity of human beings, and is also the main problem of environmental engineering geology. Based on system analysis method, the Land subsidence Prediction and Alarming System (DTLAS) is set up in this paper. DTLAS includes five subsystems which are named information subsystem, information treatment subsystem, land-subsidence prediction subsystem, groundwater level prediction subsystem and alarming subsystem. The land subsidence value can be obtained by using DTLAS.

Key words land subsidence, prediction, alarming, system

广义的地面沉降是指由于自然的或人为的作用而引起的地面降低 (Prokopovich, 1972), 而狭义的地面沉降则是指由于抽汲地下水、天然气 (水溶性的)、石油等流体而引起的较为急剧的地面变形 (日本公宫对策基本法)。本文所指的地面沉降则专指后者, 把前者称之为地形变。

我国地面沉降表现最明显的是上海市, 自 1921~1965 年间最大累计地面沉降量达 2.63m。地面沉降的结果给市政建设、工业生产和人民生活, 带来了严重的危害和巨大的损失。根据资料统计, 迄今我国约有 50 余座城市, 已有确切的地面沉降资料 (周国云, 1993)。因此, 准确预测某地区未来地面沉降量, 建立地面沉降的计算机管理系统, 具有十分重要的现实意义。

开发地面沉降预测预警系统, 其目的是运用计算机手段进行地面沉降的有效管理。

1 地面沉降预测预警系统的运行环境和结构

1.1 系统运行环境

硬件: 内存至少 512K 的 IBM/XT、AT、386 主机键盘, 文本显示器, 打印机, 绘图仪, 盘驱动器。

软件: DOS 操作系统 3.30 以上版, CC 版 2.13H 汉字系统, DPP 绘图软件, AUTOCAD10.0 版, FORTRAN77, BASIC3.0, DEBASE II。

1.2 系统结构

地面沉降预测预警系统由信息系统、信息处理系统、地下水水位动态预测系统、地面沉降量预测系统及

沉降潜在灾区预警系统等 5 个模块组成, 系统结构如图 1 所示。

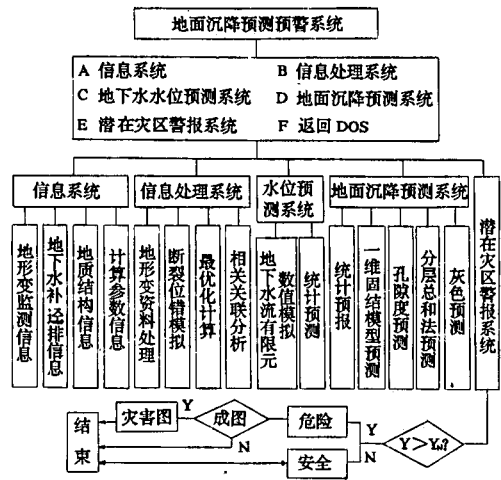


图 1 地面沉降预测系统 (DTLAS) 结构图

Fig. 1 Structure chart of DTLAS

2 DTLAS 系统的功能

地面沉降预测预警系统功能是: ①预测未来地下水水位; ②预测未来地面沉降量; ③在给定允许地面沉降量的条件下, 进行地面沉降潜在灾区的警报提示。

DTLAS 系统中的 5 大模块 (5 个子系统) 各有其独特的功能。

2.1 信息系统 (Information subsystem)

信息系统用来存贮和被调用与地面沉降预测有关的所有信息,如地形变监测信息(监测网点坐标、各年形变量、构造形变量等),地下水开发利用信息(历年地下水开采量、开采井坐标、降雨量、河流迳流量、水位动态监测资料),地质结构信息(地面沉降压缩层的厚度和埋深、含水层厚度和埋深),计算参数信息(土体物理力学性质试验值、水文地质参数等)等。所有信息均以数据文件的形式存贮,在某一计算过程中需要有关信息时,则可从信息系统中调用。该信息系统可以随时补充和修改有关信息。

2.2 信息处理系统 (Information treatment subsystem)

信息处理系统,主要包括:①针对地形变成因复杂的地区(如西安、大同等),将地形变监测资料运用叠加法和曲面拟合法处理成地面沉降资料,并传送到信息系统中;②将已有水位动态观测资料进行统计分析,得到有关的水位动态模型;③运用最优化技术进行计算参数的反分析。

2.3 地下水水位预测系统 (Ground water level prediction subsystem)

该系统的功能主要是预测未来地下水水位,以用于地面沉降预测的有关模型中。在该系统中用户可以选择集中参数型模型和分布参数型模型,进行地下水水位的预测、对比并确定地面沉降预测中的水位模型。

2.4 地面沉降量预测系统 (Landsubside prediction subsystem)

地面沉降量预测系统包含了统计模型、理论模型和灰色预测模型。各种预测模型的预测结果,都将与实际沉降量进行对比分析,并从中确定出最优模型,进行地面沉降量的中长期预测。对于运用水位预测结果的理论模型,先从水位预测系统中调用水位预测值。

2.5 地面沉降潜在灾区警报系统 (Landsubside alarming subsystem)

该系统是地面沉降预测最终成果的报告系统,根据地面沉降预测系统所预测的结果,与给定的允许地面沉降量进行逻辑对比,并输出到绘图仪以特定的图形符号给出可能的区、点地面沉降潜在灾害的图形信息提示,供市政部门和地下水开采管理部门决策应用。

3 DTLAS 系统功能的实现

3.1 数据文件的准备

运用地面沉降预测预警系统进行地面沉降量预测时,首先需要进行有关数据文件的准备。数据文件的输入格式如表 1。

3.2 系统运行

DTLAS 系统具有良好的人机对话功能,用户在启动系统后,只需输入指令 (password),便可进入一级菜单。在菜单中,用户可根据移动亮条或键入英文字

表 1 数据文件的输入格式

Table 1 Input format of files

数据文件内容	文件名	数据输入格式	备注
① 历年地形变监测资料	DTi. dat	坐标 x_i y_i 形变量 S_i	i 表示预测年度
② 地下水开采量信息	Qi. dat	自由格式输入	i 表示水源地
③ 单井开采量信息	Wi. dat	井点坐标 x_i y_i 单井抽水量 Q_i	i 表示井号
④ 地下水水位动态资料	Hi. dat	历年水位值 (月、年水位), 自由格式	i 表示井号如 D_5 , D_6
⑤ 地下水初始流场	G. dat	坐标 x_i y_i 水位或埋深 H_i	用于地下水系统数值模拟
⑥ 压缩层信息	J. dat	坐标 x_i y_i 顶板埋深 h_i 厚度 M_i	用于沉降量计算
⑦ 含水层信息	K. dat	坐标 x_i y_i 顶板高程 L_i 厚度 N_i	用于地下水数值模拟
⑧ 水文地质参数	M. dat	参数分区 n_i 渗透系数 k_{xi} k_{yi} 储水系数 S_i	用于地下水数值模拟

母,便可进入二级菜单,每运行一程序过程中,都有自动从数据文件中搜索相应数据的功能,故具有应用方便,操作简单的功能。DTLAS 系统中有关运行程序的编辑、原理见说明书。

4 DTLAS 系统在大同城市地质研究中的应用

大同城市地质勘察研究项目,是由大同市计委立项的城市地质研究项目,地形变与地面沉降是该项目

研究内容的一部分。为配合该项目的研究,笔者运用近三年时间研制开发了地面沉降预报预警系统,并成功地应用到地面沉降的预测中。

4.1 地形变资料的预处理

大同市的地形变成因复杂,主要由大同盆地区域性形变量、抽采地下水引起的地面沉降量、活动断裂活动邻区牵引形变量等,运行DTLAS系统,便可得到抽汲地下水引起的地面沉降量。

4.2 大同市地下水水位预测

运行DTLAS系统中的水位预测模块,选择数值模拟和系统预测方法与已有年水位监测资料对比分析,得出时间序列法和适合于大同市地下水水位的预测(表2)。

表2 时间序列地下水水位预测结果(埋深)

Table2 Forecasting of groundwater depth by using time-series method

水源地	井号	1993年	1995年	2000年	2005年
城北	D ₂₄	48.77	52.80	70.80	80.82
城南	专 ₁	57.98	63.26	76.46	89.66
	D ₃₀	50.81	54.28	62.99	71.69
城西	K ₂₃ 浅	49.77	54.79	67.33	79.87
	D ₆	48.52	53.56	66.16	78.76
	D ₅	41.16	44.52	52.92	61.32

4.3 地面沉降量预测

运行DTLAS系统中的地面沉降量预测模块,并选择各种预测模型。由于大同市地面监测时间短,缺乏深层土压缩性指标,故首先进行压缩层压缩计算参数的反演,得到最优拟合计算参数(表3),并进行沉降中心未来地面沉降量的预测值(表4),以报表形式输出。

4.4 地面沉降潜在灾区警报提示

根据地面沉降可能造成的灾害,结合大同市的地理环境和市政建设特点,确定出最安全的允许地面沉降量值为500mm。运行警报提示子系统便可以得到:就地下水开采引起的地面沉降,不会给大同市造成直

接的危害。

表3 一维固结模型最优拟合计算参数

Table3 Parameters of optimal fitting calculation on one-dimension consolidation model

沉降中心	拟合参数				
	$\frac{a_{v1}}{1+e_{01}}$ (10^{-3} cm ² /kg)	c_{v1} (m ² /a)	$\frac{a_{v2}}{1+e_{02}}$ (10^{-3} cm ² /kg)	c_{v2} (m ² /a)	E_s (kg/cm ²)
奶牛厂	5.39	154.75	5.01	23.74	1445
材料厂	5.06	239.45	2.77	26.48	1690
制药厂	5.08	187.50	3.02	20.87	1590

注:表中 a_{v1}, c_{v1}, e_{01} 为第I压缩层计算参数, a_{v2}, c_{v2}, e_{02} 为第II压缩层计算参数

表4 地面沉降中心沉降量预测结果(单位mm)

Table 4 Forecasting of land subsidence at subsidence centers(mm)

沉降中心	预测年份	预测模型					综合结果
		GM(1,1)	二元非线性回归	一维固结模型	分层总和法	孔隙度法	
奶牛厂	1995	144	115	109	91		112
	2000		473	357	164		357
材料厂	1995	207	210	144	119	129	162
	2000		833	326	202	217	395
制药厂	1995	156	183	171	153		166
	2000		215	291	219		242

注:表中综合结果是指各模型预测的算术平均值

5 结束语

地面沉降预报预警系统(DTLAS)具有良好的人机界面,系统操作方便、修改灵活,并可根据不同用户的要求建立用户所需的模块。通过该系统进行的大同市地面沉降量预测,其运行结果基本上符合实际情况。因此,DTLAS使地面沉降管理实现了微机化。

(1995年12月收稿)