ERDAS 在土地整理土方量计算中的运用

胡振琪[1]，高永光[1]，李江新[2]，刘文新[2]，于来双[2]，王 建[1]
（1. 中国矿业大学（北京校区）土地复垦与生态重建研究所，北京 100083；
2. 华北石油管理局，河北 任丘 062552）

摘要：研究目的：为了实现土地整理中土方量计算的准确、快速、方便和自动化。研究方法：应用数字高程模型（DEM）原理，结合土方量计算的方格网法，借助 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件，建立土方量计算模型。研究结果：以江西省九江县港口街镇土地整理项目为例介绍了计算的详细步骤，计算结果比专家论证批复的项目设计土方量大 4.4%。研究结论：该方法计算土方量是可行的，能够实现土方量的计算机辅助计算。

关键词：土地复垦；土地整理；土方量；ERDAS IMAGINE
中图分类号：F301.2 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-8158(2006)01-0050-05

Application of Erdas for Calculating Earthwork in Land Consolidation Project

HU Zhen-qi[1], GAO Yong-guang[1], LI Jiang-xin[2], LIU Wen-xin[2], YU Lai-shuang[2], WANG Jian[1]
(1. China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China; 2. North China Petroleum Administration Bureau, Renqiu 062552, China)

Abstract: The purpose of this study is to realize the automatic, simplified and precise earthwork calculation in land consolidation project. Methods of DEM and grid principle were employed. A model was built using ERDAS IMAGINE software. Gangkoujie Project in Jiujiang of Jiangxi Province was taken as a case to introduce detailed process of earthwork calculation, and the result is only 4.4% more than the earthwork calculated by experts. It is concluded that this model is feasible and reliable, and has capability to realize compute – aided earthwork calculation.

Key Words: land reclamation; land consolidation; earthwork; ERDAS IMAGINE

1 引言

在土地整理过程中，土地平整工程投资约占总投资的 40% – 80%，土方量的精确计算与土地平整的投资直接相关，因此准确快速地计算土方量对开展规划设计、控制总投资及分配资金具有重要意义。传统的土方量计算方法有许多种，常用的有：断面法、方格法[1]、散点法[2]和表格法[3]。断面法主要适应山地及高差比较大的地形，也是土方计算的主要方法。方格法主要适合平整平坦地区及高差不太大的地形。散点法适用于地形虽有起伏，但变化比较均匀，不太复杂的地形。在坡面平直的山地丘陵区，土方计算也可根据坎高与土方量的关系而求

收稿日期：2005-03-20
修稿日期：2005-11-21
基金项目：国家自然基金资助项目(40071045，49701010)；教育部博士基金资助项目(20020290014)。
第一作者：胡振琪(1964 –)，男，安徽嘉山县人，教授，博导，主要从事土地复垦与生态重建等方面的研究和教学。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

得[2]。随着计算机技术和现代测绘技术的发展,DEM (Digital Elevation Model)数据得到了广泛应用,因此利用 DEM 数据和地理信息系统软件快速计算土方量已引起人们的关注。例如:柳长顺[4]等利用 Arcview 对土地整理中的土方量计算进行了探讨。

本研究利用土方量的方格网法原理,借助 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件,建立了土地整理项目的土方量计算模型,以实现土方量计算的计算机辅助化。并以江西省九江县港口街镇土地整理项目为实例介绍了计算的详细步骤,计算结果仅比经专家论证后批复的项目设计土方量大 4.4%,说明 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件结合传统的方格网法、DEM 原理计算土方量是可行的。

2 土方量计算原理

在土地整理项目的规划设计中,为了便于土方施工,一般根据实际情况将项目区分成若干个田块进行设计。土方量方格网法计算的原理为:将各田块进行人为的网格化(图 1),网格间距可以不等,原则是细分到使其每一网格的地块高程相等,各网格依次编号为 1、2、3、...j...m,利用(式 1)便可计算第 i 田块的第 j 网格的土方量。

$$V_{ij} = (H_{ij} - H_i) \times A_j \qquad \text{(式 1)}$$

其中:V_{ij} 为第 i 田块的第 j 网格的土方量(正表示挖的土方量,负为要填的土方量);H_{ij} 为第 i 田块的第 j 网格的实际高程;H_i 为第 i 田块的设计标高;A_j 为第 i 田块的第 j 网格的面积。

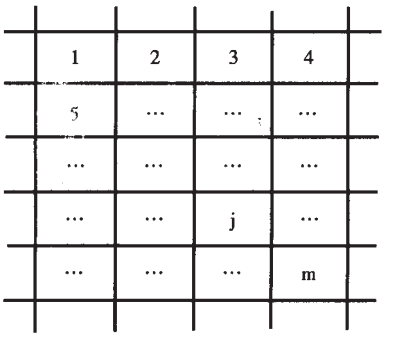


图 1 田块网格化示意图

Fig. 1 Sketch map of land grid net

在土地整理中应满足:(1)区内挖、填土方量尽量相等。(2)总土方量最小。但实际中因地形、道路等原因,挖、填往往不平衡。利用(式 2)便可计算第 i 田块的土方量。

$$V_i = \frac{|V_{i\,挖}| + |V_{i\,填}|}{2} = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{m}|V_{ij}| \qquad \text{(式 2)}$$

其中:V_i 为第 i 田块的土方量;$V_{i\,挖}$ 为第 i 田块挖方工程量;$V_{i\,填}$ 为第 i 田块填方工程量;V_{ij} 为第 i 田块的第 j 网格的土方量;m 为网格总数。

用式 3 汇总各田块平整土方量,得出项目区土地平整工程的土方量。

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i \qquad \text{(式 3)}$$

其中:V 为项目土地平整总土方量;V_i 为第 i 田块的土方量;n 为项目区总规划田块数。

3 利用 ERDAS IMAGINE 软件建立土方量计算模型

本研究借助 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件 Spatial Modeler 模块建立土方量计算模型,具体过程如下:

(1)DEM 数据的生成。为了便于土方量计算模型的建立和实现,本研究将各田块进行等间距网格化,使其每一网格值代表实际的高程,即为格网化的 DEM 数据值(如图 2),网格的大小为所选取的 DEM 数据的分辨率。

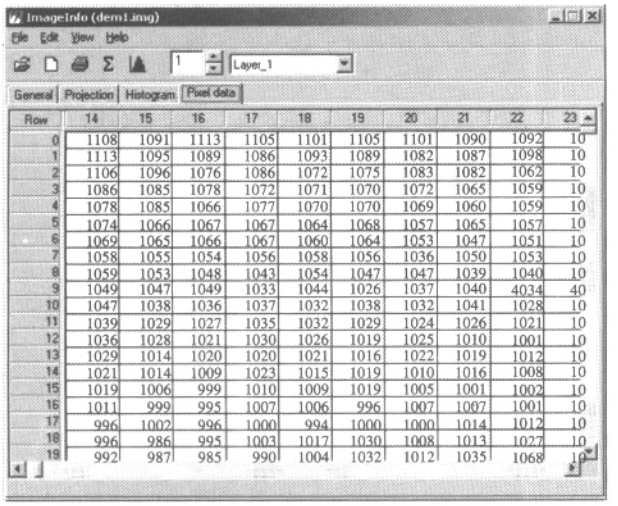
(2)根据土地整理项目规划设计中划分田块的边界坐标值,利用感兴趣区域在 DEM 的影像上圈出各个规划田块。

(3)利用 ERDAS IMAGINE 视图中的 Layer Info 菜单可以查看各田块中各网格的 DEM 值(见图 2),并能够自动计算出各田块的像元数 N 和 DEM 数据的分辨率大小 P (Pixel Size)和各田块的平均高程(供设计参考)。

利用网格化的 DEM 数据便可计算每一田块的土方量,使上面各田块的土方量计算(式 1)、(式 2)、(式 3)简化为(式 4)、(式 5)。

(式 4)

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



Row	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	1108	1091	1113	1105	1101	1105	1101	1090	1092	10
1	1113	1095	1089	1086	1093	1089	1082	1087	1098	10
2	1106	1096	1076	1086	1072	1075	1083	1082	1062	10
3	1086	1085	1078	1072	1071	1070	1072	1065	1059	10
4	1078	1085	1066	1077	1070	1070	1069	1060	1059	10
5	1074	1066	1067	1067	1064	1068	1057	1065	1057	10
6	1069	1065	1066	1067	1060	1064	1053	1047	1051	10
7	1058	1055	1054	1056	1058	1056	1036	1050	1053	10
8	1059	1053	1048	1043	1054	1047	1047	1039	1040	10
9	1049	1047	1049	1033	1044	1026	1037	1040	4034	40
10	1047	1038	1036	1037	1032	1038	1032	1041	1028	10
11	1039	1029	1027	1035	1032	1029	1024	1026	1021	10
12	1036	1028	1021	1030	1026	1019	1025	1010	1001	10
13	1029	1014	1020	1020	1021	1016	1022	1019	1012	10
14	1021	1014	1009	1023	1015	1019	1010	1016	1008	10
15	1019	1006	999	1010	1009	1019	1005	1001	1002	10
16	1011	999	995	1007	1006	996	1007	1007	1001	10
17	996	1002	996	1000	994	1000	1000	1014	1012	10
18	996	986	995	1003	1017	1030	1008	1013	1027	10
19	992	987	985	990	1004	1032	1012	1035	1068	10

图 2 规则格网 DEM 数据

Fig. 2 DEM data of rule grid net

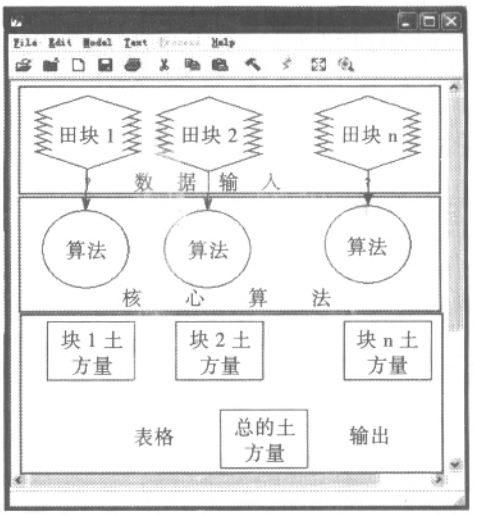


图 3 模型框架

Fig. 3 Framework of model

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i \qquad (5)$$

式中：V_i 为整理第 i 田块的土方量；H_{ij} 为第 i 田块的第 j 网格的高程；H_i 为第 i 田块的设计标高；N 为第 i 田块的像元数；P 为所选的 DEM 数据的分辨率；V 为项目区土地平整总土方量；n 为项目区总规划田块数。

(4)利用 ERDAS 软件的模型生成器(Model Maker)和空间模型语言(Spatial Modeler Language)对(式 4)、(式 5)建立模型[5](图 3)。

该计算模型的核心算法思想为：首先求出各感兴趣区域的各像元的高程与对应设计标高的绝对值的和，再乘以分辨率 P 的平方的二分之一得出每一田块的土方量，最后各田块的土方量相加便得出总的土方量。经过核心算法处理后，最终以表格的形式输出各田块的土方量和总的土方量。

4 应用分析

以江西省九江县港口街镇土地整理项目为例具体介绍如何利用本模型计算土方量。江西省九江县港口街镇土地整理项目是 2003 年国家投资、中央承担的国家重点项目，投资规模为 917.50 万元。项目区位于九江县西部，涉及丁家山村、合桥村和付塘村三个行政村，东靠港口街镇，南邻九瑞公路，北靠港口村、花园村，西至生机林村。地理坐标为：东经 115°44′32″ – 115°46′44″，北纬 29°42′54″ – 29°44′43″。项目区属平原、低丘陵地区，地势西北高、东南低。利用本文模型实现计算土方量的具体步骤如下：

(1)根据项目区田间道路和灌溉系统布置，结合实地考查，将项目区分为 65 个田块，记录各田块边界坐标。

(2)对项目区 1∶2000 的地形图进行数字化，利用 ERDAS 软件的 VECTOR 模块生成影像的 DEM 数据(如有现成的 DEM 数据可以省略这一步)。

(3)利用 ERDAS 软件的 IMPORT 模块调入生成的 DEM 数据，并进行重采样。

(4)根据各田块边界坐标，利用 ERDAS 的 AOI 工具，对 65 个田块进行圈定，生成 65 个相应的感兴趣区域。

(5)利用 ERDAS 软件的 LAYER INFO 菜单分析 65 个感兴趣区域的高程，进而生成各规划田块的最优设计高程(表 1)，即土方量挖填平衡的高程。

(6)根据各田块的最优设计高程，利用以上建立的模型对各田块土方量进行自动计算，最终以表格的形式输出各田块的土方量和总的土方量(表 2)。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 田块最优设计高程表

Tab. 1 Optimal designed elevation of field

田块编号	面积 (hm^2)	最小高程 (cm)	最大高程 (cm)	最优高程 (cm)	田块编号	面积 (hm^2)	最小高程 (cm)	最大高程 (cm)	最优高程 (cm)
1	5.68	1502	1519	1512	34	8.51	1383	1426	1404
2	13.89	1439	1497	1481	35	9.02	1378	1427	1398
3	11.32	1411	1457	1449	36	9.9	1387	1413	1406
4	12.26	1416	1442	1434	37	10.54	1354	1417	1383
5	10.88	1387	1420	1398	38	3.27	1358	1389	1372
6	9.12	1372	1387	1383	39	3.53	1380	1421	1406
7	10.32	1342	1359	1348	40	6.26	1386	1429	1402
8	5.37	1321	1334	1327	41	5.35	1376	1423	1408
9	10.16	1474	1515	1490	42	9.2	1369	1442	1405
10	10.21	1452	1487	1476	43	4.68	1354	1397	1372
11	10.54	1423	1493	1455	44	2.93	1357	1369	1360
12	11.11	1411	1479	1446	45	13.65	1375	1448	1421
13	9.6	1408	1454	1432	46	13.08	1423	1501	1468
14	11.26	1384	1465	1425	47	10.81	1452	1518	1485
15	5.52	1341	1362	1351	48	8.84	1479	1513	1506
16	10.76	1465	1534	1501	49	10.03	1472	1519	1492
17	9.11	1459	1517	1486	50	8.57	1436	1484	1467
18	11.1	1437	1472	1458	51	10.13	1386	1454	1423
19	10.63	1393	1499	1447	52	6.76	1382	1416	1408
20	12.5	1391	1478	1436	53	10.24	1342	1428	1371
21	10.15	1385	1452	1422	54	8.62	1332	1379	1353
22	4.83	1570	1583	1578	55	5.93	1329	1367	1349
23	7.56	1426	1479	1447	56	13.36	1723	1778	1757
24	4.52	1451	1496	1471	57	4.03	1441	1473	1456
25	11.92	1427	1477	1450	58	3.96	1431	1452	1443
26	9.42	1429	1486	1462	59	3.93	1409	1436	1428
27	19.95	1383	1507	1443	60	3.62	1388	1407	1395
28	6.34	1428	1483	1464	61	4.95	1346	1418	1381
29	18.36	1386	1473	1438	62	5.01	1324	1409	1368
30	5.31	1402	1448	1419	63	8.12	1301	1368	1332
31	10.13	1507	1553	1537	64	40.07	1331	1527	1423
32	16.56	1401	1508	1465	65	11.43	1427	1483	1467
33	7.3	1391	1413	1407					

5 总结与建议

本文利用网格化土方量计算原理，借助 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件，建立了土方量计算模型，实现了土地整理项目土方量的简单、快速、计算机辅助计算。该方法操作容易，只需根据各田块的边界坐标值进行感兴趣区域的圈定，把各感兴趣区域作为输入数据，便可计算出土方量的值，大大减小了工作量。并利用江西省九江县港口街镇土地整理项目进行了实例分析和计算。此项目设计已通过专家论证，批复的设计土地平整工程量为 600087m^3，利用本研究的模型计算的土方量为 627706m^3，二者相差仅为 4.4%。由于目前项目尚未施工，缺乏实测数据，计算精度难于验证。但是本方法计算结果与已批复的项目设计土方量十分接近。因此，利用 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件结合传统的方格网法和 DEM 原理计算土方量是可行的。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 田块土方量计算结果表

Tab. 2 Results of earthwork calculation

田块编号	土方量 (m^3)	田块编号	土方量 (m^3)	田块编号	土方量 (m^3)	田块编号	土方量 (m^3)
1	5680	18	11209	35	8555	52	8447
2	15727	19	11085	36	9383	53	10653
3	10026	20	12688	37	11489	54	11246
4	12600	21	10103	38	3099	55	7542
5	11617	22	7328	39	4346	56	2073
6	10297	23	10667	40	5933	57	5316
7	10503	24	4868	41	5070	58	4806
8	6019	25	12441	42	8719	59	3411
9	10497	26	9422	43	4936	60	4088
10	10612	27	16757	44	3777	61	6468
11	11101	28	6274	45	14028	62	6149
12	10710	29	16697	46	13092	63	8955
13	10039	30	6116	47	11109	64	42053
14	10530	31	11273	48	8932	65	12558
15	6173	32	15141	49	10057		
16	12470	33	5550	50	10687		
17	9747	34	8065	51	10705		
合计							627706

虽然此方法在本案例中取得了较高的精度，但在模型设计中没有考虑当设计的某一田块面积较大且此田块内高程差值起伏较大时，利用单一的设计高程值计算此田块土方量而造成的比较大的误差，所以在今后实际应用中，应将此类田块根据高程值和实地情况设计成多个设计高程值，根据不同的设计高程值和各设计高程区域的像元数、各像元实际高程值等计算各设计高程区域的土方量大小，并求其和作为这一田块的土方量，这样就避免了设计田块大和田块内高程差值大的问题，从而可以大大提高土方量计算的精度。同时希望同行的专家在运用此模型的实践过程中，提出宝贵意见不断完善和优化此模型，使其应用范围不断扩大精度不断提高。

参考文献 (References)：

[1] 张光辉 . 快速计算土方量的方法[J]. 测绘通报, 1997, (5): 23 – 24.

[2] 王礼先 . 水土保持工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.

[3] 刘 桦 . 土方量的表格法测算[J]. 测绘通报, 2000, (4): 64 – 65.

[4] 柳长顺，杜丽娟 . Arcview 在土地整理项目土方量计算中的运用[J]. 农业工程学报，2003，19 (1): 224 – 227.

[5] 党安荣, 王晓东等 . ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M]. 北京: 清华出版社, 2003.

(本文编辑 李鞠)

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net