

平原区土地整理中的土方量计算方法比较*

张超¹, 王秀茹¹, 郭晓辉², 李素云³

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 国土资源部 土地整理中心, 北京 100035; 3. 米脂县水土保持监督检查站, 陕西 米脂 718100)

摘要: 土方量计算在土地整理前期工作特别重要, 土方量计算精度的高低直接关系到项目的合理性和投资预算, 所以土方量计算方法的选择至关重要。该文从平原区常用的 3 种方法: 散点法、方格网法和 DEM 法的计算原理入手, 通过实例计算, 分析平原区土方量计算的 3 种方法的差异, 得出方格网法和 DEM 法比较适合的结论, 从而为平原区土地整理中土方量计算方法的选择提供一定的依据。

关键词: 平原区; 土地整理; 土方量计算

中图分类号: S157.31 文献标识码: A 文章编号: 100523409(2008)03008204

Comparison of the Method of Earthwork Calculation
on Land Consolidation in the Plain Area

ZHANG Chao¹, WANG Xiu2ru¹, GUO Xiao2hui², LI Su2yun³

(1. Soil and Water Conservation College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Land Consolidation and Rehabilitation Center, the Ministry of Land and Natural Resources, Beijing 100035, China; 3. Soil and Water Conservancy Station, Mizhi, Shaanxi 718100, China)

Abstract: Earthwork calculation is particularly important in the preliminary work of land consolidation. The accuracy of earthwork calculation directly related to the reasonableness of project and the investment budget, so the choice of earthwork calculation methods is essential. In this paper, based on the calculation principles of the common three methods in plain area: Disperse Points method, Square Grid method, the DEM method, and through examples, the difference of three methods is analyzed. And the conclusion that the Square Grid and DEM method are more appropriate to obtain, which will provide certain basis for the choice of earthwork calculation methods on land consolidation in the plain area.

Key words: plain area; land consolidation; earthwork calculation

近年来,土地整理项目在全国范围内大规模开展,其主要目的是建立高标准的耕地,那么土地平整工程就是土地整理中很重要的一个环节,所以土方量的计算在前期工作中就显得特别重要^[123],土方量计算精度的高低直接关系到项目的合理性和投资预算,在土方量计算中选用适当的方法就显得特别重要。丘陵区土地平整工程以坡改梯为主,土方量按梯田土方量计算方法进行计算^[425],而平原区土地平整往往以道路和沟渠分割以后的田块为单元,在测量的基础上进行土方量的计算,计算的方法主要包括散点法、方格网法和基于不规则三角网的 DEM 法,但各种方法计算的结果存在一定的差异性,本文从土方量计算原理入手,通过实例计算,分析平原区土方量计算的 3 种方法的差异,讨论其适宜条件,从而为平原区土地整理中土方量计算方法的选择提供一定的依据。

1 土方量计算原理和方法

1.1 散点法

散点法计算土方量是以需平整田块内测的高程的平均

值为设计高程,根据平整区内挖填方平衡的原理计算土方量。其计算过程^[6]是:确定田面设计高程y 计算挖填平均深度y 计算挖填方面积 y 计算挖填土方量。计算过程和方法比较简单,通过 Excel 就可以实现。

1.2 方格网法

方格网法土方计算适用于地形变化比较平缓的地形情况,用于计算场地平整的土方量计算较为精确。具体做法^[7]如下:

首先建立地形的坐标方格网,方格网的一边与地形等高线或场地坐标网平行,大小根据地形变化的复杂程度和设计要求的精度确定,边长一般常采用 20 m@20 m 或 40 m@40 m(地形平坦、机械化施工时也可采用 100 m@100 m)。

然后求出方格各个角点的自然标高、设计标高以及施工高程。再将场地设计标高和自然地面标高分别标注在方格角上,场地设计标高与自然地面标高的差值即为各角点的施工高度(挖或填),习惯以+ 0 号表示填方,- 0 表示挖方。

* 收稿日期: 20071017
基金项目: 国家投资河北省香河县刘宋镇基本农田整理项目
作者简介: 张超(1981-),男,河南商丘人,在读博士生,主要从事土地整理与水土保持研究工作。E-mail: 41966244@163.com

将施工高度标注于角点上, 然后分别计算每一方格地填挖土方量, 并算出场地边坡的土方量。将挖方区(或填方区) 所有方格计算的土方量和边坡土方量汇总, 即得场地挖方量和填方量的总土方量。

为了解整个场地的挖填区域分布状态, 计算前应先确定 / 零线0的位置。零线即挖方区与填方区的分界线, 在该线上的施工高度为零。零线的确定方法是: 在相邻角点施工高度为一挖一填的方格边线上, 用插入法求出零点的位置, 将各相邻的零点连接起来即为零线。零线确定后, 便可进行土方量计算。方格中土方的计算有两种方法, 即四角棱柱体和三角棱柱体法。方格网法计算土方量比较复杂, 一般通过相关软件辅助计算。

1.3 DEM 法

数字地面模型(Digital Terrain Model, DTM) 是用一群地面点的平面坐标和高程描述地表形状的一种方式。以高程为特征值的 DTM 称为数字高程模型(Didital Elevation Model, DEM)。DEM 是用数字形式 X, Y, Z 坐标来表达区域内的地貌形态, 以缩微的形式再现了地表形态起伏变化特征, 具有形象、直观、精确等特点, 可以被用于土方工程量的计算^[8]。由 DEM 模型来计算土方量是根据实地测定的地面点坐标(X, Y, Z) 和设计高程, 通过生成三角网来计算每一个三棱锥的填挖方量, 最后累计得到指定范围内填方和挖方的土方量, 并绘出填挖方分界线。上面所说的 DEM 一般有

2 种表示方式, 即基于规则格网的 DEM(Grid Based DEM) 和基于三角网的 DEM(Triangle Based DEM)。

DEM 法土方量计算实际上是计算原始地表与设计地表之间的体积值^[9]。因此, 只需在计算区建立 2 个 DEM, 一个为原始地表 DEM, 另一个为设计地表 DEM, 根据 2 个 DEM 的差即可求出计算区的土方量。

2 计算实例

2.1 项目区概况

以河北省香河县刘宋镇基本农田整理项目中的土地平整为实例, 项目区地处燕山山脉南麓, 是由冲积扇缘向冲积平原过渡的交接地带。受潮白河、青龙湾河的淤积及历史上洪水泛滥、河堤决口, 加上人为生产活动的影响, 形成河间地区, 是广阔的冲积平原。香河县地势呈西北高, 东南低, 地面高程 4.9~ 15.9 m, 自然比降为 1/ 3 000。项目区地处潮白河南、青龙湾河北, 受其影响总体地势较平, 地貌类型为平原。项目区采取局部平整方案, 即根据地形条件, 利用生产路和田间道将项目区分成 55 个田块, 以田块为单元进行平整, 平整后田块内无坡度, 田块内土地平整的填挖方尽可能相等, 追求方田单元内土地平整的统一化, 减少土方运量, 节约投资。

本研究选择规划的 10 个田块为例进行计算, 田块面积 15.09~ 25.71 hm², 田块内高程点为实测高程, 平均每 1 hm² 约有 1 个高程测点。规划田块情况如表 1 所示。

表 1 计算田块情况

田块编号	田块 3	田块 4	田块 8	田块 10	田块 11	田块 18	田块 19	田块 27	田块 28	田块 40
田块面积/ hm ²	24.29	25.71	16.02	16.05	20.24	16.96	18.12	15.09	19.00	23.61
最高高程/ m	6.66	6.25	6.39	6.04	6.16	6.41	6.87	6.83	7.11	6.8
最低高程/ m	5.67	5.90	6.22	5.89	5.79	5.82	6.36	6.41	6.44	6.06
平均高程/ m	6.11	6.03	6.29	5.97	5.99	6.09	6.61	6.63	6.72	6.54
高程点数/ 个	23	20	16	15	20	18	22	21	22	24
高程点密度/ (个# hm ⁻²)	0.95	0.78	1.00	0.93	0.99	1.06	1.21	1.39	1.16	1.02

2.2 散点法计算结果

根据散点法的计算公式, 运用 Excel 软件的计算功能,

计算得出田块设计高程、挖方量、填方量, 达到挖填平衡。计算结果如表 2。

表 2 散点法土方量计算结果

田块编号	田块 3	田块 4	田块 8	田块 10	田块 11	田块 18	田块 19	田块 27	田块 28	田块 40
设计高程/ m	6.1052	6.0250	6.2944	5.9707	5.9880	6.0944	6.6114	6.6271	6.7186	6.5350
挖方量/ m ³	21946.14	7264.00	3753.80	2838.32	7793.18	13464.01	8419.24	5513.53	14726.28	22430.58
填方量/ m ³	21946.14	7264.00	3753.80	2838.32	7793.18	13464.01	8419.24	5513.53	14726.28	22430.58

表 3 方格网法土方量计算结果

田块编号	田块 3	田块 4	田块 8	田块 10	田块 11	田块 18	田块 19	田块 27	田块 28	田块 40
设计高程/ m	6.0902	6.0304	6.2947	5.9719	5.9918	6.1027	6.6023	6.6173	6.7208	6.5437
挖方量/ m ³	18102.80	5837.70	2823.50	2224.70	5076.90	12637.50	8127.10	5183.60	12752.70	19656.30
填方量/ m ³	18105.50	5834.60	2821.40	2232.50	5077.50	12634.10	8121.80	5188.90	12749.80	19653.20

2.3 方格网法计算结果

项目区所在区域为平原区, 地形起伏较小, 可采用机械施工进行平整, 因此采用方格网计算时边长取 50 m, 平整后地面无坡度。

方格网法土方量的计算采用南方测绘公司的 CASS 软件自动计算完成, 即根据已知高程点的高程坐标数据, 拟定设计高程, 设定方格网边长为 50 m, 通过软件自动推求各角点高程、挖深、填高和零线位置。通过对不同的设计高程进

行试算,确定挖填平衡下的设计高程和土方量,见表 3。

2.4 DEM 法计算结果

DEM 法土方量的计算采用南方测绘公司的 CASS 软件自动计算完成,即根据已知的高程点坐标数据,自动生成不规则三角网,软件自动推求挖方量、填方量和零线位置。通过对不同的设计高程进行试算,确定在挖填基本平衡下的设计高程和土方量。计算结果见表 4。

表 4 DEM 法土方量计算结果

田块编号	田块 3	田块 4	田块 8	田块 10	田块 11	田块 18	田块 19	田块 27	田块 28	田块 40
设计高程/m	6.0898	6.0266	6.2947	5.9725	5.9856	6.0982	6.6008	6.6181	6.7207	6.5424
挖方量/m ³	18586.60	5911.90	2900.40	2245.30	5266.10	12925.20	8350.50	5361.60	13380.70	20249.50
填方量/m ³	18587.50	5898.80	2897.10	2240.10	5265.20	12926.00	8352.10	5369.50	13385.20	20246.70

表 5 3 种方法计算结果比较

田块编号	田块面积/ hm ²	散点法		方格网法		DEM 法	
		挖填方量之和/ m ³	平均动土深/ cm	挖填方量之和/ m ³	平均动土深/ cm	挖填方量之和/ m ³	平均动土深/ cm
田块 3	24.29	43892.28	18.07	36208.30	14.90	37174.10	15.30
田块 4	25.71	14527.99	5.98	11672.30	4.80	11810.70	4.86
田块 8	16.02	7507.60	3.09	5644.90	2.32	5797.50	2.39
田块 10	16.05	5676.64	2.34	4457.20	1.83	4485.40	1.85
田块 11	20.24	15586.37	6.42	10154.40	4.18	10531.30	4.34
田块 18	16.96	26928.01	11.08	25271.60	10.40	25851.20	10.64
田块 19	18.12	16838.47	6.93	16248.90	6.69	16702.60	6.88
田块 27	15.09	11027.06	4.54	10372.50	4.27	10731.10	4.42
田块 28	19.00	29452.55	12.12	25502.50	10.50	26765.90	11.02
田块 40	23.61	44861.17	18.47	39309.50	16.18	40496.20	16.67

平原区土地平整土方量的大小主要取决于计算单元面积的大小和地形起伏变化的程度,面积越大、地形越复杂,土方量就越大,反之越小。平均动土深度是土方量平均到整个田块面积上的深度值,在一定程度上代表了地形起伏变化的程度,从表 5 可以看出,平均动土深越大,各方法间平均动土深的差异也越大,这就反映出地形起伏的变化程度越大,各方法计算结果的差异也随之增大。

4 结论与讨论

通过对 3 种方法在平原区土地整理中 10 个田块上的计算结果的比较分析,可以看出,在平原区土地整理中土地平整土方量的大小受计算方法的影响比较大,所以对项目的投资预算影响也比较大,这就要求在计算土方量时要根据资料情况选择适宜的方法。从对结果的分析可以得出散点法计算的土方量偏大,而方格网法与 DEM 法的计算结果比较接近,计算结果比较合理。所以可以说在平原区土地整理中土方量的计算以选取方格网法为最优,DEM 法也比较好,散点法最好不选用,尤其在地形起伏变化稍大的计算单元内,这种差异表现得更为突出。

在计算条件一定的情况下,计算方法产生的结果差异主要根源在于计算方法的原理。散点法在这 3 种方法中是计算最简单的,只要得到计算单元的面积和其中高程点的高程值即可,从散点法计算的原理看出,散点法的计算结果不受

3 结果分析

根据计算结果,分别比较 3 种方法计算出的挖填方量之和及平均动土深度,比较结果见表 5。对于每个计算单元(田块),散点法计算结果都大于方格网法和 DEM 法,而 DEM 法的计算结果略大于方格网法的计算结果,两者相差不大。

计算单元内高程点位置的影响,而高程点的位置对土方量的影响是比较大的。因此可以说散点法适用于地势起伏小,测量的高程点分布均匀的计算单元,但实际得到的资料高程的分布往往是不均匀的,这样就造成了土方量计算的偏差。

方格网法是比较适合于场地平整的方法,但是其对高程的测量要求比较严格,而土地整理中土地平整的面积都比较大,一般测点不符合方格网法计算的要求,这就要通过软件先进行插值计算,然后再计算土方量,这些可以通过南方测绘 CASS 软件实现,由于平原区地形起伏比较小,插值的准确性就高,计算出的土方量就比较准确,而且方格网法还可以设定平整后的地面坡度和基本确定挖填线,方便施工。

DEM 法是现在比较先进的土方量的计算方法,文中是通过建立不规则三角网来进行土方量的计算,该方法对软件的依赖性比较强,数据要求比较高,但是可以计算比较复杂的地形情况,可以设定平整后的地面坡度,也可以基本确定挖填界线。

通过对 3 种方法的比较评价(表 6),可以看出在平原区土地整理中土方量的计算方法选择方格网法和 DEM 法比较适合,但是采用这两种方法对数据、软件及技术人员的要求比较高。在地形起伏不大且无高岗和洼地,高程点分布也相对均匀的计算单元,可以选用散点法进行计算,以提高工作效率。

表 6 平原区土地平整方法评价

方法	散点法	方格网法	DEM 法
计算复杂性	简单	复杂, 可通过软件实现	复杂, 可通过软件实现
计算要求	计算单元面积、高程数值	实测矢量图及高程坐标文件	实测矢量图及高程坐标文件
高程点点位要求	无	按网格实测, 也可通过软件插值	无
计算软件依赖性	弱	强	强
平整为有坡度的地面	不行	可以设定坡度	可以设定坡度
确定填挖界线	不能确定	基本确定	基本确定
适用条件	地形起伏不大, 不存在高岗及洼地, 高程点分布均匀	地形起伏不大	高程点密度足够
土地平整适用度评价	差	较好	较好

土地整理中土方量的计算至关重要, 所以计算方法必须选择适当才能使结果更准确, 该文针对平原区土地整理土方量的计算方法进行了探讨, 初步比较了散点法、方格网法和基于不规则三角网的 DEM 法在平原区土方量计算中的适宜性, 对平原区土地整理中土方量计算方法的选择有一定的指导意义。但是, 土方量的影响因子比较多, 单纯的从方法

的角度研究带有很大的局限性, 而且选取的计算实例相对较少, 所以还需要做更为深入的研究。

参考文献:

[1] 柳长顺, 齐实, 杜丽娟. 土地整理项目土方量计算方法[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(2): 80-82.

[2] 柯晓山, 张玮, 王荣静, 等. 采用不规则三角网插值进行土地整理项目前期平整土方量的计算[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 24-27.

[3] 陈勇. 利用 ArcGIS 地统计分析进行土地平整土方量计算的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(1): 70-71.

[4] 潘起来, 牛晓君. 土坎水平梯田最优断面设计[J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2004, 4(2): 22-24.

[5] 刘宁, 鄢文聚, 雷廷武. 丘陵地区梯田土方量的快速计算方法及应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 42-51.

[6] 王礼先. 水土保持工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 55-67.

[7] 高向军. 土地整理理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2003.

[8] 罗德仁, 邹自力, 汤江龙. 工程土方量计算比较分析[J]. 东华理工学院学报, 2005, 28(1): 50-64.

[9] 周越轩, 刘学军, 杨治洪. 基于 DTM 的土方工程量计算与精度分析[J]. 长沙交通学院学报, 2000, 16(4): 30-43.

(上接第 83 页)

(2) 铺设生态垫后, 各层的土壤含水量均高于裸地的, 在观测期间, 铺垫后 0- 15、15- 30、30- 45 cm 3 个层次土壤含水量的平均值分别为 5.40%、5.19% 和 5.66%, 相对裸地而言分别提高 167.33%、53.10% 和 52.56%, 浅层土壤含水量提高更加明显。

(3) 铺设生态垫后, 土壤有机质、土壤全氮、碱解氮和速效磷的含量变化并不明显, 土壤速效钾的含量有明显变化, 相对提高 240%。

参考文献:

[1] 王涛, 吴薇, 薛嫻, 等. 近 50 年来中国北方沙漠化土地的时空变化[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 202-212.

[2] 王式功, 董光荣, 陈惠中, 等. 沙尘暴研究的进展[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 349-356.

[3] Grace J M, Ascough II J C, Flanagan D C. Impact of grass species on erosion control from forest road sideslopes. Soil erosion research for the 21st century[J]. Proceedings of the International Symposium, Honolulu, Hawaii, USA, 25-29 January, 2001(12): 192-195.

[4] Hensler K L, Baldwin B S, Goatley J M Jr. Comparing seeded organic fiber mat with direct soil seeding for warm season turfgrass establishment[J]. Hort. Technology, 2001, 11(2): 243-248.

[5] Rejmankova E, Komarkova J. A function of cyanobacterial mats in phosphorus limited tropical wetlands[J]. Hydrobiologia, 2000, 431(2): 135-153.

[6] 郇庆炉, 宋留轩. 不同覆盖物对玉米生长发育和土壤性状的影响[J]. 河南职业技术学院学报, 1996, 24(2): 69.

[7] 刘平, 马履一, 郝仪荣, 等. 生态垫对河滩造林地土壤温湿度和杂草的影响[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 72-81.

[8] 胡封兵, 高甲荣, 刘瑛. 可降解生态垫在河滩区造林中对土壤含水量的影响[J]. 水土保持应用技术, 2006(3): 123.

[9] 韩向忠, 孙向阳, 胡剑非. 生态垫对造林地土壤水分及养分的影响研究[J]. 华南热带农业大学学报, 2006, 12(2): 23-26.

[10] 高甲荣, 孙保平, 王淑琴, 等. 可降解生态垫在河滩地造林中抑制杂草的效果[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(1): 38-41.

[11] 北京林业大学土壤教研室. 土壤学实习实验指导书[M]. 2001.

[12] 何志斌, 赵文智. 半干旱地区流动沙地土壤湿度变及其对降水的依赖[J]. 中国沙漠, 2002, 23(4): 352-362.

[13] 刘新平, 张铜会, 赵哈林, 等. 干旱半干旱区沙漠化土地水分动态研究进展[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 63-68.