

方格网法与三角网法在土石方量计算中的应用

The Application of Grid Method and Triangular Network Method in the Calculation of Earthwork Volume

巴彦勒 张龙

Bayanle Long Zhang

内蒙古太平矿业有限公司 中国·内蒙古 包头 014030

Inner Mongolia Taiping Mining Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014030, China

摘要: 在土木工程中,准确计算土石方量对于成本控制与规划至关重要。论文深入探讨了计算土石方体积的两种主要方法:方格网法和三角网法。通过概述土石方计算的基本原理以及介绍常用的计算方法,论文进而详细解释了方格网法的定义、原理、操作步骤以及优缺点,并同样对三角网法进行了全面剖析。

Abstract: Accurate calculation of earthwork volume is crucial for cost control and planning in civil engineering. This paper delves into two main methods for calculating the volume of earthwork: the grid method and the triangulation method. By summarizing the basic principles of earthwork calculation and introducing commonly used calculation methods, this paper further explains in detail the definition, principles, operating steps, advantages and disadvantages of the grid method, and also comprehensively analyzes the triangular grid method.

关键词: 土石方量计算; 方格网法; 三角网法; 土木工程

Keywords: calculation of earthwork volume; grid method; triangle network method; civil engineering

DOI: 10.12346/se.v5i3.9245

1 引言

在众多土木工程测量任务中,土石方量计算扮演着基础且重要的角色。它直接关联到项目预算的制定、材料调配、施工准备等多方面的决策过程。精确的土石方量计算可以有效优化工程设计,减少不必要的成本开支,保证工程质量。因此,工程测量领域研发了多种手段以适应不同的工程需求与地形条件,其中方格网法和三角网法为业界广泛采用。

2 土石方量计算概述

2.1 土石方计算的基本原理

土石方计算,作为工程领域中重要的量测标准,其核心目的在于精准地评估在施工前后土壤或岩石的体积变化。这一计算过程对于预测项目成本、规划施工作业以及最终结算都具有重要意义。土石方量的计算基于简单但精确的数学几何原理,涉及地表或指定区域能够被挖掘、填充或移动土石

的体积评估。在实施土石方量计算时,要先对施工区域进行细致的测量,根据地形变化来确定计算的基准面或基准线。测量结果常以等高线图表现,以直观反映地形起伏,并作为计算的基础数据。基于这些数据,使用特定的计算方法来评估各个地形单元之间的体积差异,最终得出总的土石方体积。

2.2 常用土石方量计算方法

土石方量计算在工程建设中占据着基础且关键的地位,其使用的核心方法主要有平面量测法、剖面法、方格网法和三角网法。在进行土石方量的计算时,首先应该根据所处理的地形特征,选取最为合适的计算方法来获取最准确的结果^[1]。平面量测法适用于地形较为平坦且变化不大的场地。这种方法通过平面图上等高线间的距离和相邻等高线的高差直接计算出体积,形成简便快速的评估。但对于地形复杂多变的区域,平面量测法的适用性和准确性会受到限制。

【作者简介】巴彦勒(1989-),男,蒙古族,中国内蒙古包头人,本科,工程师,从事露天矿山技术指导安全管理研究。

剖面法经常被用于道路、渠道等线性工程的土石方量计算中。此种方法通过沿设计线做垂直于地面的剖面，然后结合剖面间的距离来确定整个工程范围内土石方的总量。每一剖面体现出该位置的地形变化，而相邻两剖面间可以视为梯形或其他简单几何形状来计算体积，并进而求得总体积。

方格网法则是将待计算区域分割成规则的方格区域，通过计算每一个小方块内土石方的体积并累加来求解整个区域的总体积。这种方法在地形变化不是异常剧烈的环境中能提供足够准确的估计值，但它对于处理不规则或者急剧起伏的地形可能存在一定局限性。

与方格网法类似，三角网法是通过将待计算区域划分成由等高线连接形成的无数个三角形，每个三角形内进行土石方量计算。这种方法尤其适用于复杂多变地形，并以多个不同的三角形小块更好地近似实际的地面情况，从而提高计算精度。所得的三角形可以视为三维空间中的平面，通过求解这些平面与水平基准面之间的空间体积得到整个区域的土石方总量。

3 方格网法在土石方量计算中的应用

3.1 方格网法的定义与原理

方格网法，是一种在土石方工程量计算中广泛使用的测量技术，其核心理念基于几何学分割原则。该方法将复杂的地形划分为规则的方格网络，通过评估每个小区域内的土壤或岩石体积变化，进而估算出整个施工区域的土石方总量。

具体实践中，方格网法通过从待测量地面上铺设一层虚拟网格，通常这些网格为正方形或长方形。网格的大小取决于地形的复杂程度及所需的计算精度，地形复杂或要求高精度时，使用较小的网格尺寸。每个网格交点称为节点，节点的高程值通过地形测绘获取，如现代测绘技术 GPS、全站仪等，可以提供准确的高程数据以供计算之用。

计算过程中，分别对每个方格进行量测。首先确定方格四个角点的高程，然后基于这些点的高差与方格面积，估算每一个方格包含的体积。每个方格构成了一个小柱体，其顶部由高程点决定的不规则形状弯曲平面，底部为水平基准面。将所有方格体积进行累加，即可得到整个区域土石方的估算总量。

3.2 方格网法的操作步骤

①地形资料搜集：首先需获取施工区域的详细地形图。现代测绘技术，如全站仪、GPS、激光扫描等，可用于获取高精度的地形数据，包括各节点的准确坐标和高程值。

②确定网格尺寸：根据地形的复杂度及计算精度需求，选取合适的网格尺寸。地形起伏较大或计算精确度要求较高的区域，应选用较小的网格大小。

③划分网格：在地形图上划定方格网格，每个方格代表一个计算单元。此过程可以手动操作，亦可采用计算机软件来自动完成。

④收集节点高程数据：对于每个方格的四个角点（即网格节点），需要准确记录其高程。这些高程数据可通过前期测量工作获得，或依据已有地形等高线图推算。

⑤计算方格体积：此步骤核心是依据方格角点高程值，估算每个方格代表的柱体体积。对于平坦或均匀的地形，可以采用简单的均高法或最低点法；而对于复杂地形，则需采用更为精确的体积计算公式。

⑥累计各方格体积：将所有方格的体积进行加总，得出施工区域的大致土石方总体积。需要注意的是，这一步可以用以区分开挖与填充的体积，以便更精确地规划材料的使用和运输。

⑦误差校正：由于方格化处理可能引入计算误差，必须经过审慎的检查与校正。这包括检查方格内是否有忽略的高差、非线性地形变化等，以及核对数据输入是否准确。

⑧结果输出：最后整理计算数据，输出最终的土石方工程量报告，该报告将用于施工规划和成本估算。

3.3 方格网法的优缺点分析

优点方面，方格网法的操作流程简便、直观，并且易于理解。通过规则的网格覆盖待测区域，可将复杂地形细化为多个计算单元，使得每一小片土地的变动和管理成为可能，这对于项目进度控制和土石方量调整尤其有益。由于其条理分明的计算单元设计，这种方法便于数据整理与管理，较容易发现计算错误或地形遗漏部分，便于及时修正。这种方法适用于各种尺度的工程项目，不论是小范围的建筑场地还是大型的基础设施开发^[2]。此外，方格网法易于利用现代技术进行自动化处理。借助相关软件，可以快速生成网格图，自动读入高程数据，并计算出体积结果，极大提升了效率和减少了人力资源的投入。

然而，方格网法也存在不足之处。主要的缺点是其精确度相对于三角网法等其他方法可能较低，特别是当处理不规则地形或具有急剧变化高差的地区时。在这些情况下，四个角点的信息可能无法准确表达出方格内的真实地形变化，进而导致估算的体积存在偏差。此方法还存在潜在误差来源，譬如方格角点选择不当或测量误差都可能累积影响最终结果。土石方估算过程需要非常精细的高程数据，如果这些数据缺乏精度，整个计算的可靠性就会受到影响。

4 三角网法在土石方量计算中的应用

4.1 三角网法的定义与原理

三角网法通常被定义为一种测量土石方工程量的方法，该方法依据测量学和地形学原理，利用地表点生成三角形形状的网格，再通过这些网格来精确计算体积。在土木工程和地形测绘领域，三角网法因其高精度和适宜处理复杂地形的特性而被广泛应用。

原理方面，三角网法基于地面可以被抽象为多个相邻的三角形相连接成的网络这一理念。此方法首先要求在待测区

域内选取一系列的测站点,这些点被称为控制点,控制点的位置精度对整体计算结果至关重要。然后,使用各种测绘工具和技术,如全站仪或GPS系统,精确测量这些控制点的三维坐标,即其在水平面上的位置以及相对于某个参考点的高度或深度。

通过连接这些点形成多个三角形,也就是所谓的“三角网”。每个三角形覆盖了地表上一个相对较小的区域,可以被视为地形的一个小片段。地形内部的高差和坡度变化通过这些三角形在平面上的表现和相对高差被记录下来。而每个三角形构成了一个斜面,可以被看作是平面三角形与高差结合形成的空间三棱锥或三棱柱的一部分。

4.2 三角网法的操作流程

三角网法的操作流程在土石方量计算中可谓精细而严谨的。第一,这一方法的运作起始于严格的现场勘察与测量,确保获取可靠的基础数据。地形勘察时不仅需要精确确定地面各控制点的位置,还要综合地形特征与工程规模来布设测量网络。控制点之间的连线将构成一系列三角形,从而形成三角网。

第二,数据收集。利用全站仪、GPS定位系统和其他测量仪器,对选定的各控制点的位置进行精确测量,获取它们的平面坐标及高程信息。这些数据的准确性是后续计算工作得以顺利进行的前提^[3]。特别值得注意的是,在复杂地形中,可能需要布设较密集的控制点,以确保测量覆盖到所有关键地形的变化。

第三,所有采集到的数据将由技术人员录入专业的地质测量或土木工程软件中,软件将基于这些坐标点构建出数字地形模型和三角网。在这个过程中,技术人员确保生成的每个三角形均符合测绘专业的要求,以避免在三角网构造中出现误差。

第四,对生成的三角网进行体积计算。每一个三角形构成地面一块斜坡面的一部分,通过计算每个三角形代表的立体体积,并将所有体积合计起来,最终确定出整个区域的土石方工程量。这个步骤中,三角形的底面积乘以垂直高度(高程差),这种方法可以计算出每一个小的三角形的体积。再通过高度数据的累加和平均化处理,得出每一三角网单元的体积,从而实现准确量测。

第五,审查和校对。在计算过程完成后,需要通过复核各个环节,确保没有遗漏和错误发生。在必要时,还需进行现场复测以验证计算结果的准确性。通过将计算结果与实际情况比对,可以进一步修正和完善数据,以确保提供最准确的土石方量计算结果。

4.3 三角网法的适用情况与局限性

三角网法亦适用于那些对精度要求较高的工程,如水利工程、道路施工等大型土石方工程量的计算。因为这类项目往往涉及大规模的土方移动和精确的工程施工标准,所以使用三角网法可以有效保证计算的精度,确保工程的顺利推进^[4]。尽管三角网法有着得天独厚的优势,它也有一定的局限性。首先在于操作上的时间和资源成本较高,相比其他一些方法,如简单的平面截面法或方格网法,三角网法需要更多的测量点和更复杂的数据处理过程,从而导致整个计算过程耗时较长,并且需要投入更多的测量仪器和专业人员。

此外,该方法还面临技术门槛的局限。建构精密准确的三角网并进行土石方量的计算,它要求作业人员具备较高的专业技能和经验,以确保生成的数字地形模型的精确度。在一些技术支持不足的情况下,可能难以充分发挥三角网法的优势。

最后,虽然三角网法适用于复杂地形条件,但当遭遇极端复杂或者交通不便无法到达的区域时,操作上会存在困难,且测量难度和精度可能受到影响。此种情况可能需要采取航空摄影或卫星遥感技术来辅助解决,在一定程度上也会增加项目成本。

5 结语

综上所述,方格网法以其简单的操作流程和较低的技术门槛,适用于地形相对平坦的区域土石方量的快速计算,但在处理复杂地形时会存在一定的局限性。相反,三角网法虽然操作更为复杂,需要较高的专业知识并耗费更多的时间和资源,却能够为不规则或陡峭地形下的精确土石方量计算提供可靠的解决方案。这两种方法在实际应用中各有侧重,工程技术人员应根据实际工程特征、技术基础、成本预算等因素,选择最合适的土石方量计算方法,确保工程的有效推进和成功实施。

参考文献

- [1] 王炳新.无人机摄影测量技术在违法用地土石方量计算方面的应用[J].矿山测量,2021,49(4):61-65.
- [2] 任斌斌,张可,付博等.纬地软件在复杂边坡工程土石方计算中的应用[J].山西建筑,2021,47(1):79-81.
- [3] 李卫军,杨静.无人机摄影测量在矿山土石方采剥量计算中的应用[J].北京测绘,2020,34(10):1404-1407.
- [4] 何安静.ObjectARX在站场土石方计算中的应用[J].四川建材,2020,46(2):94-96.