 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i9.11578

Accurate Measurement Method and Practice of Earthwork Volume in Oilfield Station Engineering

Ping Li[1] Yuan Yu[2]

1. Xi'an Changqing Engineering Construction Supervision Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710018, China
2. Xi'an Changqing Tongxin Petroleum Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710018, China

Abstract

Oilfield station construction is a fundamental aspect, and the accuracy of earthwork measurement directly affects the success of project investment control, schedule management, and cost accounting. According to the role of engineering supervision, this article examines the core issues in the current earthwork measurement, like topographic re-measurement deviations and inconsistent measurement methods. By combing BIM 3D modeling, GPS topographic surveying, and grid calculation technologies, it suggests a supervision-based earthwork measurement control process. The application effectiveness of this process is verified by practical engineering cases, offering practical guidance at the supervision level to enhance the accuracy, standardization, and scientificity of earthwork measurement.

Keywords

engineering supervision; earthwork quantity measurement; grid method; BIM Technology

油田场站工程土方量精准计量方法与实践

李平[1] 于远[2]

1. 西安长庆工程建设监理有限公司，中国·陕西 西安 710018
2. 西安长庆同欣石油科技有限公司，中国·陕西 西安 710018

摘 要

土方工程是油田场站工程建设的基础环节，它的工作量计量精准度直接影响项目投资控制、进度管理及成本核算的有效性。本文从工程监理职责定位出发，分析当前土方工作量计量中存在的地形复测偏差、计量方法不统一等问题，结合BIM三维建模、GPS地形测绘、方格网计算法等技术方法，提出监理全程介入土方计量管控流程，并通过实际工程案例验证其应用成效，为提升土方工作量计量的准确性、规范性与科学性提供监理工作层面的实操指导。

关键词

工程监理；土方工作量计量；方格网法；BIM技术

1 引言

土方工程施工范围广，地形条件复杂，影响因素也多，其工作量计量是工程投资控制的重要环节。在工程监理工作里，土方计量不光是审核施工单位申报工作量的关键依据，也是把控工程进度款支付、处理工程变更索赔的重要基础。

当下，有些油田场站工程在土方计量方面，有原始地形数据不准、计量方法选错了、现场监理签证太随便等情况，容易造成工作量上的争议，致使项目投资超支、工期延误。随着工程测量技术以及数智化管理工具的进步，传统意义上的“断面法”和“平均高度法”，已经很难达到复杂地形下土方计量的精准要求了。所以，从监理的角度去探索一套“事前控制、事中复核、事后追溯”的土方工作量精准计量体系，对规范土方工程管理、保障项目参建各方合法权益很重要，有现实意义。

【作者简介】李平（1980–），男，中国陕西西安人，本科，高级工程师，从事油气田地面工程监理研究。

2 土方工作量计量监理管控的核心问题

2.1 原始地形数据失真，计量基础不扎实

原始地形测量是土方计量的根基所在，有些项目有测量点位密度欠佳、测量仪器精度欠缺、测量数据未经监理复核等情况。施工单位进场前进行的地形复测时，或许会有刻意忽略洼地、高坡等关键点位的情况，致使原始地形标高与实际不符。同时，监理人员没有全程旁站地形测量，也未对测量数据独立复核，这就使得土方开挖、回填的工作量计算有了准确的基数，给后续计量争议埋下隐患。

2.2 计量方法选用不规范，计算结果偏差大

土方计量是油田场站工程成本核算、进度结算、竣工

审计的重要工作，计量结果的准确性对项目工程量、工程造价以及甲乙双方结算公允性有着直接的影响。不同土方计量方法的计算逻辑、适配地形、精度标准差异很大，只有把项目现场实际的地形地貌、工程形态、精度要求结合起来，才能确保计量数据真实可靠。在实际的工程施工与结算里，计量方法错用、乱用、择优套用以及计算规则不统一等情况都挺常见的，很容易让土方量测算出偏差、结算有争议，工程造价虚高，对项目成本管控和工程审计质量影响很大。下面要详细梳理三类主流土方计量方法的适用场景、计算特点以及优缺点，并且深入分析行业里常见的计量问题与成因。

2.2.1 方格网法

适用地形与工程场景：此方法是场地平整工程里最常用的计量方式，其核心适配的是地形起伏平缓、地势整体均匀且没有大幅高差和复杂地貌的开阔平坦区域，主要用在场地平整这类块状、规整式场地工程上。

计算原理：在测算前依据工程精度要求，把整体施工场地划分成若干规格一致的正方形方格网，方格边长可由场地大小、精度需求来灵活确定，像 5 米、10 米、20 米之类的常用值就比较合适。通过现场实测或者地形图采集每个方格的四个角点的原始地面高程与设计竣工高程，逐个计算单个方格的开挖或者填筑高度，再结合方格面积来测算单一方格的挖方、填方土方量，最后把全场所有方格的土方数据逐一加起来，最后得出项目总挖方、总填方工程量。

核心优势：整体计算逻辑简单明了，公式固定，操作门槛不高，无需复杂建模运算，人工测算和软件测算都能快速完成。测算过程要标准化，数据量也要精简，计算速度要快，效率高，这样就能快速计量和初步核算大面积平坦场地的情况。同时测算出轨迹清晰、方格数据可追溯，现场复核、监理抽检、审计核对起来很便捷，不容易出现隐性误差。

该方法的测算精度对场地平整度要求很高，所以只能用于地形规整且起伏很小的场地。场地要是存在局部高差、微小坡地、零散沟壑，方格角点高程就无法完整还原局部地形细节，单格土方量测算就会失真，整体误差会大幅放大。

2.2.2 断面法

适用地形与工程场景：作为线性工程的专属计量方法，广泛应用于带状、长条式线性基建项目，典型场景包含公路、市政道路等延伸长度大、横向断面形态规律变化的工程。不管场地整体是否平坦，还是有纵向坡度，只要工程是线性的，就能用断面法精确算出。

计算原理：沿着工程线路的纵向方向，依照规范规定，每隔固定距离设置横向测量断面，断面间距依据工程精度、地形变化情况来调整，地形平缓时可适当扩大，地形变化复杂时要加密断面。经由实测来获取各个横断面的原始地面轮廓以及设计施工轮廓，从而精确算出单个横断面的开挖截面积或者填筑截面积。按照平均断面法的计算逻辑，把相邻两个断面的面积平均值算出来，再乘以两个断面之间的水平距离，这样就能得到两段断面之间的土方工程量，然后逐段计算，最后把所有区段的土方量加起来，就能得到项目总土方量。

核心优势：能很好地契合线性工程的施工形态以及地形变化的特点，可精准地适应工程纵向坡度、横向断面的渐变规律，完整地还原道路、管道等工程的挖填断面形态，且测算结果符合现场实际施工状况。

存在的局限性：场景的局限性很强，仅适用于线性带状工程，对块状场地、不规则区域以及集中式场地平整工程而言，其测算流程繁杂，效率低下，而且不能适应多维地形的变化。对于地形破碎、局部高差突变、断面形态杂乱的复杂地段，要是断面间距没及时加密，就很容易漏掉地形细节，计量精度就会下降，测算偏差也会出现。

2.2.3 DTM 不规则三角网法

适用地形与工程场景：这是当下精度最高、适配性最广的现代化土方计量方法，专门针对地形复杂、地貌破碎、高差起伏大、无规律可循的山区、丘陵地带，而且适用于所有对土方计量精度要求严苛的重点工程、审计严格结算项目、地形不规则的改扩建工程，可全面适配平坦场地、坡地、山地、沟壑等各类复杂地形。

计算原理：利用现场实测的大量离散高程点以及地形特征点，借助专业测绘软件来构建高精度 DTM 不规则三角网三维地形模型。模型会把所有离散的高程点自动连结成连续、互不重叠的三角形网格，把施工现场的真实三维地貌完整还原出来，精准地贴合地形的细微起伏和突变变化。在计算的时候，把单个三棱柱当作基本的计算单元，逐个计算每个三角网格的挖填体积，最后把所有单元的体积加起来，这样就能得到精准的总挖填方工程量了。

核心优势：突破了传统方格网、断面法的地形限制，能最大程度还原施工现场的真实地貌，精准把握局部高差、陡坡、沟壑等细微地形变化，测算精度比传统方法高很多，是复杂地形土方计量的最优方案。适配各类地形与工程类型，通用性很强，能满足高标准、严审计的工程计量需求，能有效防止地形复杂造成测算误差。

存在局限，基础数据要求很高，需要实测大量高精度高程特征点，外业测绘工作量大、耗时久。内业建模、数据校核及参数调试流程较为复杂，对操作人员的专业能力要求较高，整体测算周期较长，人工与时间成本也较高。简单场地平坦，用方格网法测算效率低，工作量也多，性价比也不高。

2.3 数智化技术应用不足，计量效率低

传统土方计量，得靠人工测算、二维图纸绘图，这效率不高，还容易出错。在监理工作里，有些监理单位没有引入 BIM 建模、GPS 定位、无人机航拍这类数智化技术，所以不能对土方开挖、回填的整个过程进行可视化监控。并且，没有建立土方计量数据台账，这就使得测量数据、计算结果

等无法进行信息化追溯，监理复核工作难度大增。

3 监理全程介入的土方工作量精准计量方法

3.1 事前控制：夯实计量基础，明确计量规则

3.1.1 全程旁站地形复测，确保原始数据准确

监理人员在施工单位进场之前，得组织建设、勘察、施工等单位联合进行地形复测。采用 GPS - RTK 测量技术或者高精度全站仪，依照规范要求来布设测量点位，保证点位全面覆盖整个施工场地，重点关注洼地、高坡、沟渠这类特殊地形。监理人员得对测量数据独立复核，把勘察单位提供的原始地形资料对比一下，确认无误后，各方都要签字确认，这也就是土方计量的基数。

3.1.2 明确计量方法与计算规则，统一计量标准

监理人员得依据项目地形状况以及合同规定，搞出科学合理的计量办法，而且要在监理规划里明确。比如，场地平整工程优先运用方格网法，线性工程优先采用断面法。并且，要明确放坡系数、工作面宽度、松土系数等关键参数的取值标准，保证与施工方案、设计图纸相符，且由参建各方签字备案，防止后续计量争议。

3.2 事中控制：强化过程监管，动态复核工作量

采用数智化手段，达成土方量的实时监测，引入 BIM 三维建模技术，把原始地形数据和设计地形数据导入到 BIM 软件里，构建三维地形模型，自动算出土方开挖、回填的理论工作量。在施工期间，借助无人机航拍技术对施工现场地形数据进行定期采集，更新 BIM 模型，对比实际开挖量和理论工作量的偏差，以便及时察觉超挖、欠挖之类的问题。在条件具备时，最好是采用多种方法来计算之后再做比较，精准地算出土方量。

3.3 事后控制：完善资料归档，实现计量追溯

3.3.1 严格审核土方计量报告，确保数据准确

施工单位提交土方计量报告之后，监理人员要从原始数据、计算方法、签证资料这三个方面来审核。对比 BIM 模型计算的工作量和施工单位申报的工作量，对放坡系数、工作面宽度等参数的取值是否符合约定进行复核。审核无误之后，就出具监理审核意见，把这作为进度款支付的依据。

3.3.2 建立土方计量资料档案，实现全过程追溯

监理人员得把原始地形测量数据、BIM 模型文件、计量计算书、影像资料等都归档起来，构建数智化资料档案。档案得把资料的编号、来源、审核人员以及审核日期都明确下来，保证土方计量的整个流程都能追溯，给应对可能的计量争议提供完整的证据链。

4 工程案例应用

4.1 项目概况

某油田脱水站工程，征地面积达 51339 平方米，场地地形起伏不大，不过有沟壑，土方开挖、回填、场地平整等工作都涉及，按照地形特点和合同约定，采用方格网法来计量土方。监理单位在项目实施期间，一直介入土方计量管控，还引入了无人机航拍技术，来保证计量的精准度。

4.2 监理计量管控措施

事前控制：监理人员全程旁站联合地形复测，采用 GPS-RTK 测量技术布设 200 余个测量点位，独立复核测量数据，发现施工单位遗漏 3 处洼地点位，及时补测后确认原始地形标高，避免土方量虚增约 1200 立方米。

事中控制：结合竖向设计，用飞时达总图设计软件设计计算，理论土方开挖量为 53385.55 立方米，回填量为 49713.14 立方米。在施工期间，每周运用 GPS - RTK 测量技术、无人机航拍来更新地形数据，还用方格网法做人工测算复核，结果发现有 2 处区域存在超挖情况，然后要求施工单位整改，以减少投资损失，大约 20 万元。针对局部地质条件发生改变所引发的土方外运量增多情况，监理人员会实时到现场进行测量，并且附上影像资料。

事后控制：审核施工单位提交的工作量计量时，对比计算数据与申报数据，核减不合理土方量约 800 立方米，出具准确的监理审核意见。

4.3 应用成效

该项目通过监理全程介入土方计量管控措施，土方工作量计量偏差控制在 3% 以内，没有发生计量争议，土方工程投资控制在概算范围内，工期比计划提前 5 天。项目成果得到了建设单位的高度认可，给同类项目的土方计量监理工作提供了参考。

5 结论与展望

土方工作量的精准计量是工程监理投资控制的关键工作，主要就是事前做好基础、事中加强监管、事后完善追溯。监理人员得转变传统计量管理的理念，主动引入像 BIM、无人机航拍这类数智化技术，再结合项目地形的特点来采用科学的计量办法，这样才能切实提高土方计量的准头和规范性。

北斗定位技术、人工智能图像识别这些新技术在工程领域普及开来，土方计量就会朝着“自动化、智能化、可视化”发展。监理单位得加大技术投入和人员培训力度，提高监理人员数智化技术运用的能力，打造更高效、精准的土方计量监理体系，给推动工程项目高质量发展予以有力支撑。

参考文献

[1] 赖淑标,林晓钟.基于RTK无人机技术在工程计量复核中的应用 [J] 珠江水运.2022(5)42-44

[2] 王亚立.水利工程土方断面计量方法的优缺点和改进 [J] 水利发展研究.2017(4)51-55

[3] 张赟.基于多种测绘方法的土方量算精度分析研究 [J] 测绘与空间地理信息.2025(6)216-218+224.