

基于测量机器人的深基坑自动化监测系统优化研究

刘明

中交四航工程研究院有限公司

摘要: 随着社会发展, 城乡发展的步伐不断加快, 人口的不断增多, 使得土地的竞争日益激烈。为了更好的发挥城乡发展的潜力, 必须合理配置和优化城乡发展的空间, 并且将深基坑监测技术纳入深基坑监测工作的全面考量中来, 从而提升深基坑监测的准确性和可靠性。经过系统的研究和评估, 我们对深基坑位移监控过程的准确性和可靠性提出了有力的支持。

关键词: 机器人; 基坑; 自动化

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.081

前言:

深基坑工程是一种复杂的工程, 其开挖深度深可能超过5m, 也有可能未超过5米但地质情况和周围环境比较复杂。因此, 深基坑监测就显得尤为重要, 它不仅要求工程人员对基坑及其周边环境的岩土性状、支护结构的变形情况进行全面的观察和分析, 还要求工程人员根据实际情况, 采取有效的措施, 确保基坑的安全性。为了更准确地指导深基坑的设计和施工, 对相关信息的全面掌握非常关键。因此, 研究自动化监测系统的可靠性显得尤为重要。尤其是针对高层建筑, 由于其庞大和复杂的结构, 在监测点和监测方法的选择上, 更需要重视。对于高层建筑基坑的开挖, 良好的变形可以有效地保障施工质量、安全性以及提升居民满意度。在开挖前, 由于重力的作用, 土壤结构发生了一定的变化, 使得土体内部的压力也随之发生变化, 从而导致了周围环境的反弹现象。随着周边项目的推进, 变形和负荷都将显著增加, 从而带来更大的挑战。当基坑发生不良变形, 将会给整栋建筑带来严重的风险。因此, 使用新的技术手段来及时发现并处理这种情况尤为必要, 以保证建筑的稳固。这些技术手段包括使用最新的监测技术, 如全站仪机器人, 它可以根据地面的动态情况, 及时发现并处理变形, 并且可以根据不同的情况, 调节相关的参数, 以便更好地保护建筑的完好。

一、自动化全站仪的监测技术

通过使用自动化全站仪, 我们不仅可以更好地推动工业技术的发展, 还可以极大地改善智能化设备的性能。此外, 由于这项技术的不断改善, 它已经被普遍地用于检测高楼的变形、沉降以及水平位移等问题。通过采用先进的监测技术, 可以以极高的精度和迅捷的时间来精确定位目标, 并且可以迅速、精细的收集到有关其

变动的数据, 以此来提高基坑变形的监测精度。

(一) 通过对全站仪的自主安装和观察, 我们可以深入了解其工作原理

随着科学的发展, 全站仪已成为监控基坑变形的主流方式。它可以通过觇标定位监控, 并且可以根据周围的环境条件, 快速准确地定位到目标位置, 从而可以有效地监控并记录、处理、分析基坑的变形情况, 并且可以通过智能全站仪的应用, 达到快速准确的监控目的。总的来说, 全站仪的工作原理就是进行自主观测。首先, 先进行人工学习, 接着根据已经指定的参照点, 对所获取的数据进行精细的统一, 再结合多组自定义的坐标, 利用计算机数字化处理技术, 将所获取的数据进行转化, 从而形成一个完整的观测结果。采用先进的全站仪技术, 我们不仅可以持续不断地收集、整合、分析、处理基坑的变形信息, 而且还可以将这些信息通过高速无线电缆线或者远程数据传输系统, 将这些信息发送到各个地方, 无论身在哪里只要有网络随时随地掌握基坑的变化情况。

瑞士Leica集团提出的aps, 一种全新的、基于极坐标的测量技术, 极大地改善了传统的大地测量技术, 并且在自动化变形监控领域取得了重要的突破。Leica集团的Geomos (Geodetic Monitoring System) 技术取得了长足的进步, 它的功能更加强大, 可以实现更加精准的全站仪控制, 为各类工程项目提供了可靠的技术支持。中南大学张学庄和郑州欧亚测量系统股份公司共同提出的“SMDAMS亚毫米级精度水库自动变形监测系统”、中国人民解放军信息工程高校检测研究院提出的ADMS主动变化监测软件系统以及湖北高校张正禄提出的测量机器人监控管理系统GRT-DEMOS (Geo-robot Deformation Monitoring System), 都为水库的精确测量提供了类似可靠的技术支持。通过与目前全球其他基础设施的自动全站仪的自动化变形监测系统进行比较, 我们会发现, 虽然目前的技术水平都很先进, 但仍存在着许多挑战。

(二) 全站仪自由设置场地坐标变换

通过使用stationingpoints和参考点, 我们能够对基坑的变形进行有效的监控。这两种方式都有其独特的优势, 并且能够满足不同的环境条件。通过访问有关的官方网站, 我们还能够更好地了解这些信息。根据K1、K2、K3、K4四个点的参照, 采取一种自动全站仪的技

术，将站点P的位置精确定义，并将其相应的方向、距离等信息进行精确的校准，最终通过一些精确的数学运算，得到点P的精确坐标。

通过对基坑的变形进行有效的监测，尤其是对较为狭窄的区域，更需要以精确的数据处理为依托。为此，建议采用一种最小二乘法确定平面坐标，来估算出水平和垂直坐标点的大致位置，并将其与坐标平面进行比较，从而获取点P的精确数据。

二、自动化检测系统的设备简介

(一) 自动化监测系统的设备构成

在深基坑监测领域，全站仪和光学/电子经纬仪都被广泛应用。这些仪器都具有多种测绘功能^[1]，包括水平角、垂直角、斜距、平距和高度差。它们都被认为是深基坑监测的核心部件，并且起到了重要的支持作用。通过安装新的设备，我们能够使用原来的光学刻度盘来进行深基坑的精确检测。这样，我们就能够把原来需要手动进行的人工光学检查转变成自动记录和读取信息的方式，从而极大地简化了深基坑的检查和检验过程。

(二) 通过使用自动监测系统，我们能够更好地控制深基坑的监测精度

使用监测设备构成的自动化监测系统开展深基坑监测作业时，必须提前设置好观测站的位置，之后需要将监测设备安装在观测站之上。但此时还不能立刻开展监测作业，而是需要对自动化监测系统的精度进行检验。如基于全站仪和经纬仪的自动化监测系统监测深基坑时，采用的方法为“全圆单测站观测”。此种方法是划属“方向观测法”，主要流程为：在监测前需对仪器设备进行归零处理，之后开展观测。适用的环境为：测站待测方向数量超过3个但没有超过6个。如果待测方向少于3个或多余6个，则应该使用简单方向观测法以及分组方向观测法。具体的操作原理为：将2个或以上的方向设置为—组，之后从起始方向开始，沿着水平方向进行观测。待到正镜和（或）倒镜处于半测回的状态时，将仪器设备调整至照准方向并读数。

使用自动监控系统之前，必须确保仪表安装在指定的观察点。通过多次的实地检查和比较，我们发现中误差（即按照有限次检查的偶然误差，最终计算出的标准差）非常小，因此它们对监测结果的影响非常小，所以我们没有必要对此进行进一步的研究。在进行中误差检查之前，必须先确定三维空间坐标，并将其应用于深基坑的监控。将监控设施的位置定义为（X），其中X、Y、Z的坐标都应该是0，而0的参数则用来代替。在一个深层的地下室中，我们会随意挑选一个地方，并用P来作为它的名字。我们会使用监控仪器来测量它的三个不同的方面，包括它们的水平和垂直角。我们会将这

些信息记录下来，并将它们的坐标值输出，用来计算它们的立体形状。我们会计算出 $X_p=L \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta$ ， $Y_p=L \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta$ ， $Z_p=S \cdot \sin \beta$ 。通过初中数学三角形边角关系定理，我们可以确定原点O和被观察点P的水平距离 $T=S \cdot \cos \beta$ 。在这个过程中，我们还需要使用其他数学方法，如全微分和变换，来确定P点的平面精度：

$$m^2 = \cos^2 \beta \cdot m_L^2 + (L/\beta)^2 \cdot m^2$$

(1) 清晰地表明，m代表了侧面的偏移。从(1)的数值来看，角度和距离的准确性对于确保目标监测点的准确性至关重要。为了达到这一目的，必须对这两项指标进行协调，以确保测量的准确性。matlab软件能够帮助我们三维地模拟和评估测量系统的准确性。通过实际的监控，我们能够获取“中误差”和“观测值质量”的数据，它们的比例被称作相对中误差。根据前文的描述，我们发现，误差的大小取决于它的代表性指数。误差较大的情况下，表示测量的精确性较差，而误差较大的情况下，表示测量的误差较大。经过实验，我们发现，在P的情况下，误差的大小为±0.8245 mm，远小于深基坑二级变形量的位移监测规定的±3.0 mm的限值。经过本次研究，我们发现，在进行深基坑监测时，采用的自动化监测系统具有极高的精度，而且误差极小，从而能够有效地提供准确的数据。

三、自动化全站仪可以有效地检测和监控高层建筑基坑的变形情况

(一) 工程概况

该建筑物的地下室长达120m，地下室的深度为15m，宽度为105m，其中，东侧的地下室为7层，6层，而西侧的地下室为12层，而且它的正对面是一座巨大的摩天轮。另外，这座地下室和周围的城市交通要道的距离也很短，仅为2000m。由于该项目的建设区域内的环境非常复杂，且建设区域面积有限，因此需要严格对其进行变形监控。为了确保项目的顺利完成，我们将严格按国家规定的变形管理标准执行。

(二) 监测方案

经过精心考虑，我们决定将监控范围扩大到K1和K2，是这些地方基坑深度的3倍。我们还决定将这些地方的监控范围扩大到50m，以确保建筑物的安全性。在进行地质勘探工程的过程中，我们需要注意地质构造物的变化，特别是在深基坑施工的情况下。因此，我们使用0.5”的TC2003全站仪，根据K2的坐标（500，500）和PI的方向角，来确定两点之间的水平距离，从而构建一个特定的地质构造物的独立坐标系。经过精确设置，我们能够准确地获取K1的地理位置信息。利用全站仪的自动站模块，在K1-K2的坐标系统中，不仅能够精准地获取地形的地理位置信息，还能够精准地检查PK1 PK2的变

化情况。为了更好地检查和评估基坑的变形情况，我们需要对D1-D15个监测点进行精细的安装，并将它们固定在钻杆的入口处，以便更好地观察和评估其他建筑的变化情况。

（三）监测结果分析

P提供了一个完整的坐标系，它的PK1和K分别代表两个独立的模块，通过它们，我们能够获取到P的坐标，并且能够通过K2和K1的坐标来确定每个监测点的极坐标值。通过监测，我们发现 β_1 与 β_p 点的夹角分别为 $52^\circ 56' 12''$ 、 $45^\circ 54' 17''$ ，以及边长PK1值，这些都有助于我们更加精确地评估数据的准确度与可信度。TC2003精密自动全站仪可以有效检测出偏差，包括距离误差、角度误差等，并且可以将误差控制在0.71mm以下，而且，根据误差 $0.71 < 2$ 的标准，偏差可以控制在1.5~2.0mm，以及1/10~1/20的允许范围，因此，可以利用TC2003的精密自动全站仪来进行地面的变形监控，以确保安全可靠的施工。这种方法能够非常有效地完成工程监控任务，因此应该大力宣传。

在水平位移监测方面，采用的方法为：在持续30d时间内，每天上午9:00开始，同时采用自动化监测以及人工监测方式，完成对某个监测点位水平位移（坐标）的监测。将相关结果导入matlab软件，就坐标监测变化情况生成对应的曲线。其中，细曲线及点位代表基于自动化监测系统监测到的数据；粗曲线及点位代表人工监测方式获取的数据。需要注意，一些离散程度较高的点位表明监测误差较大，故没有选为曲线经过区域。从图中显示的曲线来看，两种方式最终呈现出的结果均表明：深基坑的侧壁在水平方向朝着东北方移动。但细曲线的整体变化趋势相对平缓，且点位分布情况的合理性更高。粗曲线及点位的分散程度较高，表明测量结果的精确程度远远不如细曲线。具体的数值为：自动测量结果中，相邻观测点位的位移量非常低，最大值并没有超1mm，速率变化值在2 mm/d之内。该结果并没有超过水平位移监测规范报警临界值^[3]。而人工测量结果显示，监测点位水平位移变化幅度较大，最大位移量已经达到1.5 mm（与自动监测相比，差值达到0.5 mm，这一数据表明差异极大）。通过使用基于自动化的测量技术，我们可以对深基坑目标点位的水平位移（坐标变化）进行准确的定量监控。

（四）在评估使用自动监测系统进行深基坑监测时，应特别注意：

通过对自动监测系统和人工监测收集的多组数据的比较，可以有效地评估深基坑的稳定性，从而得出有效的结论。具体而言，可以通过计算多组数据的平均值，并结合数据的趋势变化，从而得出有效的结论。这种评

估方法在各个领域都得到了广泛的应用，其结果具有很高的参考价值。但是，当针对深基坑的监测时，使用这种方法进行评估时，必须特别注意以下几点：

①由于凌晨的气候条件较为舒适，使得全站仪自动化监测更加容易实施。然而，在这种情况下需要特别重视的是，当自动化监测设施被精确地放置到全站仪自动化的位置，而这些位置又没有足够的空间来进行传统的人工检查，这就限制了监测的实施。因此，为了确保安全，我们在安装监测设备时，应先确定好一个合适且合理的位置，并且预先安排专业技术人员进行监控。

②自动化监测的连续性使得它比人工监测更加准确，从而使得数据呈现出更加平滑的曲线。然而，在这种情况下如果传感器电力不足，也可能导致监测结果出现偏差，从而影响最终的分析结果。因此，在分析结果时，我们应该首先排除偏差较大的结果，并围绕这些结果进行趋势分析和比较。

四、结束语

通过使用先进的技术，我们可以更准确地监测和控制高楼大厦的地下室和地面的变形情况。这种技术的优势是它可以通过使用自动全站仪来实现，这样就可以更加准确地检测和控制地下室的变形情况，从而保证其质量和安全。采用自动全站仪的极坐标法，可以极大地改善和提高基坑的变形监控的准确性，它既简单易行，又能够迅速、精确地获取实际的信息，从而保证了高楼的安全，同时也极大地提升了施工的总体质量。通过使用自动化监控技术，我们可以更准确地监测到深基坑的位移。即使两次检查之间的数据偏差很小，也可以通过它们来确定位移的具体方向。通过使用该技术，我们可以更好地满足客户的需求。

参考文献

- [1]葛继空,李卫军.基于测量机器人的深基坑自动化监测系统优化研究[J].测绘技术装备,2021,23(4):11-15.
- [2]周二众.基于测量机器人的深基坑安全监测预警系统研究[D].重庆大学.
- [3]李靖言.基于测量机器人技术的明挖隧道基坑安全监测自动预警系统应用研究[J].公路交通科技:应用技术版,2020(2):3.
- [4]周光乐,胡锋光,顾志伟,等.一种基坑内部测量机器人,CN113687382A[P].2021.
- [5]刘文彬,赵刚,尹利洁,等.一种深基坑降水回灌自动化监测装置,CN209975618U[P].2020.
- [6]吴钊平,吴巧,毛清华,等.基于Nova TM50测量机器人的水电站大坝边坡变形自动化监测系统架构及运用[J].四川水利,2019.