

人工挖孔桩施工技术在结构纠偏中的运用

蒋晓辉

四川鼎能鑫盛达建设工程有限责任公司，四川 成都 610066

摘 要： 本文中既有砌体结构以小区住宅建筑为例，地基发生了明显不均匀沉降，导致上部结构发生了倾斜，为了保证建筑纠偏复位作业的正常进行，需要先在建筑底部引入人工挖孔桩作为纠偏复位作业的承力构件，结合实地分析与工程应用对比，采用水磨钻施工技术，总结出人工挖孔桩施工的经验，提高承重能力，保障人工挖孔桩施工安全。

关 键 词： 既有砌体结构；人工挖孔桩；水磨钻施工；纠偏复位

The Application of Manual Digging Pile Construction Technology in Structural Correction

Jiang Xiaohui

Sichuan Dingneng Xinshengda Construction Engineering Co., LTD. Chengdu, Sichuan 610066

Abstract： in this paper both the masonry structure in residential buildings as an example, the foundation occurred obvious uneven settlement, lead to the superstructure tilt, in order to ensure the normal construction rectifying reset operation, need first at the bottom of the artificial digging pile as rectifying reset construction of bearing components, combined with the field analysis and engineering application contrast, using water grinding drilling construction technology, summarizes the experience of artificial digging pile construction, improve the bearing capacity, ensure the safety of artificial digging pile construction.

Keywords： existing masonry structure; manual hole pile; water grinding drill construction; correction

传统砌体结构建筑物由于依赖天然地基或采用较为简单的复合地基技术，建筑物在使用过程中面临着不均匀沉降的问题，导致建筑结构发生严重损害。在轻微的情况下，表现为墙体裂缝；在严重情况下，则导致整栋建筑的坍塌。如果对这种沉降现象视而不见，不仅会对人们的生命安全构成严重威胁，也会引发巨大的财产损失，一旦选择通过推倒重建的方式来解决，经济成本将是极其高昂的。为了保障纠偏复位作业的安全进行，采用人工挖孔桩进行基础加固并作为纠偏复位作业的承力构件，能够有效地提高施工安全性、延长房屋使用寿命。

一、工程概况

既有砌体结构以小区住宅建筑物为例，六层砖混现浇结构，总高19.2m，总面积约2543.94m²，最大沉降量达442mm。地基发生明显不均匀沉降，导致上部结构发生倾斜。根据区域地质分析，地基由旧房条石基础、人工填土、煤矸石、粉质粘土、地域特有火山砾石、泥夹卵石与基岩组成，填土厚薄不一，粉质粘土随基岩面起伏不大，在场地普遍分布；基岩为砂岩，呈中风化，埋深起伏较大。场地为典型的填土混合地基，综合判定场地属不均匀地基，地基承载高负载建筑物。已有地基发生不均匀沉降，面临着承重压力大、坍塌风险高等问题。为保证建筑纠偏复位作业的安全施工，在建筑底部引入人工挖孔桩，利用人工挖孔桩作为纠偏复位作业的承力构件^{[1][2]}，人工挖孔桩施工主要采用水磨钻施工技术、边挖孔边护壁的方式，使人工挖孔桩具有较高的承重能力，用于支撑建筑物，保障人工挖孔桩施工安全，在人工挖孔桩施工过程中避免坍塌。

二、人工挖孔桩深度计算

墙身侧压力是人工挖土桩施工过程中的临时构件，主要由三部分组成：土体重量形成的侧压力、地下水压力和地面荷载引起的附加应力。但根据普拉茨的围岩压力理论，一般来说，当深度增加到一定深度3Xh₁后，土壁的横向压力基本接近于常数。这种现象被称为“拱效应”，这也是普拉茨的自然平衡拱理论。由于“土拱”是由平孔条件建立的，在人工挖土桩的竖向施工中，刺穿拱体的竖向孔削弱了全拱的效果。其中 h₁ 的计算过程如下：

$$h_1 = 1.5 \times (b + h \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)) / f_k \quad (1)$$

式中：h₁表示人工挖孔桩深度，单位为 m；b表示护壁外径半径，单位为 m；φ表示内摩擦角，本项目中取值为30°；表示岩土的坚固系数，此处取为0.6。

根据现场护壁外径半径计算，人工挖孔桩深度 h₁ 最终设定值为5.69m。

三、人工挖孔桩施工工艺及技术要点

在建筑物下方定桩位、挖设人工挖孔桩，人工挖孔桩施工过程中采用水磨钻施工技术、边挖孔边护壁的方式，使人工挖孔桩具有较高的承重能力，用于支撑建筑物、保障人工挖孔桩施工安全；承重梁与建筑物底部墙体空隙用托换梁妥善连接，建筑物恢复到正常的垂直位置，完成既有砌体结构的纠偏复位工作。

（一）桩位定线

布置施工测量控制网，并根据设计图纸确定桩井身位置和标高参考点。放样时，将300~500mm的木桩或铁钉打入地下，桩孔中心标记外露高度50~80mm，并喷红漆警告。中心偏差不得大于50mm。

（二）人工挖孔桩施工

开挖原则采用水磨钻施工技术，同时隔桩开挖、边挖边护^[3]。水磨钻施工技术工艺流程路线见图1。

首先沿桩基孔墙内环布置几个芯点，设置芯圆，芯圆直径150mm，将芯圆切割至锁的内壁，将芯圆相互切割。每个岩芯的岩芯依次钻孔，岩芯距外围岩芯高约600mm。将外周岩芯取完后桩芯体岩外围便形成一个环形临空面。

然后钻孔桩基孔的中间岩石，并沿着桩基孔的半径钻孔岩心。桩芯质量分为三个等份，各占桩芯质量的1/3。在桩芯岩上使用电钻，然后将桩岩分成六个等份，便于岩石破裂。沿桩基径向电钻钻孔，用大锤敲击钢楔，使岩体获得水平冲击力。在水平冲击力的作用下，岩石沿铅锤表面拉动，底部发生水平剪切断裂。岩体依次划分，直到岩层的堆心完全破碎。

沿着挖好的孔壁内圈打入钢管，对孔壁侧边进行加固，保障孔壁内壁不产生坍塌。在土层开挖中，采用挑、铲、铲等分层开挖，当硬土或岩层用锤、钻、或风镐破碎时，采用水磨钻施工技术挖至硬岩层。开挖顺序为先挖中间后挖周边，孔内挖出土石方装入吊桶，采用卷扬机提升运输到地面，堆积到指定地点^[4]。

取出第一阶段的岩芯后，往复采用水磨钻施工技术挖取岩芯，沿着挖好的孔壁内圈打入钢管护臂，继续向下开挖，每阶段取出岩芯高约600mm。相邻的上下阶段之间支撑有十字支架，避免上方掉落物品。

（三）混凝土护壁

沿着挖好的孔壁内圈打入钢管，进行混凝土护壁的施工，在墙体混凝土上加设圆钢筋，配置规格：周向配筋 $\phi 8$ ，间距150mm；纵向钢筋 $\phi 8$ ，间距150mm；上、下墙体钢筋 >400 mm。环形筋、纵向腱和连接腱、纵向腱和连接腱。采用最终的钢模板支架，模板一般由四件组成，每段高1米，每段由两件组装件组成。浇筑混凝土时，拆除上部，支撑下部，自上至下旋转。带有螺栓和U形卡，没有额外的支撑来浇筑混凝土和下部开挖。当第一个孔挖至1.0m深时，浇筑20cm C25混凝土锁，锁的顶面应高于原地面30cm，防止土壤和杂物落入井内，防止地表水流入井内。混凝土浇筑24h，墙体强度不小于5 Mpa。继续开挖，混凝土采用机械搅拌，铲斗运输人工浇筑，钢筋夯实。为了使保护壁稳定，便于下部混凝土的浇筑，在开孔时，孔壁上部

混凝土的内径略大于下部混凝土的外径。墙体上口直径与设计桩直径相同，下口直径比桩基设计大5 cm，使土与下墙共同支撑保护墙混凝土。若遇不良地质孔壁易坍塌时，每节护壁高度减至0.3 ~ 0.5m^[5]。

当孔桩挖至5m以下时，井内设置半圆形钢保护板，随开挖深度悬挂在作业人员上方约2m处。吊装时，上下操作人员应稳定、垂直，操作人员应站在安全板下。

每一段墙完成后，必须在孔内使用“十”线，然后通过孔的中心检查墙的内径和垂直度，确保同水平墙直径的极差不大于50mm混凝土护臂支撑如图2所示。

（四）钢筋笼的制作与安装

光圆钢筋、带肋钢筋应符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》的规定。钢筋或钢骨架中使用的结构钢应符合碳素结构钢中 Q235 钢的性能。

（1）钢筋笼制作

为保证钢筋有足够的保护层厚度，每隔2m在钢筋笼的钢筋周围设置4根定位钢筋。定位钢筋用钢筋箍筋焊接牢固，主钢筋用直螺纹连接^[6]。

（2）钢筋笼安装

钢筋笼在堆放和搬运时保持直线，防止扭曲和弯曲变形。采用两点提升的方法进行提升。为防止钢架在运输或放置过程中变形，钢筋的间距为2m。钢筋笼。将钢筋放入孔内后，保持垂直状态，轻轻地与孔的位置对齐。

钢筋笼采用直线连接，下一长度前采用钢束，用人工牵引电缆风绳控制吊装，然后用液压管钳连接测管挤压头；根据设计深度和位置放置钢筋笼，将钢束通过钢筋孔固定，确保钢筋的正确定位，避免钢筋下沉，浇筑混凝土漂浮。

钢骨架制作吊装允许偏差：主钢筋间距 ± 10 mm；箍筋间距 ± 20 mm；骨架外径 ± 10 mm；骨架倾角 $\pm 0.5\%$ ；骨架保护层厚度 ± 20 mm；骨架中心平面位置20mm；骨架顶标高 ± 20 mm。

（五）混凝土灌注

混凝土浇筑采用弦柱运输。混凝土从孔处设置的弦柱送入孔底，弦管底部出口距离混凝土施工表面不超过2m，防止出现混凝土偏析现象。当孔桩中渗水较大时，桩体混凝土浇筑采用水下混凝土浇筑。串筒与孔口支架及串筒与串筒之间应连接牢固，防止串筒坠落。桩基采用 C30 混凝土，混凝土在拌合站集中拌合，混凝土到达施工现场应由实验员测试混凝土坍落度及和易性。

浇筑前，清除孔洞底部的水，使水深小于5cm。立即用混凝土浇筑速度浇筑混凝土，防止水渗入孔内。浇筑混凝土采用人工插入式振捣器夯实，一次连续浇筑。混凝土分层浇筑，分层厚度控制在30cm。使用振捣器时，严禁与钢筋、模板碰撞。振动器的振动深度一般不超过杆长度的2/3~2/4倍。振动时，振动应快速插入，慢拉，插入点排列均匀，逐点顺序移动，振动均匀。运动间距不大于振动作用半径的1.5倍。振动器棒应插入到5~10cm的下部混凝土中，并与模板保持5~10cm的距离。每个振动部分的持续时间应为20~30s，直到混凝土的振动被压实，以防止振动泄漏，

直到设计的桩顶标高为30cm。当孔底地下水入渗较大，参考值大于6mm/min时，视为水桩，采用导管法灌注。

四、常见问题及预防措施

（1）孔内空气安全措施

在一些地质条件下，如地下腐植土层或煤层，它可能产生一氧化碳、气体等有毒气体，直接危及操作人员的安全。针对此情况，每班开始前，必须检测地下有毒有害气体。当孔深超过6m时，应送至地下。风管直径不小于10cm，风量不小于25L/S，风管出口距离操作者不大于2m。

（2）孔壁坍塌的预防措施

水磨钻施工遇到流砂、泥层、破碎岩层或裂隙时，易发生孔壁坍塌。必须合理控制钻孔深度，根据设计方案保护钢楔墙，加固孔壁，避免影响桩基孔壁的稳定性。相邻的上下阶段之间支撑有十字支架，避免上方掉落物品。在水磨钻钻孔施工过程中，安排专人观察墙体，监测是否有裂缝，及时报告裂缝，找出裂缝的原因，并采取有效措施解决，确保施工安全^[7]。

（3）灌注混凝土安全措施

灌注混凝土过程中，需要控制混凝土的均匀性和密实度，防止出现局部缺陷。针对上述问题，主要措施有：选用优质的砂石，使用前必须根据称重的砂石混合配料进行取样，以保证混凝土的质量。混凝土的配合比应符合要求，只有经过验证后才能使用。当发现墙有蜂窝时，应及时加固。当情况严重时，应再次返工，以防止事故发生。混凝土浇筑高度是在混凝土浇筑过程中进行测量的。对于混凝土的浇筑，浇筑时间、混凝土表面深度、管道埋深、管道拆除及异常现象等，应由专人记录^[8]。

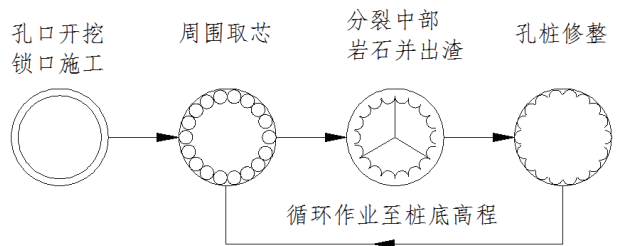
五、技术效益

污染小，噪音小，施工效率高。人工挖孔桩施工技术采用人工挖掘的方式，避免了机械打桩产生的噪声和扬尘等污染，对周围环境的影响较小；水磨钻施工技术的优势在于操作简单便捷和施工成本较低、灵活性更高，能够适应各种复杂的施工环境，周围建筑物较近、不具备爆破条件等挖孔桩施工，本方案无须复杂的机械设备和先进的施工技术支持，只需简单的施工工具及人工

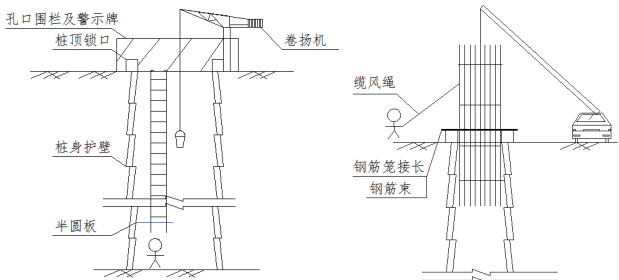
劳力的助力，施工对材料和工具的需求量相对较小，可以有效降低整个建筑工程的施工风险，桩基的承载力和稳定性可以通过精细的施工控制和合理的桩基设计，保证桩基的稳定和可靠；即使在复杂的地质条件下，人工挖土桩的施工技术也能有效处理桩基础的沉降和变形问题，从而保证建筑物的稳定和安全^[9]。继续深化技术研究，进行地质条件、施工方案、施工设备等方面的技术研究，以提高施工效率和质量；优化施工工艺，通过实验和现场测试，不断优化施工工艺，提高施工速度和降低成本；制定安全规范，制定和更新施工安全规范，确保所有施工活动符合安全标准，减少事故发生，有利于增加人工挖孔桩的牢固性能和使用寿命^[10]。

六、结语

既有砌体结构发生了明显不均匀沉降，建筑底部引入人工挖孔桩，利用人工挖孔桩作为纠偏复位作业的承力构件，开挖原则采用水磨钻施工技术，隔桩开挖、边挖边护的方式，在人工挖孔桩在施工过程中，能够有效防止孔壁坍塌掉渣，保障施工安全，确保桩基的质量和性能满足设计要求，具有良好的可操作性和经济效益等优势，有利于为后续同类型项目施工提供指导与支持。



> 图1 挖孔施工过程



> 图2 混凝土护臂支撑

> 图3 钢筋笼的安装

参考文献

- [1] 张相平, 乔会丹, 曹江, 等. 超高层建筑超大直径嵌岩扩底人工挖孔桩施工技术 [J]. 建筑技术开发, 2022, 49(23): 57-59.
- [2] 罗文. 人工挖孔桩水磨钻施工技术研究 [J]. 交通世界, 2021(09) 94-95.
- [3] 刘磊. 探讨建筑工程中人工挖孔桩护壁施工技术的运用 [J]. 中国建筑装饰装修, 2022, (24): 171-173.
- [4] 韩圆圆. 临近铁路隧道桩基水磨钻施工技术 [J]. 流体测量与控制, 2023, 4(05): 61-65.
- [5] 原亚波, 李晓慧. 复杂岩溶地质条件下高层建筑地基处理的技术研究 [J]. 江西建材, 2022, (07): 180-181+184.
- [6] 刘迪明. 有限高度下人工挖孔桩钢筋笼节段施工技术研究 [J]. 工程设计与设计, 2023, (11): 232-234. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.06.072.
- [7] 李晓波. 人工挖孔桩在工程中的应用实践 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(15) 128-130.
- [8] 谭丹. 桥梁工程人工挖孔桩施工技术 [J]. 四川建材, 2023(02) 107-108.
- [9] 徐磊; 于健伟; 黄源. 人工挖孔桩施工技术要点与质量控制 [J]. 中国建筑金属结构, 2022(03) 142-143.
- [10] 代金鑫; 王菲; 陈浩; 齐世超. 山区砾岩地质紧邻既有物桥梁桩基水磨钻施工技术 [J]. 建筑技术, 2023(18) 2266-2268.