

锚杆静压钢管桩加固技术 在力波1987项目工作楼基础加固中的应用

王小军

力波酿酒（上海）有限公司

摘要：随着城市发展的不断加速，许多工业化时代的厂房失去了原有的生产功能，过去参与其中并为上海经济做出贡献的老旧厂房，成了如今寸土寸金城市版图中的闲置空间。为满足新的使用需求，响应土地资源的节约利用，需对原工业厂房进行加固改造。本文对力波1987项目工作楼基础加固设计、主要施工方法、质量控制要点、经济效益等方面进行阐述，供同类型工程参考。

关键词：锚杆静压钢管桩；锚杆静压桩；基础加固；沉降纠偏

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.22.075

一、工程概况

力波1987项目，项目所在地为力波啤酒厂原址，前身最早可追溯至1982年成立的上海益民啤酒厂。本项目中的工作楼建筑高度48米、分为8层、单层建筑面积约550平方米，无地下室、上部结构采用框剪结构。工作楼原设计采用450*450预制混凝土方桩基础，为消除隐患，采用锚杆静压钢管桩对原有桩基进行加固。

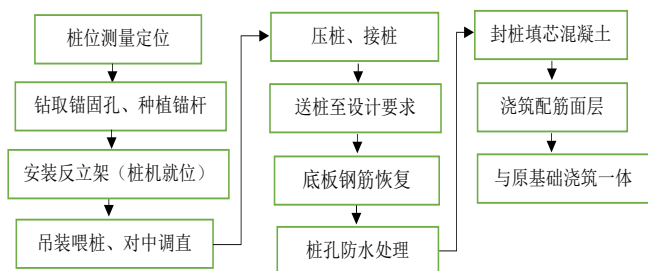
二、设计

根据原厂房竣工档案图纸及地勘资料，原建筑功能为力波啤酒厂办公楼，桩基原设计采用450×450预制方桩、桩长19米、压桩深度以⑤2-2层粉砂为持力层、单桩承载力特征值为850kN。

现根据需求本项目设计功能为创意办公楼。工作楼共有7个钢筋混凝土基础需采用增补锚杆静压钢管桩，钢管桩选用Q235B钢管、规格为Φ426*12mm、桩长20米、压桩深度以⑤2-2层粉砂为持力层、单桩承载力特征值为650kN，新增钢管桩总长约280米。压桩根据桩长与压桩反力控制，在桩端进入桩基持力层后，若连续100cm压桩反力大于1300kN时，经设计确认可截桩。

三、主要施工方法

1. 施工工艺



2. 施工要点

(1) 桩位测量定位：施工前根据现场提供的平面控制点和高程控制点，在施工区域内布设施工基线和水准点，基线和水准点设置在不受施工影响的区域；新增基础表面清理干净，在需要增加锚杆桩的部位完成测量放线、定位。锚杆孔定位时，需要复核大梁的长度，定位位置与桩孔边保持一定的距离，防止洞口边混凝土拉裂。钢管桩桩位偏差要求控制在20mm以内。

(2) 钻取锚固孔、种植锚杆：固定锚杆为后埋式，钻孔工具采用水钻，选用直径60mm的钻头，钻孔深度不低于580mm；锚杆规格选用M32、长度750mm、两侧各8根，植入长度确保550mm；锚杆种植选用BY(S)-ZZ50A灌浆料浇注。

(3) 安装反力架（桩机就位）：压桩机经安装调试后，运至压桩位置，使桩机夹持钳口中心与地面上的样桩保持对准，经校核无误后方可固定反力架并安装千斤顶。压桩时要保持千斤顶与桩心、架中在同一垂线上，确保锚杆桩两侧的固定锚杆均匀受力。

(4) 吊装喂桩、对中调直：首先利用压桩机上的附设起重吊钩进行吊装喂桩，当钢管桩被运至压桩机附近后，常规采用双千斤（吊索）加小扁担（小横梁）的吊装法使钢管桩竖直进入夹桩的钳口中；当钢管桩被吊入夹桩钳口后，由现场工程师指挥司机将钢管桩缓慢下降至离地面约10cm为止，然后夹紧钢管桩，微调压桩机使桩尖对准钢管桩位中心位置，并将钢管桩缓慢压入土中0.5~1.0m时暂停施压，再从钢管桩的两个正交侧面校正钢管桩垂直度，当钢管桩垂直度偏差小于0.5%时方可正式启动压桩。

(5) 压桩、接桩：压桩是通过油压千斤顶的压力将钢管桩压入土中，油压千斤顶的行程一般为0.5~1.0m，故每次施压的钢管桩入土深度大约为0.5~1.0m，千斤顶走完一行程后即安排卸压→降低反力架平台→再施压，按此循环进行，即可将一节钢管桩压下去。当一节钢管桩压到其桩顶离地面80~100cm时，可安排接桩；钢管桩接桩采用2管接头处外加套管焊接的形式，外套钢管规格为Φ460*12mm、L=200mm，接桩时上下两节钢管桩需保持垂直；压桩时要求压桩架垂直，上下节钢管桩中心线偏差≤2mm，且不得偏心加压。

(6) 送桩：送桩要求达到桩顶标高偏差50mm以内，若钢管桩长达不到设计要求但桩端进入桩基持力层

后,若连续100cm压桩反力大于1300kN时,经设计确认可截桩。压桩反力若出现异常,及时通知建设单位及设计单位。

(7) 底板钢筋恢复:底板筋恢复时须有足够的钢筋搭接长度,连接钢筋直径同截断主筋,连接钢筋与截断主筋单面焊接,要求焊接长度不低于10d。

(8) 桩孔防水处理:本工程桩孔共采用两道防水措施,第一道防水采用底板预埋止水钢片方式,止水钢片规格采用100*4mm;第二道防水采用遇水膨胀止水条。

(9) 封桩施工:封桩施工是钢管静压桩施工环节中的又一关键工序,钢管静压桩、桩承台及混凝土底板是否连接牢固,承载力是否达到设计要求,都是封桩以后钢管桩能否发挥作用的关键。封桩桩帽混凝土强度等级为C40微膨胀混凝土,锚杆静压钢管桩孔内采用C30混凝土填芯,并按要求振捣密实。

(10) 浇筑配筋面层:面层采用C40混凝土,随打随抹光,混凝土浇筑完成后养护期不少于14天。

四、质量控制要点

1. 质量预控

(1) 建立质量保证体系,加强施工图会审并对施工人员做好技术交底。制定质量管理制度,落实质量责任制,要求参加管理人员、施工人员分工明确。要求质量管理人员到场进行督促检查,同时要求监理单位安排专人进行旁站,按制度要求做好旁站记录,所有管控工作落实到责任人。

(2) 现场专业施工员、质量管理员、测量员、桩机司机、电焊工等人员必须持证上岗,且相关岗位证书必须在合格有效期内。

(3) 施工前编制施工专项方案,施工专项方案必须具有针对性,施工方案编制完成通过施工单位评审、监理单位审查合格后方可安排施工。

2. 施工过程质量控制

(1) 钢管桩质量,对钢管桩进行外观检查,检查钢管桩壁厚及直径尺寸偏差要求在允许范围内。钢管桩外表面要求无明显的裂缝、管桩端部无切斜,钢管桩产品的合格证、质量保证书、检测报告资料齐全,不合格产品不得用于工程。

(2) 检查钢管静压桩机的传感器是否完好,桩机固定锚杆是否有拉出迹象。

(3) 钢管桩端部焊接:钢管桩端部焊接质量很重要,要重点检查焊条质量以及施焊人员是否持证上岗。焊接施工前须清理焊接处杂质,焊接坡口表面呈金属光泽,焊接坡口应分3~4层焊接,焊缝应连续饱满,完成焊接后自然冷却15分钟后方可施压,禁止用水冷却焊缝或焊接完成后即安排施压。

(4) 钢管桩垂直度:通常采用两台经纬仪、夹角90度方向进行监测,第一节钢管桩施工时必须保持桩尖导向垂直,垂直度偏差控制在0.5%以内方可启动压桩。

钢管桩入土部位的坚硬石块须清理干净,防止入桩时影响垂直度。

(5) 压桩过程控制:压桩过程中碰到硬土层时不能用力过猛,用力过猛可能引起固定锚杆被拉出,抬架时也要轻抬轻放。否则容易引起桩架倾斜倒塌事故。

(6) 锚杆静压桩沉桩过程中及时做好最后一节桩压力读数、压力表度数、荷载值、入土深度等重要数据记录。

3. 质量问题处理预案

(1) 钢管桩身发生倾斜:钢管桩身垂直度偏差过大,超过规范要求的0.5%。

质量原因分析:①工作场地不平整、有比较大的坡度;②钢管桩机本身发生倾斜,钢管桩在压入过程中会同样产生倾斜;③稳桩时钢管桩不垂直,千斤顶与桩心、架中不在同一条直线上;④经纬仪误差超过允许值。

预防措施:①工作场地要确保平整,如场地不平整,施工前需要把压桩机的基座部位抄平抄实,确保压桩机基座保持水平;②钢管桩机就位时要保持良好的水平度、垂直度,同时应保证固定桩机的锚杆有足够的拉力,压桩过程中随时观察锚杆是否有拉出现象;③钢管桩就位时需要保持垂直且钢管桩端部平面无倾斜,要确保千斤顶与桩心、架中保持在同一垂直线上,压桩时在钢管桩顶加垫2厘米后的钢板;④经纬仪设备需要到第三方计量检测机构进行校准,取得校准合格证书后方可投入使用。

(2) 钢管桩沉桩达不到设计要求:钢管桩设计时是以入土深度及最终标高(即桩长)、压桩反力控制作为施工的最终控制依据。在实际施工时一般以一种控制标准为主,另一种控制标准作为参考使用。

质量原因分析:①勘察单位对工程原有桩基情况调查深度不够详细,勘探点位偏少,勘探工作以点带面,致使设计人员在设计时选择的持力层或选择的桩尖标高有误;②设计师在设计图纸时过于保守,超过了施工机械的载荷能力或钢管桩强度,使钢管桩沉不到或沉过设计要求的标高控制点。

预防措施:①勘察前至当地档案馆调阅原工程竣工图纸、地勘资料,勘察单位依据调阅资料、结合现有工程探明工程地质情况,必要时进行补勘,正确选择持力层或标高;②施工前组织钢管桩单位、监理单位、建设单位加强图纸会审,发现图纸问题尽早与设计单位沟通;钢管桩机选型时要验算载荷能力,压桩时要随时注意桩身变化情况。

4. 钢管桩抗压静载荷试验

为确保钢管桩抗压静载荷试验结果的准确性,钢管桩沉桩完成后静置时间不少于七天,待钢管桩周土及桩端土方产生的应力局部消散以后启动对试桩的静载荷试验,以验证钢管桩抗压极限承载能力。

(1) 抗压试验采用压重平台反力法,检测设备采

用基桩静载荷测试仪、位移传感器。

(2) 抗压负荷分级：根据设计要求，单桩竖向抗压静载荷试验试桩的最大试验载荷为1300kN。根据操作规范每级的加载级差为设计最大试验载荷1300kN的1/10，采用逐级等量加载的方法进行试验，第一级取两倍的加载量进行加载；卸载时，每级卸载量为加载量的2倍，进行逐级等量卸载。其每级的加载量、卸载量详见下表：

最大加载值：1300kN									
加载分级	1	2	3	4	5	6	7	8	9
加载 (KN)	260	390	520	650	780	910	1040	1170	1300
卸载 (KN)	1040	780	520	260	0	/	/	/	/

(3) 加载方式采用慢速维持荷载法。

(4) 读数频率及时间

每级荷载施加压力后按第5、15、30、45、60分钟频率对钢管桩顶沉降量数据进行读数，以后每隔30分钟读数一次，当钢管桩顶的沉降速率达到相对稳定标准时，才可以施加下一级荷载。试桩沉降量达到相对的稳定标准为每小时内的钢管桩顶沉降量不得大于0.1mm，并且要求连续两次出现。

卸载时，每级荷载维持1小时，按第5、15、30、60分钟频率对钢管桩顶的沉降数据进行读数：卸载至零后的读数残余沉降量不少于3小时，读数时间为5、15、30、60分钟，以后每隔30分钟读数一次。

(5) 终止加载的条件：需要达到设计要求的最大加载值1300kN且钢管桩顶沉降达到稳定。

(6) 试验结果与分析

1#试桩、3#试桩的最大试验加载量、桩顶最大沉降量、桩顶回弹量及回弹率见下表3

序号	桩号	检测方法	最大加载量 (KN)	桩顶最大沉降量 (mm)	桩顶回弹量 (mm)	回弹率 (%)	桩长 (m)	桩径 (mm)
1	1#	抗压	1300	18.31	9.17	50.08	20	426
2	3#	抗压	1300	13.76	6.71	48.76	20	426

试验结果分析：项目中试桩号1#、3#抗压试桩均按要求加载至1300kN。在整个加载过程中，Q-s曲线均未出现明显陡降点；s-lgt曲线中各级荷载下的沉降曲线均基本平行，曲线尾部均未出现明显向下弯曲折现象。

钢管桩抗压静载荷试验结果分析：本项目共抽检2根进行静载荷试验，其中抗压试桩2根，符合设计要求2根。本项目中试桩号1#、3#单桩竖向抗压极限承载力均不小于1300kN。

五、加固效果分析

该工程竣工验收合格后，经过持续一年的沉降观测，建筑物已稳定，月沉降差、累计沉降量均满足规范要求，达到了预期效果。

六、技术经济效益分析

①本工程加固部位位于室内，对平面作业空间要求高，可充分发挥锚杆静压桩的设备轻便、施工作业面小、机动性强等优点。

②锚杆静压桩采用静压方式，避免了冲击应力，对桩体周围的水平挤压影响较小，降低了对临近原基础的影响。

③静压桩承载力高，可以通过荷载试验确定，桩的数量和布置部位由计算结果布置，加固质量较容易控制。

④工艺施工过程中没有振动、没有噪音、没有污染，不影响周边居民的正常生活，施工时间容易把控，不影响施工工期。

⑤采用锚杆静压桩加固，施工过程中就可以直接对钢管桩的入土深度进行测量、对压桩的压力进行直接读数，对钢管桩的承载性能、传荷过程十分明确，施工质量整体可控。

七、总结

随着城市更新的不断推进，越来越多的老旧建筑迫切需要进行加固修缮，这就更能体现锚杆静压桩应用前景广阔，既可以应用于老旧建筑物改造工程中的地基加固，也可以应用于调整建筑物因不均匀沉降而引起的纠偏，是加固工程中不可或缺的一项实用技术。然而它也面临着不少新的挑战，如锚杆静压桩截面小、单桩承载力不高、压力深度和土层选择配、压桩力及其控制标准、压桩承载力的确定等方面仍待进一步作深入研究，进而使锚杆静压桩在建筑加固中能发挥更有效的作用。

同时，大量的城市更新项目建设必将对锚杆静压桩技术提出更高的要求，虽然现在市场已涌现了一些新型锚杆静压桩设备技术，其最大工作压力达到6800kN以上，极大地提高了锚杆静压桩的使用范围。但是如何提升锚杆静压桩技术在复杂基础加固项目、高层建筑加固项目中的使用场景，这就需要我们广大专业技术人员在施工实践中不断进行经验总结，研究实用新型的设计理念和施工工艺，推动锚杆静压桩技术不断发展壮大。

参考文献

[1] 李志坚. 锚杆静压钢管桩在高层建筑地基基础加固中的应用研究[J]. 福建建筑, 2022, (005).

[2] 詹书滨. 锚杆静压钢管桩在复旦大学宿舍楼基础加固中的应用[J]. 上海建设科技, 2021, 000(006), 56-59.

[3] 吴连祥, 陆海东, 陈琳玲. 锚杆静压钢管桩加固厂房桩基工程实例[J]. 地基处理, 2019, 1(2), 6.

[4] 葛建光. 锚杆静压桩在基础加固中的应用[J]. 住宅与房地产, 2021, (22), 194-195.

[5] 葛欣铭. 超低净空条件下应用锚杆静压钢管桩技术控制沉降[J]. 建筑施工, 2018, (07), 1081-1083.