

消除试桩无效土层侧摩阻力双护筒工法及应用实践

路 森 余自勇

中国中铁股份有限公司 北京 100039

【摘 要】通过双护筒工法消除试桩时无效土层侧摩阻力，实现优化设计节约成本的目的。本文结合案例应用阐明工法流程和要点。

【关键词】试桩；侧摩阻力；无效土层；双护筒；案例

引言

根据桩基技术规范，施工前应进行试桩工作。试桩目的之一是通过现场施工获得桩的受力状态数据，以便在试桩设计基础上更准确地评估地基承载性能，实现设计优化。但在混凝土灌注桩试桩阶段，基坑开挖面以上不应计入侧摩阻力，通过双护筒工法可以有效避免无效土层侧摩阻力，使试桩数据更接近真实情况，进而优化设计节约成本。

1 无效土层

无效土层是指试桩自然地面至工程桩顶面（基坑底）的土层，该土层可能对试桩侧向施加额外的摩阻力，导致试验数据不准确或无法真实地反映实际情况。

2 双护筒工法

双护筒工法是一种土木工程中用于试桩或成桩施工的特殊方法。它的主要特点是在试桩过程中采用两个同轴的护筒结构，即内护筒和外护筒。这种工法的设计目的是为了消除或减少试桩过程中无效土层侧摩阻力的影响。这种工法的优势在于简化试桩工作平台的准备工作，避免了支护开挖工作，同时能够有效模拟工作桩的受力状态，提高试验数据的准确性。具体而言，双护筒工法包括以下要素：

内护筒：内护筒是同轴设置于外护筒内部的一种筒状结构。它的主要作用是在试桩过程中埋设到有效土层中，起到支撑和导向的作用。

外护筒：外护筒是同轴套在内护筒外侧的另一种筒状结构。它的作用是在试桩过程中抵挡无效土层的侧向阻力，形成一种隔离效应。

限位消阻轮：限位消阻轮是一种用于控制内护筒在外护

筒内的位置的装置。它通常包括滚轮、轮轴和滚轮支架，通过限位消阻轮的设置，可以有效控制内护筒在外护筒内的位置，确保试桩过程中的稳定性。

密封措施：双护筒工法通常还包括一系列密封措施，以确保试桩过程中不会发生泥浆等杂质进入内、外护筒之间的空隙，保持试桩的清洁状态。

3 工法流程

①钢护筒制作—②外护筒安装—③无效土层挖除—④内护筒有效土层部分埋设—⑤外护筒拔出并制作双护筒—⑥无效土层段双护筒埋设—⑦钻孔桩施工—⑧休止期—⑨荷载试验。

钢护筒制作

采用双层钢护筒结构，母材选型采用Q235型普通碳素结构钢，用不小于10mm钢板卷制而成。内护筒内径比桩径略大，外护筒内径比内护筒外径大50cm，长度较无效土层厚度多20cm。在使用钢板加工双护筒前应以管中径计算周长，下料时加2mm的横缝焊接收缩量，长度方向按每道环缝加2mm的焊接收缩量，采用半自动切割机切割，严禁手工切割。

内护筒在无效土层部位外部焊接安装限位消阻轮（定制产品或自加工），滚轮支架焊接固定在内护筒外壁，滚轮通过轮轴固定在滚轮支架上。限位消阻轮每层设置3个，每层间距4-6米，均匀布置，确保安装完毕后与外护筒内壁存在间隙（不大于50 mm），不得存在抵住外护筒的情况。

外护筒安装

采用钻进辅助或采用振动锤先将外护筒打入到工程桩顶面标高（基坑底标高）。护桩控制护筒中心与桩位中心的

偏差不大于20mm，采用全站仪监测调整钢护筒的垂直度。

无效土层挖除

将外护筒内无效土层挖除，注意选取合适工具并避免过度挖掘或挖掘不足。

内护筒有效土层部分埋设

内护筒分成有效土层部分和无效土层部分，无效土层部分长度控制在±5cm，有效土层长度跟一般钻孔桩护筒长度一样4-6米。

外护筒拔出并制作双护筒

外护筒拔出，用水冲洗干净。

焊接外护筒内环板和内护筒外环板。在外护筒的下端口内侧焊接内环板，内环板外径与外护筒内径相同，内环板内径与内护筒外径大50mm；在内护筒无效土层段下端口外侧焊接外环板，外环板外径比外护筒外内径小50mm，外环板内径与内护筒外径相同，内环板与外环板之间高差控制在20-50mm之间。

外护筒与内护筒顶部用钢板焊接成一个整体，焊缝要饱满且无虚焊；外环板与内环板之间采用聚苯乙烯泡沫密封胶涂满，然后用2-4道橡胶条密封，考虑到施工时的顶升压力和震动，密封应充分，确保泥浆无法进入内外护筒间，达到避免无效土层段侧摩阻力的目的。

无效土层段护筒埋设

采用两台25T吊车将连接成整体的双护筒吊起，要求同步起吊，分别起吊顶部吊点和底部吊点，同步起吊，整个起吊过程在专业吊装工的指挥下进行。随后双护筒与已经打入土层中的内护筒有效土层部分进行焊接接长，采用钻机或振动锤将护筒打入，打入到标高后，采用气割将外护筒与内护筒顶部的进行割口，确保外护筒与内护筒顶部隔开，但考虑到后续孔口返浆工序，割口处缝隙采用油毡类材料进行填实，避免浆液渗入。在施工过程中采用护桩控制护筒中心与桩位中心的偏差不大于20mm。

钻孔桩施工

在钻孔桩施工时，根据地质情况选用合适的泥浆比重，粘度、含砂率、胶体率等钻孔指标，确保钻孔时不塌孔，泥皮不厚稠。钻孔钻到设计桩底标高后进行清孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑等工序施工。

休止期

为消除钻孔对土层的扰动，在检测试验前，需满足桩基的休止期。对于泥浆护壁混凝土灌注桩，砂土地层不少于7天，粉土地层不少于10天，非饱和黏性土地层不少于15天，饱和黏性土地层不少于25天。

检验消阻效果现场可采取在内外护筒之间的空隙放入测绳和带光源的高清摄像头检查有无泥浆流入，或加载时观测外护筒顶都沉降和试桩顶部沉降，比较二者相对沉降值。

荷载试验

重要工程应采用静载试验。试验荷载一般为2倍工作荷载，荷载试验采用慢速维持荷载法进行，加载过程分级进行，逐级量加载，分两个循环进行。第一循环为加载到1倍工作荷载后千斤顶回油卸载，加载按25%、50%、75%、100%进行，卸载按100%、50%、0%进行；第二循环为加载到2倍工作荷载后千斤顶回油卸载，加载按50%、100%、125%、150%、160%、170%、200%进行，卸载按200%、180%、160%、150%、125%、100%、50%、0%进行。在荷载试验中记录好荷载和下沉位移值，并绘制荷载-位移曲线，根据荷载-位移曲线推算桩基承载力。

在荷载试验时，注意堆载重量应为试验荷载的1.2倍，基准梁严格控制、确保不变形、不位移。加载过程中，记录好加载值和沉降量。

4 组织资源

试桩专业性强、技术要求高，需要工程师4人，工人21人，其中，现场负责人1人，质检工程师1人，安全工程师1人，检测工程师1人，技术员1人，测量员2人，试验员人，装吊工1人，焊工2人，钢筋工4人，混凝土工4人，普工6人，实际施工时，可酌情增减。

主要材料为双层护筒1套，限位消阻轮3个/层、密封条，钻孔施工中的材料与一般钻孔桩所用材料相同。

主要设备包括：钻机1台，起重机2台，电焊机2台，泥浆泵1台，装载机1台，加载观测装置1套等。

5 安全保证措施

(1) 在锤打压钢护筒时要做好防护设施，谨防机具倾斜。

(2) 在拨取外护筒时，做好临边防护，注意防止孔

壁坍塌，在内护筒焊接接长时，做好孔口脚踏板的防护工作。

(3) 吊装作业时，设专人指挥，并由专业安全员检查合格后方可作业，严格遵守“十不吊”原则，主钩和副钩配合吊装时，加强指挥，确保吊装安全。

(4) 安装加载物时应保持整齐、平稳、防止倾斜及滑落。堆载量应一次性堆载到最大试验荷载的1.2倍，堆载时必须有人指挥，堆载体块每层要比下一层向内四面同步回收10~15cm，注意其重心和形心要同压重平台架相一致，最后整体均堆成金字塔形。

(5) 在试验过程中，无关人员禁止进入反力装置下。如出现意外，必须进入反力装置下查看或操作，首先关闭油泵电源，在确保安全情况下再进行操作。

6 工程实践

帕德玛大桥铁路连接项目位于孟加拉国中西部，是孟加拉国东西部客货铁路运输主通道。项目桥梁总长度超3万米，共63个特、大型桥，需试桩130根，其中91根的工作平台较设计的桩顶标高高4~6米，通过钢板桩支护开挖工法和双护筒工法比选，采用双护筒消除无效土层侧摩阻力的工法只需加工一套双护筒，可直接在工作平台上作业，简单易行、安全性高、重复利用性强，经济效益显著，试验结果也得到业主和咨询专家团队的高度认可。



参考文献:

- [1] GB50007-2011, 《建筑地基设计规范》[S].
- [2] JGJ106-2003, 《建筑基桩检测技术规范》[S].
- [3] GB 50202-2018, 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》[S].
- [4] GB50205 - 2020, 《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 - 2020[S].
- [5] 杜建华, 于全胜. 结合消阻护筒的试验桩桩侧摩阻力和桩端阻力试验研究[J]. 隧道建设(中英文), 2017, 37(11): 1387-1395.
- [6] 沈圣, 李微. 无锡软土地基钻孔灌注桩侧土层摩阻力发挥试验研究[J]. 江苏建筑, 2005(03): 38-40.