

桩板式无土路基管桩锤击法工艺研究

吴圣达 王俊飞

中交（郑州）建设有限公司 河南郑州 450000

【摘要】桩板式无土路基是一种上部采用路面板，下部采用预应力高强混凝土管桩的新型结构，其结构简洁，施工便利，施工功效高，施工质量高，经济性强。本文从桩板式路基管桩施工工艺的施工程序出发，详细介绍了桩板式路基管桩锤击法施工工艺的施工要点，并从施工中的安全管理、质量控制等方面进行了深入分析，以期为类似施工提供参考。

【关键词】桩板式路基；锤击法；工艺研究；贯入度

1 引言

项目依托工程为濮阳至湖北阳新高速公路沈丘至豫皖省界段项目，路线全长24.918公里，本项目地区为平原地带，受到土地政策影响，在基本农田不能变少的情况下，土地资源变得越发紧张，对于经过基本农田的新修高速公路，建设资源供应遇到瓶颈。用土作为路基填料的传统修建理念受到了冲击，具体表现在：①土地资源匮乏；②土地资源昂贵；③土处理成本高。

2 一般规定

桩板式无土路基管桩采用先张法预应力高强混凝土管桩，其中每联次边墩采用PRC-I500D型管桩+PHC500AB型管桩，其余采用PHC-I500AB型管桩+PRC500AB型管桩的配桩形式，上部桩为PRC型桩，下部桩为PHC型桩。

PRC-I500AB型、PRC-I500D型桩身的配筋（预应力钢筋及普通钢筋）需满足《混合配筋预应力混凝土管桩》（DB41/T 2314-2022）中相应型号管桩配筋^[4]。PHC500AB型桩身的配筋（预应力钢筋）需满足《预应力混凝土管桩》（GJB-T-1134）（图集号10G409）中相应型号管桩配筋^[4]。

管桩总长为17~25m，单根桩长6~15m不等，直径均为50cm。

管桩接桩应符合下列规定：（1）PRC-I500AB型、PRC-I500D型管桩上节桩、下节桩连接的方式采取啮合式机械接头连接，端板接头的连接应确保管桩内纵向钢筋（螺栓孔）与端板相向传力，管桩端板接头处的连接强度不得小于管桩本身的桩身强度。管桩的接头数量不宜多于3个^[5]。（2）当管桩是用于抗拔桩时，应该采取专用的机械连接接

头或者经过研究设计的焊接接头。如果在强腐蚀环境中，在啮合式机械连接的同时，外加焊接连接。（3）焊接接头连接施工应符合如下规定：

- 1）入土部分桩段接头宜高出地面0.8m~1m。
- 2）对啮合完成后的端板坡口用铁丝钢刷进行清洁，并将焊接处刷至露出金属光泽，满足条件后开始对端板进行施焊，采用两台二氧化碳保护焊机同时对称施焊，焊条采用ER50-6型；焊接分三次满焊，每层焊接完焊渣必须清除干净，才能焊接外一层，焊缝饱满必须连续，焊缝厚度15mm，高度8mm，可通过探伤仪检测焊接饱满度。
- 3）上、下桩接头端板坡口必须清理干净、干燥，且焊接处应刷至外露金色光泽。
- 4）桩接头焊好后，冷却期间进行外观检查，自然冷却时间锤击桩 $\geq 8\text{min}$ 。

3 工艺流程、步骤及注意事项

先张法预应力混凝土高强管桩锤击法施工工艺流程，见图1。

3.1 工艺步骤

3.1.1 测量放样

通过前期测量静态布控的测量控制点。采用全站仪设站，进行桩位测量施工控制。根据桩板式路基设计图精确放样出各桩位点，用电焊条打入固定，桩位点用电焊条在多出半径5mm内打入3-4根，作为第一节管桩对中，桩位横向桩位中心距为330.3cm，纵向桩位中心距为800cm，成桩后，测量复测桩位中心位置，且放样桩位精度应小于 $\pm 1.5\text{cm}$ ，经监理人员确认签字后，进行下一道工序施工。

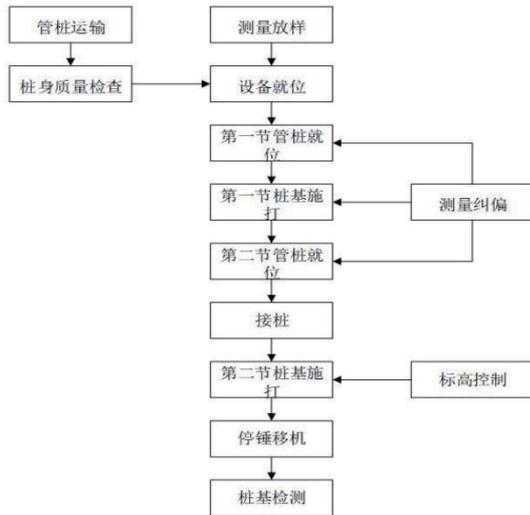


图1: 先张法预应力混凝土高强管桩锤击法施工工艺流程图

3.1.2 设备就位

打桩机进场后由专业厂家进行拼装、调试，拼装调试场地距离施工位置较近，方便组装完成后尽快进入作业位置。根据要求，打桩顺序在里程方向是从小里程向大里程施工，偏距方向为从中间向两边施工，以保证道路的平整度和稳定性。在操作过程中需要严格遵守安全规定，确保人身安全及设备使用寿命。同时要对现场环境进行及时清理和处理，避免污染和破坏周边环境。

3.1.3 第一节管桩就位施打

现场管桩施工工人将卷扬机的钢丝绳绑扎在距离桩端0.29L处，捆绑牢固，采用拔桩结进行绑扎。然后缓慢起吊管桩，管桩施工工人通过溜绳控制方向，在管桩完全脱离地面后与卷扬机配合将管桩送入桩帽中，需注意在2.5m外取桩时桩锤需先落至地面，待管桩起吊后在起升桩锤的同时，再拉动杆件使之上升到所需高度即可完成操作。该方法具有操作简单、效率高、安全可靠的特点。

将管桩送入桩帽中后，人员通过溜绳控制管桩方向，使桩底对准放样的管桩轮廓线，然后同时下落桩帽和卷扬机，将管桩顶在地面上，与管桩轮廓相差过多的需重新吊起调整位置；管桩落在地面上后，稍微放松卷扬机钢丝绳，由测量人员测量管桩垂直度，保证桩锤、管桩、桩帽的中心点在同一条直线上。

操作人员操纵桩锤缓慢起升，柴油锤油门操纵人员将油门关闭，采用不点火空锤的方式施打，每次起升高度

1m~1.5m，打入地面以下每0.5~1m停锤一次，测量人员及时校准垂直度，垂直度不得大于0.3%。

在桩顶距离地面接近时关闭油门，将桩顶标高控制在地面以上0.5~0.8m左右，将桩帽与桩顶脱出，准备下一节管桩施工。

3.1.4 第二节管桩啮合连接及施打

端板连接前，需用带钢丝的刷子将端板清理干净，特别是螺栓孔位置、带孔端板周围，清理完后把连接销用专用工具将连接销逐根旋入管桩带孔端板的螺栓孔内，安装连接销前，检查并剔除下边已就位管桩带槽端板处连接槽内填塞的塑料盖，焊接完后的管桩冷却完后应沿带槽端板外周边抹上沥青涂料，以防雨水渗透。在施工过程中应注意安全防护措施，如穿戴好个人防护用品，使用专业设备进行操作等等。

起吊第二节管桩，第二节管桩的就位方法与第一节相同，将管桩送入桩帽后缓慢下降，控制管桩垂直度和偏位需满足规范要求，要将连接销与端板上螺栓孔的各个接口一一对准，通过卷扬机抱箍管桩的调节方式，将连接销插入连接槽内；通过落锤施压使上、下桩节的桩端端头板接触，啮合连接完成。

管桩接头焊接完成后需进行外观检查，检查合格后应让焊接完的接头处自然冷却，自然冷却时间不得小于8min，冷却后将接头焊接外露部分喷涂耐磨环氧（厚浆）漆作防锈处理。

第二节管桩连接完成后对管桩继续进行施打，由于第二节管桩刚准备进持力层，相对第一节较难施工，在不同地质条件下，管桩在施打过程中会因地质原因发生难沉桩或桩位偏移情况，需要在施打过程中通过全站仪、经纬仪等测量设备不断的复测纠偏，在纠偏过程中为了更好的复测桩位平面位置、垂直度等，每次需要起桩帽，通过复测桩顶位置，确定桩位、垂直度是否有偏差，确认完随后微调并将桩锤击至指定标高。

3.1.5 停锤

在管桩距离终桩标高还有20cm时，柴油锤油门操纵人员将油门关小，控制落距，使管桩沉桩速度进一步减慢，等测量人员发出停锤信号后立刻关闭油门，待柴油锤完全停下后起升柴油锤，将打桩机与管桩脱离，移至下一桩位准

备下一根管桩施打工作。

停锤标准采用以贯入度为主标高为辅的方法控制,管桩施打完成后桩顶标高与设计位置偏差为 $\pm 5\text{mm}$,根据现场试桩,终桩前贯入度为 $30\text{mm}/10\text{击}$,贯入度可先于标高达到要求的上限值。在实测中发现,不同条件下钉孔直径和钉长对贯入度的影响较大,而影响较小的是钉头形状。

3.2 注意事项

1) 锤击法施工适用于地质条件一般的地段。打桩设备的选择应满足打桩施工的设计技术要求,且有足够的强度、刚度及稳定性

2) 根据设计及《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017)规范要求,桩位偏差 $\leq 15\text{mm}$,桩尖高程 $\leq \pm 5\text{mm}$,贯入度 \leq 设计值,倾斜度 $\leq 0.2\%$ [2]。

3) 在管桩锤击过程中,发生稳步下沉的管桩发生贯入度突变或者锤击过程中桩身歪斜、管桩桩头出现损坏比较严重、掉混凝土渣、桩身突然断裂、桩锤严重反弹等突发情况时,应停止锤击,采取措施后方可继续作业。

4) 管桩接头的焊接质量应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)中10.2.6节的要求[3]。

5) 锤击法施工时,遇到地质较为复杂或地质较为坚硬的情况下,应注意收锤标准。锤击过程中发生管桩下沉缓慢且管桩还未达到设计标高时但贯入度满足停锤标准时,应按贯入度为主,标高为辅的控制方法来控制,并记录好。记录最后3阵/10击的锤击数,看是否满足停锤标准。

4 桩的质量检测和验收标准

根据设计及《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017)规范要求,桩位偏差 $\leq 15\text{mm}$,桩尖高程 $\leq \pm 5\text{mm}$,贯入度 \leq 设计值,倾斜度 $\leq 0.2\%$ [2]。

对所有工程桩应进行桩身完整性检测,管桩的桩身完整性检测可委托有资质的监测单位采用低应变动测法,要求低应变检测数为100%检测[1]。

工程桩完成后应进行承载力检验,建设单位委托有资质的监测单位采用静载荷试验检测,单桩竖向承载力检测桩数应满足总桩数量的2%。当接头处位于地面较深位置且不满足静载检测条件时,则可采取另一种检测方法(高应变动测法),可委托有资质的监测单位对单桩竖向承载力检

测,检测数量不得少于总桩数的10%[4]。

外观质量满足下列要求:

(1) 预制桩混凝土表面不应存在《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017)附录P所列限制缺陷[2]。

(2) 桩头应无未处理的破裂、爆桩、破损。

(3) 接桩的接头平面与桩轴线垂直度 $\leq 0.5\%$ 。

(4) 桩顶面与桩纵轴线倾斜偏差 $\leq 1\%D$,且 $\leq 3(\text{mm})$ 。

5 结束语

桩板式无土路基是一种新型的结构,上部结构为预制路面板,下部为工厂化预制的先张法预应力高强混凝土管桩,两者通过合理连接形成一种稳定的框架结构体系。此结构刚度大、功效高、安装快、成本低、成型沉降小,可用于高填方或者土资源匮乏的中原地区。桩板式无土路基相对于传统的路基方案,优势在独特的地区优势更明显,与传统路基方案造价相当,在软基覆盖深厚区域造价较于传统路基方案低约10%,相较于传统桥梁方案其经济性更有明显优势。

参考文献:

[1] 中国建筑工业出版社. JGJ106-2014 建筑基桩检测技术规范[M]. 中国建筑工业出版社, 2014.

[2] 交通部公路科学研究所. JTG F80/1-2017公路工程质量检验评定标准(1)—土建工程[M]. 人民交通出版社, 2018. 1.

[3] 中交一公局集团有限公司. 公路桥涵施工技术规范: JTG/T3650-2020/[M]. 人民交通出版社股份有限公司, 2020. 7.

[4] 河南省交通运输厅主编. 混合配筋预应力混凝土管桩: DB41/T2314-2022/[M]. 河南省市场监督管理局, 2022. 12.

[5] 中国建筑标准设计研究院主. 预应力混凝土管桩: GJBT-1134-2008[M]. —北京: 中国计划出版社, 2008. 2.

作者简介:

吴圣达(1994.7.14—),男,民族汉语,福建漳州人,毕业于武夷学院,本科学历,土木工程专业,研究方向:路桥方向。