

高速公路路基工程 PHC 预应力管桩施工技术

张国庆

(六安市交通公路实业有限公司, 安徽 六安 237000)

【摘要】本文系统阐述了高速公路路基工程中PHC预应力管桩的施工技术。文章详细介绍了PHC预应力管桩的概念、特点及其在路基工程中的应用优势。重点分析了施工工艺,包括桩位放线、钻孔、清孔、吊装管桩、沉桩和接桩等关键环节。同时,文章深入探讨了施工质量控制措施,涵盖桩位偏差、垂直度、沉桩深度和承载力检测等方面。通过全面剖析PHC预应力管桩施工技术,为提高高速公路路基工程质量和效率提供了理论依据和实践指导。

【关键词】高速公路;路基工程;PHC预应力管桩;施工技术

引言:

随着我国交通基础设施建设的快速发展,高速公路网络不断扩大,路基工程质量直接影响道路的使用寿命和行车安全。PHC预应力管桩因其优良性能在高速公路路基工程中得到广泛应用。本文旨在深入探讨PHC预应力管桩的施工技术,分析其特点和施工工艺,并提出相应的质量控制措施。通过系统研究,为提高高速公路路基工程质量和效率提供参考,推动我国高速公路建设事业的可持续发展。

一、PHC预应力管桩概述

PHC预应力管桩是一种高性能预制混凝土桩,广泛应用于高速公路路基工程中。这种桩采用高强度混凝土和预应力钢筋制作,具有承载力高、抗弯能力强、耐久性好等优点。在制作过程中,通过预应力技术使混凝土处于受压状态,有效提高了桩的抗裂性能和抗腐蚀能力。PHC预应力管桩的截面通常为圆形空心,这种设计不仅减轻了桩的自重,还提高了材料利用率。在高速公路路基工程中,PHC预应力管桩能够有效改善软土地基的承载能力,减少路基沉降,确保路基结构的稳定性和安全性。与传统桩型相比,PHC预应力管桩具有施工速度快、环境影响小、质量可控性强等优势,为高速公路建设提供了可靠的技术支持^[1]。

二、PHC预应力管桩的特点

(一) 高承载力和优异的力学性能

PHC预应力管桩凭借其独特的设计和制作工艺,展现出卓越的承载能力和力学性能。桩体采用高强度混凝土,配合预应力钢筋,使得整体结构具有极高的抗压强度和抗弯刚度。预应力技术的应用使混凝土处于预压状态,有效抑制了桩体在使用过程中可能出现的裂缝,大幅提升了结构的耐久性。空心设计不仅减轻了桩体自重,还提高了截面抗弯惯性

矩,使得桩体在承受水平荷载时表现出色。这些特性使PHC预应力管桩能够在复杂的地质条件下,如软土地基、高承载力要求的场地等,发挥出色的性能,为高速公路路基提供稳固的支撑基础。

(二) 施工便捷性和高效率

PHC预应力管桩在施工过程中体现出显著的便捷性和高效率。作为预制构件,PHC管桩在工厂环境下生产,质量控制更为严格,到达施工现场后可直接进行吊装和沉桩,大幅缩短了现场施工时间。与现浇桩相比,PHC管桩无需现场浇筑和养护,减少了天气因素对施工进度的影响。其标准化的生产使得桩体尺寸精确,便于机械化施工,提高了施工效率。此外,PHC管桩的空心结构减轻了桩体重量,便于运输和吊装,同时也降低了对打桩设备的要求。这种高效的施工特性使得PHC预应力管桩特别适用于工期紧张的高速公路路基工程,能够快速完成大面积的地基处理工作^[2]。

(三) 环境友好性和经济性

PHC预应力管桩在环境保护和经济效益方面表现突出。与传统的现浇桩相比,PHC管桩的施工过程产生的噪声和振动较小,对周围环境的影响较小。施工现场无需大量混凝土搅拌,减少了扬尘污染。空心设计不仅节约了材料,还降低了运输成本。预制化生产使得材料利用率高,减少了建筑垃圾的产生。从长期使用角度来看,PHC预应力管桩的高耐久性降低了后期维护成本。此外,其卓越的承载性能使得在相同条件下所需桩数较少,进一步降低了工程总成本。这种环境友好和经济性的结合,使PHC预应力管桩成为高速公路路基工程中既符合可持续发展理念,又具有成本效益的优选方案。

三、PHC预应力管桩施工工艺

(一) 桩位放线

桩位放线是PHC预应力管桩施工的起始环节,对

整个工程的精确性至关重要。测量人员需利用全站仪或GPS等高精度测量设备，根据设计图纸确定每个桩位的准确坐标。在复杂地形条件下，可能需要建立临时基准点网络，以确保测量精度。放线过程中，应考虑地形起伏和可能的地表沉降，必要时进行高程补偿。为提高效率，可采用自动放样技术，但仍需人工复核以防止系统误差。标记桩位时，通常使用木桩或钢钎，并喷涂醒目颜色。在软土地基上，需采取加固措施防止标记位移。完成放线后，应进行全面复核，确保桩位布置符合设计要求，为后续施工奠定精确基础^[3]。

（二）钻孔

钻孔是PHC预应力管桩施工的关键环节，直接影响桩基础的质量。根据地质条件选择合适的钻机，如回转钻机或冲击钻机。钻进过程中，操作人员需密切关注钻机的垂直度，使用导向装置确保钻杆不偏离设计位置。钻进速度应根据地层变化适时调整，遇到硬层时适当降低速度以防止钻头偏斜。同时，通过观察钻屑的变化，可及时掌握地层情况。在易塌孔地层中，采用护筒或泥浆护壁技术保护孔壁稳定性。对于存在承压水的地层，需采取相应措施控制涌水，防止孔底出现管涌现象。钻至设计深度后，立即用测深仪校核孔深，确保达到设计要求。完成钻孔后，应及时进行清孔处理，为后续工序做好准备。

（三）清孔

清孔是确保PHC预应力管桩与地层良好接触的重要步骤。清孔的主要目的是去除孔底沉渣，保证桩底与持力层紧密接触。常用的清孔方法包括反循环清孔法和气举反循环清孔法。清孔过程中，需控制清孔液的流量和压力，避免对孔壁造成过度冲刷。同时，密切监测清孔液的浑浊度，直至排出的清孔液基本清澈为止。对于深度较大的桩孔，可采用分段清孔的方式，确保清孔效果。清孔完成后，立即检查孔底沉渣厚度，确保符合规范要求。如发现沉渣厚度超标，需进行二次清孔。此外，还应注意控制清孔与下桩之间的时间间隔，防止孔底再次沉积淤泥。通过细致的清孔工作，为PHC预应力管桩的顺利沉桩创造有利条件。

（四）吊装管桩

PHC预应力管桩的吊装是一个需要精细操作的过程，直接关系到桩体的完整性。首先，根据桩长和重量选择适当的起重设备，如履带吊车或汽车吊。吊装前，仔细检查管桩外观，确保无裂缝、缺角等质量问题。吊装时使用专用吊具，如钢丝绳吊具或液压夹具，避免对桩体造成损伤。吊点的选择需考虑桩体受力情况，通常采用双点吊装法，以减少桩体弯曲应

力。吊装过程中，操作要平稳缓慢，避免突然加速或制动。特别注意控制桩体摆动，必要时使用导向绳辅助定位。将管桩吊至桩位上方时，精确对准孔位，缓慢下放。下放过程中，密切观察桩身姿态，及时调整以确保垂直度。对于超长桩，可考虑分段吊装，在地面完成接桩后再整体吊装。通过细致的吊装操作，确保PHC预应力管桩安全、准确就位^[4]。

（五）沉桩

沉桩是PHC预应力管桩施工的核心环节，其质量直接决定桩基础的承载性能。沉桩方法主要有锤击法和静压法，需根据地质条件和环境要求选择。采用锤击法时，选择合适重量的锤体，控制落锤高度，避免对桩身造成过大冲击。沉桩过程中，密切监测桩顶标高变化，记录每米沉桩度的锤击数，以判断持力层位置。静压法则通过液压系统提供压力，实现桩体沉入，适用于对环境要求较高的地区。无论采用何种方法，都需严格控制桩体垂直度，使用导向装置确保桩身不发生倾斜。遇到障碍物或沉桩困难时，及时分析原因，采取相应措施。达到设计深度后，进行终止锤击或终止压桩，并检查桩顶标高是否符合要求。通过精细的沉桩操作，确保PHC预应力管桩准确、安全地就位于设计位置。

（六）接桩

在某些情况下，由于桩长限制或运输条件限制，需要进行PHC预应力管桩的接桩处理。接桩是一个技术要求较高的工序，直接影响桩体的整体性能。首先，仔细检查待接桩段的端面，确保平整无损。然后，按设计要求准备接桩钢板和连接筋。接桩时，先将下段桩体吊装就位，再安装接桩钢板和连接筋。上段桩体吊装时，需精确对准下段桩体，确保两段桩体轴线重合。接桩部位采用高强度、快凝型环氧树脂胶进行黏结，并用专用夹具固定，保证接桩质量。在胶体凝固前，仔细检查接桩部位的垂直度和同心度。对于承受较大水平力的桩，可采用焊接方式加强接桩部位的连接强度。接桩完成后，对接桩部位进行养护，确保粘接强度达到设计要求。通过规范的接桩操作，保证PHC预应力管桩的整体性能不受影响。

四、PHC预应力管桩施工质量控制

（一）桩位偏差控制

桩位偏差控制是确保PHC预应力管桩基础整体性能的关键因素。为实现精确控制，首先建立高精度的测量控制网，采用全站仪或GPS等先进测量设备进行定位。在放线过程中，多次复核桩位坐标，确保误差在允许范围内。施工中，设置固定参考点，定期检查桩位偏移情况。对于软土地基，考虑地面沉降对桩位的影响，适时进行补偿测量。在打桩过程

中,实时监控桩体位置,一旦发现偏差超标,立即采取纠正措施。利用导向装置或调整打桩设备姿态来控制桩体位置。对于已完成的桩基,进行全面的桩位复测,编制平面布置图,直观反映桩位偏差情况。如发现局部区域偏差较大,分析原因并制定补救方案,如增设辅助桩或调整承台设计。此外,注意周边环境对桩位的影响,如地下管线或邻近建筑物,必要时调整桩位布置。通过严格的桩位偏差控制,确保PHC预应力管桩基础的整体性能满足设计要求,为上部结构提供可靠支撑^[5]。

(二) 垂直度控制

PHC预应力管桩的垂直度直接关系到桩基承载力和施工质量。为确保垂直度达标,选用具备自动纠偏功能的打桩设备。施工前,对设备的垂直度传感器和控制系统进行校准,确保其精度满足要求。打桩过程中,操作人员密切关注垂直度指示器,及时调整设备姿态。采用双向激光垂直仪辅助监测,实时校核桩体倾斜角度。对于长桩,在不同高度设置多个检测点,全面监控桩体姿态。遇到复杂地层时,适当降低打桩速度,防止桩体偏斜。若发现垂直度偏差超标,立即停止施工,分析原因并采取纠正措施。可通过调整打桩设备、改变锤击方向或采用斜锤等方法来纠正偏差。对于静压桩,则可通过调节反力架或液压缸来控制垂直度。施工完成后,使用特制的测斜仪对桩身进行全面检测,确保垂直度符合规范要求。同时,建立垂直度管理数据库,记录每根桩的垂直度数据,为质量评估和潜在问题分析提供依据。通过严格的垂直度控制,保证PHC预应力管桩的受力性能和整体稳定性。

(三) 沉桩深度控制

沉桩深度的精确控制是确保PHC预应力管桩发挥设计承载力的关键。根据地质勘察报告和设计的要求,明确各桩位的目标深度。施工前,在打桩设备上安装高精度的深度测量装置,如激光测距仪或编码器,实时监测沉桩深度。在打桩过程中,密切关注贯入度变化,记录每米沉桩所需的锤击数或压力值,以判断持力层位置。对于摩擦型桩,采用动力触探或静力触探方法,辅助判断桩端持力层。遇到设计深度与实际情况不符时,及时与设计单位沟通,必要时调整桩长。对于局部变深的地层,采用接桩技术确保达到要求深度。沉桩完成后,采用测深仪复核桩底标高,确保误差在允许范围内。对于群桩基础,注意控制相邻桩间的相对深度差,避免产生不均匀沉降。建立完善的沉桩记录系统,包括每根桩的沉桩曲线、锤击数据等,为后续分析和质量评估提供依据。此外,考虑地质条件的变化,适时进行补充勘察,确保沉桩深度控制的准确性。通

过严格的沉桩深度控制,确保PHC预应力管桩能够有效传递荷载,满足工程要求^[6]。

(四) 承载力检测

PHC预应力管桩的承载力检测是验证桩基设计和施工质量的重要环节。检测方法主要包括静载试验、动力检测和高应变法等。静载试验是最直接、可靠的方法,通过逐级加载观察桩的沉降情况,确定极限承载力。为提高效率,采用自平衡法进行静载试验,减少反力装置的搭设。动力检测方法利用打桩锤击产生的应力波,通过波动理论分析桩的承载性能,适用于大批量快速检测。高应变法则通过专用设备施加冲击力,测量桩鼎力和速度响应,评估桩的承载力和完整性。在检测过程中,选择具有代表性的桩进行试验,数量应符合规范要求。对于特殊地质条件或重要结构,适当增加检测数量。检测数据的分析和解释由经验丰富的专业人员完成,综合考虑地质条件、桩型特征等因素。如发现承载力不足的情况,及时分析原因,采取补桩、加固等措施。建立完善的检测资料管理系统,包括原始数据、分析报告和处理方案,为后期工程评估和维护提供依据。此外,结合施工过程中的监测数据,如沉桩曲线、锤击数等,进行综合分析,提高承载力评估的准确性。

结语:

PHC预应力管桩技术在高速公路路基工程中展现出显著优势,包括高承载力、施工效率和环境友好性。通过精细的施工工艺和严格的质量控制,可有效保证路基工程的稳定性和安全性。随着新技术和新材料的不断发展,PHC预应力管桩施工技术将继续优化和创新。这不仅有助于提高高速公路建设质量,还将推动整个交通基础设施建设领域的进步,为我国高速公路网络的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1]杨琼.预应力钢筋混凝土管桩在深基坑支护工程中的应用[J].四川水泥,2024(05):159-161+170.
- [2]侯德宝.高速公路路基工程PHC预应力管桩施工技术[J].工程建设与设计,2024(04):187-189.
- [3]曾桂军.实例分析预应力管桩(PHC)施工中常见问题及处理措施[J].工程建设与设计,2024(01):205-207.
- [4]雷安华.高速公路桥梁预应力高强管桩施工技术探究[J].工程机械与维修,2023(03):41-43.
- [5]万强.控沉预应力管桩施工技术在高速公路路基工程中的应用[J].交通世界,2021(25):81-82.
- [6]李军.高速公路路基工程PHC预应力管桩施工技术[J].工程机械与维修,2021(03):110-112.