

文章编号:1671-6833(2011)01-0072-03

电气液一体化打桩锤控制系统设计研究

胡均平, 宋光伟, 郭 勇, 陈 炜, 徐 圆

(中南大学 机电工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 不同于传统液压打桩锤行程反馈控制的工作模式, 提出了以氮气腔压力作为反馈压力的电气液一体化打桩锤控制系统, 该打桩锤在工作原理、结构形式、控制方法等方面的一系列创新, 使其具有打击能、打击频率无级调节, 并能方便地对打桩过程进行实时监控等功能, 在建立了该桩锤系统 AMESim 模型的基础上, 对其进行动态过程研究, 研究结果表明, 该桩锤的最大行程为 0.93 m, 最大打击能为 105 875 kJ, 最大打击频率为 48 Hz, 均能够满足系统的设计要求; 为开发新型液压打桩锤产品和优化桩锤参数提供了重要依据。

关键词: 打桩锤; 压力反馈; 无级调节; AMESim 模型; 动态研究

中图分类号: TU61

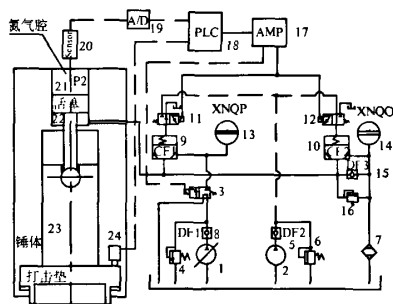
文献标志码: A

0 引言

液压打桩锤结构简单、成本低廉、噪音小、无污染、效率高、机动性好、适应性广、不存在软土地启动困难且具有向大打击能发展的潜力, 被广泛应用于建筑、桥梁、码头等桩基础的施工中^[1-3]。随着人们环保意识的增强及预制桩朝着高承载力的方向发展, 液压打桩锤取代传统形式的打桩锤是大势所趋。但国内外现有打桩锤均采用行程反馈式, 普遍存在着打击能不高、打击频率低且无法实现无级调节及适应性差等缺点^[4-8]。因此, 设计一种适应性强、打击能量和打击频率可以无级调节的新型液压打桩锤迫在眉睫。

1 控制系统原理设计

电气液一体化打桩锤工作原理如图 1 所示。其工作过程为: 首先设置打桩锤的控制压力, 当电液换向阀 3 通电后, 恒压泵 1 和高压蓄能器 13 同时向油缸下腔 22 供油, 与此同时, PLC 发出控制信号使高速开关阀 (以下简称开关阀) 11, 12 断电, 于是插装阀 10 上腔通高压油而关闭、插装阀 9 上腔通回油而开启, 使桩锤在高压油推动下开始回程运动, 因油缸尾部氮气腔 21 被压缩, 其压力逐渐升高, 通过压力传感器 20 采样氮气腔压力, 当氮气腔压力达到系统设定的控制压力时,



1. 恒压泵 2. 定量泵 3. 电磁阀 4, 6, 16. 溢流阀 5, 8, 15. 单向阀 7. 精滤油器 9, 10. 插装阀 11, 12. 高速开关阀 13. 高压蓄能器 14. 低压蓄能器 17. 功率放大器 18. PLC 19. 数/模转换器 20. 压力传感器 21. 氮气腔 22. 油缸下腔 23. 锤头 24. 脱桩保护开关

图 1 电气液一体化打桩锤系统工作原理图

Fig. 1 Principle of electrical and hydro-pneumatic control system of pile hammer

PLC 发出控制信号使开关阀 11, 12 通电, 插装阀 10 上腔通回油开启、插装阀 9 上腔通高压油关闭, 系统停止向油缸下腔 22 供油, 由于惯性作用, 桩锤继续上升, 此时通过单向阀 15 向油缸下腔 22 补充油液, 直到桩锤停止上升为止。然后桩锤在自身重力与氮气膨胀力的共同作用下开始冲程加速运动, 在桩锤加速冲程时, 氮气腔 21 压力下降, 当其压力降至氮气腔的初始充气压力时, PLC 发出控制信号使开关阀 11, 12 断电, 插装阀 10 上

收稿日期: 2010-08-03; 修订日期: 2010-11-16

基金项目: 湖南省科技厅科技计划资助项目 (2008JT1014)

作者简介: 胡均平 (1965-), 男, 湖南邵阳人, 中南大学教授、博士生导师, 主要研究方向为液压机械与控制。

腔通高压油关闭、插装阀9上腔通回油开启,与此同时桩锤到达行程终点并冲击打击垫,由打击垫将打击力传递给桩,完成一个工作循环。如此循环往复,从而实现自动连续打桩。

配备该控制系统的打桩锤具有如下独特的功能:

(1)采用氮气腔压缩储能方式,大幅度提高了打击能量,极好地顺应了预制桩朝着高承载力方向发展的趋势;

(2)通过设定 PLC 控制系统中的控制压力,就可以方便地实现打击能和打击频率的无级调节;

(3)具有防空打功能。在施工过程中若出现断桩或者脱桩等情况,PLC 控制系统检测到脱桩保护开关24的脱桩信号会自动锁死进油和回油插装阀,从而实现锤头制动,避免空打对桩锤造成的损害;

(4)具有漏气保护功能。当系统出现漏气时,随着气体压力的不断下降,PLC 控制系统会自动锁死进油和回油插装阀,实现锤头制动;

(5)采用高速开关阀及流通能力较大的插装阀作为配流阀,与 PLC 接口方便、抗污染能力强、密封性能好、反应快、系统能量损失小、工作可靠;

(6)采用 PLC 作为控制系统的核心,使得该系统测控功能强、可靠性高,同时可以方便地对打桩过程进行实时监控;

(7)具有非打击状态下的自动卸荷功能,以减少系统的能量损失和发热。

2 技术性能参数设计

以湖南长河机械有限公司生产的 ZCYB7/130 型气液联合驱动打桩锤为例进行设计计算。其关键参数如下:控制系统压力 21 MPa,流量 240 L/min;冲击频率 22 ~ 60 次/min;冲击能量 50 ~ 130 kN · m;最大行程 0 ~ 1 m;锤头质量 7 000 kg;油缸上腔氮气腔面积 0.025 4 m²,油缸下腔有杆腔面积 0.007 8 m²;氮气腔初始充气体积 60 L;高压蓄能器 13 的初始充气压力 18 MPa,初始充气体积 25 L;插装阀 9,10 的通径分别为 100,50 mm。

3 系统建模及仿真结果分析

3.1 系统 AMESim 模型的建立

AMESim (Advanced Modeling Environment for Performing Simulations of Engineering Systems) 高

级工程系统仿真环境软件平台是法国 IMAGINE 公司于 1995 年推出的图形化的开发环境,专门用于工程系统的建模、仿真和动态性能分析。根据前述液压系统的实际结构选择液压模型库中元件子模型构建整个系统的仿真模型如图 2 所示。

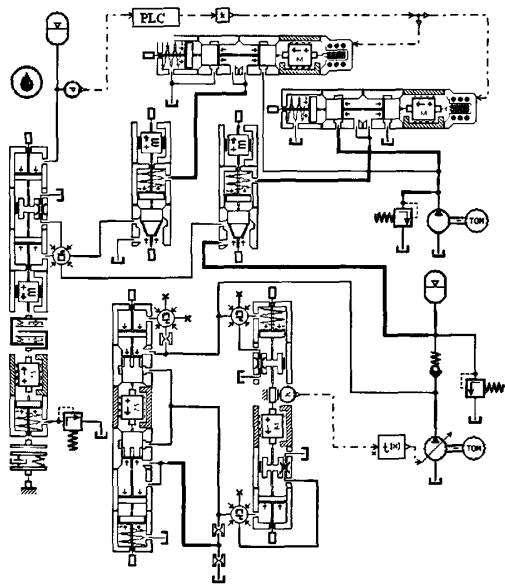


图2 电气液一体化打桩锤系统的 AMESim 模型

Fig.2 AMESim model of electrical and hydro - pneumatic control system of pile hammer

3.2 仿真结果分析

对电气液一体化打桩锤性能有影响因素是多方面的。由于篇幅所限,笔者仅对不同氮气腔初始充气压力 (P_{N0}) 和不同控制压力 (P_{N1}) 下的打桩锤的工作状况进行仿真研究。仿真结果如图 3 ~ 图 6 所示。

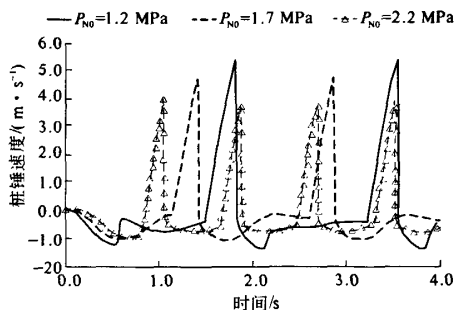


图3 不同氮气腔初始充气压力 (P_{N0}) 下打桩锤的位移曲线

Fig.3 The displacement curve of different initial inflation pressure nitrogen gas chamber

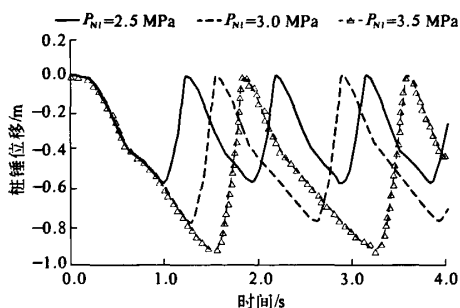


图4 不同冲程反馈控制压力(P_{N0})下打桩锤的速度曲线

Fig. 4 The speed curve of different initial inflation pressure nitrogen gas chamber

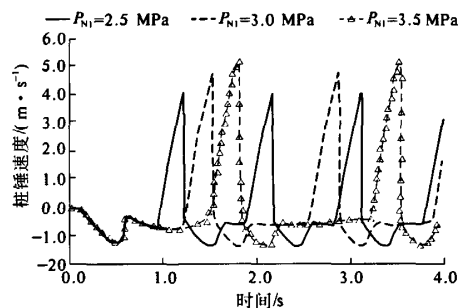


图5 不同控制压力(P_{N1})下打桩锤的位移曲线

Fig. 5 The displacement curve of different control pressures

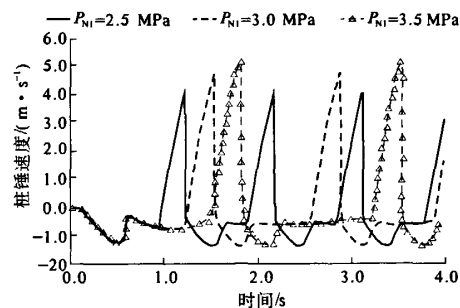


图6 不同控制压力(P_{N1})下打桩锤的速度曲线

Fig. 6 The speed curve of different control pressures

由图3~图6可知:该桩锤的最大行程为0.93 m,最大打击能量为 $E_{\max} = mv^2/2 = (7\ 000 \times 5.5^2)/2 \approx 105\ 875\ \text{J}$,最大打击频率为48次/min,这些参数均能够满足系统的设计要求。

由图3,4可知:在其他参数不变,桩锤的位移和速度随着氮气腔初始充气压力 P_{N0} 的升高而逐渐减少,而桩锤的打击频率逐渐加大,这是因为控

制系统的设定压力一定,当氮气腔初始充气压力较高时,只需较小的行程就可以达到控制系统的控制压力。

由图5、图6可知:在其他参数不变,桩锤的位移及打击速度随着系统控制压力的升高而逐渐增大,而桩锤的打击频率逐渐降低,这是因为氮气腔的初始体积是固定的,当系统控制压力升高时,氮气腔的最终压力也随着升高,根据气体的状态方程 $P_N V_N = \text{Const}$ (常数),氮气的最终压力升高致使其最终体积更小,氮气腔储存的压力能及重力势能均增加,因此桩锤的位移及速度也随着增加。

4 结论

通过以上的理论分析和动态研究表明,采用该新型控制系统的打桩锤能够满足电气液一体化打桩锤的性能指标和设计要求,说明该打桩锤的开发是可行的。

参考文献:

- [1] 胡均平,宋光伟,徐圆,等.新型氮爆式液压打桩锤的仿真研究[J].现代制造工程,2009(6):102-105.
- [2] 罗春雷,胡均平,朱桂华,等.ZCY系列液压打桩锤[J].建筑与机械,2002(12):43-45.
- [3] 刘树道,童伟,迟永滨,等.新型液压打桩锤的系统仿真研究[J].中国工程机械学报,2003(1):80-83.
- [4] 胡小江,谷立臣.打桩锤液压系统的设计及动态仿真[J].机床与液压,2005(1):77-79.
- [5] 王志坚,陈宜通,张龙江.双缸双作用液压打桩锤液压系统数值仿真[J].建筑与机械,2007(1):65-68.
- [6] 付永领,祁晓野.AMESim系统建模和仿真从入门到精通[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [7] 冯忠绪,刘本学,赵侃,等.高速液压夯实机(RHIC)夯实效果的试验研究[J].郑州大学学报:工学版,2007,28(1):56-59.
- [8] 杨明,张可能,刘杰.柔性基础下复合地基有效桩长计算方法研究[J].郑州大学学报:工学版,2008,29(2):23-26.

(下转第93页)

Application Research of SWOT Analysis Model in Rural Power Technology Evaluation

CHEN Gen-yong¹, REN Qun², DENG Xiao-lei³, XU Li⁴

(1. School of Electrical Engineering Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China; 3. Henan Xiangcheng Power Supply Bureau, Xiangcheng 461700, China; 4. Henan Electric Power Company, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: In order to grasp the technology level of the grid which is to be evaluated on the whole, the index system of rural power three levels technology evaluation, the single factor fuzzy comprehensive evaluation and the SWOT identification are constructed with SWOT analysis model, which reflects strengths and weaknesses of basic indicators of natural attributes and social environment attributes of the power technology, and provides assistant decision-making basis for new project and upgrading and revising project in the power grid. The result of the rural power SWOT technology evaluation is achieved by multi-level fuzzy compositional operations, which makes decision-makers grasp technology advantages and development opportunities of the power grid evaluated in the overall. Case analysis shows that the algorithm has theory value and practicability.

Key words: SWOT analysis model; technology evaluation; fuzzy comprehensive evaluation; assistant decision-making

(上接第 74 页)

Design and Dynamic Research on a New Electrical and Hydro-pneumatic Control System of Pile Hammer

HU Jun-ping, SONG Guang-wei, GUO yong, CHEN Wei, XU Yuan

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: The Other than the traditional distance feedback control principle of hydraulic piling hammer, This paper puts forward a pressure feedback nitrogen inflating electrical and hydro-pneumatic control system of pile hammer, the innovation, which in principle, structure, control methods, etc. makes it adjust the impact energy and frequency automatically, steplessly, and the process of piling can be monitored real-time and so on. After establishing the AMESim model of the pile hammer, conducted a dynamic research. The results show that maximum stroke of the pile hammer is 0.93 m. maximum impact energy is 105 875 kJ, The biggest frequency is 48 Hz, all of which are able to meet the design requirements. The achievements mentioned above are valuable for the development and optimization of hydraulic pile hammer.

Key words: piling hammer; pressure feedback; stepless regulation; AMESim model; dynamic research