

粉喷桩施工的现代质量控制技术

阮善发

(河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 阐述目前我国粉喷桩施工技术的发展现状及存在的问题, 介绍计算机控制的粉喷钻机基本原理及各参量控制过程。通过对两种机械施工结果的比较可知, 由计算机控制施工的粉喷桩, 桩体各段搅拌均匀, 含粉量上下基本一致, 无侧限抗压强度无大的变化, 其轻便触探 N_{10} 可达加固前的 2 倍以上, 施工质量得到有效控制, 避免普通施工机械施工所造成的上部质量明显好于下部的现象, 使施工工艺更加完善。

关键词: 复合地基; 粉喷桩; 闭环控制; 施工技术

中图分类号: TU753.3; TP273

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2001)03-0051-03

粉喷桩施工因其无振动、无污染、低成本、快捷高效等特点, 广泛应用于铁路、高速公路、市政工程、机场等工业与民用建筑的软土地基加固, 取得了良好的经济效益和社会效益。我国从 20 世纪 80 年代开始进行现代意义的深层搅拌技术的应用与研究, 该领域内的许多科研成果已成功地转化为生产力。1991 年底粉喷技术首次应用于高速公路高填土路堤的软土地基处理, 并取得成功, 开创了粉喷技术在高速公路软基处理中应用的新局面。

由于受工程地质条件的不同, 操作者技术水平的差异, 施工工艺不统一, 施工设备性能、人在施工过程中的过多介入等影响, 加之深层搅拌桩施工属地下隐蔽工程, 对其施工质量仍缺少一种成本低而又快捷高效、准确的检测手段, 因而导致施工质量难以实时控制, 而一旦出现质量问题再采取补救措施, 不但要消耗大量的人力物力, 而且势必影响整个工程的进度, 所以如何对施工质量进行有效控制显得尤为重要。

目前我国大部分粉喷桩施工工程所采用的设备, 是通过人工来调整固化剂的输出量、喷出压力及钻机的搅拌速度、提升速度等参量, 由于这些参量之间存在较强的耦合作用, 所以通过人工调整很难达到预期目的。采用工业控制计算机对整个施工过程进行控制及管理是目前最有效的手段。

1 粉喷钻机的计算机控制系统原理

粉喷钻机的计算机控制系统框图见图 1, 其气路系统见图 2。该系统是由普通粉喷钻机改造而成,

通用性强, 其各种控制单元均采用高可靠的器件。工控计算机、显示器、打印机等置于工控机箱内, 机箱具有防腐、防尘、防水等特点, 在现场各种恶劣条件下, 确保系统能稳定、可靠、连续不断地工作。

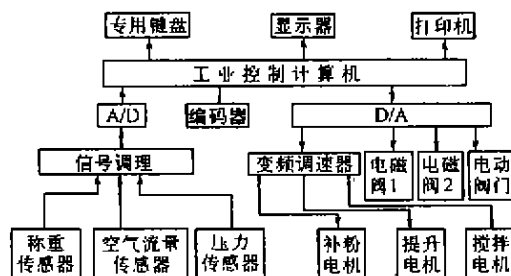


图 1 粉喷钻机的计算机控制系统框图

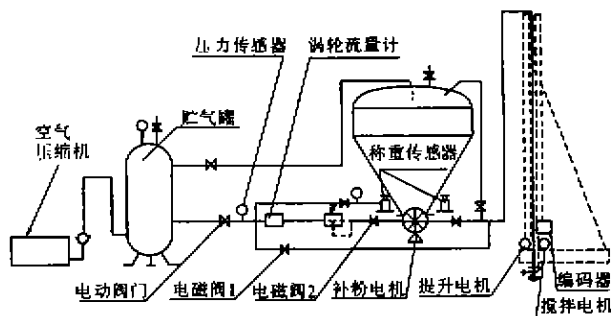


图 2 计算机控制的粉喷钻机气路系统

喷粉钻机控制属多变量控制, 因此采用以控制理论为基础的控制策略。系统实现包括协调控制, 智能 PID 控制, 建立多变量系统数学模型, 开环状态系统参数的设定与调整, 闭环状态下各种控制策略的综合运行等功能。

整个系统在运行之前,工作人员可根据本地的工程地质情况及设计要求,将相应的参数,如钻进深度、复搅深度、下钻速度、搅拌速率、喷粉压力、喷粉量等参数输入计算机,其中喷粉压力及喷粉量可为恒定值,也可用编程的方法根据数学模型将其设定成随深度变化的函数,如在桩的深层部位,加大喷粉压力,接近桩顶时降低喷粉压力,这样可有效地避免在桩底部位喷粉困难,而在桩顶部位将粉喷出地表的现象。同样喷粉量也可根据实际需要作相应调整,如在地基含水率较高的部位可适当增加喷粉量,以使成桩各段无侧限抗压强度符合设计要求。

a. 喷粉量的控制.计算机根据称重传感器及编码器发回的信息,可算出成桩该段的水泥含量,与预设值进行比较,若不相符,则计算机自动调整补粉电机的转速及喷粉压力,将喷粉量的误差控制在允许的范围,直到符合设计要求为止,整个过程为闭环控制过程。

b. 喷粉压力的控制.深层搅拌桩由于受到地质条件的影响,粉喷桩各段的地下水压力、土压力、孔隙水压力随着深度的变化而变化,也就是说搅拌机的搅拌头在成桩的各段受外界的综合压力也将相应变化。无疑,恒定不变的粉喷压力是不合适的,必须根据预先设定的压力随深度变化的数学模型,对当时的喷粉量、编码器所发回的深度信息以及喷粉压力等各参量综合计算,从而得出喷粉压力的调整量,通过该调整量去控制压力调节电动阀门的开度,达到调节喷粉压力的目的。该过程也是一个不断修正的负反馈控制过程。

c. 搅拌次数的控制.混合土搅拌效果如何,是影响成桩质量的重要因素。混合土被破碎得越细,固化剂与原土拌合得越充分,则桩体的无侧限抗压强度也就越高。施工中土体切割次数、搅拌轴回转速及钻头提升速度,需要根据现场条件及加固要求,针对不同的提升速度由计算机进行调整控制。

d. 搅拌轴提升速度的控制.计算机根据桩的桩位、软土的容重、水泥掺入比、相应时刻的水泥喷入量等参数自动调整提升电机转速。

e. 喷粉钻机流量控制.计算机将采集到的流量值与预设值进行比较,若偏差超出允许范围,计算机将控制电动阀门开度,调整喷粉压力,若仍不能调整到合适的状态,说明输粉管路出现故障,计算机报警,提示应停机检查。

f. 气路阀的控制.计算机在进入运行状态后,自动根据当时的工作状态(下钻或提升喷粉),确定阀1、阀2的开闭状态,控制压缩气体的流向。

g. 复搅控制.复搅分全程复搅、部分复搅、复搅

喷粉、复搅不喷粉等四种情况,计算机根据预先输入的指令自动进入相应的工作状态。

h. 数据处理.计算机每隔一定的深度(人为设定,最小间隔为10cm)对喷粉钻机的下钻深度、每米喷粉量、单桩用粉总量、粉气流量、喷粉压力、因故障停机引起的断桩位置和搭接长度、复搅深度、开钻和结束时间等数据进行采样并记录,所有数据停电自动保留,并进行防编辑处理,对所检测的各种数据可随时调用,单桩结束时自动打印原始记录,为监理、施工、设计及业主等单位对整桩质量的总体评价提供了可靠的依据,并可根据这些数据确定是否要对后续施工的预设参数进行修正,整个施工工艺全都由计算机完成,一旦机器进入运行状态,所有施工参数将自动锁定,大大降低了人的介入因素对施工质量的影响,使成桩质量有了可靠的保障。

2 施工质量的比较

普通施工机械,由于控制手段落后,加上施工人员实际操作水平的差异,人的介入因素过多,导致成桩质量离散性很大,主要表现在成桩各段固化剂含量不符合设计要求,复合地基的承载能力下降等。如:某高等级公路的软基加固工程,按设计要求,粉喷桩的水泥输入量应为每米50kg,其水泥含量约为15%。但由于采用的是普通喷粉钻机施工,施工效果不太理想。表1为核桩取芯实际水泥含量分析的结果。由表1不难看出:桩顶水泥含量高达36.81%,而桩底含量很低,仅为5.46%,且桩的整体不均匀,水泥成团成块。导致这种现象的主要原因是在使用普通施工机械进行施工时,采用的是恒定不变参量施工,这对于在复杂的工程地质条件下软土加固施工无疑是不合适的,势必导致成桩质量的不稳定。

表1 粉喷桩现场取芯水泥含量分析成果(设计桩长12m)

芯样编号	取样深度/m	土样名称	氧化钙含量/%	水泥含量/%	含水量/%	掺入比/%
A6-45-31-1	1.0	粉质粘土	22.77	36.81	32.19	27.37
A6-45-31-2	4.0	粉质粘土	9.88	14.64	35.26	10.82
A6-45-31-3	7.0	粉 土	8.92	8.91	28.41	6.94
A6-45-31-4	11.0	粉 土	7.00	5.46	29.75	4.20

对于由计算机控制的喷粉钻机来说,由于控制手段的先进性及科学性,在不同的地质条件下,计算机选用不同施工工艺及控制方式,因地制宜,大大减少了人的介入因素对成桩质量的影响,有效保证固化剂的输入量,成桩质量稳定、在水泥输入量不变的情况下,整桩水泥从桩顶至桩底输入均匀,粉喷量的控制精度达5%,满足了工程设计要求。图3为某高速公路软基加固工程中,原状土和掺灰后的粉喷桩轻便触探 N_{10} 对比曲线,图中A为原状土 N_{10} 曲线,

B, C 为 3 d 龄期的粉喷桩 N_{10} 曲线.

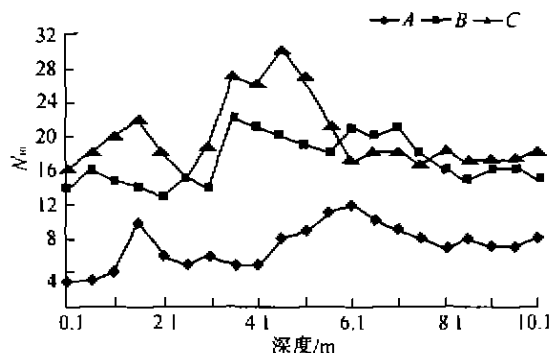


图3 原状土和灰土轻便触探 N_{10} 对比曲线

由该路段计算机控制的粉喷桩施工结果可看出:

a. 通过计算机计量装置有效地控制了设计所需的每米喷粉量,从而保证了粉喷桩整桩质量.

b. 从钻芯取样做无侧限抗压强度及载荷试验的结果来看,由计算机控制施工的粉喷桩整体成桩较好,离散性较小.由此可知,粉喷桩施工质量已得到有效控制,克服了以往粉喷桩上部质量明显好于下部的现象.

c. 通过对轻便触探(N_{10})结果比较,软基加固

后 N_{10} 可达加固前 2 倍以上.

3 结 语

由于地基千差万别,软土中各类成分多寡不一,影响成桩质量的因素众多,各因素之间互相制约、互相作用,用恒定不变的参量去控制施工过程,将难以达到预期的设计要求,需要根据加固对象的具体情况区别对待.因此,用计算机对整个施工过程进行控制与管理,使得整个施工工艺更加完善,施工质量得到较大的提高,减轻了监理人员的劳动强度,施工技术控制的难度也大大降低,充分保证工程质量,维护业主利益,推动了深层搅拌技术的发展.

参考文献:

- [1] 段新胜,顾湘.桩基工程[M].武汉:中国地质大学出版社,1994.212~226.
- [2] 阮善发,丁建奇,吴梅英,等.公路软土地基处理中的深层搅拌桩施工[J].公路,1997(10):32~36.
- [3] 吴邦颖,张师德,陈绪禄,等.软土地基处理[M].北京:中国铁道出版社,1995.38~48.

(收稿日期:1999-11-08 编辑:张志琴)

·简讯·

“全国城市水利学术研讨会”在江苏无锡召开

由中国水利学会城市水利专业委员会组织的第一届全国城市水利学术研讨会于 2001 年 5 月 14~18 日在江苏无锡召开.来自全国各地的 100 多名代表出席了会议.这是一次群贤毕至,老少咸集,开拓思路,共创城市水利美好未来的学术盛会,也是各领域专家交流学术,交流思想,交流感情,增进友谊的盛会.会议共收到交流论文 60 多篇,进行大会交流的有 22 篇.城市防洪和水环境是本次学术研讨会的主体内容,大会收到的论文主要集中在这两方面,也有研讨城市水资源和城市水文化、水权、水价等其它方面的论文.这些论文总体上有着看问题准、认识水平高、分析问题透彻、对策措施可行的共同特点.概括地讲:

a. 城市防洪问题是本次学术研讨的重点问题.无论是科研部门、规划设计部门,还是管理部门,都对城市防洪问题作为重点课题研究.城市人口众多,经济发达,财富高度集中,是淹不得也淹不起的地方.与会者认为,做好城市防洪工作,要有一个高起点的规划,要有高标准的设计,要有能进行综合治理的领导班子,要有多渠道的投资.许多地方和部门从做好城市防洪规划、确定适宜的防洪标准、建设城市防洪设施、做好防洪信息预测、搞好城市防洪调度等多种角度,在认真分析了我国城市防洪存在问题的基础上,提出了很有见解的建议.如上海市防洪标准问题,太湖流域城市防洪工程建设问题,珠江三角洲城市化和防洪的新问题,等等,既是一个地区、一个城市的问题,也是具有普遍性的问题.

b. 城市水污染和水环境建设问题.这个问题引起了与会者的高度关注,一些地区出现的有河皆干、有水皆污,堤防破碎、设施老化的现象令人痛心,也发人深省.大家在论文中对城市水污染产生的原因、造成的后果作了深入的分析,同时也对加强水污染监测、治理水污染、保护水环境、建设以水为基础的城市生态系统提出了许多对策建议.目前有些城市在这方面已先行一步,如北京市对城市中心区治理确定了“水清、流畅、岸绿、通航”的目标,取得了很好的成效;成都市府南河治理在改善环境方面也起到了重要作用;苏州胥口枢纽、无锡铁山枢纽等注重水利工程建设与环境景观一道考虑的思路对大家有很深启示.

c. 城市水利其它方面的问题也受到广泛关注.城市是一个复杂的系统,而水又是城市的基础性资源,水的问题涉及系统的各个方面,全方位研究城市水利问题是这次研讨会的又一特点.有的论文对城市水资源保护、节约、管理提出建议;有的对提高城市水文化品位进行阐述;有的对城市河道治理、城市水土保持提出对策;有的对水管理体制提出改革意见;有的对水权问题进行探讨.还有一些论文综合提出了城市水利面临的问题,并针对问题提出自己的见解和对策措施.

(徐斌供稿)