

液压打桩锤与复合载体桩施工中的应用与优势

中机锻压江苏股份有限公司 张长龙 曹喻镔

[概述]：本文阐述复合载体桩的技术特点、机理分析、施工流程，阐述复合载体桩各种施工设备的特点及适应性，阐明程控液压打桩锤是大型复合载体桩施工设备发展的必然趋势。

关键词：液压打桩锤 复合载体桩 重锤式桩机 振动锤桩机 柴油锤桩机

一、复合载体桩

复合载体桩是一种全新的施工技术，它改变了传统的地基基础处理观念，选择下部层位稳定、土性较好的土层作为被加固土层，以桩端土体为研究对象，利用重锤冲击成孔，对周围土体进行挤密加固，当沉管到设计标高时，对桩端进行连续填料、夯实、挤密等操作，并用三击贯入度作为控制指标，再填以干硬性混凝土，使桩端以下深度为3~5m、直径为2~3m区域约10m³的土体得到最有效的加固挤密，形成自内到外依次为干硬性混凝土、填充料、挤密土体组成的载体基础，然后再放置钢筋笼、灌注混凝土而成。

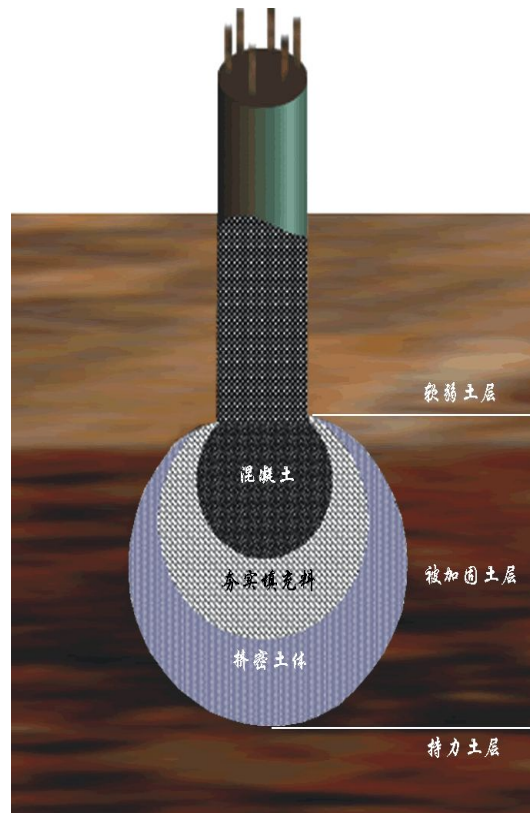
复合载体桩的这种特殊的构造可以使桩端的应力水平逐层地进行扩散和降低，直至降低到与“载体”以外的原状土体承载力相同的程度，这样，改变了传统的桩端与地基土体之间的作用关系，充分地调动了桩端地基土体的承载力，从而使桩的承载能力大大提高。

复合载体桩技术特点：

1.彻底改变了传统的地基处理观念，避软就硬，因地制宜，充分地将建筑物的结构形式与场地的工程地质条件有机地结合起来，使地基处理获得最优的效果。

2.将地基处理与基础施工合二为一，即降低地基处理费用，又节约基础投资，使得施工方有利可得，与此同时又可使得建设方最大限度地节约资金，可谓一举两得。

3.极大地改善了桩的承载性状，使得单桩承载力出乎寻常的高，一般是普通桩的3-8倍。



4.可以通过调整“载体桩”的施工控制参数，任意改变其单桩竖向承载力极限特征值，使之最优化地满足工程之需要。

5.施工中能就地取材，充分地利用固体废物或廉价的建筑材料作为填充料，变废为宝，利国利民，保护环境，降低了桩基础的成本。该技术利用桩锤对填料反复进行填充和夯实操作，使桩端以下纵向3~5m、横向2~3m、体积约10m³的土体得到加固挤密。而且通过在湿陷性黄土地区施工后的土样分析，“载体”周围的湿陷性得到有效消除。在不影响相邻桩已完成的挤密土体的破坏和松动的前提下，使填料底端形成最大最优的密实体和影响土体，桩身承受的集中荷载通过载体的分层扩散作用，消除桩端的应力集中，并逐层降低至天然土体能够承受的程度，从而改善了土体的受力状态。

二、复合载体桩机理分析

1.载体桩是通过夯填建筑垃圾（碎砖，混凝土块，砾石等）、干硬性混凝土，对桩端土壤进行挤密，形成复合地基扩展基础，将作用在桩顶上部的竖向荷载，通过桩身传到复合载体，并扩散到基础底部的持力层。

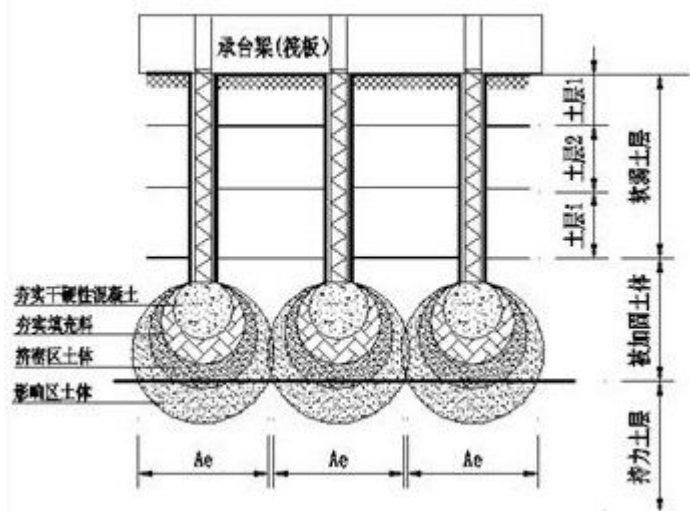
2.填充料是为了增强桩端下土体的挤密效果而填充的材料，对于有些地质条件较好、挤密效果佳的土层，在施工载体桩时，可以不投填充料而对桩端土体直接夯实，我们现场就是不填充而直接夯实的。

3.载体由三部分组成：砵、夯实填充料、挤密土体。从砵、夯实填充料到挤密土体，其压缩模量渐扩散。根据施工经验以及桩端周围土体取样分析，载体的影响范围深度约为3~5m，直径约为2~3m，即施工完毕时，桩端下深3~5m，直径2~3m范围的土体都得到了有效挤密。

4.载体桩桩长包括两部分：砵桩身长度和载体高度，其中砵桩身长度即从承台底载体顶的高度，载体的高度因桩端土体土性和三击贯入度的不同而不同，一般深度为3~5m,在进行设计时，从安全角度考虑，常常取2m作为载体的计算高度。

5.载体桩持力层指直接承受载体传递荷载的土层。上部荷载通过桩身传递到载体，并最终传递到持力层。

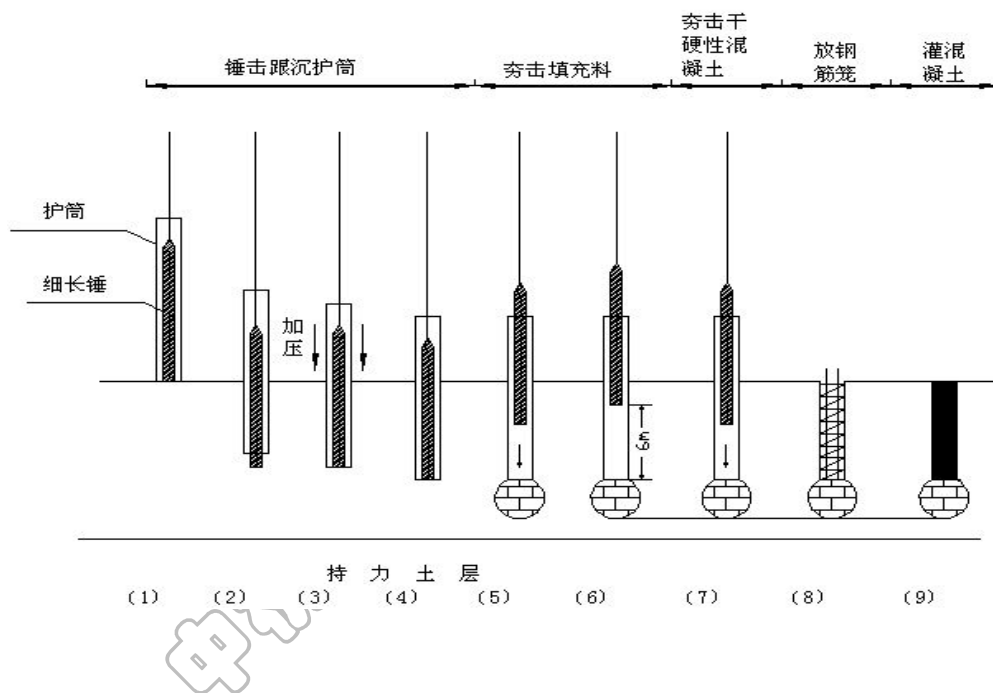
6.三击贯入度采用锤径355mm，质量为3500kg的柱锤，落距为6.0m，连续三次



锤击的累计下沉量.当填料夯实完毕后,正常的贯入度应该为第二次测得的贯入度不大于前一次的贯入度,若发现不符合此规律,应分析查明原因,处理完毕后重新测量。

三、复合载体桩施工流程

- 1) 桩位确定→桩位放线→桩机就位;
- 2) 通过重锤夯击成孔→沉护筒→反压护筒使护筒下沉到设计标高;
- 3) 进行夯实→测量贯入度→测量三击贯入度,若大于设计要求三击贯入度,重复工序 3 ,直到满足设计要求为止;
- 4) 填入干硬性混凝土,并夯击密实;
- 5) 放入钢筋笼;检查校正;
- 6) 浇注混凝土→成桩→就位于下一根桩。



四、复合载体桩施工桩机设备

为适应复合载体桩的施工,依据上述施工工艺流程,目前出现了多种施工桩机设备,按照夯实设备的类型可分为:

1.重锤式桩机

重锤式桩机其工作原理如上图所示(复合载体桩施



工流程), 利用重锤自由落体形成的冲击能量, 冲击桩孔, 利用桩机的重量及锤心夯击土壤的摩擦力反压护筒使护筒下沉到设计标高, 再利用重锤夯击填入护筒内的干硬性混凝土, 重锤式桩机是复合载体桩施工原形设备如上图。

2. 振动锤桩机

重锤式桩机是采用卷扬机来提升锤心到一定高度后自由释放, 实现夯击, 结构简单但施工效率很低, 为了提高效率, 采用振动锤连接一内筒体来替代重锤心(如下图)实现填充物的夯实, 没有了重锤心的往复运动, 大大提高了施工效率。



3. 柴油锤桩机

振动锤一般在沿海冲积平原, 或地下水位较高的地区沉桩效果较好, 但是在一些砂石层较厚、地下水位较低的地区, 振动锤往往由于穿透力的限制, 不能适应。柴油锤由于具有较强的穿透力, 往往在内陆地区有较强的适应性。由于大吨位柴油锤软地基起锤更为困难, 震动打击拔桩动作难以实现, 因此往往适应于一些中小直径的长度较短的桩基施工。

4. 柴油锤、振动锤组合锤桩机



柴油锤具有较强的穿透力，但随着复合载体桩成孔直径及深度的增加，提拔护筒的要求越来越高，由此出现如下图所示的柴油锤、振动锤组合锤桩机，即利用柴油锤夯实填充物及护筒，利用振动锤起拔护筒。



5. 液压锤桩机

柴油锤由于油烟飞溅产生空气污染、燃烧爆炸产生扰民的噪音，难以在城市作业，大吨位柴油锤软地基起锤困难，严重影响了施工效率，加之柴油锤由于小能量夯击不易控制不能实现震动夯击，为了克服柴油锤上述缺点，于是程控液压锤应运而生。中机程控液压打桩锤，是一种现代化的桩基施工设备，采用全液压动力驱动、数字化程序控制，实现了桩锤高效、节能、环保、高性能要求。



五、中机液压打桩锤与复合载体桩施工适应性及与其他同类桩工设备的比较

中机液压锤作为现代化的桩工设备，由于其结构原理的先进性，具有较强的适应性，特别是在复合载体桩施工中的适应性尤为突出，具体表现在：

1. 高效

程控液压打桩锤可实现数字化程序控制，方便准确，软地基、低冲程状态可实现高频次连续夯击。程控液压打桩锤的这一特性非常适应软地基、沉桩起始、干性混凝土初始高效率夯实。桩锤的数字化控制可实现同一地质条件下复制试验桩过程群桩作业程序化。彻底避免柴油锤软地基条件下低冲程调控难度大，夯击初始难以实现连续打击，施工操作难以规范化缺点。

2.节能

程控液压打桩锤采用全液压动力驱动技术，能源利用率可达 67%以上，而柴油锤由于采用开放式活塞气缸结构，高温高压未充分燃烧的混合气体的自由排放导致大量的能量损失，能源利用率不到 20%。

3.环保

程控液压打桩锤采用全液压动力驱动技术，动力系统采用高效率柴油发动机或电机驱动，封闭锤体，封闭动力站，可配备消音器，噪音可低于 75dB，少无污染，可适应城市作业。而柴油锤由于采用开放式活塞气缸结构，导致柴油燃烧不充分，大量浓烟被排放，燃油爆炸噪音高于 100dB，不能适应城市作业。

4.规范

程控液压打桩锤可通过人机界面，实现人机对话，夯击程序编制简单，不需要熟练的计算机人员，夯击能量既可以通过数字化输入，也可以通过旋钮控制，夯击动作可以采用一般控制，也可以采用程序控制，程序控制可实现同一地质条件下复制试验桩过程实现群桩作业程序化、规范化。

5.高性能

程控液压打桩锤采用组合式锤头专利技术，方便客户在不同地质和桩之间对锤头质量做出最合理的选择；客户通过不同质量锤头的组合可得到不同吨位级别的液压桩锤，从性价比考虑，采用组合式锤头技术的海卓液压打桩锤是极为经济的选择；组合式锤头可延长打击力作用时间，有效贯入能量大。

程控液压打桩锤夯击能量可以在公称范围内任意设定，可实现小能量高频次震动打击，极大地提高了桩锤的对各种地基的适应能力，通过特殊的连接器，可实现振动拔桩动作。

程控液压打桩锤与其他同类桩工设备的比较

比较项目	重锤	振动锤	柴油锤	组合锤	液压锤
工作效率	极低	一般	一般	较高	较高
穿透力	一般	较低	较好	较好	较好
软地基启	无影响	无影响	困难	困难	无影响

动					
拔桩动作	钢丝绳拉拔	振动拔桩	钢丝绳拉拔	振动拔桩	振动夯击拔桩
程控化	不可以	不可以	不可以	不可以	可以
夯击力控制	人工	人工	人工	人工	数字化、程控化
能源利用率	一般	一般	较低	较低	较高
环境保护	无废气、噪音	无废气、噪音	油烟、爆炸	油烟、爆炸	无废气、噪音
适应能力	小型桩	小型桩	小型桩	中型桩	大型桩
适应范围	小	一般	一般	小	广泛

六、结束语

复合载体夯扩桩是 90 年代新兴的桩基施工技术,它是充分利用天然地基中的硬层,通过干硬性混凝土及填充料等经细长锤夯扩形成的复合载体和钢筋混凝土桩组成。复合载体桩单桩承载力高,施工简单,它既能节约工程的综合造价,又有利于环境的保护作用,消纳了城市建设中的建筑垃圾。复合载体桩是一种有效的短桩地基处理技术,具有很高的应用前景。先进的桩基技术需要现代化的施工设备,通过上述比较分析,程控液压打桩锤具有高效、节能、环保、高性能等特点,是大型复合载体桩施工设备发展的必然趋势,积极发展适应复合载体桩施工的现代化设备程控液压打桩锤不仅必要而且意义重大。

中机锻压江苏股份有限公司

China Forging Machinery Co., Ltd

地 址：江苏海安经济技术开发区上湖大道 88 号

网 址：www.cfmjs.cn 邮 编：226625

联系电话：13951380028 张长龙、13914358157 曹喻缤

E-mail : cyb@cfmjs.cn