一种组合式多轴深层搅拌机

黄均龙　张冠军
（上海隧道施工技术研究所，上海，200233）

提　要　本文介绍了组合式多轴深层搅拌机的特点、技术参数、成桩形式及应用概况。

一　前　言

深层搅拌机使水泥浆液与周围土体强制混合搅拌，从而形成水泥土搅拌桩。1976 年日本研制出三轴深层搅拌机，目前成桩直径为 3~850mm 的多轴深层搅拌机成桩深度可达 45m；20 世纪 90 年代初，我国自行开发的双轴动力头走管式深层搅拌机，一次成桩深度为 18～20m，90 年代中期，单轴深层搅拌机成桩深度达 27m，桩径达 800mm。

由于我国目前生产的双轴深层搅拌机其单轴工作转矩一般不大于 9kN·m，因此对成桩深度、施工效率不利，阻碍了水泥土深层搅拌法在我国的进一步发展。随着加筋水泥土复合挡土墙（即 SMW 工法）在我国上海等地区基坑围护方面的推广应用，对深层搅拌机提出了一次成桩截面大、成桩深、施工质量好、施工效率高的要求。若从日本引进三轴式深层搅拌机，则会增加设备投资与施工成本。

为提高国产深层搅拌机的成墙深度、成墙质量与施工效率，降低 SMW 工法设备投资与施工成本，以利于该工法在我国的推广与普及，隧道股份施工技术研究所研制了一种组合式多轴深层搅拌机。

二　组合式多轴深层搅拌机

1.组成与特点

多轴深层搅拌机由吊具、组合式动力头、导向滑块、浆液导流回转接头、钻杆、切削搅拌头、钻杆连接系板、电器控制柜等部件及配套的滚管式打桩架组成。其特点有：

(1)以单动力头的基本型，可根据设计施工要求，组合成 1 至 4 轴的深层搅拌机；

(2)用了特殊结构的 2K－H 型立式行星齿轮传动，动力头外形尺寸小、承载能力大；

(3)动力头有两种输出转速，最大工作转矩为 14kN·m；

(4)切削搅拌头上有四层搅拌叶，使水泥土搅拌充分；

(5)能采用贯入输浆成桩工艺，成桩施工时间较提升输浆工艺短，施工效率高；

(6)适应水泥掺量范围大，水泥掺量可高达 25%；

(7)配套研制的 JSZ120－33 型滚管式打桩架，主卷扬机具有无级调速功能，与水泥浆

量、注浆泵流量相匹配，并使搅拌机较匀速地升降、匀速喷浆，水泥土桩连续、强度均匀，施工质量好；

(8)桩架立柱采用三支点支承结构，垂直度调整容易；

(9)桩架提升力达 400kN，有成桩深度显示，一次成桩深度可达 28m；

(10)该套施工设备使用台班费较低。

2.组合式多轴深层搅拌机施工桩形

该组合式深层搅拌机能根据地基加固水泥土搅拌桩形、SMW 工法基坑围护结构及加筋水泥土复合承重桩形的设计与施工要求，组合成 1 至 4 轴的动力头形式施工，形成的桩形截面如下：

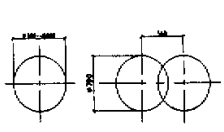


图 1

图 2

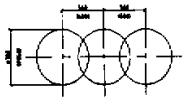


图 3

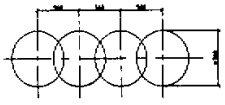


图 4

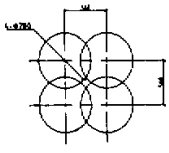


图 5

3. 组合式多轴深层搅拌机技术参数

表 1　组合式多轴深层搅拌机技术参数

序号	名　　称		A 型	B 型
1	搅拌直径(mm)		4-φ700	3-φ650-φ850
2	钻杆间距(mm)		560	480~600
3	钻杆转速(r/min)		40/20	40/20
4	输出转矩(kN·m)		10/14	73/14、13/19
5	电机功率(kW)		4×42(30)=168	3×30 或 3×40/55
6	加固面积(m^2)	正方形排列	1.38	
		一字形排列	1.42	

3.JSZ120—33 型滚管式打桩架技术参数

(1)立柱高度：33m

(2)最大拔桩力：400kN

(3)主卷扬机绳速：2～14m/min

(4)斜撑电机功率：2×2.2kW

(5)液压支腿支撑力：4×300kN

(6)外形尺寸：10.5×10×35(m)

(7)总质量：30t

三　组合式多轴深层搅拌机应用概况

1.应用实例一

上海地铁二号线陆家嘴车站5号出入口地基加固与SMW工法施工，使用组合式四轴深层搅拌机，4轴成正方形排列。在基坑顶管施工后靠区域的土体加固中，15m长的4轴水泥土搅拌桩平均成桩时间为50分钟。在16m深的SMW工法挡土墙施工时，由于水泥土搅拌桩搅拌充分与均匀，H型钢的插入基本上能依靠型钢与D25柴油锤两者重量插到位，为防止H型钢的下沉，用吊攀拉住H型钢。

2.应用实例二

该组合式四轴深层搅拌机与配套JSZ120－33型滚管式打桩架用于上海明珠线宝兴路站桥梁承台SMW工法围护工程。4个基坑开挖深度14～14.2m，围护墙厚1260mm，墙深25.2m，50#、60#H型钢插入深度24m，H型钢半位设置，1隔1排列，间距1m，总围护周长约170m，成墙面积约4984m^2。在挡土墙围护功能完成后，顺利回收了全部H型钢，进一步节约了基坑围护工程造价。

3.应用实例三

该组合式深层搅拌机用于加筋水泥土复合承重桩基施工。工程桩数量为67根，水泥土搅拌桩直径ϕ700mm，桩长20m，桩顶埋深约1m，水泥掺量20%。复合桩筋材为长19.1m的C30微型砼预制桩，预制桩上下二截面尺寸为250×200/150×100，复合桩桩尖持力层为④$_3$层砂质粉土，单桩设计承载力为550kN。施工后对其中龄期为50天的3根复合桩进行了单桩静载荷试验，当最大荷载分别加到1600kN、1600kN与1650kN时，3根复合桩均未进入极限状态。

四　结束语

组合式多轴深层搅拌机经工程应用，施工效率高、成桩质量好、达到了进口设备的施工效果。水泥土搅拌桩的施工效率与施工质量还与配套注浆泵的性能及流量、制浆系统的性能有关。为此，我们开发了性能稳定、维护方便的具有双路输浆的大流量液压变量注浆泵，研制了具有自动称量、自动计量的水泥浆液拌制装置，并将研制一种具有注浆流量、成桩深度、成桩速度显示记录的新颖搅拌桩施工实时监视记录装置，从而更有利于SMW工法和加筋水泥土复合承重桩基在我国的推广与普及，有利于软土地基深层搅拌加固工法的进一步发展与应用。