

一、道路工程施工测量工艺

1 适用范围

本工艺适用于新建和改建高速公路施工测量。

2 施工准备

2.1 材料

木桩、油漆、石灰、小线、钢钉、红蓝铅笔、排笔、绘图铅笔等。

2.2 机具设备

2.2.1 测量仪器 全站型经纬仪、水准仪、光学经纬仪一套(选配);塔尺、50m 钢尺。

2.2.2 常用机具设备 可编程计算器、对讲机、12 磅锤、4 磅锤、羊角锤、可调式托盘、铝合金导梁、 $\phi 3$ 钢丝绳、1t 倒链、 $\phi 20$ 以上钢钎、皮尺、测绳、花杆、遮阳雨伞等。

2.2.3 测量仪器必须按规定进行检定，检定合格方可使用。

2.3 作业条件

道路工程施工测量可分为施工控制测量与细部施工放样测量(以下简称施工测量)两个步骤。

2.3.1 施工控制测量作业条件：施工单位测量人员接桩后，应填写‘测量交接桩记录’控制点的复核与加密工作完成。

2.3.2 施工测量作业条件：控制测量完成后，所有数据必须报监理工程师确认。根据施工图纸设计数据计算施工测量数据，测量数据必须经两人核对无误后方可进行施工测量。

2.4 技术准备

2.4.1 测量人员必须熟悉施工图纸，掌握有关测量规范。

2.4.2 测量人员必须准确计算道路中线、边线坐标、设计高程等内业数据。

3 操作工艺

3.1 工艺流程 图 1-1)

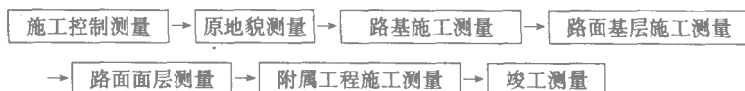


图 1-1

3.2 操作方法

3.2.1 施工控制测量

3.2.1.1 在交接桩工作结束后，按照要求的精度等级进行控制点的复核与加密。复核或加密时，平面控制宜采用沿线路方向的附和导线；高程控制宜采用附和水准线路。各等级控制测量精度及技术指标要求见表 1-1 和表 1-2。

导线测量的主要技术要求表 1-1

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测回数			方位角 闭和差 (")	相对 闭和差
					DJ1	DJ2	DJ6		
一级	4	0.5	5	15	—	2	4	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	—	1	3	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$
三级	1.2	0.1	12	15	—	1	2	$24\sqrt{n}$	$\leq 1/5000$

注： n 为测站数。

水准测量的主要技术要求

表 1-2

等级	每公里高差中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪 型号	水准尺	观测次数		高差闭和差(mm)	
					与高级点联测	附和或环线	平地	山地
四等	10	≤ 16	DS3	双面	往返测	往测一次	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$
五等	15	—	DS3	单面	往返测	往测一次	$30\sqrt{L}$	—

注： L 为水准路线长度， n 为测站数。

3.2.1.2 外业观测应选在能见度高、无风的清晨或傍晚进行，以减少大气折光及气压、温度的变化对观测的影响。

3.2.1.3 内业计算必须使用监理工程师认可的表式。计算步骤应清晰、条理。成果合格后必须报监理工程师确认。

3.2.1.4 控制桩必须采取栓桩等有效保护措施。

3.2.2 原地貌测量

3.2.2.1 首先应计算每一桩号中心坐标与对应的路基宽度，放出路基中线与边线（中桩桩位测量的限差要求见表 1-3）。填方段路基为保证边坡的压实度，在每侧路基设计边线外加宽 500mm 作为填筑边线。如遇到路基范围内有不适宜材料需挖除、换填，必须在开挖之前与换填之前测量其范围及深度，并经监理工程师确认。

3.2.2.2 路基填、挖前，均应按纵向 50m 测设一断面，横断方向 6~10 点测量原地面高程。若地形复杂，可以按纵向 10~20m 测设一断面。

3.2.3 路基施工测量

3.2.3.1 填方段路基每填 1~3 层测设一次中线、边线及高程。在距路床顶 0.5m 处，应按设计纵、横断面设计数值控制。达到路床设计高程后，必须按设计中线、宽度、坡度、高程严格控制并自检，自检合格并报监理工程师确认后，方可进行下道工序施工。

3.2.3.2 路基挖方段应按设计高程及边坡坡度计算并放出上口开槽线。每挖深 1~2m 测设一次中线、边线及高程。随着挖深，应在两侧护壁处或其他稳定可靠的部位下传水准点。挖至路床顶 1m 左右时，应先将下传下来的水准点与附近的高级水准点联测，以确保其精度。然后按设计中线、宽度、坡度及高程严格控制。

3.2.3.3 线路中线上，应设线路起终点桩、千米桩、百米桩、平曲线控制桩、转点桩和断链桩，并应根据竖曲线的变化情况加桩。

3.2.3.4 直线上中桩的间距不应大于 50m，平曲线上宜为 20m；当地势平坦且曲线半径大于 800m 时，其中桩间距可为 40m。当公

路曲线半径为 30~60m、缓和曲线长度为 30~50m 时,其中桩间距不应大于 10m。当公路曲线半径和缓和曲线长度小于 30m 或采用回头曲线时,中桩间距不应大于 5m。中桩桩位测量的误差,不应超过表 1-3 的规定。

中桩桩位测量的限差要求 表 1-3

线路名称	纵向误差(m)	横向误差(cm)
高等级公路	$S/2000 + 0.1$	10
一般公路	$S/1000 + 0.1$	10

注: s 为控制点到中桩的距离(m)。

3.2.4 路面基层施工测量

3.2.4.1 路面基层施工测量重点在控制各层厚度与宽度。平面测设时,应定出该层的中心与边线桩位。中心与边线桩位放样的间距根据作业方式可分为平地机和摊铺机两种:平地机作业时直线段和曲线半径大于 800m 时为 20m,曲线半径小于 800m 或缓和曲线时为 10m,曲线半径和缓和曲线长度小于 30m 或采用回头曲线时为 5m;摊铺机作业时一般为 10m,曲线半径和缓和曲线长度小于 30m 或采用回头曲线时为 5m。精度要求可参照表 1-3 的要求。边线桩位放样时,当无路肩土时,应比该层设计宽度大 50mm,以保证压实后该层的设计宽度;当有路肩土时,路肩土底部间宽度应不小于设计宽度。

3.2.4.2 高程测设时,应将设计高程按一定下反数测设到高程控制桩上(即高程放样)。高程放样的精度要求为:下基层 $\pm 3\text{mm}$,上基层 $\pm 2\text{mm}$ 。

3.2.4.3 当分段施工时,平面及高程放样应进入相邻施工段 5~10m,以保证分段衔接处线型的平顺美观。

3.2.4.4 在匝道出入口或其他不规则地段,高程放样应根据设计提供的方格网进行。

3.2.5 路面面层施工测量

3.2.5.1 平面测设时, 应定出该层的中心与边线桩位。中心与边线桩位放样的间距一般为 5m; 精度要求可参照表 1-3 的要求。

3.2.5.2 在匝道出入口或其他不规则地段, 高程放样应根据设计提供的方格网进行。

3.2.6 附属工程施工测量

3.2.6.1 路缘石的测设应保证线形美观、顺畅。路缘石平面放样时, 桩位间距可参照 3.2.4.1 的规定。

3.2.6.2 边坡与边沟的施工测量应满足以下要求: 边坡坡度均匀、美观, 边沟上口线整齐直顺, 沟底平整、排水顺畅。

(1) 边坡放样时, 应每隔 20m (匝道处可参照 3.2.4.1 的放样间距) 在上口线定一点位, 计算并放出相应桩号下口线位置, 两者之间用细线绷紧。

(2) 边沟放样应每隔 20~40m (匝道处可参照 3.2.3.4 的放样间距) 放出边沟中线及上口线, 至沟底时每隔 10m 测设一高程桩。

3.2.7 竣工测量

3.2.7.1 道路工程施工完工后, 测量人员应进行全线的竣工测量。竣工测量内容包括: 中心线、高程、横断面图示、附属结构和地下管线的实际位置与高程。

4 质量标准

4.1 基本要求

应符合《工程测量规范》GB 50026—1993 的规定。

5 成品保护

5.1 所有测量成果、资料应有专人保存、管理, 不得涂改、遗弃或丢失。

5.2 测量控制点应选在不易被破坏的位置且应做明显标识, 并采取有效保护措施。

5.3 已测设完的高程、中线桩应标识清晰 由专人负责 不得改动或破坏。一旦发现被改动或破坏 应立即停止使用 由测量人员进行复测。

6 应注意的问题

6.1 在施工过程中 应定期对测量仪器设备进行校核并应记录在册。

6.2 定期将施工控制点与高级控制点进行联测，避免使用误差超限的控制点。

6.3 应及时、准确掌握工程设计变更或其他情况的变化。

7 质量记录

7.1 测量交接桩记录。

7.2 控制点复核记录(导线平差计算表、水准测量计算表、导线点成果表、水准点成果表等)

7.3 测量复核记录(中线、高程、宽度、坡度等)

7.4 路基变形观测记录(沉降、位移等)

8 安全、环保措施

8.1 安全操作要求

8.1.1 交通安全

测量人员施测时 设专人指挥过往车辆、机械。交通繁忙路口作业时 应穿着交通专用反光背心。

8.1.2 安全防护

测量人员在爬山、下沟槽作业时 应配备安全帽、安全绳等设备 如在高压输电线或其他易燃、易爆品仓库附近作业时 应保持安全距离，并谨慎使用对讲机等带电设备。

8.2 环保措施

废旧电池应集中回收处理，油漆不得乱涂和遗洒。

二、软弱地基处理施工工艺

1 适用范围

本工艺适用于高速公路工程软地基处理。本工艺中包括：强夯法、水泥土搅拌法及土工合成材料方法。

1.1 强夯法

反复将夯锤提到高处使其自由落下，给地基以冲击和振动能量，将地基土夯实，从而提高地基的承载力并降低其压缩性，改善地基性能。强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。

1.2 水泥土搅拌法

利用水泥（或石灰）等材料作为固化剂通过特制的搅拌机械，就地将软土和固化剂（浆液或粉体）强制搅拌，使软土硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的水泥加固土，从而提高地基强度和增大变形模量。水泥搅拌法分为深层搅拌（简称湿法）和粉体喷射搅拌法（简称干法）。

水泥土搅拌法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、黏性土以及无流动地下水的饱和松散砂土等地基。当地基土的天然含水量小于 30%（黄土含水量小于 25%）、大于 70% 或地下水的 pH 值小于 4 时不宜采用干法。冬期施工时，应注意负温对处理效果的影响。

水泥土搅拌法用于处理泥炭土、有机质土、塑性指数 $I_p > 25$ 的黏土、地下水具有腐蚀性时以及无工程经验的地区，必须通过现场试验确定其适用性。

1.3 土工合成材料

利用土工合成材料的高强度、高韧性等力学性能扩散土中应力，增大土体的刚度模量或抗拉强度，改善土体或构成加筋土以及各种复合土工结构。土工合成材料具有加固补强、反滤、排水和隔离作用。土工合成材料适用于砂土、黏性土和软土。

2 施工准备

2.1 材料

2.1.1 强夯垫层材料

垫层材料为砂、砂砾或碎石。垫层中不能含有黏土。

2.1.2 水泥石搅拌桩材料

水泥石搅拌桩所用水泥的质量、规格应符合设计要求。有条件的地区可采用石膏粉等作为掺加剂，有利于提高强度。

水泥品种按设计要求选用。水泥应有出厂合格证和复试合格报告。严禁使用过期、受潮、结块、变质的劣质水泥。

浆液水灰比通常为 0.4~0.5 范围 不宜超过 0.5。

2.1.3 土工合成材料

按设计要求选用土工合成材料及锚钉。

2.2 机具设备

2.2.1 强夯法的主要设备 夯锤、起重机、脱钩装置及推土机。

2.2.2 水泥石搅拌桩机具设备

2.2.2.1 水泥浆深层搅拌施工机具设备见表 2-1。

水泥浆深层搅拌机具设备

表 2-1

名称	规格	性能		用途
深层搅拌机	SJB 型	最大加固深度 10m, 搅拌外径 800mm, 电动机功率 $2 \times 30\text{kW}$		搅拌土层和水泥
履带起重机	CH500 型	起重量 10t, 起重高度大于 14m		
搅拌水泥浆 压送水泥浆	灰浆搅拌机	HL-1 型	一次搅拌 200L	
	灰浆泵	HB6-3 型	输浆量 $3\text{m}^3/\text{h}$, 工作压力 1.5MPa	

现场拟处理的最弱层软土的性质，选择合适的固化剂、外掺剂及其掺量，为设计提供各种龄期、各种配比的强度参数。

2.4.4 施工前在施工现场进行试验性施工，检验确定施工参数和工艺是否适宜。

3 操作工艺

3.1 工艺流程

3.1.1 强夯工艺流程 (图 2-1)

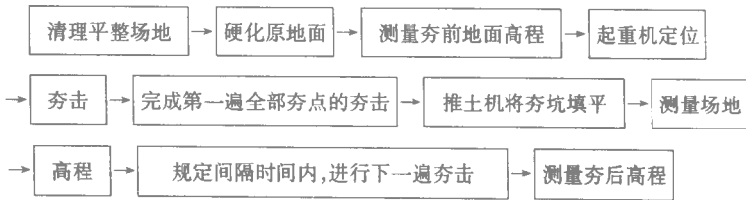


图 2-1

3.1.2 水泥土搅拌法工艺流程

3.1.2.1 水泥浆深层搅拌法工艺流程 (图 2-2)

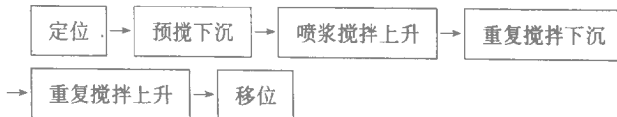


图 2-2

3.1.2.2 粉体喷射搅拌法工艺流程 (图 2-3)

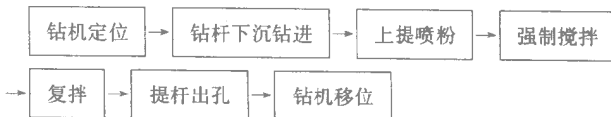


图 2-3

3.1.3 土工合成材料工艺流程 (图 2-4)



图 2-4

3.2 操作方法

3.2.1 强夯

3.2.1.1 清理并平整施工场地。

3.2.1.2 硬化原地面 在地表形成硬层 用以支承起重设备 保证机械通行和施工。同时可加大地下水和表面层的距离，防止夯击的效率降低。

3.2.1.3 标出第一遍夯击点的位置，并测量场地高程。

3.2.1.4 起重机就位，使夯锤对准夯点位置。

3.2.1.5 测量夯前锤顶标高。

3.2.1.6 将夯锤起吊到预定高度，待夯锤脱钩自由下落后放下吊钩，测量锤顶高程；若发现因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时，应及时将坑底整平。

3.2.1.7 重复 3.2.1.6 按设计规定的夯击次数及控制标准 完成一个夯点的夯击。

3.2.1.8 重复 3.2.1.4~3.2.1.7，完成第一遍全部夯点的夯击。

3.2.1.9 用推土机将夯坑填平，并测量场地高程。

3.2.1.10 在规定的间隔时间后，按上述步骤逐次完成全部夯击遍数，最后用低能量满夯，将场地表层土夯实，并测量夯后场地高程。

3.2.2 水泥土搅拌

3.2.2.1 水泥浆深层搅拌法施工工艺

(1) 定位

起重机(或塔架)悬吊搅拌机到指定桩位 对中。当地面起伏不平时，应使起吊设备保持水平。

(2) 预搅下沉

待搅拌机的冷却水循环正常后 启动搅拌机电机 放松起重机钢丝绳 使搅拌机沿导向架搅拌切土下沉，下沉的速度可由电机的

电流检测表控制。工作电流不应大于 70A。如果下沉速度太慢，可从输浆系统补给清水以利钻进。

(3) 制备水泥浆

待搅拌机下沉到一定深度时，即开始按设计确定的配合比拌制水泥浆 待压浆前将水泥浆倒入集料斗中。

(4) 提升喷浆搅拌

搅拌机下沉到达设计深度后，开启灰浆泵将水泥浆压入地基中，边喷浆边旋转，同时严格按照设计确定的提升速度提升搅拌机。

(5) 重复上下搅拌

搅拌机提升至设计加固深度的顶面表高时，集料斗中的水泥浆应正好排空。为使软土和水泥浆搅拌均匀，可再次将搅拌机边旋转边沉入土中，至设计加固深度后再将搅拌机提升出地面。

(6) 清洗

向集料斗中注入适量清水 开启灰浆泵 清洗全部管路中的残存的水泥浆，直至基本干净，并将粘附在搅拌头上的软土清洗干净。

(7) 移位重复上述 1)~(6) 步骤 再进行下一根桩的施工。

3.2.2.2 粉体喷射搅拌法施工工艺

(1) 放样定位。

(2) 移动钻机 准确对孔。对孔误差不得大于 50mm。

(3) 利用支腿油缸调平钻机，钻机主轴垂直度误差不得大于 50mm。

(4) 启动主电动机 根据施工要求 以 I、II、III 档逐级加速的顺序，正转预搅下沉。钻至接近设计深度时，应用低速慢钻，钻机应原位钻动 1~2min。为保持钻杆中间的送风通道的干燥，从预搅下沉开始直至到喷粉为止，应在轴杆内连续输送压缩空气。

(5) 按要求配制好粉体材料及掺含量。

(6)提升喷粉搅拌。在确认加固料已喷至孔底时，按 $0.5\text{m}/\text{min}$ 的速度反转提升。当提升到设计停灰标高后，应慢速原地搅拌 $1\sim 2\text{min}$ 。

(7)重复搅拌。为保证粉体搅拌均匀，需再次将搅拌头下沉到设计深度。提升搅拌时，其速度控制在 $0.5\sim 0.8\text{m}/\text{min}$ 左右。

(8)提升喷灰过程中，须有自动计量装置。

(9)钻具提升至地面后，钻机移位对孔，按上述步骤进行下一根桩的施工。

3.2.3 土工合成材料施工工艺

3.2.3.1 铺设计施工前，将基土表面修理平整，清除上面的杂物，清除表面的浮土，露出坚硬地表。

3.2.3.2 满铺土工合成材料。土工合成材料按照垂直于道路方向铺设，当采用搭接法连接时，搭接长度宜为 $30\sim 90\text{cm}$ 。采用缝接法时，接缝宽度应不小于 5cm 。采用粘结法时，粘结宽度不应小于 5cm ，粘合强度应不低于土工合成材料的抗拉强度。

3.2.3.3 采用搭接法时，按照间距 1m 梅花形布置楔入锚钉。锚钉要尽可能打在两道土工合成材料的相搭接的部位，以增强其整体性能。

3.2.3.4 现场施工发现有土工格栅断裂、损坏的，必须在其上重新铺设一层，方法如同前面所述。

4 质量标准

4.1 强夯地基基本要求

4.1.1 施工前应检查夯锤重量、尺寸、落距控制手段、排水设施及被夯地基的土质。

4.1.2 施工中应检查落距、夯基遍数、夯点位置、夯击范围。

4.1.3 施工结束后，检查被夯地基的强度并进行承载力检验。

4.2 强夯地基实测项目见表 2-3。

强夯地基质量检验标准

表 2-3

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		国标、部标		
		单位	数值	
1	地基强度	设计要求		按规定方法
2	地基承载力	设计要求		按规定方法
3	夯锤落距	mm	± 300	钢索设标志
4	锤重	kg	± 100	称重
5	夯击遍数及顺序	设计要求		计数法
6	夯点间距	mm	± 500	用钢尺量
7	夯击范围(超出基础范围距离)	设计要求		用钢尺量
8	前后两遍间歇时间	设计要求		

4.3 水泥土搅拌桩地基基本要求

4.3.1 施工前应检查水泥及外掺剂的质量及桩位、搅拌机工作性能及各种计量设备完好程度(主要是水泥及其他水泥流量计及其他计量装置)

4.3.2 施工中应检查机头提升速度、水泥浆或水泥注入量、搅拌桩的长度及标高。

4.3.3 施工结束后,应检查桩体强度、桩体直径及地基承载力。

4.3.4 进行强度检验时,对承重水泥土搅拌桩应取 90d 后的试件;对支护水泥土搅拌桩应取 28d 后的试件。

4.4 水泥土搅拌桩地基实测项目符合表 2-4 的规定。

水泥土搅拌桩地基质量检验标准

表 2-4

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		国标、部标		
		单位	数值	
1	水泥及外掺剂质量	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
2	水泥用量	参数指标		查看流量计
3	桩体质量	设计要求		按规定办法
4	地基承载力	设计要求		按规定办法
5	机头提升速度	m/min	≤0.5	量机头上升局立即时间
6	桩底标高	mm	± 200	测机头深度
7	桩顶标高	mm	+ 100 - 50	水准仪(最上部 500mm 不计入)
8	桩位偏差	mm	< 50	用钢尺量
9	桩径		< 0.04D	用钢尺量, D 为桩径
10	垂直度	%	≤ 1.5	经纬仪
11	搭接	mm	> 200	用钢尺量

4.5 土工合成材料地基基本要求

4.5.1 施工前应对土工合成材料的物理性能(单位面积的质量、厚度、比重)强度、延伸率以及土、砂石料等做检验。土工合成材料以 100m^2 为一批。每批应抽查 5%。

4.5.2 施工过程中应检查清基、回填料铺设厚度及平整度、土工合成材料的铺设方向、接缝搭接长度或缝接状况、土工合成材料与结构状况等。

4.5.3 施工结束后,应进行承载力试验。

4.6 土工合成材料地基实测项目应符合表 2-5 的规定。

土工合成材料地基质量检验标准表 2-5

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			国标、部标		
			单位	数值	
主控项目	1	土工合成材料强度	%	≤ 5	置于夹具上做拉伸试验 (结果与设计标准相比)
	2	土工合成材料延伸率	%	≤ 3	置于夹具上做拉伸试验 (结果与设计标准相比)
	3	地基承载力	设计要求		按规定方法
一般项目	1	土工合成材料搭接长度	mm	≥ 300	用钢尺量
	2	土石料有机质含量	%	≤ 5	焙烧法
	3	层面平整度	mm	≤ 20	用 2m 靠尺
	4	每层铺设厚度	mm	± 25	水准仪

5 成品保护

5.1 强夯施工前应探明地下管线及构筑物，不得在现况管线及构筑物上作业。

5.2 强夯施工时应加强对周围建筑物等设施的保护，留有一定距离或变更施工方法。

5.3 水泥土搅拌桩在没有达到设计强度前禁止扰动。

5.4 土工合成材料敷设完成后，禁止其他车辆在上面行使，施工车辆行使时不得调头或急刹车。

6 应注意的质量问题

6.1 强夯

6.1.1 强夯施工时应严格控制重锤落距。

6.1.2 重锤应在吊绳稳定后再进行脱钩，保证重锤水平夯打地面。

6.1.3 强夯施工应严格按设计间距、遍数进行夯打作业。

6.2 水泥土搅拌

6.2.1 水泥浆深层搅拌法

6.2.1.1 现场施工应予平整，必须清除地上和地下一切障碍物。明浜、暗塘及场地低洼时应抽水和清淤。分层夯实回填黏性土料，不得回填杂填土或生活垃圾。开机前必须调试，检查桩机运转和输料管畅通情况。

6.2.1.2 根据实际施工经验，水泥土搅拌桩法的施工到顶端 0.3~0.5m 范围时，因上覆土压力较小，搅拌质量较差。因此，其场地平整标高应比设计确定的基底标高再高出 0.3~0.5m。桩制作时仍施工到地面，待开挖基坑时，再将上部 0.3~0.5m 的桩身质量较差的桩段挖去。

6.2.1.3 搅拌桩的垂直度偏差不得超过 1%，桩位布置偏差不得大于 50mm，桩径偏差不得大于 4%。

6.2.1.4 施工前应确定搅拌机的灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管达到搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工参数；并根据设计要求通过成桩试验，确定搅拌机的配比等各项参数和施工工艺。宜用流量泵控制输浆速度，使注浆泵出口压力保持在 0.4~0.6MPa，并应使搅拌提升速度与输浆速度同步。

6.2.1.5 制备好的水泥浆不得离析，泵送必须连续。拌制浆液的罐数、固化剂和外掺剂的用量以及泵送浆液的时间等应有专人纪录。喷浆量和搅拌深度必须经国家计量部门认证的监测仪器进行自动纪录。

6.2.1.6 为保证桩端施工质量，当浆液到达出浆口后，应喷浆座底 30s，使浆液完全达到桩端。

6.2.1.7 预搅下沉时不宜冲水，当遇到较硬土层下沉太慢时，