

浅谈冲孔灌注桩施工质量控制要点

文 / 唐启飞 铜冠地产 安徽铜陵 244000

【摘要】冲孔灌注桩是灌注桩最为常见施工工艺之一，且施工工艺也很成熟，但灌注桩的质量事故却层出不穷，本文以铜冠书香苑冲孔灌注桩施工为例，探讨影响冲孔灌注桩施工质量安全各种因素，来提升桩基施工质量安全的技术措施。

【关键词】超前钻；质量控制；QC 小组活动；桩基检测

【DOI】10.12334/j.issn.1002-8536.2022.27.035

1、工程概况

池州铜冠书香苑项目，位于池州市平天湖风景区天堂湖新区，是全国第 8 个、安徽省第一个国家绿色生态示范区，也是我公司在池州市开发建设的第三个项目，总建筑面积 22.3 万 m^2 ，由 25 栋 17 层及以下住宅、1 栋 3 层公建配套、1 栋 2 层幼儿园一层地库组成，分三期开发。根据《书香苑工程岩土勘察报告》显示土层分布情况如下：第（1）层：素填土（ $Q4^{ml}$ ），力学性质差且极不均匀，不宜作为本工程项目基础的持力层。第（2）层：粉质粘土（ $Q4^{al+pl}$ ），软塑，工程地质性质较差，承载力低，不宜作为本工程项目基础的持力层。第（3）层：粉质粘土（ $Q4^{al+pl}$ ），硬塑，承载力较高，场地内均有分布，但埋深不均，可作为地下室的持力层。第（4）层：圆砾（ $Q4^{al+pl}$ ），以中密状为主。工程地质性质良好，场地内均有分布，厚度及埋深不均，可作为 3 层以下建筑物基础的持力层。第（5）层：含碎石粘土（ $Q4^{el}$ ），软塑~可塑。工程地质性质差且极不均匀，不宜作为本工程项目基础的持力层。第（6）层：微风化石灰岩（S），岩体较完整，岩溶微发育。根据建筑物荷载及基础形式，建议以第⑥层微风化石灰岩作为桩端持力层，可采用灌注桩基础或人工桩基础。设计院根据《勘察报告》，本项目的基础工程全部采用冲孔灌注桩，桩径 700mm，进入完整基岩深度不小于 0.5m，有效桩长 14 ~ 36 米，具体每根桩长根据超前锤报告进行施工，桩身砼强度等级为水下 C35。本工程共设计有

2318 根冲孔灌注桩（一期 285 根，二期 959 根，三期 1074 根）。一期、二期桩基检测单位为安徽省建川工程检测有限责任公司；三期桩基检测单位为安徽省地球物理勘查技术院实验检测中心。

冲孔灌注桩是灌注桩最常见施工工艺之一，它是通过冲击钻机把冲锤提升到一定高度，然后通过冲锤自由下落的冲击力来挤开土层和破碎岩层，最后通过泥浆排出碎渣成孔。鉴于本项目冲孔灌注桩工程基本同时施工，现场人员多，设备也多，且地质情况非常复杂，有丰富的地下水、溶洞和裂隙等不良地质情况，管理难度大。为确保冲孔灌注桩施工期间的质量和安全，我公司牵头组织施工、监理单位成立了现场技术攻关 QC 小组，全面负责技术支持，解决冲孔灌注桩施工过程中遇到的难点和意外情况，同时收集、整理施工过程相关参数，积累施工经验，在确保桩基施工期间无一起轻伤以上事故，桩基质量全部通过第三方检测，达到设计要求，从而达到降低成本和满足合同工期的考核要求。

2、冲孔灌注桩施工质量控制 QC 小组活动

2.1 施工前

冲孔灌注桩是水下灌注桩最常见施工工艺之一，且施工工艺很成熟，但屡见不鲜的质量事故却层出不穷，如：桩位偏差、扩孔、坍孔、水下混凝土灌注时出现堵管、断桩、桩身混凝土强度不足、桩顶混凝土不密实等。所以 QC 小

组在冲孔灌注桩施工前，开展如下工作：第一，施工单位选择对此地质情况有丰富施工经验的桩基分包队伍，编制专项施工方案；第二，对桩基分包单位编制的《冲击成孔灌注桩施工方案》QC小组成员进行了会审，并安排勘察设计单位做好施工前安全质量技术交底工作，确保施工方案的可操作性，对施工中的重点、难点，制订相关专项措施，并落实专人负责全过程跟踪，编制了铜冠书香苑桩基施工记录表（详见：附表1）。第三，针对本工程设计的桩径、桩深及地层特点，选择性能稳定的JK-4、JK-6、JZ-6型冲击钻机成孔，采用相应的十字锤头，确保成桩不小于

设计直径的前提下，根据地层特点调整锤头直径。第四，合理规划临时水、电线路，合理布置好排浆沟槽、泥浆循环池，在保证满足桩基施工的条件下，现场道路畅通，泥浆有序管理；第五，审核报验的冲孔桩机设备，划分每台桩机的施工区域和施工顺序，采用跳打桩的办法，避免对相近桩基质量造成不利影响。第六，施工前对桩位编号，然后根据标高测量资料和超前钻报告，将各桩号的孔深、桩长、笼长、桩顶标高、吊筋长等数据汇总成施工参数一览表，并在公示栏公示，要求验收合格的钢筋笼根据机台编号挂牌标示。各机台开锤前由QC小组发开孔通知单，

附表1 铜冠书香苑楼桩基工程（桩）施工记录表

工程名称：池州铜冠书香苑楼工程		
钻机编号： #	桩基楼号：	
钻机负责人：		
开孔日期： 年 月 日 点 分	钢筋笼制作/安装时间：	
放线人：	制作人：	验收人：
孔口标高： (m)	终孔深度： (m)	
现地面自然高度： (m)	验收人：	
见岩层深度： (m)	入岩层深度： (m)	
超前锤岩面深度： (m)	验收人：	
入岩时间： 点 分 ()	第一次泥浆比重测试： (V)	
	土层状况：测量人： 时间：	
终孔日期： 年 月 日 点 分 (次)	第二次泥浆比重测试： (V)	
	土层状况：测量人： 时间：	
成孔后第一次清孔深度： (m)	第三次泥浆比重测试： (V)	
沉渣厚度： (cm) 测量人：	土层状况：测量人： 时间：	
下钢筋笼后第二次清孔深度： (m)	起重设备型号：	
沉渣厚度： (cm) 测量人：	起重设备进/出时间：	
砼浇筑之前第三次清孔深度： (m)		
沉渣厚度： (cm) 测量人：		
混凝土理论方量： (m³)	超灌量： (m³)	
混凝土实灌方量： (m³)	原因分析：	
该桩基施工后评价：1、正常：()； 2、异常()。		
异常情况描述和分析：		
采取的措施：		
建设单位	监理单位	施工单位
参加人员：	参加人员：	参加人员：

上列各类参数，并在过程控制中对照验收。

2.2 施工中

冲孔灌注桩的施工工艺：平整场地→泥浆池及制浆设备→定位埋设护筒→铺设工作平台→安装机器设备并复核定位→冲孔→清孔并检查成孔质量→下放钢筋笼→灌注水下混凝土→拔出护筒→检查质量。第一，桩孔定位的要求：钻机定位安装必须水平、冲锤对中护筒中心，护筒我们采用8mm钢板卷制而成，桩护筒直径较桩径大200mm以上，护筒应埋入自然地面以下1~1.5m，护筒埋设位置必须准确，外围用粘土分层夯实，严禁填入块状杂物，护筒中心与桩位中心误差小于20mm，由施工单位放定位线，QC小组派人负责复核桩位的准确性；第二，泥浆要求：在冲击成孔施工中，要求加大泥浆护壁的坚固性，通过QC小组的反复实验，我们将护壁泥浆采用优质粘土或膨润土造浆。泥浆指标采用：比重为0.3~1.5，黏度一般地层为16~22秒；松散易坍地层为19~28秒，PH值大于8，胶体率≥95%，含砂率≤4%。并根据土层制定泥浆内加入适量纯碱作为分散剂，并制定了书香苑各土层的冲程高度和泥浆密度详见附表二。第三，冲孔灌注桩成孔施工要求：（1）首先是钻机就位用水准仪确定，在护筒安装好后再次复测，并以护筒顶标高此作为基点，来推测桩底标高确定孔深。冲锤应对准护筒中心，要求偏差不大于±20mm，开始低锤（小冲程）密击，冲锤高度保持0.5m

左右，并及时加块石与粘土做成泥浆护壁，泥浆密度和冲程可按附表二选用，使孔壁挤压密实，直至孔深达护筒下约4m后，才能加快冲锤速度和加大冲锤高度，将冲程可提高2m左右，保持连续冲击，冲孔过程中要连续将孔内残渣排出孔外。（2）垂直度要求：应保证护筒的垂直度，施工过程中每隔2m垂直度复测一次，确保成孔的垂直度偏差不大于1/200。（3）钢筋笼的要求：我们的钢筋笼要求每节钢筋笼的制作以9m为主，只能加一节小于9m的钢筋笼，钢筋笼四周设置四个定位钢筋，使其符合设计的厚度，钢筋笼制作必须符合设计要求，QC小组验收合格后方可采用吊车安装钢筋笼，避免出现变形，一旦安放好，就要立即固定，通常应该在1h内完成。（4）持力层判断：根据桩锤达到岩面第一时间做好记录，同时复核超前锤报告的持力层的标高，若相吻合时，开始记录入岩施工，全段面入岩深度不小于500mm，再通过清孔带上来的岩样由勘察单位确定持力层，并按一桩一表做好桩基施工记录表。（5）清孔要求：桩孔成孔后，进行第一次清孔，清孔时应将锤具提离孔底约1.0m，缓慢连续冲击30分钟左右，确保第一次清孔后沉渣必须保证小于50mm，且孔内无泥块、无大粒径石头的沉渣，否则需要继续冲击。第二次清孔是在下好钢筋笼和导管后，采用正循环方式连续清孔，第二次清孔后沉渣必须保证小于30mm，必须维护孔壁稳定。第三次清孔是砼浇筑前，复测孔底沉渣必须小于设计

附表2 书香苑各类土层中的冲程和泥浆密度选用表

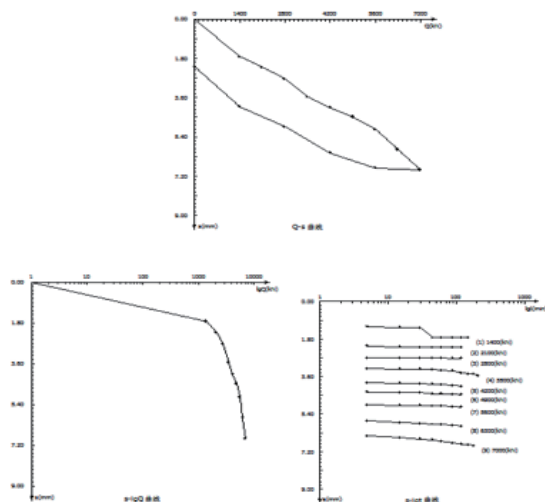
项次	土层名称	冲程	泥浆密度	备注
1	第(1)层：松散填土(一般护筒顶下3m以内)	0.5~1.0	1.2~1.5	土层不好时宜提高泥浆密度，必要时加入小片石和粘土块
2	第(2)层：软塑粉质粘土	1~1.5	0.2~1	及时清理锤头包裹的泥块
3	第(3)层：硬塑粉质粘土	1~2.5	1.0~1.3	抛粘土块，勤冲勤掏渣，防塌孔。
4	第(4)层：圆砾	2~3	1.2~1.5	加大冲击能量，勤掏沉渣
5	第(5)层：含碎石粘土	2~3	1.1~1.3	加大冲击能量，勤掏沉渣
6	第(6)层：微风化石灰岩	2~3.5	1.3~1.5	若遇到斜坡岩面，应抛入20~30cm同样硬度的块石使之填平，然后用低锤快击方法施工，提高掏渣次数。
7	塌孔回填重成孔	0.5~1	1.3~1.5	反复冲击，加粘土块及片石

要求 20mm。测量孔底沉渣必须使用校核后测绳，施工员和 QC 小组成员各使用自己的测绳来测沉渣厚度，通过测绳前端测锤与岩面撞击程度来判定，测绳磨损或断后必须换新的。（6）砼灌注要求：a. 本工程选用商品混凝土，混凝土搅拌必须充分，保证其和易性和流动性，进场商品砼需检查随车泵单，每车要检测其坍落度，合格后方可进行浇筑。b. 导管应逐根检查，接头连接处必须加密封圈上紧螺栓，底口距孔底不大于 0.5m，导管隔水塞要具备隔水作用。c. 初灌砼量不少于 1.0m³且必须保证导管理深不小于 0.8m。d. 砼灌注必须连续进行，由 QC 小组成员派人测量孔内砼面标高和做好记录，必须保持导管理深控制在 2 ~ 4m 以内，保持上下抽插，抽插幅度控制在 0.5m 左右。e. 桩基砼灌注量必须超出桩顶 1.0m 左右，确保桩身砼完整，强度达到设计要求。（附表 2）

2.3 施工后

桩基砼完成后，做好桩基的养护工作。然后按施工图要求，每个单体工程静载检测桩基不少于总桩数的 1%，且不少于 3 根桩做慢速维持荷载法静荷载试验；桩身完整性检测采用低应变动测法，检测数量为全部。通过两个桩基检测单位对所有单体桩基的检测报告统计，I 类桩为 97.2%，II 类桩为 2.8%，单桩竖向极限承载力都达到设计要求，且累计沉降量为 10mm 以内，残余沉降量为 2mm 左右；Q-s 曲线为缓变型，s-lgt 曲线尾部未出现明显向下弯曲。（附表 3：单桩竖向抗压静载试验曲线图）。

附表 3 单桩竖向抗压静载试验曲线图
(桩径 (mm) : 700mm 桩长 (m) : 20.85m)



结语：

在几个月的冲孔灌注桩施工中，我们 QC 小组通过共

附表 4 施工中常见质量问题及应对措施表

常见问题	产生原因	预防措施与处理办法
孔壁坍塌	1. 泥浆护壁密度不满足要求，达不到固化的护壁作用。 2. 冲孔速度太快，造成在泥浆没有形成保护膜。 3. 吊装钢筋笼时，碰撞护壁，造成泥浆护壁坍塌。	1. 在施工一、二层土层施工时，选用较大密度的泥浆。 2. 冲孔时锤击速度和泥浆的密度按附表二选取。 3. 用吊车下钢筋笼，保证起吊高度和垂直度，减少对泥浆护壁的破坏。
护筒冒水	1. 护筒埋设时四周填土不密实。 2. 起落锤头时扰动了护筒，造成护筒与土层有缝隙。	1. 在埋设护筒时，要选用好粘土分层夯实。 2. 钻机前应铺设钢板，防止施工时产生钻机位移和沉降起落，造成锤头碰撞护筒。
孔底漏浆	1. 一般是孔底出现较大的溶洞或地下河，造成孔壁坍塌，急剧漏浆。	当出现孔底漏浆，应提出锤头，在短时间内集中抛填将优质粘土、片石等，每次 2m 左右，直到不漏浆为止；若还漏浆应停止施工，重新进行钻探，查明土层情况后，QC 小组再拿处理方案。
桩孔偏位	1. 由于钻机冲孔时产生移位或局部下沉。 2. 冲孔时遇较大的孤石、斜坡岩层等。	1. 钻机前应铺设钢板，防止施工时产生钻机位移和沉降造成的桩孔偏斜，保持每下降 2m 校正一次钢丝绳与桩孔中心的偏差。 2. 若是遇到较大的孤石、斜坡岩层引起，应回同硬度的片石、卵石，用高锤猛击，形成完善基岩面，保证正常施工。
卡锤、掉锤	1. 卡锤是击穿溶洞造成锤头卡在溶洞顶板出不来。 2. 掉锤是钢丝绳磨损断开，或钢丝绳与锤头连接不好，造成锤头脱落。	1. 卡锤时，应先判断原因，不可轻举妄动，当锤头还能活动时，通过提动或转动锤头，反复试验，必要是让挖机配合将锤头提出。不能动是时，用辅助方式使卡头松动后提出锤头。 2. 冲孔中，应经常检查机具设备和钢丝绳连接及钢丝绳的磨损情况，及时更换磨损的钢丝绳，消除隐患。
断桩	在较丰富的溶洞土层灌注砼时，有部分砼挤入侧壁溶洞中，造成桩基混凝土流失或不能连续施工造成砼桩身夹泥夹砂。	成桩时就要关注溶洞情况，砼灌注时应足数量，相应的设备要有备件，确保水下砼连续浇筑。
超前锤报告的持力层标高不符	超前锤报告数据有误，不能反映真实持力层情况	当出现超前锤报告与施工中的持力层标高一致时，施工员及时向 QC 小组汇报，继续施工到真正的持力层后，安排勘察单位进行补勘，确保桩基入完整岩面不少于 500mm，下面还有不小于 5m 完整基岩。

同努力，不断克服施工过程中出现的难题（如：孔壁坍塌、护筒冒水、冲孔漏浆、桩孔偏斜、断桩、超前锤报告的持力层标高不符等），都一一解决，通过 PDCA 循环，总结并编制《施工中常见质量问题及应对措施表》（附表 4），来指导今后施工，也大大提升了我们三个单位的施工管理水平和现场解决难题的能力。

参考文献：

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部 .JGJ94-2008 建筑桩基技术规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2008.
[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部 .JGJ106-2014 建筑基桩检测技术规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2014.
[3] 潘全祥 . 土建设工程技术主管实操手册 [S]. 北京：人民交通出版社，2006.

作者简介：

唐启飞（1971-），男，安徽桐城人，本科，结构高级工程师，研究方向：房地产开发全过程管理。