

# 公路桥梁施工中钻孔灌注桩质量控制分析

张圣春

山东省路桥集团有限公司

**摘要：**稳定性和耐久性是衡量公路桥梁工程建设质量的重要考核指标，钻孔灌注桩施工是影响该指标的重要环节。该技术具有操作简单、施工速度快、占地少、施工干扰小、刚度强、不易变形、承载力大的多个优势，所以在近些年的公路桥梁建设过程中，钻孔灌注桩技术被非常广泛应用，该技术施工效率高，质量好控制，且造价低，尽管该技术具有很多优点，但在实际应用中还存在一些问题，需要大家引起足够重视。基于此，本文就针对该技术在应用中的注意事项和常见问题进行阐述，并对如何加强质量控制等相关内容进行分析 and 探讨。

**关键词：**公路桥梁工程；钻孔灌注桩；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.040

## 前言

我国是世界公认的“基建狂魔”，公路路桥建设总里程、建设效率和施工质量都居于世界领先水平。在公路桥梁建设过程中，桩的结构设计和施工质量把控是非常重要的部分，采用钻孔灌注桩施工技术可以降低土体塌孔发生的概率，提高工程的稳定性和耐久性。近年来，钻孔灌注桩施工技术在各种类型的公路桥梁工程建设中得到了大量应用，在实践中也发现了一些问题亟待解决，希望通过本文的论述，可以对进一步提升钻孔灌注桩的施工效率和质量有所帮助。

## 一、公路桥梁工程基本特征

与一般工程建设项目相比，公路桥梁工程的个性化特征是比较突出的。在设计和施工组织之前，必须要对这些基本特征进行分析，从而选择有针对性的施工技术。接下来将从四个方面简单分析一下公路桥梁工程施工的主要特征，以便为后期工程设计、施工组织和技术应用做参考：①施工周期长。公路桥梁工程是一项施工线路相对固定的项目，一般不能随意更改，建设期间会受到诸多因素的影响制约，解决这些影响因素可能需要一定时间。加之公路桥梁工程是一个相对庞大的项目，建设周期长，一般项目的建设周期都在两三年左右，有些项目甚至更长。同时对施工地质环境的预见性有偏差，这就给施工组织、现场管理和技术应用增加了难度。②使用周期长。公路桥梁是国家基础设施建设的“百年大计”工程，项目建设完工后，要求满足很长的使用年限，这进一步对工程耐久性提出了更高要求，工

程建设过程中采用的施工技术要能应对各种地质条件、周围环境和气候的变化。③施工工程量较大。公路桥梁工程施工线路长，工程量大，需要耗用大量的人力、物力和财力。在施工建设过程中存在多个环节、多道工序，而且每道工序都比较复杂。在选择技术方案时，必须要优先考虑便于操作、便于管理、施工成本低、效率高、具有针对性和可行性的施工技术方案，只有这样才能保证施工造价和施工进度可控。④施工难度较大。一般而言，公路桥梁工程的施工现场大多处于露天环境下，而且大多数具有高空作业特点，露天环境和高空作业多的特点，导致施工过程中有很多的不可控因素，这样大大加大了整个工程的建设难度。所以在技术选择上大多会优先考虑操作简单，不易受环境限制和影响的施工技术方案。基于上述对公路桥梁工程的四大基本特征的分析，钻孔灌注桩具有很大优势，因此在实际工程实践中得到广泛的推广运用。

## 二、钻孔灌注桩的分类

钻孔灌注桩就是先通过机械设备、人力挖掘或钢管挤土等方式在地基中形成桩孔，然后在孔内放置钢筋笼、灌注混凝土而形成的桩。按照成孔方法不同，可将灌注桩分为钻孔灌注桩、沉管灌注桩、挖孔灌注桩三种类型；按照护壁方式不同，可分为全套管和泥浆护壁两种形式。

## 三、公路桥梁工程中应用钻孔灌注桩施工技术的注意事项

### 1. 施工准备

施工前的准备工作是否充足有效，是保证施工质量和施工安全的重要保障。施工前的准备工作，主要包括以下四个部分：（1）施工图现场核对。施工开始前由项目总工程师组织技术人员对图纸等设计文件进行核对，重点检查设计文件是否齐全，有无差错漏项；对钻孔位置的地质进行勘探，核对勘探报告与设计文件是否相符。对设计单位分批提供的施工文件，要及时登记造册、清理建档，并有专人管理。设计文件的审核均要留有核对记录。（2）场地处理。如果安装钻机的基础不平稳，就会造成钻机倾斜，影响桩的垂直度。为使钻机安放稳固，必须事前对设备安放位置的场地进行平整处理。对于软土地基层，可采用换填或机械碾压等方式进行处理，对于有坡度的场地，应使用机械设备推平压实，场地处理后垫上枕木或厚钢板。然后在工作面上做

好桩基定位标识，比如插上钢筋、浇灌水泥等，并对定位标识做好保护措施。（3）施工放样。一般采用护筒四周布设十字控制点，交叉法进行。开挖前将桩中心引至开挖区外，做四个标记点，并做好保护（直到成孔后），埋设护筒时再将中心点引回，使护筒中心和桩位中心重合，使用钢尺校核桩位距离是否准确。桩基坐标的放样宜采用全站仪进行，以提高精度；GPS精度较高时也可用于桩心坐标放样。高程控制采用水准仪测量并记录护筒顶标高，然后计算该桩的钻孔深度，孔深量测根据标高所计算的深度，一般采用测绳或超声波成孔检测仪进行测量。见图1（4）护筒埋设。预防孔壁坍塌是保证钻孔成败的关键，埋设护筒可以有效预防孔壁坍塌，而且埋设护筒还可以隔离地表水，对孔口地面起到一定的保护作用，同时对固定桩孔位置和钻头的钻进方向都有很大益处。护筒材料要求坚固、密封性能好，一般情况下，可以采用混凝土、钢筋混凝土或者钢板作为护筒材料。制造护筒时，内径要大于钻孔直径。不同的转孔方式，要求的内径尺寸也不一样。一般而言，采用旋转钻时，护筒内径比钻孔直径大20~30cm，冲击钻则为30~40cm。护筒每节长度根据实际情况确定，一般为2~6m。（5）泥浆制备。泥浆的主要成分是水 and 优质黏土，另外可添加CMC羧基纤维素或Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>纯碱等外加剂提高泥浆性能。泥浆具有悬浮钻渣、增大静水压力、降低钻头温度、保护孔壁等作用。在泥浆制备中，应严格控制泥浆黏度、比重和含砂率。一般地层黏度为16s~22s，松散易塌地层为19s~28s，黏度小的话，不仅护壁效果不佳，而且排渣能力弱，黏度大的话，便会造成一定的阻力，减弱钻头的冲击力，影响施工进度。另外，泥浆比重、含砂率也影响钻孔效果。根据钻孔方式和地质条件的不同，泥浆比重一般为1.05~1.4之间，如果泥浆比重过大，对孔壁的静压力就大，对孔壁的稳定性不利；新制泥浆含砂率要求不大于4%，如果泥浆含砂率大，则会降低泥浆黏度，增加沉淀，容易磨损泥浆泵和水管钻锥等机具，停钻时易造成埋钻、卡钻事故。



图1 测量放样

## 2. 钻机就位

钻机就位前应检查地面和周围环境，地面是否平整坚实，是否能保证钻机稳固，周围是否有架空输电线路，输电线路与钻机的安全距离是否达标。另外，还需对吊装索具进行检算和检查，检查螺栓、螺母等紧固件有无松动，金属结构主要受力构件磨损、侵蚀、裂纹等情况。

钻机按照事先测量确定的位置就位，就位后钻头中心点对准桩位中心，偏差不得大于2cm，且确保钻机稳固，必要时采用拉设缆风绳等措施进行锚固。钻杆应保持竖直，垂直度采用钻机自动测定，并通过线锥或全站仪校核，垂直度偏差小于1%，顶面高程偏差宜小于50mm。钻机就位后应先进行试运转，运转正常后方可进行钻进。钻机就位后，应在钻机四周安全距离外设置警戒线和警示牌，并安排专人进行看护和管理，无关人员不得靠近钻机。

## 3. 钻孔、清孔

（1）钻孔。钻孔前，对钻孔位置再次复核，确定无误后方可开钻，初期钻进速度不可太快。钻进过程中，应经常对钻孔出渣及钻机对位进行检测，不符合要求时，及时修正。经常注意地层变化，在地层变化处捞取渣样保存，对渣样进行分析。（2）清孔。清孔包括一次清孔和二次清孔，第一次清孔是在成孔之后，钢筋笼下放之前，第二次清孔是在钢筋笼下放后，混凝土灌注前。成孔后采用成孔监测仪对成孔质量进行监测，包括钻孔深度、直径大小、垂直度和沉渣厚度等。对于摩擦桩，沉渣厚度不得超过20cm，对于柱桩，沉渣厚度不得超过5cm。常用的清孔方式有吸泥法、换浆法、掏渣法、高压射风（水）法。吸泥法清孔适用于反循环旋转钻机和土质密实不易坍塌的冲击钻孔；换浆法清孔适用于正循环旋转钻机及冲击钻机；掏渣法清孔适用于冲击钻机；高压射风（水）法适用于辅助泥浆正循环清孔。

## 4. 混凝土灌注

清孔到位后，要及时把预制好的钢筋笼放入孔内，并确保入孔的垂直度，钢筋笼下放到位后进行固定，并对桩孔进行二次清孔，二次清孔后下放导管，灌注水下混凝土。灌注过程要一气呵成，中途不得中断，否则容易造成断桩。

在施工过程中，应做好每一个施工环节的质量管理和安全检测工作，同时做好检查记录，便于后期的质量追溯。以上注意事项，在钻孔灌注桩施工过程中要严格控制，任何一个环节发生疏漏，都会影响施工质量和安全。所以各施工单位应严格按照国家及行业提出的相关要求进行操作。

#### 四、钻孔灌注桩施工过程中常见质量问题

##### 1. 桩孔坍塌

一旦发生桩孔坍塌，不仅会影响施工速度，而且会造成一定的经济损失，甚至酿成严重的质量事故。造成桩孔坍塌的原因一般有以下几种：一是泥浆黏度过小，泥浆护壁效果差；二是钻进速度过快，泥浆护壁速度慢；三是钢筋笼下放过程中碰撞孔壁，造成孔壁坍塌；四是成孔后未及时灌注混凝土，孔壁长时间暴露，导致塌孔。为避免塌孔问题，钻孔灌注桩各个施工环节应严格控制，确保符合规范要求。

##### 2. 混凝土卡管问题

造成此问题的原因主要有两个，一是混凝土方面。混凝土原材料选择不当、施工配合比或搅拌时间不符合设计和规范要求，出机的混凝土和易性不好，在混凝土灌注过程中，造成管内混凝土堵塞。二是导管方面。导管埋入混凝土内的深度过大，导管内外压力差小，导管内混凝土落差小，冲击力弱，造成管内混凝土堆积问题。遇到卡管问题，一是联系试验室，及时调整混凝土施工配合比，二是迅速提管，增加导管内外压力差，必要时使用振动锤对管内混凝土进行振捣。

##### 3. 混凝土埋管问题

此现象大多发生在浇筑工作的后续阶段，埋管原因一般是导管埋入混凝土过深，或导管内外混凝土已初凝使导管与混凝土间摩阻力过大，导致导管无法拔出。预防方法是混凝土浇筑过程中经常探测孔内混凝土面高程，及时调整导管埋深，导管埋深宜控制在2~6m，当浇筑速度较快，导管较坚固时，可适当加大埋深，但不宜超过8m；控制混凝土灌注速度，在混凝土初凝前灌注完。若有埋管问题，可采用手拉葫芦或千斤顶提拔导管。

#### 五、钻孔灌注桩质量控制的具体措施

##### 1. 加强对混凝土质量的控制

混凝土质量是影响桩质量的关键要素，在进行钻孔灌注桩施工过程中，应重点控制混凝土质量，一旦混凝土质量不合格，不仅会影响桩的质量，还会增加经济成本和工期成本，甚至造成质量事故。具体来说，可通过以下几种方法进行混凝土的质量控制。一是对混凝土原材料进行检测。严格按照设计标准和规范要求，选择合格的材料供应商，进场前对材料出厂合格证明等资料进行检查，并做好原材料入场的质量检测，必要时可邀请第三方检测机构进行检测。二是严格控制混凝土拌合、浇筑和养护质量。在混凝土搅拌前应对各种计量仪器进行校核，严格按照施工配合比设计进行拌合，混凝土运

输夏天应做好降温、冬天应做好保温措施，入模前应对混凝土入模含气量、入模温度进行控制，混凝土拆模和养护应符合相关规定要求。

##### 2. 强化钻孔质量控制

一是钻孔前由项目总工程师牵头对现场地质条件和环境条件进行调查，对于与图纸不符的情况要及时申请设计变更。针对不同的地质条件和施工环境选择合适的成孔设备。二是结合工程特点，编制切实可行的施工细则，对关键工序编制详细的施工实施细则和作业指导书。在施工前，严格做好安全技术交底，要求每位作业人员都必须熟知施工流程和质量控制要点。三是钻孔过程中控制好钻孔的尺寸精度，防止孔位偏离和缩孔现象的发生。加强与业主、监理、设计单位的联系沟通，及时解决关键部位的技术难题。

##### 3. 加强桩基质量检测

桩基的承载力和完整性检测是桩基质量检测中的两项重要内容。桩的常用检测方法有四种。第一种是低应变反射波法。该方法适用于检测混凝土灌注桩桩身缺陷位置和程度。第二种是高应变法。本方法适用于检测混凝土灌注桩的竖向抗压承载力和桩身完整性。第三种是预埋声测管声波透射法。该方法适用于检测混凝土灌注桩桩身缺陷位置、范围和程度。第四种是钻芯法。本方法适用于检测桩长、混凝土强度和桩底沉渣厚度。针对不同的检测目的和现有检测设备选择适用的检测方法。对于检测不合格的桩基，要及时处理，对于无法处理的桩基，采取侧位补桩的方式进行补强。

#### 结论

在公路桥梁工程中，钻孔灌注桩是非常常用的桩基施工方式。必须要做好各个环节的质量管理工作，以确保钻孔灌注桩的施工质量和施工效率达标。本文对钻孔灌注桩相关内容进行了简要探讨，列举了该工艺施工中的常见问题和注意事项，并提出了一些提升施工质量水平的建议，希望能为加速我国公路桥梁事业的发展有所帮助。

#### 参考文献

- [1] 武威. 钻孔灌注桩技术在某高速公路桥梁施工中的应用[J]. 江西建材, 2022, (09): 186-188.
- [2] 刘克龙, 黄伟. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2022, (27): 104-106.
- [3] 林志浩. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用研究[J]. 江西建材, 2022, (07): 154-156.