

钻孔灌注桩混凝土超量分析及其处理

李晓艳

上海市水利工程集团有限公司

摘要: 本文针对实际工作中钻孔灌注桩混凝土超量而引起的争议事件进行分析总结, 查找灌注桩混凝土超量的原因, 总结一系列有效措施进行过程管控。确定合理的充盈系数, 加强施工过程管控, 优化技术和管理措施, 有效控制了钻孔灌注桩的混凝土用量, 为后续类似现场施工管理及成本控制提供了有益借鉴。

关键词: 混凝土超量; 钻孔灌注桩; 结算争议; 过程管控

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.17.038

一、引言

钻孔灌注桩作为基础工程的重要组成部分, 具有适用范围广、承载能力强、抗震能力高、性价比较高、施工速度较快等特点, 在各类水利工程中应用广泛^[1]。水利项目施工现场情况通常比较复杂, 又是隐蔽工程, 复杂的地质条件、气象水文条件、交通条件、施工条件等都会对灌注桩质量造成影响, 灌注混凝土超过理论量的事情时有发生。这不仅造成材料的浪费, 同时也增加了额外破桩的费用, 对工程成本的控制非常不利^[2], 在工程价款结算过程中, 结、付双方对此多有争议。

本文试图分析混凝土超量可能的原因及应对措施, 希望为类似争议的解决提供借鉴。同时也希望项目施工管理人员能做到过程管控, 及时纠偏, 有效的进行施工成本的管控, 减少后续类似结算争议的发生。

二、钻孔灌注桩混凝土超量问题

实际工作中, 多采用工程量清单计价模式对钻孔灌注桩施工队伍进行专业招标, 一般按照一定损耗(如10%)进行合同计价约定。最终结算时, 根据混凝土实际的用量, 对超过计划用量的部分, 涉及费用较多, 有时高达上百万元。对此部分费用结算, 结付双方对责任认定各执一词, 争议较大, 结算工作推进受阻。

本文试图分析钻孔灌注桩混凝土超量的原因, 从根源出发, 积极采取有效的过程管控手段进行施工成本的有效控制, 避免最终结算合约双方的争议过大。同时, 也希望为现场施工作业一线人员及管理人员理清思路, 做好过程管控提供依据。

三、钻孔灌注桩混凝土超量原因分析及其处理方式

(一) 地质条件因素及处理方法

土质问题。钻孔灌注桩混凝土超量与地质条件关系紧密, 不同地质条件, 不同工程会有所不同。岩土层特性差异是影响钻孔灌注桩混凝土损耗最直接的原因, 当地层中含有较多的粉状土、淤泥质土时, 会造成灌注桩成孔难度大, 有扩孔、塌孔等现象, 最终会导致钻孔灌注桩耗量远大于理论量。

灌注桩的混凝土充盈系数是指一根桩实际灌注的混凝土方量与按照设计桩径计算的桩身体积之比^[3], 充盈系数直接关系到混凝土理论用量的计算。针对每一个特

定的工程, 首先要根据不同的地质条件, 明确充盈系数的设计取值, 同时参考相关质量评定规范及同类工程的施工经验来判定^[4]。

钻孔灌注桩施工前应探明和清除桩位处的地下障碍物, 如有需要可采用开挖换填法清障。如有换填土层, 要严格控制回填土质量, 避免含有碎石、碎砖及垃圾等, 否则极易造成扩孔, 同时导致混凝土用量不可控。

(二) 技术原因及施工控制

影响混凝土用量的因素众多, 需要对各个施工环节进行控制, 抓好每一个细节, 才能确保钻孔灌注桩的质量, 同时保证混凝土的用量科学合理。

1. 试桩确定参数

不同工程现场地质条件、水文等具体情况均不同, 开工前要进行岩土勘察报告的分析, 通过工艺比选和试桩试验, 总结出钻进速度、泥浆性能、清孔时间等一系列关键控制要素, 才能确保施工质量和施工进度^[5]。钻机及钻头的规格型号如选择不合理, 会影响整体施工的质量和混凝土的用量。应尽量选择大型的桩机, 小型桩机不稳定, 施工时易摇晃, 会造成扩孔。要通过试桩确定合适的钻头规格型号, 可以适当调整桩头直径(钻头尺寸可按照孔径尺寸小5公分控制), 满足设计和施工规范的要求后再进行大面积的施工。

2. 设置钢护筒

钢护筒是确保钻孔灌注桩质量的关键, 需要做好护筒的埋设工作, 确保桩位、刚度和强度、埋深等达标, 可有效防止孔口塌陷。钢护筒的埋深一般要求穿越软土层或透水层。现场条件较差时, 可以对护筒进行加长处理, 确保护壁有效性, 可有效避免混凝土的浪费。

3. 优化泥浆配比

一般而言, 孔深越大, 对水泥浆的质量要求越高, 优质的泥浆配比是成孔的关键影响因素。要研究地勘报告, 根据各段地层的岩土特性调整泥浆护壁的泥浆配比, 施工过程中注意观察泥浆比重, 通过添加黏性土或膨润土调节其稠度。如传统膨润土护壁效果较差, 达不到预期, 还可尝试化学泥浆粉护壁^[6], 良好的护壁是防止混凝土超量的关键因素。

4. 控制垂直度

成孔过程中要严格控制垂直度, 针对同一工程的不同部位, 设计的要求也可能不同。要仔细研读施工蓝图, 严格按设计要求的垂直度进行控制。成孔过程中要经常提升桩锤, 严密监测有无偏离桩孔中心, 如发现偏孔应及时采取恰当措施。吊入钢筋笼时, 也应对准桩孔中心, 垂直竖向插入, 避免碰撞孔壁。

5. 控制钻进速度

严格控制钻进速度。在实际施工过程中, 施工作业人员经常只求速度不顾质量, 导致坍塌、扩径等事故, 无形中增加了很多混凝土的用量, 造成了经济损失, 也

有损工程质量。

开钻时，轻压慢转，确保钻具稳定。过程中，根据地层变化，钻速、进尺等随土层的变化进行适当的调整。如遇障碍物，应谨慎操作。成孔施工应不间断一次完成，不得无故停钻。

6. 控制清孔质量

清孔作业对灌注桩的成桩质量会有比较大的影响，清孔不彻底会造成桩身沉降偏大或者夹泥的问题，要确保钻孔完成后的第一次清孔和下放钢筋笼后的第二次清孔泥浆质量符合标准，也能有效的减少混凝土的浪费。

7. 控制混凝土质量

如遇混凝土质量差，灌注后可能存在下沉现象，就需要进行补方，会造成混凝土的浪费。要重视对原材料的管控，确保商品混凝土配比科学合理，严格控制其流动性和初凝时间，满足现场实际需要。

加强对生产、运输与交验质量的管控，同时需要确保供应过程稳定等^[7]。混凝土浇筑前需要提前进行系统的规划，配备合适的混凝土罐车，选取合适的运输路线，尽量缩短运距，减少运输时间，平稳有序的进行混凝土的灌注，保证浇筑的连续性。

8. 控制灌注速度

初期灌注时尽量放慢速度，匀速灌注，确保孔底的沉渣顶出，同时保证管道埋入混凝土灌注面不少于0.8m。过程中，要避免灌注时间过长，浇筑不连贯，超出混凝土初凝的时间。

9. 控制浮桩长度

按照设计要求，明确浮桩长度。需严格控制施工过程中混凝土方量，计算准确，申报方量时按实动态调整。浇筑过程中应检测混凝土面上升情况，当桩顶标高达到或接近预设标高，桩顶混凝土泛浆充分时，应用细钢筋或木棍插入混凝土面以下，感受到混凝土中的粗骨料无法进一步深入时，则可认为混凝土灌注达到规定标高，此时方可停止灌注。

当空钻较深时，可以用测量绳绑好测锤（测锤的重量要能穿过浓泥浆且可浮在液态混凝土表面上）；当空钻较浅时，可采取用有刻度标示的钢管（其底部制作一个打捞筒）对孔内的混凝土表面进行打捞确认深度（如图1所示）。其他常用的工具有，漏斗、探头（界面检测仪器）、PVC管等。随着技术的不断发展，控制浮桩的长度方法也在不断改进优化，如灌注桩超灌监测智能化系统^[8]，可以结合现场实际加强对新技术的应用。



图1. 现场工人自制打捞筒

四、管理原因及管控手段

（一）招采阶段

优选专业施工队。施工队伍管理水平参差不齐，会直接导致钻孔灌注桩施工过程质量不受控，浇筑过程中浪费严重，必须要安排施工技术经验丰富的作业人员。在进行招标时也应明确告知地质条件，确保有经验的施工队伍根据工程的实际地质条件，和预计的充盈系数、成孔质量等施工经验进行合理的报价。

优选混凝土供应商。选择服务好，混凝土搅拌站较近的供应商，以方便及时补方。严格控制混凝土的质量。按照设计配合比，确保良好的和易性，塌落度控制在180~220mm。要在采购合同中明确对混凝土的质量要求，过程中混凝土供应商要对质量加以控制，比如对原材料（水泥、粉煤灰、砂石骨料、外加剂等）、拌和物、配合比等的控制，同时也需要避免运输交通堵塞、运输距离过长等情况的发生。

明确责权利边界。招标文件、合同文件应明确责权利的边界（专业分包队伍应自行考虑充盈系数并报价，并承担相应的风险）。明确要求分包管理人员到位，如测量员、资料员、经验丰富的施工作业人员等需到岗，并具备相应能力，有质量意识和成控意识。商品混凝土的计量是按照体积计量还是重量计量应明确。不管是专业分包还是混凝土供应商的合同，都要本着公平公正的原则，尽可能全面准确，避免纠纷。

（二）施工阶段

钻孔灌注桩施工过程的可视性差，施工质量难以保障，任何一环出现问题都会影响钻孔灌注桩的施工质量，必须做好过程中的严防死守，才能确保质量、安全、进度，同时有效的控制混凝土的用量，节约施工成本。严格落实“三检制”，技术人员24h监督管理。

做足充分的准备工作。现场技术管理人员要充分熟悉图纸和施工方案，进行施工技术交底工作（如图2所示），明确对各方的要求。结合工程和现场实际情况，做足充分的预案，制定好科学合理的施工管理计划，详细的拆解每根桩的具体情况（如表1所示），明确具体要求，责任到人。



图2. 现场管理充分交底

表1 钻孔灌注桩桩位施工放样表

序号	桩位编号	高程(m)		长度(m)	测距差/20cm			坐标		备注
		顶标高	底标高		偏差	顶差	长度	X	Y	
1	Y22-1	-3.65	-23.65	20.00	-2.95	-23.65	20.70	-9454.7287	-12339.4079	进水池(灌注桩)
2	Y22-2	-3.65	-23.65	20.00	-2.95	-23.65	20.70	-9453.1774	-12341.9756	进水池(灌注桩)
3	Y22-3	-3.28	-23.65	20.37	-2.58	-23.65	21.07	-9451.6261	-12344.5434	进水池(灌注桩)
4	Y22-4	-2.68	-23.65	20.97	-1.98	-23.65	21.67	-9450.0748	-12347.1112	进水池(灌注桩)
5	Y22-5	-2.08	-23.65	21.57	-1.38	-23.65	22.27	-9448.5235	-12349.6790	进水池(灌注桩)
6	Y22-6	-2.08	-23.65	21.57	-1.38	-23.65	22.27	-9445.2710	-12347.7140	进水池(灌注桩)
7	Y22-7	-2.68	-23.65	20.97	-1.98	-23.65	21.67	-9446.8223	-12345.1462	进水池(灌注桩)
8	Y22-8	-3.28	-23.65	20.37	-2.58	-23.65	21.07	-9448.3736	-12342.5785	进水池(灌注桩)
9	Y22-9	-3.65	-23.65	20.00	-2.95	-23.65	20.70	-9449.9248	-12340.0107	进水池(灌注桩)
10	Y22-10	-3.65	-23.65	20.00	-2.95	-23.65	20.70	-9451.4761	-12337.4429	进水池(灌注桩)
11	Y22-11	-3.65	-23.65	20.00	-2.95	-23.65	20.70	-9448.2236	-12335.4779	进水池(灌注桩)
12	Y22-12	-3.65	-23.65	20.00	-2.95	-23.65	20.70	-9446.6723	-12338.0457	进水池(灌注桩)
13	Y22-13	-3.28	-23.65	20.37	-2.58	-23.65	21.07	-9445.1210	-12340.6135	进水池(灌注桩)
14	Y22-14	-2.68	-23.65	20.97	-1.98	-23.65	21.67	-9443.5698	-12343.1813	进水池(灌注桩)
15	Y22-15	-2.08	-23.65	21.57	-1.38	-23.65	22.27	-9442.0185	-12345.7491	进水池(灌注桩)
16	Y22-16	-2.08	-23.65	21.57	-1.38	-23.65	22.27	-9438.7659	-12343.7941	进水池(灌注桩)
17	Y22-17	-3.28	-23.65	20.37	-2.58	-23.65	21.07	-9441.8685	-12338.6485	进水池(灌注桩)
18	Y22-18	-3.65	-23.65	20.00	-2.95	-23.65	20.70	-9443.4198	-12336.0808	进水池(灌注桩)
比例尺: 1:500 坐标系统: 北京54 高程系统: 黄海高程 测量日期: 2022.03.15 测量人员: 张三 审核人员: 李四										

严格按照施工规范要求施工。采取跳孔或隔孔等先后顺序进行施工，做好试成孔工作，过程中要做好清晰、详细的记录，包括泥浆比、承载性以及混凝土灌注时间等。尽可能多的收集详细的结算资料，如导致混凝土超方的视频、照片等，管理人员应及时预警，提醒现场施工作业人员，做好过程控制，避免结算纠纷。

设置明确的奖罚机制。项目一线管理人员必须担负起责任，明确各个区域及各个环节的责任人，严格把控施工质量，明确奖惩规则，确保最终结果与每一个施工作业及管理人员的切身利益息息相关，避免由于现场一线人员责任心不足而导致的混凝土浪费情况。发现问题及时报备，具体问题具体分析及时解决，过程中通过PDCA不断优化。

做好实时对比纠偏工作。现场管理人员需要实时对混凝土理论值和实际使用值进行比对，如果遇到混凝土用量超出常规的情况，要及时发现问题并采取措施。在每一根桩进行灌注的过程中，要专人值守，严格记录分析各个地层各个区段数据，不断修正各项参数，才能确保最终混凝土的用量科学合理不超量。

做好施工现场组织协调。为保证浇筑的连贯性，现场施工作业人员经常会申报方量大于设计方量（现场施工作业人员只管作业，并不关心混凝土的用量问题），造成混凝土的浪费。需加强施工现场组织协调并提前做好计划，管理人员与施工作业人员需做好充分沟通，如遇超方需及时提出，双方共同查找原因，如无异议双方过程中即签字确认，避免后续结算再起纠纷。

密切关注成孔检测。钻孔作业完成后，按照设计要求比例进行检测，查看是否存在塌孔和缩颈等情况。拿到分析报告后，管理人员要做到心中有数，对导致超方的原因要清楚，要做定性、定量的分析并留有记录（如成孔检测报告、收料员的日常台账、每根桩的理论量与实际量对比、月度与供应商的对账单等），为分析超方原因提供数据支持，以防止后续结算无依据。

(三) 结算阶段

项目管理人员应认真做好过程记录，在施工日志及质量记录中记录清楚，为后续结算争议产生的混凝土超量问题提供数据支持，以方便核算合约双方的责任占比，确保结算数据有理有据。如遇到障碍物的部分，综

合现场一线管理人员的详细施工记录，酌情给予施工作业队伍一定的补偿。既要保证施工的质量，也要控制材料的用量，同时也要确保专业施工队伍的合理利润。

五、其他可能原因及减少损耗的方法

(1) 地下障碍物的影响：浅层石块应进行清理，回填土之前排摸是否存在排污管、石块等杂物。

(2) 计量不准确的影响：进场混凝土必须过地磅，如遇混凝土厂家偷方。可采取措施：①请混凝土供应商的技术人员到工地详细计算亏方部位的设计方量；②鼓励其安装GPS卫星定位系统，跟踪车辆运行路线；③双方校准混凝土生产配合比的设定密度，校准混凝土实际用量的准确方量。

(3) 浇筑方式的影响：如遇泵车灌注混凝土，泵车移动位置，产生一定通泵损耗，每次通泵大约需要0.5方，需加强施工现场的组织协调，尽量减少通泵次数。

(4) 商品混凝土质量问题的影响：因为商品混凝土本身质量不合格造成的回退及现场弃用。

(5) 减少损耗的方法：灌注后剩余的混凝土尽量用作其他现场临时设施（如护坡、小型垫块的制作等），减少不必要浪费。

六、总结及展望

钻孔灌注桩本身施工工艺复杂、施工过程较长、关键环节较多，同时又是隐蔽工程，任何环节失控，都会影响质量，影响工期，造成浪费。而水利施工现场实际情况通常也较复杂，需要多方协同配合，各个环节的管理都要落实到位，全面而系统的工作才能确保混凝土用量科学合理。

本文从钻孔灌注超量原因进行分析，进而提出了对各种原因引发的钻孔灌注桩超量问题的处理方式，为今后类似问题的处理提供了有益的借鉴。

参考文献

[1] 张盼. 水利工程钻孔灌注桩施工技术探讨[J]. 工程建设与设计, 2022, No. 479 (09): 77-79.

[2] 张晓双, 张晓凤, 韩云山等. 灌注桩超灌监测系统标定方法的优化设计与应用[J]. 科学技术与工程, 2021, 21 (05): 1989-1994.

[3] 谢建敏. 关于充盈系数的探讨[J]. 福建建筑, 2015, No. 204 (06): 47-50.

[4] 金爱国. 钻孔灌注桩工程结算关于充盈系数的争议处理及分析[J]. 建材与装饰, 2015, No. 401 (49): 203-204.

[5] 张海宝, 喻涛, 毛晓晴等. 正循环钻进反循环清孔工艺在钻孔灌注桩穿越超厚砂层施工中的应用[J]. 施工技术, 2021, 50 (05): 94-97.

[6] 申毅. 水下旋挖钻孔灌注桩化学泥浆粉造浆护壁施工技术[J]. 施工技术, 2021, 50 (07): 60-62+68.

[7] 杨博. 混凝土搅拌站存在的问题及质量控制对策[J]. 山东农业工程学院学报, 2020, 37 (09): 64-68.

[8] 刘韬. 基于Arduino与LabVIEW的灌注桩超灌监测智能化系统设计[D]. 中北大学, 2019.