人工挖孔桩在湘江特大桥施工的控制要点

刘晓月

（北京华通公路桥梁监理咨询有限公司，北京 100024）

摘要：随着桥梁工程建设的发展，桩基础施工越来越广泛被人们采用。桩基础的作用关乎整座桥梁，甚至是影响工程质量和安全的关键因素。目前在我国主要方式是钻孔灌注桩和人工挖孔桩，这两种技术较为成熟，在施工过程采用，适用于不同作业条件，但需要施工人员结合工程情况，进行慎重的选择。本文详细讲述人工挖孔桩在湘江特大桥的施工控制要点。

关键词：湘江特大桥；人工挖孔桩；控制要点

中图分类号：TU974　**文献标志码**：A

1　工程概况

湘江特大桥为标段工期控制性工程，中心里程为FK69+188，桥梁全长1700.04 m。湘江特大桥西引桥采用桩基础，混凝土墩身，上部结构为40 m预应力混凝先简支后结构连续T梁。桩基础全部位于山岭之中，地形陡峭而复杂多变，施工采用人力配合简单的机具设备下井挖掘成孔，灌注混凝土成桩的施工工艺即人工挖孔桩进行桩基础施工。

2　人工挖孔桩控制要点

2.1　桩位定线

（1）桩位放样。根据施工图纸将桩位轴线控制网和高程基准点测定，从而布置施工测量控制网。

（2）锁口管控。浇筑混凝土井圈壁厚30 cm锁口，要求顶面高于基面最少30 cm。井圈锁口与预埋插筋、护壁混凝土相连。锁口严格按照要求施工，场地内做好排水，避免雨水或积水倒流到孔内。开挖后的渣土用手推车转运到远离孔口的指定渣土临时堆放位置，后集中用渣土车装运到指定弃土场。

2.2　开挖

湘江特大桥采用人工挖孔桩分节开挖和分节支护。对土层地质，施工中宜采用人工持铁锹、尖镐挖掘，遇坚硬土层用锤、钎或风镐破碎配合进行挖掘；对风化层、中风化层、岩质层地质，施工中宜采用机械破碎开挖；对硬质岩层地质，施工中宜采用松动爆破开挖，需注意开挖至距孔底30 cm范围内不采用爆破，避免爆破范围面过大超挖，可使用风镐开挖。

采用人工逐层开挖，应先从中间部分慢慢向周围扩散开挖，允许偏差为30 cm。每层挖深至1 m左右，用钢模浇筑混凝土护壁，严格控制当天开挖孔桩当天浇筑护壁。桩护壁上段竖向筋必须直入下段护壁内，深入长度满足设计要求的尺寸，上下节护壁的钢筋搭接长度10 cm；开挖遇到地下水土层时，开挖时应缩短进尺，边开挖边时刻观察土层变化情况。当挖至深度达到6 m时，施工人员注意加强通风，直至深度超过15 m时，加大通风情况需采用机械持续通风，确保作业人员施工安全。在施工过程中每小时必须抽查孔内气体浓度变化，若有变化需及时撤离孔内作业人员并增大通风量，排出有害气体，降低气体浓度[1]。

2.3　垂直运输设置

本桥挖孔应配合起重器具进行，主要有钢支架、钢丝绳、铁吊桶等，根据作业队施工工作实际及吊桶承载力，吊桶出土的允许最大质量为180 kg（含水分质量），采用规格为6×37、直径为9.0 mm的新麻芯钢丝绳作业。某一规格的钢丝绳允许承受的最大拉力是有一定限度的，超过这个限度，钢丝绳就会被破坏或拉断，因此在工作中需对钢丝绳的受力进行计算。

出渣起吊钢丝绳安全计算：

（1）参数确定

钢丝绳直径现场实际为8.7 mm，钢丝直径为0.4 mm；10-0.4（6×37）钢丝绳抗拉设计强度为1700 MPa；渣石密度取1500 kg/m'，与现场实测质量接近。

（2）系数确定

安全系数：渣桶考虑应急作为人员升降器具时，

安全系数K不小于14。动载系数为1.40。

（3）钢丝绳承载能力计算

①渣桶满载荷载计算

渣桶直径50 cm，高度60 cm，制作钢板厚度5 mn。

装渣0.117 m^3，质量176.7 kg。

渣桶质量为

$(2\times T\times R\times h+T\times R)\times 6\times 7850=(2\times T\times 0.250\times 0.600+T\times 0.2503)\times 0.006\times 7850=53.64$（kg）

吊钩等按10 kg估算。

合计荷载重量为240.64 kg即2.41 kN，考虑动载因素荷载为36 kN。

②渣桶特殊情况载人质量计算

渣桶载一个人，质量按85 kg计算。

渣桶质量为：53.64 kg（同上）。

吊钩等按10 kg估算。

合计荷载为148.64 kg即1.49 kN，考虑动载因素为2.081 kN。

（4）选用材料及结构形式

吊索钢丝绳选用6×37新麻芯钢丝绳，考虑钢丝绳不均匀系数0.82。

按钢丝绳最低限取其公称抗拉强度1550 MPa，截面面积27.88 mm^2，皮断拉力为35.44 kN。

①提升孔渣安全系数验算

K=35.44÷3.36=10.5≥要求值10，承载力符合要求。

②渣桶特殊情况载人安全系数验算

K=35.44÷2.081=17.03＞要求值14，特殊情况载人承载力符合要求。

③提升机架抗倾覆计算

正常装渣提升质量考虑动载因素荷载为3.36 kN，渣桶特殊情况找人质量考虑动载因素荷载为2.081 kN。

按正常装渣抗倾覆满足要求，进行计算，计算简图如图1所示。

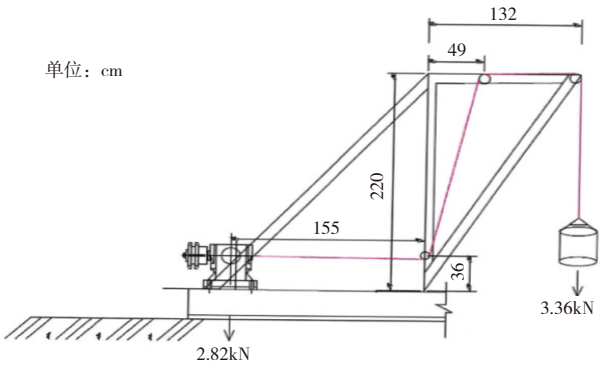

图1 计算简图（单位：cm）

由弯矩平衡可知配重质量需为231 kg，考虑3.0倍安全系数即为693 kg，现场配重混凝土块体积为0.3 cm×50 cm×60 cm（3块），质量为675 kg；卷扬机质量30 kg，合计质量705 kg（不考虑卷扬机安装支架钢材质量），能满足抗倾覆施工要求。

在施工前对所有设备（尤其是提升设备、卷扬机、钢丝绳、吊钩、防坠器、出渣桶等）要经常严格检测，保证所有设备不出现带病作业的现象。起重设备应装设限位器和防脱钩装置，每天进行外观检测，并进行负重检查，钢丝绳不能出现断丝，卷扬机按时补充黄油，渣桶采用质检合格的钢板焊接加工而成，不能出现破碎和漏渣。所有设备进场使用前需对设备进行质量验收，坚决杜绝不合格的设备进入施工现场，从源头上保证施工安全[2]。

2.4 护壁

施工中桩体挖掘1 m必须浇大于桩体混凝土强度等级的混凝土护壁，不得小于桩体混凝土标号。每节1 m的内齿式护壁，模板为钢制，其在施工中有拼装紧密、支撑牢固不变形的优点。为保证护壁的支撑强度，上下护壁钢筋搭接长度10 cm。开挖底土层顶靠模板底保持紧密。根据挖孔桩护壁支护配筋验算结果可知，护壁混凝土中配置光圆钢筋，规格主要为：箍筋ϕ8，构造筋ϕ10，剪力钢筋ϕ10，上下护壁间连接钢筋采用ϕ10。环向和纵向筋、连接筋间绑扎连接，剪力钢筋两端采用弯钩形式。整个桩长范围内均需采用钢筋混凝土护壁进行支护。护壁混凝土中掺入1%～2%的水泥早强剂，可以加快挖孔施工进度，确保下一步工序提前开展。对遇到地下水较多的不利地质条件，可以加入速凝剂，加快混凝土凝结时间。当每节挖掘完立即支模浇筑，浇筑可采用吊桶运输的方式，人工撮料入仓，配合钢钎捣实。在浇筑前，应试验检测混凝土坍落度（应在设计要求的范围内）。浇筑完毕24 h或强度达到2.5 MPa进行拆模，拆模后检查护壁是否有蜂窝、漏水现象，应及时用高强度等级水泥砂浆进行修补，满足施工要求[3]。

2.5 通风照明

开挖至规定设计深度后，应按照要求配置孔内通风照明系统，保证作业人员的安全。照明采用36 V安全矿灯、电线、电缆等，要求电线、电缆具有足够的强度和绝缘性能。当深度超过6 m时，要求配置送风机械，确保孔内的空气质量符合要求。设置专人随时检查孔内气体浓度是否达到正常标准，当二氧化碳或其他有害气体浓度超过允许值或孔深超过10 m、腐殖质土层较厚时，应加强通风。

2.6 钢筋笼制作与安装

（1）钢筋笼制作

①在钢筋加工场应采用模具标准化制作钢筋笼，制作完成后必须将钢筋骨架垫放平整。钢筋笼按照每节长12 m进行编号制作，最后一节为调整节，使相邻节段在胎架上对应配对绑扎。主筋接头采用滚轧直螺纹钢筋连接接头对接，接头拼接时用管钳扳手拧紧，并用扭矩扳手进行检查。在套筒中间位置两个丝头相互顶紧。为便于设计孔口的对接，制作完成后宜在对应部位油漆涂上标记[4]。

②为防止钢筋笼变形，需在加强箍内设置临时加劲撑，在主筋的内侧必须设置加强箍肋，在主筋的外侧设置环形筋，环形筋同主筋进行点焊而不是绑扎。

③钢筋笼进行吊装时，需在每个加劲钢筋位置垫上等高的木方，以避免钢筋沾上地面泥土。

④钢筋笼制作检验完毕后，应有半成品标志牌，标明墩号、桩号、节号、节长及检验状态。

⑤电焊人员严格按照施工要求持证上岗。电焊员应根据情况选用正确的焊条型号，在加工中不允许出现钢筋被烧伤、间距不均匀、虚焊，对焊渣进行清除。

⑥直径超过25 mm的钢筋连接应采用机械连接，不采用焊接，接头必须按照有关试验规范进行试验和验收。

（2）钢筋笼的安装

本工程采用履带式起重机起吊分节连接安装钢筋笼，在现场作业中为防止钢筋笼在运输及吊装中出现挤压变形，可设三角形支撑及加强箍筋。运送至施工场地后，先将吊盘悬挂于100 t履带式起重机的吊钩上，并与钢筋笼顶端连接，利用1台25 t汽车式起重机，吊钩与钢筋笼底部连接，履带式起重机与汽车式起重机同时起吊一定高度后，汽车式起重机松构，履带式起重机起钩，将钢筋笼调整为竖直后，再吊装至孔内。钢筋笼吊装时，先起吊最下节，待最下节放入孔内后，重复上述方法起吊第二节钢筋笼放入孔内，与第一节钢筋笼在孔内对接。对接时找到钢筋笼制作时标记的对接记号，采用管钳扳手拧紧直螺纹套筒。用上述方法依次吊装每节钢筋笼，直至单个钢筋笼吊装完成。以上为主墩桩基钢筋笼安装时采用履带式起重机，其他墩台桩基施工时，当钢筋笼质量小于25 t汽车式起重机的吊重时，可用两台25 t汽车式起重机按照上述方法进行钢筋笼吊装。按照设计要求，桩基必须安装声波测试管，钢筋笼安装施工还需配合声波测试管安装单位进行定位，保证声测管的焊接质量。声测管安装完后，向声测管内注满水并用木楔塞住管口，避免出现声测管被堵塞。

2.7 桩身混凝土灌注

干桩是孔底及附近孔壁渗入的地下水的上升速度较小（小于6 mm/min）时的桩基，可采用无水顶升灌注混凝土桩的施工方法。在施工过程中还需注意以下问题：清除孔底渣土，采用无水顶升灌注法施工，在浇筑施工中，混凝土均由拌和站按照设计配合比进行制料，罐车运输至现场，通过料斗和导管输送到孔底。当混凝土面距桩顶2～3 m时，需现场工作人员对其振捣密实。尽量一次连续浇筑完毕，遇到施工接缝可采用一般混凝土施工浇筑施工缝的规定进行处置，并一律设置上下层的锚固钢筋[5]。

水桩是当孔底深处的地下水上升速度较大时（每1 min上升速度超过6 mm）的桩基，可采用导管法水中灌注的施工方法。为保证孔内外水压平衡，孔内水位应灌注至与空外地下水同等高度。

2.8 挖孔桩终孔验收

当挖孔桩进入强风化或者弱风化岩层，设计有嵌岩深度的要求时，需要挖进过程中取好岩样，一般50 cm一道岩样，待入岩时，通知监理单位及设计单位，现场进行桩基地质的确认，孔深挖至设计标高时，需要终孔，施工单位先要进行自检。自检确实达到设计规定的桩端持力岩层，桩型、桩径、桩位等符合要求，桩底松渣清理干净，必须做到平整，无松渣、污泥及沉淀等软层。孔内水抽干净后，再及时通知监理工程师及设计单位，进行报检申请并同时钎探。

3 结束语

根据工程现场实际情况，人工挖孔桩在不同情况下优点显著，无论在良好的地质条件下，还是在地下水、溶洞、淤泥质土等地质条件下都能得到广泛应用和发展。希望本文阐述的施工要点能给今后相关工程提供参考。

参考文献

[1] 中华人民共和国交通部.公路桥涵施工技术规范：JTG/T F50—2011[S].北京：人民交通出版社，2011.

[2] 中华人民共和国交通运输部.公路工程施工安全技术规范：JTG F90—2015[S].北京：人民交通出版社，2015.

[3] 佚名.建筑工程质量管理条例[J].司法业务文选，2000（9）：17.

[4] 贵州省人民代表大会常务委员会.贵州省交通建设质量安全监督条例[Z].2014.

[5] 中华人民共和国建设部.建筑桩基技术规范：JGJ 94—2008[M].北京：中国建筑工业出版社，2008.