

南水北调南阳二标段十二里河渡槽桩基施工技术

李 毅, 邓树密

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘 要:介绍了南水北调南阳二标段十二里河梁式渡槽大直径桩基旋挖钻进施工技术以及相关工艺要求,同时对塑性土地层施工大直径桩基的施工流程、检测新方法及质量控制要点也做了较为详细的分析论述。

关键词:大直径桩基;旋挖钻进;自平衡静载试验;南水北调

中图分类号:TV553 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)01-0057-05

Construction Technology of Aqueduct Pile Foundation for South to North Water Transfer Project in Nanyang/LI Yi, DENG Shu-mi (Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072, China)

Abstract: This article introduced the construction technology of Shierlihe beam-type aqueduct large diameter pile foundation spiral borehole for south to north water transfer project in the second bid section in Nanyang and the related technical requirements; analyzed the construction process, new testing methods and main points of quality control for construction in plastic soil.

Key words: large diameter pile foundation; rotary drilling rig; self-balanced static loading test; south to north water transfer project

1 工程概况

南水北调十二里河梁式渡槽位于十二里河进口与姚湾东南公路桥之间,且与总干渠轴线正交。交叉点占总干渠设计桩号 TS96+967。渠道设计参数:设计流量 $340 \text{ m}^3/\text{s}$,加大流量 $410 \text{ m}^3/\text{s}$;设计水深 7.5 m。十二里河涵洞式渡槽经布置建筑物水平投影总长 241 m,工程由进口渐变段、进口闸室段、进口连接段、渡槽段、出口连接段、出口闸室段、出口渐变段组成。

进口段与上游渠道和槽身相连,渡槽尺寸(宽×高×长×槽数): $13 \text{ m} \times 7.8 \text{ m} \times 60 \text{ m} \times 2$ 。渡槽槽身形式为开口箱型渡槽,2孔— $13 \text{ m} \times 7.8 \text{ m}$,其中槽身分为两跨,每跨 30 m。槽墩采用空心板墩,壁厚 0.8 m,墩顶和墩底各设 1 m 的实体段;槽台采用双柱式墩身,柱径 3 m。槽墩及槽台均为钻孔灌注桩基础,根据设计图纸,本工程钻孔灌注桩桩径为 1.8 m,平均桩长 45 m,每个墩、台下设 16 根桩基。

2 地层情况

2.1 工程区涉及的地层

十二里河梁式渡槽工程区涉及的地层主要有上第三系(N)和第四系(Q)。

上第三系成岩作用差,产状平缓,岩相变化大,

由粘土岩和砂岩组成,多韵律构造,钻孔自上而下揭露 5 个韵律层。粘土岩:泥质结构,含钙质结核,微裂隙发育,裂面光滑,中强膨胀性。砂岩:粗粒结构,泥质微胶结,密实,含砾卵石。

第四系由中更新统($Q_2^{\text{al-pl}}$)、上更新统($Q_3^{\text{al-l}}$)和全新统(Q_4^{al})组成。 Q_2 粉质粘土含少量铁锰质结核和钙质结核,局部富集,中等膨胀性。 Q_3 粉质粘土含少量铁锰质结核和有机质,一般具弱膨胀性。 Q_3 粗砂含少量泥,稍密~中密。 Q_4 具二元结构,上部为粉质壤土,下部为粗砂,粗砂松散。

工程区含水层主要有第四系孔隙含水层和上第三系孔隙、裂隙含水层。

第四系全新统粗砂含水层厚 0.3~2.3 m,具中等透水性,与河水水力联系密切。上更新统粗砂含水层厚 0.2~3.4 m,具中等透水性。区内地下水位 124.9~126.5 m,水位随季节变化明显,变幅 2~3 m。

上第三系孔隙、裂隙含水层由上第三系胶结差的砂岩组成,为层间含水层,钻孔揭露 4 个含水层,各含水层的含水、透水性不均一,具中等~强透水性。

地下水属潜水,深部具微承压性。河水及地下水对混凝土无侵蚀性。

2.2 各工程段地层情况

收稿日期:2012-10-16

作者简介:李毅(1970-),男(汉族),重庆忠县人,中国水利水电第十工程局有限公司基础工程分局项目经理、工程师,工程地质专业,从事地基与基础工程施工和管理工作,四川省都江堰市蒲阳路 164 号(611830);邓树密(1971-),男(汉族),四川广安人,中国水利水电第十工程局有限公司基础工程分局总工程师、教授级高级工程师,勘察工程专业,从事地基与基础工程施工技术管理工作,153327343@qq.com。

进口渐变段为有挖有填段,最大填方高度 13 m。地基主要为 Q₃ 粉质粘土和 N 软岩。粉质粘土厚 5 m 左右,可塑~硬塑状,具中等压缩性。

进口闸室段(26 m)、过渡段(20 m)为填方段。地基主要为 Q₃ 粉质粘土和 N 软岩。

渡槽段跨河床、漫滩和 I、II 级阶地。第四系覆盖层结构松散,强度低,分布不均匀,工程地质条件差。下伏上第三系岩体属于极软岩。1 号槽墩揭穿 N-①砂岩含水层、2 号槽墩揭穿 Q₄ 砂层含水层,2 个含水层具中等~强透水性,汛期施工将产生涌水,需采取排水措施。施工时,3 个槽墩均存在临时边坡稳定问题。

出口过渡段、闸室段为填方段,地基主要为 Q₄ 粉质壤土、粗砂和软岩。

出口渐变段为填方段,填方高度约 13 m,地基土层主要为 Q₄ 粉质壤土、粗砂及 Q₃ 粉质粘土和 N 软岩。粉质壤土具中等压缩性,强度较低。

3 施工工艺流程

本标段十二里河渡槽段灌注桩设计桩径均为 1.8 m,根据该渡槽所处位置的地层情况特点分析,拟采用 XR-220 型旋挖钻机成孔,泥浆护壁,造孔完成后浇筑水下混凝土,具体工艺流程图 1 所示。

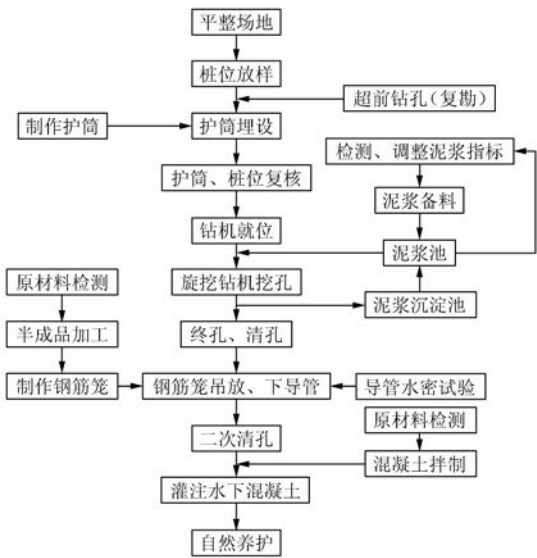


图 1 钻孔桩施工工艺流程图

4 施工技术

4.1 施工准备

4.1.1 施工平台

施工平台的平面尺寸应按桩基设计的平面尺寸、钻机数量和钻机底座平面尺寸、钻机移位要求、

施工方法以及其它配合施工机具设施布置等情况而定。根据现场实际情况进行分层平整、压实。

4.1.2 桩位测量放样

灌注桩施工前,应根据设计蓝图上的测量控制点,布设并测量出施工测量控制网,依据施工测量控制网进行施工放样。首先放出桥墩(台)位中心线,再分别测放出各桩位中心线,并设置护桩(应设置在稳定的基础上)。放样结果及时上报监理单位核查,待监理单位同意后即可进行下步施工。

4.1.3 埋设护筒

护筒的埋设应根据第一次测量放样的结果进行,使护筒中心轴线与测量的桩位中心重合,其偏差 ≥ 5 cm,并严格控制护筒的竖直位置,垂直度偏差 $\geq 1\%$ 。护筒埋设完毕后,应通过测量放线进行复测,校核其中心位置是否正确,是否竖直。

4.2 泥浆的制备和循环净化

为了确保钻孔顺利进行,原则上采用孔外造浆的办法进行施工,护壁所用泥浆选用优质膨润土拌制而成,根据实际地层情况可掺入适量 CMC(羧基纤维素钠)或 Na₂CO₃(纯碱)等外加剂,保证泥浆自始至终达到性能稳定、沉淀极少、护壁效果好和成孔质量高的要求。泥浆拌制前,派专人负责泥浆配合比试验,对全部桩基的泥浆进行合理配备。根据施工经验,可采用的泥浆配比为:淡水 100 kg + 膨润土 4~8 kg + CMC 0.003~0.008 kg + 聚丙烯酰胺(PHP)0.003 kg + 纯碱 0.03 kg。

配比中掺加剂的用量要先进行试配,检验配合液的各项性能指标是否符合不同地层下泥浆的性能指标要求(如表 1)。各种掺加剂先制成小剂量溶剂,按循环周期加入,并经常测定泥浆指标,防止掺加剂过量,搅拌好的新鲜泥浆其性能必须适合于地基条件和施工条件。

表 1 搅拌好的泥浆性能指标

地层情况	密度 /(kg·L ⁻¹)	粘度 /s	含砂率 /%	胶体率 /%	pH 值
一般地层	1.02~1.06	16~20	≤ 4	≥ 95	8~10
易坍地层	1.06~1.10	18~28	≤ 4	≥ 95	8~10
卵石层	1.10~1.15	20~35	≤ 4	≥ 95	8~10

4.3 钻机就位

XR-220 型旋挖钻机底盘为伸缩式自动整平装置,并在操作室内有仪表准确显示电子读数,当钻头对准桩位中心十字线时,各项数据即可锁定,勿需再作调整。钻机就位后钻头中心和桩中心应对正准确,误差控制在 2 cm 内。

4.4 钻进

当钻机就位准确,泥浆制备合格后即开始钻进,钻进时每回次进尺控制在 60 cm 左右,刚开始要放慢旋挖速度,并注意放斗要稳,提斗要慢,特别是在孔口 5~8 m 段旋挖过程中要注意通过控制盘来监控垂直度,如有偏差及时纠正,而且必须保证每挖一斗的同时及时向孔内注浆,使孔内水头保持一定高度,以增加压力,保证护壁的质量。

4.5 成孔检查

灌注桩在成孔过程中及终孔后以及灌注混凝土前,均需对钻孔进行阶段性的成孔质量检查。

4.5.1 孔径和孔形检测

孔径和孔形的检测是在桩孔成孔后,钢筋笼下入前进行。主要检测方法是根据桩径制做笼式检孔器(探笼)入孔检测,笼式检孔器采用直径为 16 和 25 mm 的螺纹钢筋制作,其外径等于钢筋笼直径加 100 mm,但不得大于钻孔的设计孔径,长度等于孔径的 4~6 倍。检测时,将探孔器吊起,孔的中心与起吊钢绳保持一致,慢慢放入孔内,上下通畅无阻表明钻孔孔径符合设计要求。

4.5.2 孔深和孔底沉渣检测

孔深:采用测针进行测量,测针上使用的钢丝绳必须经检校过的钢尺进行校核。

孔底沉渣:采用初始刻度相同的测针与测饼相结合的办法进行测量,检测时将测针与测饼同时放入孔内相邻处,然后用卷尺丈量桩顶同一刻度之间的差值,差值即为孔底沉渣厚度。测绳必须经检校过的钢尺进行校核。

4.6 第一次清孔

当钻孔达到设计高程后,经对孔径、孔深、孔位、垂直度进行检查确认钻孔合格后,即可进行第一次清孔。

终孔前 1~2 h,开始调整泥浆指标,终孔后,采用泥浆置换法清孔,依靠钻机泥浆循环系统的泥浆的持续循环进行第一次清孔,具体方法是:(1)终孔后提起钻头 30~50 cm,利用泥浆循环系统进行换浆;(2)随时测定进出浆口的泥浆指标,达到一清标准后(一般控制泥浆密度 1.2 g/cm^3 左右),拆除钻杆、钻具。

4.7 钢筋笼加工及吊放

4.7.1 钢筋骨架制作

钢筋笼骨架在制作场内采用胎具成型法分节制作,用槽钢和钢板焊成组合胎具。将加劲箍筋就位,于每道胎具的同侧,按胎模的凹槽摆焊主筋和箍筋,全部焊完后,拆下上横梁、立梁,滚出钢筋骨架,然后吊起骨架搁于支架上,套入盘筋,按设计位置布置好螺旋筋并绑扎于主筋上,点焊牢固,最后安装和固定声测管。

钢筋笼制作时主筋采用机械连接,下设过程中分段吊入孔内,在孔口采用单面搭接焊焊接受力主筋,其焊接长度不小于 10 倍主筋直径,钢筋接头应按照规定蓝图中要求错开布置(在同一截面内,钢筋接头数量不得超过钢筋总数的 1/2,接头间相互间距离不得小于 100 cm)。钢筋接头参数为:钢筋直径 28 mm,有效螺纹数量 11 扣,有效螺纹长度 33 mm,螺距 3.0 mm。丝头长度允许偏差为 $0 \sim 2P$ (P 为螺距)。

加工质量如表 2 所示。

表 2 钢筋丝头质量检验

序号	检验项目	检 验 要 求
1	外观质量	丝头表面不得有影响接头性能的损坏或锈迹
2	外形质量	表面光洁,牙顶饱满,牙顶宽 $>0.6 \text{ mm}$,有效螺纹数、有效长度均应满足要求。
3	螺纹中径及小径	采用螺纹环规检测。通端螺纹环规能顺利旋入螺纹并达到旋合长度;止规与端部螺纹部分旋合,旋入量 $\geq 3P$ (P 为螺距)
4	螺纹大径	光面轴用量规检测。通端规能通过螺纹的大径,而止端量规不能通过螺纹大径

4.7.2 钢筋骨架吊装、焊接

制作好的钢筋骨架存放时,每个加劲筋与地面接触处都垫上等高的木方,以免受潮或沾上泥土。每组骨架的各节段要排好次序,挂上标志牌,为保证骨架在运输过程中不变形,运输时在每个加劲筋处设支承点,各支承点高度相等。

钢筋笼入孔时,由吊车吊装。在安装钢筋笼时,采用两点起吊。第一吊点设在骨架的下部,第二吊点设在骨架长度的中点到上 1/3 点之间。应采取措

施对起吊点予以加强,以保证钢筋笼在起吊时不致变形。吊放钢筋笼入孔时应对准孔径,保持垂直,轻放、慢放入孔,入孔后应徐徐下放,不宜左右旋转,严禁摆动碰撞孔壁。若遇阻碍应停止下放,查明原因进行处理。严禁高提猛落和强制下放。钢筋笼的吊装方法见图 2。

4.8 声测管加工及吊放

声测管的布置及数量必须满足设计要求,在制作声测管时,应根据吊放钢筋笼的长度而定,一般按

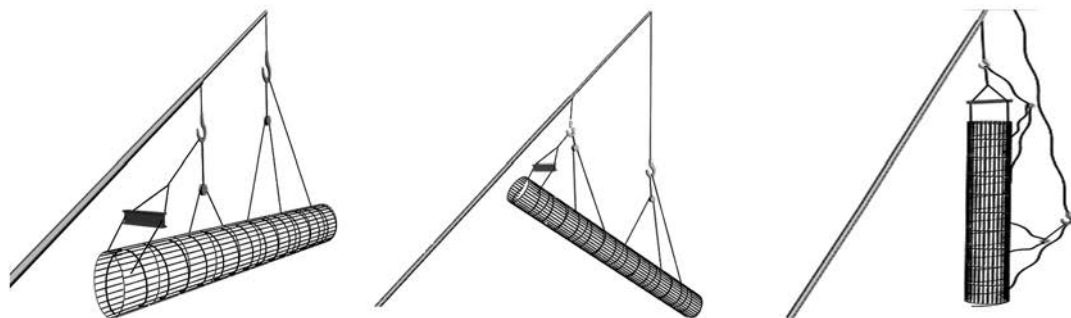


图2 钢筋笼吊装示意图

每节8 m制作,节间采用专用连接套进行连接密封(套管进行焊接)。在钢筋笼吊放时,将其绑扎在钢筋笼的加强箍筋上,与其一起吊放。在浇筑混凝土前,将声测管内灌满水,并作全封闭处理(下端口封闭、上端用塞子堵死),确保管内无异物,水下混凝土浇筑时严禁漏浆进管内,以免堵塞测管。声测管与钢筋笼一起分段连接(采用套管丝扣连接),连接处应光滑过渡,管口高出设计桩顶20 cm,每个声测管高度保持一致。

4.9 第二次清孔

由于安放钢筋笼及导管准备浇注水下混凝土,这段时间的间隙较长,孔底产生新渣,待安放钢筋笼及导管就序后,采用换浆法清孔,以达到置换沉渣的目的。施工中勤摇动导管,改变导管在孔底的位置,保证沉渣置换彻底。待孔底泥浆各项技术指标均达到设计要求后(泥浆密度 $1.03 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$,含砂率 $<2\%$,粘度 $17 \sim 20 \text{ s}$,桩底沉渣厚度 $\geq 50 \text{ cm}$),即可结束清孔验收,验收合格后立即进行下一步工序水下混凝土灌注。

4.10 灌注水下混凝土

根据灌注桩设计桩长及桩径,本工程计划混凝土用量 6900 m^3 ,桩体混凝土使用的原材料(水泥、骨料及砂等)均由项目部统一从业主指定厂家(料场)购置,在原材料运输至施工现场后,在现场监理监督下,由试验室人员进行现场随机取样,并送检业主指定的第三方试验室进行检测,待检测合格后方可使用。

混凝土配合比应通过第三方试验室进行多组对比试验后,选取最优配合比进行现场混凝土的配置,不得随意更改。拌和好的混凝土物理特性指标按照如下标准控制:塌落度 $18 \sim 22 \text{ cm}$;初凝时间 $\leq 2.5 \text{ h}$;终凝时间 $\leq 24 \text{ h}$;水泥用量 $\leq 350 \text{ kg/cm}^3$,当监理人同意掺入适宜数量的减水缓凝剂或粉煤灰时,水泥用量 $\leq 300 \text{ kg/cm}^3$;水灰比 $0.5 \sim 0.6$ 。

拌制好的成品混凝土通过混凝土罐车运输至灌

注桩浇筑施工现场,再由分料漏斗灌入桩孔内。为确保灌注桩灌注的连续性,在桩体混凝土浇筑时,应保证至少3辆混凝土罐车进行桩体混凝土的运输。

采用直升导管法进行水下混凝土的灌注。导管用直径300 mm的钢管,壁厚3 mm,每节长2.0或3.0 m,配1~2节长0.5或1.0 m短管,使用前,应进行导管密封性试验。下导管时应防止碰撞钢筋笼,导管支撑架用型钢制作,支撑架支垫在钻孔平台上,用于支撑悬吊导管。混凝土灌注期间用钻架吊放拆卸导管。

灌注过程中应随时注意观察管内混凝土下降及孔内返水情况,测量孔内混凝土面高度,及时提升和分段拆卸上端导管。同时在整个灌注过程中,导管埋入混凝土的最小深度应控制在 $2 \sim 6 \text{ m}$,防止导管拔出混凝土面造成断桩事故。

为防止钢筋笼骨架上浮,当混凝土顶面距钢筋笼骨架底部 1.0 m 左右时,应降低混凝土的灌注进度,当混凝土拌合物上升到骨架底口 4.0 m 以上时提升导管,使其底口高于钢筋笼骨架底部 2.0 m 以上,方可恢复正常灌注进度,灌注桩顶标高高出设计桩顶标高 $0.5 \sim 1.0 \text{ m}$ 。

5 成桩质量检测

5.1 测试方法

根据本工程桩径及单桩设计承载力要求,采取自平衡法进行检测。该方法是利用桩体上段侧阻和下段侧阻与端阻的自相平衡的一种测桩方法,具体做法是在桩尖附近安设荷载箱,沿垂直方向加载,测得荷载箱上下部各自承载力,将上段桩承载力经一定处理后与下段桩承载力相加即为桩体承载力。其测试示意图及系统布置图分别见图3和图4。

5.2 测试桩基本参数

根据设计及相关规范要求,本工程桩基施工完成后,在1号墩位置上选取2根桩进行自平衡法测试,抽取的2根桩有关设计参数见表3。

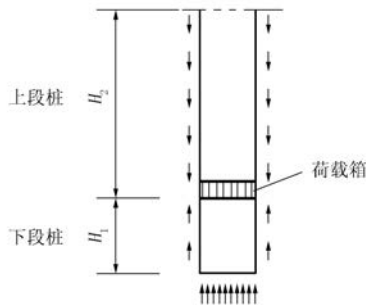


图3 自平衡示意图

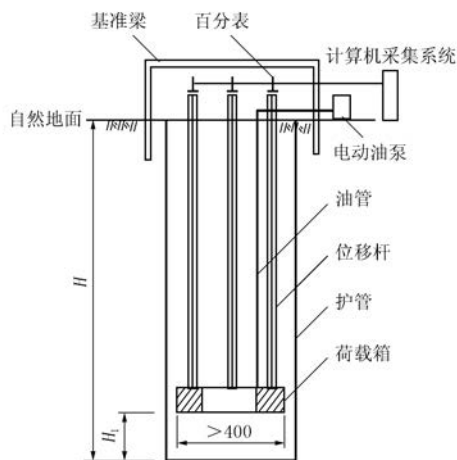


图4 桩基自平衡测试系统图

表3 自平衡测试的桩基本设计参数

桩号	桩径 D /mm	有效桩长 /m	设计竖向 外荷载/kN	最大试验 荷载/kN
1-1	1800	50	12078	24160
1-16	1800	50	12078	24160

5.3 检测结果分析

本工程2根单桩静载荷试验数据见图5和图6。

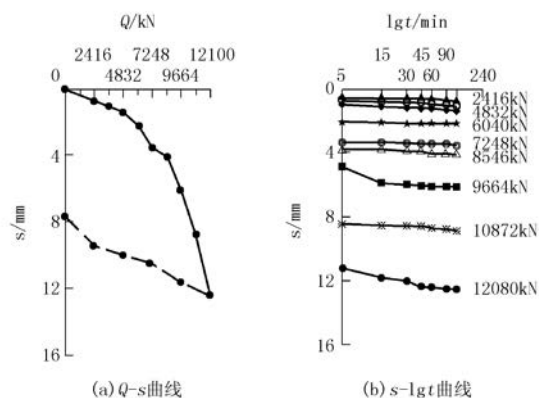


图5 1-1号桩桩顶位移静载荷曲线图

静载荷试验结果见表4,从表4看出,1-1号桩的实测极限承载力的值为24755 kN,1-16号桩的实测极限承载力的值为24775 kN,均大于设计值24160 kN。

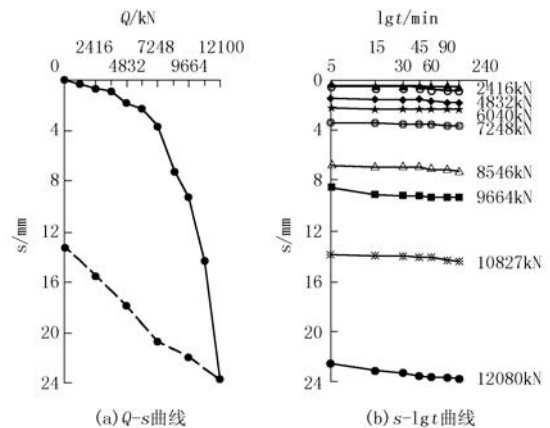


图6 1-16号桩桩顶位移静载荷曲线图

表4 自平衡静载试验结果表

桩号	上段桩的实测最大加载值 Q_{us}/kN	上段桩的自重 Q_u/kN	下段桩的实测最大加载值 Q_{ds}/kN	单桩竖向抗压实测承载力 Q_u/kN
1-1	12080	1940	12080	24755
1-16	12080	1924	12080	24775

注: $Q_u = (Q_{us} - Q_z)/0.8 + Q_{us}$

6 结语

(1)实践表明,与其它施工方法相比较,旋挖钻进钻孔灌注桩具有桩侧摩阻力大、孔底沉渣少、环境污染小、质量可靠、成孔效率高等优点。同时虽然旋挖钻进中标单价往往较高,但实际成本低,所以对施工单位而言,采用旋挖钻进灌注桩施工利润空间较大。通过在本工程中的成功应用,充分表明旋挖钻进具有较高的使用价值和广阔的推广应用前景。

(2)桩基自平衡静载试验是在桩身内部寻求加载反力,不再需要外部的加载反力,因而可以在某些试验环境困难时,完成传统桩基堆载试验方法不能完成或很难完成的试验,同时也是大承载力桩基静载试验的一种发展方向。随着该检测技术的不断成熟和发展,桩基自平衡法静载试验必将受到越来越多人的认可和推广应用。

参考文献:

- [1] 韩金亭. 大口径旋挖钻机在桩基施工中的技术优势[J]. 西部探矿工程, 2002, (3): 85-86.
- [2] 周红军. 旋挖钻进技术适用性的初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8): 39-45.
- [3] 陶坤. 旋挖钻机在桩基施工中的应用与分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(2): 37-39.
- [4] 虞岳阳. 太平特大桥桩基自平衡法静载试验分析[J]. 西部交通科技, 2010, (7): 44-46.
- [5] JTJ 041-2000, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [6] JT/T 738-2009, 基桩静载试验自平衡法[S].