

双动力头钻机全套管成孔在咬合桩 施工中的应用

薛银山

(中交一公局厦门工程有限公司, 福建 厦门 361021)

摘要: 本文以泉州台商投资区海湾大道双山段道路及景观工程2号雨水泵站围护工程为例, 在地下水位较高、地层渗透系数较大、砂层较厚等不良地质状况下, 对咬合桩施工采用双动力头钻机辅以全套管成孔的施工方法、优势进行阐述, 并总结了施工中的注意事项和质量控制措施。

关键词: 双动力头钻孔机; 咬合桩; 全套管成孔

中图分类号: TU74

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2021)01-0082-06

Application of full casing drilling with double power head drilling machine in construction of occluded pile

XUE Yin-shan

(CCCC First Highway Xiamen Engineering Co., Ltd., Xiamen 361021, China)

Abstract: Based on the No.2 rain water pump station project of Haiwan Avenue in Quanzhou Taiwan investment area. This paper introduces the construction method and advantages of double power head drilling machine supplemented by full casing hole forming in the construction of occluded pile to deal with the unfavorable geological conditions such as high groundwater table, large permeability coefficient of stratum and thick sand layer. The precautions and quality control measures during the construction are also summarized.

Key words: double power head drilling machine; occluded pile; full casing drilling

0 引言

我国现有钻孔机虽然种类较多, 但是功能较单一, 而且施工土质受限, 双动力头钻孔机在这一方面优势明显。目前国内使用越来越广泛, 在桩基基础建设施工中, 双动力头钻孔机由于其施工效率高、成桩质量好、适用于多种施工工况, 因而深受施工单位的喜爱。而全套管钻孔灌注桩自20世纪70年代引入国内以来, 因其具有施工速度快、环保效果好、施工安全以及质量容易保证等优点, 20世纪90年代末期在沿海发达城市有较多的应用, 现在将双动力头钻孔机的成孔机理辅以全套管成孔施工工法运用到特殊地基的大型基坑开挖支护中, 是最新的国内外技术发展方向。

1 工程概况

泉州台商投资区海湾大道双山段道路及景观工程2号雨水泵站, 位于现状沿海大通道中央, 现状地面绝对标高为8.00 m, 泵站结构的-0.30相对标高对应的绝对标高为8.00 m, 基坑深19.1 m (绝对标高为-11.1), 平面净尺寸为40.2 m×23.9 m, 泵站采用明挖法施工, 主要采用Φ900 mm排桩(191根)+钢支撑支护, 排桩采用钢筋混凝土桩与素混凝土桩间隔布置并咬合的形式, 咬合长度为250 mm (局部有调整), 桩顶设900 mm×1 000 mm冠梁, 由于本工程处于海滨, 场区地下水位较高(常水位在1.90)、地层渗透系数较大, 降水困难, 地下水处理采用钢筋混凝土桩与素混凝土桩间隔布置并

咬合形成止水帷幕,并结合基坑内疏干的方式,咬合桩深度穿过4.3 m粉质黏土层(基底不透水层)。为解决这一地质难题,确保成桩的垂直度、桩身质量、紧密咬合,形成完整的止水帷幕,特选择使用双动力头钻孔机整桩套管的方法进行施工。

本项目沿线地貌为冲海积平原与沿海滩涂地貌,部分地段已被人工回填改造。勘察期间测得各勘探孔实测地面高程为-1.34~8.15 m,相对高差9.49 m,沿线地形地势较低,地形呈微波状起伏,地势较为平坦、开阔。根据区域地质资料及钻探揭示,拟建场地上覆地层为素填土局部有片块石(素填土厚约6.9 m)、中砂(厚约11.6 m)、粉质黏土(厚约4.3 m)、全风化花岗岩。

据地勘钻探揭露,场地地下水主要赋存和运移于①填砂、①₁素填土、②杂填土的中下部;④中砂、⑧中砂、⑨残积砂质黏性土、⑩全风化花岗岩、⑪砂土状强风化花岗岩的孔隙、⑫网状裂隙及碎块状强风化花岗岩、⑬中风化花岗岩的岩体裂隙中。地下水类型按其埋藏条件大致可分为潜水、孔隙、网状裂隙水、基岩裂隙水三种类型,常水位标高为1.9 m。

潜水主要赋存和运移于①填砂、①₁素填土、②杂填土的土体孔隙中,主要接受大气降水及地表水的垂直渗透补给,水量及水位受季节性控制。

拟建场地区域泉州地处低纬度,东临台湾海峡,属亚热带海洋性季风气候,大部分地区年平均气温为19.5℃~21.0℃,最热月平均气温达26℃~29℃,最冷月也有9℃~13℃。区域内常年主导风向为东北向,频率为21%,最大风速为24 m/s,极大风速为32.6 m/s。

根据泉州市水文站关于泉州湾资料,参照崇武站潮位资料,其最高潮位为3.74 m,最低潮位为-3.37 m,历史最高水位标高为6.0 m。泵站平面布置图如图1所示。

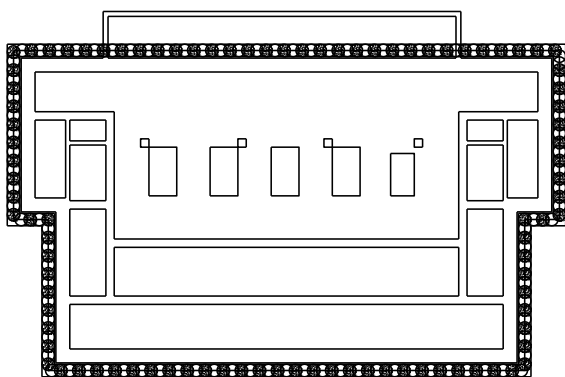


图1 泵站平面布置图

Fig. 1 Layout of pump station

2 双动力头钻孔机工作原理

双动力系统按照驱动方式可分为电动机驱动和液压马达驱动两大类^[1]。液压马达驱动可按照使用数量和类型进行分类,一般多采用单液压马达驱动、多液压马达驱动和低速大扭矩液压马达驱动三种驱动方式。液压马达的使用数量需满足实际工况要求,根据实际的扭矩和转速来进行选择。

双动力系统主要由发动机、液压泵、液压阀、内动力头、外动力头、内钻杆钻具、外套管钻具等部分组成。双动力头系统的工作原理为:发动机为整个系统提供动力,发动机带动液压泵提供高压液压油给内动力头和外动力头的马达减速机^[2]。内动力头驱动双壁钻杆是通过高压液压油带动马达减速机,再通过齿轮机构将扭矩和转速传递给双壁钻杆。外动力头驱动外套管钻具是通过高压液压油带动回转马达减速机,再通过齿轮机构将扭矩和转速传递给外套管钻具。液压油到达加压提升液压马达后,推动液压马达旋转产生扭矩经双级行星减速器减速后,直接带动齿轮齿条机构,进行全程加压和提升外动力头及套管钻具。双动力头钻机可通过分离式的双动力头来实现多种钻进方式。

双动力头钻孔机的成孔机理是两个动力头悬挂在桩架上,分别驱动外侧套管和内侧钻杆。当内动力头带动钻杆钻进的同时外动力头驱动外套管反向旋转跟进,这样就可以达到护壁的目的,避免钻孔坍塌(尤其是在提钻时),又可纠偏保证垂直度,还有利于钻屑的排出,成孔精度高,施工速度快,能够应对各种复杂的地形。双动力头套管式螺旋钻机则是配置套管螺旋钻及潜孔锤等组合钻具,可进行多功能、多用途施工。特别是能在淤泥层、砂层、卵石、漂石层及坚硬岩石层等复杂地层高效率钻孔,成桩孔径、孔壁形状规整、质量好,垂直精度高,施工无泥浆污染;可解决大直径桩基础高效率打孔“入岩”的技术难题,克服泥浆对环境的严重污染。图2为全套管打入,图3为双动力头套管钻机钻孔。

3 咬合桩施工工艺

钻孔咬合桩采用双动力头套管钻机“硬咬合”施工,是一种桩与桩之间相互咬合排列的基坑围护结构。钻孔咬合桩的排列方式采用:第一序桩素混凝土桩(A桩)和第二序钢筋混凝土桩(B桩)间



图2 全套管打入图
Fig. 2 Full casing driving



图3 双动力头套管钻孔
Fig. 3 Double power head casing drilling

隔；先施工 A 桩，后施工 B 桩；要求必须在 A 桩混凝土终凝后进行 B 桩的施工；其中，A 桩灌注混凝土采用超缓凝型的混凝土。B 桩施工时，利用套管钻机的切割能力切割掉相邻 A 桩的部分混凝土，从而实现咬合结构。咬合桩正式施工前先进行试成桩试验，把握好施作 A 桩与 B 桩的最佳间隔时间，

并在 A 桩终凝后及时切割成孔施作 B 桩。

由于本工程项目场地的素填土中含较多块石，试桩过程中成孔较困难，且垂直度达不到设计要求。最后先采用挖掘机清理浅层的块石，并增加桩机配重；素填土厚度范围内（6.0 m）严格控制护筒的垂直度。具体如下：施工第 I 序桩（A1、A2、……），在第 I 序桩灌注水下混凝土 C20 素桩终凝后（混凝土素桩强度大约在不大于 10 MPa），第 II 序桩（B1、B2、……）跟进完成钻进并浇筑 C30 钢筋混凝土，使 II 序桩的混凝土融合在一起呈嵌入咬合状态而形成一个连续、整体的排桩结构，具体如图 4 所示。全套管咬合桩施工原理如图 5 所示。

4 施工质量控制及注意事项

为保证钻孔咬合桩桩身有足够的强度，底部有足够的咬合量，除加强桩身原材料、施工工艺等质量的控制，还应对其孔口定位误差、垂直度进行严格控制。现就双动力头钻机全套管成孔施工的顺序逐一进行分析讨论。

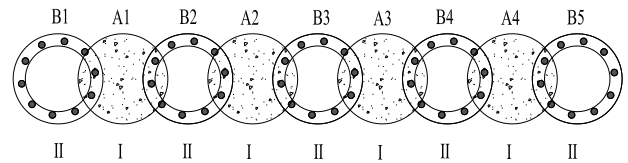


图4 咬合桩施工顺序排列图
Fig. 4 Construction sequence of occluded pile

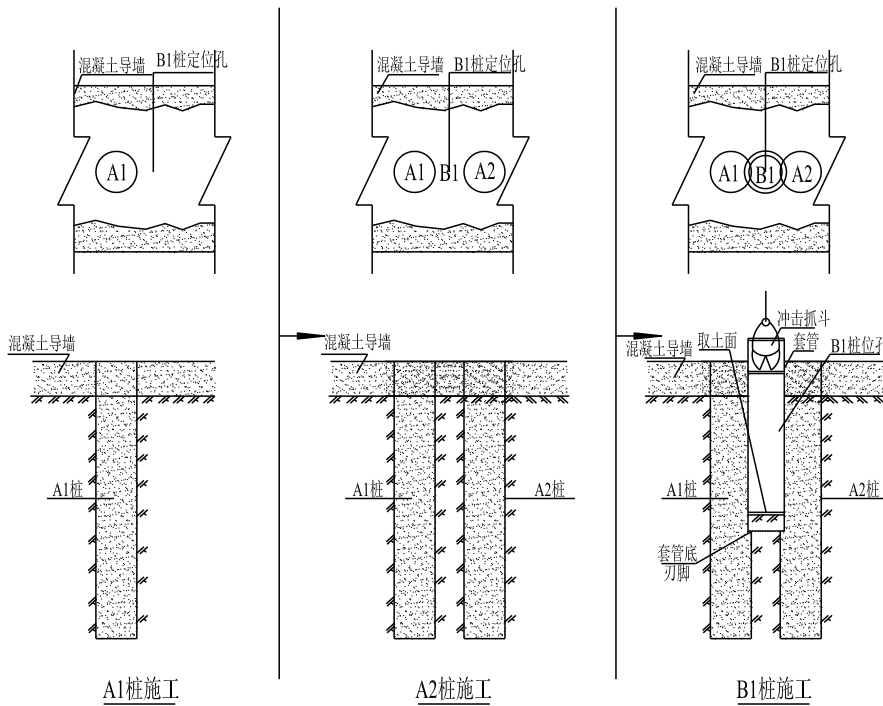


图5 全套管咬合桩施工原理
Fig. 5 Construction principle of full casing occluded pile

施工的顺序为: 施工准备(测量放样)→钻机就位→埋设套管→搓入套管→旋挖掏土→吊放钢筋笼→安装导管→灌注混凝土→拔出导管→起拔套管。

4.1 钻机就位

待导墙具有足够强度后, 导墙外侧铺设钢板, 将双动力全套管钻机移动至导墙边缘, 双动力全套管钻机外侧动力头带钢护筒与导墙孔位中心对应, 实现钻机对中, 在钻孔作业之前需要对钻杆进行调垂。调垂可分为手动调垂、自动调垂两种方式。

4.2 钻孔作业

定好桩位以后, 用钻机动力头驱动套管进行钻进施工。在钻进跟套管后可用钻机副卷扬吊起另一根套管, 与钻入地下的套管连接, 然后继续钻进施工, 在驱动套管钻进过程中, 如果遇到套管钻进困难, 就需要用旋挖钻头(潜孔锤)和短螺旋钻头进入到套管中间取土。动力头驱动套管钻进和旋挖钻头取土钻进, 这两种钻进方法交替进行, 直到钻进到设计深度为止, 钻进工作完成。外侧动力头驱动护筒过程中, 要不断从 X 及 Y 两个轴线方向, 利用测锤配合全站仪检测套管垂直度, 如若出现轻微偏斜现象, 双动力全套管钻机驾驶员通过仪表调整桅杆的垂直度及套管的垂直度。驱动套管钻进在扭矩增大至驱动困难时, 需用旋挖头超前钻进。

4.3 终孔钻孔

达到设计深度后, 并对孔深、垂直度进行最终检查和验收, 检查合格后进行下道工序。采用全套管法施工, 孔内分为有水和无水两种情况, 当孔内无水或仅有少量地下水渗入时, 可直接吊放钢筋笼、下导管进行混凝土灌注。

由于全套管法成孔是以钢套管作护壁, 孔内没有泥浆, 所以水中悬浮颗粒沉淀极快, 特别是在粉砂地层中。因此, 当孔内积水较多(或为平衡地下水压力而向孔内注入较多水)时, 应测定孔底沉渣厚度, 若沉渣厚度大于 20 cm, 须进行清孔。如满足设计要求, 立即对孔深、孔径、孔型进行检查后进行钢筋笼安放。

4.4 钢筋笼加工、安放

钢筋笼制作在加工场地内采用切断机、弯筋机下料、电焊机电焊笼体箍架, 主筋连接采用机械接头连接。制作完成后运至现场, 制好后的钢筋骨架必须平整垫放。钢筋笼应每隔 2 m 设置十字加劲撑, 以防变形; 加强箍肋($\Phi 16$ 钢筋)必须设在主筋的内侧, 环形筋在主筋的外侧, 并同主筋进行点焊。制作时, 按设计尺寸做好加强箍筋, 标出主筋的位

置。把主筋摆放在平整的工作平台上, 并标出加强筋的位置。焊接时, 使加强筋上任一主筋的标记对准主筋中部的加强筋标记, 扶正加强筋, 并用木制直角板校正加强筋与主筋的垂直度, 然后点焊。在一根主筋上焊好全部加强筋后, 用机具或人转动骨架, 将其余主筋逐根照上法焊好, 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。主筋 35 倍钢筋直径区段范围内的接头数不得超过钢筋总数的一半。对于桩的保护层厚度及桩钢筋笼主筋位置, 采用主筋加焊 $\Phi 16$ 钢筋加劲箍固定, 钢筋笼直径偏差 ± 20 mm, 钢筋笼主筋定位允许偏差 ± 10 mm, 螺旋箍间距允许偏差 ± 20 mm。

每节骨架均要有半成品标志牌, 标明桩号、节号、质量状况。钢筋笼的吊装利用履带吊, 采用三点起吊法, 首先采用大钩将钢筋笼平行吊起, 平移至桩孔处, 然后利用小钩和大钩配合将钢筋笼慢慢竖起, 直至将钢筋笼垂直吊起, 之后将钢筋笼一次性放入孔中。钢筋笼下至设计高程后, 利用钢筋笼周围钢筋定位环保证钢筋笼轴线与桩孔中心线重合, 并确保主钢筋的净保护层满足设计要求, 保护层的允许偏差按 ± 20 mm 控制。

4.5 漏斗、导管的制作和安装

漏斗采用钢板拼装焊接, 边角处均用角钢加固, 上口四周对称各焊两个吊环, 出口为圆筒。

导管采用套扣活节式导管, $\Phi=30$ cm、 $\delta=6$ mm 钢管, 每节导管长度分别为 1 m、2 m、4 m 三种。导管在使用前要进行试拼, 导管连接顺直、光滑、密闭、不漏水, 浇筑混凝土前先进行压力试验。合格后按顺序标记导管的编号。

孔桩钢筋笼安放完成后就可进行钢导管的安装, 导管拼接由人工配合吊车起吊安装, 导管放置密封圈, 分节上紧, 并做好详细的管节长度和安装顺序记录, 对准钻孔中心下放安置导管, 防止挂在钢筋笼上, 就位后要使导管下口距孔底 0.25~0.4 m。

4.6 超缓凝混凝土配合比设计优化

(1) 优化目标。为确保 I 序桩与 II 序桩的完美咬合, 就要求 I 序桩混凝土初凝前必须完成 II 序桩的施工, II 序桩施工时采用全套管钻机切割掉相邻的 I 序桩相交部分的素混凝土, 为此就需要在 I 序桩混凝土内加入缓凝剂, 以达到控制其混凝土初凝时间的目的。

(2) 优化后的配合比指标。I 序桩设计强度等级为 C30, 要求 3 d 强度不大于 3 MPa, 5 d 强度不大于 10 MPa, 28 d 强度满足设计要求。

凝结时间：初凝时间不得早于 60 h，终凝时间不易迟于 72 h。

本项目根据设计要求及施工经验对混凝土配合比进行了优化，如表 1 所示。

4.7 灌注水下混凝土、拔出套管

灌注混凝土前将漏斗用套扣与导管活结连接，漏斗底部要高于井孔内水面 30 cm，并于该处安置隔水设施，经检查稳妥后，首先将球置于导管内用铁丝悬吊固定，待漏斗内混凝土初存满且混凝土拌和运输车与漏斗混凝土量之和大于 4 m³ 时，拨起吊球，混凝土将导管内水压出，混凝土拌和运输车同时连续将混凝土送入漏斗，将首批混凝土拌和物灌入孔底后，立即测探孔内混凝土的高度，首批混凝土灌入后导管埋深不小于 1.0 m。计算导管埋置深度，若正常，连续灌注混凝土，导管埋深控制在 2~4 m。

灌注开始后，要连续的灌注，并尽量缩短拆除导管的间隔时间。灌注过程中经常用测绳探测孔内混凝土面位置，及时调整导管埋深。在灌注过程中，注意保持孔内水头高度。

为确保桩顶质量，灌注的桩顶标高应比设计高出 0.6 m。在灌注将近结束时，核对混凝土的灌入数量，以确定所测混凝土的灌注高度是否正确。

灌注混凝土后，利用全套管钻机起拔套管或履带吊带 80 型高频振锤将套管及导管起拔，要保证设计范围内的桩体不受损伤，并不留松散层。图 6 为灌注混凝土，图 7 为拔出全套管。

5 最大咬合长度控制

由于桩的咬合面厚度只有 25 cm，如成孔垂直精度控制不好，将会发生前后、左右咬合偏离的后果。为控制钻孔咬合桩的成孔精度，确保最大咬合长度，需采取成孔精度的全过程控制措施。

(1) 垂直度偏差不大于 3‰，按照设计桩长 24 m 计算，后序咬合嵌入桩的最不利咬合面厚度仍有 17.8 cm，满足咬合长度的控制。

(2) 为控制桩长的垂直度，可采用定位导板精确安放第一节套管，精确控制孔口成孔精度。吊安



图 6 灌注混凝土

Fig. 6 Pouring concrete



图 7 拔出全套管

Fig. 7 Pulling out full casing

第一节套管时用导板定位下压，用固定支架支吊线锤控制十字方向，套管外壁的垂直度可采用两台测斜仪附贴在套管外壁两垂直方向进行校核。这种控制是在套管下压的全过程中控制，即边下压边纠偏，下压油缸行程为每次 25 cm。

(3) 成孔过程中纠偏方法：成孔过程中如发现垂直度有偏差，必须及时进行纠偏调整。可利用钻机液压油缸进行纠偏，若偏差不大或套管入土深度在 5 m 以内时，可直接利用钻机的两个顶升油缸和两个水平油缸调节套管的垂直度，达到纠偏的目的。

当套管入土深度大于 5 m 时，I 序桩发生偏移，此时油缸纠偏有困难，可向套管内填砂，一边填砂一边拔起套管，一边纠偏，达到精度后再下压套管取土成孔。

当套管入土深度大于 5 m 时，II 序桩发生偏移，此时应向套管内浇灌与 I 序桩同等级混凝土，纠偏方法同 I 序桩。

表 1 优化前后 C30 混凝土配合比

Table 1 The mixture ratio of C30 concrete before and after optimization

配合比	试配强度/MPa	砂率/%	材料用量/(kg/m ³)	水泥	水	砂	石	掺合料	外加剂
优化前	38.2	44	配合比(与胶材比)	0.82	0.51	2.54	3.23	0.18	0.020
优化后	39.9	44	配合比(与胶材比)	0.82	0.47	2.13	2.71	0.18	0.019

6 结 论

因双动力头钻孔机中,内、外双动力头分别驱动内部钻杆和外部套管,在掘削钻进时,外部套管不但可以护壁,避免塌孔,还与内部钻杆同轴逆向旋转,使扭转反力自平衡,而且可以纠偏保证成孔垂直度,精度高,施工速度快。由于双动力头的存在,使钻孔机不但能实现普通长螺旋钻机的施工工法,还能根据不同施工要求进行多种施工方式的选择,确保深层砂层地基中的桩基础的成桩质量同时也加快了施工速度。

通过本论文2号泵站咬合桩施工过程可知,采用双动力头钻孔机全套管成孔的优点显著,质量控制简便、可行。经开挖检验,在桩身垂直度、桩心混凝土质量、咬合情况及挡土止水等方面均达到了预期的效果(详见图8)。通过对坑外土体位移、水位观测、沉降观测等成果来看,也达到了理想的效果,具有较高的推广价值。

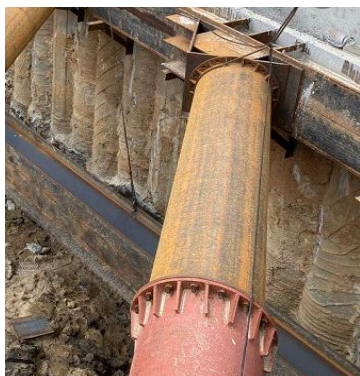


图8 成桩孔径及孔壁

Fig. 8 Pile diameter and the wall of occluded piles

参考文献

- [1] 郭一清. 浅谈工程机械双动力系统的关键问题[J]. 信息系工程, 2011(1): 102-103.
GUO Yi-qing. Brief discussion on key problems of dual power system of construction machinery[J]. Information Systems Engineering, 2011(1): 102-103.
- [2] 蒋一军, 叶小蓉. SD 系列多功能旋挖钻机双动力系统[J]. 工程机械, 2012, 43(3): 17-20, 98.
JIANG Yi-jun, YE Xiao-rong. Dual power system of SD series multi-functional rotary drilling rig[J]. Construction Machinery, 2012, 43(3): 17-20, 98.
- [3] 沈保汉, 刘富华. 第六讲捷程MZ系列全套管钻孔咬合桩施工工艺(3)[J]. 施工技术, 2006, 35(10): 92-93.
SHEN Bao-han, LIU Fu-hua. Sixth Lecture, construction technology of shortcut MZ series full casing drilling occlusive pile(3)[J]. Construction Techniques, 2006, 35(10): 92-93.
- [4] 谢勋, 王钰. 全套管钻孔咬合桩的施工及质量控制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8): 76-79.
XIE Xun, WANG Yu. Construction and quality control of full casing bored occlusive pile[J]. Exploration Engineering (geotechnical drilling and excavation engineering), 2009, 36(8): 76-79.
- [5] 中华人民共和国建设部. 建筑桩基技术规范: JGJ94—2008[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基处理技术规范: JGJ79—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.