

DOI: 10.7672/sgjs2026020126

# 改性沉井在紧凑型变电站运行设备周围土建 施工中的应用\*

刘杰锋<sup>1</sup>,王 帅<sup>1</sup>,王阳阳<sup>1</sup>,李玉祥<sup>2</sup>,王爱军<sup>1</sup>,翟江明<sup>1</sup>,张泽亮<sup>1</sup>,夏 岩<sup>1</sup>

(1. 国网冀北电力有限公司工程管理分公司,北京 100070;

2. 中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司,河北 石家庄 050032)

[摘要] 在紧凑型运行变电站改扩建工程中,面临更紧凑空间资源和更复杂的技术条件,部分运行设备或构筑物周围基础的施工场地条件受限,土建施工不具备常规支护条件,基坑开挖极易对周边建(构)筑物及带电运行设备造成影响。因此,在传统沉井工艺技术的基础上提出了一种改性沉井基础施工方法,即由常规沉井的深基础设计改为浅基础设计,而且其形状可根据周围环境条件和支护需要等因素灵活设计为不规则多边形。在土建施工支护中,利用其基础具有较强的整体性和稳定性,承载面积较大,以及能在垂直和水平方向上承受较大荷载的特点,发挥挡土围堰功能,减小对周边带电运行设备和构筑物的影响。以河北省张家口市坝上地区新能源基地的康保变电站扩建工程中 GIL 管廊基础施工为例,从设计、力学分析、工程实施等多个角度介绍了改性沉井法在变电站改扩建施工中的应用。

[关键词] 变电站;改扩建;沉井;受力;施工技术

[中图分类号] TU753

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)02-0126-06

## Application of Modified Open Caisson in Civil Construction Beside Operation Equipment of Compact Substation

LIU Jiefeng<sup>1</sup>, WANG Shuai<sup>1</sup>, WANG Yangyang<sup>1</sup>, LI Yuxiang<sup>2</sup>, WANG Aijun<sup>1</sup>,  
ZHAI Jiangming<sup>1</sup>, ZHANG Zeliang<sup>1</sup>, XIA Yan<sup>1</sup>

(1. Engineering Management Branch of State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd., Beijing 100070, China;

2. PowerChina Hebei Electric Power Design &amp; Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050032, China)

**Abstract:** In the reconstruction and expansion project of compact operation substation, facing more compact space resources and more complex technical conditions, the construction site conditions around some operating equipment or structures are limited, and the civil construction does not have conventional support conditions. The excavation of foundation excavation is very easy to affect the surrounding equipment in operation and existing buildings and structures. Therefore, based on the traditional open caisson technology, this paper proposes a modified open caisson foundation construction method, which is changed from the conventional deep foundation design to the shallow foundation design, and its shape can be flexibly designed as irregular polygon according to the surrounding environmental conditions and support needs. In the civil construction support, the characteristics of good foundation integrity, good stability, large bearing area and large vertical and horizontal loads are used to play the function of retaining cofferdam and reduce the impact on the surrounding live running equipment and structures. Taking the GIL utility tunnel foundation construction in the reconstruction project of Kangbao Substation in the new energy base of Bashang region in Zhangjiakou City, Hebei Province as an example, this paper introduces the application of modified open caisson method in substation reconstruction and expansion

\* 国家自然科学基金(52007112)

[作者简介] 刘杰锋, 硕士, 高级工程师, E-mail: 530830516@qq.com

[收稿日期] 2025-06-17

construction from the perspectives of design, mechanical analysis and engineering implementation.

**Keywords:** substation; reconstruction and extension; open caisson; force; construction

## 0 引言

近些年,我国新能源发展迅速,日益增长的风能和太阳能发电规模对电网的外送能力和外送通道提出了更高要求,促使新能源变电站大力扩建,后期部分扩建站面临更紧凑的空间资源和更复杂的技术条件,于是运行设备和构筑物周围的基坑支护和基础施工成为一个难题。变电站基础施工过程中,常用的支护方式有放坡、注浆法、钢板桩、钢管桩、小钢管+模板简易支护等。

传统放坡方式是指为了防止土壁塌方、确保施工安全,当土方超过一定深度或填方超过一定高度时,其边沿应放出足够边坡,土方边坡一般用边坡坡度和坡度系数表示<sup>[1]</sup>。该方式成本低、简便易于实施,但需较大空间和施工作业面,本项目不具备实施条件

注浆法需通过机械钻孔将注浆管插入钻孔中,通过注浆机将高压水泥浆注入钻孔,使其与周围土体混合凝固形成结实体,从而具备基坑开挖条件。由于本项目设备高度不满足安全带电距离,该方法不具备实施条件。

钢板桩具有质量高、施工简单、经久耐用、对空间的要求较低等诸多优点,现已广泛应用<sup>[2]</sup>。但打桩实施过程与带电设备距离较近、噪声和振动较大,影响设备安全稳定运行。钢管桩与钢板桩施工过程较为类似,会带来类似问题,不适用于本项目。

小钢管+模板支护方式为施工过程中比较简易的支护方式,适用于基础较浅、周围土压力较小且不能有较大负荷的情况,其实施简便、成本较低,但安全性较差。设备区重力负荷较大、周边部分土地经过扰动黏着力差,不适合采用。

沉井是井筒状的结构物,它是以井内挖土,依靠自身重力克服井壁摩阻力后下沉到设计标高,然后经过混凝土封底并填塞井孔,使其成为桥梁墩台或其他结构物的基础<sup>[3]</sup>,一般在施工大型桥墩的基坑、污水泵站、大型设备基础、人防掩蔽所、盾构拼装井、地下车道与车站水工基础施工围护装置时采用<sup>[4]</sup>。沉井具有较强的整体性和稳定性,井底和井壁承载面积较大,能在垂直和水平方向上承受较大荷载。因此,沉井既可作为承受垂直荷载的基础,还可对周围土体起到很好的支护作用,对地下水位较高的地区还可起到挡水作用,形成较安全的“干作业”环境。

解决紧凑型变电站带电运行设备周围土建施工支护难题,沉井施工工艺提供了很大应用价值。但传统的沉井工艺多为深基础设计,多应用于深基础施工过程中,需机械设备辅助分节沉入设计标高,其多为圆形、椭圆形结构,不能很好地应用于变电站运行设备周围较复杂环境中的支护施工。因此,本文提出了一种改性沉井法,专为现场浅基础施工而设计,可根据施工场地、基础大小、周围设备环境条件等灵活设计为不规则多边形。

## 1 工程概况

康保 500kV 变电站位于张家口市康保县,属于坝上地区,风力和光能资源极其丰富,是重要的新能源汇集和外送的变电站。本工程初始为紧凑型设计,首期于 2015 年建成投运,500kV 按三角形接线方式运行。由于新能源迅速发展和运行可靠性的需要,2021 年在二期扩建中新增加了“一变一线”,并将 500kV 接线方式改为 3/2 接线,形成现有“两变三线”运行方式。2024 年三期扩建中新增加了 1 台主变压器,500kV 设备区新建第 3 串断路器,新建 5031,5032 2 组断路器,形成“2+0”不完整串,同时,为提高系统供电可靠性、增强系统灵活性,将第 2 串 5021/5022 间隔的线路改接至第 3 串,将扩建的 3 号主变压器接至第 2 串 5021/5022 间隔中。

二期扩建中由于全站还有一定空间,与运行设备有一定距离,基础施工具备放坡和支护条件,综合现场环境条件考虑,应用了放坡支护和打小型钢管桩与小型钢板桩或较浅基础采用简易钢管与模板混合支护的方式完成了土建施工任务。

三期扩建中,由于经历过两期建设,也受制于站外红线影响,建设空间更为紧凑,施工作业面不足以支撑变电站土建常规施工方法。

该变电站 500kV 母线与断路器等设备垂直布置,3 号主变压器无法直接经架构进入第 2 串,只能通过 500kV 设备区右侧过渡管母线及新建气体绝缘封闭分支母线(GIL 管廊)接入,GIL 管廊需要从 500kV 设备区第 1 串和第 2 串的中间位置穿过,新建 GIL 管廊基础与周边运行设备基础最小距离只有 1m,且大型施工机具与周边带电体距离不满足《国家电网有限公司电力建设安全工作规程 变电部分》规定,无法进入作业面,新建基础与第 2 串 C 相、第 3 串 A 相设备基础位置关系如图 1 所示。

按设计方案,新建 GIL 管廊设备基础深 3.2m,

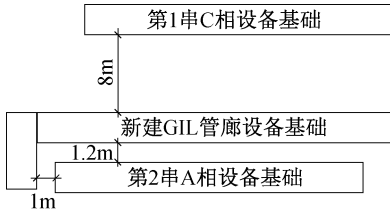


图 1 新建 GIL 管廊设备基础与周边在运设备基础位置关系

Fig. 1 Location relationship between the foundation of newly built GIL utility tunnel equipment and the foundation of surrounding operating equipment

基础筏板宽 2.5m,设备墩宽 1.6m、长 37m,横穿整个设备区,且其基础形式比运行设备基础更深,不具备放坡、打桩、灌浆的基坑支护条件。若强行开挖极易造成在运设备基础偏移,存在大规模停电事故风险。另外,新能源外送压力较大,基础施工时间较长,不具备停电施工的条件。因此,该土建施工任务成为制约工程进展的一个难点和关键节点。经过多种施工方式的比选,最终改性沉井法在本工程中得到成功应用,圆满解决了支护难题。

2 地层岩性特征

在充分利用前期勘测资料及现场工程地质测绘调查的基础上,参照变电站扩建场地平面布置图,勘探点呈网格状布置,共布置勘探点 7 个,勘探点、线间距在 5.00~15.00m,勘探深度 15.00m。采用钻探取样、标准贯入试验、土工试验等手段,综合评价拟建场地工程地质条件。根据已建变电站的勘测资料,结合本次场地勘探成果,拟扩建场地地基土的物理力学指标推荐值如表 1 所示。

3 改性沉井基础设计

按现场勘察情况及新建 GIL 管廊设备基础需要,并将原 GIL 管廊基础分段制作,形成形状各异多个改性沉井基础,GIL 基础埋深为 3.2m,其周围原设备基础埋深为 2.6m,周围电缆沟基础底部埋深为 1.6m,所以根据情况可设计 3m 深沉井,都用于

浅基础。拐角处结合设备基础情况沉井形状可设计为 L 形,如图 2 所示。

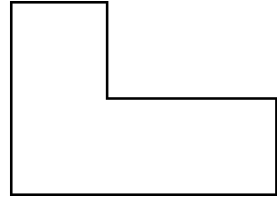


图 2 L 形改性沉井

Fig. 2 L-shaped modified open caisson

如果有个别运行设备基础地下部分对中间部分占用面积较大,可设计为凹形,如图 3 所示,凹口可根据设备所在的位置开设。

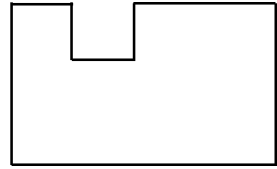


图 3 凹形改性沉井

Fig. 3 Concave modified open caisson

由于所处位置土质均匀,下沉过程中主要受侧壁土压力影响,沉井所用的材料为钢筋混凝土浇筑,材质密度均匀,所以下沉过程中不管什么形状的沉井,其单位面积受力分析一致。为简单起见,按其中设计的一个矩形沉井进行设计分析,该沉井尺寸为长 3.9m、宽 2.9m、深 3m(含刃脚,刃脚下沉至-3.200m 位置)。

3.1 沉井侧壁配筋计算

3.1.1 计算条件

沉井尺寸为 2.9m×3.9m×3.0m,不封底,侧壁厚度为 200mm。沉井采用钢筋混凝土结构,混凝土强度等级为 C30,采用 HRB400 钢筋。沉井施工过程中周围土层为前期工程回填土和粉土,平均重度为 18.5kN/m<sup>3</sup>,考虑沉井顶面施工及小型机械,取施工荷载为 20kN/m<sup>2</sup>,简化计算时可考虑土压力系数

表 1 拟扩建区域地基土物理力学指标推荐值

Table 1 Recommended values for physical and mechanical indicators of foundation soil in the proposed expansion area

土层编号	岩土名称	天然含水量 ω/%	密度 ρ/(g·cm <sup>-3</sup> )	天然孔隙比 e	液性指数 I <sub>L</sub>	压缩系数 α <sub>0.1-0.2</sub> /MPa <sup>-1</sup>	压缩模量 E <sub>s0.1-0.2</sub> /MPa	直剪(快剪)		干作业钻孔桩		承载力设计值 f <sub>ak</sub> /kPa
								内摩擦角 φ <sub>q</sub> /°	黏聚力 c <sub>q</sub> /kPa	极限侧阻力标准值 q <sub>sik</sub> /kPa	极限端阻力标准值 q <sub>pk</sub> /kPa	
①	粉土	18.5	1.85	0.930	—	—	—	8.0	5.0	20	—	90
	中砂	—	1.90	—	—	—	10.0	30.0	0.0	40	—	120
②	粉质黏土	27.4	1.90	0.856	0.30	0.196	9.0	10.0	35.0	50	1 200	170
③	粉质黏土	25.4	1.99	0.784	0.05	0.170	11.4	15.6	43.6	70	1 600	240

取 0.5, 沉井平面与计算简图如图 4, 5 所示。

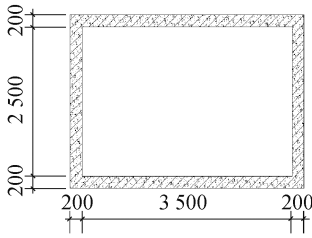


图 4 沉井平面

Fig. 4 Plan of open caisson

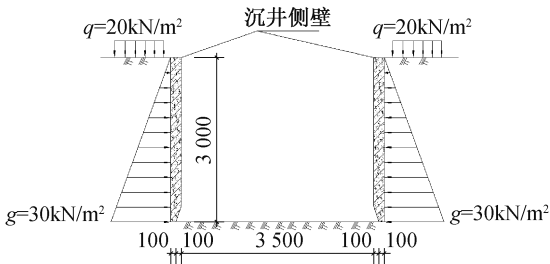


图 5 沉井计算简图

Fig. 5 Calculation diagram of open caisson

沉井无封底, 侧壁边界条件可简化为: 顶部与底部自由, 两边简支。为方便计算, 荷载较大值作为均布荷载作用于侧壁上, 取每延米作为计算单元, 其计算简图如图 6 所示。

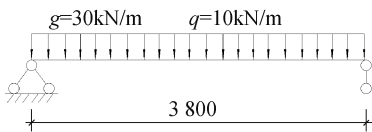


图 6 沉井侧壁计算简图

Fig. 6 Calculation diagram of side wall of open caisson

### 3.1.2 计算结果

荷载设计值均布荷载 =  $1.30 \times 30.00 + 1.50 \times 10.00 = 54 \text{ kN/m}$ 。最不利弯矩  $M = 0.125 \times 54 \times 3.8^2 = 97.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。依据 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》(2015 年版), 求得  $A_s = 1787.5 \text{ mm}^2$ 。

依据《混凝土结构设计规范》和 GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》对井壁配筋进行计算。将井壁视为弹性板, 在不考虑板自重荷载的情况下, 竖向配筋为 HRB400  $\phi 12 @ 200 \text{ mm}$ , 双层布置; 横向配筋为 HRB400  $\phi 18 @ 140 \text{ mm}$ , 双层布置。

改性沉井下沉至设计标高后, 在内部按原设计图尺寸及配筋进行 GIL 管廊基础施工。

### 3.2 改性沉井下沉过程中受力分析及配重设计

根据图 4, 5, 沉井的体积  $V = 0.2 \times (2.5 + 0.2 + 3.5 + 0.2) \times (2.7 + 0.3 \div 2) = 3.648 \text{ m}^3$ 。钢筋混凝土

密度约为  $2600 \text{ kg/m}^3$ , 可知该改性沉井的质量为  $9484.8 \text{ kg}$ , 约合  $94.85 \text{ kN}$ 。

沉井下沉过程中受力分析参考桩基受力分析, 参考 CECS 137: 2015《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》规定, 沉井下沉计算由式(1)~式(3)确定:

$$k \geq 1.05 \quad (1)$$

$$k = (G_k - F_{wk}) / F_k \quad (2)$$

$$F_k = uhf_k \quad (3)$$

式中:  $k$  为下沉系数;  $G_k$  为沉井自重标准值(包括外加助沉质量的标准值);  $F_{wk}$  为下沉过程中水的浮托力标准值;  $F_k$  为井壁总摩阻力标准值;  $u$  为桩身周边长度;  $h$  为沉井侧壁高度;  $f_k$  为井壁外侧与土层的单位摩阻力标准值。

根据地层岩性特征调查数据及场地前期填土厚度, 3m 范围内各层取相应的平均值, 则前期填土层为 1.3m, 粉土层按 1.2m、中砂层按 0.5m 计算。由于沉井下沉过程中会从内部挖土, 清除掉刃脚下面的土层有利于沉井更好下沉, 由于所处环境为干作业环境, 不考虑下沉过程中水的浮托力, 也不考虑端部支撑力作用, 只考虑下沉过程中周围土壤对侧壁的阻力, 侧壁的下沉总摩阻力标准值(相应深度的极限侧阻力标准值见表 1)用式(3)计算。

考虑到制作沉井前先从地面向下挖掘 0.5m 的安全深度距离(这部分距离不考虑侧壁土摩擦阻力)以便沉井制作, 从而尽量减少沉井制作过程中与上部空间的距离, 在下沉过程中土层对改性沉井侧壁的摩阻力如式(4)所示。

$$F_k = \begin{cases} 0 & (h \leq 0.5 \text{ m}) \\ 272 \times (h - 0.5) & (0.5 \text{ m} < h \leq 1.3 \text{ m}) \\ 217.6 + 272 \times (h - 1.3) & (1.3 \text{ m} < h \leq 2.5 \text{ m}) \\ 544 + 544 \times (h - 2.5) & (2.5 \text{ m} < h \leq 3.0 \text{ m}) \end{cases} \quad (4)$$

经计算可知, 当  $h = 0.80 \text{ m}$  时, 沉井侧壁摩擦阻力正好与沉井自重相当, 当沉井下沉接近 3m 时受到的侧壁摩阻力最大约为  $816 \text{ kN}$ , 远超沉井自重。所以沉井可比较轻松地地下沉至 0.8m 处, 此后随着深度的增加下沉将更加困难。为解决后续下沉困难问题, 可采用的方法为给沉井周围增加配重或使沉井周围渗水以大幅度减小  $f_k$  和侧壁土压力从而大幅度减小沉井侧壁摩擦阻力。

## 4 沉井基础施工

### 4.1 施工流程

沉井基础采用现浇井壁施工方案, 施工流程如图 7 所示。

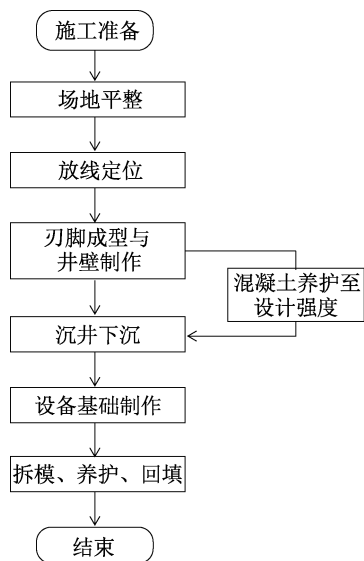


图 7 沉井基础施工流程

Fig. 7 Construction flow of open caisson foundation

## 4.2 施工准备

1) 场地平整: 沉井基础施工场地要进行仔细平整, 平整范围要根据现场情况大于沉井外壁范围 1~3m, 利用绝缘围栏将施工场地与周边在运设备进行物理隔离, 以保证在运设备安全运行。

2) 放线定位: 沉井的平面位置应根据图纸进行仔细测量, 先将沉井的中轴线放好, 再将沉井外围轮廓线放好, 定位一定要准确<sup>[5]</sup>。

3) 将紧贴基坑的原有道路进行破除, 待 GIL 管廊基础施工结束后恢复原状。

4) 沉井主体施工前, 基坑在现有标高向下开挖 0.5m, 四周预留 500mm 工作面, 基坑开挖放坡系数 1:0.5, 根据所处环境条件采用机械或人工挖土, 开挖完成后为保证沉井下陷施工过程中井外侧壁周围土体稳定, 在沉井外壁四周土层打入 1 圈钢管, 钢管长 3m、间距 1m。

## 4.3 沉井刃脚成型及井壁制作

沉井刃脚与主体进行整体施工, 沉井高度为 3m, 为便于沉井下陷施工, 沉井主体分 2 段施工, 第 1 段高 2m, 第 2 段高 1m, 待第 1 段沉井模板拆除完成并下沉到位后, 再进行第 2 段沉井主体施工<sup>[6]</sup>。

1) 钢筋工程。钢筋在加工场地机械成型, 现场人工绑孔, 保证钢筋位置正确。垂直钢筋间距采用带有槽口的木卡尺控制, 水平筋间距利用一批纵向钢筋按间距焊上短钢筋头方式控制。

2) 模板工程。沉井主体为木模板, 采用钢管进行支承, 并用  $\phi 12@500\text{mm}$  纵、横向螺栓拉结加固, 防止模板侧向变形, 并在横、纵向分别按 500, 1000mm 间距加设固围木楞, 沉井内侧用钢管相互

支承顶牢, 确保模板整体刚度、稳定性和不变形, 以保证混凝土的几何尺寸和外观。支模过程中严禁将井壁钢筋作为模板、脚手架的支撑或作用点。

3) 混凝土工程。沉井主体与 GIL 管廊设备基础保持一致, 采用 C30 商品混凝土, 在对钢筋模板尺寸及支撑系统验收合格后进行混凝土浇筑, 在浇筑沉井刃脚和井壁时要注意浇筑顺序<sup>[7]</sup>。井壁混凝土应采用分层、均匀平铺浇筑, 每层浇筑厚度应根据分段浇筑高度合理控制, 一般  $\leq 50\text{cm}$ , 沿沉井周边至少设置 2 名振捣人员同时浇筑。下料过程中要保证对称均匀, 防止一侧受压而使模板产生位移、变形, 每层必须在 2h 内浇筑完毕, 振捣时振捣器移动间距  $\leq 0.5\text{m}$ 。操作振捣器时应避免碰撞钢筋、模板, 插入下层混凝土内  $\geq 0.5\text{m}$ , 要快插慢拔, 每一振点的振捣时间应使混凝土表面呈现浮浆和不再下沉。现场指挥人员在混凝土浇筑过程中应经常观察模板、支架, 当发现问题时, 要及时采取措施。

## 4.4 沉井下陷和控制

1) 沉井主体施工完成后在第 1 段沉井下陷前应检验井壁及刃脚混凝土强度, 同条件养护试块强度应达到 70% 以上, 或采用回弹法进行检测, 检测值应达到设计值 75% 以上方可进行沉井下陷<sup>[8]</sup>。

2) 为控制沉井下陷位移, 在井体四面井壁上部做出与控制桩相对应的标记, 并用红漆画出标尺线, 每一标尺线间距为 100mm, 以便随时掌握当前沉井下陷量; 同时, 在井体四面内侧引出 4 条铅垂线, 预防沉井在下陷过程中出现大幅度倾斜<sup>[9]</sup>。

3) 由于沉井内净空尺寸较小, 根据环境条件采用人工和小型挖掘机配合的方法将井内土方运出, 用装载机运出站外<sup>[10]</sup>。

4) 沉井内部土方开挖由中间逐渐向四周进行, 采用人工开挖, 在井内放置 2 个绝缘梯, 以便工人进出。井内每层开挖 0.3m, 沿刃脚周围保留 0.5m 宽土堤, 然后沿井壁每段 1m 向刃脚方向逐层削薄土层, 削薄过程中要对称、均匀, 每次削薄 5~10cm, 待土层经不住刃脚的挤压而破裂, 沉井便在自重作用下均匀垂直挤土下沉, 不会产生过大倾斜。若出现下沉量较小或不下沉情况, 则需再从中间向下挖 0.5m 土层, 按上述方法在四周均匀同步开挖。

5) 下沉过程中应加强观测, 及时纠偏, 避免超挖。

6) 如沉井内出现渗水, 在沉井内挖 1 圈排水明沟, 同时设置 1 口集水井, 在集水井内设置水泵, 将地下水排出沉井外, 排水沟和集水井的底面随着沉

井内挖土的加深而不断降低。

7) 为保证沉井顺利下沉至 3m 深度, 内部基坑挖到 3m 处时, 将刃脚可能接触的地方周边铺设 1 圈钢板或砖块, 将底部土体夯实, 这样当沉井下沉到钢板和砖块处既受到侧壁阻力, 又受到砖块或钢板对其的反向支撑力, 能保证沉井较精准抵达 3m 深度位置。如遇到渗水情况, 则可在该处进行整体灌浆, 并采用防渗水泥保证土体稳固。

#### 4.5 GIL 管廊设备基础制作

沉井下沉至设计标高且稳定后, 在沉井内部开展 GIL 管廊设备基础制作, 按浇筑筏板底部素混凝土垫层、绑扎筏板基础钢筋、浇筑筏板混凝土、绑扎设备基础钢筋、支模、浇筑混凝土的顺序进行施工。

### 5 改性沉井基础在变电站改扩建施工中的特点

1) 改性沉井施工改变了传统的圆形、椭圆形结构, 根据施工场地、基础大小、周围设备环境等灵活设置为不规则多边形, 而且下沉到位后便可开始做设备垫层和基础, 无须对沉井封底。

2) 改性沉井基础施工法可保证运行变电站不停电安全施工, 减轻了工期压力。

3) 该过程包含沉井制作, 设备区整个挖土过程均为人工, 施工周期较长。

4) 改性沉井基础具有较强的整体性和稳定性, 井底和井壁承载面积较大, 能在垂直和水平方向上承受较大荷载。

5) 改性沉井基础既是设备基础又在施工时具有挡土围堰功能, 对周边带电运行设备的影响较小。

6) 改性沉井基础施工工艺简便, 技术稳妥可靠, 无需特殊专用设备, 可降低施工成本。

7) 如遇到各面土质悬殊较大, 可采用在不同面设置不同混凝土配重, 最终保证下沉的均匀性, 也可在施工过程中通过其他方式调整 and 解决。

8) 沉井下沉过程中侧壁阻力过大则可通过增加沉井配重或周围用水浸润以减小沉井摩擦阻力解决, 方便沉井下沉。

### 6 工程应用和效益分析

沉井基础在张家口坝上地区某 500kV 变电站扩建 3 号主变压器工程施工中成功应用, 共建设沉井基础 6 个, 施工期共计 35d, 增加投资 19.8 万元, 较常规基础停电施工减少在运设备停电时间共计 25d, 减少新能源弃电损失达 1 000 余万元, 经济效益显著。

### 7 结语

本文在传统沉井的基础上提出了改性沉井施

工法, 有效克服紧凑型运行变电站改扩建工程中由于施工场地有限、基坑无法支护、不具备停电条件等原因造成的施工困难。改性沉井施工过程中井壁制作会增加钢筋和混凝土用量及人工费从而增加部分投资, 其运行设备附近施工由于只能人工内部开挖而工期较长。在类似施工条件下, 周围支护环境较复杂, 采用改性沉井施工法可很好地解决支护问题, 为设计阶段的基坑支护提供思路, 提高工程效益, 减少停电损失, 并在不具备停电条件的情况下保证工程项目顺利实施。

#### 参考文献:

- [1] 周继忠. 灰色关联故障树分析法在基坑工程放坡开挖中应用[J]. 土木工程学报, 2009, 42(8): 109-114.  
ZHOU J Z. Application of gray correlation fault tree analysis for unprotected open cut excavations [J]. China civil engineering journal, 2009, 42(8): 109-114.
- [2] 张健, 杨立功, 张宇亭, 等. 钢板桩加固岸坡变形与桩土相互作用机理研究[J]. 岩土工程学报, 2024, 46(S1): 202-206.  
ZHANG J, YANG L G, ZHANG Y T, et al. Deformation and pile-soil interaction mechanism of bank slopes reinforced by steel sheet piles [J]. Chinese journal of geotechnical engineering, 2024, 46(S1): 202-206.
- [3] 王涛. 沉井群的设计与施工[D]. 南京: 河海大学, 2006.  
WANG T. Design and construction of sink well groups [D]. Nanjing: Hohai University, 2006.
- [4] 姜玉松. 地下工程施工技术[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2008.  
JIANG Y S. Underground construction engineering technology [M]. Wuhan: Wuhan University of Technology Press, 2008.
- [5] 冀佳. 复合沉井法在某变电站集水池施工中的应用[J]. 山西建筑, 2019, 45(21): 63-64.  
JI J. Application of compound caisson method in construction of collecting basin in a substation [J]. Shanxi architecture, 2019, 45(21): 63-64.
- [6] 杜荣武, 王子明, 崔伟. 沉井法在变电站事故集油池工程中的应用研究[J]. 湖北电力, 2024, 48(1): 91-97.  
DU R W, WANG Z M, ZHAI W. Research on application of open caisson method in substation accident oil pond project [J]. Hubei electric power, 2024, 48(1): 91-97.
- [7] 吴健生. 沉井法在输电线路特殊地形基础施工中的应用[C]//浙江省电力学会 2012 年年会优秀论文集, 2012.  
WU J S. Application of the sink well method in the foundation construction of transmission lines in special terrain [C]//Excellent Papers Collection of 2012 Annual Meeting of Zhejiang Provincial Electrical Engineering Society, 2012.
- [8] 王立国, 李淑敏. 浅析沉井法施工理论及其施工要点[J]. 黑龙江科技信息, 2010(36): 329.  
WANG L G, LI S M. Analysis of the construction theory and key points of the sink well method [J]. Heilongjiang science and technology information, 2010(36): 329.