

开关室地基下沉电器设备倾斜顶升纠偏实践

范喜峰,周相国,张良镨,王士国

(天津市地质工程勘察院,天津 300191)

摘要:天津某 35 kV 变电站开关室,地基不均匀沉降严重影响到开关室内电器设备的安全正常运行,经采用静力压桩托换原有地基加固补强控制地基稳定后,进行开关柜两侧的顶升纠偏设计和施工,开关柜倾斜变形恢复至稳定状况,达到了预期的加固处理效果。

关键词:静力压桩托换;地基加固;顶升纠偏;沉降观测

中图分类号:TU753.8 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)08-0047-04

1 工程概况

天津某玻璃厂 35 kV 变电站位于天津市塘沽区,始建于 2003 年 7 月。其中站内开关室内置 10 个主开关柜及副开关柜,还有 2 个高架线缆柜,其地基及地面采用了换填法及浇注砼垫层的处理方法。开关柜设备基础持力层为软弱人工填土和淤泥质粘土,承载力低。

该建筑物建成使用后仅仅 4 个月左右,发现由于地基下沉导致开关室地面不同程度的下沉,形成砼地面垫层与下部土体脱空,且地基下沉还在逐步发展、恶化。根据现场踏勘,开关室地面沉降局部最大已达 7 cm 之多,造成了摆放的开关柜等电器设备发生了倾斜;另外,开关室内的高架线缆柜一侧架于开关柜上,另一侧与墙体通过墙体预埋件连接,由于开关室的地面沉降已使高架的线缆柜沉降进而拉裂了墙体。

上述地基沉降造成的结果已影响到开关室内电器设备的安全正常运行。为防止开关室发生进行性形变,避免因此造成电器设备故障给玻璃厂造成损失,需采取有效处理措施进行抢救处理。

2 场地工程地质条件简述

根据岩土工程勘察报告,场地前 3 层地层从上而下依次为:

①素填土,黄褐、灰褐色,湿,土质不均,以粉质粘土为主,平均厚度约 0.50 m;

②岩性以粉质粘土为主,局部为粘土,黄褐色,软塑,土质不均,平均厚度约 1.51 m;

③淤泥质粉质粘土,灰褐、灰黑色,流塑,土质

不均,平均厚度约 2.96 m;

④粉质粘土,含粉土、粘土夹层,灰褐、灰黑色,软~可塑,饱和,土质不均,平均厚度约 5.37 m。

3 地基沉降原因分析

开关室地基严重下沉导致各开关柜不同程度下沉、倾斜,以及墙体内高架线缆柜预埋件拉裂墙体。根据现场踏勘和所进行的工作,经分析其主要原因如下。

(1)地基处理欠佳。开挖工作坑基础以上人工换填土用铁锹极易挖掘,土质较为疏松、富含僵土大块,形成砼地面垫层与下部土体悬空;另外,发现灰土垫层仅为 0.6 m 左右,地基处理深度过小,且灰土拌制用消石灰配制比例极其不均匀,甚至还在地基土体内发现许多未拌和的大块消石灰。

(2)施工方法欠妥。经了解,在人工换填土过程中,为使换填土尽快密实,施工人员竟采用水浇法浇灌换填土体,导致地基土土质软化,承载力降低。

(3)场地设计时未对地基土进行排水、防水设防;加之墙基标高低于外场地标高,在建筑物建成后的 2~3 个月内遭遇连续降雨,使集水倒灌,浸泡地基土,加剧了地基土承载力的降低。

4 地基加固方案及原理

4.1 地基加固处理方案

由于开关室内的电器设备距周围墙体较近且均带电运行,而施工要在满足电器设备正常运行的条件下进行,且需要无冲击、无震动,以免造成电器设备的损坏或运行停止。鉴于以上情况,经多种方案

收稿日期:2007-06-08

作者简介:范喜峰(1973-),男(汉族),河南许昌人,天津市地质工程勘察院一级建造师,探矿工程专业,从事岩土工程专业技术与质量管理工作,天津市南开区红旗南路 261 号,13389065196, fanxifeng1993@tom.com。

比对论证,决定采用“静压桩托换地基加固顶升纠偏方案”抢救处理。

该方法突出特点是设备小巧,人为控制,技术可靠,在施工过程中无震动、无冲击、无需用水,能最大限度地减小对电器设备的扰动、保证用电的干作业环境,能满足本次施工对安全的特殊要求。

4.2 地基加固原理

静压桩托换原理是借基础上部结构荷载做反力,于下沉最大的基础底面中心下保持垂直压桩支顶,压桩结束保持恒压稳定,再顶升上抬基础,当建筑物沿某一直线(点)作整体平面转动,即可使建筑物得到纠偏复位。经托换(同步进行)后,可有效阻止桩顶回弹,并形成桩顶向上反力,有效控制地基不再产生新的沉降和防止复倾作用。其目的是达到加强地基和提高承载力,最后将顶升空隙浇灌砼,建筑物就可恢复正常使用功能。

5 地基加固补强顶升纠偏设计

据实测地基下沉速度较以前有所延缓但尚未稳

定,在各开关柜顶升纠偏前必须对地基进行加固补强,提高地基承载力,待控制地基稳定后再行对开关柜进行顶升纠偏施工。

5.1 地基加固补强设计

(1)桩身材料设计为焊接钢管,截面尺寸为 $\text{Ø}100\text{ mm}$ 。

(2)考虑到开关室的房间顶棚高度,桩分段每节长度为 3.0 m ;下节桩底端施压前均加工成锥角为 60° 的封闭锥形桩尖,以减少静压入阻力且有防腐功能。

(3)桩位布置:基本原则是以开关柜的摆放位置中心线为基准位置,同时还要避开原设备基础下的电缆沟、电缆及接地网线;特别对于317-2-1号隔离柜及312-2-2号隔离柜,因其下地下设施较多、地下结构较复杂(土建施工队修建了检修电源箱预留洞及一根 $\text{Ø}150\text{ mm}$ 出墙钢管),所测放的桩位经几何验算既保证了避开 $\text{Ø}150\text{ mm}$ 出墙钢管又保证使桩间联结托梁能托住隔离柜柜角。开关室共布置钢管桩22根,桩位布置详见图1。

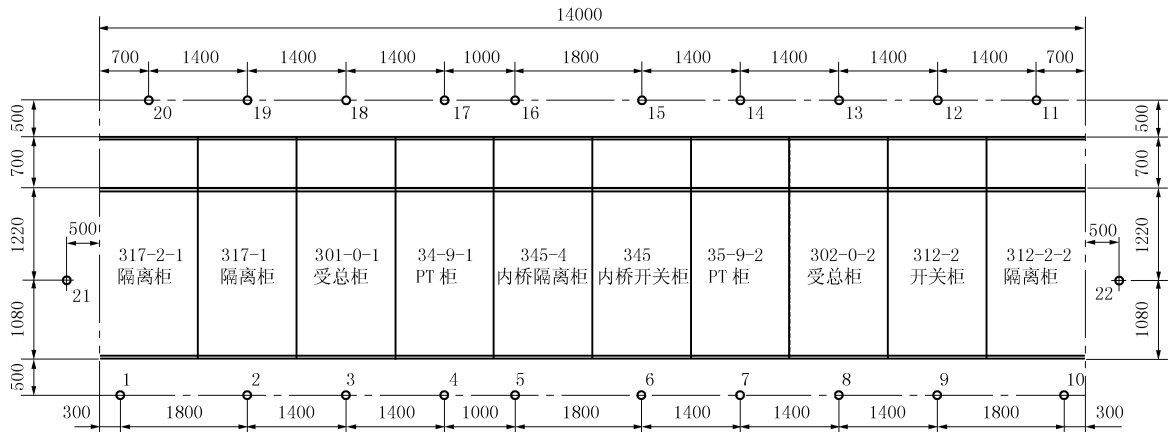


图1 基础托换加固桩位平面布置图

(4)单个开关柜荷载根据电器设备荷载技术参数定为最大值 40 kN ,根据地质勘察报告和已有施工经验,确定压桩终止压力为 50 kN 。

(5)压桩结束,继续保持恒压 50 kN ,控制地基沉降稳定后再进行顶升上抬基础。

5.2 顶升纠偏设计

(1)为了确保开关柜纠偏施工取得成功,施工前对开关室进行了察访及测量,发现有以下两点:

即使开关室地基出现严重下沉,除去墙体内外高架线缆柜预埋件拉裂墙体外,主副开关柜仅仅是有不同程度的下沉、倾斜,但其外形及各部件均未出现变形及损坏,可通过人工静力压桩托换地基加固补

强控制地基稳定,经顶升纠偏恢复正常使用功能。

设备基础变形情况测量:为给随后进行的顶升纠偏提供依据,在对地面沉降进行精密测量后发现沉降值最大的为317-2-1号隔离柜,为 68 mm ;沉降值最小的为345-4内桥隔离柜,为 40 mm 。考虑到若把各个开关柜顶升至原始标高位置可能会对现有配电设备造成损坏,因而以沉降值最小的345-4内桥隔离柜现有位置作为设备基础加固基准线,其它开关柜均顶升纠偏并基础加固至该基准线。各开关柜相对于原始地面标高沉降值见表1。

(2)为确保各主副开关柜达到同一高程,根据各主副开关柜相对于原始地面的沉降尺寸不同,相

表 1 各开关柜相对于原始地面标高沉降值

柜名称	沉降值 /mm	柜名称	沉降值 /mm
317-2-1 号隔离柜	68	345 号内桥开关柜	61
317-1 号开关柜	59	35-9-2 号 PT 柜	50
301-0-1 号受总柜	46	302-0-2 号受总柜	50
34-9-1 号 PT 柜	42	312-2 号开关柜	56
345-4 号内桥隔离柜	40	312-2-2 号隔离柜	57

应的其顶升纠偏高度以设定的设备基础加固基准线为基准而有所不同;同时,为保证不对配电设备造成损坏,各开关柜最大顶升纠偏高度 ≥ 40 mm。

(3)主副开关柜均摆放在地面垫层上的 C10 槽钢上,有利于各主副开关柜在顶升纠偏过程中的整体传力。

(4)为保证开关柜的整体稳固性及安全性,顶升纠偏顺序为“先中间,后两边”,对称进行。

6 地基加固补强顶升纠偏施工

6.1 地基加固补强施工

钢管桩静力压桩地基加固补强施工技术要求,严格遵照《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)规定,施工流程简述如下。

(1)由于本次施工必须保证电器设备正常运行,因而在与厂方商议后采取使开关柜或变压器一

半运行、一半停止的运行措施,因而压桩施工顺序也相应调整为先施工电器设备运行停止的 317-2-1 号隔离柜至 345-4 内桥隔离柜区域,即:桩编号依次为 1~5 及 16~21;然后等电器设备运行状态(运行、停止)调换完毕后,再施工调换完毕后电器设备运行停止的 345 内桥开关柜至 312-2-2 号隔离柜区域,即桩编号依次为 6~15 及 22。

(2)施工所加配重为 5 t,当压桩力达到 50 kN 后,再静压 20 min,在确保桩没有进尺且稳定后才停止静压施工。

(3)压桩完毕后,向钢管桩内注入 M30 高标号水泥砂浆,一则可加强钢管桩的强度,另则也可使钢管桩内壁避免腐蚀。

6.2 顶升纠偏施工

6.2.1 工作坑及工字钢贯穿用孔槽开挖

(1)因工字钢要在开关柜下贯穿,本次施工在各主副开关柜两侧、对应于已施工的静压桩处用洛阳铲及铁锹开凿了工作坑及工字钢贯穿孔槽。

(2)考虑到开关柜的整体稳固性及安全性,在工作坑及工字钢贯穿孔槽开挖过程中,调整了工作坑及孔槽的开挖顺序,总体开挖顺序为先中间、后两边,对称进行开挖。孔槽开挖详见图 2。

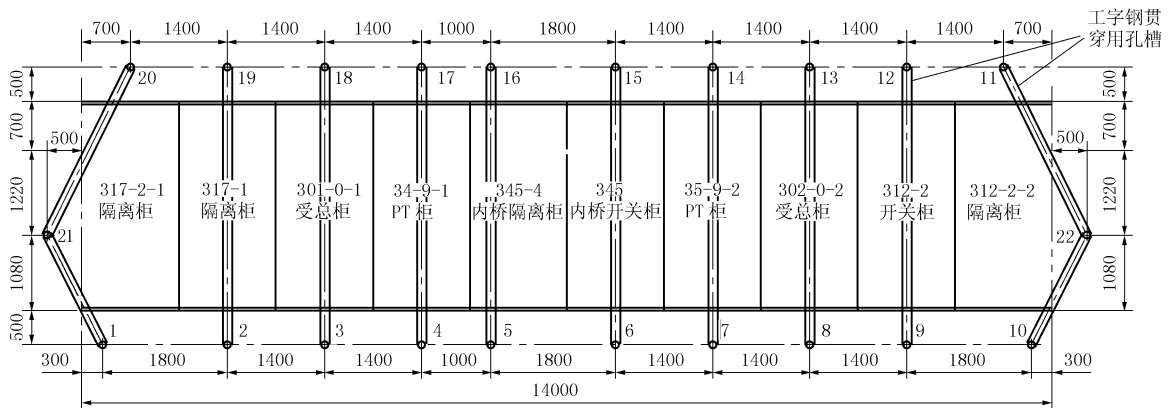


图 2 孔槽开挖平面布置图

6.2.2 工字钢初次安放

(1)顶升用托座的焊接。考虑到在开关柜的顶升过程中,工字钢托梁下的千斤顶要承受很大的抬顶反力,采用将 12 cm 的小工字钢拖座焊接在已施工的钢管桩上,确保了拖座足够地牢稳。

(2)工字钢初次安放。为给随后进行的开关柜正式顶升及纠偏奠定基础,每个开关柜对应的工作坑及工字钢贯穿用孔槽挖掘成功后应立即完成工字钢安放;将工字钢用千斤顶顶放至紧贴砟垫层的位

置,以担负各开关柜及其基础等的荷载,确保顶升前各开关柜的稳固及安全性。

同时,为确保工字钢托梁的稳固,可在工字钢托梁下部焊接小托板,在托梁上部与钢管桩点焊。

另外,工字钢托梁需涂刷 2 遍防锈漆进行处理,防止锈蚀。

6.2.3 顶升及纠偏前准备

(1)预计各开关柜顶升高度。为保证开关室各开关柜达到同一相对高程,顶升前对各开关柜进行

顶升高度预测。以沉降值最小的345-4号内桥隔离柜做为顶升基准线,其它各开关柜相对于顶升基准线预计顶升高度见表2。

表2 各开关柜相对于顶升基准线预计顶升高度

柜名称	顶升值/mm	柜名称	顶升值/mm
317-2-1号隔离柜	28	35-9-2号PT柜	10
317-1号开关柜	19	302-0-2号受总柜	10
301-0-1号受总柜	6	312-2号开关柜	16
34-9-1号PT柜	2	312-2-2号隔离柜	17
345号内桥开关柜	21		

(2)剔凿、断开开关柜周边垫层。在各开关柜顶升前必须将开关柜周边垫层与开关柜下垫层剔凿断开,以减少顶升过程中的难度。

6.2.4 顶升及纠偏

(1)开关柜及工字钢托梁的顶升及纠偏。待各项顶升前准备工作完毕后,设专人统一指挥,施工人员各就各位,按统一指令及事先预定的顶升顺序顶升各主副开关柜。在各开关柜顶升的过程中,通过2台测量仪器对各开关柜进行了监测,为保证开关室的整体美观性,对各开关柜的顶升高度进行了调整,实际顶升高度及顶升前后结果对比见表3。

表3 各开关柜顶升前后结果对比表

柜名称	顶升前沉降值/mm	顶升后沉降值/mm	实际顶升高度/mm
317-2-1号隔离柜	68	37	31
317-1号开关柜	59	35	24
301-0-1号受总柜	46	36	10
34-9-1号PT柜	42	40	2
345-4号内桥隔离柜	40	40	0
345号内桥开关柜	61	40	21
35-9-2号PT柜	50	43	7
302-0-2号受总柜	50	38	12
312-2号开关柜	56	41	15
312-2-2号隔离柜	57	39	18

(2)开关柜及工字钢托梁的稳固。将顶升完毕的工字钢托梁与钢管桩焊接,做到焊接层数 ≤ 2 层,内层焊渣清理干净后方可施焊外一层,焊缝饱满连续,保证了焊接质量。

(3)顶升纠偏结束托换后,将导槽及导坑底面至设备基础垫层底面用C20砼浇灌,并用振动棒振捣密实,使其与原设备基础连成整体。

(4)对破坏地面恢复原貌。

7 地基加固补强顶升纠偏成果分析评价

7.1 静力压桩分析评价

(1)桩尖入土深度,除桩编号1~6、8、13、18等

9根桩外,其余为6.23~7.0m,即桩尖进入力学性能较高的③₂粉质粘土,与根据岩土地质勘察报告计算的桩端持力层及单桩承载力基本吻合。桩尖实际入土深度见表4。

表4 桩尖入土深度表

桩号	桩尖入土深度/m	桩号	桩尖入土深度/m
1	2.90	12	6.62
2	2.90	13	1.68
3	1.63	14	6.65
4	2.90	15	7.00
5	3.10	16	6.52
6	3.06	17	6.46
7	6.54	18	1.63
8	1.67	19	6.74
9	6.50	20	6.75
10	6.42	21	6.23
11	6.34	22	6.68

(2)压桩力随着桩尖入土深度增大而增大,但不成比例。

(3)4号桩和13号桩分别在2.9m及1.68m发生剧变,出现反常现象,分析原因如下:

13号桩原因分析:经查看基础图纸,发现3、8、13及18号桩在地下1.60m左右存在地下连梁,桩尖正好坐落在地下连梁上,导致最终压桩力剧增,出现异常。

4号桩原因分析:经建设方介绍,开关室曾经施工过碎石桩,而1、2、4、5及6号桩大致均在地下2.90~3.06m出现压桩力剧增的异常现象,据推测均遇到了原施工的碎石桩基础。

7.2 顶升纠偏分析评价

(1)本次开关柜最大顶升高度为31mm(317-21号隔离柜),实际顶升高度与预计顶升高度基本吻合;顶升纠偏结束后各开关柜恢复了原外观垂直度及整齐统一度,开关柜内设备能恢复正常拉拔功能,且两个高架线缆柜在墙体內的预埋件基本恢复原位。

(2)顶升纠偏结束后,除工字钢托梁附近原设备基础砼垫层因顶升而发生断裂外,其它如电缆沟及电源箱检查预留洞室等附属结构均未发现有破坏现象,表明此次顶升纠偏效果极为理想。

(3)经顶升纠偏处理后,各开关柜电器设备均坐落在静压桩支撑的工字钢托梁上,能保证各电器设备不会因地面沉降而相应沉降,切实保证了各开关柜电器设备的整体安全稳固性。

7.3 沉降观测

(下转第54页)

(1) 由于沉管灌注桩为挤土桩,沉管过程中会引起土体的纵向和横向挤压,使新施工的桩体产生向上的拉应力;当拉应力大于桩身混凝土的抗拉极限时,桩体可能产生断裂。

(2) 桩管内混凝土量不足时,自重压力低,而拔管速度过快,会造成断桩。

(3) 施工顺序错误,当桩间距 < 2.00 m 时,没有采取间隔跳打,后打的桩对刚灌完混凝土而未结硬的桩产生横向挤压作用,将其剪断。

(4) 在软塑~流塑状粘土中桩孔过于密集,沉管过程中,土体产生孔隙水压力;拔管后,具有压力的孔隙水可能会切断桩。

6.3.2 处理措施

根据断桩部位的不同,采取不同的措施进行处理:

(1) 对于断桩部位在 4.00 m 以浅的断桩,可采用开挖回灌高强度混凝土法进行,即开挖至断桩部位以下 0.50 m 后,清除断桩部位杂物并将桩身混凝土

土打毛、湿润,用比设计强度高一级的混凝土浇筑。

(2) 对于断桩部位在 4.00 m 以深的断桩,按设计单位提出的补桩方案进行补桩。

7 结语

(1) 在缺乏施工经验的地区进行锤击沉管灌注桩的施工或设计,应先进行试桩试验,通过试桩试验取得相应施工技术参数或设计数值,以便指导后续施工或修改设计参数。

(2) 锤击沉管灌注桩具有适用范围广,适应性强,施工时调整桩长方便,施工设备简单,相对钻孔灌注桩而言,具有工期短,成本低等优点,同时也应该注意到它在复杂地质条件下的缺点,如会地面隆起,易断桩等。

(3) 通过本工程施工,基本掌握了在这类复杂地质条件下锤击沉管灌注桩的施工技术,为今后类似施工积累了经验。

(上接第 50 页)

(1) 鉴于开关室电器设备较多、整体荷载较大,为进一步考察此次变形加固处理的效果,有必要对开关室进行沉降观测。对此,测量技术人员分别在 1-21、20-21、10-22、11-22、5-16 号工字钢托梁上安置了 5 个沉降观测点,并按照沉降观测规范分 5 次进行了百日沉降观测。

(2) 工字钢托梁沉降观测结论:截至百日沉降观测结束为止,工字钢托梁沉降量很小,最大沉降值为 0.8 mm。从整个监测成果看,沉降值比较均匀。各点沉降速率在 $0.002 \sim 0.006$ mm/天之间,日平均沉降量 0.004 mm,沉降情况已经稳定。沉降观测结果显示地基稳定,纠偏技术效果可靠。沉降观测结果见表 5。

8 结语

(1) 开关室地基石下沉电器设备倾斜,经采用静压桩托换地基加固补强,控制地基稳定后再进行顶

表 5 各沉降观测点沉降观测结果

观测点名称	累计沉降值	沉降速率
	/mm	/ $(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1})$
1-21 号托梁上观测点	0.5	0.005
20-21 号托梁上观测点	0.3	0.003
10-22 号托梁上观测点	0.4	0.004
11-22 号托梁上观测点	0.2	0.002
5-16 号托梁上观测点	0.6	0.006

升纠偏是成功的。

(2) 开关室的变形处理达到了预期的加固及处理效果,竣工后至今 4 年多,经回访、观测,地基稳定,使用正常,未发现地基下沉及各开关柜倾斜现象。实践证明纠偏技术可靠,完全可行。

参考文献:

- [1] 张永钧,叶书麟.既有建筑地基基础加固工程实例应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] JGJ 94-94,建筑桩基技术规范[S].