

某热电联产项目综合水泵房地基加固工程的优化设计

王彬 海南科技职业大学 海南省海口市 571126

王凤珍 江西新能源科技职业学院 江西省新余 338004

王培人 江西新能源科技职业学院 江西省新余 338004

【摘 要】

本文以项目实例为地基，就某热电联产项目中，出现了地基不均匀沉降后，怎样根据当地情况，采取有针对性的加固方法，展开了一系列的情况勘察，并分析了造成这种情况的原因，并对其进行比较，最后得出了比较理想的结果，并获得了很好的社会效益，具有很高的推广和使用价值。

【关键词】综合水泵房；不均匀沉降；勘察；加固；双液注浆

引言

在建筑中，填土地基和湿陷性黄土地基都会造成不均匀沉降，影响到他们的正常使用，这也是一个对岩土工程技术工作来说的永久性话题。在这个项目中，对地基进行加固的优化设计，将理论与实际进行了密切的联系，做到了深入浅出，简洁明确，对建筑物中存在的安全隐患进行了有效的处理，同时也为类似的工程案例提供了可资参考的宝贵经验。

一、项目概况

华能 2 xF 型煤气热电联产是山西省太原市主要的供电与供暖场所，属于新能源类，在国家的支持下，2014 年 7 月开始动工，2015 年 10 月正式投产。

据中国能源山西省电力勘测设计院有限责任公司所提交的初步地质勘察、详细勘察资料及施工图纸显示，在该楼地面之下的西部区域，以人造填埋体为主，并夹杂着矿山内的废渣，厚度最大，达到 27.5 米；在东侧路段，其构成成分以人工压实填土为主，并含有少量混凝土碎块、碎砖块等建筑垃圾，其最厚度处达到了 10 m。在对地基进行处理的时候，设计成了一种整体的孔径 400 mm，成桩的直径 650 mm，以正三角形的方式来布置，桩间距 1.0 m，处理范围为外扩建筑物轴线 8.0 m~9.0 m。桩身长度为 5-20 m，以原状土的深度为地基。在调研中得知：在东山煤矿门卫和棚户区，由于房屋拆除工作比较艰难，所以对灰土桩身进行的施工受到限制，并且对其进行的地基处理也没有满足设计的需要。

该建筑物于 2014 年 12 月 10 日（基础建造完毕）在该建筑物所在地建立了一套沉降和变形监测体系，一共布置了 8 个沉降观测点，也就是 B138~B145，如图一，而且，在每个施工阶段，对建筑物进行了观测，直到封顶后 2 个月（2015 年 9 月），沉降已经达到了基本的稳定，并满足了规范的要求。2016 年 7 月 18 号，经一次暴雨，该工程的北面外墙施工缝及地圈梁均有裂缝。基于上述考虑，从 2016 年八月起，业主加大了对该地区的监测，监测结果显示：各个观测点的沉降率发生了改变，其中，最大的沉降区是在该地区的东侧（B141、B142），其沉降率为 0.436-0.546 mm/d，西北（B138），其沉降率为 0.249 mm/d，其他 5 个观测点（B139~B140、B143~B145）的沉降率为 0.099-0.213 mm/d，这表明该地区的沉降量与该地区的降雨有着密切的关系。大雨过后，该地区的各个沉降站都发生了明显的沉降量，这使得该地区的建设受到了很大的影响。

二、工程地质勘察

为了解决不均匀地基的沉降问题，进行加固设计，必须要有一系列的勘察工作。在今年八月，在靠近建筑外墙的周围，设置了一定数量的勘察孔，并且在建筑发生变化的地方，进行了大量的勘察。根据现场土壤的特点，并与建筑的实际状况相联系，在勘察过程中，使用了探井孔至基底，而底部则使用了传统的钻探方法，并辅以足够的标准贯入法，并辅以足够的标准贯入法现场测试和实验室的土工实验，来弥补原来的施工图详细的不足。在实地的勘

察中，已经在现场进行了 4 个（西部 K1, K2，东部 K3, K4）具体如图二，的工作量具体包括：

(1) 一层素质填料 (Q4m1)，稍密一中密，部分致密，略湿润，多为人造填料，表面夹杂着一些混凝土碎屑、砖块和其他建筑废弃物，在各个钻井中都有发现，其厚度从 7.60 米到 22.40 米不等，平均为 14.58 米；层底面高从 922~937~40 米不等，平均高度为 930~43 米；

(2) 层状杂填体 (Q4 m1)，从中等密度到中等密度，不等厚，K1、K2 井眼以含大量粉煤灰的采空区为主体；K3 井眼中的碎石、砖头等建筑废弃物和少量的淤泥，K4 井眼中的这一层土没有暴露；

(3) 一种黄（粉）(Q3p1)，微密一中密，微湿性，含有少量的钙质体，质地比较均一，只暴露在房屋东侧，其厚度从 7.90 m 到 9.90 m，平均为 8.90 m；地层底部标高为 926.40 米，地层为湿陷；

(4) 一层黄（泥）泥 (Q2p1)，偶尔可见卵石，并且大部分区域中都包含着薄层碎石、卵石和粗沙，仅在建筑物的东侧露出，其厚度在 2.20 m 到 3.00 m 之间。平均值为 2.60 m；这一层的地基高度在 923.40—924.20 米范围内，平均高度在 923.80 米范围内。

(5) 一片碎石质残积，由泥沙填充，由沙砾和沙砾组成，只在建筑的东面暴露，没有穿透，在本次勘察的深度区域没有暴露出地下水；本场区的抗震设防水平为 8 度、地基地震动的设定为 0.20 g. 一号地震群；该工程的场地性质属于中等坚硬，属于 II 级，其设计特性周期为 0.35 秒；对于这一场地，可以不进行地基土体的液化处理。

三、地基土的参数的改变

在 2017 年的八月，在专项补充勘察中，对每一个钻井进行了实地采样，并展开了实验室的实验，并且还原来的勘探资料进行了比较和分析。

得出了地基土方的物理和机械性能的改变主要表现为：

（一）地基土壤的湿陷度改变

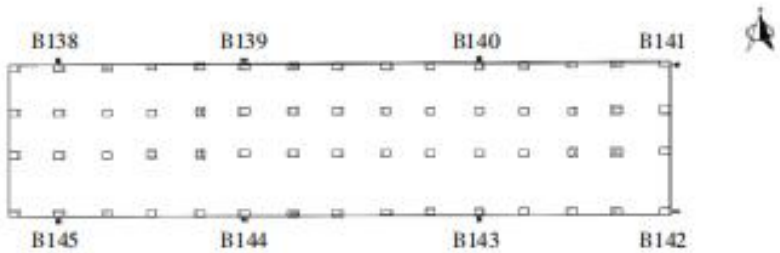


图 1

2016 年 8 月，进行了一次新的勘查数据：在勘探过程中，K3、K4 钻井（也就是建筑的东侧）所揭示的这些黄土层大约在地下 10 m 处，上面被填充土所掩盖。由 K3、K4 两个井眼的土体自重力与开始湿陷的泥土压力的变化规律可以看出，在建筑的东部，每个井眼内的泥土层所承受的泥土自重力要比这个黄土的开始湿陷的压力大得多；在这种情况下，由于回填土自身重力的影响，会使下伏土的土体特性从原来的非重力湿陷变为重力湿陷。

（二）改变地基土壤的水分含量

据进一步的勘察数据显示，在地下 15 m 处，土壤的水分含量在东边和西边有很大的差异，其中西部土壤的水分含量在 14.0%—15.8% 之间，而东部土壤的水分含量在地下 15 m 处，土壤的水分含量在地下 15 m 处，土壤的水分含量与原来

来的（2014）勘察数据差不多，但土壤的东边（K3,K4）土壤的水分含量却有了显著的增加，并且已经接近了饱和状态。土壤的水分含量的增加，是因为雨水在降雨季节到来的时候，空气中的雨水会积聚并向下渗，从而产生了大量的水分含量。这种水分含量的增加，是因为雨水经过了沙质岩石的顶部，经过了多次的外渗，积累了大量的水分，最终在地下留下了“崆山水”，并通过沙质岩石的顶部，进行了多次的外渗积累，在地下留下了一个区域的蓄水，从而增加了土壤的水分含量[1]。

（三）地基土承载力本征数值的改变

经初步详查，原来在这栋楼的地面之下，西面区域内，以人造填料为主，其厚度最大，约为 27.5 米。由于在西面区域内，使用挤压灰土桩对其进行了加固处理，并且在其含水量不大的情况下，其承载能力指数也未改变。而东面区域内，则是以挤压灰土桩为主，再加上一些混凝土碎块、碎砖等建筑废料，厚度约为 10 米。在项目实施过程中，因房屋拆除等原因，导致项目并没有完全按照设计要求进行，这一点可以通过对东面区域进行重新勘察时的钻探来证实，再加上该区域属于“崆山水”这一地势较低的聚合区，在富水季，该区域的土壤含水量会显著增加，其承载能力也会随之下降，因而，东面区域在重新勘察时，会产生较大的沉降。

四、地基差异性沉降的成因

（1）建筑物地基的填方土壤，其下部为具有不受重力影响的黄土地，其自身具有一定的湿陷性质；在对场地进行回填整平时，因为上覆土层变厚，所以上覆土的自重压力远远超过了黄土的湿陷初始压力，使其由非自重湿陷性转变成了自重湿陷性。在自己的地基上，自重湿陷性土层在自己的地基上，会发生一些额外的沉降量，进而造成了地基的沉降。

（2）房屋所在位置东侧的地下 14—16 米深的地下有一块底部的底板（也就是一块有透水作用的沙质岩石），其顶部的斜率很大，向着房屋倾斜；因“崆山水”多次通过顶部的渗透、积聚，并在此处逗留，造成了顶部的黄土的浸润。与此同时，“崆山水”通过地表反复渗透、累积，并在地表停留，形成了区域集水区，导致地表黄土被淹，进一步加重了地表不平衡沉降。

五、地基加固方法的比较

通过上述分析，并结合该项目的具体施工情况，对某一套综合抽水机的地主侧场地进行了地基处理，并对其进行了比较[2]。

（一）用高压旋喷桩处理

当钻机将具有特定喷头的注浆管钻入到土层的某一特定的部位之后，通过高压装置将水泥浆液以一种高压的方式从喷头中以一种高压的方式喷出，对土壤进行冲击，对土壤造成伤害。

（1）按钻孔直径 600 毫米，钻孔直径 50 毫米，孔深 21.6 米，有效钻孔长度 20.9 米，钻孔长度为 1860.1 米，钻孔深度为 1922.4 米，钻孔直径为 600 毫米。

（2）使用 20 MPa 的旋喷法，以 20 秒/分钟的旋喷法，以 20 厘米/分钟的旋喷法进行旋喷法；

（3）混凝土水灰比对 1.0，使用 P042.5 MPa 的普通硅酸钙。水泥的掺入量为 300 kg，掺入 3% 的水泥量，使其 28 天的单轴抗压强度不低于 8 MPa；

（4）因为水泥的收缩和离析作用，在灌浆完毕后，应立即进行补浆，以确保加固后的水泥不会与地基脱离，对加固后的水泥进行补浆。

水灰比不得超过 0.80，并且要间断地进行多次注浆，直至没有水泥浆沉降；

(5) 为了避免在雨淋施工过程中引起的额外沉降量过大，采用大节距地跳打法进行旋喷桩的施工；同时，还要与现场设备的实际位置相联系，对桩位可以做出相应的调整[3]。

(二) 注浆技术



图 2

而注浆技术具有快速硬化的特点，在硬化的时候，其失水量非常少，不会对既有的建筑物产生附加的变形，也不会对地下水造成任何的污染，而且它的施工方法也很简便，因此被大量的应用。注浆孔洞主要设置在建筑物的东侧，这样可以对地基下面的填土展开强化。

(1) 灌浆孔径 65 毫米，竖向误差不超过 1%，灌浆孔距为 1.50 米至 2.00 米，排距为 1.50 米，在有大变形的区域，可以适当增加灌浆孔径，因为有部分灌浆孔洞需要设置在建筑物内部，而建筑物内部有很多的装置和管线，所以灌浆孔洞的位置可以在与设计人员进行充分的交流后，在现场进行灵活的调节；

(2) 灌浆孔洞加固的深度：对地基之下的所有填充物和黄土地质进行加固，并要贯穿该土层，灌浆节段为 0.33 米；

(3) 灌浆材料：使用水泥浆和水玻璃两种混合物，水泥为 P. 042.5，水玻璃系数为 3.2，水玻璃系数为 40℃，水浆液和水玻璃的体积比例为 2.5:1（或水玻璃的用量通过水泥固化时间来决定，固化时间必须在 1 分钟之内，这可以通过现场的配合实验来决定）；

(4) 灌浆压力. 为 0.6 兆帕至 0.1 兆帕[4]；

(5) 注浆：在包覆层强度大于 0.3 MPa 的情况下，可进行第 1 轮注浆，其中水泥的投加量为设计投加量的 50%，使用特制的双闭式喷浆机进行逐环灌浆，自底向上灌浆，灌浆结束后，将铝塑管材插入袖阀底部，以清水冲洗袖阀内部残余浆体，凝固 12 小时后，进行第 2 轮注浆，注浆方式与第 1 轮相同，但浆体水灰比调节为 0.8，孔顶和孔底注浆速率分别为 15 L/分钟-20 L/分钟，其他位置为 20 L/分钟-30 L/分钟；

(6) 注浆：水玻璃的灌浆数量，要视岩层和土壤的情况和实际情况而定，单孔的灌浆数量不得低于 80 公斤；

(7) 最后灌注的标准：在设计灌注压力下，灌注强化段土的吸浆率小于 1 L/min-2 L/min，稳定压 15 分钟，（在后续钻孔和第二次灌注时，第一钻孔的目的是控制灌注）；

(8) 灌浆完成后，至基底处用 C20 混凝土进行封闭；

(9)灌浆孔：共计 152 个，每一个灌浆孔的灌浆量按照 20.9 米计，灌浆量为 3176.8 米；每一个钻孔的总深度是 21.6 米，整个钻孔的总厚度是 3283.2 米。需要贯穿地基下面的每一层。这个加固的计划是有弹性的，它不会受到房屋中的任何一个设备的影响。高压灌浆具有弥散半径大、施工过程中泥浆对地表影响小、效果好等优点。

（三）计划制定

在进行高压旋喷桩的施工过程中，存在着噪声、振动等方面的问题，它对周边的环境造成了很大的冲击。但是，在进行过程中，它需要进行污水的处理，而且它的施工工艺对场地的条件有很高的要求[5]。这个方案，本项目的成本大约是 148 万元。在浆液被填入到土体的间隙之后，它可以在很快的时间里进行固化并达到初凝状态，进而对土体进行了加固。与此同时，在注浆的过程中，双液浆的损耗量较小，并能有效提高填料的填充量，使不同因素引起的土壤流失得到迅速恢复。相对于高压旋喷桩，双流体注浆可使施工时间减少 2/3，从而极大地提升了工效。此方案本工程的成本大约为 120 万元。总的来说，两种方案都属于常见的地基加固方式，在进行了技术经济对比之后，还需要将其与现场实施条件进行对比。

结论

综上所述，针对某热电联产项目综合水泵房地基加固工程的加固设计方案，在满足承载力、变形及安全性的前提下，从地基处理、基础方案、上部结构及结构形式等方面对加固设计进行优化，以提高工程的经济效益。

参考文献：

余刚, 褚毅, 赵慕君. 吉林省既有建筑消防水泵房现状问题及解决途径[J]. 北方建筑, 2022, 7(06):21-25.

黄旭兵. 建筑水泵房设备安装过程中的隔音与防燥管理[J]. 住宅与房地产, 2019, No. 540(18):164.

李思慧, 程方, 周金忠. 城市轨道交通区间排水泵房的设计[J]. 中国给水排水, 2021, 37(24):56-60.

樊晋杰. 井下水泵房自动化排水系统优化[J]. 山东煤炭科技, 2020, No. 235(03):140-141+147.

李世杰, 张明杰, 张大千. 鹤煤公司深部水泵房优化设计与支护技术[J]. 煤矿开采, 2015, 20(03):69-72.