

地基处理技术在化工行业土建中的应用

白向星

陕西延长中煤榆林能源化工有限公司, 陕西 榆林 718500

[摘要] 化工行业土建工程项目受到行业特征影响, 地基处理应采用先进技术, 对施工建设区域全面了解, 严格按照施工技术标准实施, 确保项目施工有序开展。文章分析了化工场地地质条件, 包括地表水分布、不利地质条件、地基处理方法等, 针对地基加固效果开展分析, 并从强夯法参数确定、强夯后场地平均沉降计算、强夯法工艺流程、检测技术要求、化工行业土建施工注意事项五方面对地基处理方案开展设计工作, 为化工行业土建工程有效实施提供参考。

[关键词] 地基处理; 化工行业; 强夯法; 加固效果

DOI: 10.33142/aem.v4i11.7402

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Application of Foundation Treatment Technology in Civil Engineering of Chemical Industry

BAI Xiangxing

Shaanxi Yanchang Coal Yulin Energy and Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 718500, China

Abstract: The civil engineering project in the chemical industry is affected by the characteristics of the industry. The foundation treatment should adopt advanced technology, have a comprehensive understanding of the construction area, and implement in strict accordance with the construction technical standards to ensure the orderly construction of the project. This paper analyzes the geological conditions of the chemical industry site, including the distribution of surface water, unfavorable geological conditions, foundation treatment methods, etc., analyzes the effect of foundation reinforcement, and designs the foundation treatment scheme from five aspects: Determination of parameters of dynamic compaction method, calculation of average settlement of the site after dynamic compaction, process flow of dynamic compaction method, requirements of detection technology, and precautions for civil construction in the chemical industry, which provides reference for the effective implementation of civil engineering in chemical industry.

Keywords: foundation treatment; chemical industry; dynamic compaction method; reinforcement effect

引言

石油化工行业土建工程开展施工建设存在一定复杂性, 针对碎石、块石、湿陷性、沙土等不同土质地基、不同施工环境地基处理采取地基处理技术不同, 目前常用的地基处理技术包括碾压夯实、换土垫层、排水固结、振动挤密、置换掺入、加筋等, 只有结合施工现场实际, 选择相适合的施工方法, 才能保证工程项目稳定进行, 促进石油化工土建地基处理效果。

1 化工场地地质条件分析

1.1 地表水分布情况

石油化工土建工程施工区域存在水库、鱼塘等, 水源来自于大气降水, 鱼塘水深在 1.2m 左右, 水量为 3.8 万 m^3 , 中间部位一水沟长度为 1200m, 宽度为 4m, 自北向南, 流速较缓。

1.2 不利地质条件分析

土建工程施工区域由粘性土、砂、碎石组成, 施工区域静力触探试验比贯入阻力为 $P_s=2.17\sim 5.88MPa$, 自由膨胀率为 30~65 之间, 通过对土层的物理力学及均匀性分析, 均处于较差级别, 其中压实度低、缺乏承载力, 如果不能严格按照地基处理技术实施, 将不能作为石油化工土建工程项目应用。

1.3 地基处理方法的选择分析

化工行业土建施工环节, 地基处理方式较多, 但不同技术应用施工步骤存在差别, 经济投入也不尽相同。施工过程中, 应对化工土建项目地质情况及施工环境全面分析, 选择最佳施工技术, 确保施工全过程的安全性, 控制施工成本的同时, 促进技术应用的便捷性。通过对本化工区域的砂质及粘性土地基分析, 应选择强夯法、排水固结法、水泥搅拌法三种, 但由于排水固结法施工期限长, 水泥搅拌法沉降较大, 与本项目地质结构及施工要求不符, 因此, 应选择施工周期短、技术操作便捷的强夯法, 适用于黏性土地及砂质土地, 预期造价为 35 元/ m^2 。

2 地基加固效果的影响因素

2.1 锤重和落距

化工行业地基处理实施强夯过程中, 夯锤上升到一定高度后, 应将其自由下落, 让夯锤自身重力势能转为动能, 使化工区域地基固结, 提高加固效果。强夯法地基加固效果与垂落距离及夯锤重力有密切关联, 夯锤在落下的过程可以得出夯击能, 夯击能保持恒定前提是轻锤高落或者重锤低落。

2.2 锤底面积

强夯环节, 夯锤底部面积越大, 压强越小, 单位土体承受的压力也就越小, 夯锤重力与垂落距离相同, 夯击能

相同, 锤底部面积越小, 地基加固效果越佳, 锤底面积越小, 竖向高度越大, 锤入土体越深, 提拉夯锤摩阻力较大, 会适当延长提拉夯锤时间, 降低作业效率。锤底面积如果打, 锤底会减小对土层的作用力, 不能达到理想夯击效果, 需要增加夯击此时, 会延长工期。

2.3 夯击次数

强夯法地基处理夯击次数直接影响夯击质量, 夯击次数越多, 土体内部颗粒间隙被压缩程度越大, 当夯击次数达到一定的情况, 夯沉量趋于稳定。化工行业土建工程地基处理增加夯锤次数, 可以促进加固效果, 达到缩短工期及提高工作效率的目的。

2.4 土体各项指标

化工项目根据土体的成分、含量、三相不同, 物理学性质也不同, 强夯法加固类型也有所区别, 其中最为常见的加固方式包括动力固结及动力压密两种, 均是将土质破坏再进行重组, 根据土体不同, 采取相应的加固效果。孔隙率及含水量是决定地基土压实度的关键, 如果土体为最优含水量, 含水量可以影响动力固结, 土颗粒的级配等, 可以提高地基压缩性能。其中强夯法加固深度与工程操作土体级配有直接关系。

3 地基处理方案设计

3.1 强夯法参数确定

第一, 锤重、落距及夯击能的选择。根据 Menard 修正公式, 分析起重机起吊能力及加固深度, 其中夯击能越大, 夯锤重量越大, 控制垂落距离, 增加系统稳定性。地基处理受到地基土种类不同, 加固效果也有所不同, 根据地基土物理性质采取不同修正系数, 对加固深度进行验算, 明确地基土在不同夯击能作用下的深度。

表 1 强夯法有效加固深度 (m)

单击夯击能 / (kN · m)	碎石土、砂土等	粉土、湿陷性黄土等	单击夯击能 / (kN · m)	碎石土、砂土等	粉土、湿陷性黄土等
1000	3.96~4.32	4.07~4.46	4000	8.14~8.91	7.92~8.63
2000	5.60~6.10	5.75~6.30	5000	9.10~9.97	8.86~9.65
3000	6.86~7.48	7.05~7.72	6000	9.9~10.92	9.7~10.57

每遍夯击数、夯击遍数及夯点间距的确定。化工土建工程实践中, 夯击点间距过小, 会影响夯击能力的扩散, 分层填筑地基工程处理时, 夯击遍数达不到要求, 加固深度也不能达到预期标准, 如果夯击点间距小, 应增加夯击遍数。应全面分析地层土性质, 如果施工区域土层性质存在差异, 达到同样地基处理效果, 夯击遍数不尽相同。其中应以单点夯击 4 次, 再实行低能量满夯, 夯击点一般采取三角形、正方形等平面形状开展。第一遍夯击点间距应采取直径 3 ± 0.5 倍, 第二遍应排布于第一遍夯击点之间, 随着夯击遍数的增加, 应适当缩小间距, 如果地基处理深度过大, 第一遍夯击点应增加间距。针对会对路面产生影

响的区域, 于道肩连线部位向外侧 3m 区间内, 根据土方量计算图纸等要求来填石强夯。

强夯后场地平均沉降计算

按照经验公式计算方法, 可确定出单点和平均夯沉量, 施工采用人工填土方式中, 拟合计算公式为:

$$\frac{S}{\sqrt{E}} = \frac{N}{37.6+8.99N} \quad (1)$$

上限计算公式为:

$$\frac{S}{\sqrt{E}} = \frac{N}{91.6+8.75N} \quad (2)$$

下限计算公式为:

$$\frac{S}{\sqrt{E}} = \frac{N}{12.5+5.45N} \quad (3)$$

上式中 S 为夯坑深度值, N 为夯击次数, E 夯击能。

3.2 强夯法工艺流程及技术要求标准

强夯法工艺流程。在强夯施工准备阶段, 工程技术人员要向施工作业人员进行技术交底, 确定强夯施工范围, 明确都具有那些技术要点和关键施工节点, 需要采取那些安全技术措施。为了保证强夯施工作业的顺利开展, 在进行大规模施工作业以前, 要先进行样板段施工作业, 根据试夯结果来确定出最为合理的夯沉量、设计参数和施工工艺。在测量放线阶段, 要对施工场地进行平整处理, 采用压路机进行碾压, 根据设计好的方格网来进行放样, 并进行打桩和做好标识, 夯实点设置放样误差不超过 5cm, 在点夯施工先进行垫层铺设。在正式点夯施工作业时, 夯击数为 1 遍, 每个强夯区域单点击数量设置有所差异, 每个夯击区设置为正方形, 点夯施工时要做好沉降量等的记录, 如果发现单击夯沉量和累积夯沉量的突然改变, 要及时通知管理层, 查找出导致异常的原因, 在施工时发现偏锤应该再次对点, 存在歪锤需在马上改变, 坑底部位要垫平, 夯击停止后确保夯沉量不低于 8cm, 还需要及时排出积水, 点夯后先进行推平处理, 根据设置好的方格网来测出高程量, 然后再确定垫层厚度。

第二, 强夯法技术要求标准。首先应确定好单击夯能、夯型, 其中 2000kN · m 夯能应采取点夯形式, 每个夯点间距保持 3m, 其中夯点布置应呈现正方形, 夯击 1 遍即可, 单点击数为 10~13 次, 两次夯击平均沉降量 ≤ 8 cm 时可以停止夯击, 当单击夯能在 800kN · m 时, 应采取满夯形式, 夯点之间的间距应保持 $d/4$ 搭接, 夯点布置应根据施工实际采取搭接型, 夯击遍数 1 遍即可, 单点击数为 4~5 次, 两次夯击平均沉降量 ≤ 5 cm 时可以停止夯击。地基处理对施工技术要求较为严格, 其中锤底静压力应保持在 25~50kPa。2500kN · m 强夯垫层下沉量按照 25cm, 强夯后垫层顶面应略低于道槽设计标高, 注意填方区应清除植物土后, 测量标高, 避免强夯后垫层面超高, 控制填方量。其中碎石垫层应采用未风化的基岩, 粒径控制在层厚的

2/3, 其中曲率系数应控制在 $C_c=1\sim3$, 不均匀系数为 $C_u \geq 5$, 含泥量控制在 5% 以内。4000kN·m 强夯区, 填方区应超挖 65cm 上覆 100cm, 碎石根据施工区域环境特征选择点夯及满夯, 确保地基上部土层应填素土。采取点夯或者满夯后, 应对施工区域碾压并推平, 并对地面高程进行测量, 施工技术人员对夯点测放应严谨操作, 将误差控制在 5cm 以内, 确保夯点测量放线的精准性, 每次夯击过程中, 应保证夯击能的一致性, 派专业人员在施工区域记录每次夯击的沉降量及夯击次数, 针对施工进行过程中出现的参数异常情况应及时向上级单位上报, 例如, 沉降量突然增加, 夯沉量的急剧变化应查明原因, 并采取针对性措施, 严格执行施工方案要求的技术标准。施工过程中, 为了避免出现起锤障碍, 应控制夯坑周边出现大幅度隆起, 如果夯击过程中出现偏锤现象, 应重新校对后再进行夯击。在采取点夯单击夯坑如果深度过大, 应对夯坑内补填碎石块等再继续进行。填土应采取分层铺设及压实, 最后选择推土机、平地机、装载机将施工区域修平。碾压前应对平整度、含水量、松铺厚度层参数进行参考, 确保符合施工技术标准, 其中碾压遍数应根据施工现场试验确定, 采用挖机对换填区场地实施清理, 挖除应做到无遗漏, 将清理的土体及时运送至弃土场。

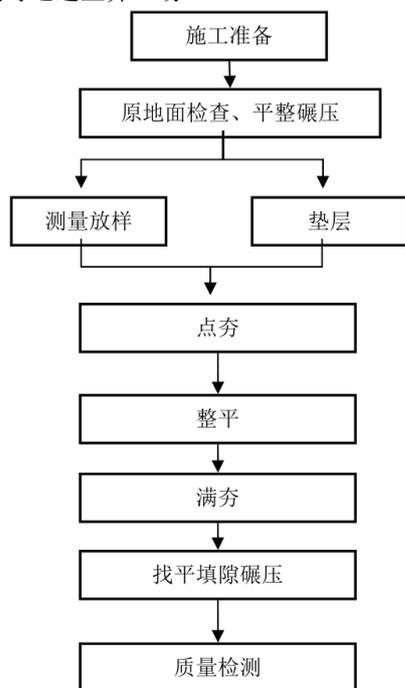


图 1 强夯施工工艺流程图

3.3 检测技术要求

化工行业在开展地基处理, 施工完毕应对施工质量进行检测, 包括高程、平整度、干密度、固体体积率等。其中高程检测利用土建工程专用水准仪, 误差不超过 15mm, 平整度检测选择直尺检查, 要求空隙应控制在 20mm, 要

求按照每 1000m² 选择一点检测。夯后垫层考核干密度 (大于 1.9g/cm³) 和固体体积率 (大于 83%) 参数, 采用灌砂和灌水方式。检测布置点按照每 2000m² 选择一点检测。静力触探路基在施工后 4 周左右进行测试, 其中测试深度在 6m, 碎石层动力触探试验过程中, 地基反应模量应符合 $k_{60} \geq 60MN/m^3$ 。要求按照每 10000m² 选择一点检测。有关变形检测, 应明确检测范围与目的, 确定施工区域土质及填土厚度, 观察记录每次沉降量及沉降规律, 为化工企业地基面层铺设及投入使用提供依据。土基顶面沉降从施工到竣工期间要求每周监测一次, 地基投入使用后要求每 3 个月监测 1 次, 如果沉降量趋于稳定, 可以适当放宽, 否则, 如果沉降量仍较大, 应增加监测频次, 之后根据变形稳定情况灵活确定。表层沉降监测点间距应保持 40m, 顶面沉降运用沉降板检测, 由钢质的底板和镀锌的金属侧杆组成, 底板埋设深度应控制在 50cm, 在埋设沉降板过程中, 应符合观测要求。化工行业土建地基施工监测技术应按照《工程测量规范》相关要求执行, 放样点误差应控制在 5cm 以内, 监测实施前, 应确保施工区域内稳定, 参照我国《建筑变形测量规范》有关沉降观测技术要求执行。检测装置埋设前应做好防腐处置, 及时做好初始记录, 当数值稳定后再实施监测, 监测装置初期运行监测频次较大, 待沉降量稳定后, 可以适当延长周期。当出现变形速率增加、梅雨期过后、地震因素等应增加监测次数。在对监测成果判断过程中, 应明确观测结果的准确性, 根据工程实际情况, 创建数学模型, 并根据沉降观测表, 绘制沉降量与时间二者的曲线关系, 计算沉降速率, 地基固结程度, 对地基情况进行评价。

3.4 化工行业土建施工注意事项

化工行业土建施工环节, 应结合化工行业性质, 根据施工场地的地质结构、行业易燃易爆易泄露等特点, 在地基处理过程中, 在注重夯击质量的同时, 应避免夯锤、脱钩装置、起重机械对周围区域内构筑物造成影响, 还应注意夯锤在空中快速旋转问题。起重机应选择履带式, 考虑直接用钢丝绳悬吊夯锤, 确保吊起重量超出航锤重量, 实现自动脱钩装置, 确保脱钩环节的安全性。锚系装备的选择应尽量控制对起重机臂杆的振动, 达到防护作用, 夯击过程中, 应避免漏夯或者夯击不到位情况发生, 保证夯锤重量与落地距离符合化工行业土建施工技术标准。

4 结束语

化工行业土建地基处理过程中, 采用强夯法, 可以降低工程造价成本, 夯击效果较好, 可以对粘土、回填土等地质结构起到良好的夯击效果, 加固深度随着夯击能的增加而提高, 最深可达 7m 以上。本位以化工行业地基处理为例, 通过前期对地质结构的勘察, 对水文地质资料及岩土物理学特征的获取, 结合施工区域现状, 科学拟定夯击技术标准, 包括夯击能、次数、间距等, 满足化工项目地

基承载力需求,为项目地基处理提供科学的理论依据与实践参考。

[参考文献]

- [1] 杨晓华, 张建伟, 张莎莎, 等. 黄土地区高速公路地基处理技术研究进展 [J]. 长安大学学报(自然科学版), 2022, 42(1): 16-32.
- [2] 宋二祥, 付浩, 李贤杰. 地基承载力机理及新计算方法 [J]. 岩土工程学报, 2022, 44(1): 37-44.
- [3] 苏亮, 时伟, 水伟厚, 等. 高能级强夯法处理深厚吹填砂土地基现场试验 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2021, 51(5): 1560-1569.
- [4] 罗小博, 宋晟, 郭启明. 西北湿陷性黄土区劈裂注浆试验及地基加固应用 [J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2021, 48(9): 52-60.
- [5] 应宏伟, 程康, 俞建霖, 等. 考虑地基变形连续的基坑开挖诱发邻近盾构隧道位移预测 [J]. 浙江大学学报(工学版), 2021, 55(2): 318-329.
- [6] 黄朝焯, 袁文喜, 胡国杰. 成层软土地基预固结处理后桩基水平承载力估算方法 [J]. 岩土力学, 2021, 42(1): 113-124.
- [7] 张鑫磊, 陈育民, 张喆, 等. 微生物灌浆加固可液化钙质砂地基的振动台试验研究 [J]. 岩土工程学报, 2020, 42(6): 1023-1031.

作者简介: 白向星 (1985.11-), 毕业于: 延安大学西安创新学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职于: 陕西延长中煤榆林能源化工有限公司, 职务: 土建工程师。