

# 混凝土基础在渍土地区环境下的防腐设计

叶栋

中国石油工程建设有限公司青海分公司

DOI:10.12238/btr.v3i10.3447

**[摘要]** 青海油田地处柴达木盆地,盆地内为典型的盐渍土地区,对于处于盐渍土环境作用下的钢筋混凝土设备基础的防腐做法往往过于保守,且各不相同。防腐研究基础资料匮乏,各油气田无可直接引用的腐蚀数据。过于保守的防腐做法与实际使用年限较短的矛盾凸显。本文研究要点:通过对青海油田所属区域建筑物的基础腐蚀情况的抽样检测,结合设备的折旧年限及腐蚀环境,合理确定防腐等级及混凝土等级,达到优化设计,节约工程投资。

**[关键词]** 基础防腐; 腐蚀性分级; 无水环境盐渍土; 有水环境盐渍土

中图分类号: DF468 文献标识码: A

## Anticorrosion design of concrete foundation in soil area environment

Dong YE

China Petroleum Engineering & Construction Corp, Qinghai Branch Company

**[Abstract]** Qinghai Oilfield is located in the Qaidam Basin, which is a typical saline soil area. The anti-corrosion practices of reinforced concrete equipment foundation under the action of saline soil environment are often too conservative, and they are different. There is a lack of basic data on corrosion research, and no corrosion data can be directly quoted in oil and gas fields. The contradiction between too conservative anticorrosion practice and short service life is prominent. The main points of this paper are as follows: Through sampling and testing the foundation corrosion of buildings in Qinghai oilfield, combining with the depreciation life of equipment and corrosion environment, the anti-corrosion grade and concrete grade are reasonably determined to optimize the design and save the project investment.

**[Key words]** Foundation anticorrosion; Corrosion classification; Saline soil in anhydrous environment; Saline soil with water environment

### 引言

青海油田位于柴达木盆地,被昆仑山、祁连山、阿尔金山所环抱,是一个高原油气田,该区域具有海拔高、气候寒冷、温差变化剧烈、降水稀少、紫外线辐射强等特点。

近年来油气田场站处于试采与升级改造阶段,大量设备基础伴随设备更新而随之被废弃拆除,同时新建了大量的钢筋混凝土设备基础,设备基础设计使用年限一般为50年,而实际使用年限一般为5-25年。青海油田地处柴达木盆地,盆地内为典型的盐渍土地区,对于处于盐渍土环境作用下的钢筋混凝土设备基础的防腐做法往往过于保守,且各不相同。防腐研究

基础资料匮乏,各油气田无可直接引用的腐蚀数据。过于保守的防腐做法与实际使用年限较短的矛盾凸显。

本文研究要点:通过对青海油田所属区域建筑物的基础腐蚀情况的抽样检测,结合设备的折旧年限及腐蚀环境,合理确定防腐等级,达到优化设计,节约工程投资。

### 1 混凝土结构防腐要求及强度等级要求

青海油田的油气田分布地域广泛,地处偏远且人口稀少,社会经济相对落后,防腐研究基础资料匮乏,各油气田无可直接引用的腐蚀数据。

《工业建筑防腐蚀设计标准》(GB/

T50046-2018)适用于一般建设工程的防腐设计。该标准第4.8.5条对基础与垫层的防腐进行了如下规定:

表1 基础和垫层的防护要求

| 腐蚀性等级 | 垫层材料                     | 基础的表面防护  |
|-------|--------------------------|--|
| 强     | 耐腐蚀材料                    | 1. 环氧沥青或聚氨酯沥青涂层,厚度 $\geq 500 \mu\text{m}$<br>2. 聚合物水泥砂浆,厚度 $\geq 10\text{mm}$<br>3. 树脂玻璃鳞片涂层,厚度 $\geq 300 \mu\text{m}$<br>4. 环氧沥青、聚氨酯沥青贴玻璃布,厚度 $\geq 1\text{mm}$ |
| 中     | 耐腐蚀材料                    | 1. 沥青冷底子油两遍,沥青胶泥涂层,厚度 $\geq 500 \mu\text{m}$<br>2. 聚合物水泥砂浆,厚度大于 $5\text{mm}$<br>3. 环氧沥青、聚氨酯沥青贴玻璃布,厚度 $\geq 300 \mu\text{m}$                                      |
| 弱     | 混凝土C20,厚度 $100\text{mm}$ | 1. 沥青冷底子油两遍,沥青胶泥涂层,厚度 $\geq 300 \mu\text{m}$<br>2. 聚合物水泥砂浆 $2\text{遍}$   |

该标准中第4.2.3条对混凝土强度等级进行了规定,对于腐蚀性等级为强、中、弱条件下的混凝土最低强度等级分

表2 检测项目的年限及防腐情况调查表

| 序号 | 油气田及矿区名称 | 检测项目             | 已使用年限 | 原防腐等级推定(根据现场检测后实际防腐等级) |
|----|----------|------------------|-------|------------------------|
| 1  | 格尔木      | 格尔木炼油厂原冷湖原油接收罐基础 | 23年   | 微腐蚀                    |
| 2  |          | 格尔木炼油厂火炬基础       | 11年   | 微腐蚀                    |
| 3  |          | 格尔木炼油厂动力车间管廊基础   | 23年   | 微腐蚀                    |
| 4  |          | 格尔木炼油厂晾水塔基础      | 26年   | 强腐蚀                    |
| 5  | 花土沟      | 采油一厂计配二站厂房基础     | 23年   | 弱腐蚀                    |
| 6  |          | 采油一厂计配二站加热炉基础    | 25年   | 弱腐蚀                    |
| 7  |          | 采油一厂计配二十站设备基础    | 19年   | 弱腐蚀                    |
| 8  |          | 采油一厂计配八站加热炉基础    | 24年   | 弱腐蚀                    |
| 9  |          | 采油一厂泵联合站冷却塔基础    | 27年   | 弱腐蚀                    |
| 10 |          | 采油一厂泵联合站冷却塔配电间基础 | 27年   | 强腐蚀                    |
| 11 |          | 采油一厂跃进接转站储水罐基础   | 20年   | 强腐蚀                    |
| 12 |          | 采油一厂跃进接转站高压泵房基础  | 20年   | 弱腐蚀                    |
| 13 |          | 采油一厂跃进接转站轻钢厂房基础  | 23年   | 弱腐蚀                    |
| 14 |          | 采油一厂跃进接转站消防水罐基础  | 20年   | 弱腐蚀                    |
| 15 | 南八仙      | 南八仙联合站加药间        | 10年   | 弱腐蚀                    |
| 16 |          | 南八仙联合站消防水罐基础     | 10年   | 弱腐蚀                    |
| 17 | 涩北气田     | 涩北9号集气站房屋基础      | 18年   | 弱腐蚀                    |
| 18 |          | 涩北9号集气站加热炉基础     | 18年   | 弱腐蚀                    |
| 19 |          | 涩北物资库房屋基础        | 12年   | 弱腐蚀                    |
| 20 | 拖拉海      | 拖拉海站厂房基础         | 23年   | 弱腐蚀                    |
| 21 |          | 拖拉海站罐基础          | 24年   | 弱腐蚀                    |
| 22 |          | 拖拉海站锅炉基础         | 24年   | 弱腐蚀                    |
| 23 | 乌图美仁     | 乌图美仁站厂房基础        | 24年   | 弱腐蚀                    |
| 24 |          | 乌图美仁站罐基础         | 24年   | 弱腐蚀                    |
| 25 |          | 乌图美仁站锅炉基础        | 24年   | 微腐蚀                    |

表3 混凝土基础设计强度、实测强度、防腐状况调查表

| 序号 | 油气田及矿区名称 | 检测项目             | 参考勘察报告中地基土及地下水对混凝土的腐蚀情况 | 规范要求基础混凝土强度、垫层材料、防腐做法、环境类别                        | 混凝土基础原设计强度 | 实际测量强度值平均值(MPa) | 混凝土基础外观     | 混凝土基础防腐情况             |
|----|----------|------------------|-------------------------|---|------------|-----------------|-------------|-----------------------|
| 1  | 格尔木      | 格尔木炼油厂原冷湖原油接收罐基础 | 地基土: 微腐蚀<br>地下水: 弱腐蚀    | 基础混凝土: C30<br>垫层混凝土: C20<br>防腐: 可不防腐<br>环境类别: 二 a | 200#(C18)  | 21.2            | 观感良好, 无风化脱落 | 无防腐                   |
| 2  |          | 格尔木炼油厂火炬基础       |                         |   | C15        | 16.2            | 观感良好, 无风化脱落 | 无防腐                   |
| 3  |          | 格尔木炼油厂动力车间管廊基础   |                         |   | 150#(C13)  | 15.4            | 观感良好, 无风化脱落 | 无防腐                   |
| 4  |          | 格尔木炼油厂晾水塔基础      |                         |   | 150#(C13)  | 15.8            | 观感良好, 无风化脱落 | 玻璃钢防腐, 观感良好, 粘接良好     |
| 5  | 花土沟      | 采油一厂计配二站厂房基础     | 地基土: 弱腐蚀<br>地下水: ---    | 基础混凝土: C40<br>垫层混凝土: C20<br>防腐: 可不防腐<br>环境类别: 三 b | 150#(C13)  | 16.8            | 观感良好, 无风化脱落 | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落 |
| 6  |          | 采油一厂计配二站加热炉基础    |                         |   | 150#(C13)  | 16.4            | 观感良好, 无风化脱落 | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落 |
| 7  |          | 采油一厂计配二十站设备基础    |                         |   | 150#(C13)  | 16.6            | 观感良好, 无风化脱落 | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落 |
| 8  |          | 采油一厂计配八站加热炉基础    |                         |   | 150#(C13)  | 16.4            | 观感良好, 无风化脱落 | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落 |

别为: C40、C35、C30。青海油田柴达木盆地内的盐渍土建设环境的土壤腐蚀性一般为强腐蚀级, 即要求采用防护做法达到表1中的强腐蚀级的要求, 同时混凝土强度等级达到C40级。

此外, 《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2010(2015年版)) 中第3.5.2、3.5.3条对混凝土结构的环境类别及混凝土强度等级进行了规定。盐渍土环境属于“三b”类, 对于“三b”类环境结构混凝土材料的耐久性要求中明确规定混凝土强度不低于C40级。

## 2 混凝土防腐情况调查研究

通过对青海油田所属区域中使用期在10年-27年的25建筑物基础和设备基础进行结构状态检测。

根据已建设的项目, 参考了以下青海油田各地区所属区域工程勘察报告:

《中国石油青海油田格尔木炼油厂5万吨/年离子液烷基化项目岩土工程勘察》(格尔木炼油厂项目); 《采油一厂环境污染治理工程-污水防渗池建造岩土工程勘察报告》(花土沟地区项目); 《马仙采油厂南八仙生产污水回注工程岩土工程勘察报告》(南八仙联合站项目); 《涩北气田采出水回注工程-涩北二号气田9号回注站岩土工程勘察报告》(涩北9号集气站项目); 《涩北气田采出水回注工程-涩北一号气田3号回注站岩土工程勘察报告》(涩北物资库项目); 《甘森站、中灶火站及加气站LNG改造工程岩土工程勘察报告》(乌图美仁项目); 《台南气田试采站及其配套工程试采站岩土工程勘察报告》(台南气田项目)。

检测项目的年限及防腐情况调查表见: (表2)

针对在役的遍布整个青海油田建设区域的25个项目, 从参考勘察报告中提取地基土及地下水对混凝土的腐蚀情况; 调阅原设计蓝图, 提取混凝土结构原设计强度; 进行混凝土结构状态检测。检测结果见: (表3)

通过结构状态检测情况可知, 所有混凝土基础在无水环境下本体腐蚀表现不明显, 部分混凝土基础在有地表水侵蚀的部位产生一定程度的腐蚀, 其余部位混凝土

表3 混凝土基础设计强度、实测强度、防腐状况调查表

| 序号 | 油气田及矿区名称       | 检测项目              | 参考勘察报告中地基土及地下水对混凝土的腐蚀情况 | 规范要求基础混凝土强度、垫层材料、防腐做法、环境类别   | 混凝土基础原设计强度 | 实际测量强度值平均值 (MPa) | 混凝土基础外观               | 混凝土基础防腐情况                     |
|----|----------------|-------------------|-------------------------|--|------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 9  |                | 采油一厂苏斯联合站冷却塔基础    | 地基土: 弱腐蚀<br>地下水: ---    | 基础混凝土: C40<br>垫层混凝土: C20<br>防腐: 可不防腐<br>环境类别: 三 b                  | 150# (C13) | 15.6             | 观感良好, 无风化脱落           | 玻璃钢防腐, 防腐层与基础已分离, 但未脱落, 表面无裂纹 |
| 10 |                | 采油一厂苏斯联合站冷却塔配电间基础 | ---                     | ---  | 150# (C13) | 16.2             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落现象       |
| 11 |                | 采油一厂跃进转站储水罐基础     | 地基土: 强腐蚀<br>地下水: 强腐蚀    | 基础混凝土: C40<br>垫层混凝土: 沥青砂<br>防腐: 环氧煤沥青防腐 (厚度 ≥ 500 μm)<br>环境类别: 三 b | 150# (C13) | 15.4             | 观感良好, 无风化脱落           | 玻璃钢防腐, 观感良好, 粘接良好             |
| 12 |                | 采油一厂跃进转站高压泵房基础    | 地基土: 强腐蚀<br>地下水: 强腐蚀    | 基础混凝土: C40<br>垫层混凝土: 沥青砂<br>防腐: 环氧煤沥青防腐 (厚度 ≥ 500 μm)<br>环境类别: 三 b | 150# (C13) | 15.9             | 观感良好, 无风化脱落           | 冷底子油防腐, 观感良好, 粘接良好            |
| 13 | 采油一厂跃进转站轻钢厂房基础 | 150# (C13)        |                         |  | 16.5       | 观感良好, 无风化脱落      | 冷底子油防腐, 观感良好, 粘接良好    |                               |
| 14 | 采油一厂跃进转站消防水罐基础 | 150# (C13)        |                         |  | 15.6       | 观感良好, 无风化脱落      | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落 |                               |
| 15 | 南八仙            | 南八仙联合站加药间         | 地基土: 强腐蚀<br>地下水: ---    | 基础混凝土: C40<br>垫层混凝土: 沥青砂<br>防腐: 环氧煤沥青防腐 (厚度 ≥ 500 μm)<br>环境类别: 三 b | C15        | 15.5             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落         |
| 16 |                | 南八仙联合站消防水罐基础      | ---                     |  | C15        | 15.5             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落         |
| 17 | 涩北气田           | 涩北9号集气站房屋基础       | 地基土: 中腐蚀<br>地下水: ---    | 基础混凝土: C40<br>垫层混凝土: 沥青砂<br>防腐: 环氧煤沥青防腐 (厚度 ≥ 300 μm)<br>环境类别: 三 b | 200# (C18) | 19.4             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落         |
| 18 |                | 涩北9号集气站加热炉基础      | ---                     |  | C15        | 15.6             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落         |
| 19 | 涩北气田           | 涩北物资库房屋基础         | 地基土: 强腐蚀<br>地下水: ---    | 基础混凝土: C40<br>垫层混凝土: 沥青砂<br>防腐: 环氧煤沥青防腐 (厚度 ≥ 500 μm)<br>环境类别: 三 b | 200# (C18) | 18.9             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落         |
| 20 | 拖拉海            | 拖拉海站厂房基础          |                         |  | 150# (C13) | 15.6             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落         |
| 21 |                | 拖拉海站罐基础           |                         |  | 150# (C13) | 16.5             | 观感良好, 无风化脱落           |                               |
| 22 |                | 拖拉海站锅炉基础          |                         |  | 150# (C13) | 15.7             | 观感良好, 无风化脱落           |                               |
| 23 | 乌图美仁           | 乌图美仁站厂房基础         | 地基土: 微腐蚀<br>地下水: ---    | 基础混凝土: C30<br>垫层混凝土: C15<br>防腐: 可不防腐<br>环境类别: 二 a                  | 150# (C13) | 15.7             | 观感良好, 无风化脱落           | 沥青防腐, 观感良好, 粘接良好, 无脱落         |
| 24 |                | 乌图美仁站罐基础          |                         |  | 150# (C13) | 15.9             | 观感良好, 无风化脱落           |                               |
| 25 |                | 乌图美仁站锅炉基础         |                         |  | ---        | 150# (C13)       | 15.7                  |                               |

土采用简单防腐(冷底子油(弱腐蚀级))在经过多年以后,防腐层分布均匀,无脱落,外观良好。

调查研究中发现,建设时间较早的基础混凝土强度多以C15级为主,防腐做

法按照现行标准大多仅达到弱腐蚀级防护要求,且水环境盐渍土对其基础腐蚀和强度影响较小,有水环境盐渍土对基础的腐蚀存在一定程度的破坏。此外,经过对混凝土强度的检测分析,混凝土

强度都处于缓慢增长中,符合混凝土随着时间增加缓慢增长的特性。

### 3 研究结论

研究中的混凝土基础强度等级和所处环境条件下的防腐等级均未达到现行设计规范的要求,但根据结构状态检测结构显示,大部分基础现有状态良好,仍可继续服役,我们发现在盐渍土环境中,有水环境和无水环境差别较大,以下我们将对二者作以定义:①无水环境盐渍土:建设区域干旱少雨,地下水位较深,基础埋置在地下水位线上。②有水环境盐渍土:建设区域地下水位较浅,基础埋置在地下水位线下。建议设计中应区别对待。

对于有水环境盐渍土,建议环境类别定为“三b”类。执行规范中采用防护做法达到强腐蚀级的防护要求;结合对于腐蚀性等级为强、中、弱条件下的混凝土最低强度等级分别为:C40、C35、C30和盐渍土环境属于“三b”类,对于“三b”类环境结构混凝土材料的耐久性要求中明确规定混凝土强度不低于C40级的规范要求,混凝土强度等级均应采用C40级。

对于无水环境盐渍土,建议环境类别定为“二b”类。可适当放宽基础的防腐防护等级和混凝土等级。

综上:设计中,根据盐渍土环境是否有水作用,合理确定防腐等级及混凝土等级,最终达到优化设计,节约工程投资的目的。

### [参考文献]

- [1]赵文晋.滨海相盐渍土中混凝土结构物防腐分析[J].低温建筑技术,2013,39(1):20-22.
- [2]岑文杰.寒冷地区盐渍土环境钢筋混凝土防腐蚀工艺研究[J].低温建筑技术,2016,47(12):44-45.
- [3]施明.盐渍土地区混凝土的防腐[J].企业科技与发展,2007,24(9):25-28.

### 作者简介:

叶栋(1988--),男,汉族,甘肃敦煌人,硕士,工程师,研究方向:空间钢结构、工业(民用)建筑结构设计及研究。