

Analysis of Concrete Foundation Construction for Oil and Gas Pipe Plants and Wellheads

Liguo Liang, Yingming Gao, Tiejun Liu

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei

Email: 479670539@qq.com, gaoyingming@cnpc.com.cn, 649086898@qq.com

Received: Sep. 24th, 2020; accepted: Nov. 20th, 2020; published: Dec. 15th, 2020

Abstract

With the fast development of domestic and international oil and gas industry, a huge number of projects for oil and gas pipe plants and wellheads, are newly built, renewed or expended, and developed. And this article, covering the experience learned from either the domestic projects or the overseas, analyzes the technical requirement of the concrete foundations constructed either in plants or at wellheads, and also illustrates the keys and quality requirement for the construction processes including rebar binding, formwork supporting and concrete casting.

Keywords

Reinforced Concrete, Rebar Binding, Formwork Supporting, Foundation Installation

浅析油气管道站场和井口的混凝土基础施工

梁立国, 高英明, 刘铁军

中国天然气管道局工程公司, 河北 廊坊

Email: 479670539@qq.com, gaoyingming@cnpcc.com.cn, 649086898@qq.com

收稿日期: 2020年9月24日; 录用日期: 2020年11月20日; 发布日期: 2020年12月15日

摘要

国内和国际石油化工行业的快速发展, 催生了大批油气管道站场和井口的新建、改建和扩建项目。本文结合国内外项目的施工经验, 分析场站内混凝土基础的施工技术要求, 从钢筋绑扎、模板支护以及浇筑等方面阐述了各个工序的施工要点和质量要求。

关键词

钢筋混凝土, 钢筋绑扎, 模板支护, 基础安装

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

钢筋混凝土具有良好的稳定性、整体性、耐久性和耐蚀性等优点, 是目前最常用的基础支撑形式, 同时, 钢筋混凝土具有本身自重较大、施工周期较长、质量控制难度大等缺点[1] [2]。

油气管道站场和井口内的设备较重, 运行时管道振动较大, 工艺管道的安装精度高, 因此, 确保基础具有足够的强度、刚度和稳定性, 安装精度满足要求, 才能保证结构稳定、设备正常运转[3]。

目前, 混凝土基础在油气管道站场和井口施工中, 尚未引起足够的重视, 经常出现混凝土基础强度不足、尺寸偏差较大等问题, 本文主要从混凝土基础的预制和安装方面论述施工过程, 对影响工艺安装及使用寿命的质量问题进行分析和研究。

2. 施工步骤

2.1. 基础预制

2.1.1. 施工准备

施工前, 需认真核对图纸, 确定混凝土的强度等级、基础尺寸、基础形式等信息, 根据现场条件、运输能力以及基础尺寸等, 确定是否需要进行现场浇筑[4]。

1) 根据项目所处地区的环境以及混凝土的强度要求选用合适的水泥。

a) 混凝土的强度取决于水泥的强度(见表 1)和水灰比, 低强度等级的水泥很难配出高强度混凝土。

Table 1. Code and strength grade of general cement
表 1. 通用水泥的代号和强度等级

水泥名称	简称	代号	强度等级
硅酸盐水泥	硅酸盐水泥	P•I、P•II	42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R
普通硅酸盐水泥	普通水泥	P•O	42.5、42.5R、52.5、52.5R
矿渣硅酸盐水泥	矿渣水泥	P•S•A、P•S•B	
火山灰质硅酸盐水泥	火山灰水泥	P•P	32.5、32.5R 42.5、42.5R
粉煤灰硅酸盐水泥	粉煤灰水泥	P•F	52.5、52.5R
复合硅酸盐水泥	复合水泥	P•C	

b) 根据项目特点和混凝土所处的环境选用合适的水泥(见表 2)。

Table 2. Selection of common cement
表 2. 常用水泥的选用

混凝土工程特点或所处环境		优先选用	不宜使用
普通混凝土	1 在普通气候环境中的混凝土	普通水泥	
	2 在干燥环境中的混凝土	普通水泥	火山灰水泥 粉煤灰水泥
	3 在高湿度环境中或长期处于水中的混凝土	矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥、复合水泥	
	4 厚大体积的混凝土	矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥、复合水泥	硅酸盐水泥
有特殊要求的混凝土	1 要求快硬、早强的混凝土	硅酸盐水泥	矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥、复合水泥
	2 高强(>C50 级)的混凝土	硅酸盐水泥	火山灰水泥、粉煤灰水泥
	3 严寒地区的露天混凝土	普通水泥	火山灰水泥、粉煤灰水泥
	4 寒冷地区的外在水位升降范围内混凝土	普通水泥	矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥、复合水泥
	5 有抗渗要求的混凝土	普通水泥、火山灰水泥	矿渣水泥
	6 有耐磨要求的混凝土	硅酸盐水泥、普通水泥	火山灰水泥、粉煤灰水泥
	7 受侵蚀介质作业的混凝土	矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥、复合水泥	硅酸盐水泥

- 2) 根据图纸和技术规范的要求，选用钢筋。
- 3) 根据规范要求，预制混凝土强度试块。

a) 根据选定的配合比制作边长为 150 mm 的立方体混凝土试块。

b) 在标准条件下(温度 20℃ ± 2℃，相对湿度 95%以上)，养护 28 天。

c) 用标准试验方法测定混凝土试块的抗压强度，取总体分布中具有不低于 95%保证率的抗压强度值为实验结论数据。
- 4) 对于截面复杂或重量超过 25 t 的基础，应选择在现场浇筑，对于截面简单，重量小于 25 t 的基础可以选择在集中预制场地进行预制。

2.1.2. 钢筋绑扎

- 1) 认真研读图纸, 确定基础尺寸、钢筋的型号与布置、接头形式、保护层厚度等信息。
- 2) 对于有地脚螺栓的基础, 校对地脚螺栓的间距与钢结构或设备底板的螺栓孔距是否匹配。
- 3) 对钢筋进行除锈和防腐处理。
- 4) 现场浇筑的基础, 应提前进行垫层施工, 并将垫层表面清理干净。
- 5) 集中场地预制基础时, 底部应光滑防渗, 必要时应铺设塑料薄膜。
- 6) 根据图纸尺寸对钢筋进行放样。
- 7) 对钢筋进行调直、切割、弯制。
- 8) 弹出钢筋定位线, 铺设钢筋, 并进行绑扎, 钢筋绑扎形式应符合设计要求和标准规范(见图 1)。
- 9) 由监理或业主委托人员进行验收。



Figure 1. Rebar binding

图 1. 钢筋绑扎

2.1.3. 模板支护

- 1) 选用表面平整, 没有明显变形的模板。模板应具有足够的承载力、刚度和稳定性。
- 2) 涂刷隔离剂, 以便拆模, 同时也可以减少表面的蜂窝麻面。
- 3) 对模板进行定位。
- 4) 采用木支撑或钢支撑进行模板支护, 确保接缝处严密, 不跑浆漏浆。
- 5) 对于有放大脚的基础, 应分层进行模板支护, 分层进行浇筑。
- 6) 对模板进行检查和验收。

2.1.4. 混凝土浇筑

- 1) 浇筑前, 复核基础尺寸。
- 2) 浇筑前, 复核预埋螺栓的垂直度、间距、预埋深度等是否符合图纸要求, 同时要复核螺栓顶到基础底的长度, 是否符合图纸要求。
- 3) 对于有预埋吊钩的基础, 应复核吊钩的位置及预埋深度。
- 4) 采用商品混凝土进行浇筑时, 应计算运输和浇筑时间是否超过混凝土初凝时间。

- 5) 自制混凝土, 应首先将料筒充分润滑, 严格按照配合比计量和控制, 确保水灰比和塌落度符合要求。
- 6) 装料顺序为: 石子 → 水泥 → 沙子 → 水。
- 7) 混凝土浇筑时, 应保持浆面慢慢提升, 并充分振捣。
- 8) 浇筑过程中, 不等碰撞预埋螺栓、预埋吊钩等预埋件, 同时观察模板是否有变形和鼓胀现象。
- 9) 分层浇筑的基础, 层间要进行打毛处理, 不留施工缝(见图 2)。



Figure 2. Foundation cast in layers
图 2. 分层浇筑的基础

2.1.5. 混凝土养护与防腐

- 1) 混凝土浇筑完, 应立即进行保湿养护, 养护时间不少于 7 天, 大体积混凝土养护时间应延长到 14 天。
- 2) 对于带地脚螺栓的基础, 表面凝固后, 应尽早基础顶面设置划痕, 以减少后期安装坐浆板和二次灌浆时, 基础打毛工作量。
- 3) 基础养护 7 天后, 进行拆模, 并对表面进行磨平处理。
- 4) 表面处理完成 3 天后, 按设计要求, 涂刷防腐漆。刷漆时, 尽可能比设计要求高 20~50 mm。

2.2. 基础安装

2.2.1. 基坑开挖

- 1) 基坑开挖前, 将基础坐标和工艺坐标进行复核, 确认基坑坐标正确。
- 2) 计算基坑开挖深度, 并根据工艺对标高进行复核。
- 3) 对于改扩建区的基础, 需要根据已建工程的工艺的标高进行复核。
- 4) 基坑的深度和垫层的标高计算:
 - a) 针对无地脚螺栓的基础, 按基础顶的预埋钢板顶标高计算。
 - b) 针对有地脚螺栓的基础, 应根据地脚螺栓顶部的标高以及螺纹长度进行计算, 将坐浆板的标高设置在螺纹外露部分无丝位置的中间(见图 3)。

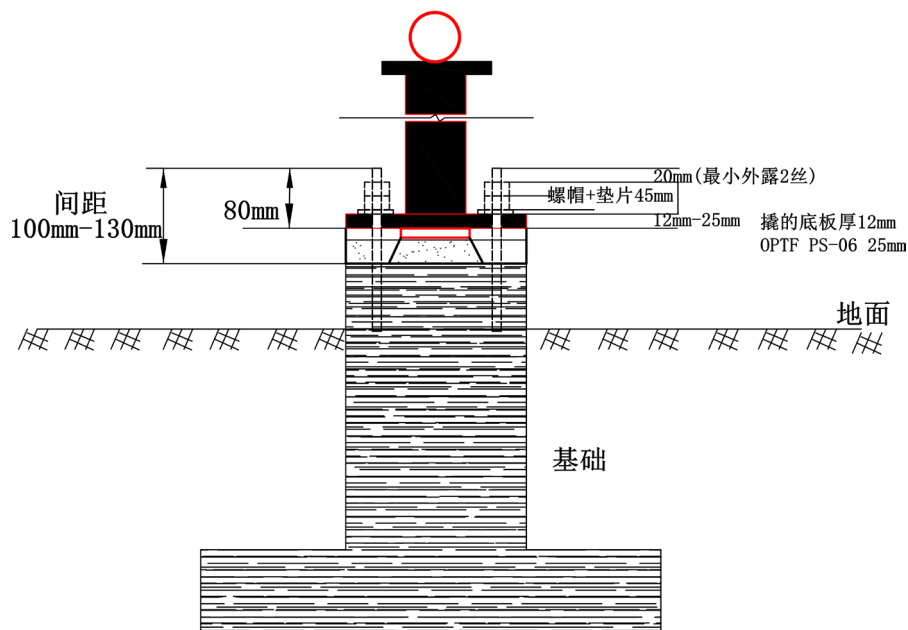


Figure 3. Foundation elevation diagram

图 3. 基础标高示意图

2.2.2. 垫层准备

- 1) 基坑开挖完成后, 进行标高复测, 测量设备应优先选用水准仪, 其次选用经纬仪或全站仪。
- 2) 基坑应超挖 100 mm, 并进行底部夯实, 夯实完成后再次进行标高复测。
- 3) 针对有素混凝土垫层的基础, 模板支护应采用木板, 木板的上边缘宜与混凝土垫层的上表面平齐, 便于控制。
- 4) 垫层厚度不小于 50 mm, 垫层浇筑前, 应再次进行标高复核。
- 5) 针对无素混凝土垫层的基础, 应在坑底铺设 100 mm 后细沙, 找平, 然后铺设塑料膜。
- 6) 发现基坑位置有已建管线或已建基础的放大脚等障碍物时, 及时反馈到设计部, 进行基础坐标调整。
- 7) 垫层标高控制原则:
 - a) 针对无地脚螺栓的基础, 控制垫层标高, 应采取“宁低勿高”的原则, 偏差范围控制在 $-10\text{ mm}\sim 0\text{ mm}$ 。如果基础偏低, 可以在基础顶部加垫板进行弥补, 而基础偏高, 则无法调整。
 - b) 针对有地脚螺栓的基础, 控制垫层标高, 偏差范围应控制在 $-10\text{ mm}\sim 10\text{ mm}$ 之间。

2.2.3. 基础就位

- 1) 垫层准备完成后, 进行基础的正式吊装就位。
- 2) 选择合适的吊装设备(吊车、自备吊等)吊车或自备吊的型, 吊装设备距离基坑至少 1.5 m。
- 3) 利用吊车或自卸吊, 将尽可能多的基础放置在垫层上。
- 4) 对于无地脚螺栓的基础, 应根据预埋板的对角线找出基础中心。
- 5) 对于有地脚螺栓的基础, 应根据螺栓的对角线找出基础中心。
- 6) 中心调整完成后, 应采用线绳对整排基础的地脚螺栓进行复核, 是否在一条直线上, 如果不在一条直线上, 采用撬杠进行移动和旋转, 微调坐标。如果基坑太小无法使用撬杠是, 可选用千斤顶, 依托基坑的坑壁进行调整(见图 4)。



Figure 4. Foundation installation
图 4. 基础吊装就位

- 7) 基础安装完, 应再次进行标高复核, 发现标高偏差超过 20 mm 时, 应立即上报, 并查找原因。
- 8) 发现基础偏高时, 为保证坐浆板的标高, 应加大对基础顶部的凿毛, 将基础顶部进行降低(根据预埋螺栓的预埋深度, 一般不超过 50 mm)。此方法有可能导致地脚螺栓的丝扣长度不够, 需要进行套丝。
- 9) 发现基础偏低时, 为保证地脚螺栓上必须安装两个螺帽一个垫片, 并且满足外露 2 丝的要求, 有以下几种情况:
 - a) 地脚螺栓超过坐浆板标高的长度满足安装要求时, 坐浆板标高不变。
 - b) 地脚螺栓超过坐浆板标高的长度不满足安装要求是, 降低坐浆板的标高, 在钢结构顶部加垫板。
 - c) 地脚螺栓外露长度不够, 而且钢结构顶部不具备加载垫板条件时, 必须提前处理, 调整基础垫层标高。
- 10) 基础安装时, 有条件的情况下, 安排两名测量员采用不同的仪器进行相互校核, 防止偏差较大, 从而避免增加返工量。

2.3. 基础回填

- 1) 基础精确定位完成后, 需及时进行回填。
- 2) 基础回填前, 需要将基础的钢筋吊钩割除, 处理方式如下:
 - a) 去除吊钩根部 100 mm × 100 mm 范围内约 20 mm~50 mm 深的混凝土。
 - b) 从根部割掉吊钩, 并在断口处补刷防腐漆, 防腐漆选用与钢筋防腐同种类漆料。
 - c) 采用灌浆水泥将缺口处磨平, 水泥凝固硬化后, 涂刷与基础防腐同种类的防腐漆。
- 3) 回填土应符合设计和规范要求。为了保证回填压实度, 石方区最大粒径不宜超过 150 mm, 沙土区域最大粒径不宜超过 50 mm。
- 4) 回填前, 在回填土上洒水, 并用挖掘机翻开拌匀。
- 5) 回填每层不超过 200 mm, 然后进行夯实, 并进行压实度实验, 压实系数不小于 95%。
- 6) 压实前, 如果含水量不足, 需要再次进行洒水。
- 7) 回填高度不得超过基础防腐漆的高度, 若防腐漆的高度低于地面, 应进行补刷防腐漆。
- 8) 基础露出地面一般不小于 150 mm, 如果由于地面标高偏差, 导致基础露出地面小于 150 mm, 应对基础上部的钢结构进行加强防腐。(基础露出地面最小不得低于 100 mm)。

2.4. 坐浆板安装

- 1) 坐浆板安装前, 应对基础表面进行凿毛处理。
- 2) 坐浆板安装前, 需要对表面的泥土和凿毛时遗留的残渣进行清理, 确保表面干净。
- 3) 坐浆板选用 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 的钢板, 需经过镀锌或防腐处理。
- 4) 坐浆板安装时, 可选用灌浆料或不收缩水泥, 要调整好水灰比, 水太多, 流动性太大, 水太少灰浆成型不好。
- 5) 坐浆板安装时, 需要精确测量坐浆板的标高, 尽可能将高差控制在 $\pm 5\text{ mm}$ 以内。
- 6) 坐浆板的顶部距离基础顶部(二次灌浆层)不低于 25 mm 。
- 7) 坐浆板安装时, 应分部进行, 首先在基础中心堆放灰浆, 将的坐浆板放置在灰浆上, 调整标高; 待灰浆凝固, 刚刚具备强度时, 用铲刀多灰浆进行修整(见图 5)。
- 8) 清理基础表面的水泥灰浆残渣, 并复查每个地脚螺栓上是否有两个螺帽和一个垫片, 若有遗失, 及时补上, 以便后期进行钢结构安装。



Figure 5. Shim plate installation
图 5. 坐浆板安装

3. 施工质量控制

3.1. 常见问题

3.1.1. 钢筋绑扎施工的质量问题

- 1) 钢筋的弯钩长度太短、弯钩角度不符合要求。
- 2) 钢筋的发生位移, 导致保护层厚度不够。
- 3) 钢筋绑扎不牢固, 发生脱落, 不能有效搭接。
- 4) 钢筋类型不符合设计或规范要求。

3.1.2. 基础外观和尺寸的质量问题

- 1) 基础出现蜂窝麻面较多。

- 2) 基础高度偏差较大, 影响安装过程中的标高控制。
- 3) 基础尺寸偏差较大, 安装过程中, 出现相互碰撞的问题。
- 4) 分层浇筑的基础, 交接面出现裂缝。
- 5) 大体积混凝土出现裂缝。

3.1.3. 安装过程偏差

- 1) 基础坐标偏差较大。
- 2) 基础高程与图纸不符, 或与已建工艺管道不匹配。
- 3) 二次灌浆前未进行表面打毛处理。

3.2. 质量问题解决方法

3.2.1. 人员方面

- 1) 加强人员培训, 钢筋工和模板工要持证上岗, 并开展定期和不定期的能力考核。
- 2) 增加技术交底的频次和深度, 新来员工无论人员多少, 均需经过培训再上岗。
- 3) 开展质量意识培训, 并制定奖罚制度, 约束工人施工。

3.2.2. 材料方面

- 1) 钢筋的采购必须符合图纸和规范的要求, 不得随意更改。
- 2) 骨料的级配必须符合设计和规范要求, 并在施工中搅拌均匀。
- 3) 混凝土施工前, 必须对水的杂质含量做检验, 以判断其腐蚀性。

3.2.3. 技术方面

- 1) 提前对施工特点和环境进行分析, 确定适合项目特点的材料要求、配合比等。
- 2) 根据项目特点, 研究养护方法、养护周期及添加剂等。例如, 在沙漠地区, 应进行双层养护; 在高寒地区应进行防冻养护, 并研究适合施工的防冻添加剂; 在水浸泡地区, 应添加合适的早强剂等。
- 3) 提前校核工艺和基础图纸, 复核扩建项目的连头区域现场情况, 确保坐标和高程准确无误。
- 4) 编制适合项目特点的施工流程和施工方案, 并根据现场出现的问题及时调整。

4. 结束语

2019 年全球炼油项目进入规划建设高峰期。据《烃加工》杂志统计, 全球已宣布的新建炼油项目约 400 多个, 预计到 21 世纪 20 年代中期, 亚太地区的炼油能力将增加约 1.8 亿吨/年^[5]。

随着石油工业的发展, 管道建设企业将面对油气管道站场和井口施工的巨大市场, 而钢筋混凝土基础的施工, 作为工艺管道和设备安装质量的最根本保障, 需要引起高度的重视。在钢筋混凝土基础施工中, 要研究如何发挥钢筋混凝土复合材料的应用性能优势, 保证使用质量, 同时避免其缺点。

参考文献

- [1] 代其磊, 李旭东. 钢筋混凝土结构工程施工中的常见问题及处理[J]. 四川水泥, 2019(10): 334.
- [2] 陈道金. 钢筋混凝土结构建筑工程施工技术措施探讨[J]. 居舍, 2020(5): 38.
- [3] 李长坤. 石化设备基础预埋地脚螺栓定距模板定位措施[J]. 科学管理, 2019, 26(12): 290-292.
- [4] 王勇刚, 彭强. 江坪河水电站座环基础环安装技术[J]. 水力发电, 2020(6): 100-103.
- [5] 袁晴棠. 石化工业发展概况与展望[J]. 当代石油化工, 2019(7): 1-6, 12.