**目 录**

[摘 要 I](#_Toc132220456)

[ABSTRACT II](#_Toc132220457)

[第一章 绪论 1](#_Toc132220458)

[1.1 研究背景 1](#_Toc132220459)

[1.2 研究现状 1](#_Toc132220460)

[1.3 本文研究意义 1](#_Toc132220461)

[1.4 本文研究内容 1](#_Toc132220462)

[1.5 本文组织结构 1](#_Toc132220462)

[1.6 本章小结 1](#_Toc132220462)

[第二章 需求分析及系统框架 2](#_Toc132220463)

[2.1 业务场景描述 2](#_Toc132220464)

[2.1.1 变压器物理结构 2](#_Toc132220464)

[2.1.2 变压器故障分析 2](#_Toc132220464)

[2.2 功能性需求分析 2](#_Toc132220465)

[2.3 非功能性需求分析 2](#_Toc132220467)

[2.4 系统架构设计 2](#_Toc132220467)

[2.5 本章小结 2](#_Toc132220467)

[第三章 工业时序数据分析预测方法实现 3](#_Toc132220468)

[3.1 基于TRANSFORMER的异常检测 3](#_Toc132220469)

[3.2 基于高斯混合模型的故障数据聚类 4](#_Toc132220470)

[3.3 基于LSTM的工业时序数据分类 5](#_Toc132220471)

[3.4 基于VARMA的工业时序数据预测 6](#_Toc132220471)

[3.5 基于时域和频域的故障数据增强算法 7](#_Toc132220471)

[3.6 本章小结 8](#_Toc132220471)

[第四章 原型展示及实验验证 9](#_Toc132220472)

[4.1 系统实现 9](#_Toc132220473)

[4.2 界面展示 9](#_Toc132220474)

[4.3 实验验证 9](#_Toc132220474)

[4.4 本章小结 9](#_Toc132220474)

[第五章 结论 10](#_Toc132220472)

[5.1 工作总结 10](#_Toc132220474)

[5.2 研究展望 10](#_Toc132220474)

[参 考 文 献 11](#_Toc132220475)

[致 谢 12](#_Toc132220478)

关注实现

不要凑字数

7个字为一查重

总结和摘要不能重复

# 需求分析及系统框架

本章主要分析工业变压器时序数据分析预测系统的需求并提出具体的系统架构设计。从变压器理论知识到相应的业务场景，进行功能性和非功能性的需求分析，设计本系统原型的框架结构。

## 2.1 变压器相关研究

### 2.1.1 变压器物理结构

油浸式变压器是工业中最常见，最常用的变压器，其良好的散热效果，优异的绝缘性能和高负载能力使其备受工业厂家喜爱。油浸式变压器主要有六个组成部分：线圈，铁芯，油箱，绝缘系统，冷却系统和终端子。

表1.1 油浸式变压器组成明细表

线圈 铁芯 油箱 绝缘系统 冷却系统 终端子

低压侧线圈、 铁芯柱、 油位计、 绝缘材料、 散热器、 高压绕组终端子、

高压侧线圈 端环、 温度计、 绝缘涂层 冷却器 低压绕组终端子、

中间接头、 箱体、 接地终端子、

绕组 油泵 冷却器终端子、

温度探头终端子、

油位计终端子

变压器的线圈由高压和低压绕组构成，分别用于升压和降压。绕组由导线绕制而成，并通过隔离层和绝缘层与铁芯和油箱隔离。绕组的导线通常是由铜或铝制成，具有良好的导电性和机械性能。高压绕组和低压绕组之间通常有一些辅助线圈，用于控制变压器的电性能和安全性能。

铁芯是变压器的重要组成部分，用于增强磁路并降低磁阻。铁芯通常由多个薄片组成，每个薄片之间都有绝缘层隔开，以防止涡流损耗和磁通漏失。铁芯材料通常是硅钢片或镍铁合金，具有高导磁率和低磁滞损耗，可以有效地增强变压器的效率和性能。

油箱是存放变压器油的容器，通常由钢板制成，并且具有良好的密封性和耐腐蚀性。油箱的主要作用是存放绝缘油，并且通过自然对流或强制循环散热，以保证变压器的正常运转。油箱还可以安装一些辅助设备，如油位计、温度计、压力表等，以便监测变压器的运行状态。

绝缘系统是变压器的重要组成部分，用于保护变压器的电气性能。绝缘系统通常由多层隔离层和绝缘材料组成，以防止高压和低压绕组之间的放电和绝缘破坏。绝缘材料通常是纸板、胶木、云母等，具有良好的绝缘性能和机械强度。

冷却系统是变压器的重要组成部分，用于保持变压器的正常运行温度。油浸式变压器的冷却系统通常采用油循环冷却方式，通过油的自然对流或强制循环将热量传递给油，并通过油箱和冷却器将热量

### 2.1.2 变压器故障分析

由表1.1可以看出油浸式变压器的构成较为复杂，种类繁多，而通常发生故障的部位是绝缘系统，铁芯和冷却系统。变压器故障按照发生位置来分可以分为外部故障和内部故障，外部故障发生在变压器外部，包括铁芯，绕组等，由于这些故障发生在变压器外部，较容易被检察人员发现，并及时对故障部位进行修补，而对于内部故障，则多表现在油箱产生的气体浓度，油温或者电路数据上。

变压器的故障种类较多，产生的原因也各不相同，下面介绍几种常见的故障类型以及他们的产生原因和表现。

1. 绝缘老化

绝缘老化是油浸变压器中一种常见的问题，主要是由于变压器内部绝缘材料老化，破损或者腐蚀等原因导致绝缘性能下降。这些绝缘材料通常是有机材料，例如纸张、纤维板、绝缘漆等，它们在变压器内部隔绝高压和低压绕组，以及保护变压器内部的铁芯等部件不受损坏。当绝缘材料老化后，它们会失去原有的绝缘性能，电气设备内部的电弧、电晕、电击穿等现象就容易发生。当这些现象发生时，绝缘材料内部的有机物质就会被分解并释放出一些气体，其中包括甲烷和乙烷等。

甲烷和乙烷是绝缘材料分解产生的有机物质，它们通常都是无色无味的气体。当它们被释放到变压器内部的油中时，就会导致油中的甲烷和乙烷气体浓度升高。这些气体的存在会对油浸变压器产生一些不良的影响，例如加速油的老化、增加油的黏度、导致变压器内部部件的腐蚀等。同时，这些气体还会对工作人员的健康产生潜在的危害。

因此，在绝缘老化问题发生时，及时采取检修和更换绝缘材料等措施，可以有效地降低甲烷和乙烷气体的浓度，保障变压器的安全运行和工作环境的健康。

（2）绕组故障

绕组故障是指变压器内部绕组中发生短路或开路等异常情况，可能导致电弧和局部放电现象产生，这些异常放电过程会产生大量的热量和气体，其中主要是氢气。

绕组故障导致氢气浓度升高的原因是因为绕组中使用的绝缘材料通常是有机材料，如纸板、绝缘漆等，这些材料会随着时间的推移逐渐老化，产生气体。同时，当绕组发生短路或开路时，电流过大会导致绝缘材料的热分解，也会产生气体。

这些产生的气体包括氢气、一氧化碳、二氧化碳等，其中氢气浓度最高。氢气是一种极易燃的气体，如果氢气浓度超过一定限度，就有可能引发爆炸事故，对人员和设备造成巨大的威胁。

因此，氢气气体浓度升高是绕组故障的一个主要表现，它是变压器内部绝缘老化和电气故障的重要指标之一。对于油浸式变压器，通常采用氢气监测系统对氢气浓度进行实时监测，一旦发现氢气浓度升高，需要及时采取相应的措施，避免事故的发生。

（3）冷却故障

油浸式变压器的冷却系统是保证变压器正常运行的重要组成部分之一。冷却系统通常采用油冷却或者风冷却的方式来散热，如果冷却系统出现故障，如冷却水泄漏、风扇故障等，就会导致变压器内部的油温升高。当油的温度超过正常范围时，会导致油的老化和变质，甚至引发绝缘材料老化和损坏。当变压器内部油温升高时，油中的氧化反应加速，同时会产生气体，主要有氢气和一氧化碳。这些气体会导致变压器内部气体压力升高，并可能引发变压器内部油位异常和气体放出。当变压器内部氢气和一氧化碳气体浓度升高时，可能会达到可燃或爆炸的危险水平。如果不及时采取措施，可能会引发变压器内部火灾或爆炸等严重安全事故。

（4）过载故障

过载故障是指变压器承受超过额定负荷的电流或功率，从而导致变压器的油温升高、氢气和一氧化碳等气体浓度升高的现象。这种现象的发生主要是因为过载会导致变压器的电路、磁路和热平衡等方面出现问题，从而引发一系列反应。

当变压器过载时，其绕组会产生较大的电流，从而产生较大的磁通量，使铁芯和绕组产生磁滞和铁损。磁滞和铁损会导致铁芯的温度升高，从而使变压器的油温升高。同时，变压器的绕组电流过大，使绕组内部的铜导体受到加热，也会导致油温升高。

此外，变压器过载还会使绕组中的电能转化为热能，使绕组的温度升高。当绕组温度升高到一定程度时，会导致绝缘材料老化，从而引发绝缘击穿，产生局部放电，释放出大量氢气、一氧化碳和各种烃类气体。

总之，过载故障会导致变压器内部的电路、磁路和热平衡等方面出现问题，引发一系列反应，导致油温升高、氢气和一氧化碳等气体浓度升高的现象。这种现象不仅会对变压器的运行产生不良影响，而且还会对人员和设备造成危害。因此，定期对变压器进行维护和检测，及时发现和处理过载故障问题，是保障变压器安全运行的重要措施。