

# 煤矿带式输送机电气控制系统设计

谢倩

陕西建新煤化有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i1.6507

**[摘要]** 煤矿带式输送机作为煤矿采煤作业中重要的作业工具，其在电气自动化控制方面的要求也更加严格。传统的煤矿带式输送机在实际应用中面临操作难度大、维护成本高、运输能力不足等问题。因此，为保证煤矿带式输送机的大功率、远距离以及高速稳定运行，本文分析了煤矿带式输送机的工作原理与发展现状，设计一种合理高效的煤矿带式输送机电气控制系统，以期促进带式输送机安全运行。

**[关键词]** 带式输送机；PLC；电气控制系统；智能化技术

## Design of electrical control system of coal mine belt conveyor

Xie Qian

Shaanxi Jianxin Coal Chemical Co., Ltd

**[Abstract]** As an important operation tool in coal mining operation, the coal mine belt conveyor has more strict requirements in electrical automation control. The traditional coal mine belt conveyor faces the problems such as difficult operation, high maintenance cost and insufficient transportation capacity. Therefore, in order to ensure the high power, long distance and high speed stable operation of coal belt conveyor, this paper analyzes the working principle and development status of coal belt conveyor, and designs a reasonable and efficient electrical control system of coal belt conveyor in order to promote the safe operation of belt conveyor.

**[Key words]** belt transport aircraft; PLC; electrical control system; intelligent technology

### 引言

煤矿带式输送机作为煤矿生产中的重要设备，对于提高矿井生产效率和保证矿工的生命财产安全具有重要意义。然而，传统的煤矿带式输送机在实际应用中面临许多挑战，如操作难度大、维护成本高。因此，需要借助智能化技术实时监测环境并进行控制，为输送机的安全运转提供支持。智能控制技术能够自动同步调整带式输送机的输出功率和运行速度，确保运行参数处于标准规定范围内，使煤矿带式输送机的运转功率达到相对平衡，增强其输送稳定性能。

### 1 煤矿带式输送机概述

#### 1.1 总体结构

煤矿带式输送机的用途是将开采出来的煤炭从矿井输送到地面，以此完成煤炭的运输工作（见图1）。

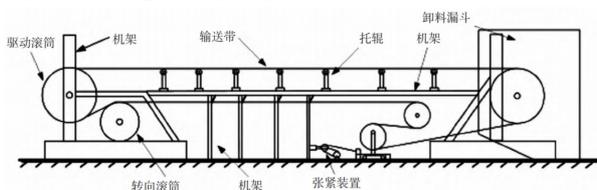


图1 煤矿带式输送机结构图

煤矿带式输送机主要由输送带连接两端的2个驱动滚筒组

成，主要部件有驱动滚筒、机架、转向滚筒、输送带、托辊、张紧装置和驱动装置等。其中驱动滚筒在驱动装置的驱动下带动输送带运行，转向滚筒用于调节输送的方向，托辊用于支撑输送带及其运输的物料，机架作为输送机的主体结构，用于固定整个运输系统，张紧装置的作用是当输送带和滚筒之间发生打滑现象时起到防止打滑的作用，是保障物料正常传输的构成装置<sup>[1]</sup>。

此外，煤矿带式输送机还配备有储存运输带的装置，可以把多余的输送带存储起来，实现带式输送机可调节灵活运转的作用。

#### 1.2 工作原理

煤矿带式输送机通过输送带连接2个驱动滚筒，形成1个闭合的环路，在驱动装置带动驱动滚筒的作用力下，带动整个输送带运行。其中输送带既是运输煤炭的承载装置，又是运输机运行的牵引装置。牵引力的来源主要是输送带和驱动滚筒之间的摩擦力，如果摩擦力太小，就会导致运输带打滑，影响运输机正常运输，这时，就需要用到张紧装置，通过张紧装置，增大运输带和驱动滚筒之间的作用力，从而提供足够的摩擦

力，达到运输煤炭的目的。此时，储带装置需要及时将多余的运输带存储，避免运输带在运输过程中发生缠绕。托辊也能起到调节摩擦力的作用。运输带和驱动滚筒之间的摩擦力是衡量1台带式输送机运输物料能力的直接参数，而摩擦力的大小是由运输带和驱动滚筒之间的摩擦系数和二者之间的围包角的大小决定的<sup>[2]</sup>。只有把带式输送机的运输能力和功耗结合起来研究，才能最大限度提高经济效益，这需要在生产中根据煤矿采煤实际情况进行优化并采取相应的控制措施。

### 1.3 煤矿带式输送机应用现状

随着现代煤矿生产规模日益扩大，煤矿带式输送机成为煤矿现代化生产中不可或缺的重要设备。近年来，随着智能化技术的快速发展，许多先进的技术被引入到这种设备中，从而提高了其稳定性和效率。例如，通过传感器和数据分析，可以实时监控输送机的工作状态，及时预警潜在的故障，减少停机时间。然而，煤矿的工作环境通常都具有高温、高湿、高黏度和易燃易爆的特点，这为输送机的安全性带来了巨大挑战。为了确保设备和工人的安全，厂家不仅在设计上进行了多方面的优化，还加强了对设备的安全管理和维护，以确保其在恶劣环境下的稳定运行。目前，已有厂家研发出性能更为出色、更加可靠的新型煤矿带式输送机。这种新型输送机不仅在传统功能上得到了提升，还在安全性、稳定性和智能化等方面进行了升级，更加符合现代煤矿的生产需求<sup>[3]</sup>。

## 2 煤矿带式输送机电气系统智能化控制技术

煤矿带式输送机作为重要的物料输送设备，其运行状态直接关系到整个煤矿生产的连续性和安全性。随着科技的不断发展，现代信息技术手段为煤矿带式输送机的管理和操作带来了全新的可能性，目前常见的技术主要包括以下几个方面。

### 2.1 实时监测诊断技术

煤矿带式输送机在实际运行中承受着巨大的工作压力，尤其是其输送带部分。输送带的耐久性、应力状态、接头断裂、纵向撕裂、过张力及脱开等问题都是影响输送机正常工作的关键因素。为了有效地预防和解决这些问题，及时发现隐患，防止大规模事故的发生，实时监测和全方位的保护机制显得至关重要。

综合监控系统集成了多种传感器，如温度传感器、振动传感器，这些传感器是实现煤矿带式输送机智能化的关键技术。它们可以实时采集机器的运行状态，如输送带的温度、振动情况和其他可能的异常情况。这些数据会被发送到自动化控制系统中进行处理和分析。通过对这些传感器采集的数据进行深入的分析，可以精确地识别和预测潜在的问题，从而为运维人员提供有力的决策支持。例如，如果传感器检测到某一区域的温度异常升高或是振动过于剧烈，那么维修人员可及时介入，采取相应的措施，确保设备的安全和稳定运行。

### 2.2 机器人检测技术

基于带式输送机在煤矿中的关键作用，其运行状况和安全性直接关系到矿井的正常生产和工人的生命安全。传统的手工检测与维修方式存在很多安全隐患，对突发事件的响应时效性不强，可能会给工人和设备带来严重的风险。在这种背景下，开发一种可以全方位、多角度地监测带式输送机运行状况和操作者行为的智能无人机器人巡视系统显得尤为重要<sup>[4]</sup>。这种巡检机器人不仅需要适应复杂的矿井环境，还要具备高度的自动化和智能化功能。借助现代通信技术，如无线局域网技术和蓝牙技术，机器人可以实时与监控中心交互数据，提供实时的状态反馈。

此外，系统中的视听采集系统能够实时捕捉带式输送机的运行情况和周围的人员行为，确保无任何细节遗漏。而通过集成的环境感应器，能够持续监测温度、湿度和烟雾等关键环境参数，一旦检测到异常，如温度过高或烟雾浓度超标，可以迅速启动超负荷警报，为现场人员提供足够的应对时间。最关键的是，通过引入人工智能技术，如机器学习和深度学习，巡检机器人不仅可以对数据进行智能分析，还可以基于大量历史数据和当前数据进行智能预测，对可能出现的问题做到事先预警。通过这种智能控制方式，既可以提高带式输送机的工作效率，也极大增强了对异常情况的应对能力<sup>[5]</sup>。

## 3 基于 PLC 设计煤矿带式输送机电气控制系统

### 3.1 总体架构设计

PLC 可编程控制器具有易编程，使用方式灵活以及操作复杂度低等优越特性，将其应用于煤矿带式输送机电气控制系统设计工作中，可显著提升煤矿带式输送机在采煤作业中的输送可靠性。本文设计的煤矿带式输送机电气控制系统架构如图2所示。

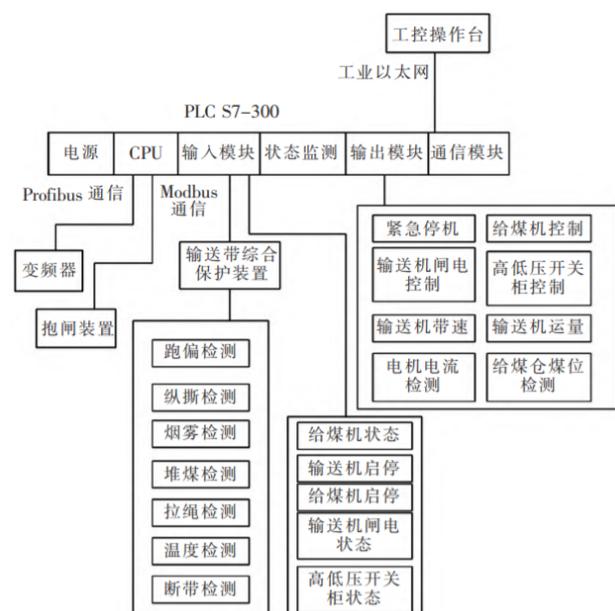


图2 煤矿带式输送机电气控制系统架构图

系统架构以 S7-300 系列 PLC 组件、工控操作台两大部分为主要构成，S7-300 系列 PLC 组件是整个系统架构的控制核心，具有超强的自动控制性能，在较短的时间内可较为准确地完成对各个功能模块的合理自动控制，还可以在其中随时添加所需附加模块，完善其控制功能，增强煤矿带式输送机电气控制系统的灵活性，如在本文中在原有组件结构中，添加了状态监测模块，系统在实现基本保护与控制功能的同时，还可有效监测煤矿输送机各部件的工作状态，确保煤矿带式输送机安全稳定运行。

### 3.2 煤矿带式输送机电气控制系统硬件设计

#### (1) PLC 控制器设计

在煤矿生产工作中，设计合理的控制器结构，是能否有效保障煤矿带式输送机输送功能稳定性，使煤矿生产任务圆满完成的关键。基于 PID 控制技术在功率平衡控制方面的优势，本文采用其 PID 控制对 PLC 控制器结构实施了合理设计，PLC 控制器架构如图 3 所示。

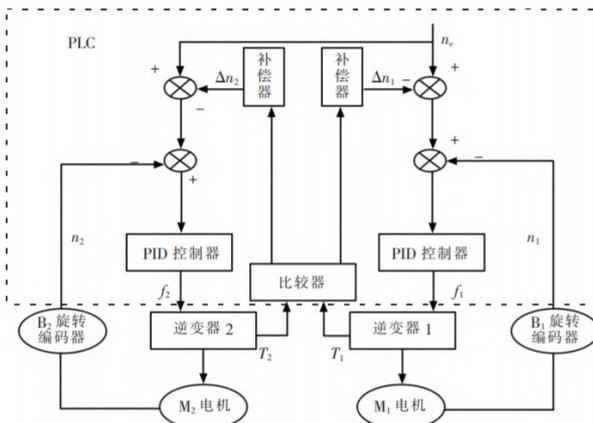


图 3 PLC 控制器架构图

图 3 中， $T_1$ 、 $T_2$  分别为电机  $M_1$  与电机  $M_2$  经逆变器输出的转矩； $n_1$ 、 $n_2$  分别为 PID 控制获取到的两逆变器速度； $n_e$  是怠速偏差； $\Delta n_1$  与  $\Delta n_2$  是两逆变器补偿速度； $f_1$ 、 $f_2$  是两逆变器的输出频率。为合理控制功率平衡，达到提升煤矿带式输送机输送性能的目的，将比较器引入到架构中，用于比较  $T_1$  与  $T_2$ 、 $n_1$  与  $n_2$  的大小。在实际工作中，将  $n_e$ 、 $\Delta n_1$  与  $\Delta n_2$  当作 PID 控制器的有效输入，之后将相应结果传输至逆变器，调节两逆变器的有效输出频率，达到使 2 台电机转速以及转矩同步的目的。当煤矿带式输送机两电机产生的转速差满足不低于 2% 的条件时，利用输送带综合保护装置发出相应的故障信号，提高煤矿带式输送机电气控制系统的输送可靠性。

#### (2) 工控操作台设计

工控操作台实质上是一种人机交互界面，通常以工业以太网为可靠媒介，与带式输送机紧密相连，可将由控制器带式煤矿输送机各传感器信号，以及监测煤矿带式输送机工作状态等信息，合理显示于液晶屏幕，并使用控制器实现对煤矿带式输送机各现场设备的有效动作。本文针对上述状况，对工控操作台进行了合理设计，设计的工控操作台架构图如图 4 所示。

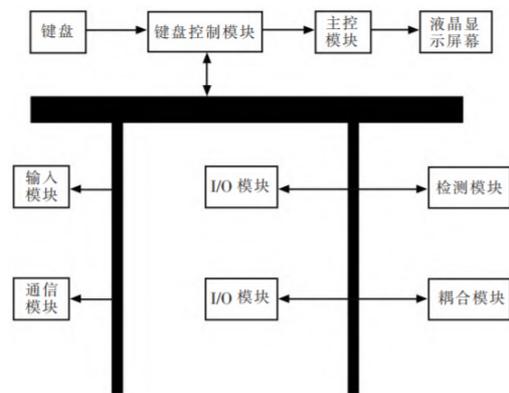


图 4 工控操作台架构图

该工作架架构中，主控模块将嵌入式计算机当作其控制核心，与液晶显示屏相连接，承担相应图像处理以及显示职责。键盘控制模块与键盘建立有效连接，主要用于完成相应的信息处理以及传输工作。检测模块，以七芯电缆为可靠连接媒介，实现与煤矿通信控制装置分级站点以及各种终端设备的有效连接，对各终端设备以及分级站点等的输入状态实施可靠检测，并将所获结果发送至键盘控制板，进行相应的处理以及传输<sup>[6]</sup>。I/O 模块的主要职责是对输入或者输出点执行有效的采集与控制操作，通常在 1 个工控操作台中，会设置 2 个 I/O 模块。耦合模块的主要作用是在装置要实现联机时，完成相应的信息传输工作。输入模块负责执行合理的开关量输入操作，通常在设计工控操作台时，只构建 1 个该模块。通信模块具有超强的音频扩展功能，可按就近原则将电话网接入到平台中，在对带式输送机实施合理控制时，实现语音通话功能。

#### (3) 电源模块供电电路设计

电源模块的主要职责通常是系统中的各个模块提供稳定的电压，满足系统各模块用电需求，保障其正常功能的发挥。泰德 TD1501AS50 电源芯片具有较为理想的短路、反极性以及过温保护性能，且在完成电压输出工作时，产生的噪声较小，为此，在本文中基于该芯片对电源模块供电电路进行合理设计，设计出的电源模块供电电路架构如图 5 所示。

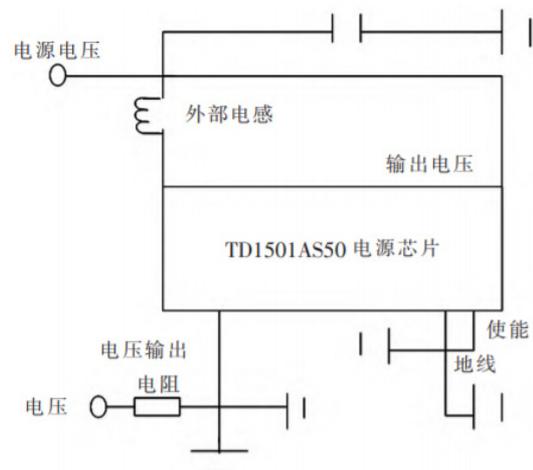


图 5 电源模块供电电路架构图

由于泰德 TD1501AS50 电源芯片具有非常理想的动态响应性，因而在本文设计的带式输送机电气控制系统中，即使系统负载状况比较不稳定，负载频率发生改变的次数较多，该电源供电模块仍可持续不断向该电气控制系统提供稳定电压。

### 3.3 煤矿带式输送机电气控制系统软件设计

#### (1) 煤矿带式输送机电气控制系统主程序设计

通常煤矿带式输送机电气控制程序主要包含堵塞与超速、跑偏等基本保护程序以及后台的调速控制以及功率控制等程序。因 STEP 编程软件在参数设置、程序编写以及监控方面优势显著，可实现文件保存与维护、系统启动与测试以及硬件配置等功能，故在本文中使用该编程软件完成煤矿带式输送机电气控制系统主程序设计工作。主程序流程如图 6 所示<sup>[7]</sup>。

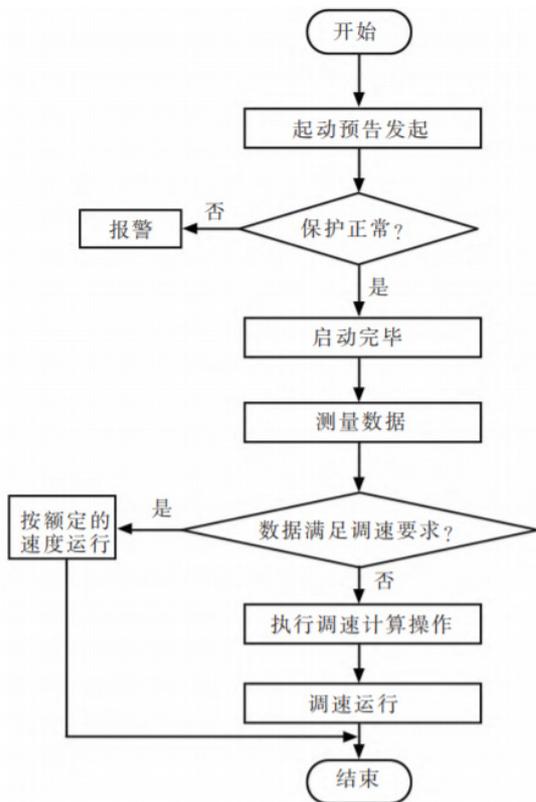


图6 主程序流程图

#### (2) 随机森林煤矿带式输送机状态监测实现流程

为不影响正常煤矿采煤作业的进度，必须实时关注煤矿带式输送机的运行状况，以便及时发现煤矿带式输送机异常状况，积极采取措施予以处理，确保煤矿带式输送机正常稳定运行。煤矿带式输送机状态监测流程：

①采集煤矿带式输送机的带速、电机电流以及输送带上转动滚筒位置的温度信号。

②使用小波边界处理方法执行合理有效的噪声滤除工作。

③使用小波包特征提取方法对信号执行有效的特征提取操作，特征完成后，对所获特征数据进行归一化处理，使其成为具有无量纲的相对数值。

④随机森林算法设计煤矿带式输送机故障诊断模型，模型架构如图 7 所示。

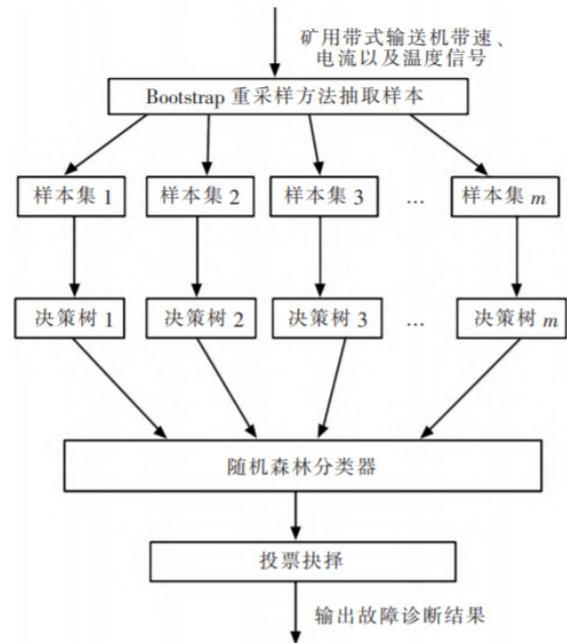


图7 煤矿带式输送机故障诊断模型图

## 4 结束语

随着科技的不断进步，煤矿带式输送机也在不断向智能化方向发展。过去的煤矿输送系统或许简单、功能单一，但目前智能化技术已经深入到煤矿的各个环节，为煤矿的安全生产、效率提升以及煤质调节提供了强有力的技术支持。本文所述系统可以有效地控制煤矿带式输送机，对煤矿输送机状态监测效果较好，误判率较低。保证其在工作时功率平衡，并且确保其安全、稳定地运行。

### [参考文献]

[1]蒋卫良 郝存根 宋兴元等.煤矿带式输送机关键技术发展现状与展望[J].智能矿山, 2020(1):98-104

[2]王文龙.煤矿带式输送机智能化控制系统技术应用[J].机械管理开发, 2023, 38(5):217-218, 223

[3]王圣冰.PLC技术在带式输送机控制系统中的应用[J].矿业装备, 2021(5):32-33

[4]鄯闯.煤矿带式输送机智能化关键技术浅析[J].内蒙古煤炭经济, 2023(9):51-53

[5]王海军 王洪磊.带式输送机智能化关键技术现状与展望[J].煤炭科学技术, 2022, 50(12):225-239

[6]奉晋交.带式输送机控制系统智能化升级改造研究[J].中国石油和化工标准与质量, 2020(13):116-117

[7]李梦祺.煤矿带式输送机智能化控制系统技术应用[J].机械管理开发, 2022, 37(1):217-21