

# 地下长距离曲线带式输送机关键技术的设计与应用

郭子晗, 李松

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610081)

**摘要:**结合工程项目,介绍了长距离带式输送机在地下工程中的成功应用,阐述了带式输送系统的线路选择及布置、多点驱动、通讯系统、信号系统、多站控制系统等关键技术所采取的方案及措施以及取得的良好现场使用效果。

**关键词:**地下工程;曲线带式输送机;关键技术;设计;应用;杨房沟水电站

中图分类号:TV554;TV53;TV51

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)06-0036-03

## 1 概述

近年来,长距离带式输送系统以其具有的能连续运行、运行可靠、输送能力大、运行成本低、节能环保、结构简单、维护方便、易于实现自动化等优点被广泛应用在砂石、煤炭、冶金、电力、化工、矿山、港口、建材、粮食等领域,在生产过程中发挥着重要作用。而水电工程选址多在高山峡谷,其地形条件复杂,周边建筑物密集,线路选择受限,为适应布置条件,需考虑采用地下隧洞内的布置方案。但在线路和断面形式的选择、驱动方式及设备布置、通讯系统、信号系统、电气自动化控制

方案等诸多问题相互独立,又彼此制约,共同影响到长距离带式输送系统的设计和后期的安全可靠运行。笔者结合杨房沟工程带式输送系统在设计、运行中遇到的问题以及采取的解决方案,介绍了地下长距离带式输送机的设计与应用。

杨房沟水电站位于四川省凉山彝族自治州木里县境内,该工程地形条件复杂,开采石料场与砂石加工系统距离坝址较远,砂石系统加工所需的半成品石料和加工生产的成品料均采用带式输送机运输。半成品、成品料输送线布置情况见图1。

## 2 线路选择及布置

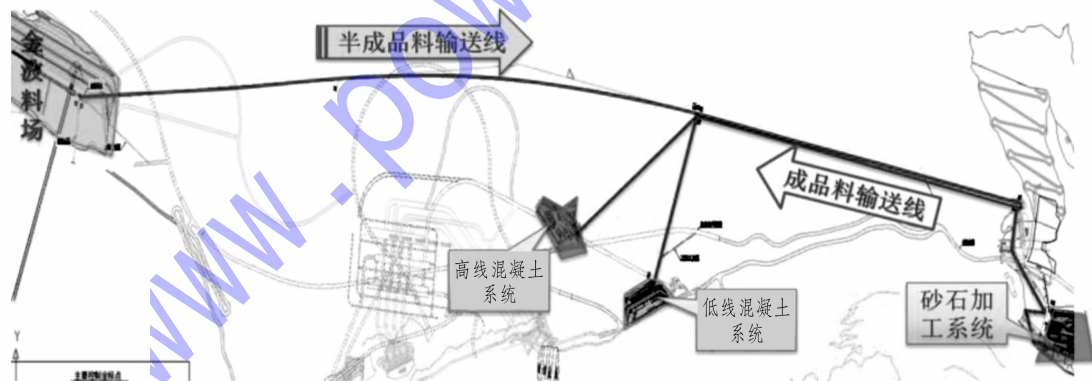


图1 半成品、成品料输送线布置图

长距离带式输送机线路长、功率大,线路设计关系到输送机总体的经济性和后期运行的可靠性。长距离带式输送机线路选择的目的是在线路起点与终点间选出一条全面符合建设要求的线路路径。路径的选择应对线路运行、安全、经济、合理、施工方便等因素进行全面考虑、综合比较。线

路方案合理与否直接影响到设计质量和后期运行。

在杨房沟工程长距离带式输送系统总体方案布置上,技术人员充分利用现场地形特点,对线路布置方案进行了多次优化。半成品输送线由3条带式输送机组成,总长度为3.95 km。A1 胶带机布置在料场竖井底部的粗碎车间卸料端,为短距

收稿日期:2018-09-15

离胶带机,主要满足在卸料段出现故障时能紧急停机,以减小其对长距离胶带机运行的影响,同时调整角度,增大 A2 曲线长距离胶带机的曲率半径。A2 胶带机沿线经过杨房沟、滴水崖沟,采用空间曲线布置,全线布置在隧洞内,在杨房沟附近设置曲线转弯,转弯半径为 5 500 m。为避免杨房沟、滴水崖沟对输送线路的影响,在满足隧洞排水坡度要求的前提下,全程小角度上运或下运。胶带机在隧洞断面布置方案上,平衡考虑土建施工费用和胶带机后期运行维护的需求,采取了经济合理的断面形式,为结合布置成品料带式输送机, A2 隧洞断面净空尺寸按两种形式布置,其中 I 型为 4.5 m(宽)×4 m(高),长度为 2.56 km,布置半成品料输送机, II 型为 6.5 m(宽)×4 m(高),长度为 1.2 km,平行布置半成品料 A2 及成品料带式输送机。

为适应地形、避免供料线对卡杨专用公路的影响和避让周边建筑,半成品输送线采用全隧洞布置方案,在布置上尽量远离江边沿山坡布置,隧洞围岩条件相对均匀、稳定,既减少了隧洞支护工程量,又能保证施工进度;为方便运行管理,节省土建费用,成品料输送线与半成品输送线采用共用隧洞的布置方案,利用半成品、成品输送线转料环节局部扩挖集中布置电控驱动站,以提高电控系统的可靠性和经济性,同时减少了隧洞开挖支护量并满足转料站的结构布置和安装要求。半成品输送线采用空间曲线胶带机布置方案,能够满足空间转角和系统排水要求,同时优化了半成品输送线运行工况,提高了运行的可靠性,节约了后期运行管理成本。

### 3 驱动方式的选择

驱动方式的选择受地形、带宽、运量、胶带等多个因素的同时影响,方案设计时应有针对性地考虑最佳驱动方案。对于长度在 3 km 以内的输送机,一般采用头部集中驱动;对于长度在 5 km 以上的输送机,则采用头尾驱动较多。单机长度超过 10 km 时,一般会考虑中间转载驱动的方案。由于带式输送机系统的驱动种类较多,根据传动原理和结构特点的不同,将现有的驱动装置分成

变频调速、液力耦合器传动、直流电动机调速、液体粘性离合器传动、液压马达驱动、交流电动机软启动和差动变频无级调速等。带式输送机的负载是一种恒转矩负载,运行过程中往往不可避免地要带重负荷启动或制动,因此驱动装置的性能非常关键。

杨房沟工程长距离带式输送系统采用变频软启动方案,其运行效果满足大型带式输送机软启动及调速的性能要求。采用变频驱动方式具有以下优点:变频器的加、减速曲线可以在宽广范围内设定,能满足控制带式输送机加速度和减速度的要求,变频调速系统的机械特性基本与电动机的固有特性相同,使用开环系统控制带式输送机的驱动可以满足技术要求。变频调速的调速精度高,易于实现启、制动速度曲线的自动跟踪,能够提供可控、理想的启、制动性能,适用于长距离、线路复杂的带式输送机,可以控制输送机按设定的“S”曲线启动和制动,以满足整机动态稳定性及可靠性要求。变频调速驱动装置还可以满足低速验带运行要求。当用多台变频调速电动机驱动一台带式输送机时,通过变频器调整各电动机的特性使之尽量接近,以减小各电动机间负载功率的差异;能实现软启动,电机启动对电网的冲击小,能减少供电系统设备的投入。

变频驱动方案总体减少了驱动装置的尺寸和重量,节约了场地空间,软起、制动的加减速度可控制在  $\alpha \leq 0.05 \text{ m/s}^2$ ,将电机的启动电流和输送带的启动张力控制在允许范围内,保证系统平稳启动、停机和运行。可以实时根据运量情况调节带速,节能运行,解决工程对系统运行要求存在的生产能力不平衡的问题,同时达到很好的保护输送机系统及延长输送机系统寿命的目的。

### 4 曲线胶带的纠偏

长距离胶带机一般会根据现场地形设置曲线转弯段,转弯半径的选择应根据计算确定。选取转弯半径的一个原则是:只要现场条件允许,转弯半径应尽量取大一些。转弯段与直线胶带机不同,转弯胶带机在曲线段受到胶带张力 S 的作用产生一个向心合力 F,使胶带产生向曲线内侧滑

移的趋势。平面转弯胶带机转弯结构设计的关键是产生向曲线外侧的导向力来抵消向心合力 $F$ 。当胶带偏移量达到带宽5%时,必须进行纠偏,否则输送带将越跑越偏。据统计,输送带的损坏有30%以上是因跑偏磨损而报废,跑偏量过大会造成胶带磨损、撒料、缩短胶带的使用寿命、增加设备维护和卫生清理工作量,跑偏严重时,会使胶带刮破及撕裂、直接影响到安全生产并带来较大的经济损失。因此,有效地防止和快速调整输送带跑偏是长距离曲线带式输送机应注意和需要解决的重要问题之一。杨房沟工程长距离带式输送系统曲线段采用了以下技术措施:(1)内曲线抬高。将上下托辊内曲线适当抬高,通过调整铰接托辊支架与纵梁连接的支座予以实现。(2)托辊设置前倾。胶带和托辊产生摩擦力,进而产生摩擦导向力。在不同的工况下,胶带的张力不能保持为恒定值,因而在设置托辊前倾时,将内托辊提供的前倾力设为导向力,而外托辊产生向心力。(3)加大槽角。杨房沟工程胶带机曲线段上托辊采用45°托辊。(4)曲线内侧面设置挡辊并在带面设置压带辊:设置挡辊和压带辊的目的是为了当采用前面的措施不能完全防止胶带向内偏移的强制措施。

上述措施在工程中的应用,起到了很好的纠偏效果。由于胶带机运输量、运输速度等工况的改变,使胶带跑偏变化较大。在运行过程中,需对各运行工况转弯部位胶带状况进行分析并进行相应的试验和数据收集,归纳出纠偏托辊水平角度及垂直角度具体的调整参数和相应的纠偏方法。

## 5 多站电气自动化控制设计

大型带式输送系统具有设备功率大、数量多、布置分散、跨越距离远、保护装置多的特点,控制系统通过设置一个主操作控制站、多个从操作控制站的方式予以控制,各控制站能根据区域设备的布置特点将电气设备控制装置就近分散布置在各控制站内,每座控制站配置有相应设备的电气控制装置、通讯装置,人机自动化控制操作界面,实现该区域设备的自动化控制及信息管理。系统各操作站和现场设备通过现场总线、光纤通讯技

术组建可靠、快速的通讯网络,将各控制站整合为一体以实现系统的自动化控制。

杨房沟工程带式输送系统采用多站控制技术,根据系统设备的布置设置了6座控制站,其中2#站为控制主站,1#、3#、4#、5#、6#站为控制分站,每座控制站由PLC和工业以太网、现场总线组成控制网络,完成系统内设备、保护装置的全工作过程的监控、监测,构成一个完善的监控系统。电气设备控制装置就近分散布置在各控制站内,每座控制站配置有相应设备的电气控制装置、通讯装置,系统人机自动化控制操作界面。系统控制主要采用PLC+变频软起动控制技术,系统各操作站和现场设备通过现场总线、光纤通讯技术组建可靠、快速的通讯网络,将各控制站整合为一体并采用人机操作界面用以实现系统的自动化控制。

多站自动化控制系统适应长距离带式输送系统自动化控制要求,具有自动化程度高、综合信息管理便捷等优点,可大量节约安装成本,减少维护工作量,提高系统运行的可靠性,尤其是对提高运行管理水平具有重要作用。

## 6 结语

杨房沟工程地下隧洞长距离曲线带式输送机结合类似工程的运行经验,在设计中综合考虑线路布置、现场安装、运行维护、电气控制、通讯、信号系统等解决方案,系统投入运行后,运行状况良好,能够保证系统可靠、连续运行生产。由于目前对生产系统的运行管理日趋智能化,对其自动化程度及智能化管理水平的要求越来越高,各工程需结合输送机设计方案研发智能化控制管理系统,智能协同、动态控制和调节设备运行参数,实现管理过程的智能化和信息化,提高整机自动化水平,进一步降低运行成本。

### 作者简介:

郭子晗(1981-),男,四川南充人,项目副经理,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

李松(1989-),男,吉林长春人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)