

节能减排技术在轮胎动力系统中的研究与应用

虎玉荣

(双钱集团上海橡胶机械一厂有限公司, 上海 200129)

摘要: 轮胎制造作为汽车产业链上的不可缺少的一环, 在轮胎生产过程中, 其生产过程中的能源消耗和环境污染问题日益凸显。动力系统中循环水、冷却塔作为轮胎制造过程中的关键环节, 研究和实施动力系统循环水等的节能减排技术, 不仅有助于企业降低生产成本, 提高市场竞争力, 并且提升轮胎行业绿色化发展水平具有重要意义, 从而进一步的推进“绿色智能工厂”的发展。本文从动力系统中循环水、冷却塔等现有存在状况进行分析, 并根据分析后结果提出优化的措施和方案, 以及通过技改后所产生的经济效益进行总结。

关键词: 永磁同步电机; 直驱式; CAD-CFD; 节电率; 标准煤

中图分类号: TQ330.9

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)07-0050-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.07.011

0 引言

生产效率的提升和能耗的降低, 这也是在一定程度上降低轮胎的生产成本, 随着技术的发展, 轮胎生产企业已经开始采用智能化、绿色化的生产方式, 通过对某轮胎有限公司动力系统中的循环水的数据和冷却塔的数据进行了调研后, 并根据系统中实际运行的工况参数进行分析、研究, 结合该系统管路流体力学特性, 设计节能技改方案——如何通过提升循环水系统、冷却塔结构等自身性能, 整改系统中存在的不利因素, 综合考虑系统最佳运行工况参数, 量身定制高效节能水泵, 提升运行效率, 减少无效耗能, 达到最佳节能效果。

1 循环水、冷却塔的系统参数概述

1.1 循环水系统概况

1[#]泵房的循环水系统运行主要是两台无密封自吸泵, 功率 90 kW。水泵均为电机驱动, 系统未带变频等调速装置, 水泵型式为无密封自吸泵。原有水泵系统的参数如表 1, 水泵电机系统的参数如表 2。

表 1 水泵系统的参数

序号	名称	流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	转速 ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	扬程 / m	配带功率 / kW
1	1 [#] 供水泵	600	1 450	45	90
2	1 [#] 回水泵	550	1 450	35	90

1.2 冷却塔传动结构

冷却塔的传动结构由异步电机、联轴器和减速机构成的传动系统, 实际电机的功率为 11 kW、转速为 220 r/min、电机的效率为 82%, 其减速机的效率为 97%, 整个传动系统的平均效率为 80%。

2 动力系统运行过程中存在问题分析

2.1 循环水系统存在的问题分析

2.1.1 系统管网阻力损失分析

根据现场实际压力及流量数值、管道的阀门、弯头的具体情况, 采用流体系统仿真技术模拟系统在不同状态下的管道的阻力特性, 分析产生阻力损失过高的位置, 再进行针对性的分析, 提出解决办法。

2.1.2 系统用水流量平衡分析

根据现场各用水设备用水情况进行分析, 各用水点基本处于全开状态, 停用备用无热负荷设备没有进行保护性用水需求调整, 运行设备未根据热负荷进行平衡分配水量调整。根据循环水换热曲线图 1 可以看出, 随着循环水流量的不断增加, 所带走的热量也逐步增加, 但到循环水量增加到循环水换热温差小于设

作者简介: 虎玉荣 (1980-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事轮胎设备及相关非标设备的设计等工作。

表2 水泵电机系统的参数

序号	名称	型号	功率/kW	电压/V	额定电流/A	运行电流/A	功率因数	转速/(r·min ⁻¹)	运行功率/kW
1	1# 供水泵电机	YE3-280M	90	380	160	160	0.88	1 490	93
2	1# 回水泵电机	YE3-280M	90	380	160	140	0.88	1 490	82

计值 10 °C 以后, 再增加循环水流量, 所能带走的热量已几乎不变, 因此这部分循环水不但没有产生换热效果, 还增加了循环水系统的能耗指标。

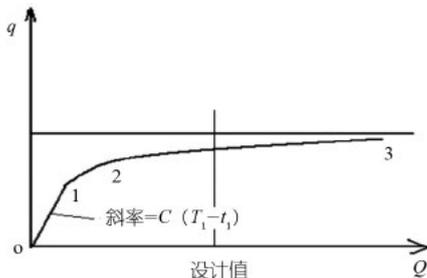


图1 循环水换热曲线图

2.1.3 水泵电机运行负荷分析

从表3水泵电机运行分析, 可以看出负荷均较高。

表3 水泵电机运行分析

序号	额定功率/kW	额定电流/A	运行电流/A	负载率/%	运行功率/kW	功率负载率/%
1	90	163	160	98.16	93	103.33
2	90	163	140	85.89	82	91.11

2.1.4 循环水输送效率分析

由表4循环水输送效率分析表中, 可看出机泵效率很低, 具体原因如下:

表4 循环水输送效率分析

序号	运行电流/A	运行功率/kW	运行流量/(m ³ ·h ⁻¹)	出口压力/MPa	运行效率/%
1	160	93	460	0.4	56
2	140	82	340	0.35	47

机泵为标准型产品, 水泵制造企业都是提供成熟的泵型, 或者对成熟的泵型进行叶轮切削或加大来满足用户的要求, 这可能不适合循环水场的优化运行要求, 叶轮切削或加大之后与原设计泵体流场匹配发生变化, 局部水力损失增加, 运行效率达不到设计要求。机泵设计参数与管网不匹配, 导致设备偏工况运行, 实际运行工况偏离高效区; 机泵老化、磨损, 导致内部泄漏量增加, 机泵容积损失较大, 导致效率降低; 无密封自吸泵本身采用副叶轮密封, 本身效率就偏低。电机老旧, 现已经是需淘汰产品, 效率较低。

2.2 传统冷却塔存在的问题分析

通过对传统冷却塔的结构分析, 具体原因如下:

结构繁杂效率低: 传统冷却塔的结构由电机、联轴器、减速机装置组成, 环节多, 能耗高, 综合效

率越低(普遍低于80%)。

稳定性差: 联轴器过长, 对中要求高, 故障点多, 相应故障风险高, 影响生产效益。

服务成本高: 冷却塔高温高湿高腐蚀的环境, 故障点多, 使减速机的使用寿命降低, 维护频繁, 一年甚至需更换2次润滑油, 每两年进行一次大修, 耗费大量财力人力。

高污染环境: 异步电机温升高, 噪音大, 对作业人员身心健康有较大影响, 减速机还存在漏油风险, 油污污染大。

3 采取的优化措施

依据国家标准 GB/T3216—2016《回转动力泵水力性能验收试验 1、2、3 级》, 按流经泵的全部流量也经过超声波流量计测量和测量仪器(超声波流量计)满足规范中《容许波动幅度以测量平均值的百分数表示》、《系统不确定度 es 的容许相对值》和《校准时间间隔》的要求, 结合现场情况, 将整个循环水系统中的管网、装置换热器、冷却塔、机泵阀门及调控策略五个方面作为统一的有机体, 并采用流量测量超声波形式如式(1)和流体微分方程式(2)进行性能测试, 进行整体优化, 在确保系统安全的前提下, 提升系统运行的合理性, 同时创造出节能降耗的效益。

整体优化从水泵优化、流量优化、压力优化三个方面着手进行, 具体要求如下:

$$V = \frac{MD}{\sin 2\theta} \times \frac{\Delta T}{T_{up} \cdot T_{down}} \quad (1)$$

式中: V —流速 (m/s); M —声束在液体的直线传播次数; D —管道内径; T 为时差; up 和 $down$ 代表声束在正逆方向上的传播时间。

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + Z_2 + h_w \quad (2)$$

式中: $\frac{P_1}{\gamma}$ —压强水头; $\frac{V_2^2}{2g}$ —平均动能、平均流速高度或速度水头; Z —我位置水头; h_w —总流两端面间单位重量流体平均机械能损失。

3.1 水平衡优化

对装置换热器进行分析, 清楚换热器的安全运行条件, 是循环水系统整体优化的安全基础工作。由于每个换热器的工艺流种类、流量、热负荷、报警温度

等均存在不同，因此需要对每个换热器性能进行检测，根据检测结果建立热力计算模型，预测出极限工况条件下的运行状态，从而为整个循环水系统的安全、充分节能奠定基础。此处的极限工况条件是指：外界环境温度最高、换热器工作负荷最大、临近大修周期的末期三个条件同时存在的工况。该部分工作是整体优化技术中的前提和基础，整个循环水系统的所有优化措施必须以保证换热器的安全、正常运行为基本前提，所有的措施都要以它为前提条件和基础。

3.2 输水管网优化

针对管网系统中的设计不合理、运行调节不当及管网组件性能不良而造成的系统整体能耗的增加，采用精确检测、建模分析的手段，纠偏局部流阻不合理现象，优化分配平衡流量，壁面不同装置或者不同换热器之间的抢流，增强瓶颈换热器的换热能力。

3.3 水泵设计优化

利用“基于三维 CAD-CFD 联合的叶片泵整体优化技术”设计并定制高效水泵技术是指将现场实际运行状况和世界上最先进的 CFD 设计技术相结合，达到大幅提高运行水泵效率的技术。本系统中将无密封自吸泵改为中开泵加真空泵，整体效率会有极大的提升。

3.4 电机以及驱动系统的优化

将原异步电机更换为永磁同步电机，电机效率可大幅提升，从而提升系统运行效率。永磁同步电机

正常工作时转子与定子磁场同步运行，转子无产生电流，不存在转子电阻和磁滞损耗，比感应电机效率提高 2%~15%。永磁同步电机功率因数近于 1 (≥ 0.96)，异步电机的功率因数 0.83 左右，功率因数低，会造成电力电网效率变低，影响电能的有效利用。按永磁同步电机的特性增加变频器自动调节，根据系统实际需求对水泵运行工况进行实时调节，避免不必要的能耗损失。因采用永磁电机，即使工况变化，在较低频率运行时，电机仍可以高效运行。

3.5 冷却塔传动采用直驱式优化

将原有的传动机构改为直驱式，结构简单效率高：永磁电机可达 IE5 能效，且省去中间减速机，皮带轮等传动件，减少机械损耗，进一步提升综合效率；稳定性高：无联轴器等连接件，降低故障风险，提升生产效益；服务成本低：省去减速机，免去减速机带来的相关服务与保养；低污染环境：永磁电机低噪音，低震动，无油污，改善现场环境。

3.6 循环水系统整体优化的原理总览

合理优化后，从图 2 装置性能曲线由 $K_1 \rightarrow K_2 \rightarrow K_3$ 变化。量身定制的高效节能水泵改造，系统水泵性能曲线由 $H_1 \rightarrow H_2 \rightarrow H_3$ 移动。改造完成后系统能耗效率点由 $\mu_A \rightarrow \mu_B \rightarrow \mu_C$ 移动，使系统达到最优化运行。

4 实施的方案以及产生的效益

4.1 改造内容

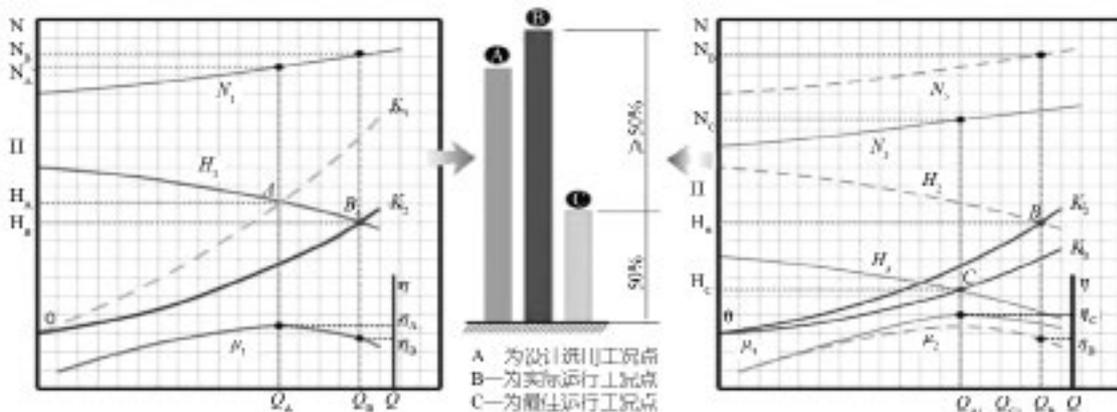


图 2 装置性能、系统水泵曲线图

利用“基于三维 CAD-CFD 联合的叶片泵整体优化技术”设计并定制高效水泵技术是指将现场实际运行状况和世界上最先进的 CFD 设计技术相结合，达到大幅提高运行水泵效率的技术。循环水系统整体优

化技术是以工业循环水系统为整改对象，将整个循环水系统中的管网、装置换热器等，冷却塔以直驱式电机结构、采用变频节能低启动电流、无滑差等方式使系统达到最优化运行。改造的容如下表 5。

表 5 改造的内容

序号	设备名称	改造内容
1	1# 泵房供水	一台水泵改为中开泵，配带真空泵，电机更换为永磁电机，增加变频器。
2	1# 泵房回水	一台水泵改为中开泵，配带真空泵，电机更换为永磁电机，增加变频器。
3	冷却塔电机	原有传动机构及电机更换永磁电机、变频器、水温 PID 调节器。

4.2 改造后的系统性能参数

根据实际测试数据设计高效节能水泵，保证其性能参数不低于原有水泵，不影响原系统运行，改造后水泵特性说明如下表 6。

表 6 水泵特性说明

系统名称	改前总流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	改后总流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	改后总管压力 /MPa
1# 泵房供水	460	460	0.4
1# 泵房回水	340	400	0.1

综上所述，选用高效水力模型，设计生产出的水泵效率高、高效范围宽，采用量体定制式的设计方法，保证水泵和系统的最佳匹配性，以及转子动平衡等级为 G2.5 级，将不平衡量降低到最低水平，关键部件采用高强度材质及国内知名品牌。使其动力系列中的循环水、冷却塔的性能达到高效性、稳定性。

4.3 产生的节能效益

在循环水系统以及冷却塔的改造中，采用高效节能水泵替代传统水泵和冷却塔传统机构改为直驱式以及采用高效的永磁电机替代普通的异步电机等，通过管网优化设计，减少管网阻力等提高水流效率。计算改造后系统能耗降低的比例，并对比改造前后的能耗数据，对节能减排效果进行评估，经济效益进行分析。如按技改后年运行时间按 5 760 h 进行计算，节电收益如下表 7。

表 7 节电收益

系统名称	技改前耗功 /kW	技改后耗功 /kW	功率下降 /kW	实际节电率约 /%	年节电量 /($\text{kW} \cdot \text{h}$)
1# 泵房供水	93	75	18	13	10.3
1# 泵房回水	82	50	32	22	18.4
冷却塔直驱	11	7.5	3.5	18	2.0
合计	186	132.5	63.5	17.6	20.7

从以上数据可知，依据标准煤和 CO₂ 排放量的计算公式，每年至少节约 56.8 t 标准煤和减少 CO₂ 排放量约 140 t。

5 结论与展望

综上所述，动力系统是轮胎制造生产过程中不可缺少之一，如何降低能耗，提升效率，需要进一步的研究和应用。如引入先进的节能技术、先进的自动化监测技术、废热回收与利用技术、环保材料与工艺等，通过实时采集动力系统各换热设备、管网、泵站的压力、流量、温度等运行参数，建立数学模型，对采集的数据进行分析，优化运行策略，依据数据分析结果，自动调节水泵、阀门等设备，同时建立远程监控平台，实现对系统的远程监控和管理，及时发现并解决问题等进行智能化的管理；通过在动力系统中安装热交换器，将废热回收并用于预热原料或其他工艺环节，同时根据热泵技术，将废热提升至更高温度，满足其他生产环节的用热需求；通过选用耐腐蚀的管道和阀门材料，减少因腐蚀导致的泄漏和污染，并对设备和管道进行环保涂料处理，减少有害物质释放；通过优化生产工艺流程，减少废水、废气等污染物的排放。不断推动节能减排技术的应用，将为提升轮胎行业绿色发展水平、减少环境污染具有重要意义。

Research and application of energy saving and emission reduction technologies in tire power systems

Hu Yurong

(Double Coin Group Shanghai Rubber Machinery 1st Factory Co. LTD., Shanghai 200129, China)

Abstract: As an indispensable part of the automotive industry chain, the tire manufacturing industry is facing increasingly severe issues of energy consumption and environmental pollution in its production process. In the tire production process, the circulating water and cooling tower of the power system are key links. Researching and implementing energy-saving and emission reduction technologies for power system circulating water and other links can not only help enterprises reduce production costs and enhance market competitiveness, but also have important significance for improving the green development level of the tire

industry, thereby further promoting the construction of "green intelligent factories". This article will analyze the existing conditions of circulating water and cooling towers in the power system, and propose optimization measures and plans based on the analysis results. At the same time, it will summarize the economic benefits generated by the technological transformation.

Key words: permanent magnet synchronous motor; direct drive type; CAD-CFD; Energy saving rate; standard coal

(R-03)



拓斯达 + 鲲鹏，让机器人“更懂人”

Tuosida+Kunpeng, making robots "better understand humans"

5月23日，在鲲鹏昇腾开发者大会2025上，拓斯达携手鲲鹏展出智能双臂机器人解决方案。此方案基于鲲鹏+openEuler打造的新一代智能机器人控制平台，赋予双臂机器人“智能小脑”和“灵敏触觉”，验证了国产操作系统对机器人核心技术升级的关键支撑作用。

双方在持续的合作中又有哪些新的应用呢？

容器虚拟化技术，即插即用的全能插件

新一代智能机器人控制平台采用容器虚拟化技术，有效解决传统系统中存在的耦合度高、扩展性不足、资源利用率低下以及单点故障等痛点问题，系统变得更加灵活且经济高效。

这相当于将机器人控制软件设计成“全能插件”，可根据需求扩展设备数量，在提升部署效率的同时显著降低总体运营成本。

机器人实时控制接口，给机器人装上“神经反射弧”

基于openEuler Embedded实时操作系统，新一代智能机器人控制平台可提供高频实时控制API接口，通过毫秒级原生控制接口，给机器人装上“神经反射弧”，可解决行业普遍存在的响应延迟、控制偏差和接口适配的难题。

控制指令像大脑直接支配肌肉一样精准直达并完成操作，更让开发者能快速验证自主算法，将原本漫长的验证周期大幅缩短，为具身智能技术的快速发展提供关键的底层支撑，让机器人控制迈入“所想即所得”的智能时代。

具身智能训练与推理，让AI学得更快更准

面对数据采集成本高昂、软硬件兼容性问题及模型在实际应用中的不稳定性，使得许多具身智能项目陷入“技术先进但难实用”的困境，基于openEuler开放生态，新一代智能机器人控制平台提供AI数据采集与模型训练的方案与软件接口，无缝接入具身智能模型，提高模型训练质量与推理应用效果。打通具身智能从实验室到市场应用场景的“最后一公里”。

目前，新一代智能机器人控制平台已在双臂机器人进行验证。未来，拓斯达还将结合客户真实场景，联合多家制造业客户共同开发轮式移动仿人形智能机器人、人形机器人等产品。拓斯达坚持基于场景定义产品，真正解决制造业中的痛点问题，让“机器懂人”真正走向现实。

拓斯达坚持“让工业制造更美好”的企业使命，秉承“成为全球领先的智能装备服务商”的愿景，通过以工业机器人、五轴联动数控机床、注塑机为核心的智能装备，以及控制、伺服、视觉三大核心技术，打造以核心技术驱动的智能硬件平台，为制造企业提供智能工厂整体解决方案。

摘编自“拓斯达科技”

(R-03)