

长隧洞施工变频节能通风技术研究

曹 优 兰

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610213)

摘 要:目前国内在隧洞掘进施工通风中,通常按照掘进通风散烟、瓦斯、有毒气体等最大供风需求量配置风机。然而,在掘进工作面环境条件处于低烟雾、低瓦斯状态时,掘进通风机仍在最大功率下运行,从而造成了极大的能源浪费;同时,风机一但接入电网便处于长期恒速运转,造成“大马拉小车”的现象。事实上,隧洞施工在掘进工作面其所需风量与隧洞长度、隧洞轴线布置、有毒气体浓度、温度等诸多因素有关。因此,对隧洞供风系统进行优化设计与改造,使其具备智能辨识工作面作业环境的功能,实现高效、节能通风意义重大。介绍了对长隧洞施工变频节能通风技术进行的研究。

关键词:长隧洞;施工;变频;通风;华蓥山隧道

中图分类号:TV7;TV554 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)06-0052-05

Study on Frequency Conversion and Energy Saving Ventilation Technology in Long Tunnel Construction

CAO Youlan

(Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610213)

Abstract: At present in China, the ventilation fan for tunneling construction is usually configured according to the maximum demand of ventilation such as smoke, gas and toxic gas. However, when the environmental conditions of the tunneling work face are in the state of low smoke and gas, the fan is still running under the maximum power, resulting in a great waste of energy; at the same time, once the fan is powered, it will run at a long-term constant speed, resulting in the phenomenon of “big horse pulling small car”. In fact, the air volume required for tunnel construction in the tunneling work face is related to the tunnel length, tunnel axis layout, toxic gas concentration, temperature and many other factors. Therefore, it is of great significance to optimize the design and transformation of the tunnel air supply system so as to make it have the function of intelligent identification of the working environment of the working face and realize efficient and energy-saving ventilation. This paper introduces the study of frequency conversion and energy-saving ventilation technology in long tunnel construction.

Key words: long tunnel; construction; frequency conversion; ventilation; Huayingshan Tunnel

1 概 述

长隧洞在水电、公路、铁路工程中较为普遍。良好的施工作业环境是隧洞施工的根本保证,也是隧洞施工中以人为本理念的重要体现^[1],决定着隧道的工程质量、安全、进度和施工作业人员的职业健康,因此,施工方、建设方和监管方越来越重视施工作业环境。要创造良好的隧道施工作业环境,通风系统的设置尤为关键。笔者从长隧洞施工通风中遇到的实际问题入手,以华蓥山瓦斯隧道采用的通风技术为例,主要针对通风系统的优化、改造、功能提升等进行了分析与探讨,总结

出了具体的长隧洞施工节能通风技术,以供类似工程项目参考。华蓥山隧道属特长隧道,设计为双向六车道,长约 5 km,最大断面面积达 190 m²,标准断面面积为 160 m²,上台阶断面面积为 120 m²。隧洞通风左右分修,两线相距 16~30 m,隧道净空高度为 8 m,宽达 12.5 m。隧道纵坡进口端为 0.507%的上坡,出口端为 1.993%的上坡。隧道地质构造复杂,穿越多个煤层及煤层采空区,属于煤与瓦斯突出隧道,施工过程中存在瓦斯燃烧、瓦斯爆炸,煤与瓦斯突出等风险,因此,如何采取有效的通风措施对隧道施工安全至关重要。该隧道的通风采用的是 160 kW×2 的隧道专用轴

收稿日期:2019-11-01

流通风机。隧道初始阶段采用压入式通风,在隧道掘进至1 850 m时风压已不能满足设计风速0.5 m/s的要求。对此,项目部进行了通风方式的调整,由压入式通风调整为巷道式通风^[2],风机高速运转时,风速可达到1 m/s,提升了瓦斯隧道施工的安全系数。

调整通风方式后,通风风速满足了要求,但随之而来的却是高额的电费投入。由于供风系统是按照最大供风需求设置的,在掘进工作面环境条件处于低烟雾、低瓦斯状态时,通风机仍在最大功率下运行,从而造成了极大的能源浪费;同时,风机一旦接入电网便处于长期恒速运转,造成“大马拉小车”的现象。因此,必须对其进行改造。

2 风机变频节能的探讨

2.1 通风现状

通常隧道在通风设计及风机选型时是根据隧道通风最困难时期的需求选择的,而在隧道施工初期及隧道中大气环境相对良好的情况下就会造成巨大的能源浪费。同时,隧道施工的各个工序不同,对需风量的要求亦不同,如果以一成不变的状态运行也会造成巨大的能源浪费,如无瓦斯段和低瓦斯段只需满足职业健康要求即可;而对于瓦斯洞段则需风机加大运行功率以保证隧道风速;当粉尘超标时风机需加大功率排出烟尘;爆破后一氧化碳超标时风机需全速运行以减少通风散烟时间。由于巨大的电费投入,施工管理者在施工过程中随意停风降低了隧道大气环境质量,间歇性的通风使电费增加、空气质量下降。

2.2 供风量的调节

(1)改变风机的供风量。经济安全的通风是在各个施工阶段由风机输出与环境相适应的供风量。笔者对改变风机供风量的方式主要分析了以下几种:①通过改变风机管网特性曲线实现对风机风量的调节。这种办法是通过调节挡风板开关程度予以实现。该方法结构简单,容易操作,但在调节挡风板的过程中改变了风机的压力,在挡板上消耗了大量的无效轴功率,极大地降低了风机转换效率,浪费了大量能源。②改变风机叶片角度实现对风机风量的调节。在调低流量的同时,风机内部压力亦随之下降,具有很好的节电效果。但这种方法使风机叶轮结构变得复杂,调节机构磨损较大。同时,调节叶片角度必须停机进行而

导致无法满足风机连续运行、连续调节洞内的环境。③改变风机转速以实现风机风量的调节。当风机转速降低时,流量亦降低,同时风机压力也随之降低,在调低流量的同时风机的内部压力也随之下降,具有极好的节电效果。该方法不必对风机本身进行改造,其转速调节由外部控制,风机挡板可处于全开位置保持不变,并能实现无级线性调节风量,可用于需要风机进行连续运行、连续调节的地方。

(2)采用改变转速的方式实现对风量的调节。隧道施工环境瞬息多变,如何在环境改变的同时改变风机转速以实现风量的调节,可用风机调速采用变频器调速^[3,4],智能变频系统能够在一定程度上解决这一个问题。

该项目隧道风机智能变频控制系统^[5]由安全监控系统、控制系统、传输通讯系统和变频风机共同组成(已申请实用新型专利,ZL2016 2 1059380.7)。安全监控系统能够实时读取安装在隧道各处的传感器,将所有传感器中的数据储存并显示在监控室内的显示器上,智能通风控制系统实时读取安全监控系统的监控值,分析并计算风机的运行频率,将频率信号下发至变频器,变频器通过改变风机的控制运行频率改变风机的风量并降低耗电量,既满足了隧道通风的需求,又降低了风机的消耗。隧道风机智能变频控制系统原理见图1。

2.3 风机变频节能系统的改造

(1)安全监控系统的改造。在隧道内相关部位安装甲烷、硫化氢、一氧化碳、风速等传感器用以监测隧道内的施工环境并进行监测数据的分析、存储与传输。

(2)引入智能软件系统。引入智能变频通风运行及监控软件系统^[5],在隧道监控室内的计算机上运行并显示。该软件系统具有以下功能:数据读取、传输、计算分析和信号输出、智能控制与人工控制系统的转换设置、接受人工手动设置参数、运行参数读取与保存以及显示等。

(3)增设控制器。所增设的控制器具有承担隧道内的环境参数分析、计算和输出控制信号的功能,具有读取安全监控数据、分析计算、下发运行频率的功能。控制器负责计算运行频率并将频率信号输出给变频器,以达到风机风量实时智能

控制的目的,控制器的工作原理见图 2。

(4)增设变频器。所增设的变频器是实现风

机智能变频控制的关键设备,在使用时变频器主要具有以下功能:控制并改变风机的运行频率;监

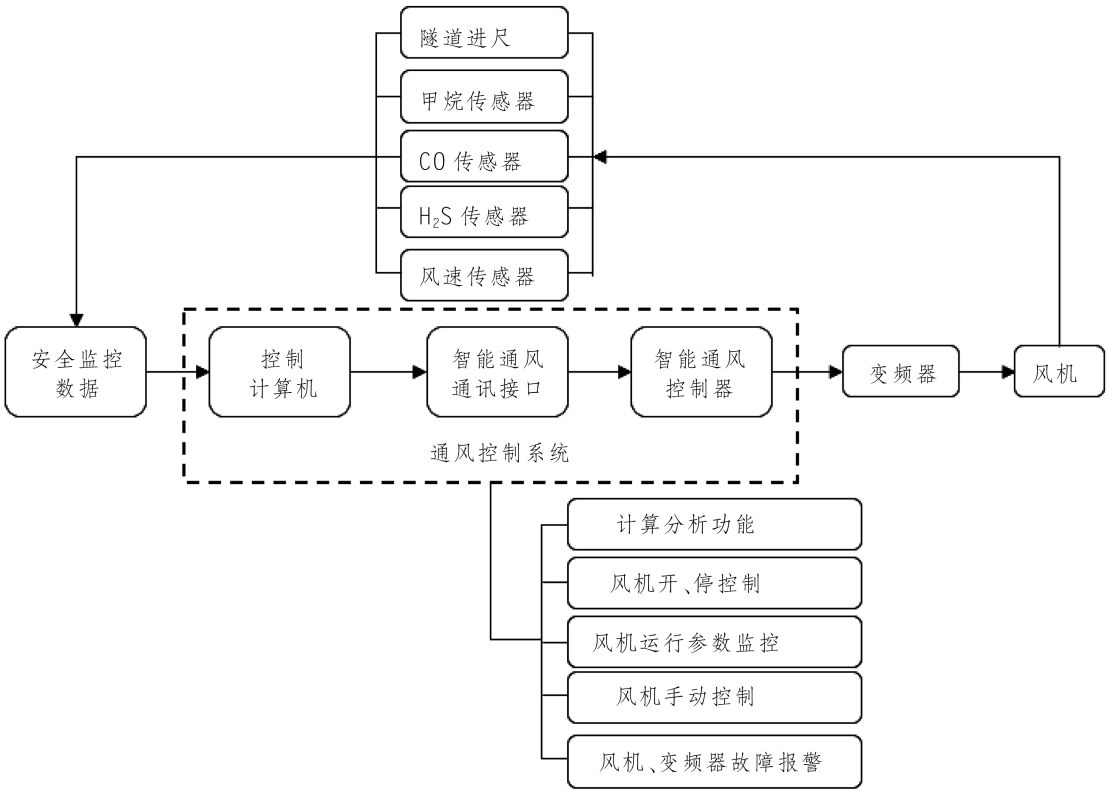


图 1 风机控制系统原理图

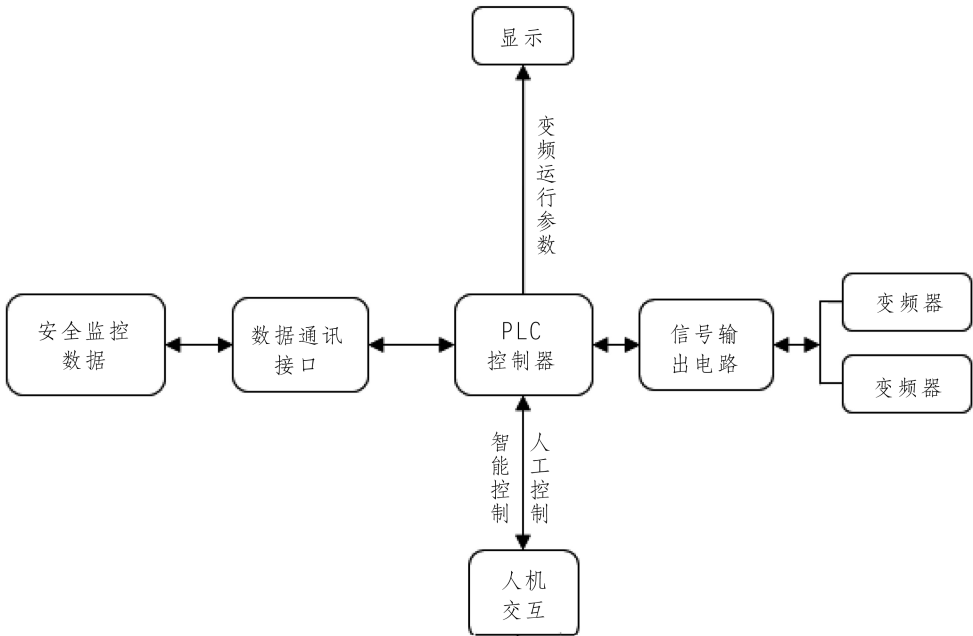


图 2 控制器原理框图

测风机的运行参数,如电压、电流和功率等。

(5)增设传感器。通过传感器收集隧道内的

环境数据并进行智能分析,在保证职业健康和有毒有害气体指标可控的前提下,自动调节风机的

运行频率,以达到节能减排的目的。

2.4 现场应用与试验

(1)变频控制效果测试。华蓥山隧道风机智能变频控制系统的效果与性能测试试验在华蓥山隧道进口左右洞进行。在为期一周的测试试验期间,左右洞进行相同的施工工序以保证左右洞处在相同的工况条件下。通过左右洞风机电表的差值判断左右洞风机在不同方法的控制下对电量的消耗量。

试验期间,左、右洞分别采用手动、自动控制的方式。左洞采用手动控制,设定固定的频率值,由洞口工作人员根据洞内情况不断改变。右洞自动控制风机的运行频率,依据风机智能控制系统进行调整,设置好基础频率后,人为不做任何变动。

试验前,分别对左右洞风机电表进行了记录:左洞风机试验开始前记录的电表数据为 04 692.1,右洞风机试验开始前记录的电表数据为 009 923。试验结束后,分别对左右洞风机的电表进行了记录:左洞风机试验结束后记录的电表数据为 04 840.8,右洞风机试验结束后记录的电表数据为 010 010。

根据试验记录的数据,左右洞倍率取 100,左洞手动控制差值为 14 870,右洞自动控制差值为 8 700。由此可见:使用隧道通风智能变频控制系统的风机用电量仅仅为不使用隧道通风智能变频控制系统风机的 58.5%。

分析认为:采用人工调节控制的方法用电量大的主要原因为:隧道施工中有毒有害气体的变化相对较为频繁,如果采用人工修改频率的方法控制风机,一方面人工并不能很准确的估计当时所需的运行频率,为了保险起见,其频率往往高于真正所需要的频率;另一方面,人工在设置频率时并不能做到实时,因此而要求风机管理员时刻盯着隧道安全监控系统是不现实、也是不人性的;同时,在晚上,管理员休息后风机运行频率再一次处于不变的状态。因此,采用隧道通风智能变频控制系统更为合理与安全,同时也起到了节能的作用。

(2)节能效果分析。根据华蓥山隧道设计文件,瓦斯工区连续通风增加的电量为 23 474 880 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。经统计,到目前为止,隧道施工通风的

用电量累计为 5 592 076 $\text{kW} \cdot \text{h}$,仅占设计用电量的 23.8%,风机变频节能效果突出。

分析认为:设计文件中瓦斯工区增加的用电量以风机持续以最大工况运行进行计算。事实上,瓦斯工区也存在无瓦斯溢出的地段,根据隧道内的环境情况,采取与之相适应的供风策略才是高效、环保的。前期,项目部也采用了根据人工检测环境结果调整风机的运行频率进行节能,但因人工检测连续性差而难以保证在第一时间进行风机运行频率的调整。而采用风机智能变频系统后,弥补了人工检测节能的不足,可以实时检测到隧道内的环境情况,连续性好,节能效果好,更重要的是能在瓦斯超限、有毒有害气体超标的第一时间进行风量调节,安全性亦得到了保证。

(3)节能通风效果的观测。在智能变频系统运行时,随机抽取一天内 20 h 隧道中的各项有毒有害气体浓度以及风机运行的频率,各时点实测值分布情况见图 3。

从图 3 中可以看出:硫化氢与甲烷基本处在很低的浓度范围内,而一氧化碳出现了一次突增,浓度达到了 321 ppm。分析认为:这是由于当时在隧道出渣过程中挖掘机、装载机和出渣车造成的。当一氧化碳开始增加时,风机的运行频率也开始增加,直到一氧化碳超标,风机以最大频率运行,而其他时候都处于相对较低的状态运行,从而在保证隧道施工环境对风量需求的同时也达到了节能的效果。

2.5 实现变频节能具有的意义

华蓥山隧道施工通风系统实施期间进行的优化、改造、功能提升等变频节能技术已经现场试验并应用,取得了显著的节能效果。不仅促进了华蓥山隧道施工的安全,而且响应了国家节能减排的号召,实现了变频节能,主要具有以下几个意义:

(1)隧道风机智能变频控制系统在安全监控系统的基础上开发,结合并利用了较为成熟的通讯、控制技术。

(2)变频控制系统实现了隧道施工通风的智能化,能够同时兼顾隧道通风需求与节电两个方面。

(3)解决了隧道通风被动的状态,使风机可以主动的参与到隧道施工中,使得通风系统能够真

正意义上为隧道施工的安全与质量提供保障。

(4)为隧道施工提供了良好的作业环境,响应了施工作业人员的职业健康要求,同时也有力推动了隧道施工安全,促进了工程质量与进度。

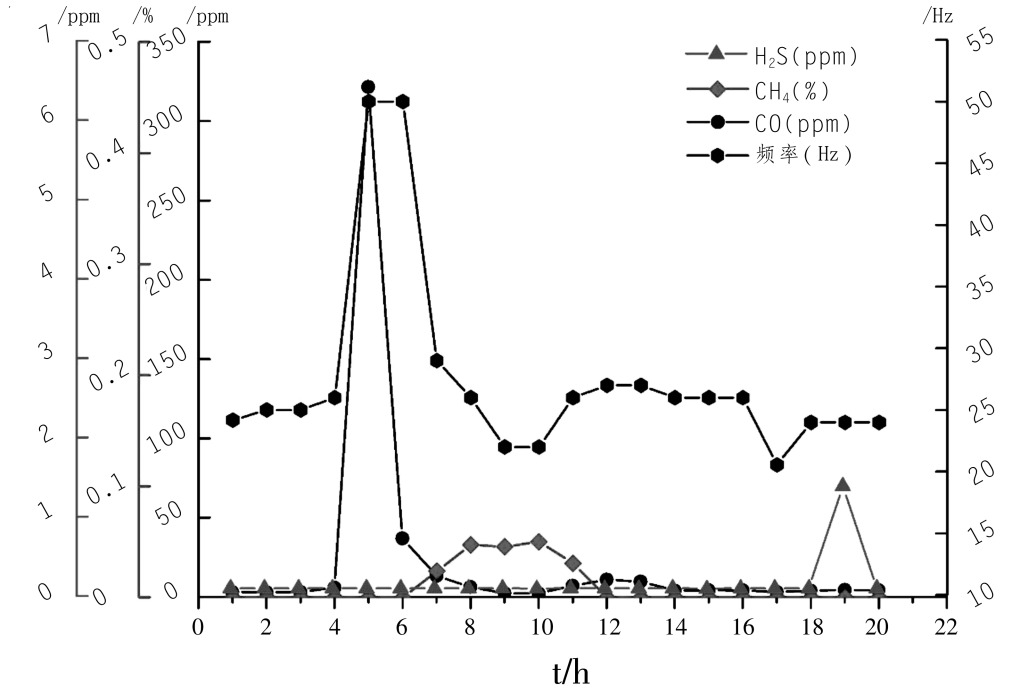


图 3 有毒有害气体浓度与风机运行频率图

3 结 语

华蓥山隧道通风系统的供风方式及设备功能的提升与改造,实现了隧道风机智能变频控制,提高了隧道通风的自动化程度,提高了隧道安全管理的效率,同时亦降低了电能消耗,对于长隧洞施工通风具有重要的意义,也为今后的类似工程建设提供了相关经验,具有重要的参考价值。

参考文献:

[1] 冯登尧.浅谈长距离隧洞通风施工技术[J].硅谷, 2011, 4 (9):60—61.

[2] DB50/XXXX—2018,公路瓦斯隧道施工技术规范[S].
[3] 高冬冬.隧道大型轴流风机变频技术的应用研究[J].物联网技术, 2013, 3(11):56—58+61.
[4] 李广平.公路隧道通风节能技术研究[J].公路, 2011, 41 (9):271—273.
[5] 余世刚.一种瓦斯隧道通风节能自动调速系统[P].实用新型专利(ZL2016 2 1059380.7).

作者简介:

曹优兰(1980-),女,四川武胜人,项目总工程师,高级工程师,从事水利水电与市政基础设施建设施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

都柳江从江航电枢纽工程通过完工验收

7月31日,由水电五局承建的都柳江从江航电枢纽工程土建施工及金属结构安装工程Ⅰ标顺利通过完工验收。都柳江从江航电枢纽工程为都柳江干流梯级规划中的第10级,工程设计通航船舶吨级为500 t,航道等级为Ⅴ级,电站装机容量为45 MW,库区正常蓄水位高程193 m,死水位高程192 m,总库容56.9万 m³,工程等级为Ⅲ等,工程规模为中型,通航船闸等级为四级,航道等级为五级,枢纽从左至右依次布置:左岸重力坝,厂房(安装间和主机间),7孔泄水闸,船闸,右岸重力坝,坝顶总长350.66 m,工程枢纽布置能够满足通航、泄洪、发电的要求。工程于2013年3月26日开工,2016年4月30日完工。2013年9月20日,一期子围堰顺利合龙,2014年11月1日,左岸重力坝浇筑至设计高程,2014年11月23日,发电厂房安装间浇筑至设计高程,2015年1月5日,厂房主机间浇筑至设计高程,左岸一期工程全线到顶,2015年4月30日,进水口检修闸门安装完成,2015年7月12日,厂房GIS开关站排架柱浇筑至设计高程,2015年8月14日,一期泄水闸坝顶启闭机排架柱浇筑至设计高程,2015年10月28日,从江航电枢纽工程首台机组发电目标顺利实现。项目各节点目标均按期完成,最终比计划工期提前3 d实现主体工程封顶的节点目标。都柳江从江航电枢纽工程建成后,能够有力推动地方经济发展,一是每年有1.6亿 kW·h清洁能源为地方发展注入动力;二是库区形成了15 km高等级航道,对库区旅游业以及物流发展具有全面的带动作用,促进当地经济和社会的发展。同时,项目的建设,对进一步完善贵州省综合交通运输体系、加快都柳江原生态苗侗风情旅游精品线的形成、推动沿江工业布局的形成、促进腹地国民经济和社会的发展具有重要意义。