

浅谈电阻式压力计及电阻应变片

杨怀远 万金笔

(遵义市产品质量检验检测院 贵州遵义 563000)

【摘要】测力计量技术的应用非常广泛,随着科学技术的发展和计算机技术的广泛应用,与传感器技术的进步测力技术也在飞速发展。本文主要对电阻应变式测力计的系统组成、测量原理以及所用的传感器(核心部件)电阻应变片的工作原理进行介绍。

【关键词】测力、电阻应变式测力计、电阻应变片

测力计量技术的应用非常广泛,无论在大力值方面还是在微小力值方面。随着科学技术的发展和计算机技术的广泛应用,测力计量测试技术得到了更新和发展。现代测力技术的发展,离不开获取和转换力值的测力传感器。传感器又称变换器或换能器,它是将某物理量(主要是机械量或几何量),转换为另一物理量(主要是电学量)来进行测量的器件。

电阻应变式测力计是利用电阻式传感器把待测力转换为电阻值,然后测量由电阻变化引起的电压或电流大小的一种测力计。按传感器的不同,分为应变式和电位器式两种。电阻应变式传感器是利用半导体材料在应力作用时,其电阻率会发生明显变化的压阻效应,将被测量转换为电量输出的一种传感器。电位器式传感器的基本工作原理是将电刷相对于电阻元件的运动转换为与其成一定函数关系的电阻或电压输出。

电阻式传感器结构简单、性能稳定、精度高,测量范围广,寿命长,结构简单,频响特性好,能在恶劣条件下工作,易于实现小型化、整体化和品种多样化等。目前,电阻应变式压力传感器在国内外应用最为广泛。下面便对电阻式应变传感器制成的测力计以及电阻应变片进行简单的分析。

1、电阻应变式测力计

它以电阻应变片为电阻转换元件,利用金属丝在外力作用下发生机械变形时,其电阻值将发生变化这一金属的电阻应变效应,将被测量转换为电量输出的一种传感器。因此只要测出电阻应变值就能测出施加于传感器上力的大小。

设有一根圆截面的金属丝,其电阻值为

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (1)$$

式中:

ρ 为金属丝的电阻率,

L 为金属丝的长度,

A 为金属丝的横截面积。

当金属丝在轴向力作用下:长度伸长、面积减小、电阻率变化时,则电阻相应发生变化。电阻应变片可以把被测压力引起试件应变的变化转换成电参数 R 的变化。但需进一步把它转换成电流或电压,才可以用电测仪表进行测量。由于电阻应变片工作时,其电阻变化很微小,要把微小电阻变化准确地测量出来。一般是应用惠斯登电桥,将电阻变化转换成电压或电流的变化。由于电桥的输出信号往往是微弱的,不能直接推动记录装置或指示器,必须在电桥后面连接电子放大器。为了供给电桥电源电压,需要有一振荡器,同时在放大器输出至记录装置或指示器间,还需要检波器、滤波器等。通常这些线路都装在一起成为一台仪表,称为电阻应变仪。静态和动态电阻应变仪主要由测量电桥、振荡器、交流放大器、相敏检波器、滤波器和电源等组成。应变仪的型号很多,下面就交流供桥、载波放大型应变仪说明这几部分的功用。

(1) 电桥

电阻应变式测力计的原理为当力作用于测力传感器上时,传感器发生变形,当测力传感器在力作用下,它主要受被试力的作用。但在一般情况下,还可能受到其他力的影响,温度也是一个重要的影响因素。因此,在应变片组成一个电桥时,一般以测力传感器贴四片应变片组成一个全桥(惠斯顿电桥)来消除被测力以外的各种因素影响。直流电桥输出 ΔU :

$$\Delta U = \frac{U}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right)$$

实际上,应变仪通常采用惠斯登电桥,它是测量应变片电阻

变化的基本测量电路。是应变仪的重要组成部分。它把应变片微小的电阻变化转换成电压变化,以供给放大器进行放大。此种电路结构简单,使用方便,准确性好。目前应变仪几乎都采用电桥电路。

测量电桥一般均采用等臂电桥(即 $R_1=R_2=R_3=R_4$),四个桥臂是全部参加测量的应变片。等臂电桥如下图 1 所示:

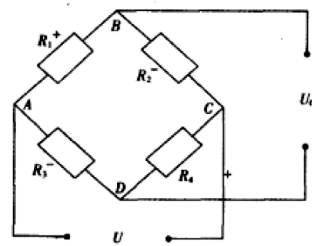


图 1 等臂电桥

(2) 放大器

电桥输出的信号非常微弱,一般在几十微伏至几毫伏之间。必须经过放大器放大后才能进行指示或记录。应变仪中采用交流供桥,载波放大。

(3) 振荡器

应变仪振荡器的功能是为电桥提供一定频率的正弦交流电,以作为供桥电源。同时,也为相敏检波器提供参考电压。静态应变仪振荡频率一般在 $30 \sim 2000$ Hz 之间,动态应变仪振荡频率视工作频率的不同一般在 $5 \sim 50$ kHz 之间。

(4) 相敏检波器和滤波器

由于应变仪采用交流供桥载波放大的工作形式,经放大输出后是一个经过调制的调幅波,而不是被测应变信号的原形,因此,必须进行解调。首先,经过相敏检波器得到包络线,与信号波形规律一致,但仍含有载波倍频等高频成份的波形;然后经过低通滤波器滤去高频成份。即得到信号波形的原形。

2、电阻应变片的测量原理

电阻应变片简称应变片,它是由四个部分组成:①电阻丝(敏感栅),它是应变片的转换元件;②基底与面胶,基底是将传感器弹性体表面的应变传递到电阻丝栅上的中间介质,并起到电阻丝与弹性体之间的绝缘作用,面胶起着保护电阻丝的作用;⑤粘合剂。它将电阻丝与基底粘贴在一起;④引出线,作为联接测量导线用。

工作原理是电阻丝承受拉力后,长度增加,截面积减小。电阻率也因品格的变化而改变,从而引起电阻的变化,电阻值的变化反映了力的大小。电阻应变片初始值可由上文中公式(1)计算得出。

只要我们将应变片的弹性体贴在一起,就可以将弹性体的应变值通过应变片转换成电阻量的变化。由于弹性体材料服从胡克定律,即弹性体的变化与力成线性关系,而电阻量的变化又与弹性体的变化成线性关系,我们又把应变电阻组成一电桥。所以,电阻的变化与电压成线性关系。由此可得:电压量的变化与力的变化成线性关系。

(2) 应变片电阻温度补偿

粘贴于试件上的应变片由于环境温度变化,它的阻值也将变化,称为温度效应。此时的输出为虚假应变,必须予以消除。因此,在测量过程中采取补偿措施,消除温度引起的误差。常用得方法是用一种温度系数较大,符号与电阻丝温度系数相反的材料,把它和电阻应变片串联在一起制成自补偿应变片。例如康铜丝有负的电阻温度系数,应变片电阻有正的温度系数,将它们串联起来,并使:

$$R_0[\alpha_0 + (\beta_t - \beta_s)K]\nabla t - R_{cu}\alpha_{cu}\nabla t = 0$$

(下转 2277 页)

水泥生产工艺节能技术研究

王虎力

(新疆凯盛建材设计研究院(有限公司) 新疆乌鲁木齐 830000)

【摘要】随着城镇化建设的快速推进,我国的建筑行业也获得了飞跃式发展,并为水泥生产注入了新的活力。但是,传统的水泥生产工艺中尚且存在一些制约性因素不利于节能理念的落实。笔者在全面分析传统水泥工艺中存在的一些问题基础上,有针对性地探究了一些节能技术。

【关键词】水泥 生产工艺 节能技术

在众多建筑材料中,水泥是应用最广泛的一种。但是,当前我国的大多数水泥生产厂家采用的水泥生产工艺,不仅污染严重,而且投资较大,已经不能满足新时期对水泥企业提出的新的更高要求了。因此,如何将节能理念渗透到水泥生产工艺中,是工艺设计人员必须研究的问题。

一、新旧工艺技术指标对比

新型的水泥生产工艺指标和传统工艺相比,有明显的差别,主要体现在以下几点:①环保指标。在传统的生产过程中,由于受经营模式、技术水平等因素的影响,环保指标通常较低,并且水泥厂家的作业环境很差,而新型干法水泥生产工艺要求现代的水泥生产工艺环保指标可满足国家提出的相关标准,并且还应确保生产线周边及车间内环境中的粉尘量都必须符合国家规定的安全范围之内。②质量指标。由于受到管理体制及生产技术的限制,传统水泥生产之后的出厂检验中很多都存在强度降低问题。而利用新型干法生产工艺生产的水泥,在严格的出厂检验中其强度和实际生产强度差值不超过2.0Mpa。③自动化水平。受传统水泥生产设备与技术的影响,原料的搭配与调制一般是工人手工调制完成的,这就极易造成调制好的水泥配料合格率较低,难以保证产品质量。而新型干法生产技术借助计算机辅助技术对原料进行配置与调试,利用智能化程序确保水泥成品质量在一定标准之内,这就减少了因人为因素造成水泥产品质量降低问题的出现。

二、新旧工艺技术创新比较

随着社会经济的高速发展,生态环境及资源短缺问题日益凸显出来,这些都是现代企业运行中必须要思考的问题,这就使得水泥生产厂家必须从技术创新入手,努力将节能理念渗透到生产工艺中,借助一定的节能技术,促进经济与环境资源的和谐发展。笔者在调查中发现,很多水泥生产厂家在传统的生产过程中,由于受到陈旧设备与落后工艺技术的限制,再加上缺乏有效的管理策略,企业在生产中通常都会采用高风险、高投资的粗放型运行模式,这就导致很多水泥生产厂家在运行中出现了严重的资源浪费、环境污染问题。在新时期,国家提出了“节能环保”的生产经营理念,水泥企业为了高效践行这一理念,就必须创新传统的生产工艺,努力借助环保创新技术实现低投资高回报的生产经营目标。由于原材料的均化工艺需要消耗大量的能量,并且对环境有较大影响。因此,新型的水泥生产工艺应积极将节能理念贯彻到均化技术中。传统的原料均化通常只在配料阶段完成,或者是借助危料配来实现均化过程,这都很难实现均化的稳定性。为

了增强均化稳定性,我们可以尝试“重前轻后”的均化技术,以确保原料及配料微机完全符合相关指标。实践证明,“重前轻后”的均化工艺可使得生料具有更精确配比,并且还可简化后期的调整过程,从而减少了水泥生产中的能源消耗量。

三、新型节能技术创新策略

在传统的立窑水泥生产工艺中,高能耗始终是人们关注的热点,虽然近年水泥生产行业研发了不少新的技能技术,但是在工艺方面的技能却没有得到行业的足够关注。笔者在调查中发现,在生产工艺上有很大的节能空间。在多年的水泥生产工艺设计工作中,笔者深刻体会到,降低水泥生产的工艺装机容量是大幅度减少能耗的关键。借助对能耗与工艺装机容量的对照比较,我们发现桩机容量与单位耗电量成正比关系。我们假定出一个“万吨水泥装机容量”的指标,在主机产出量相同的情况下,单位能耗随着装机容量增大而逐渐增加。笔者通过分析发现当前我国先进的新型干法生产线,水泥单位能耗较低的主要原因是万吨水泥具有装机容量较低的优点,通常这一值不超过120KW/万吨水泥,甚至有些厂家还低于90KW/吨水泥,与之相对应的高能耗水泥生产厂家的此值通常高于180KW/万吨水泥,有些新型干法工艺生产线还超过230KW/万吨水泥,这也是新型干法水泥生产工艺耗能高的主要原因。那么在水泥生产工艺中我们该怎样将此值降低到最小呢?笔者在工艺设计中发现“主机设备尽量少,辅机设备尽量少”是主要设计思路。确切地将,为切实降低水泥生产工艺中的能耗,应尽量简化辅机,尽量简短辅机,并且还应确保主辅机在装机量上保持大于2的比例。依据这一工艺技能技术设计原理,我们创新出了“原料无动力卸料”、“生料无动力卸料”等很多项节能技术,可保证30万吨的水泥生产线在装机容量上不超过90KW/万吨。另一方面,我们在工艺设计环节中应重视对辅机设备的应用效率,积极采取措施提高工艺技术优化主机产能,从而大幅降低水泥生产的单位耗电量。

总之,随着社会的不断发展,人们对环保节能问题更加关注。因此,水泥生产厂家应不断提高自身的节能意识,并积极将节能理念渗透到工艺设计中,不断创新出低投入高产、节能环保的水泥生产工艺技术,从而促进我国水泥生产能力更上一层楼。

参考文献:

- [1] 贾华平. 水泥工艺节能技术展望[J]. 四川水泥, 2013, 04: 112-121.
- [2] 许金华, 范英. 中国水泥行业节能潜力和CO₂减排潜力分析[J]. 气候变化研究进展, 2013, 05: 341-349.
- [3] 罗星. 预分解窑煅烧白色硅酸盐水泥节能增白技术研究[D]. 南昌大学, 2015.
- [4] 鲁中耐材集团. 水泥生产用耐火材料成套节能环保新技术[N]. 中国建材报, 2013-10-22002.

(上接 2204 页)

式中:

R_0 —康铜丝阻值;

α_0 —康铜丝的电阻温度系数;

R_{cu} —铜丝的阻值;

α_{cu} —应变片的电阻温度系数;

β_1 —试件材料的线膨胀系数;

β_s —敏感材料的线膨胀系统这样两种电阻丝处于同一种温度场,易达到温度补偿的目的。

结束语:

随着实际生产生活的需要,测力技术正在飞速发展,目前电子测力技术已经越发成熟,各种新型测力计的性能也越来越高,设备整体向着小型化数字化的方向不断发展,以适应市场的新要求,这就需要我们现有技术对设备加深理解并不断创新。

参考文献:

- [1] 胡和平. 测力计量技术[J]. 计量与测试技术, 2013, 02: 30.
- [2] 尹福炎. 电阻应变式测力与称重传感器技术的回顾——纪念电阻应变式测力与称重传感器诞生70周年[A]. 中国衡器协会(China Weighing Instrument Association). 称重科技——第九届称重技术研讨会论文集[C]. 中国衡器协会(China Weighing Instrument Association); 2010: 10.
- [3] 金建中. 各种力测试设备的研制[A]. 中国电工技术学会电工测试专业委员会. '02全国电工测试技术学术交流论文集[C]. 中国电工技术学会电工测试专业委员会; 2002: 5.
- [4] 范伟, 蒋少茵, 余卿. 应变式电子测力系统设计[J]. 黑龙江科技学院学报, 2011, 05: 400-403+417.