



一种新型的反射式抗干扰光电检测头

韩冬林¹, 李玉淑², 刘玉良³

(1. 天津中德职业技术学院, 天津 300350; 2. 天津恒源传感器技术有限公司, 天津 300384;
3. 天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 为满足工业环境中对光电检测头高可靠性的要求, 提出并实现了一种反射式抗干扰光电检测头的优化设计方案. 优化了红外发射管工作参数, 采用门控脉冲选通检波电路, 改进检测头的电路系统, 显著提高了检测头的抗电气干扰能力. 此光电检测头已经在多种大型机电设备中应用, 实验和应用均验证了其高可靠性.

关键词: 光电检测头; 门控脉冲选通检波; 反射式

中图分类号: TN2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2013)03-0066-04

A New Type of Reflective Anti-jamming Photoelectric Detector

HAN Donglin¹, LI Yushu², LIU Yuliang³

(1. Tianjin Sino-German Vocational Technical College, Tianjin 300350, China;

2. Tianjin Hengyuan Sensor Technology Co.Ltd., Tianjin 300384, China;

3. College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: To meet the high reliability requirement for photoelectric detector in industry, an optimized integrated design for reflective anti-jamming photoelectric detector was proposed and realized. Pulse gate demodulation circuit was employed to improve the anti-jamming capability of the photoelectric detector. The new photoelectric detectors have been applied to a variety of large mechanical and electrical equipment. Both experiments and applications show that they are highly reliable.

Key words: photoelectric detector; pulse gate demodulation circuit; reflection

光电检测头是光电传感器的核心部件, 它基于光电效应原理, 根据检测对象本身的反射、辐射和遮光导致受光量的变化来检测对象的有无、大小和明暗, 从而产生模拟量输出或数字量输出信号的传感部件^[1]. 因为光电检测头广泛应用于各种工业生产环境中, 必须特别注意电气噪声对检测头的干扰和影响, 如果不采取有效的抗干扰措施, 就很难保证其长期稳定可靠地工作^[2], 所以如何增强光电检测头的抗干扰能力, 提高检测头整体可靠性, 以胜任各种严格的工业检测应用, 是目前研究的重点. 光电检测头主要由光学系统、电路系统和机械部件构成^[1], 检测头光学系统抗干扰能力的提高通常是由其电路系统实现的. 对光电检测电路的噪声分析及补偿已有不少研究^[3-5], 但是根据实际应用场合, 还应该进一步优化设计.

本文提出并实现了一种新型的反射式抗干扰光电检测头, 在优化选择红外发射管工作参数的基础上, 使用脉冲选通电路和门控检波电路, 降低了检测头的误动作率. 实验表明, 本文抗干扰光电检测头的可靠性得到了显著提高.

1 光电检测头电路系统构成

光电检测头电路系统通常由发射电路、接收电路、检波电路和输出电路 4 部分构成^[1,6]. 本文提出的新型光电检测头电路系统如图 1 所示, 其中的关键环节在于用门控脉冲选通检波电路取代了普通的检波电路, 同时, 优化了红外发射管的工作参数, 有效地消除了信号通道中的电气噪声, 可显著地提高检测头的抗电气干扰能力.

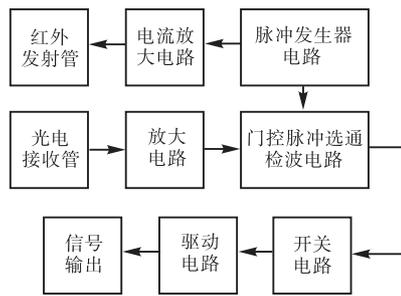


图1 新型光电检测头电路构成

Fig. 1 Composition of the new type photoelectric detector

2 光电检测头的抗电气干扰设计

2.1 红外发射管工作电流参数选择

理论和实践都证明,光的传输距离与其发射功率成正比。在直流工作状态下,红外发光二极管发光功率随工作电流的增加而增加,但电流增加到一定值时,由于PN结温度升高,发光效率反而降低,所以直流状态下的最大工作电流 I_M 是定值^[7]。在设计光电

检测头时,为了提高其发射功率必须采用脉冲调制的方法。在脉冲工作状态下流过发光二极管的脉冲峰值电流为 I_p , I_p 与 I_M 的关系为

$$I_p = I_M \sqrt{T/t} \quad (1)$$

式中: T 是脉冲周期; t 是脉冲宽度。 T 是根据光电检测头的响应时间和对噪声处理的方法进行选定的,通常将 T 控制在300~900 μs 。脉冲宽度 t 的选择则要考虑诸多方面的因素。从增大发射功率角度看,脉冲宽度 t 是愈小愈好;在考虑到发射的同时,还要考虑到光电接收管的响应时间,即使发射功率很高,但红外接收管的响应时间不够,也会影响接收管的输出电压信号,所以需要脉冲宽度 t 进行优选。

本文选用型号为BL15-1101的红外发光二极管作为投光器件,其最大工作电流为40mA,选用型号为ST-1KL3B的光电三极管作为受光器件,在不同的脉冲宽度 t 和脉冲周期 T 的条件下,测试红外发光二极管的脉冲峰值电流 I_p 对有效检测距离的影响,测试数据见表1。

表1 反射器式光电检测头测试数据

Tab. 1 Test data of reflector-type photoelectric detector

$t/\mu\text{s}$	峰值电流 I_p/mA			有效检测距离/mm		
	$T=300\mu\text{s}$	$T=600\mu\text{s}$	$T=900\mu\text{s}$	$T=300\mu\text{s}$	$T=600\mu\text{s}$	$T=900\mu\text{s}$
10	220	308	380	3 200	4 000	4 500
20	156	220	268	5 500	5 800	5 900
30	124	180	220	5 400	5 750	5 850
40	108	156	188	5 350	5 700	5 800

表1显示了在不同的脉冲周期下,脉冲宽度对脉冲峰值电流和有效检测距离的影响。分析表中的测试数据可以发现:对于型号为BL15-1101的红外发光二极管和型号为ST-1KL3B的光电三极管而言,在保持最大工作电流 I_M 不变的前提下,无论脉冲周期为300、600或900 μs ,总会在脉冲宽度 $t=20\mu\text{s}$ 时出现一个有效检测距离的峰值,考虑到光电接收管响应时间的限制,若 t 值选取过小会造成接收管的响应时间不够,同样会降低有效检测距离,故将脉冲宽度 t 值选定在20~30 μs 。

进一步分析表中的测试数据可知:在脉冲宽度分别选定为20 μs 和30 μs 的前提下,当脉冲周期从300 μs 增加到600 μs 时,发射管的峰值电流分别增加了64mA和56mA,有效检测距离分别增加了300mm和350mm;当脉冲周期从300 μs 增加到900 μs 时,发射管的峰值电流分别增加了112mA和96mA,而有效检测距离仅分别增加了400mm和

450mm。可见,脉冲周期过小(如300 μs)会造成发射管的峰值电流取值减小,显著降低有效检测距离;脉冲周期过大(如900 μs)会造成发射管的峰值电流取值增大较多,而有效检测距离却增加不多的状况。考虑到发射管的工作寿命,将脉冲周期设定为600 μs 左右。

2.2 光电接收管的抗电气干扰设计

为了减少电气噪声对检测头的干扰和影响,在检测头接收管侧的信号处理电路中进行了抗干扰设计:光电接收管的信号经放大后先经过脉冲选通电路,再经过门控检波电路进行处理。新设计的检波电路采用门控脉冲选通的方式,抗电气干扰能力明显优于传统的检波电路形式。

2.2.1 脉冲选通电路

光的传播速度约 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$,当检测距离为1m时,光线从光电检测头的投光器发出到达受光器件所需要的时间仅为几纳秒,相对于脉冲宽度为几十微秒

的电脉冲来讲,可以认为几乎是没有延迟^[8-9],而且发射的脉冲光占空比又非常小,这样就提供了一种可能:用发射管的激励信号作为门控信号,只允许与它同时到达的接收脉冲通过,其他则认为是干扰信号,这就实现了“脉冲选通”功能.而干扰信号是随机信号,通过选通门的几率就是脉冲占空比,若红外发光管的脉冲宽度为 $30\ \mu\text{s}$,脉冲周期为 $600\ \mu\text{s}$,选通门占空比为 $30/600$,则误动作率为 $1/20$ 左右.这样就有效地降低了电气噪声对光电检测头信号的影响.

2.2.2 门控检波电路

门控检波电路在新型抗干扰反射式光电检测头的电路设计中十分重要,它不仅能够进一步提高检测头的抗电气干扰能力,而且能够决定检测头的许多重要技术参数,例如:检测头的响应频率、检测距离和回差距离等.图2是本文提出的门控检波电路,由三极管射极跟随器、RC积分电路和比较器电路构成.

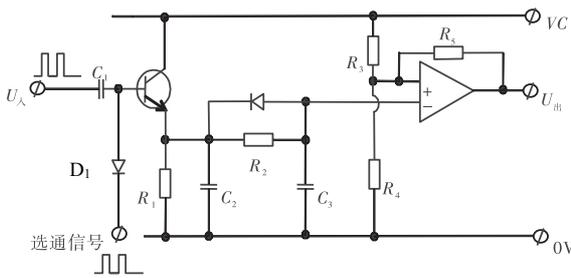


图2 门控脉冲选通检波电路
Fig. 2 Pulse gate demodulation circuit

门控脉冲检波电路受发射管脉冲选通信号的控制,只有在选通信号为高电平时,选通二极管 D_1 截止,射极跟随器电路正常工作;当选通信号为低电平时,选通二极管 D_1 导通,射极跟随器电路处于关断状态,因此门控脉冲检波电路可在选通信号的控制下实现只将输入脉冲信号通过积分电路变为直流输出信号,从而抑制了电气干扰噪声对接收电路的影响,有效地降低了光电检测头的误动作率.

对于一个响应时间为 $3\ \text{ms}$ 的光电检测头,如果发射管激励脉冲周期为 $600\ \mu\text{s}$,脉冲宽度为 $30\ \mu\text{s}$,那么需要 5 个连续同步选通脉冲的积分才能达到比较器的翻转电平.因为光电检测头必须在有连续 5 个脉冲情况下才能有输出,所以从抗干扰角度来讲,干扰信号在一个周期内的误动作率为 $1/20$.采用门控检波电路后,理论上检测头的误动作率可以达到 $(1/20)^5$,这就极大地提高了检测头对电气噪声的抗干扰能力.

3 实验

根据上述方案实现了八通道组合式光电检测头.图3为光电检测头实物,图4是没有采用抗干扰设计的一路发射脉冲信号和接收信号的电压波形,图5是采用了上述抗干扰设计的同一路发射信号和接收信号的电压波形,均采用 ATEN ADS1022 型数字存储示波器采集.其中波形 A 是低频干扰造成的误动作信号,波形 B 是高频噪声信号,波形 C 是发射管选通脉冲信号,波形 D 是接收管检测信号.

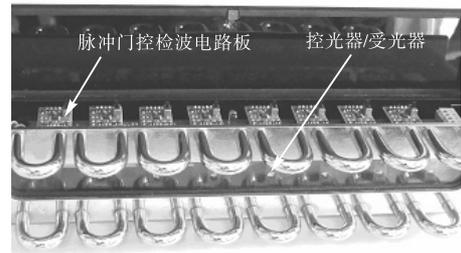


图3 八通道组合式光电检测头
Fig. 3 Eight channel combined photoelectric detector

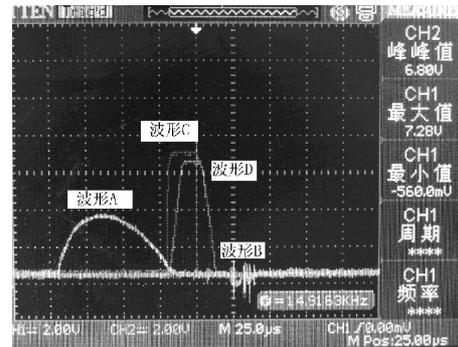


图4 没有采用抗干扰设计的发射和接收信号电压波形
Fig. 4 Waveform of signals transmitted and received without anti-jamming design

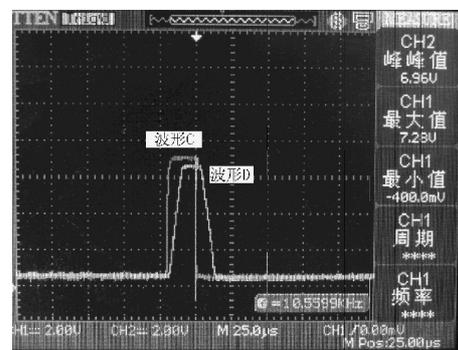


图5 采用了优化设计的发射和接收信号电压波形
Fig. 5 Waveform of signals transmitted and received with anti-jamming design

对比图 4 和图 5 的接收信号电压波形可以明显地看到:由于加入了上述的抗干扰设计,图 5 中接收信号的误动作信号电压(波形 A)和干扰信号电压(波形 B)被选通脉冲信号(波形 C)有效地屏蔽并消除了,接收管检测信号(波形 D)稳定清晰,光电检测头的工作可靠性显著提高。

4 结 语

本文提出并实现的新型抗干扰式光电检测头通过优化红外发射管工作参数和采用脉冲选通门控检波电路,有效地抑制了电气干扰噪声,提高了检测头的抗干扰性能和工作可靠性。实验数据表明了其有效性。同时,该种光电检测头已经在多个大型机电设备制造厂家应用,工厂实际应用结果表明:新型的光电检测头误动作率不到老产品的千分之一,抗电气干扰能力显著提高,具备了工业级的高可靠性能。

参考文献:

[1] 郭爱芳. 传感器原理及应用[M]. 西安:西安电子科技

大学出版社,2007:176-182.

- [2] 朱仁盛,曲波. 光电传感器及其应用[J]. 电气时代, 2010(4):111-113.
- [3] 于航,建天成,王宏瑾. 光电检测电路噪声分析及误差补偿方法研究[J]. 现代电子技术,2011,34(2):195-197.
- [4] 王立刚,建天成,牟海维,等. 基于光电二极管检测电路的噪声分析与电路设计[J]. 大庆石油学院学报, 2009,33(2):88-92.
- [5] 王立刚,张殿元. 低噪声光电检测电路的研究与设计[J]. 电测与仪表,2007,24(8):63-66.
- [6] 王诣,王选择,翟中生,等. 新型光电检测电路的研究与设计[J]. 光电子技术,2012,32(2):131-136.
- [7] 韩军,李建军,邓军,等. 宽反射角 DBR 红光发光二极管[J]. 光电子·激光,2008,19(4):456-458.
- [8] 胡涛,司汉英. 光电探测器前置放大电路设计与研究[J]. 光电技术应用,2010,25(1):52-55.
- [9] 宋涛,张斌,罗倩倩. 光电转换电路的设计与优化[J]. 光电技术应用,2010,25(6):46-48.

责任编辑:常涛