



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111561381 A

(43)申请公布日 2020.08.21

(21)申请号 202010309198.7

F04D 13/06(2006.01)

(22)申请日 2020.04.20

F04D 15/00(2006.01)

F02M 26/22(2016.01)

(71)申请人 中国第一汽车股份有限公司

地址 130011 吉林省长春市市辖区汽车经济技术开发区新红旗大街1号

(72)发明人 胡文波 李凯 隋修杰

(74)专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

F01P 7/16(2006.01)

F01P 5/12(2006.01)

F01P 11/16(2006.01)

F01M 5/00(2006.01)

F01M 11/10(2006.01)

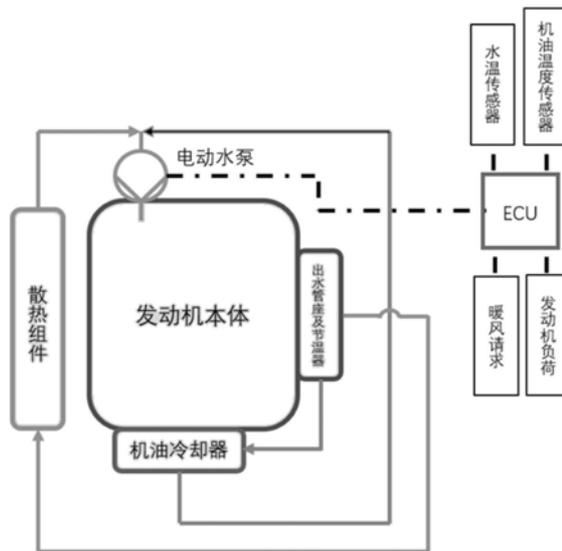
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,该方法如下:在发动机的ECU中提前载入预先标定的目标水温map、电动水泵预调map和补偿系数曲线;在常规运行阶段,当实际水温升高至电动水泵正常运转水温阈值后,电动水泵进行常规不停机运转,此时电动水泵转速=电动水泵预调转速×补偿系数;其中电动水泵预调转速根据此时发动机转速和能代表发动机负荷的参数由ECU内的电动水泵预调转速map读取;补偿系数根据发动机转速和能代表发动机负荷的参数由ECU内的补偿系数曲线读取。本发明能够实现基于目标水温的闭环控制,保证发动机一直工作于适宜水温条件下,降低了发动机油耗、提高了整机可靠性。



1. 一种基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于该方法如下:

在发动机的ECU中提前载入预先标定的目标水温map、电动水泵预调map和补偿系数曲线;目标水温map中,发动机转速、能代表发动机负荷的参数与目标水温有确定的对应关系;电动水泵预调map中,发动机转速、能代表发动机负荷的参数与电动水泵预调转速有确定的对应关系;补偿系数曲线中,横坐标为温差 $\Delta T$ ,纵坐标为补偿系数;温差 $\Delta T = \text{实际水温} - \text{目标水温}$ ,当 $\Delta T < 0$ 时,令 $\Delta T = 0$ ;实际水温为水温传感器测得的发动机出水口温度值,目标水温为根据发动机转速和能代表发动机负荷的参数从目标水温map读取的对应目标水温值;

在常规运行阶段,当实际水温升高至电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 后,电动水泵进行常规不停机运转,此时电动水泵转速=电动水泵预调转速 $\times$ 补偿系数;其中电动水泵预调转速根据此时发动机转速和能代表发动机负荷的参数由ECU内的电动水泵预调转速map读取;补偿系数根据发动机转速和能代表发动机负荷的参数由ECU内的补偿系数曲线读取。

2. 根据权利要求1所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于在冷启动控制阶段,汽油机冷启动后至实际水温达到设定的水温阈值 $T_1$ 前,ECU控制电动水泵间歇运转,在保证水温传感器能感受发动机水套内真实水温的前提下尽可能实现冷却系统0流量。

3. 根据权利要求2所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于在升温控制阶段,当实际水温升高至设定的水温阈值 $T_1$ 但未达到电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 前,电动水泵继续间歇运转;如果此时ECU收到暖风开启请求,电动水泵直接结束升温控制阶段,进入常规运行阶段。

4. 根据权利要求1所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于在应急高速运行阶段,当实际水温达到 $110^\circ\text{C} \sim 115^\circ\text{C}$ 区间时,补偿系数强制最大,电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ 。

5. 根据权利要求1所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于在紧急全速运行阶段,当实际水温超过 $115^\circ\text{C}$ 时,电动水泵直接按最高转速限值 $r_{\max}$ 运转。

6. 根据权利要求1所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于在机油强制冷却运行阶段,当机油温度传感器测得的机油温度超过 $140^\circ\text{C}$ 时,补偿系数强制最大,电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ 。

7. 根据权利要求1所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于冷却系统中包含EGR冷却器;当EGR阀开启时,电动水泵强制跳过冷启动控制阶段及升温控制阶段,直接进入常规运行阶段。

8. 根据权利要求1所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于发动机为增压发动机;当发动机停机后,电动水泵按默认转速继续运行设定时间,防止增压器水套内出现后沸腾。

9. 根据权利要求1~8的任一项权利要求所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于能代表发动机负荷的参数为发动机相对充气量。

10. 根据权利要求1~8的任一项权利要求所述的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,其特征在于能代表发动机负荷的参数为平均爆发压力。

## 基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于汽油机冷却系统技术领域,涉及一种汽油机智能闭环控制热管理方法。

### 背景技术

[0002] 传统汽油机冷却系统是由一个机械水泵驱动冷却液,该机械水泵通过皮带等方式连接发动机曲轴,实现机械水泵由发动机曲轴驱动。此种传统汽油机机械水泵转速与曲轴间有固定传动比,水泵能力完全取决于发动机曲轴转速,不能随意控制。随着汽油机新技术的不断引入,需要冷却的元件越来越多,很多元件对水流量的需求并不与发动机转速成线性关系,需要在发动机中低转速时水流量就达到较高水平。

[0003] 目前有其它采用电动水泵替换机械水泵的冷却系统控制方法,一种是将水泵转速提前输入至ECU内,电动水泵运转完全按照预先输入的转速map,而无法基于实际水温进行闭环调整。

[0004] 另一种是实时采集发动机进水口及出水口水温,通过进出水口冷却液温差调整水泵转速,但该方案无法实现基于目标水温的发动机水温全map控制,而水温对发动机油耗及可靠性影响要远大于发动机进出水口温差。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法,该方法通过电动水泵替代传统机械水泵,使水泵性能与发动机转速解耦,能够实现水泵性能的闭环控制。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法如下:

[0007] 在发动机的ECU中提前载入预先标定的目标水温map、电动水泵预调map和补偿系数曲线;目标水温map中,发动机转速、能代表发动机负荷的参数与目标水温有确定的对应关系;电动水泵预调map中,发动机转速、能代表发动机负荷的参数与电动水泵预调转速有确定的对应关系;补偿系数曲线中,横坐标为温差 $\Delta T$ ,纵坐标为补偿系数;温差 $\Delta T$ =实际水温-目标水温,当 $\Delta T < 0$ 时,令 $\Delta T = 0$ ;实际水温为水温传感器测得的发动机出水口温度值,目标水温为根据发动机转速和能代表发动机负荷的参数从目标水温map读取的对应目标水温值;

[0008] 在常规运行阶段,当实际水温升高至电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 后,电动水泵进行常规不停机运转,此时电动水泵转速=电动水泵预调转速 $\times$ 补偿系数;其中电动水泵预调转速根据此时发动机转速和能代表发动机负荷的参数由ECU内的电动水泵预调转速map读取;补偿系数根据发动机转速和能代表发动机负荷的参数由ECU内的补偿系数曲线读取。

[0009] 在冷启动控制阶段,汽油机冷启动后至实际水温达到设定的水温阈值 $T_1$ 前,ECU

控制电动水泵间歇运转,在保证水温传感器能感受发动机水套内真实水温的前提下尽可能实现冷却系统0流量。

[0010] 在升温控制阶段,当实际水温升高至设定的水温阈值 $T_1$ 但未达到电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 前,电动水泵继续间歇运转;如果此时ECU收到暖风开启请求,电动水泵直接结束升温控制阶段,进入常规运行阶段。

[0011] 在应急高速运行阶段,当实际水温达到 $110^{\circ}\text{C}\sim 115^{\circ}\text{C}$ 区间时,补偿系数强制最大,电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ 。

[0012] 在紧急全速运行阶段,当实际水温超过 $115^{\circ}\text{C}$ 时,电动水泵直接按最高转速限值 $r_{\max}$ 运转。

[0013] 在机油强制冷却运行阶段,当机油温度传感器测得的机油温度超过 $140^{\circ}\text{C}$ 时,补偿系数强制最大,电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ 。

[0014] 当冷却系统中包含EGR冷却器时,增加EGR冷区保全机制:当EGR阀开启时,电动水泵强制跳过冷启动控制阶段及升温控制阶段,直接进入常规运行阶段。

[0015] 当发动机为增压发动机时,增加电动水泵后运行机制:发动机停机后,电动水泵按默认转速继续运行设定时间,防止增压器水套内出现后沸腾。

[0016] 其中,能代表发动机负荷的参数为发动机相对充气量。

[0017] 其中,能代表发动机负荷的参数为平均爆发压力(BMEP)。

[0018] 本发明在ECU中提前载入发动机不同负荷下的目标水温 $\text{map}$ 、电动水泵转速预调 $\text{map}$ 和基于温差的补偿系数曲线,在发动机运转时利用水温传感器实时采集水温并与ECU内该负荷下目标水温相对比得出目前温差,同时ECU通过查表得到目前工况下电动水泵预调转速和该温差下补偿系数,两者相乘得到电动水泵应调到的转速,从而实现基于目标水温的闭环控制,保证发动机一直工作于适宜水温条件下,降低了发动机油耗、提高了整机可靠性。

[0019] 低温环境下使电动水泵间歇运转,在保证水温传感器能采集到发动机水套真实水温的同时,尽可能停止发动机内冷却液流动,此举可大幅提升水温温升速度,改善发动机低温油耗表现,提高整车暖风效果。

[0020] ECU实时采集发动机机油温度,当水温和机油温度超过限值时,电动水泵强制高转,能够保证冷却系统散热能力,尽可能降低水温或机油温度。

## 附图说明

[0021] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0022] 图1是汽油机智能闭环控制热管理系统结构框图。

[0023] 图2是目标水温 $\text{map}$ 示意图。

[0024] 图3是电动水泵预调 $\text{map}$ 示意图。

[0025] 图4是补偿系数曲线。

## 具体实施方式

[0026] 如图1所示,汽油机智能闭环控制热管理系统包括电动水泵、发动机的机油冷却器、整车散热组件、发动机的出水管座及节温器、ECU、水温传感器、机油温度传感器等相关

传感器。这些组件共同构成冷却系统。电动水泵进水口连接整车散热组件和机油冷却器的出水口,电动水泵的出水口连接发动机本体;发动机的出水管座的出水口连接整车散热组件和机油冷却器的进水口;ECU采集整车的暖风请求信息、发动机负荷信息、水温传感器测得的水温信号和机油温度传感器测得的机油温度信号,以及电动水泵的转速信息。

#### [0027] 实施例1

[0028] 所述的ECU内存储预先根据发动机油耗及可靠性需求标定的目标水温map、根据发动机、变速箱、机油冷却器等冷却系统元件流量需求标定的电动水泵预调map和补偿系数曲线。如图2所示,目标水温map的横坐标为发动机转速,纵坐标为发动机相对充气量;发动机转速、发动机相对充气量与目标水温有确定的对应关系,根据发动机转速和发动机相对充气量可以从目标水温map中查到对应的目标水温值;如图3所示,电动水泵预调map横坐标为发动机转速,纵坐标为发动机相对充气量,根据发动机转速和发动机相对充气量可以从电动水泵预调 map中查到对应的电动水泵预调转速。如图4所示,补偿系数曲线横坐标为温差 $\Delta T$ (如 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$ ),纵坐标为补偿系数(如 $1\sim 1.5$ );温差 $\Delta T$ =实际水温-目标水温,当 $\Delta T < 0$ 时,令 $\Delta T = 0$ ;实际水温为水温传感器测得的发动机出水口温度值,目标水温为根据发动机转速和发动机相对充气量从map读取的对应目标水温值。

[0029] 本发明的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法如下:

[0030] 冷启动控制阶段:汽油机冷启动后至实际水温达到设定的水温阈值 $T_1$ 前( $T_1$ 根据暖机及油耗需求设置,如 $50^{\circ}\text{C}$ ),发动机驱动电动水泵间歇运转(如停机 50s,运转10s),在保证水温传感器能感受发动机水套内真实水温的前提下尽可能实现冷却系统0流量,促使水温快速升高。此时电动水泵运转不受暖风请求影响;

[0031] 升温控制阶段:当实际水温升高至设定的水温阈值 $T_1$ 但未达到电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 前( $T_2$ 根据暖机、油耗及发动机可靠性需求设置,如 $80^{\circ}\text{C}$ ),电动水泵继续间歇运转。如果此时ECU收到暖风开启请求,电动水泵直接结束升温控制阶段,进入常规运行阶段;

[0032] 常规运行阶段:当实际水温继续升高至电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 后,电动水泵进行常规不停机运转,此时电动水泵转速=电动水泵预调转速 $\times$ 补偿系数。其中电动水泵预调转速根据发动机转速和发动机相对充气量由ECU内的电动水泵预调转速map读取。补偿系数根据发动机转速和发动机相对充气量由ECU内的补偿系数曲线读取。

[0033] 应急高速运行阶段:当实际水温达到 $110^{\circ}\text{C}\sim 115^{\circ}\text{C}$ 区间时,补偿系数强制最大,但电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ (如6000RPM);

[0034] 紧急全速运行阶段:当实际水温超过 $115^{\circ}\text{C}$ 时,电动水泵直接按最高转速限值 $r_{\max}$ 运转;

[0035] 机油强制冷却运行阶段:当机油温度传感器测得的机油温度超过 $140^{\circ}\text{C}$ 时,补偿系数强制最大,但电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ 。

[0036] 本实施例冷却系统中包含EGR冷却器时,增加EGR冷区保全机制:当EGR阀开启时,电动水泵强制跳过冷启动控制阶段及升温控制阶段,直接进入常规运行阶段,保证EGR冷却效果。

#### [0037] 实施例2

[0038] 所述的ECU内存储预先根据发动机油耗及可靠性需求标定的目标水温map、根据发动机、变速箱、机油冷却器等冷却系统元件流量需求标定的电动水泵预调map和补偿系数曲

线。如图2所示,目标水温map的横坐标为发动机转速,纵坐标为平均爆发压力BMEP,发动机转速、平均爆发压力BMEP与目标水温有确定的对应关系,根据发动机转速和平均爆发压力BMEP可以从目标水温map中查到对应的目标水温值。如图3所示,电动水泵预调map横坐标为发动机转速,纵坐标为平均爆发压力BMEP,根据发动机转速和平均爆发压力BMEP可以从电动水泵预调map中查到对应的电动水泵预调转速。如图4所示,补偿系数曲线横坐标为温差 $\Delta T$ (如 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$ ),纵坐标为补偿系数(如 $1\sim 1.5$ );温差 $\Delta T = \text{实际水温} - \text{目标水温}$ ,当 $\Delta T < 0$ 时,令 $\Delta T = 0$ ;实际水温为水温传感器测得的发动机出水口温度值,目标水温为根据发动机转速和平均爆发压力BMEP从map读取的对应目标水温值。

[0039] 本发明的基于电动水泵的汽油机智能闭环控制热管理方法如下:

[0040] 冷启动控制阶段:汽油机冷启动后至实际水温达到设定的水温阈值 $T_1$ 前( $T_1$ 根据暖机及油耗需求设置,如 $50^{\circ}\text{C}$ ),发动机驱动电动水泵间歇运转(如停机50s,运转10s),在保证水温传感器能感受发动机水套内真实水温的前提下尽可能实现冷却系统0流量,促使水温快速升高。此时电动水泵运转不受暖风请求影响;

[0041] 升温控制阶段:当实际水温升高至设定的水温阈值 $T_1$ 但未达到电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 前( $T_2$ 根据暖机、油耗及发动机可靠性需求设置 $T_2$ ,如 $80^{\circ}\text{C}$ ),电动水泵继续间歇运转。如果此时ECU收到暖风开启请求,电动水泵直接结束升温控制阶段,进入常规运行阶段;

[0042] 常规运行阶段:当实际水温继续升高至电动水泵正常运转水温阈值 $T_2$ 后,电动水泵进行常规不停机运转,此时电动水泵转速=电动水泵预调转速 $\times$ 补偿系数。其中电动水泵预调转速根据发动机转速和平均爆发压力BMEP由ECU内的电动水泵预调转速map读取。补偿系数根据发动机转速和平均爆发压力BMEP由ECU内的补偿系数曲线读取。

[0043] 应急高速运行阶段:当实际水温达到 $110^{\circ}\text{C}\sim 115^{\circ}\text{C}$ 区间时,补偿系数强制最大,但电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ (如6000RPM);

[0044] 紧急全速运行阶段:当实际水温超过 $115^{\circ}\text{C}$ 时,电动水泵直接按最高转速限值 $r_{\max}$ 运转;

[0045] 机油强制冷却运行阶段:当机油温度传感器测得的机油温度超过 $140^{\circ}\text{C}$ 时,补偿系数强制最大,但电动水泵转速不超过最高转速限值 $r_{\max}$ 。

[0046] 本实施例发动机为增压发动机时,增加电动水泵后运行机制:发动机停机后,电动水泵按默认转速(默认转速根据发动机需求设置,如2000RPM,)继续运行设定时间(如3min),防止增压器水套内出现后沸腾。

[0047] 本发明不限于上述实施例,其中目标水温map和电动水泵预调map的纵坐标还可以是发动机扭矩或者其它能代表发动机负荷的参数。

[0048] 本发明方案核心是引入目标水温及相应的水泵预调map和补偿系数map概念,实现了基于目标水温的发动机水温全map闭环控制,充分发挥的电动水泵能力和电控优势。

[0049] 本发明采用电动水泵替换汽油机冷却系统中机械水泵,能够实现水泵转速电控可调。

[0050] 汽油机冷启动时电动水泵间歇运转,大幅提升了暖机速度。同时能够监控暖风请求状态,兼顾采暖需求。

[0051] 根据发动机负荷不同,同时引入补偿系数,实现了基于目标水温的电动水泵闭环

控制,使汽油机一直工作于事宜水温下。

[0052] 当水温或机油温度达到警戒温度时,电动水泵大幅提高转速或强制最高转速,能够保护汽油机不受损害;

[0053] 如果冷却系统内包含EGR冷却器且EGR系统开始工作时,电动水泵强制跳过冷启动控制阶段及升温控制阶段,能够保证EGR冷却效果;

[0054] 当发动机为增压发动机时,增加电动水泵后运行机制,使电动水泵在发动机停机后继续运转一定时间,防止增压器水套内出现后沸腾。

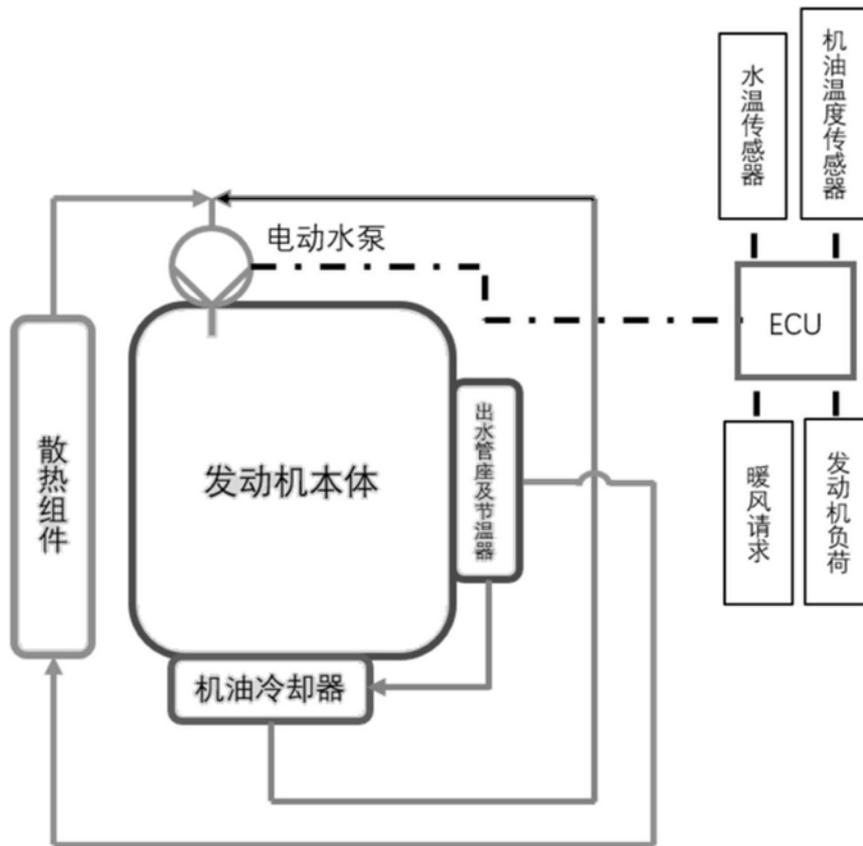


图1

		目标水温map										
		发动机转速										
		1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4000	4500	4800
BMEP	17											
	16											
	15											
	14											
	13											
	12											
	11											
	10											
	8											
	6											
2												

目标水温值

图2

电动水泵预调转速map												
		发动机转速										
		1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4000	4500	4800
BMEP	17											
	16											
	15											
	14											
	13											
	12											
	11											
	10											
	8											
	6											
2												

预调转速值

图3

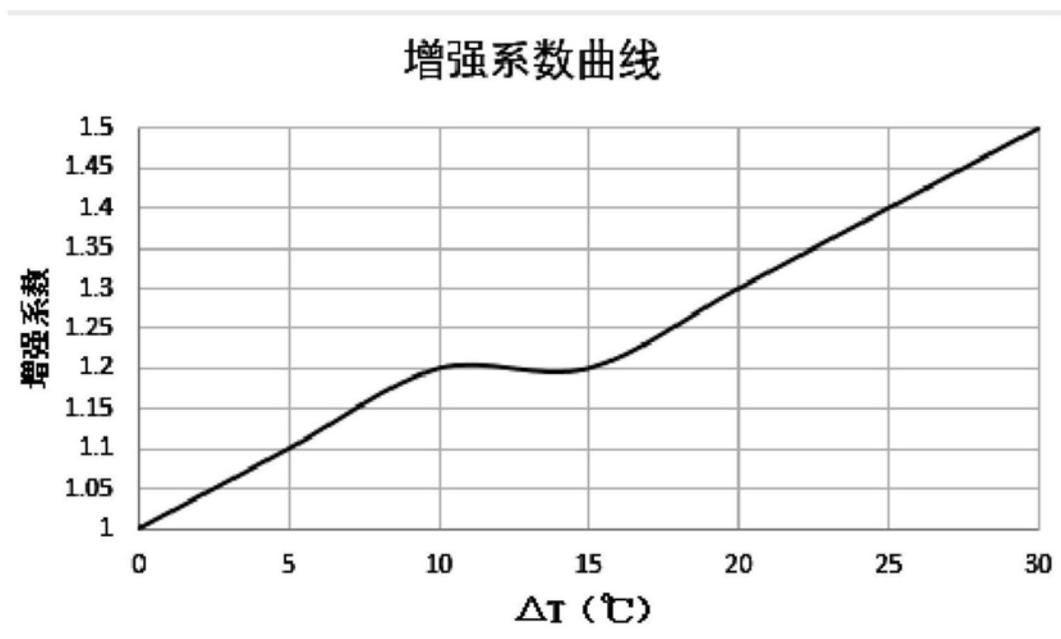


图4