



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105640691 B

(45)授权公告日 2019.02.01

(21)申请号 201511017291.6

(22)申请日 2015.12.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105640691 A

(43)申请公布日 2016.06.08

(73)专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 张武明 熊先胤 王颖哲 邓鸿超

(74)专利代理机构 杭州杭诚专利事务所有限公司 33109

代理人 王江成 卢金元

(51)Int.Cl.

A61F 7/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 104856798 A,2015.08.26,

CN 2051501 U,1990.01.24,

CN 101427955 A,2009.05.13,

CN 101464096 A,2009.06.24,

CN 104133372 A,2014.11.05,

CN 105117770 A,2015.12.02,

审查员 胡波

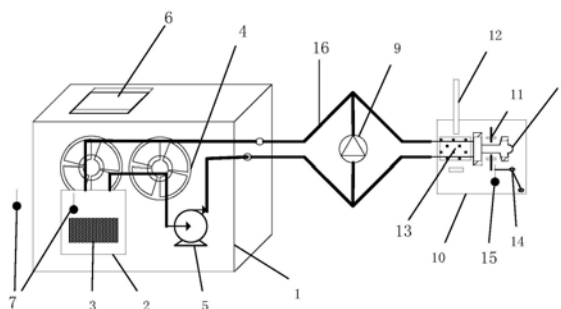
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种大鼠颅脑低温实验平台及温度控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种大鼠颅脑低温实验平台及温度控制方法,实验平台包括箱体、制冷装置、冰帽、固定支撑平台以及温度探头固定装置,制冷装置包括半导体制冷片、冷却水箱、冷却水泵、控制系统和操作面板,冷却水箱通过导管连接冰帽,冷却水泵串联在导管上,半导体制冷片的制冷面与冷却水箱紧贴,半导体制冷片、温度探头和操作面板都与控制系统电连接。冷却水通过冷却水泵泵送到冰帽内,降低与冰帽内壁紧贴的大鼠颅脑的温度。大鼠固定在固定支撑平台上,温度探头插入大鼠耳道深处检测大鼠颅脑温度,并将温度信息反馈给控制系统。用户可以通过控制系统对本装置的参数进行设置和控制。本装置适用于生物或医学实验。



1. 一种大鼠颅脑低温实验平台,其特征在于,包括箱体、制冷装置、冰帽、固定支撑平台以及温度探头固定装置,所述制冷装置包括半导体制冷片、冷却水箱、冷却水泵、控制系统和操作面板,冷却水箱的输出端通过导管连接冰帽的输入端,冷却水箱的输入端通过导管连接冰帽的输出端,冷却水泵串联在导管上,半导体制冷片的制冷面与冷却水箱紧贴,温度探头固定装置后端连接固定支撑平台,温度探头固定装置前端夹持有探测大鼠耳道内温度的温度探头,半导体制冷片、温度探头和操作面板都与控制系统电连接;制冷装置安装在箱体内部,操作面板安装在箱体外表面,所述冰帽由TPU材料制成,冰帽内侧面与大鼠头皮和颈部贴合,冰帽两侧通过尼龙搭扣与固定支撑平台连接,冰帽内部穿有弯曲流路,弯曲流路的输入端为冰帽输入端,弯曲流路的输出端为冰帽输出端,还包括旁路阀,所述旁路阀一端连接冰帽输入端,另一端连接冰帽输出端,旁路阀开的越大冷却水越多,冰帽膨胀程度也就越大,冰帽所包裹的空间越小,所述温度探头固定装置包括第一直杆和第二直杆,第一直杆的第一端与固定支撑平台连接,第一直杆的第二端与第二直杆的第一端活动连接,第二直杆的第二端设有固定温度探头的夹持装置,所述制冷装置还包括散热风扇和若干个温度传感器,冷却水箱的内部和箱体的外部分别安装有温度传感器,散热风扇产生的气流通过半导体制冷片的制热面,散热风扇和温度传感器都与控制系统电连接。

2. 根据权利要求1所述的一种大鼠颅脑低温实验平台,其特征在于,所述固定支撑平台上设有用于固定大鼠腹部的弹性金属扣和用于固定大鼠头部的可滑动金属片,固定支撑平台上还设有加热装置,加热装置对应被固定的大鼠的胸腹部位置。

3. 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,用于权利要求1所述的一种大鼠颅脑低温实验平台,其特征在于,包括以下步骤

S01、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差E,作为PID控制器的输入;

S02、PID控制器运算得到相应的半导体制冷片控制信号u;

S03、根据控制信号u控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制。

4. 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,用于权利要求1所述的一种大鼠颅脑低温实验平台,其特征在于,包括以下步骤:

S11、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差E以及误差变化率 E_c ,作为模糊控制器的输入;

S12、将模糊规则表中各个值实例化为具体的温度差以及输出功率值,根据输入的E和 E_c ,按照模糊规则表输出相应的半导体制冷片控制信号u;

S13、根据控制信号u控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制。

5. 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,用于权利要求1所述的一种大鼠颅脑低温实验平台,其特征在于,包括以下步骤:

S21、设定一组模糊神经网络控制器FNNC的初始值,包括模糊语言变量个数、各个模糊语言变量中心b、模糊范围m以及神经网络的连接权值 ω ;

S22、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差E以及误差的变化率 E_c ,作为模糊神经网络控制器FNNC的输入;

S23、根据输入的E和 E_c ,模糊神经网络控制器FNNC输出相应的半导体制冷片控制信号u;

S24、根据控制信号 u 控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制;

S25、根据误差 E 调节模糊神经网络控制器FNNC各个参数,直至模糊神经网络控制器FNNC与对象特性匹配;

模糊神经网络由五层构成,具体为:第一层输入层,起到数据传递的作用,输入两个变量 x_1 、 x_2 , x_1 对应误差 E , x_2 对应误差变化率 E_c ;第二层语言变量层,由若干个节点构成,每个节点代表一个语言变量,用于计算各输入分量属于各语言变量值模糊集合的隶属度函数 μ ,

并且有 $\mu_i^j = e^{-\frac{(x_i - b_{ij})^2}{m_{ij}^2}}$,其中 b 为各个模糊语言变量中心, m 为模糊范围;第三层模糊规则

层,每一个节点代表一个模糊规则,用于计算每条规则的使用度 $\alpha_j = \mu_1^{i_1} \mu_2^{i_2} \dots \mu_n^{i_n}$;第四层归一化层,实现变量的归一化运算,将数据归一化到0-1之间,得到归一化值 $\bar{\alpha}$;第五层输出层,神经网络的连接权值 ω 实现清晰化运算,输出结果 y ,其中模糊语言变量的个数、各个模糊语言变量中心 b ,模糊范围 m ,以及神经网络的连接权值 ω 可以任意初始化;

根据设定值与输出值的误差 E 并得到误差的变化率 E_c ,输入到模糊神经网络控制器FNNC中,输出相应的控制量 u ,调节半导体制冷片的输出最终达到控制温度的效果,其中设定值与输出值的误差还通过最速下降法反向传递调节模糊神经网络控制器中神经网络的连接权值 ω 以及各个模糊语言变量中心 b 、模糊范围 m ,最终实现控制系统与被控对象的匹配,加强控制效果。

6. 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,用于权利要求1所述的一种大鼠颅脑低温实验平台,其特征在于,包括以下步骤:

S31、设定一组模糊神经网络控制器FNNC以及模型预估器FNNI的初始值,包括了模糊语言变量个数、各个模糊语言变量中心 b 、模糊范围 m 以及神经网络的连接权值 ω ,设定预期的参考模型 R 输入输出特性;

S32、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温比对,得到误差 E 以及误差的变化率 E_c ,作为模糊神经网络控制器FNNC输入;

S33、根据输入的 E 和 E_c ,模糊神经网络控制器FNNC输出相应的半导体制冷片控制信号 u ;

S34、根据控制信号 u 控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制;

S35、根据对象输出 y_p 与模型预估器FNNI输出的 y_u 之间的误差 e_i 调节模型预估器FNNI的各个参数,根据模型预估器FNNI的输出 y_u 与误差 E 相乘来调节模糊神经网络控制器FNNC各个参数,直至模糊神经网络控制器FNNC与对象特性匹配。

一种大鼠颅脑低温实验平台及温度控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及实验对象温度控制领域,尤其是涉及一种用于大鼠颅脑降温的大鼠颅脑低温实验平台及温度控制方法。

背景技术

[0002] 在医学实验中需要对大鼠颅脑温度进行相应的控制,用来进行相应的动物实验或者检测比对某些低温治疗方法的效果。但是现有的实验室没有相应的实验设备,并且在降温过程中缺乏稳定控制的方法,不利于科研的进行。

[0003] 中华人民共和国国家知识产权局于2015年01月21日公开了名称为《一种颅脑灌注降温便携箱》的专利文献(公开号:CN104288896A),其由控制系统(1)、恒温冷却装置(2)、驱动灌注装置(3)、电源(4)、操作面板(5)以及对外接口(6,7)构成,其中所述的控制系统(1)通过控制驱动灌注装置(3)来控制恒温冷却装置(2)内灌注液的通过对外接口(6,7)的流动;所述恒温冷却装置(2)内置温度监测元件、水位监测元件,所述温度监测元件用于监测恒温冷却装置(2)内灌注液的温度信号以及监测室温的信号,所述水位监测元件用于监测灌注液的液位信息;所述的操作面板(5)可以实时显示灌注液温度、流速以及剩余液量等信息。此装置可以将一定容量、温度在0-4℃范围的颅脑灌注降温液以合适的速率灌注到脑部局部区域,从而让该区域的温度达到亚低温。此方案不能实现温度的精确稳定控制,也不适用于对大鼠颅脑进行降温。

发明内容

[0004] 本发明主要是解决现有技术所存在的缺乏对大鼠颅脑进行精确稳定控制的设备及方法的技术问题,提供一种可以精确控制温度、针对大鼠颅脑直接降温、使用简便的大鼠颅脑低温实验平台及温度控制方法。

[0005] 本发明针对上述技术问题主要是通过下述技术方案得以解决的:一种大鼠颅脑低温实验平台,包括箱体、制冷装置、冰帽、固定支撑平台以及温度探头固定装置,所述制冷装置包括半导体制冷片、冷却水箱、冷却水泵、控制系统和操作面板,冷却水箱的输出端通过导管连接冰帽的输入端,冷却水箱的输入端通过导管连接冰帽的输出端,冷却水泵串联在导管上,半导体制冷片的制冷面与冷却水箱紧贴,温度探头固定装置后端连接固定支撑平台,温度探头固定装置前端夹持有探测大鼠耳道内温度的温度探头,半导体制冷片、温度探头和操作面板都与控制系统电连接;制冷装置安装在箱体内部,操作面板安装在箱体外表面。

[0006] 半导体制冷片在控制系统的控制下将制冷面的热量转移到制热面,从而降低冷却水箱中的冷却水的温度。冷却水通过冷却水泵泵送到冰帽内,降低与冰帽内壁紧贴的大鼠颅脑的温度。大鼠固定在固定支撑平台上,温度探头插入大鼠耳道深处检测大鼠颅脑温度,并将温度信息反馈给控制系统。用户可以通过控制系统对本装置参数进行设备控制。

[0007] 作为优选,所述制冷装置还包括散热风扇和若干个温度传感器,冷却水箱的内部

和箱体的外部分别安装有温度传感器,散热风扇产生的气流通过半导体制冷片的制热面,散热风扇和温度传感器都与控制系统电连接。

[0008] 散热风扇用于加快半导体制冷片制热面的热量散发,为进一步加快散热速度,可以在半导体制冷片的制热面贴上散热片。冷却水箱内的温度传感器检测冷却水的实时温度,箱体外的温度传感器检测环境实时温度。

[0009] 作为优选,所述冰帽由TPU (Thermoplastic polyurethanes,热塑性聚氨酯弹性体橡胶) 材料制成,冰帽内侧面与大鼠头皮和颈部贴合,冰帽两侧通过尼龙搭扣与固定支撑平台连接,冰帽内部穿有弯曲流路,弯曲流路的输入端为冰帽输入端,弯曲流路的输出端为冰帽输出端。

[0010] 冷却水流经冰帽内部的弯曲流路,带走大鼠颅脑热量。

[0011] 作为优选,大鼠颅脑低温实验平台还包括旁路阀,所述旁路阀一端连接冰帽输入端,另一端连接冰帽输出端。

[0012] 通过旁路阀可以调节输入冰帽的冷却水量,从而保证冰帽能够贴合不同体型的大鼠,同时可以控制大鼠颅脑温度的变化。旁路阀开的越大冷却水越多,冰帽膨胀程度也就越大,冰帽所包裹的空间越小。

[0013] 作为优选,所述固定支撑平台上设有用于固定大鼠腹部的弹性金属扣和用于固定大鼠头部的可滑动金属片,固定支撑平台上还设有加热装置,加热装置对应被固定的大鼠的胸腹部位置。

[0014] 加热装置用于维持大鼠体温。

[0015] 作为优选,所述温度探头固定装置包括第一直杆和第二直杆,第一直杆的第一端与固定支撑平台连接,第一直杆的第二端与第二直杆的第一端活动连接,第二直杆的第二端设有固定温度探头的夹持装置。

[0016] 第一直杆和固定支撑平台的连接处可以360度旋转;第一直杆和第二直杆的连接处可以360度旋转;通过第一直杆和第二直杆可以自由改变温度探头的位置,具有较强的适应性。

[0017] 本装置的操作步骤如下:

[0018] 步骤1、将大鼠放在实验平台上用腹部弹性金属扣固定,用冰帽包裹固定大鼠头部,用温度探头固定装置将热电偶温度探头固定在适当位置,温度探头以前倾30-45°方向插入大鼠耳道深处,以耳道深处温度作为颅脑温度近似输入;

[0019] 步骤2、打开加热装置维持大鼠身体温度稳定;

[0020] 步骤3、在操作面板上选择需要控制冷却水温或大鼠脑温,设定相应的控制目标温度。

[0021] 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,基于PID控制,包括以下步骤

[0022] S01、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差E,作为PID控制器的输入;

[0023] S02、PID控制器运算得到相应的半导体制冷片控制信号u;

[0024] S03、控制系统根据控制信号u控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制。

[0025] 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,基于模糊控制,包括以下步骤:

[0026] S11、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差 E 以及误差变化率 E_c ,作为模糊控制器的输入;

[0027] S12、将模糊规则表中各个值实例化为具体的温度差以及输出功率值,根据输入的 E 和 E_c ,按照模糊规则表输出相应的半导体制冷片控制信号 u ;

[0028] S13、根据控制信号 u 控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制。

[0029] 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,基于模糊神经网络控制,包括以下步骤:

[0030] S21、设定一组模糊神经网络控制器FNNC的初始值,包括模糊语言变量个数、各个模糊语言变量中心 b 、范围 m 以及神经网络的连接权值 ω ;

[0031] S22、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差 E 以及误差的变化率 E_c ,作为模糊神经网络控制器输入;

[0032] S23、根据输入的 E 和 E_c ,模糊神经网络控制器输出相应的半导体制冷片控制信号 u ;

[0033] S24、控制系统根据控制信号 u 控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制;

[0034] S25、根据误差 E 调节模糊神经网络控制器FNNC各个参数,直至模糊神经网络控制器与对象特性的匹配。

[0035] 一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,基于模型参考自适应模糊神经网络控制,包括以下步骤:

[0036] S31、设定一组模糊神经网络控制器FNNC以及模型预估器FNNI的初始值,包括了模糊语言变量个数、各个模糊语言变量中心 b 、范围 m 以及神经网络的连接权值 ω ,设定预期的参考模型 R 输入输出特性;

[0037] S32、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差 E 以及误差的变化率 E_c ,作为模糊神经网络控制器FNNC输入;

[0038] S33、根据输入的 E 和 E_c ,模糊神经网络控制器输出相应的半导体制冷片控制信号 u ;

[0039] S34、控制系统根据控制信号 u 控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制;

[0040] S35、根据对象输出 y_p 与模型预估器FNNI输出的 y_u 之间的误差 e_i 调节模型预估器FNNI的各个参数,根据模型预估器的输出 y_u 与模型与对象误差 E 相乘来调节模糊神经网络控制器FNNC各个参数,直至模糊神经网络控制器与对象特性匹配。

[0041] 本发明带来的实质性效果是,结构简单,可以对大鼠颅脑温度进行精确稳定控制,便于开展医学和生物实验。

附图说明

[0042] 图1是本发明的一种结构示意图;

[0043] 图2是本发明的一种模糊控制流程图;

[0044] 图3是本发明的一种模糊神经网络结构图;

[0045] 图4是本发明的一种模糊神经网络控制系统方块图;

[0046] 图5是本发明的一种模型参考自适应模糊神经网络系统方块图；

[0047] 图6是本发明的一种PID控制流程图；

[0048] 图中：1：箱体，2：冷却水箱，3：半导体制冷片，4：散热风扇，5：冷却水泵，6：操作面板，7：温度传感器，8：冰帽，9：旁路阀，10：固定支撑平台，11：可滑动金属片，12：弹性金属扣，13：加热装置，14：温度探头固定装置，15：温度探头，16：导管。

具体实施方式

[0049] 下面通过实施例，并结合附图，对本发明的技术方案作进一步具体的说明。

[0050] 实施例1：本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台，如图1所示，包括箱体1、制冷装置、冰帽8、固定支撑平台10、旁路阀9以及温度探头固定装置14，制冷装置包括半导体制冷片3、冷却水箱2、冷却水泵5、控制系统、操作面板6、散热风扇4和若干个温度传感器7，冷却水箱的输出端通过导管16连接冰帽的输入端，冷却水箱的输入端通过导管连接冰帽的输出端，冷却水泵串联在导管上，半导体制冷片的制冷面与冷却水箱紧贴，温度探头固定装置后端连接固定支撑平台，温度探头固定装置前端夹持有温度探头15，半导体制冷片、温度探头和操作面板都与控制系统电连接。制冷装置安装在箱体内部，操作面板安装在箱体外表面。

[0051] 散热风扇产生的气流通过半导体制冷片的制热面，散热风扇和温度传感器都与控制系统电连接。

[0052] 所述冰帽由TPU材料制成，冰帽内侧面与大鼠头皮和颈部贴合，冰帽两侧通过尼龙搭扣与固定支撑平台连接，冰帽内部穿有弯曲流路，弯曲流路的输入端为冰帽输入端，弯曲流路的输出端为冰帽输出端。

[0053] 旁路阀一端连接冰帽输入端，另一端连接冰帽输出端。

[0054] 所述固定支撑平台上设有用于固定大鼠腹部的弹性金属扣12和用于固定大鼠头部的可滑动金属片11，固定支撑平台上还设有加热装置13，加热装置对应被固定的大鼠的胸腹部位置。

[0055] 所述温度探头固定装置包括第一直杆和第二直杆，第一直杆的第一端与固定支撑平台连接，第一直杆的第二端与第二直杆的第一端活动连接，第二直杆的第二端设有固定温度探头的夹持装置。

[0056] 本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法，基于模糊控制，包括以下步骤：

[0057] S11、设定期望的脑温或水温，与实际测得的脑温或水温对比，得到误差E以及误差变化率Ec，作为模糊控制器的输入；

[0058] S12、将模糊规则表中各个值实例化为具体的温度差以及输出功率值，根据输入的E和Ec，按照模糊规则表输出相应的半导体制冷片控制信号u；

[0059] S13、根据控制信号u控制半导体制冷片的制冷功率，实现对脑温或水温的控制。

[0060] 实际误差E和误差变化率Ec的计算公式如下：

[0061] $E(k) = T(k) - T_c(k)$

[0062] $E_c(k) = E(k) - E(k-1) \quad (1.1)$ ；

[0063] 其中：T(k)为设定脑温在k时刻的值，T_c(k)为在k时刻采集的实时脑温。

[0064] 表1为模糊规则表，其中E和Ec对应的两列中，NB代表负大，NM代表负中等，NS代表

负小,ZO代表零,PS代表正小,PM代表正中等,PB代表正大;输出信号U部分,PB代表正大,PM代表正中等,PS代表正小,ZO代表零,NS代表负小,NM代表负中等,NB代表负大。

[0065]

U \ EC	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	NM	NM	NS	PS
NM	NB	NB	NM	NM	NS	ZO	PS
NS	NM	NM	NS	NS	ZO	PS	PM
ZO	NM	NS	NS	ZO	PS	PS	PM
PS	NS	NS	ZO	PS	PS	PM	PM
PM	NS	ZO	PS	PM	PM	PB	PB
PB	NS	PS	PM	PM	PM	PB	PB

[0066] 表1

[0067] 步骤S12中,E和EC的基本论域为 $[-6,+6]$,将其离散成13个等级即 $[-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,+1,+2,+3,+4,+5,+6]$;将 $[-6,+6]$ 分为负大[NB]、负中[NM]、负小[NS]、零[ZO]、正小[PS]、正中[PM]和正大[PB]7个语言变量,然后由E和Ec隶属函数根据最大值法得出相应的模糊变量;

[0068] 如图2所示,选择设定冷却水温或脑温,与当前水温或脑温的差值E以及差值的变化率Ec输入到模糊控制器中,根据设定好的模糊规则输出控制信号控制半导体制冷片最终实现对冷却水温或大鼠脑温的控制。

[0069] 实施例2:本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台,结构与实施例1相同。

[0070] 本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,基于模糊神经网络控制,包括以下步骤:

[0071] S21、设定一组模糊神经网络控制器FNNC的初始值,包括模糊语言变量个数、各个模糊语言变量中心b、范围m以及神经网络的连接权值 ω ; ω 包括 $\omega_1, \omega_2, \dots$

[0072] S22、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温比对,得到误差E以及误差的变化率Ec,作为模糊神经网络控制器输入;

[0073] S23、根据输入的E和Ec,模糊神经网络控制器FNNC输出相应的半导体制冷片控制信号u;

[0074] S24、根据控制信号u控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制;

[0075] S25、根据误差E调节模糊神经网络控制器FNNC各个参数,直至模糊神经网络控制器与对象特性的匹配。

[0076] 如图3所示,模糊神经网络由五层构成,具体为:第一层输入层,起到数据传递的作用,输入两个变量x1(对应误差E)、x2(对应误差变化率Ec);第二层语言变量层,由若干个节点构成,每个节点代表一个语言变量,用于计算各输入分量属于各语言变量值模糊集合的

隶属度函数 μ ,并且有 $\mu_i^j = e^{-\frac{(x_i - b_{ij})^2}{m_{ij}^2}}$,其中b为模糊中心,m为模糊范围;第三层模糊规则

层,每一个节点代表一个模糊规则,用于计算每条规则的使用度 $\alpha_j = \mu_1^{i_1} \mu_2^{i_2} \dots \mu_n^{i_n}$;第四层

归一化层,实现变量的归一化运算,将数据归一化到0-1之间,得到归一化值 $\bar{\alpha}$;第五层输出层,神经网络连接权系数 ω 实现清晰化运算,输出结果 y ,其中模糊语言变量的个数、各个模糊语言变量的中心 b ,范围 m ,以及神经网络的连接权值 ω 可以任意初始化。

[0077] 如图4所示为模糊神经网络控制系统方块图,其中FNNC是一个模糊神经网络控制器,根据设定值与输出值的误差 E 并得到误差的变化率 E_c ,输入到模糊神经网络控制器FNNC中,输出相应的控制量 u ,调节半导体制冷片的输出最终达到控制温度的效果,其中设定值与输出值的误差还通过最速下降法反向传递调节模糊神经网络控制器中神经网络连接权值 ω 以及模糊部分参数中心值 b 、范围 m ,最终实现控制系统与被控对象的匹配,加强控制效果。

[0078] 实施例3:本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台,结构与实施例1相同。

[0079] 本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,基于模型参考自适应模糊神经网络控制,包括以下步骤:

[0080] S31、设定一组模糊神经网络控制器FNNC以及模型预估器FNNI的初始值,包括了模糊语言变量个数、各个模糊语言变量中心 b 、范围 m 以及神经网络的连接权值 ω ,设定预期的参考模型 R 输入输出特性;

[0081] S32、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温比对,得到误差 E 以及误差的变化率 E_c ,作为模糊神经网络控制器FNNC输入;

[0082] S33、根据输入的 E 和 E_c ,模糊神经网络控制器FNNC输出相应的半导体制冷片控制信号 u ;

[0083] S34、根据控制信号 u 控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制;

[0084] S35、根据对象输出 y_p 与模型预估器FNNI输出的 y_u 之间的误差 e_i 调节模型预估器FNNI的各个参数,根据模型预估器的输出 y_u 与模型与对象误差 E 相乘来调节模糊神经网络控制器FNNC各个参数,直至模糊神经网络控制器与对象特性的匹配。

[0085] 如图5所示为模型参考自适应模糊神经网络系统方块图,根据设定 r 输入参考模型 R 中,得到一个参考模型输出,参考模型可以是控制者期望的任意某个接近被控对象特性的一阶或者高阶对象,与对象实际输出之间的误差 E 以及误差 E 的变化率 E_c 输入到模糊神经网络控制器FNNC中,得到对应的控制信号 u 用于控制半导体制冷片,最终作用于被控对象实现温度控制,同时FNNI作为一个模型预估器将当前FNNC输出的 u 以及当前对象输出的 y_p 作为输入,它通过自身的输出 y_u 与对象输出 y_p 的差值 e_i 来修正自身(FNNI),它输出结果 y_u 和输入误差 E 相乘一同修正FNNC,最终实现冷却水温或大鼠脑温的稳定控制。

[0086] 本实施例中的FNNC和FNNI都使用图3所示的原理图。

[0087] 实施例4:本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台,结构与实施例1相同。

[0088] 本实施例的一种大鼠颅脑低温实验平台温度控制方法,如图6所示,基于PID控制,包括以下步骤

[0089] S01、设定期望的脑温或水温,与实际测得的脑温或水温对比,得到误差 E ,作为PID控制器的输入;

[0090] S02、PID控制器运算得到相应的半导体制冷片控制信号 u ;

[0091] S03、根据控制信号 u 控制半导体制冷片的制冷功率,实现对脑温或水温的控制。

[0092] 得到 K_p 、 K_i 和 K_d 后,PID控制器输出如下:

[0093]
$$u(k) = K_p e(k) + K_i T \sum_{j=1}^k e(j) + K_d \Delta e(k) / T$$

[0094]
$$u = u(k) K_u \quad (1.2)$$

[0095] 其中： $u(k)$ 为 k 采样周期时的输出， $e(k)$ 为 k 采样周期时的偏差， T 为采样周期，通过输出 $u(k)$ 乘以相应的比例因子 K_u 得出精确的输出量 u 。

[0096] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代，但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

[0097] 尽管本文较多地使用了半导体制冷片、冰帽、模糊控制等术语，但并不排除使用其它术语的可能性。使用这些术语仅仅是为了更方便地描述和解释本发明的本质；把它们解释成任何一种附加的限制都是与本发明精神相违背的。

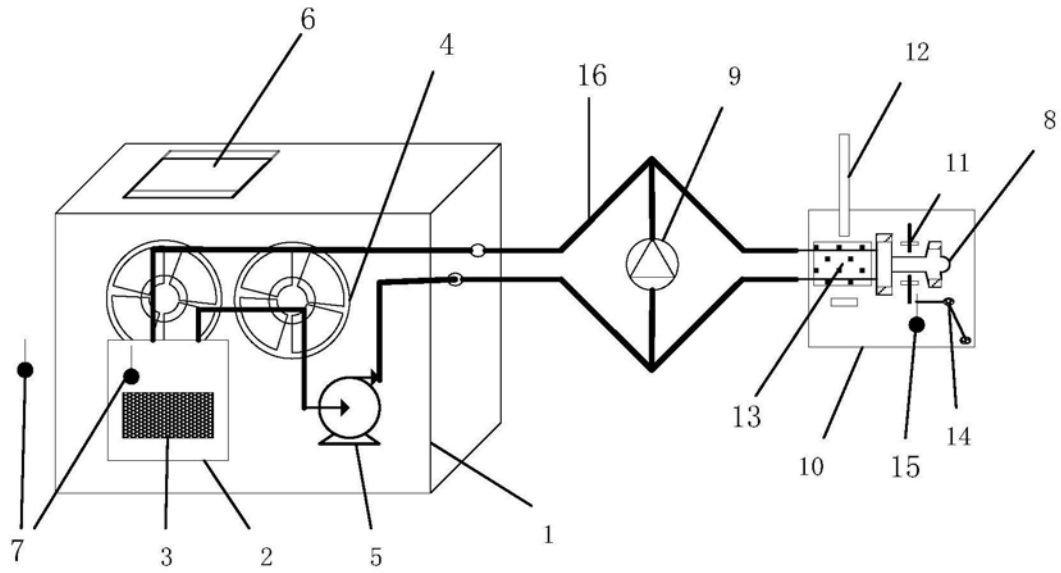


图1

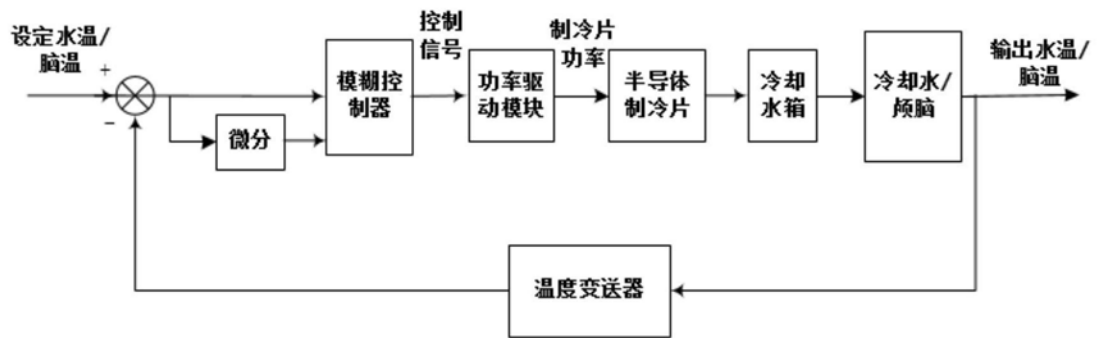


图2

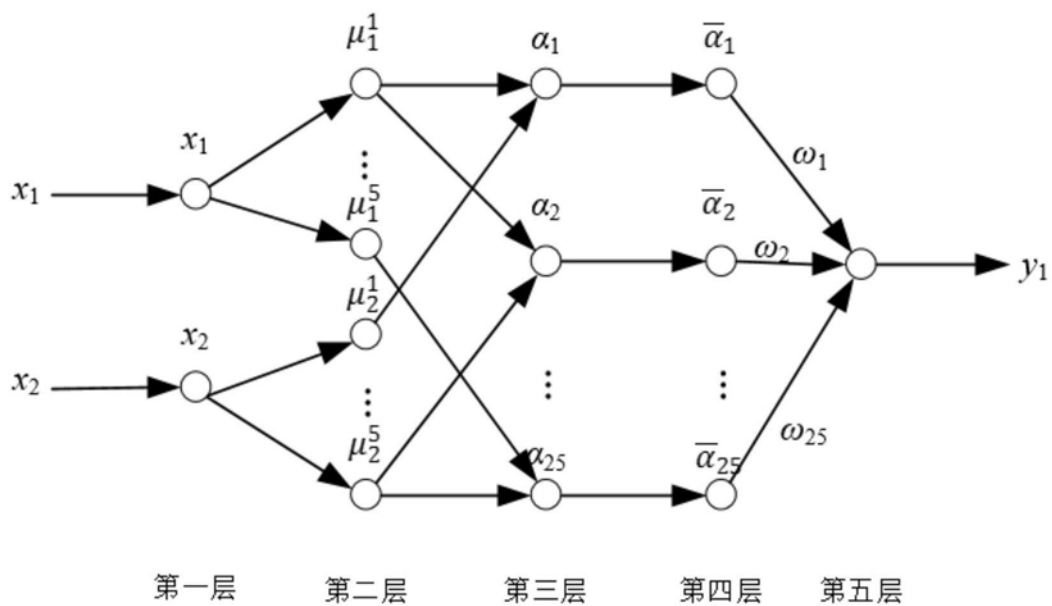


图3

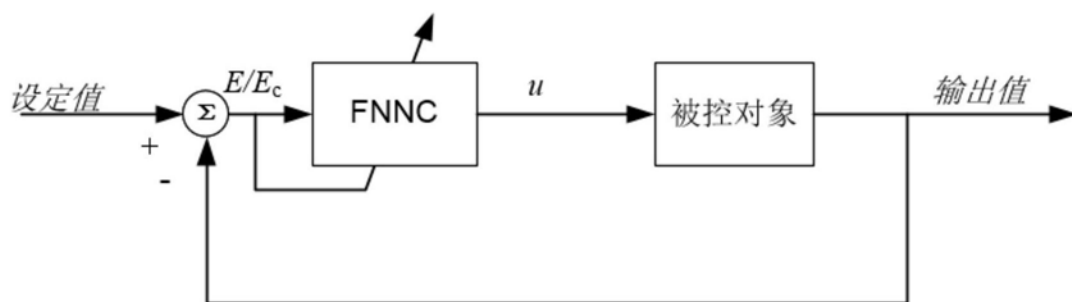


图4

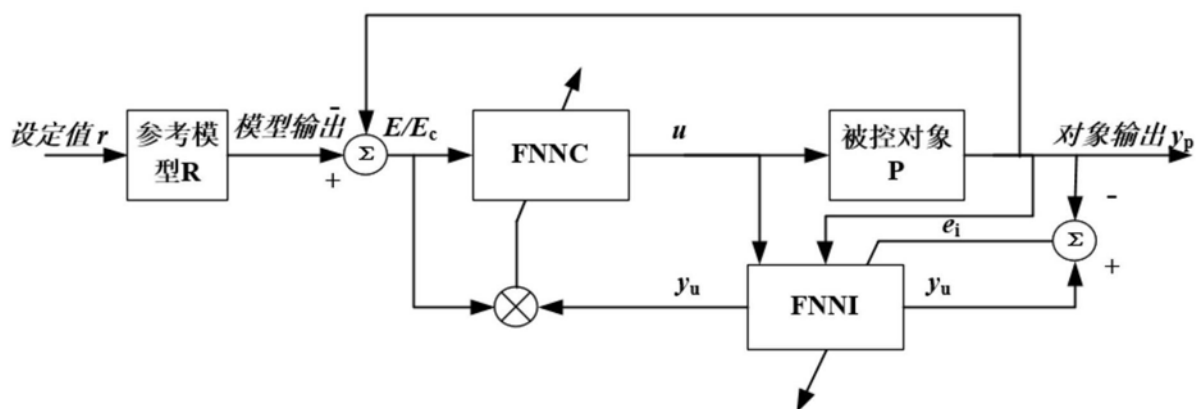


图5

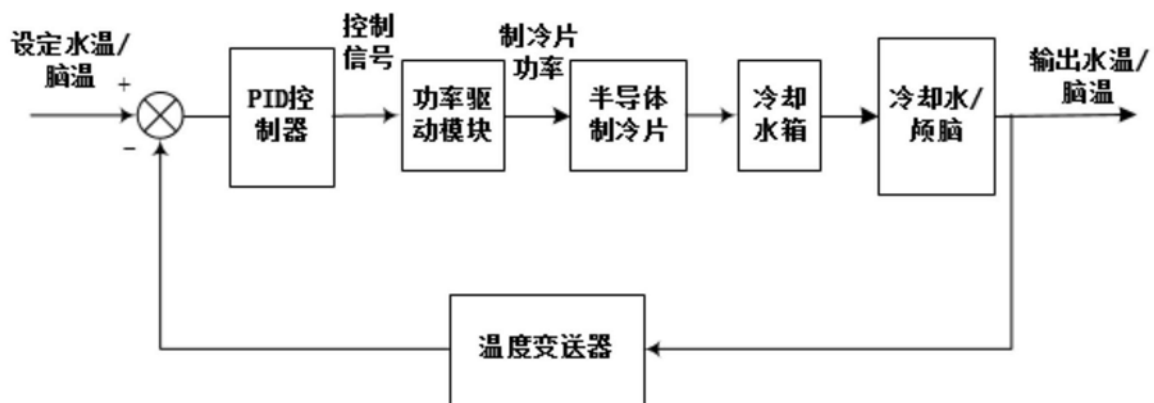


图6