



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106037683 A

(43)申请公布日 2016.10.26

(21)申请号 201610515375.0

(22)申请日 2016.07.01

(66)本国优先权数据

201510383183.4 2015.07.02 CN

(71)申请人 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

地址 100193 北京市海淀区圆明园西路2号

(72)发明人 王栋 蔡勇 寇红祥 陈晓丽

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王文君

(51)Int.Cl.

A61B 5/01(2006.01)

A61D 17/00(2006.01)

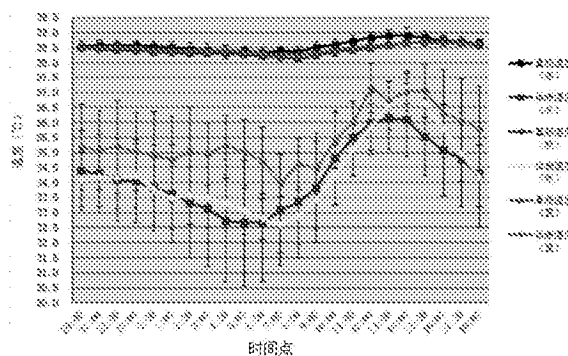
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种通过牛体表温度计算牛体温的方法

(57)摘要

本发明提供了一种通过牛体表温度计算牛体温的方法,包括使用如模型1所示的混合线性模型计算牛直肠温度,模型1:Y=a+X0b0+Xsb_s+Xtb_t+Xib_i+e;其中,Y为直肠温度,X0为体表温度,Xs为季节设计矩阵,b_s为Xs的非随机参数向量;Xt为时间设计矩阵,b_t为Xt的非随机参数向量;Xi为个体设计矩阵,b_i为Xi的随机参数向量;a代表截距,e为随机向量误差。本发明在将体表温度对直肠温度回归分析时,以季节因素与时间点因素为固定效应,以个体因素为随机效应。运用该模型校正后的体表温度与实际直肠温度比较,各校正温度与直肠温度差值绝对数的平均数达到0.104℃,90%数据差值的绝对值不超过0.2℃,取得了理想的效果。



1. 一种通过牛体表温度计算牛体温的方法,其特征在于,包括使用如模型1所示的线性方程计算牛直肠温度,

模型1: $Y = a + X_0 b_0 + X_s b_s + X_t b_t + X_i b_i + e$;

模型1中, Y 为直肠温度, X_0 为牛腿跖部温度, X_s 为季节设计矩阵, b_s 为 X_s 的非随机参数向量; X_t 为时间设计矩阵, b_0 为 X_0 的回归系数, b_t 为 X_t 的非随机参数向量; X_i 为个体设计矩阵, b_i 为 X_i 的随机参数向量; a 代表截距, e 为随机向量误差。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述牛腿跖部为牛后腿跖部。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述牛腿跖部为牛腿跖骨下部近籽骨上方。

4. 根据权利要求3所述的测量方法,其特征在于,所述方法包括将体温检测装置固定于牛腿跖部,实时检测牛只温度数据。

5. 根据权利要求4所述的测量方法,其特征在于,所述方法包括利用体温检测装置每小时检测2-10次。

6. 权利要求1-5中任意一项所述的方法在牛机体生理情况检测中的应用。

7. 根据权利要求6所述的应用,其特征在于,所述应用包括检测牛腿跖部温度通过混合线性模型计算得到牛直肠温度,利用所述牛直肠温度作为牛机体生理情况的指标。

8. 根据权利要求6或7所述的应用,其特征在于,牛机体生理情况包括发情、排卵、妊娠、分娩。

一种通过牛体表温度计算牛体温的方法

[0001] 本申请要求2015年7月2日提交的中国专利申请201510383183.4的优先权,将其通过引用并入本文。

技术领域

[0002] 本发明涉及畜牧养殖领域,具体的涉及一种通过牛体表温度计算牛体温的方法。

背景技术

[0003] 体温是机体重要的生理指标,正常情况下,牛体温会在相对恒定的范围内,随生理活动变化而成一定规律性变化(Cooper-Prado et al.2011),比如发情、排卵、妊娠及分娩等。然而,在牛体温检测的实践中,大部分牛场目前依然采用水银体温计进行直肠测温,该方法测温效率低下,易引起奶牛疾病交叉传播,且不能准确实时获取每头牛的体温数据,需要的人力也较多,耗时费力,远远不能满足现代规模化牧场的管理要求(朱翔宇,2013)。随着生物传感技术的发展,部分发达国家已将无线传感技术应用于奶牛体表测温,并取得了一定的研究成果。Bligh等1974年首次提出将无线遥测技术运用于动物体温测定的构想(Bligh et al.1974);Kyle等与Suthar等(Kyle et al.1998;Suthar et al.2011)在奶牛阴道植入含温度采集、无线电接收设备的棒状无线遥测系统,对奶牛阴道温度进行实时检测;Raul等与Miranda等(Raul et al.2006;Miranda et al.2009)将与会阴肌肉组织无排斥反应的无线温度传感器,植入奶牛会阴部肌肉,检测会阴部温度,进行发情鉴定;AlZahal等与Edouard等(AlZahal et al.2009,2010;Edouard et al.2011)分别通过食道将无线电瘤胃丸投入瘤胃,检测奶牛瘤胃温度变化,结果显示,无线电瘤胃丸能够有效检测奶牛体内温度变化。

[0004] 上述方法虽不同程度地达到了测温目的,但无论瘤胃丸还是皮下埋置都会对奶牛造成一定伤害,均不符合动物福利要求。近年来,红外测温不断被用于猪体表温度测量,然而效果都不很理想,无法指导生产应用。现代医学的发展,推动了对人体体表温度变化规律的深入研究,并取得了一定阶段性成果,然而,牛体表被毛较多,无毛裸露的体表部位较少,并且检测很不方便,体表温度研究报道较少,仅见到关于热应激对奶牛体表温度的影响(温雅俐,2011)和乳区表面温度变化与乳房炎关系(Metzner et al.2014)等少量研究,这些结果只揭示了部分环境因素及体表个别部位温度与部分病理现象的关系,没有深入揭示体表温度与体温(肛温)间的关系及其变化规律,对牛体表温度变化规律缺乏足够深入系统的研究。

[0005] 因此需要提供一种通过牛体表温度计算牛体温(肛温)的方法,为方便的测量牛体温提供技术手段。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的缺陷,提供一种能够准确简便的通过牛体表温度计算牛体温的方法。

[0007] 本发明提供了一种通过牛体表温度计算牛体温的方法,包括使用如模型1所示的混合线性模型计算牛直肠温度,

[0008] 模型1:模型1: $Y = a + X_0b_0 + X_sb_s + X_tb_t + X_ib_i + e$;模型1中, Y 为直肠温度, X_0 为牛腿跖部温度, X_s 为季节设计矩阵, b_s 为 X_s 的非随机参数向量; X_t 为时间设计矩阵, b_0 为 X_0 的回归系数, b_t 为 X_t 的非随机参数向量; X_i 为个体设计矩阵, b_i 为 X_i 的随机参数向量; a 代表截距, e 为随机向量误差。

[0009] 可选的,所述牛腿跖部为牛后腿跖部。

[0010] 可选的,所述牛腿跖部为牛腿跖骨下部近籽骨上方。

[0011] 可选的,所述方法包括将体温检测装置固定于牛腿跖部,实时检测牛只温度数据。

[0012] 可选的,所述方法包括利用体温检测装置每小时检测2-10次。

[0013] 本发明还提供了所述计算牛体温的方法在牛机体生理情况检测中的应用。

[0014] 可选的,所述应用包括检测牛腿跖部温度通过混合线性模型计算得到牛直肠温度,利用所述牛直肠温度作为牛机体生理情况的指标。

[0015] 可选的,牛机体生理情况包括发情、排卵、妊娠、分娩。

[0016] 具体的,可以将利用本发明所提供的方法计算得到的牛直肠温度应用于了解被测动物的生理情况,从而为指导畜牧生产提供依据。值得注意的是,其直接目的不是为了获得动物疾病的诊断结果或健康状况。

[0017] 本发明以检测时间和季节因素作为固定效应,个体因素作为随机效应对体表温度和直肠温度数据进行混合线性模型分析,得到了最佳回归效果的混合线性模型:模型1: $Y = a + X_0b_0 + X_sb_s + X_tb_t + X_ib_i + e$,运用该模型校正后的体表温度与实际直肠温度比较,各校正温度与直肠温度差值绝对数的平均数为 0.104°C ,90%数据差值的绝对值不超过 0.2°C ,说明该拟合方程与本测温系统结合,可以取得较理想的测温结果。

附图说明

[0018] 图1为体表测温装置安装示意图;

[0019] 图2为体表测温设备与水银温度计测温一致性分析的Bland—Altman图;

[0020] 图3为不同季节牛一天内体表温度和直肠温度变化曲线图。

具体实施方式

[0021] 下面将通过具体实施方式对本发明进行详细说明。需要理解的是以下实施例的给出仅是为了起到说明的目的,并不是用于对本发明的范围进行限制。本领域的技术人员在不背离本发明的宗旨和精神的情况下,可以对本发明进行各种修改和替换。

[0022] 实施例1

[0023] 本实施例用于说明利用本发明所提供的方法计算牛体温。

[0024] 1材料方法

[0025] 1.1试验时间与地点

[0026] 分别于2014年冬(2月2日至10日;winter,Win.)、夏(6月2日至10日;summer,Sum.)、秋(10月2日至10日;autumn,Aut.)三个季节,在河北石家庄某牛场进行体表温度与直肠温度测定,因为春季与秋季气候条件相似,所以,仅选择秋季进行温度测定分析,以代

表春秋季测定效应。

[0027] 1.2 试验动物及其饲养管理

[0028] 每个季节分别随机选取7头健康、产后60至90天二胎正常可繁西门塔尔牛作为实验牛；试验牛采用散栏式饲养、全自动TMR日粮饲喂，每天分别在2:00、6:00、12:00、18:00、22:00投放饲料、保证自由采食和清洁饮水。

[0029] 1.3 测温设备及其测试与校正

[0030] 市售水银温度计1支，兽用水银体温计2支，体表温度自动测定系统，包括体表温度检测装置7套（该装置采用接触式测温）、数据采集装置1套（该装置用于采集检测装置中存储的体温数据）。如图1所示，该系统采用接触式测温方式，选择牛体表被毛稀疏的后肢蹄腕部为体表测温部位，将蹄腕部肌肉、血管较丰厚部位（即牛腿跖部，牛腿跖骨下部近籽骨上方）作为温度传感器固定位置，并根据该部位形状设计了具有一定弧度的固定外壳，通过外壳与腿部紧密贴合使传感器能够与肌体紧密接触。同时，又在外壳中与肌体贴合一侧的中心设计了一个凹巢，温度传感器固定于凹巢内，进一步降低了温度、风力等外界环境因素对测温效果的影响，检测获得的温度。

[0031] 为使实验结果准确科学，每次试验前将7个体表温度检测装置置于恒温箱中，进行测试实验。首先设定恒温箱温度从30℃升至40℃（每0.5h升温1℃），测温设备每0.5h自动测温一次。试验期间，使用胶带将水银温度计固定在恒温箱玻璃门内侧，在自动测温时间点，同时读取并记录水银温度计显示的恒温箱内温度。该测试实验重复三次，证明体表温度自动测定系统准确可靠后，进行后续体表温度自动测定实验。

[0032] 1.4 体表温度和体内温度的采集

[0033] 预试验：正式试验开始前两天，将体表温度(surface temperature, ST)检测装置紧密固定于实验牛后腿蹄腕部（即牛后腿跖部），并将测温间隔设定为半小时，每4个小时用数据采集装置收集一次温度数据；根据温度采集结果进行设备调试，同时进行试验牛适应性训练。待设备测温正常稳定、试验牛适应后，进行正式试验。

[0034] 正式试验：自动测温装置继续沿用预试期的半小时测温设置，连续测温3天；同时，采用水银体温计，每2小时测定一次试验牛直肠温度(rectal temperature, RT)。测定直肠温度时，先将试验牛保定，待其休息10分钟后将温度计插入直肠，5分钟后取出温度计，读取数据，每头牛每天共采集12个时间点的直肠温度数据，也连续测温3天。

[0035] 1.5 数据处理与分析

[0036] 设备实验室测试数据，使用SAS9.2进行差异显著性分析与线性回归分析，并使用Bland—Altman法进行一致性评价。

[0037] 每头牛每天有48条体表温度数据与12条直肠温度数据。因直肠温度两个小时内变化较小，故取相邻两个时间点的直肠温度平均值作为中间时间点的直肠温度，并舍弃所有非整点体表温度数据，使每头牛每天各有23个相同时间点的体表温度与直肠温度数据，三个季节一共获得1449条相同时间点的体表温度与直肠温度数据。采用SAS 9.2进行体温数据差异显著性分析与协方差分析，同时采用Tablecurve2D/3D进行线性回归分析与非线性回归分析，并进行体表温度校正分析。

[0038] 2 结果与分析

[0039] 2.1 体表温度检测装置的测试分析

[0040] 实验室测试结果表明,恒温箱温度在30~40℃范围内变化时,7个检测装置的测定结果发生了同步变化,且差异不显著,自动测温结果与恒温箱内实际温度呈强相关(R^2 : 0.9987)。测温结果一致性金标准分析得到的Bland—Altman图显示,7个测温设备间的差异仅为 0 ± 0.07 ℃(95%置信区间为 $-0.22 \sim 0.22$ ℃,图2),可以忽略不计。说明该装置的准确性和稳定性较好,可用于后续体表温度研究。

[0041] 2.2体表温度与直肠温度的季节及测定日差异分析

[0042] 跖部体表温度与直肠温度统计分析结果(表1、2)显示,直肠温度变化幅度较小,各季节间、各测定日间均无显著差异($p > 0.05$),说明生理条件下,直肠温度基本恒定。各测定日间体表温度(表2)差异也不显著($p > 0.05$),说明自动测温装置性能较为稳定。然而,不同于直肠温度,跖部体表温度测定结果季节差异显著($p < 0.05$),其中,夏季温度最高,冬季温度最低,各季节的测定结果均显著低于直肠温度测定结果($p < 0.05$)。

[0043] 表1体表温度与直肠温度统计分析结果

[0044] 单位:℃

	冬	夏	秋
[0045] 体表	33.82 ± 1.90^A	35.86 ± 1.34^C	34.69 ± 1.55^B
直肠	38.57 ± 0.25^A	38.47 ± 0.16^A	38.42 ± 0.20^A

[0046] 注:A、B、C表示同行数据的差异显著性,字母相同者表示差异不显著($p > 0.05$),字母不同者表示差异显著($p < 0.05$);

[0047] 表2相同季节三天体表温度与直肠温度情况

[0048]

测定日	体表温度			直肠温度		
	冬	夏	秋	冬	夏	秋

[0049]

第一天	34.31 ± 1.97^A	35.29 ± 1.83^A	34.28 ± 1.61^A	38.57 ± 0.23^A	38.44 ± 0.17^A	38.42 ± 0.20^A
第二天	34.16 ± 1.80^A	35.77 ± 1.09^A	34.43 ± 1.52^A	38.57 ± 0.24^A	38.52 ± 0.16^A	38.43 ± 0.20^A
第三天	34.22 ± 1.92^A	35.35 ± 1.20^A	34.29 ± 1.53^A	38.60 ± 0.28^A	38.47 ± 0.13^A	38.39 ± 0.19^A

[0050] 注:A、B、C表示同列数据的差异显著性,字母相同者表示差异不显著($p > 0.05$),字母不同者表示差异显著($p < 0.05$);

[0051] 2.3跖部体表温度和直肠温度的昼夜差异分析

[0052] 表3体表温度与直肠温度昼夜统计分析

时间点	体表温度			直肠温度		
	冬	夏	秋	冬	夏	秋
4	33.73 ± 2.04^E	35.26 ± 0.99^C	33.32 ± 0.84^{CD}	38.34 ± 0.22^D	38.42 ± 0.10^D	38.31 ± 0.08^C
8	33.35 ± 1.85^{DE}	34.62 ± 0.85^C	32.90 ± 0.96^D	38.36 ± 0.19^D	38.26 ± 0.09^E	38.11 ± 0.12^D
[0053] 12	35.98 ± 1.03^A	37.15 ± 0.82^A	35.86 ± 0.78^A	38.83 ± 0.18^A	38.56 ± 0.11^B	38.47 ± 0.10^B
16	35.07 ± 1.51^{AB}	36.31 ± 1.46^B	35.79 ± 0.82^A	38.71 ± 0.19^B	38.64 ± 0.09^A	38.75 ± 0.14^A
20	34.40 ± 1.32^{BC}	35.17 ± 1.44^C	34.10 ± 0.90^B	38.53 ± 0.19^C	38.51 ± 0.09^{BC}	38.49 ± 0.09^B
24	33.81 ± 1.43^{CD}	34.90 ± 1.47^C	33.79 ± 1.20^{BC}	38.53 ± 0.17^C	38.46 ± 0.14^{CD}	38.36 ± 0.11^C

[0054] 注:A、B表示同列数据的差异显著性,字母相同者表示差异不显著($p>0.05$),字母不同者表示差异显著($p<0.05$);

[0055] 实验牛不同季节各测定时间点温度曲线(图3)与统计分析结果(表3)表明,体表温度受时间因素影响显著并呈现明显昼夜变化规律,5:00至7:00为一天中的最低值,随后逐渐升高,到13:00到15:00左右达到一天的最高值,随后逐渐降低,直至最低温度。直肠温度变化幅度较小,但变化规律类似。

[0056] 2.4体表温度与直肠温度回归分析

[0057] 假设体表温度与直肠温度间存在线性关系,将体表温度对直肠温度进行回归分析。考虑到单因素方差分析提示不同测量时间对体表测温结果有显著影响。因此,以季节因素与测量时间为固定效应,个体为随机效应,对体表温度和直肠温度数据进行混合线性模型分析,建立的混合线性模型如下:

[0058] $Y = a + X_0 b_0 + X_s b_s + X_t b_t + X_i b_i + e$ 其中,Y为直肠温度, X_0 为牛腿跖部温度(即体表温度), X_s 为季节设计矩阵, b_s 为 X_s 的非随机参数向量; X_t 为时间设计矩阵, b_0 为 X_0 的回归系数, b_t 为 X_t 的非随机参数向量; X_i 为个体设计矩阵, b_i 为 X_i 的随机参数向量;a代表截距,e为随机向量误差。采用模型对体表温度和直肠温度进行混合线性分析,各参数的估计值见表4,模型解释的变异为0.562。

[0059] 表4同时考虑季节因素测定时间因素为固定效应的混合线性模型结果

[0060]

效应种类	季节	时间点	估计值	误差	自由度	t 值	Pr > |t|
a			37.1255	0.1236	6	300.48	
b ₀			0.03716	0.002599	1417	10.32	<.0001
b _s	1		0.1557	0.009439	1417	16.49	<.0001
	2		0.02555	0.01026	1417	2.49	0.0129
	3		0	.	.	.	.
b _t		1	-0.01009	0.02612	1417	-0.39	0.6994
		2	-0.06894	0.02612	1417	-2.64	0.0084
		3	-0.05211	0.02164	1417	-1.99	0.0464
		4	-0.09002	0.02615	1417	-3.44	0.0006
		5	-0.08717	0.0262	1417	-3.33	0.0009
		6	-0.1442	0.02626	1417	-5.49	<.0001
		7	-0.1283	0.02633	1417	-4.87	<.0001
		8	-0.1908	0.02619	1417	-7.29	<.0001
		9	-0.07616	0.02613	1417	-2.91	0.0036
		10	-0.03006	0.02621	1417	-1.15	0.2517
		11	0.04516	0.02656	1417	1.7	0.0893
		12	0.08145	0.02725	1417	2.99	0.0028
		13	0.1618	0.0274	1417	5.9	<.0001
		14	0.1846	0.02773	1417	6.66	<.0001
		15	0.2104	0.02733	1417	7.7	<.0001
		16	0.1891	0.02669	1417	7.09	<.0001
		17	0.1811	0.02642	1417	6.86	<.0001
		18	0.1272	0.0262	1417	4.86	<.0001
		20	0.05839	0.02615	1417	2.23	0.0257
		21	0.08796	0.02615	1417	3.36	0.0008
		22	0.05663	0.02614	1417	2.17	0.0304
		23	0.05352	0.02613	1417	2.05	0.0407
		24	0	.	.	.	.

[0061] 2.5 直肠温度与校正后体表温度对比

[0062] 运用混合线性模型得出的回归方程对体表测温数据进行矫正,各校正温度与直肠温度差值绝对数的平均数为0.104℃,90%数据差值的绝对值不超过0.2℃,说明该拟合方程与本测温系统结合,可以取得较理想的测温结果。

[0063] 2.6 交叉验证

[0064] 为验证上述线性模型的预测效果,将全部数据随机平均分为10等份,随机选取9份建立混合线性模型,剩下1份使用建立的模型进行预测,依次重复10次,得到每个体表温度对应的预测直肠温度。最后对预测的直肠温度与真实直肠测温数据做相关分析以评价模型的预测效能。考虑时间点因素模型的相关系数为0.644,明显高于不考虑时间点因素模型的

相关系数0.569。经SAS9.3差异显著性分析后发现,校正后的体表温度与真实直肠温度间差异不显著($p>0.05$),说明该方法校正后得到了理想的效果,同时也说明牛体表温度与直肠温度之间存在良好的线性关系。可以通过将后续测量得到的牛腿跖部温度带入混合线性模型计算获得牛直肠温度,完成牛体温的测量。即可以通过体表温度直接获得直肠温度数据。

[0065] 对比例1

[0066] 本对比例仅考虑季节为固定效应。

[0067] 以季节因素为固定效应,个体为随机效应,对体表温度和直肠温度数据进行混合线性模型分析。建立的混合线性模型如下:

[0068] $Y = a + X_0b_0 + X_s b_s + X_i b_i + e$ 其中, Y 为直肠温度, X_0 牛腿跖部温度(即体表温度), X_s 为季节设计矩阵, b_s 为 X_s 的非随机参数向量, 即固定效应; X_i 为个体设计矩阵, b_0 为 X_0 的回归系数, b_i 为 X_i 的随机参数向量, 即随机效应; a 代表截距, e 为随机向量误差。

[0069] 采用模型对体表温度和直肠温度进行混合线性分析,得到模型的参数估计见表5,模型解释的变异为0.399。

[0070] 表5仅考虑季节效应因素为固定效应的混合线性模型结果

[0071]

效应种类	季节	估计值	误差	自由度	t 值	Pr > |t|
a		35.5147	0.1064	6	333.81	<.0001
b_0		0.08478	0.003054	1439	27.76	<.0001
b_s	1	0.1607	0.01105	1439	14.54	<.0001
	2	-0.02794	0.01156	1439	-2.42	0.0158
	3	0	.	.	.	.

[0072] 上述方法获得的拟合度不如实施例1。

[0073] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施方案对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

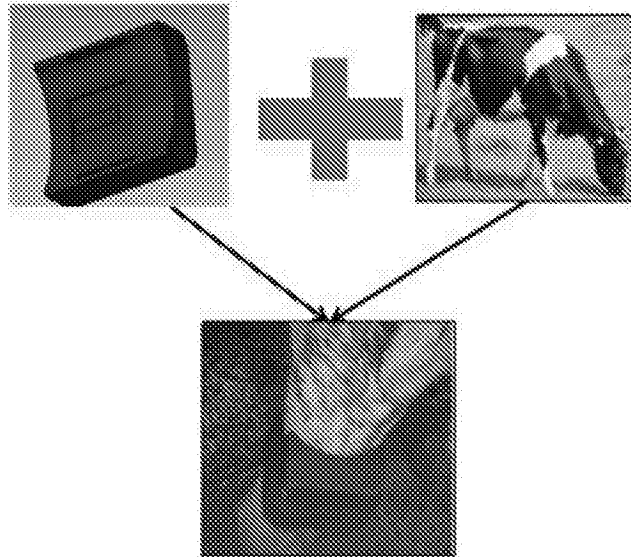


图1

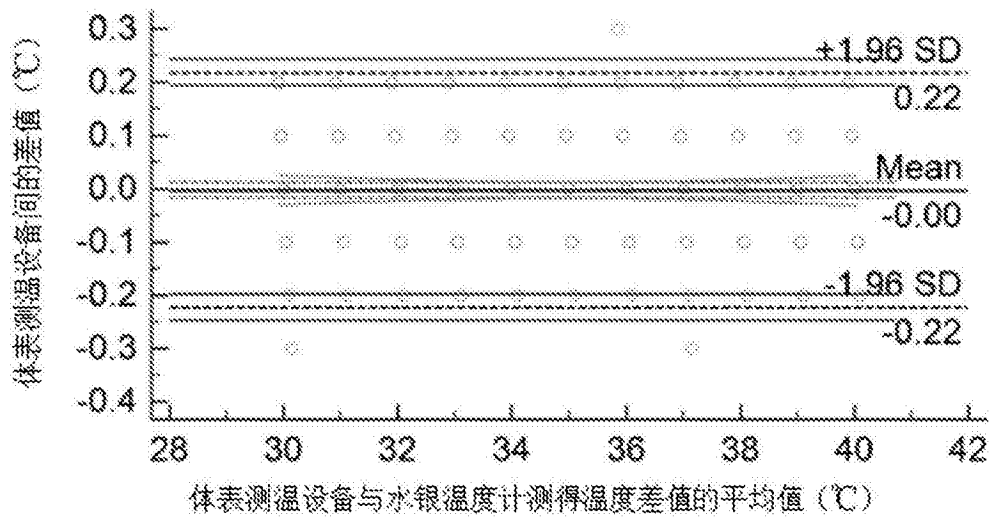


图2

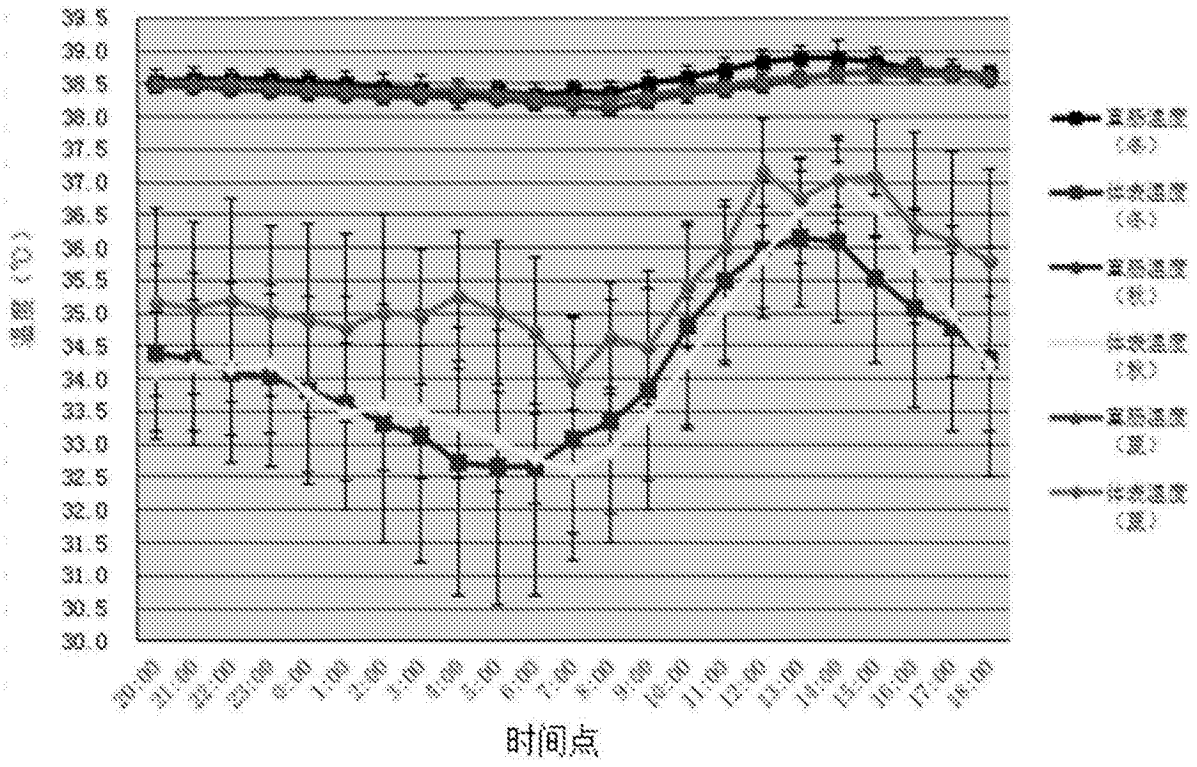


图3