



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109786872 B

(45) 授权公告日 2020.12.08

(21) 申请号 201910203745.0

(56) 对比文件

(22) 申请日 2019.03.18

CN 109432634 A, 2019.03.08

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 胡艳

申请公布号 CN 109786872 A

(43) 申请公布日 2019.05.21

(73) 专利权人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72) 发明人 杨世春 华旻 张祚铭 潘宇巍

闫啸宇

(74) 专利代理机构 北京航智知识产权代理事务

所(普通合伙) 11668

代理人 黄川 史继颖

(51) Int. Cl.

H01M 10/42 (2006.01)

H01M 10/48 (2006.01)

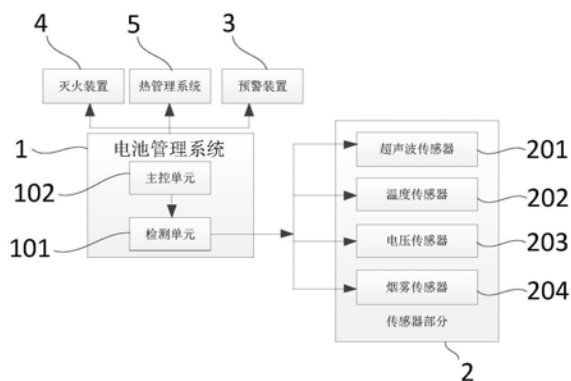
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种锂离子电池热失控预警系统及方法

(57) 摘要

本发明设计了一种锂离子电池热失控预警系统及方法,该预警系统包含多种传感器、电池管理系统、报警装置、自动应急灭火装置。传感器包含超声波传感器、温度传感器、电压传感器、烟雾传感器。其中的超声波传感器可以实现对电池内部气体状态特征的反映,及时对热失控风险涌现早期的电池热安全性做出预判与诊断,预警快速高效。电池管理系统基于多传感器复合探测进行数据分析,通过多参数与设定阈值进行比对,发出不同级别的预警信号,并采取不同的控制策略,力争将热失控引起的安全事故风险降低,减少人员伤害。



1. 一种锂离子电池热失控的预警方法,其特征在于:采用锂离子电池热失控预警系统进行预警,所述锂离子电池热失控预警系统包含电池管理系统、传感器部分、报警装置与自动应急灭火装置;其中,电池管理系统包含检测单元和主控单元;传感器部分包括超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器;

其中,检测单元实时获取各个传感器的检测数据,并实时传送至主控单元;主控单元将接收到的检测数据,计算出超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器检测数据在指定的相邻时间间隔内的变化率;并将各个检测数据及其变化率与设定的热失控关键参数阈值及其变化率阈值进行比较;随后,主控单元根据判断结果,进行分级预警,并根据预警级别的不同,发出不同的预警信号;报警装置、自动应急灭火装置以及电动汽车中配备热管理系统根据接收到的预警信号进行相应操作;

分级预警包括三级预警,具体如下:

A、一级预警

若主控单元检测到超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器中任何一个的检测参数或其变化率超过第一阈值范围,则主控单元发出一级预警信号;

B、二级预警

对于二级预警分为两种情况:

1) 若控制单元检测到前述超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器中任何一个的检测参数或其变化率超过第二阈值范围,则主控单元发出二级预警信号;

2) 若主控单元检测到超声波传感器、温度传感器、电压传感器反馈的三个检测数据或其变化率未超过第二阈值范围,但其中超声波传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围,同时温度传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围,则主控单元发出二级预警信号;

C、三级预警

对于三级预警同样分为两种情况:

1) 若主控单元检测到超声波传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围,但此时温度传感器的检测数据或其变化率未超出第三阈值范围,则主控单元发出三级预警信号;

2) 若主控单元检测到超声波传感器的检测数据或其变化率未超出第三阈值范围;此时若温度传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围,同时电压传感器的变化率超过第三阈值,则主控单元发出三级预警信号。

一种锂离子电池热失控预警系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于新能源汽车动力电池领域,尤其涉及一种新能源汽车的热失控预警系统及方法。

背景技术

[0002] 电动汽车目前广泛采用锂离子电池作为动力源,为了满足续航里程的要求,锂离子电池的能量密度不断提高,由此带来了显著的热安全性问题。近年来发生多起电动汽车起火事件,绝大多数都与锂离子电池的热安全性相关。锂离子电池的主要热安全问题来自于热失控。热失控是指电池内部由于一系列的放热链锁反应导致电池温升速率急剧升高,温度不再可控的一种过热现象,可以导致电池发生起火、爆炸、燃烧等危险情况。目前针对电动汽车开发的热失控预警系统中,主要通过电池的电压和表面的温度,以及电池箱体内的烟雾及气体等特征来进行预警,但实际上这些外部特征滞后于电池的内部特征,当外部检测温度、电压有显著变化时,电池内部的温度已触发或接近触发放热链锁反应,随后电池温度会急剧升高至几百摄氏度。电池箱内气体、烟雾等信号均是在电解液已大量分解并释放气体,安全阀已开启,或已有火焰喷出的情况下的响应,此时的预警代表情况已经较为危险,极有可能发生电动汽车的起火等安全事故。但是电池在早期内部有热失控风险的情况下,内部的特征如温度特征又难以获得,因此预警机制的时效性目前无法得到保障。因此热失控的早期快速、准确预警对于及时采取安全措施以及为人员的快速逃生有着重要意义。

发明内容

[0003] 针对现有技术的不足,本发明提出一种锂离子电池组热失控预警系统,能够在电池组起火前准确、有效的进行安全预警,从而为驾驶员及乘客提供有效的预警信号,以便可以及时做出应对措施或选择逃生,同时对车辆提供不同等级的危险信号,并进行早期的主动控制。

[0004] 本发明锂离子电池热失控预警系统,包含电池管理系统、传感器部分、报警装置与自动应急灭火装置。

[0005] 其中,电池管理系统包含检测单元和主控单元;传感器部分包括超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器。

[0006] 其中,检测单元实时获取各个传感器的检测数据,并实时传送至主控单元。主控单元将接收到的检测数据,计算出超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器检测数据在指定的相邻时间间隔内的变化率;并将各个检测数据及其变化率与设定的热失控关键参数阈值及其变化率阈值进行比较;随后,主控单元根据判断结果,进行分级预警,并根据预警级别的不同,对发出不同的预警信号;报警装置、自动应急灭火装置以及电动汽车中配备热管理系统根据接收到的预警信号进行相应操作。

[0007] 针对上述锂离子电池热失控预警系统的预警方法为:

[0008] 包括三级预警,具体如下:

[0009] A、一级预警

[0010] 若主控单元检测到超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器中任何一个的检测参数或其变化率超过第一阈值范围，则主控单元发出一级预警信号。

[0011] B、二级预警

[0012] 对于二级预警分为两种情况：

[0013] 1) 若控制单元检测到前述超声波传感器、温度传感器、电压传感器与烟雾传感器中任何一个的检测参数或其变化率超过第二阈值范围，则主控单元发出二级预警信号。

[0014] 2) 若主控单元检测到超声波传感器、温度传感器、电压传感器反馈的三个检测数据或其变化率未超过第二阈值范围，但其中超声波传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围，同时温度传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围，则主控单元发出二级预警信号。

[0015] C、三级预警

[0016] 对于三级预警同样分为两种情况：

[0017] 1) 若主控单元检测到超声波传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围，但此时温度传感器的检测数据或其变化率未超出第三阈值范围，则主控单元发出三级预警信号；

[0018] 2) 若主控单元检测到超声波传感器的检测数据或其变化率未超出第三阈值范围；此时若温度传感器的检测数据或其变化率超出第三阈值范围，同时电压传感器的变化率超过第三阈值，则主控单元发出三级预警信号。

[0019] 本发明的优点在于：

[0020] 1、本发明锂离子电池热失控预警系统及方法，基于多传感器的联合进行数据分析与检测，从内部产气状态、电池电压及表面温度、电池箱内烟雾颗粒浓度几个方面多层次检测并预警，时效性好，易于实现。

[0021] 2、本发明中的锂离子电池热失控预警及方法，在电池内部状态参数探测方面，与普遍采用内部埋设温度传感器的方法相比有显著区别，通过超声波传感器探测电池内部气体特征状态即可反映内部的热安全状态，体现了预警系统的布置便捷性。

[0022] 3、本发明中的锂离子电池热失控预警及方法，从电池内部气体分布量这样一个全新的角度出发，及时对热失控风险涌现早期的电池热安全性做出预判与诊断，可以实现电池内部热安全状态的动态跟踪与响应，显著提升了预警的时效性。

附图说明

[0023] 图1为本发明锂离子电池热失控预警系统结构框图；

[0024] 图2为本发明锂离子电池热失控预警系统的三级预警方法流程图。

[0025] 图中：

[0026] 1-电池管理系统 2-传感器部分 3-报警装置

[0027] 4-与自动应急灭火装置4 5-热管理系统 101-检测单元

[0028] 102-主控单元 201-超声波传感器 202-温度传感器

[0029] 203-电压传感器 204-烟雾传感器

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0031] 本发明锂离子电池热失控预警系统,包含电池管理系统1、传感器部分2、报警装置3与自动应急灭火装置4,如图1所示。其中,电池管理系统1包含检测单元101和主控单元102。传感器部分2包括超声波传感器201、温度传感器202、电压传感器203与烟雾传感器204。超声波传感器201用于检测锂电池内部的气体释放量;温度传感器202用于检测电池表面的温度;电压传感器203用于检测电池的电压;烟雾传感器204用于检测电池箱内的烟雾颗粒浓度。

[0032] 所述检测单元101的输入端连接超声波传感器201、温度传感器202、电压传感器203与烟雾传感器204,实时获取各个传感器的检测数据,包括超声波传感器201实时检测的数据M、温度传感器202实时检测的数据T、电压传感器203实时检测的数据U、烟雾传感器204实时检测的数据C。

[0033] 上述检测单元101的输出端与主控单元102的输入端相连;由检测单元101将获取的各个传感器的检测数据,并将各传感器的检测数据实时传送至主控单元102。

[0034] 所述主控单元102根据接收到的检测数据,计算出超声波传感器201、温度传感器202、电压传感器203与烟雾传感器204检测数据在指定的相邻时间间隔内的变化率DM,DT,DU以及DC,将各个检测数据及其变化率与设定的热失控关键参数(温度、电压、内部气体分布量、烟雾颗粒浓度)阈值及其变化率阈值进行比较,可以通过对电池出厂前进行大量的安全测试验证的试验数据获得。随后,主控单元102根据判断结果,进行分级预警,预判当前电池的热安全状态,具体包括三级预警,并以一级作为最严重级别报警,各级别预警含义如下:

[0035] 一级预警表示电池箱内电池已发生或即将发生明显的热失控现象;

[0036] 二级预警表示电池箱内电池可能或即将发生自产热现象;

[0037] 三级预警表示电池可能因滥用而引起初期的热安全问题。

[0038] 上述各个参数的阈值及变化率分别设定为3个阈值,令其为第一~第三阈值,其中:

[0039] 第一阈值为实验条件下,电池未发生热失控的前5分钟内,各个热失控关键参数及其变化率的平均值。此处所选取的时间5分钟,是由当前新国标《电动汽车用锂离子动力电池安全要求》里规定,在电池包发生热失控危险前5分钟,汽车要提供预警信号,预留5分钟的逃生时间这一角度出发。

[0040] 第二阈值为实验条件下,电池温度超出厂家规定最高限值,开始自产热的前后各取相等的一段时间间隔,各个热失控关键参数及其变化率的平均值。

[0041] 第三阈值为实验条件下,电池温度超出正常使用温度上限或大倍率充放电等极端工况后的前后各取相等的一段时间间隔,各个热失控关键参数及其变化率的平均值。

[0042] 上述主控单元102的输出端与电动汽车中配备热管理系统,以及本发明中的报警装置3及自动应急灭火装置4相连,进而依据预警级别的不同,对热管理系统、报警装置3及应急灭火装置发出不同的预警信号,旨在通过提前预警并启动相应措施,最大程度上降低电池可能发生的起火事故造成的人身伤害。

[0043] 上述报警装置3可以采用声光报警器。应急灭火装置4可以使用气溶胶灭火剂,力

争降低火情的危险程度,为逃生预留更多宝贵的时间,为事故处置提供时间,以此保障人们的生命与财产安全。

[0044] 热失控链式放热反应触发的情况下,电池内部产气量超过一定程度时,电池顶部泄压阀会逐渐打开,此时电池表面的温度急剧升高,电压会有明显下降,电池箱内开始聚集气体烟雾及颗粒。因此本发明中基于多传感器的联合进行数据分析与检测,进行分级预警,最大程度上降低电池可能发生的起火事故造成的人身伤害,本发明锂离子电池热失控预警方法如图2所示,具体为:

[0045] 图中,其中, $M_1 \sim M_3$ 分别为内部气体分布量第一~第三阈值; $T_1 \sim T_3$ 分别为温度第一~第三阈值; $U_1 \sim U_3$ 分别为电压第一~第三阈值; $C_1 \sim C_3$ 分别为烟雾颗粒浓度第一~第三阈值; $DM_1 \sim DM_3$ 分别为内部气体分布量变化率第一~第三阈值; $DT_1 \sim DT_3$ 分别为温度变化率第一~第三阈值; $DU_1 \sim DU_3$ 分别为电压变化率第一~第三阈值; $DC_1 \sim DC_3$ 分别为烟雾颗粒浓度变化率第一~第三阈值。

[0046] A、一级预警

[0047] 若主控单元102检测到前述四种传感器中任何一个检测参数或其变化率超过第一阈值范围,则主控单元102发出一级预警信号,此时电池组已有起火燃烧的危险,自动应急灭火装置4收到该信号后立即启动,同时启动声光报警方式提示驾驶员及乘客逃离车辆,以期将火灾危害尽可能降到最低程度。

[0048] 如果电池组未发生十分严重的热失控现象,一级预警系统不会启动。但是如果电池组由于经历了一定程度的滥用工况导致过热会使电池温度升高,超出了厂家规定的温度使用上限,内部由于一定程度的副反应发生也会有气体产生,同时电压出现波动,这一阶段处于电池自产热的初期,需要有二级预警来提供安全信息情况。

[0049] B、二级预警

[0050] 对于二级预警分为两种情况:

[0051] 1、若控制单元检测到前述四种传感器中任何一个检测参数或其变化率超过第二阈值范围,则主控单元102发出二级预警信号。

[0052] 2、若主控单元102检测到超声波传感器201、温度传感器202、电压传感器203反馈的三个检测数据或其变化率未超过第二阈值范围,但其中超声波传感器201的检测数据或其变化率超出第三阈值范围,同时温度传感器202的检测数据或其变化率超出第三阈值范围,则主控单元102发出二级预警信号。

[0053] 此时应急热管理系统5立刻启动,通过加强冷却的方式仍有可能抑制或减缓热失控的发生,为整车的安全性提供保障。例如风冷方式的热管理系统应将风速调节至最大;液冷方式的热管理系统应将冷却液流量调节至最大并将入水口温度调节至最低;同时电池管理系统1与整车控制器协调,动力电池无其它功率输出。

[0054] 若主控单元102如果预警系统在诊断的过程中未发出一级预警信号或二级预警信号,则说明电池组中还未有单体电池处于危险状态,但是电池在使用的过程中会因充放电而内部产热,如果热管理系统散热不佳或出现大倍率充、放电等滥用工况,热量的不断累积也对电池的热安全性造成影响,可能会演化成最终的热失控,因此需要三级预警系统来提供车辆的安全状态信息以及及时做出相应处理。

[0055] C、三级预警

[0056] 对于三级预警同样分为两种情况：

[0057] 1、若主控单元102检测到超声波传感器201的检测数据或其变化率超出第三阈值范围，但此时温度传感器202的检测数据或其变化率未超出第三阈值范围，则表明电池内部由于温度有所升高开始产生少量气体，但此时电池外表面的温度特征以及电压特征滞后于内部特征，可能无明显变化，在电池内部还没有因自产热引发一系列放热链锁副反应，则主控单元102发出三级预警信号。

[0058] 2、若主控单元102检测到超声波传感器201的检测数据或其变化率未超出第三阈值范围，电池可能因大倍率充、放电的情况下电池极耳温度与电压变化率会有显著变化；此时若温度传感器202的检测数据或其变化率超出第三阈值范围，同时电压传感器203的变化率DU超过第三阈值DU3，则主控单元102发出三级预警信号。

[0059] 此时电池组中各电池温度还未达到触发放热副反应的温度范围，应急热管理系统立刻启动，加强冷却的方式。例如风冷方式的热管理系统可以加大风速及流量；液冷方式的热管理系统可以增大冷却液的流量并调低入水口温度；同时电池管理系统1与整车控制器协调降低电池最大可用输出功率。

[0060] 本发明通过上述系统及方法，对电池组中每块电池及进行监测，发现一旦有热失控风险涌现的电池，就开始对驾驶员警报。

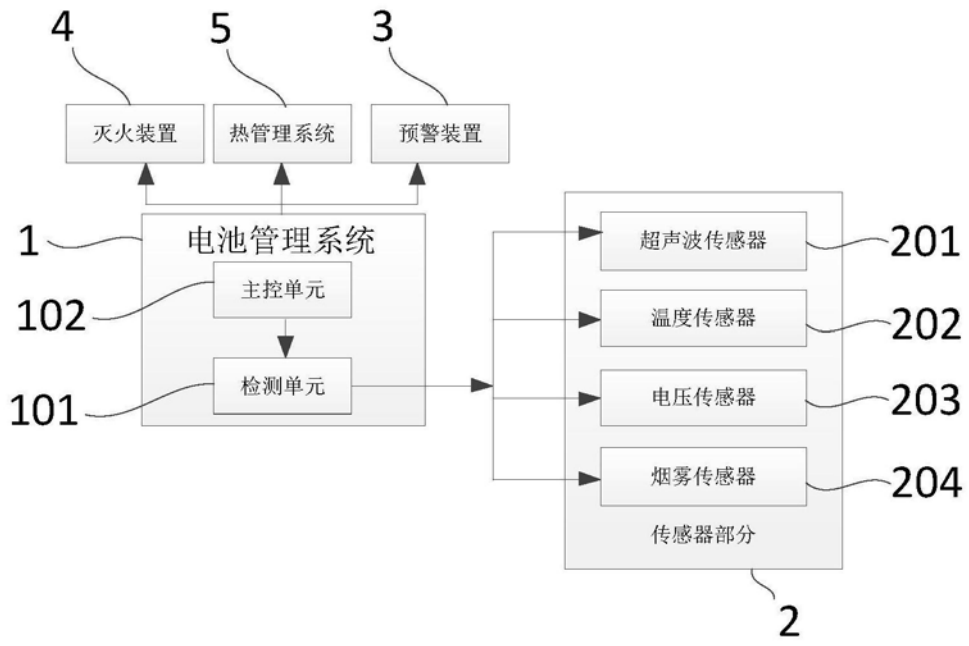


图1

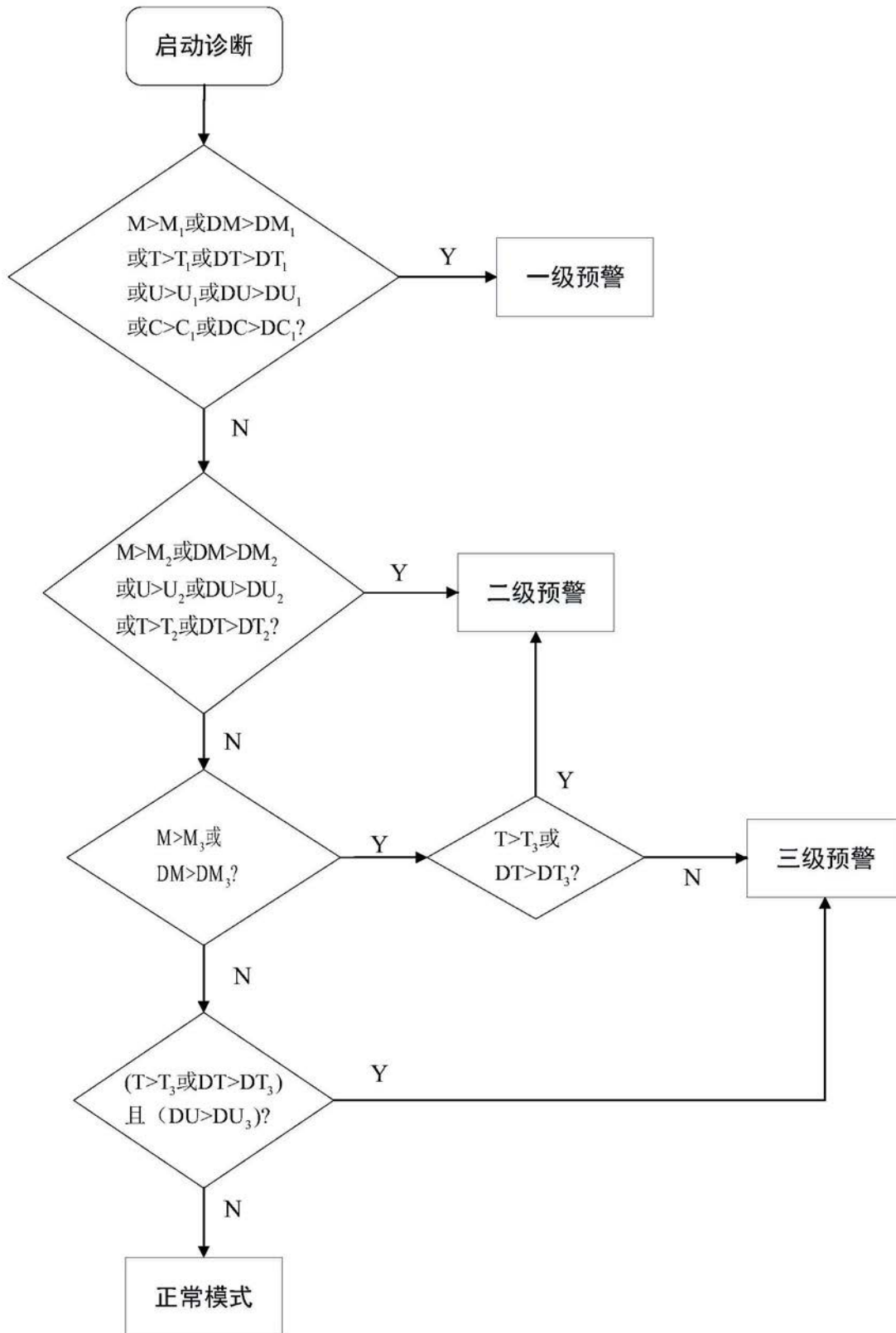


图2