



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112364069 A

(43) 申请公布日 2021.02.12

(21) 申请号 202010963160.1

(22) 申请日 2020.09.14

(71) 申请人 光大环境科技(中国)有限公司  
地址 211106 江苏省南京市江宁区苏源大道19号九龙湖国际企业总部园B3座  
(江宁开发区)

(72) 发明人 曹光 嵇达文

(74) 专利代理机构 北京市磐华律师事务所  
11336  
代理人 冯永贞

(51) Int. Cl.  
G06F 16/2458 (2019.01)  
G08B 7/06 (2006.01)  
G08B 21/18 (2006.01)

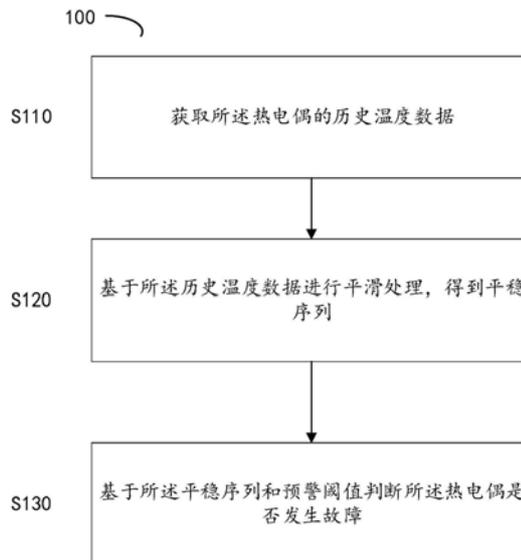
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于时间序列的热电偶故障预警方法、系统及存储介质

(57) 摘要

本发明提供了一种基于时间序列的热电偶故障预警方法、系统及存储介质,方法包括:获取所述热电偶的历史温度数据;基于所述历史温度数据进行平滑处理,得到平稳序列;基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障。根据本发明,一方面避免了人工经验的差别而导致故障判断滞后和错误的出现,另一方面可以降低损失,稳定运行。



1. 一种基于时间序列的热电偶故障预警方法,其特征在于,所述方法包括:  
获取所述热电偶的历史温度数据;  
基于所述历史温度数据进行平滑处理,得到平稳序列;  
基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基于所述历史温度数据进行平滑处理,得到平稳序列,包括:  
对所述历史温度数据进行差分处理,得到差分序列;  
判断所述差分序列是否达到平稳状态;  
如果所述差分序列达到平稳状态,则确定所述差分序列为平稳序列。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述对所述历史温度数据进行差分处理,得到差分序列,包括:  
计算所述历史温度数据的p阶差分或k步差分,得到所述差分序列。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述计算所述历史温度数据的p阶差分,包括:  
$$\nabla_{x_t}^p = \nabla_{x_t}^{p-1} - \nabla_{x_{t-1}}^{p-1}$$
 其中,  $\nabla_{x_t}^p$  为第t期数据 $x_t$ 的p阶差分,  $\nabla_{x_t}^{p-1}$  为第t期数据 $x_t$ 的p-1阶差分,  $\nabla_{x_{t-1}}^{p-1}$  为第t-1期数据 $x_{t-1}$ 的p-1阶差分,p和t为大于1的正整数。
5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,计算所述历史温度数据的k步差分,包括:  
$$\nabla_k x_t = x_t - x_{t-k}$$
 其中,  $\nabla_k x_t$  为第t期数据 $x_t$ 的k步差分,  $x_t$  为第t期数据,  $x_{t-k}$  为与第t期数据 $x_t$ 相距k期的数据。
6. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,判断所述差分序列是否达到平稳状态,包括:  
根据ADF检验方法判断所述差分序列达到平稳状态。
7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:  
基于所述平稳序列采用箱线图方法确定所述预警阈值,其中,所述预警阈值包括上限阈值和下限阈值。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障,包括:  
判断所述平稳序列中是否存在超出所述上限阈值或所述下限阈值的范围的数值;  
如果所述平稳序列存在超出所述上限阈值或所述下限阈值的范围的数值,则确定所述热电偶发生故障。
9. 一种基于时间序列的热电偶故障预警系统,其特征在于,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上且在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现根据权利要求1-8中任一项所述方法的步骤。
10. 一种计算机存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被计算机执行时实现权利要求1-8中任一项所述方法的步骤。

## 基于时间序列的热电偶故障预警方法、系统及存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及环保技术领域,更具体地涉及热电偶故障预警。

### 背景技术

[0002] 在垃圾焚烧发电过程中,锅炉内也需要用到热电偶来测量温度,很多重要操作都需要依据温度来进行,而且在垃圾焚烧发电中有 850℃/2S的环保指标,该指标也要根据炉膛内部的热电偶测点来进行计算。因此热电偶运行不正常,直接会影响正常生产,所以更加需要通过对热电偶故障预警来做到提前处理,降低损失。现有技术中对热电偶故障主要采用的是人工经验,这种方法往往是在故障已经发生的情况下才会察觉,甚至可能出现工况异常后才察觉,这就导致在实际运行中可能已经带来损失,加之不同的运行人员判断结果的差异也可能较大。因此,现有技术中对于热电偶故障存在滞后性的问题。

### 发明内容

[0003] 考虑到上述问题而提出了本发明。本发明提供了一种基于时间序列的热电偶故障预警方法、系统及存储介质以至少解决上述问题之一。

[0004] 根据本发明的第一方面,提供了一种基于时间序列的热电偶故障预警方法,包括:

[0005] 获取所述热电偶的历史温度数据;

[0006] 基于所述历史温度数据进行平滑处理,得到平稳序列;

[0007] 基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障。

[0008] 可选地,所述基于所述历史温度数据进行平滑处理,得到平稳序列,包括:

[0009] 对所述历史温度数据进行差分处理,得到差分序列;

[0010] 判断所述差分序列是否达到平稳状态;

[0011] 如果所述差分序列达到平稳状态,则确定所述差分序列为平稳序列。

[0012] 可选地,所述对所述历史温度数据进行差分处理,得到差分序列,包括:

[0013] 计算所述历史温度数据的p阶差分或k步差分,得到所述差分序列。

[0014] 可选地,所述计算所述历史温度数据的p阶差分,包括:

[0015]  $\nabla_{x_t}^p = \nabla_{x_t}^{p-1} - \nabla_{x_{t-1}}^{p-1}$ , 其中,  $\nabla_{x_t}^p$  为第t期数据 $x_t$ 的p阶差分,  $\nabla_{x_t}^{p-1}$  为第t期数据 $x_t$

的p-1阶差分,  $\nabla_{x_{t-1}}^{p-1}$  为第t-1期数据 $x_{t-1}$ 的p-1阶差分,p和t为大于1的正整数。

[0016] 可选地,计算所述历史温度数据的k步差分,包括:

[0017]  $\nabla_k x_t = x_t - x_{t-k}$ , 其中,  $\nabla_k x_t$  为第t期数据 $x_t$ 的k步差分,  $x_t$  为第t期数据,

$x_{t-k}$  为与第t期数据 $x_t$ 相距k期的数据。

[0018] 可选地,判断所述差分序列是否达到平稳状态,包括:

[0019] 根据ADF检验方法判断所述差分序列达到平稳状态。

[0020] 可选地,所述方法还包括:

[0021] 基于所述平稳序列采用箱线图方法确定所述预警阈值,其中,所述预警阈值包括上限阈值和下限阈值。

[0022] 可选地,所述基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障,包括:

[0023] 判断所述平稳序列中是否存在超出所述上限阈值或所述下限阈值的范围的数值;

[0024] 如果所述平稳序列存在超出所述上限阈值或所述下限阈值的范围的数值,则确定所述热电偶发生故障。

[0025] 根据本发明的第二方面,提供了一种基于时间序列的热电偶故障预警系统,其特征在于,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上且在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现根据第一方面所述方法的步骤。

[0026] 根据本发明的第三方面,提供了一种计算机存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被计算机执行时实现第一方面所述方法的步骤。

[0027] 根据本发明实施例的基于时间序列的热电偶故障预警方法、系统及存储介质,通过基于时间序列对热电偶故障进行预警,一方面避免了人工经验的差别而导致故障判断滞后和错误的出现,另一方面可以降低损失,稳定运行。

## 附图说明

[0028] 通过结合附图对本发明实施例进行更详细的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显。附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中,相同的参考标号通常代表相同部件或步骤。

[0029] 图1是根据本发明实施例的热电偶故障预警方法的示意性流程图;

[0030] 图2是根据本发明实施例的热电偶故障预警系统的示意性框图。

## 具体实施方式

[0031] 为了使得本发明的目的、技术方案和优点更为明显,下面将参照附图详细描述根据本发明的示例实施例。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是本发明的全部实施例,应理解,本发明不受这里描述的示例实施例的限制。基于本发明中描述的本发明实施例,本领域技术人员在没有付出创造性劳动的情况下所得到的所有其它实施例都应落入本发明的保护范围之内。

[0032] 在垃圾焚烧发电过程中,锅炉内也需要用到热电偶来测量温度,很多重要操作都需要依据温度来进行,而且在垃圾焚烧发电中有 850℃/2S的环保指标,该指标也要根据炉膛内部的热电偶测点来进行计算。因此热电偶运行不正常,直接会影响正常生产。现有技术基于人工经验而不同人的经验就可能存在差异,经验好的可以提前看出问题,经验不够的可能只会在故障发生后才会察觉,所以对于热电偶故障的判断就会存在滞后性。

[0033] 基于上述考虑,根据本发明实施例提供了一种基于时间序列的热电偶故障预警方法。参见图1,图1示出了根据本发明实施例的热电偶故障预警方法的示意性流程图。如图1所示,所述方法100包括:

[0034] 步骤S110,获取所述热电偶的历史温度数据;

[0035] 步骤S120,基于所述历史温度数据进行平滑处理,得到平稳序列;

[0036] 步骤S130,基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障。

[0037] 其中,获取所述热电偶的历史温度数据后,对历史温度数据进行平滑处理,使得该数据序列趋于平稳得到平稳序列;再根据该平稳序列预测热电偶的数据以判断热电偶将来是否会发生故障。相比与传统的人工判断方法,根据本发明实施例的基于时间序列的热电偶故障预警方法,可以根据实际工况来给工作人员提供热电偶故障预警,进而稳定运行,降低损失,解决了现有技术中只能根据经验来判断热电偶何时发生故障带来的判断滞后和误判的问题,实现提前预警,极大提高了系统运行的稳定性。可以广泛适用于任何需要对热电偶进行故障预警的场合。

[0038] 根据本发明实施例,在步骤S110中,获取所述热电偶的历史温度数据,可以从DCS(Distributed Control System,集散控制系统)中获取热电偶所测量的历史温度数据。其中,DCS可以由处理器实现。例如,可以通过软件、硬件、固件或者其组合实现,可以使用电路、单个或多个为特定用途集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、数字信号处理装置(Digital Signal Processing Device,DSPD)、可编程逻辑装置(Programmable Logic Device,PLD)、现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)、中央处理器(Central Processing Unit,CPU)、控制器、微控制器、微处理器中的至少一种。

[0039] 可选地,所述历史温度数据可以是多期温度序列,每期温度序列可以包括多个温度值。

[0040] 根据本发明实施例,在步骤S120中,所述基于所述历史温度数据进行平滑处理,得到平稳序列,包括:

[0041] 对所述历史温度数据进行差分处理,得到差分序列;

[0042] 判断所述差分序列是否达到平稳状态;

[0043] 如果所述差分序列达到平稳状态,则确定所述差分序列为平稳序列。

[0044] 可选地,所述对所述历史温度数据进行差分处理,得到差分序列,包括:

[0045] 计算所述历史温度数据的p阶差分或k步差分,得到所述差分序列。

[0046] 在一些实施例中,所述计算所述历史温度数据的p阶差分,包括:

[0047] 
$$\nabla_{x_t}^p = \nabla_{x_t}^{p-1} - \nabla_{x_{t-1}}^{p-1}$$
 其中, $\nabla_{x_t}^p$ 为第t期数据 $x_t$ 的p阶差分, $\nabla_{x_t}^{p-1}$ 为第t期数据 $x_t$

的p-1阶差分, $\nabla_{x_{t-1}}^{p-1}$ 为第t-1期数据 $x_{t-1}$ 的p-1阶差分,p和t为大于1的正整数。

[0048] 在一些实施例中,相距一期的两个序列之间的减法运算称为1阶差分运算。记 $\nabla_{x_t}$ 为 $x_t$ 的1阶差分:
$$\nabla_{x_t} = x_t - x_{t-1}$$
。

[0049] 在一些实施例中,对1阶差分后的序列再进行一次1阶差分运算称为2阶差分。记 $\nabla_{x_t}^2$ 为 $x_t$ 的2阶差分:
$$\nabla_{x_t}^2 = \nabla_{x_t} - \nabla_{x_{t-1}}$$
。

[0050] 以此类推,对p-1阶差分后序列再进行一次1阶差分运算称为p阶差分,记 $\nabla_{x_t}^p$ 为 $x_t$

的p阶差分： $\nabla_{x_t}^p = \nabla_{x_t}^{p-1} - \nabla_{x_{t-1}}^{p-1}$ 。

[0051] 在一些实施例中，计算所述历史温度数据的k步差分，包括：

[0052]  $\nabla_k x_t = x_t - x_{t-k}$ ，其中， $\nabla_k x_t$ 为第t期数据 $x_t$ 的k步差分， $x_t$ 为第t期数据， $x_{t-k}$ 为与第t期数据 $x_t$ 相距k期的数据。

[0053] 在一些实施例中，相距k期的两个序列值之间的减法运算称为k步差分运算。记 $\nabla_k x_t$ 为 $x_t$ 的k步差分： $\nabla_k x_t = x_t - x_{t-k}$ 。

[0054] 可选地，判断所述差分序列是否达到平稳状态，包括：

[0055] 根据ADF检验方法判断所述差分序列达到平稳状态。

[0056] 其中，ADF检验(Augmented Dickey-Fuller test, 单位根检验)方法通过判断差分序列中是否存在单位根来判断该差分序列是否达到平稳状态。如果差分序列平稳，就不存在单位根；否则，就会存在单位根。例如，ADF检验的H0假设可以是存在单位根，如果得到的显著性检验统计量小于三个置信度(10%，5%，1%)，则对应有(90%，95，99%)的概率来拒绝原假设。

[0057] 根据本发明实施例，在步骤S120中，所述基于所述历史温度数据进行平滑处理，得到平稳序列，还可以包括：

[0058] 如果所述差分序列，没有达到平稳状态，则继续进行差分处理，直至得到平稳的差分序列。

[0059] 在一些实施例中，可以在对历史温度数据进行1阶差分后得到1阶差分序列，采用ADF检验方法判断该1阶差分序列是否达到平稳状态；如果达到，则将该1阶差分序列作为平稳序列；如果没有达到，则继续对该1阶差分序列再进行一次1阶差分运算，得到2阶差分序列，然后采用ADF检验方法判断该2阶差分序列是否达到平稳状态，如果达到，则将该2阶差分序列作为平稳序列；如果没有达到，则继续对该2阶差分序列再进行一次1阶差分运算，得到3阶差分序列，以此类推，直至差分序列达到平稳状态。

[0060] 根据本发明实施例，在步骤S120中，所述基于所述历史温度数据进行平滑处理，得到平稳序列，还可以包括：

[0061] 计算所述平稳序列的方差。

[0062] 可选地，所述方法200还包括：

[0063] 基于所述平稳序列采用箱线图方法确定所述预警阈值，其中，所述预警阈值包括上限阈值和下限阈值。

[0064] 其中，箱线图方法利用平稳序列数据中的五个统计量：最小值、第一四分位数、中位数、第三四分位数与最大值来描述平稳序列，箱线图可以粗略地看出数据是否具有对称性，分布的分散程度等信息。

[0065] 根据本发明实施例，在步骤S130中，所述基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障，包括：

[0066] 判断所述平稳序列中是否存在超出所述上限阈值或所述下限阈值的范围；

[0067] 如果所述平稳序列存在超出所述上限阈值或所述下限阈值的范围的数值，则确定所述热电偶发生故障。

[0068] 在一些实施例中,所述方法200还可以包括:

[0069] 当确定所述热电偶发生故障时,发出报警信息。

[0070] 在一些实施例中,所述报警信息可以是声光报警,也可以是发送文本信息至控制终端,向工作人员显示等等,在此不做限制。

[0071] 根据本发明实施例,在步骤S130中,所述基于所述平稳序列和预警阈值判断所述热电偶是否发生故障,还包括:

[0072] 如果所述平稳序列不存在超出所述上限阈值或所述下限阈值的范围的数值,则确定所述热电偶没有发生故障。

[0073] 根据本发明的另一方面,提供一种基于时间序列的热电偶预警系统。参见图2,如图2所示,系统200,包括存储器210、以及处理器 220;

[0074] 所述存储器210存储用于实现根据本发明实施例的基于时间序列的热电偶预警方法中的相应步骤的程序代码;

[0075] 所述处理器220用于运行所述存储器210中存储的程序代码,以执行以上根据本发明实施例的基于时间序列的热电偶预警方法的相应步骤。

[0076] 在一个实施例中,在所述程序代码被所述处理器220运行时执行以上根据本发明实施例的前述基于时间序列的热电偶预警方法的相应步骤。

[0077] 此外,根据本发明的另一方面,还提供了一种计算机可读存储介质,在所述存储介质上存储了程序指令,在所述程序指令被计算机或处理器运行时用于执行本发明实施例的基于时间序列的热电偶预警方法的相应步骤,并且用于实现根据本发明实施例的基于时间序列的热电偶预警系统。

[0078] 示例性地,所述计算机可读存储介质可以是一个或多个计算机可读存储介质的任意组合。

[0079] 在一个实施例中,所述计算机程序指令在被计算机运行时可以实现根据本发明实施例的前述基于时间序列的热电偶预警方法。

[0080] 根据本发明实施例的基于时间序列的热电偶故障预警方法、系统及存储介质,通过基于时间序列对热电偶故障进行预警,一方面避免了人工经验的差别而导致故障判断滞后和错误的出现,另一方面可以降低损失,稳定运行。

[0081] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0082] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式或对具体实施方式的说明,本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

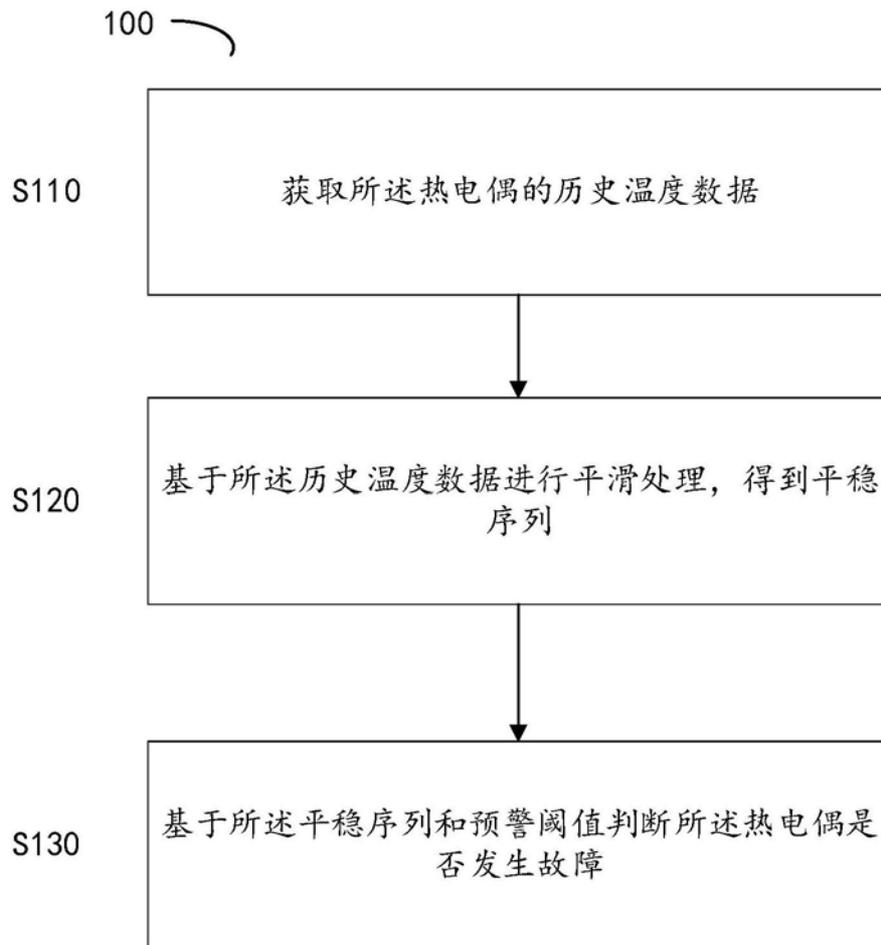


图1

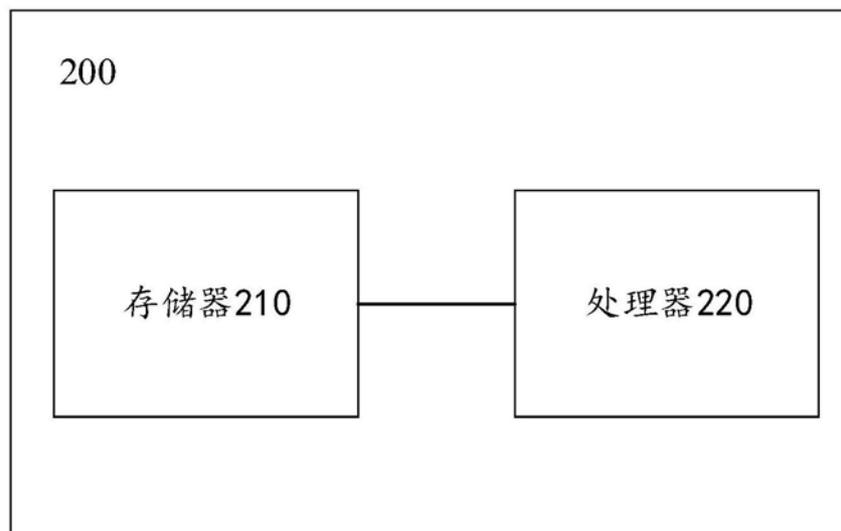


图2