

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101871844 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 27

(21) 申请号 201010206808. 7

(22) 申请日 2010. 06. 13

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市 100084 信箱 82 分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 蒋东翔 洪良友 黄乾 朱仁胜
赵明浩 李少华 陈杰 刘超
安学利

(74) 专利代理机构 北京鸿元知识产权代理有限公司 11327

代理人 邸更岩

(51) Int. Cl.

G01M 15/00 (2006. 01)

G01M 9/02 (2006. 01)

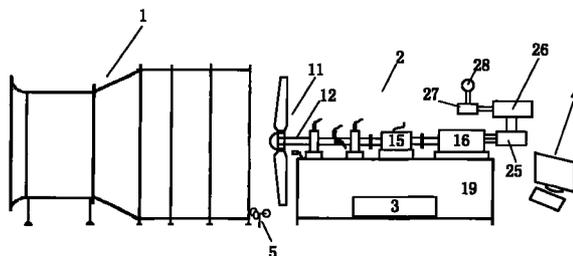
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

风力机性能分析与故障模拟实验系统

(57) 摘要

风力机性能分析与故障实验系统,属于风力机实验装置技术领域。本发明包括风洞、风力机实验装置和数据分析与处理系统。风力机实验装置包括台架,风轮,主轴,发电机,控制器以及扭矩、风速、速度和位移传感器。本发明可以研究不同翼型、风速、风轮故障、机械故障对风力机气动性能、轴系振动特性和出力等的影响,模拟风力机风轮质量不平衡、气动不平衡、偏航、轴系不对中、支座松动和轴承损坏等多种故障,并进行实时分析。通过选择装配调心滚子轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承等不同型式的轴承,可以比较不同支撑形式下风力机的性能;具有很好的开放性、可拆解性和扩展性。主要适用于风力机科研和教学领域。



1. 一种风力机性能分析与故障模拟实验系统,其特征在于,该系统包括风洞、风力机实验装置和数据分析与处理系统;所述的风力机实验装置包括台架(19)、风轮(11)、主轴(12)、扭矩传感器(15)、发电机(16)、控制器(25)、蓄电池(26)、逆变器(27)、负载(28)、风速传感器(5)、用于测量主轴转速的转速传感器、用于测量主轴(12)水平方向和垂直方向位移的位移传感器、用于测量轴承振动的加速度传感器、显示和转换模块(3)、数据采集器以及含有分析与处理软件程序的计算机;所述的风轮、扭矩传感器、发电机同轴布置;风轮通过主轴与扭矩传感器连接,主轴由轴承支撑;所述的发电机和扭矩传感器放置在所述的台架上;所述的转速传感器、风速传感器、扭矩传感器、发电机以及控制器分别通过信号线与显示和转换模块(3)连接;所述的位移传感器依次通过前置器和隔直电路与数据采集器相连;所述的加速度传感器依次通过信号调理器和抗混滤波器与数据采集器相连;所述的显示和转换模块(3)分别输出0~5V电压信号和数字信号,其中电压信号通过BNC接线与数据采集器相连,数字信号通过RS232接口与计算机(4)相连;数据采集器通过USB数据线与计算机(4)连接;所述的数据分析与处理软件程序包括操作设置模块,状态监测模块和数据分析模块,所述的操作设置模块包括数据采集子模块、数据存储子模块、数据调用子模块、数据转换子模块和组态设置子模块;所述的状态监测模块包括监测界面子模块、波形显示子模块、参数列表子模块;所述的数据分析模块包括频谱分析子模块、轴心轨迹分析子模块、趋势分析子模块和瀑布图分析子模块。

2. 根据权利要求1所述的风力机性能分析与故障模拟实验系统,其特征在於:该风洞包括进气口(6)、动力段(7)、扩散段(8)、整流段(9)和试验段(10),各段之间通过法兰连接;在所述的整流段内装有蜂窝器和紊流网;在所述的动力段内装有交流风机和变频器;所述的进气口带有喇叭口和进气防护网。

3. 根据权利要求2所述的风力机性能分析与故障模拟实验系统,其特征在於:所述的整流段采用分段可拆卸式;所述的试验段采用开口式。

4. 根据权利要求1所述的风力机性能分析与故障模拟实验系统,其特征在於:所述的风轮和轴承采用可拆解式。

5. 根据权利要求1所述的风力机性能分析与故障模拟实验系统,其特征在於:所述的台架采用可移动结构,长度为1.2米,宽度为0.52米,高度为0.7~0.8米;风轮直径为1.2~1.5米。

6. 根据权利要求1所述的风力机性能分析与故障模拟实验系统,其特征在於:所述的轴承采用调心滚子轴承、圆柱滚子轴承或圆锥滚子轴承;所述的发电机采用低速永磁发电机。

7. 根据权利要求1所述的风力机性能分析与故障模拟实验系统,其特征在於:所述的位移传感器采用电涡流位移传感器;所述的加速度传感器采用压电式加速度传感器;所述的扭矩传感器采用非接触式扭矩传感器。

风力机性能分析与故障模拟实验系统

技术领域

[0001] 本发明属于风力机实验装置领域,具体来说属于风力机性能分析与故障实验研究的实验设备技术领域。

背景技术

[0002] 风能作为一种清洁能源,其在全球范围内蕴藏量巨大,具有可再生、分布广、无污染的特性,使风能发电成为世界可再生能源发展的重要方向。中国近年来风电产业发展迅速,为保证风力发电机组安全可靠稳定运行,高效利用风力资源,开展风力发电机组性能分析与故障诊断研究是十分必要的。因此,国内外许多科研院所在风力发电机组故障的机理、诊断及方法以及状态监测与故障诊断系统的开发等方面进行着深入研究。

[0003] 在对风力发电机组运行性能、故障机理和诊断方法理论分析的同时,需要对理论分析结果进行实验验证。而目前尚未有完整的风力机性能分析与故障实验系统用于研究分析工作,绝大多数风力发电实验平台主要采用电动机通过传动轴带动风力发电机旋转,或采用风轮与发电机联接的方式,该连接方式没有轴承,不能获得轴承振动信号及主轴振动信号),这些实验装置不能很好地反映大型风力发电机组实际情况,极大地限制了风力机运行性能和故障特性的研究,由此制约了风力发电机组的优化设计、轴系动力学特性和故障诊断理论的深入研究。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种用于风力机性能分析与故障实验研究完整的实验系统。

[0005] 本发明所解决的技术问题可以采用以下技术方案来实现:

[0006] 一种风力机性能分析与故障实验系统,其特征在于,该系统包括风洞、风力机实验装置和数据分析与处理系统;所述的风力机实验装置包括台架、风轮、主轴、扭矩传感器、发电机、控制器、蓄电池、逆变器、负载、风速传感器、用于测量主轴转速的转速传感器、用于测量主轴水平方向和垂直方向位移的位移传感器、用于测量轴承振动的加速度传感器、显示和转换模块、数据采集器以及含有分析与处理软件程序的计算机;所述的风轮、扭矩传感器、发电机同轴布置;风轮通过主轴与扭矩传感器连接,主轴由轴承支撑;所述的发电机和扭矩传感器放置在所述的台架上;所述的转速传感器、风速传感器、扭矩传感器、发电机以及控制器分别通过信号线与显示和转换模块连接;所述的位移传感器依次通过前置器和隔直电路与数据采集器相连;所述的加速度传感器依次通过信号调理器和抗混滤波器与数据采集器相连;所述的显示和转换模块分别输出 0 ~ 5V 电压信号和数字信号,其中电压信号通过 BNC 接线与数据采集器相连,数字信号通过 RS232 接口与计算机相连;数据采集器通过 USB 数据线与计算机连接;所述的数据分析与处理软件程序包括操作设置模块,状态监测模块和数据分析模块,所述的操作设置模块包括数据采集子模块、数据存储子模块、数据调用子模块、数据转换子模块和组态设置子模块;所述的状态监测模块包括监测界面子模块、波形显示子模块、参数列表子模块;所述的数据分析模块包括频谱分析子模块、轴心轨迹分

析子模块、趋势分析子模块和瀑布图分析子模块。

[0007] 本发明所述的风洞包括进气口、动力段、扩散段、整流段和试验段；其中整流段包括蜂窝器、紊流网；动力段包括交流风机、变频器。风洞通过变频器实现风速的无级调节；所述的整流段采用分段可拆式；所述的试验段采用开口式。所述的整流段采用分段可拆卸式；所述的试验段采用开口式。

[0008] 本发明所述的台架采用可移动结构，长度为 1.2 米，宽度为 0.52 米，高度为 0.7 ~ 0.8 米；风轮直径为 1.2 ~ 1.5 米；所述的风轮和轴承采用可拆解式。

[0009] 本发明所述的轴承采用调心滚子轴承、圆柱滚子轴承或圆锥滚子轴承；所述的发电机采用低速永磁发电机。

[0010] 本发明所述的位移传感器采用电涡流位移传感器；所述的加速度传感器采用压电式加速度传感器；所述的扭矩传感器采用非接触式扭矩传感器。

[0011] 本发明与现有技术相比，具有以下优点及突出性效果：

[0012] ①本发明由风洞提供风源，能更好地模拟实际风能本身的随机波动性和不稳定性，研究风速不稳定条件下，风力机产生的非线性、非平稳振动信号的处理方法；同时，研究风力机功率平衡联合控制策略，以消除风力发电功率的波动性。

[0013] ②风力机实验装置采用和实际风力机相同的连接方式，能准确地模拟真实风力发电机组的运行状况。

[0014] ③本发明具有很好的开放性、扩展性和可拆解性，可以选用不同尺寸、不同翼型的风轮，可以装配调心滚子轴承、圆柱滚子轴承或圆锥滚子轴承来支撑主轴，以比较不同形式下风力机的性能。

[0015] ④本发明可以模拟风力机风轮质量不平衡、气动不平衡、偏航、轴系不对中、支座松动和轴承损坏等多种故障状态，并进行实时分析。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明风力机性能分析与故障实验系统整体结构示意图。

[0017] 图 2 为本发明风洞的结构示意图。

[0018] 图 3 为本发明风力机实验装置的实施例的结构示意图。

[0019] 图 4 为本发明数据采集系统的硬件框图。

[0020] 图 5 为本发明数据分析与处理系统的软件框图。

[0021] 图中：1- 风洞；2- 风力机实验装置；3- 显示和转换模块；4- 计算机；5- 风速传感器；6- 进气口；7- 动力段；8- 扩散段；9- 整流段；10- 试验段；11- 风轮；12- 主轴；13- 第一轴承；14- 第二轴承；15- 扭矩传感器；16- 发电机；17- 第一联轴器；18- 第二联轴器；19- 台架；20- 转速传感器；21- 第一加速度传感器；22- 第一位移传感器；23- 第二位移传感器；24- 第二加速度传感器；25- 控制器；26- 蓄电池；27- 逆变器；28- 负载。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明风力机性能分析与故障实验系统的结构、工作原理和工作过程作详细的说明。

[0023] 本发明风力机性能分析与故障实验系统主要由风洞、风力机实验装置和数据分析

与处理系统组成；其中风洞产生不同风速吹向风力机实验装置；风力机实验装置的风轮在风的驱动下转动，带动发电机转动，产生各种性能参数和振动参数；数据分析与处理系统采集风力机实验装置的性能参数和振动参数，显示、分析处理、存储所获取的各种参数，并可实现历史数据的读取、数据格式的转换等。系统的整体结构如图 1 所示。

[0024] 以下分别说明各部分的构成：

[0025] 一、风洞：风洞的结构如图 2 所示，它是一种开路开口式试验风洞装置，包括进气口 6、动力段 7、扩散段 8、整流段 9、试验段 10，各段之间通过法兰连接，所述法兰之间间隔有密封材料，进气口 6 带喇叭口和进气防护网，整流段 9 内装有蜂窝器、紊流网。动力段 7 装有变频交流风机，省却传统风洞动力段设计工序。整流段 9 的特征是平直段是易拆段，根据实验室的空间条件可灵活选择长度，最终可将风洞试验装置的整体长度控制在 3~5m 之间，适合于实验室试验研究。当易拆段长度为 500mm 左右时，可用于模拟风力透平机的非对称来流工况。本风洞试验装置配备了风速传感器 5，可用于各种正常、非正常工况的风力机特性研究。还可加装热线风速仪、激光位移传感器、振动信号传感器等相关试验设备，研究风力机气固耦合振动特征。

[0026] 二、风力机实验装置：图 3 为本发明风力机实验装置的实施例的结构示意图，它包括台架 19、风轮 11、主轴 12、扭矩传感器 15、发电机 16、控制器 25、蓄电池 26、逆变器 27、负载 28、风速传感器 5、转速传感器 20、第一位移传感器 22、第二位移传感器 23、第一加速度传感器 21、第二加速度传感器 24、显示和转换模块 3、数据采集器以及含有分析与处理软件程序的计算机 4；所述的风轮 11 安装于主轴 12 上；采用与大型风力机相同的主轴支撑方式，主轴 12 由第一轴承 13 和第二轴承 14 进行支撑；第一轴承和第二轴承上部分别布置第一加速度传感器 21 和第二加速度传感器 24 用于测量轴承的振动。在两个轴承之间的轴 12 上布置第一位移传感器 22 和第二位移传感器 23，分别用于测量主轴垂直方向和水平方向的位移。主轴 12 与发电机 16 之间安装扭矩传感器 15，并通过第一联轴器 17 和第二联轴器 18 实现与主轴 12 和发电机 16 的连接，扭矩传感器 15 通过第一联轴器 17 与主轴 12 相联，扭矩传感器 15 通过第二联轴器 18 与发电机 16 相联，并使风轮、扭矩传感器、发电机同轴布置。为保证第一轴承和第二轴承、扭矩传感器 15 和发电机 16 在同一水平高度，在它们下面分别加支座固定在台架 19 上。发电机 16 输出交流信号，经控制器 25 处理后变成直流，当蓄电池 26 的电压低于其额定值时被充电，当蓄电池 26 电压达到控制器 25 的输出电压值以上时，直流信号将会直接进入逆变器 27，以 220V 交流电信号供给交流负载 28。本风力机实验装置的结构部件整体开放式布置于台架 19 之上，占用空间小。由于本实验装置的布置形式与大型风力机相同，实现了对主轴工作状态下扭矩的测量，完善了所需振动参数的采集，且整体移动方便，部件容易拆装，可扩展性强。应用本实验装置可以模拟风力机气动不平衡、偏航、风轮质量不平衡、轴系不对中、支座松动和轴承损坏等多种故障。风轮和轴承采用可拆解式，例如风轮可以更换成不同尺寸、不同翼型的风轮；轴承可更换成调心滚子轴承、圆柱滚子轴承或圆锥滚子轴承等不同型式，以研究比较不同形式下风力机性能规律。

[0027] 图 4 为本实验装置数据采集系统的硬件框图，转速传感器 20、风速传感器 5、扭矩传感器 15、发电机 16 以及控制器 25 分别通过信号线与显示和转换模块 3 连接；位移传感器（包括第一位移传感器 22、第二位移传感器 23）依次通过前置器与隔直电路采用 BNC 接线与数据采集器相连；加速度传感器（第一加速度传感器 21、第二加速度传感器 24）通过

信号调理器与抗混滤波器采用 BNC 接线与数据采集器相连；显示和转换模块 3 输出 0~5V 电压信号和数字信号，其中电压信号通过 BNC 接线与数据采集器相连，数字信号通过 RS232 接口与计算机 4 相连；显示和转换模块的前面板为显示仪表，显示仪表显示对应所述的传感器采集到的物理量。数据采集器通过 USB 数据线与计算机 4 连接。第一位移传感器 22、第二位移传感器 23 置于风轮 11 与扭矩传感器 15 中部，分别测量主轴 12 水平方向和垂直方向位移；第一加速度传感器 21、第二加速度传感器置于第一轴承 13 和第二轴承 14 顶部，测量轴承振动信号。本数据采集与分析系统的硬件设计克服了现有的小型风力机数据采集系统形式不规范、功能不全等不足，整套系统采用标准化接口，结构简单，形式规范、功能齐全，而且具有很好的应用拓展性。

[0028] 三、数据分析与处理系统：图 5 为数据分析与处理系统的软件程序框图，包括操作设置模块，状态监测模块和数据分析模块，其中操作设置模块包括数据采集子模块、数据存储子模块、数据调用子模块、数据转换子模块和组态设置子模块；状态监测模块包括监测界面子模块、波形显示子模块和参数列表子模块；数据分析模块包括频谱分析子模块、轴心轨迹分析子模块、趋势分析子模块和瀑布图分析子模块。可以实现数据采集、显示、分析处理、存储与历史数据读取、数据格式转换等功能。本系统将采集到的数据与设置的组态信息一并存入，以便读取的过程中对应读取。

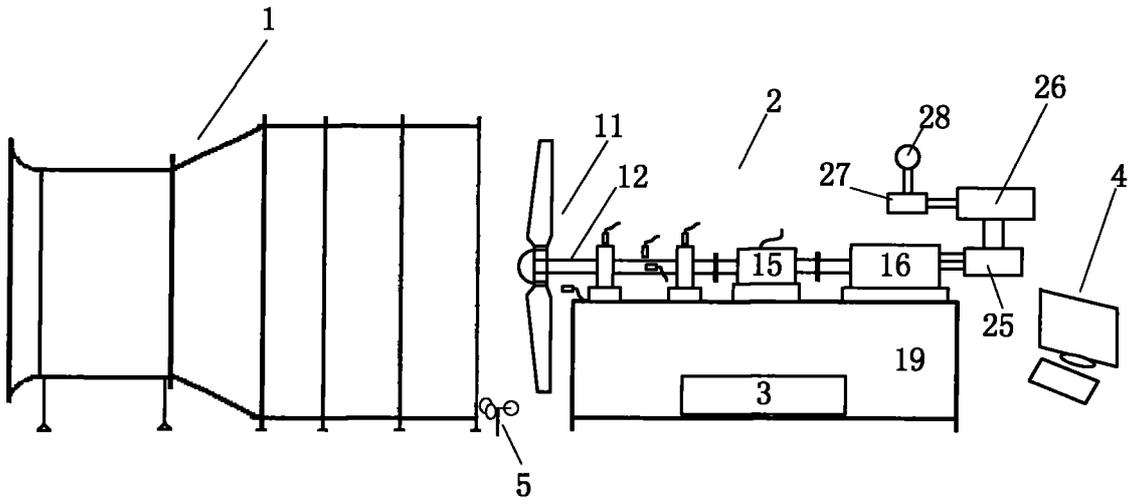


图 1

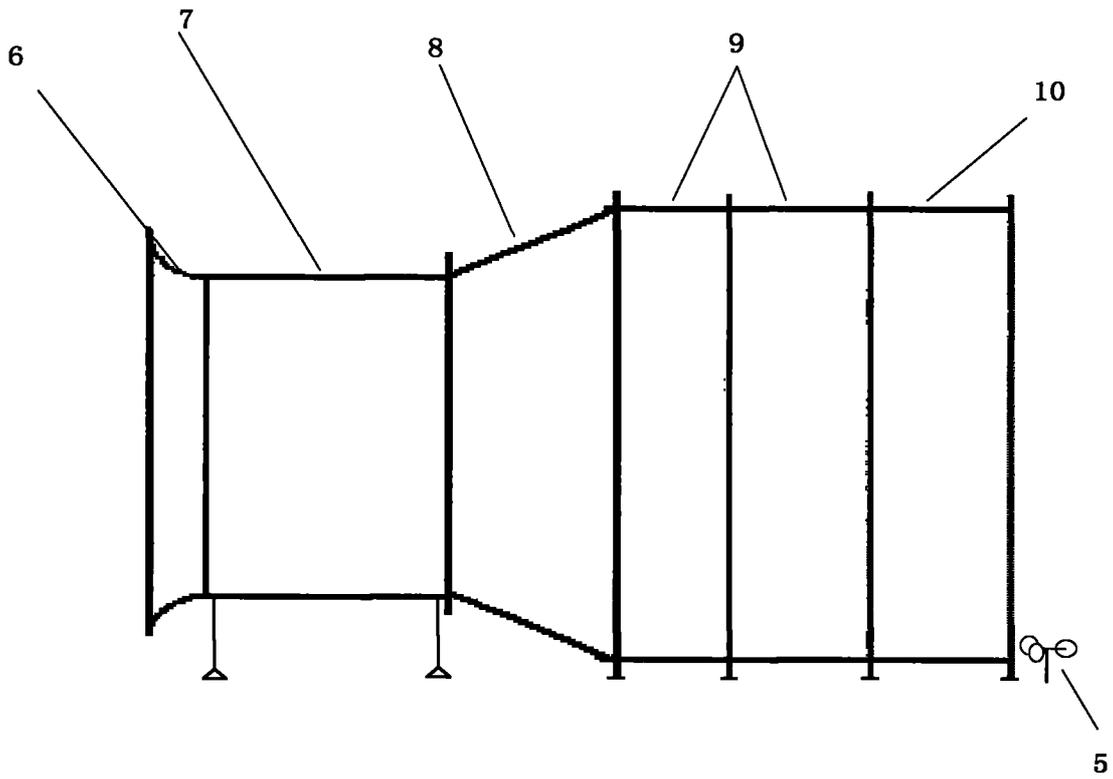


图 2

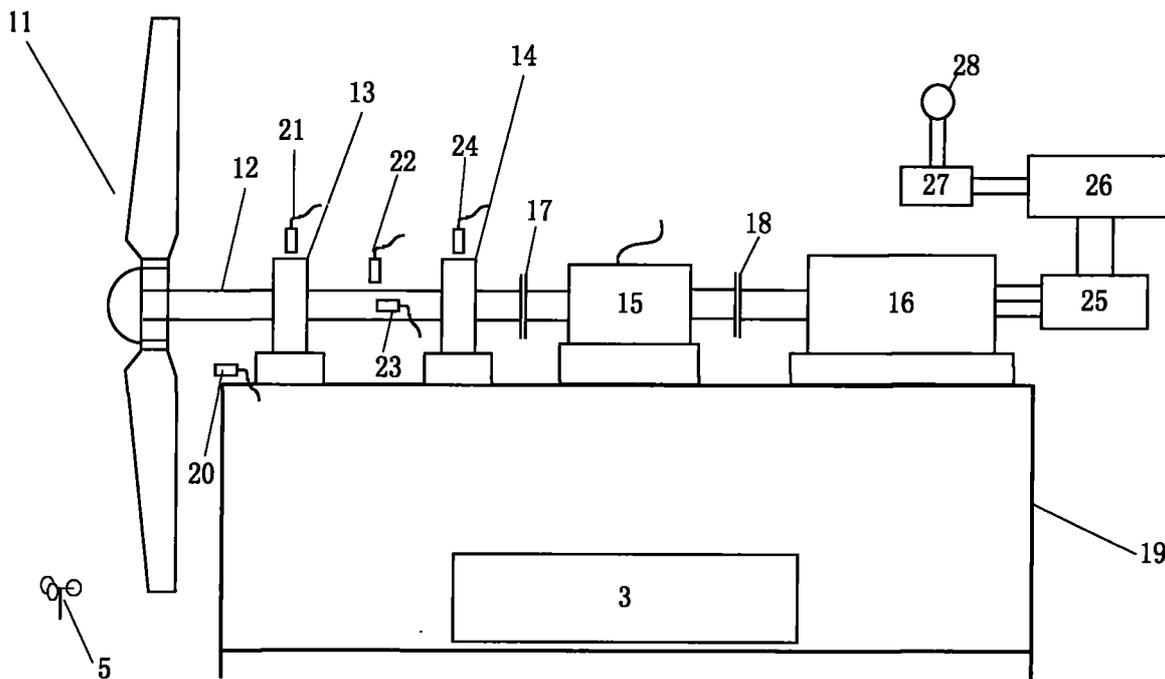


图 3

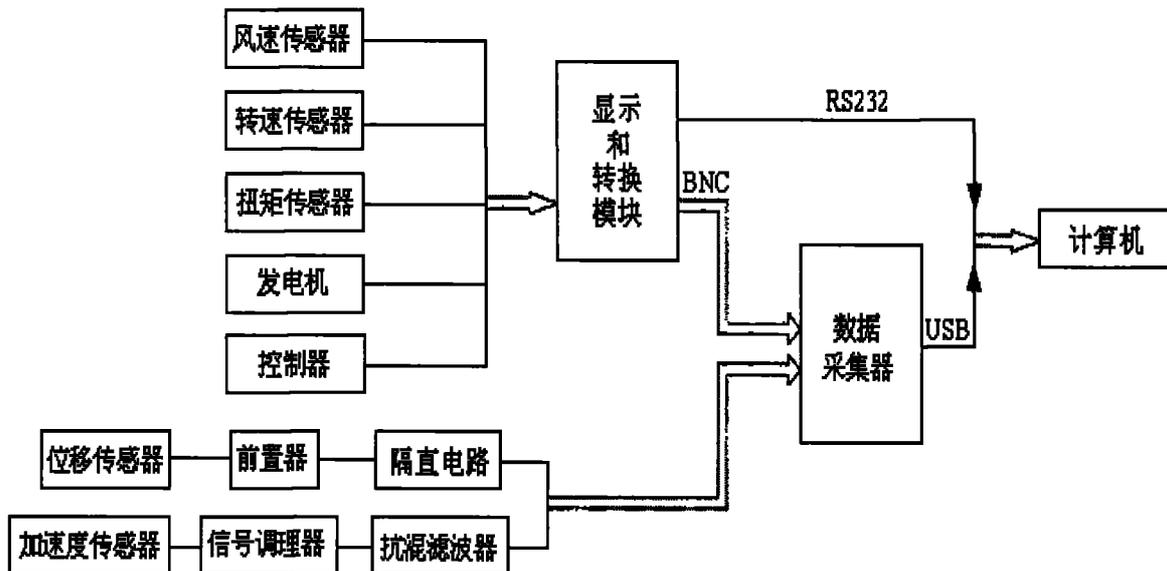


图 4

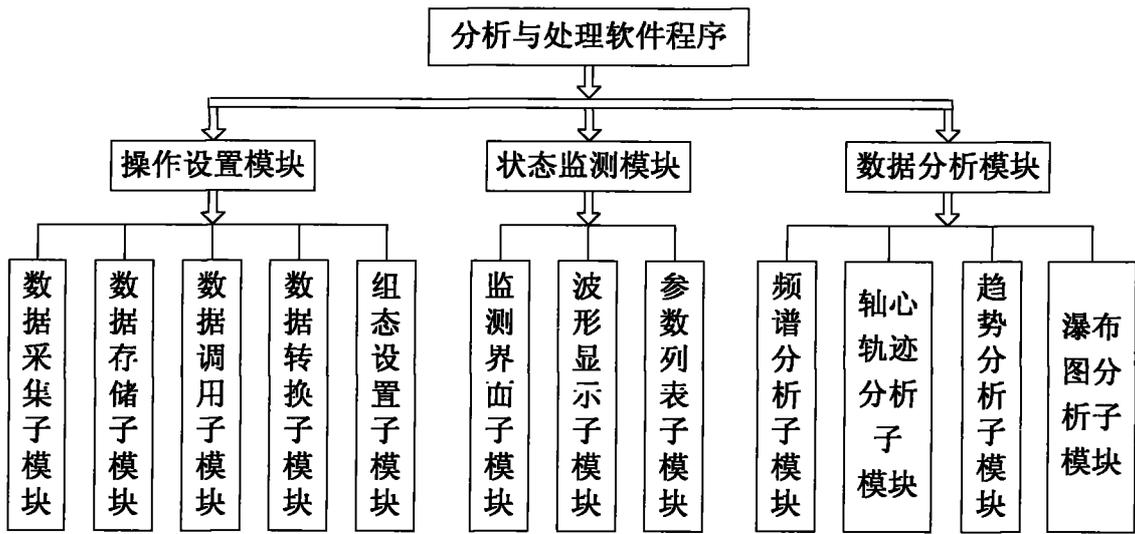


图 5