



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112302743 B

(45) 授权公告日 2023.02.03

(21) 申请号 202011188489.1
 (22) 申请日 2020.10.30
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 112302743 A
 (43) 申请公布日 2021.02.02
 (73) 专利权人 华北电力科学研究院有限责任公司
 地址 100045 北京市西城区复兴门外地藏庵南巷一号
 专利权人 国网冀北电力有限公司电力科学研究院
 国家电网有限公司
 (72) 发明人 王维萌 司派友 刘双白 左川 宋亚军 吴昕 任彦
 (74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
 专利代理师 单晓双 董晓毅
 (51) Int. Cl.
 F01K 7/22 (2006.01)

F01K 3/14 (2006.01)
 F01K 13/00 (2006.01)
 F01K 13/02 (2006.01)
 F04B 41/02 (2006.01)
 F04B 41/06 (2006.01)
 F01D 25/20 (2006.01)
 F01D 25/12 (2006.01)
 F01D 11/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107514294 A, 2017.12.26
 CN 107060921 A, 2017.08.18
 CN 110761980 A, 2020.02.07
 CN 103644095 A, 2014.03.19
 CN 107461603 A, 2017.12.12
 CN 108895017 A, 2018.11.27
 CN 108979762 A, 2018.12.11
 US 2018171832 A1, 2018.06.21
 US 2011094212 A1, 2011.04.28 (续)

审查员 上官启扬

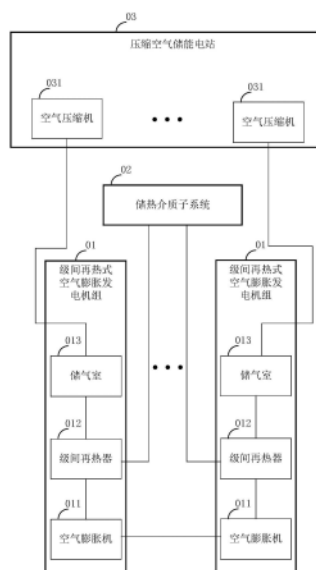
权利要求书32页 说明书85页 附图4页

(54) 发明名称
 用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统及其运行控制方法

(57) 摘要

本申请实施例提供一种用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统及其运行控制方法,系统包括:多个级间再热式空气膨胀发电机组和储热介质子系统;各个级间再热式空气膨胀发电机组均包括空气膨胀机和与该空气膨胀机连接的一组再热储气组件;各个空气膨胀机之间可控式串联,各组再热储气组件之间并联;各个再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机依次连接的级间再热器和储气室;各个储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接,各个级间再热器分别连接至储热介质子系统。本申请能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性,并能够在

有效提高膨胀发电效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性。



CN 112302743 B

[接上页]

(56) 对比文件

US 2017350318 A1, 2017.12.07

陈海生等. 压缩空气储能技术原理. 《储能科

学与技术》. 2013, (第02期),

张金艳. 风力储能发电系统匹配性研究综述. 《电工电气》. 2017, (第04期),

1. 一种用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,其特征在于,包括:多个级间再热式空气膨胀发电机组,第一常规氮气密封装置和第二常规氮气密封装置,以及,用于对各个所述级间再热式空气膨胀发电机组进行高温储热和低温储热的储热介质子系统;

各个所述级间再热式空气膨胀发电机组均包括:一个空气膨胀机和与该空气膨胀机连接的一组再热储气组件;各个所述空气膨胀机之间可控式串联,各组所述再热储气组件之间并联;

各个所述再热储气组件均包括:与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室;各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接,各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质子系统;

所述压缩空气储能电站内的空气压缩机包括:第一级空气压缩机、第二级空气压缩机、第三级空气压缩机和第四级空气压缩机;

相对应的,所述级间再热式空气膨胀发电机组包括:第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组、第三级间再热式空气膨胀发电机组和第四级间再热式空气膨胀发电机组;

所述第一级间再热式空气膨胀发电机组包括:第一级空气膨胀机,所述第一级空气膨胀机经由依次连接的第一级级间再热器和第一级储气室连接至所述第一级空气压缩机;

所述第二级间再热式空气膨胀发电机组包括:第二级空气膨胀机,所述第二级空气膨胀机经由依次连接的第二级级间再热器和第二级储气室连接至所述第二级空气压缩机;

所述第三级间再热式空气膨胀发电机组包括:第三级空气膨胀机,所述第三级空气膨胀机经由依次连接的第三级级间再热器和第三级储气室连接至所述第三级空气压缩机;

所述第四级间再热式空气膨胀发电机组包括:第四级空气膨胀机,所述第四级空气膨胀机经由依次连接的第四级级间再热器和第四级储气室连接至所述第四级空气压缩机;

所述第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机和第四级空气膨胀机依次连接;

所述第一级空气膨胀机与第二级空气膨胀机之间设有第一离合器;所述第二级空气膨胀机与第三级空气膨胀机之间设有第二离合器;所述第三级空气膨胀机与第四级空气膨胀机之间设有第三离合器;

所述储热介质子系统包括第一高温储热介质泵、第二高温储热介质泵、高温储热介质罐和低温储热介质罐;

所述第一高温储热介质泵分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧;

所述第二高温储热介质泵为所述第一高温储热介质泵的备用介质泵,该第二高温储热介质泵也分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧;

所述高温储热介质罐分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧;

所述低温储热介质罐分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的出口侧;

所述第一常规氮气密封装置连接至所述高温储热介质罐,且该第一常规氮气密封装置

还连接至第一个常规制氮系统,且所述第一常规氮气密封装置与第一个常规制氮系统之间设有第一常规氮气密封装置进口隔离阀;

所述第二常规氮气密封装置连接至所述低温储热介质罐,且所述第二常规氮气密封装置还连接至第二个常规制氮系统,且所述第二常规氮气密封装置与第二个常规制氮系统之间设有第二常规氮气密封装置进口隔离阀;

所述第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机和第四级空气膨胀机分别连接至各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀,且所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀与第三个常规制氮系统连接;

所述第一级空气压缩机经由第一级储气室进口隔离阀连接至所述第一级储气室;所述第一级储气室经由依次连接的第一级储气室出口隔离阀和第一级储气室出口调阀连接至所述第一级级间再热器;所述第一级级间再热器经由依次连接的第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀连接至所述第一级空气膨胀机;

所述第一级级间再热器还经由依次连接的第一级级间再热器储热介质侧进口调阀和第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;

所述第一级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第一级级间再热器与所述第一级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第一级空气膨胀机旁路调阀,该第一级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第一级空气膨胀机对应的消声器;

所述第二级空气压缩机经由第二级储气室进口隔离阀连接至所述第二级储气室;所述第二级储气室经由依次连接的第二级储气室出口隔离阀和第二级储气室出口调阀连接至所述第二级级间再热器;所述第二级级间再热器经由依次连接的第二级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口调阀连接至所述第二级空气膨胀机;

所述第二级级间再热器还经由依次连接的第二级级间再热器储热介质侧进口调阀和第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;

所述第二级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第二级级间再热器与所述第二级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第二级空气膨胀机旁路调阀,该第二级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第二级空气膨胀机对应的消声器;

所述第三级空气压缩机经由第三级储气室进口隔离阀连接至所述第三级储气室;所述第三级储气室经由依次连接的第三级储气室出口隔离阀和第三级储气室出口调阀连接至所述第三级级间再热器;所述第三级级间再热器经由依次连接的第三级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口调阀连接至所述第三级空气膨胀机;

所述第三级级间再热器还经由依次连接的第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;

所述第三级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第三级级间再热器与所述第三级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第三级空气膨胀机旁路调阀,该第三级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第三级空气膨胀机对应的消声器;

所述第四级空气压缩机经由第四级储气室进口隔离阀连接至所述第四级储气室;所述第四级储气室经由依次连接的第四级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口调阀连接至所述第四级级间再热器;所述第四级级间再热器经由依次连接的第四级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口调阀连接至所述第四级空气膨胀机;

所述第四级级间再热器还经由依次连接的第四级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统；

所述第四级空气膨胀机与一个消声器连接，且所述第四级级间再热器与所述第四级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第四级空气膨胀机旁路调阀，该第四级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第四级空气膨胀机对应的消声器；

所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统，还包括：分别与所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀并联的第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀；

所述第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第一级空气膨胀机之间的管道；

所述第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第二级空气膨胀机之间的管道；

所述第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第三级空气膨胀机之间的管道；

所述第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第四级空气膨胀机之间的管道；

所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统，还包括：并联的第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀；

所述第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第一级级间再热器连接；

所述第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第二级级间再热器连接；

所述第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第三级级间再热器连接；

所述第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第四级级间再热器连接；

所述第一高温储热介质泵与所述高温储热介质罐之间设有第一高温储热介质泵进口隔离阀，所述第二高温储热介质泵与所述高温储热介质罐之间设有第二高温储热介质泵进口隔离阀；

所述第一高温储热介质泵经由第一高温储热介质泵出口隔离阀分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧；

所述第二高温储热介质泵经由第二高温储热介质泵出口隔离阀分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧；

所述高温储热介质罐与所述第一高温储热介质泵出口隔离阀之间依次连接有高温储热介质泵再循环调阀和高温储热介质泵再循环隔离阀。

2. 根据权利要求1所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统，其特征在于，所述第一级空气膨胀机与一齿轮箱减速器的一端连接，且该齿轮箱减速器的另一端连接至一发电机。

3. 根据权利要求1所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统，其特征在于，还包括：常规润滑油系统；

所述常规润滑油系统用于为第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀

机、第四级空气膨胀机、第一离合器、第二离合器、第三离合器和齿轮箱减速器提供润滑和冷却用油。

4. 根据权利要求3所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,其特征在于,所述常规润滑油系统包括:润滑油箱,以及分别设置在该润滑油箱内的第一交流润滑油泵、第二交流润滑油泵、直流事故油泵和用于加热所述润滑油箱的油箱电加热器;

所述第一交流润滑油泵、第二交流润滑油泵和直流事故油泵均连接至第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机、第四级空气膨胀机、第一离合器、第二离合器、第三离合器和齿轮箱减速器。

5. 根据权利要求4所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,其特征在于,所述常规润滑油系统还包括:与所述润滑油箱连接且用于净化所述润滑油箱内润滑油的润滑油净化装置,以及,与所述润滑油箱分别连接的第一排油烟风机和第二排油烟风机;

所述常规润滑油系统还包括:分别与所述润滑油箱连接的润滑油过滤器、润滑油冷却器和蓄能器;

所述润滑油过滤器与所述润滑油冷却器连接,且所述润滑油冷却器经由润滑油压力调节阀分别连接至第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机、第四级空气膨胀机、第一离合器、第二离合器、第三离合器和齿轮箱减速器;

所述润滑油压力调节阀、所述润滑油箱和所述润滑油冷却器均连接至润滑油温度调节阀。

6. 根据权利要求5所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,其特征在于,还包括:常规厂用冷却水系统;

所述常规厂用冷却水系统分别与所述第一高温储热介质泵和第二高温储热介质泵连接;

所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第一个冷却水进口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第一个冷却水出口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水出口隔离阀;

所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第二个冷却水进口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第二个冷却水出口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水出口隔离阀。

7. 根据权利要求1所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,其特征在于,还包括:并联的第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀;

所述第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第一级空气膨胀机之间的管道;

所述第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第二级空气膨胀机之间的管道;

所述第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第三级空气膨胀机之间的管道;

所述第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第四级空气膨胀机之间的管道。

8. 根据权利要求1所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,其特征在于,还包括:并联的第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀;

所述第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第一级储气室连接;

所述第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第二级储气室连接;

所述第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第三级储气室连接;

所述第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第四级储气室连接。

9. 根据权利要求6所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,其特征在于,所述常规厂用冷却水系统与所述第一高温储热介质泵的进口侧之间连接有第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述第二高温储热介质泵的进口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀;

所述常规厂用冷却水系统与所述第一高温储热介质泵的出口侧之间连接有第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述第二高温储热介质泵的出口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀。

10. 一种膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,该运行控制方法用于控制如权利要求1至9任一项所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,运行控制方法包括:

若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常,则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理;

根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程;

其中,所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括:控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求;控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程;控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区;控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程;控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程,并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程。

11. 根据权利要求10所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述压缩空气储能电站内的空气压缩机包括:第一级空气压缩机、第二级空气压缩机、第三级空气压缩机和第四级空气压缩机;相对应的,所述级间再热式空气膨胀发电机组包括:第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组、第三级间再热式空气膨胀发电机组和第四级间再热式空气膨胀发电机组;所述第一级间再热式空气膨胀发电机组包括:第一级空气膨胀机,所述第一级空气膨胀机经由依次连接的第一级级间再热器和第一级储气室连接至所述第一级空气压缩机;所述第二级间再热式空气膨胀发电机组包括:第二级空气膨胀机,所述第二级空气膨胀机经由依次连接的第二级级间再热器和第二级储气室连接至所述第二级空气压缩机;所述第三级间再热式空气膨胀发电机组包括:第三级空气膨胀机,所述第三级空气膨胀机经由依次连接的第三级级间再热器和第三级储气室连接至所述第三级空气压缩机;所述第四级间再热式空气膨胀发电机组包括:第四级空气膨胀机,所述

第四级空气膨胀机经由依次连接的第四级级间再热器和第四级储气室连接至所述第四级空气压缩机;所述第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机和第四级空气膨胀机依次连接;所述第一级空气膨胀机与第二级空气膨胀机之间设有第一离合器;所述第二级空气膨胀机与第三级空气膨胀机之间设有第二离合器;所述第三级空气膨胀机与第四级空气膨胀机之间设有第三离合器;所述第一级空气膨胀机与一齿轮箱减速器的一端连接,且该齿轮箱减速器的另一端连接至一发电机;所述储热介质子系统包括第一高温储热介质泵、第二高温储热介质泵、高温储热介质罐和低温储热介质罐;所述膨胀发电系统还包括:常规润滑油系统和常规厂用冷却水系统;所述常规润滑油系统包括:润滑油箱,以及分别设置在该润滑油箱内的第一交流润滑油泵、第二交流润滑油泵、直流事故油泵和用于加热所述润滑油箱的油箱电加热器;所述常规润滑油系统还包括:与所述润滑油箱连接且用于净化所述润滑油箱内润滑油的润滑油净化装置,以及,与所述润滑油箱分别连接的第一排油烟风机和第二排油烟风机;所述常规润滑油系统还包括:分别与所述润滑油箱连接的润滑油过滤器、润滑油冷却器和蓄能器;所述润滑油过滤器与所述润滑油冷却器连接,且所述润滑油冷却器经由润滑油压力调节阀分别连接至第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机、第四级空气膨胀机、第一离合器、第二离合器、第三离合器和齿轮箱减速器;所述润滑油压力调节阀、所述润滑油箱和所述润滑油冷却器均连接至润滑油温度调节阀;所述常规厂用冷却水系统分别与所述第一高温储热介质泵和第二高温储热介质泵连接;所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第一个冷却水进口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第一个冷却水出口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水出口隔离阀;所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第二个冷却水进口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第二个冷却水出口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水出口隔离阀;

所述第一级空气压缩机经由第一级储气室进口隔离阀连接至所述第一级储气室;所述第一级储气室经由依次连接的第一级储气室出口隔离阀和第一级储气室出口调阀连接至所述第一级级间再热器;所述第一级级间再热器经由依次连接的第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀连接至所述第一级空气膨胀机;所述第一级级间再热器还经由依次连接的第一级级间再热器储热介质侧进口调阀和第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第一级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第一级级间再热器与所述第一级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第一级空气膨胀机旁路调阀,该第一级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第一级空气膨胀机对应的消声器;所述第二级空气压缩机经由第二级储气室进口隔离阀连接至所述第二级储气室;所述第二级储气室经由依次连接的第二级储气室出口隔离阀和第二级储气室出口调阀连接至所述第二级级间再热器;所述第二级级间再热器经由依次连接的第二级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口调阀连接至所述第二级空气膨胀机;所述第二级级间再热器还经由依次连接的第二级级间再热器储热介质侧进口调阀和第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第二级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第二级级间再热器与所述第二级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第二级空气膨胀机旁路调阀,该第二级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第二级空气膨胀机对应的

消声器;所述第三级空气压缩机经由第三级储气室进口隔离阀连接至所述第三级储气室;所述第三级储气室经由依次连接的第三级储气室出口隔离阀和第三级储气室出口调阀连接至所述第三级级间再热器;所述第三级级间再热器经由依次连接的第三级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口调阀连接至所述第三级空气膨胀机;所述第三级级间再热器还经由依次连接的第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第三级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第三级级间再热器与所述第三级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第三级空气膨胀机旁路调阀,该第三级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第三级空气膨胀机对应的消声器;所述第四级空气压缩机经由第四级储气室进口隔离阀连接至所述第四级储气室;所述第四级储气室经由依次连接的第四级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口调阀连接至所述第四级级间再热器;所述第四级级间再热器经由依次连接的第四级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口调阀连接至所述第四级空气膨胀机;所述第四级级间再热器还经由依次连接的第四级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第四级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第四级级间再热器与所述第四级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第四级空气膨胀机旁路调阀,该第四级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第四级空气膨胀机对应的消声器;所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:分别与所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀并联的第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀;所述第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第一级空气膨胀机之间的管道;所述第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第二级空气膨胀机之间的管道;所述第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第三级空气膨胀机之间的管道;所述第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第四级空气膨胀机之间的管道;所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀;所述第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第一级空气膨胀机之间的管道;所述第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第二级空气膨胀机之间的管道;所述第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第三级空气膨胀机之间的管道;所述第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第四级空气膨胀机之间的管道;所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀;所述第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第一级储气室连接;所述第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第二级储气室连接;所述第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第三级储气室连接;所述第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第四级储气室连接;所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质

侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀;所述第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第一级级间再热器连接;所述第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第二级级间再热器连接;所述第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第三级级间再热器连接;所述第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第四级级间再热器连接;所述第一高温储热介质泵与所述高温储热介质罐之间设有第一高温储热介质泵进口隔离阀,所述第二高温储热介质泵与所述高温储热介质罐之间设有第二高温储热介质泵进口隔离阀;所述第一高温储热介质泵经由第一高温储热介质泵出口隔离阀分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧;所述第二高温储热介质泵经由第二高温储热介质泵出口隔离阀分别连接至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧;所述高温储热介质罐与所述第一高温储热介质泵出口隔离阀之间依次连接有高温储热介质泵再循环调阀和高温储热介质泵再循环隔离阀;所述常规厂用冷却水系统与所述第一高温储热介质泵的进口侧之间连接有第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述第二高温储热介质泵的进口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀;所述常规厂用冷却水系统与所述第一高温储热介质泵的出口侧之间连接有第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述第二高温储热介质泵的出口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀。

12. 根据权利要求11所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,在所述对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理之前,还包括:

步骤101,判断所述膨胀发电系统的当前状态是否完全满足第一条件组中的全部条件,若否,则执行步骤102;

其中,所述第一条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气压缩机、第二级空气压缩机、第三级空气压缩机和第四级空气压缩机已停运;

2) 第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀、第四级储气室出口调阀、第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第一级储气室进口隔离阀、第二级储气室进口隔离阀、第三级储气室进口隔离阀、第四级储气室进口隔离阀、第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀、第四级储气室出口隔离阀、第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于关闭状态;

3) 第一级储气室压力、第二级储气室压力、第三级储气室压力、第四级储气室压力、第一级储气室储气温度、第二级储气室储气温度、第三级储气室储气温度和第四级储气室储气温度均符合各自对应的预设正常状态要求;

4) 润滑油箱液位已符合对应的预设正常状态要求;

5) 常规制氮系统供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

6) 各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀、第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀

机隔离风进口隔离阀均处于开启状态；

7) 第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进口隔离阀均处于开启状态；

8) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力、第三级空气膨胀机隔离风供气压力和第四级空气膨胀机隔离风供气压力均已符合各自对应的预设正常状态要求；

9) 高温储热介质罐液位、低温储热介质罐液位、高温储热介质罐压力和低温储热介质罐压力均已符合各自对应的预设正常状态要求；

10) 常规厂用冷却水系统供水压力、常规厂用冷却水系统供水温度均已符合各自对应的预设正常状态要求；

11) 第一润滑油冷却水进口隔离阀、第二润滑油冷却水进口隔离阀、第一润滑油冷却水出口隔离阀、第二润滑油冷却水出口隔离阀、第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀、第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀、第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀均处于开启状态；

步骤102, 发出停运第一级空气压缩机、第二级空气压缩机、第三级空气压缩机和第四级空气压缩机的指令, 发出全关第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀和第四级储气室出口调阀的指令, 发出全关第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令, 发出全关第一级储气室进口隔离阀、第二级储气室进口隔离阀、第三级储气室进口隔离阀和第四级储气室进口隔离阀的指令, 发出全关第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口隔离阀的指令, 发出全关第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令, 发出开启各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀的指令, 发起全开第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀的指令, 发起全开第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进口隔离阀的指令, 发起全开第一润滑油冷却水进口隔离阀和第二润滑油冷却水进口隔离阀的指令, 发起全开第一润滑油冷却水出口隔离阀和第二润滑油冷却水出口隔离阀的指令, 发起全开第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令, 发起全开第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令, 并等待第一状态数据组中的各状态数据的值均符合各自对应的预设正常值；

其中, 所述第一状态数据组包括: 第一级储气室压力、第二级储气室压力、第三级储气室压力、第四级储气室压力、第一级储气室储气温度、第二级储气室储气温度、第三级储气室储气温度、第四级储气室储气温度、润滑油箱液位、常规制氮系统供气压力、第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力、第三级空气膨胀机隔离风供气压力、第四级空气膨胀机隔离风供气压力、高温储热介质罐液位、低温储热介质罐液位、高温储热介质罐压力、低温储热介质罐压力、常规厂用冷却水系统供水压力和常规厂用冷

却水系统供水温度。

13. 根据权利要求12所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,在所述对所述储热介子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理之前,还包括:

若经步骤101判断所述膨胀发电系统的当前状态完全满足所述第一条件组中的全部条件,则执行步骤103;

步骤103,判断所述交流润滑油泵的当前状态是否完全满足第二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤104,若是,则执行步骤105;

其中,所述第二条件组中的各个条件包括:

- 1) 第一排油烟风机或第二排油烟风机已启动;
- 2) 油箱电加热器已投入润滑油箱温度自动控制;
- 3) 润滑油净化装置已启动;

步骤104,发出启动第一排油烟风机或第二排油烟风机的指令,发出油箱电加热器投入润滑油箱温度自动控制的指令,发出启动润滑油净化装置的指令;

步骤105,判断未启动排油烟风机是否已投入启动备用风机联锁,若否,则执行步骤106;

步骤106,发出未启动排油烟风机投入启动备用风机联锁的指令。

14. 根据权利要求13所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,在所述对所述储热介子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理之前,还包括:

若经步骤105判断未启动排油烟风机已投入启动备用风机联锁,则执行步骤107;

步骤107,判断第一交流润滑油泵和第二交流润滑油泵中的至少一个是否已启动,若否,则执行步骤108;若是,则执行步骤109;

步骤108,发出启动第一交流润滑油泵或第二交流润滑油泵的指令;

步骤109,判断未启动交流润滑油泵和直流事故油泵是否均已投入启动备用泵联锁,若否,则执行步骤110,若是,则执行步骤111;

步骤110,发出未启动交流润滑油泵和直流事故油泵投入启动备用泵联锁的指令;

步骤111,判断润滑油压力调节阀的当前状态是否完全满足第三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤112;

其中,所述第三条件组中的各个条件包括:

- 1) 润滑油压力调节阀已投入润滑油供油压力自动控制;
- 2) 润滑油温度调节阀已投入润滑油供油温度自动控制;

步骤112,发出润滑油压力调节阀投入润滑油供油压力自动控制的指令,发出润滑油温度调节阀投入润滑油供油温度自动控制的指令。

15. 根据权利要求14所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述对所述储热介子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理,包括:

若经步骤111判断获知润滑油压力调节阀的当前状态完全满足所述第三条件组中的全部条件,则执行步骤113;

步骤113,判断高温储热介质泵的当前状态是否完全满足第四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤114,若是,则执行步骤115;

其中,所述第四条件组中的各个条件包括:

1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀已开至第一预设开度;

2) 第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀均处于开启状态;

3) 高温储热介质泵再循环隔离阀和高温储热介质泵再循环调阀均处于开启状态;

4) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀均处于开启状态;

5) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀均处于开启状态;

6) 第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

步骤114,发出第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀开至第一预设开度的指令,发出全开第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀的指令,发出全开高温储热介质泵再循环隔离阀、高温储热介质泵再循环调阀的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令;

步骤115,判断所述高温储热介质泵当前状态完全满足第四条件组中的全部条件的持续时间是否已延迟第一预设时间,或者是否已收到人工确认储热介质子系统排空及预热完成指令;若是,则执行步骤116;

步骤116,判断所述高温储热介质泵当前状态是否完全满足第五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤117;

其中,所述第五条件组中的各个条件包括:

1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀均处于开启状态;

2) 第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀均处于关闭状态;

3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀、第四级级间再热器储热介质侧进口调阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热

器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于关闭状态；

步骤117,发出全开第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀的指令,发出全关第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令。

16.根据权利要求15所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理,包括:

若经步骤116判断获知润滑油压力调节阀的当前状态完全满足所述第五条件组中的全部条件,则执行步骤118;

步骤118,判断第一高温储热介质泵或第二高温储热介质泵是否已启动,若否,则执行步骤119;若是,则执行步骤120;

步骤119,发出启动第一高温储热介质泵或第二高温储热介质泵31的指令;

步骤120,判断已启动高温储热介质泵出口隔离阀是否均处于开启状态,若否,则执行步骤121;若是,则执行步骤122;

步骤121,发出全开已启动高温储热介质泵出口隔离阀的指令;

步骤122,判断未启动高温储热介质泵是否已投入启动备用泵联锁,如若否,则执行步骤123;若是,则执行步骤124;

步骤123,发出未启动高温储热介质泵投入启动备用泵联锁的指令;

步骤124,判断未启动高温储热介质泵出口隔离阀是否均处于开启状态;若否,则执行步骤125;若是,则执行步骤126;

步骤125,发出全开未启动高温储热介质泵出口隔离阀的指令;

步骤126,判断高温储热介质泵的当前状态是否完全满足第六条件组中的全部条件,若否,则执行步骤127;若是,则获取所述压缩空气储能电站当前的目标运行工况;

其中,所述第六条件组中的各个条件包括:

1)高温储热介质泵再循环调阀已投入第一级级间再热器出口储热介质流量、第二级级间再热器出口储热介质流量、第三级级间再热器出口储热介质流量、第四级级间再热器出口储热介质流量以及高温储热介质泵再循环流量自动控制;

2)已启动高温储热介质泵变频器已投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制;

步骤127,发出高温储热介质泵再循环调阀投入第一级级间再热器出口储热介质流量、第二级级间再热器出口储热介质流量、第三级级间再热器出口储热介质流量、第四级级间再热器出口储热介质流量以及高温储热介质泵再循环流量自动控制的指令,发出已启动高温储热介质泵变频器投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制的指令。

17.根据权利要求16所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标

运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,包括:

若所述目标运行工况为第一级运行工况,则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

若经步骤126判断获知高温储热介质泵当前状态完全满足第六条件组中的全部条件,则执行步骤A128;

步骤A128,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第七条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A129,若是,则执行步骤A130;

其中,所述第七条件组中的各个条件包括:

- 1) 第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;
- 2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于开启状态;
- 3) 第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭状态;
- 4) 第一离合器已置于解锁状态;

步骤A129,发出全开第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出解锁第一离合器的指令;

步骤A130,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第八条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A131,若是,则执行步骤A133;

其中,所述第八条件组中的各个条件包括:

- 1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;
- 2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;
- 3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警;
- 4) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度和第一级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;
- 5) 发电机第一端轴承温度和发电机第二端轴承温度,及齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;
- 6) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度及第一离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求;
- 7) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求;
- 8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振和第一级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求;
- 9) 第一级空气膨胀机轴位移和第一离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求;
- 10) 第一离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求;

步骤A131,判断第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀是否均处于关闭状态;若否,则执行步骤A132;若是,则执行步骤A133;

步骤A132,发出全关第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀的指令;

步骤A133,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第九条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A134,若是,则执行步骤A135;

其中,所述第九条件组中的各个条件包括:

- 1) 第一级储气室出口调阀已投入第一级级间再热器出口空气压力自动控制;
- 2) 第一级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;
- 3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;
- 4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀已投入第一级级间再热器出口空气温度自动控制;

步骤A134,发出第一级储气室出口调阀投入第一级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第一级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀投入第一级级间再热器出口空气温度自动控制的指令;

步骤A135,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A136,若是,则执行步骤A137;

其中,所述第十条件组中的各个条件包括:

- 1) 第一级储气室出口隔离阀均处于开启状态;
- 2) 第一级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;
- 3) 第一级级间再热器出口空气压力和第一级级间再热器出口空气温度已满足第一级空气膨胀机启动进气要求;

步骤A136,发出全开第一级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀的指令,发出等待第一级级间再热器出口空气压力和第一级级间再热器出口空气温度满足第一级空气膨胀机启动进气要求;

步骤A137,判断第一级空气膨胀机旁路调阀是否处于关闭状态,若否,则执行步骤A138;

步骤A138,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀的指令。

18. 根据权利要求17所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,还包括:

若经步骤A137判断获知第一级空气膨胀机旁路调阀处于关闭状态,则执行步骤A139;

步骤A139,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十一个条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A140;

其中,所述第十一个条件组中的各个条件包括:

- 1) 第一级空气膨胀机进口调阀已投入第一级空气膨胀机转子转速自动控制;
- 2) 第一级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;

3) 第一离合器已处于脱开状态;

步骤A140,发出第一级空气膨胀机进口调阀投入第一级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器处于脱开状态。

19.根据权利要求18所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,还包括:

若经步骤A139判断获知第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态完全满足第十一个条件组中的全部条件,则执行步骤A141;

步骤A141,判断第一级空气膨胀机转子转速是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤A142;

步骤A142,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A143;若是,则执行步骤A144;

其中,所述第十二条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机转子转速升至第二预设转速的持续时间已延迟第二预设时间;

2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤A143,判断第一级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤A144;

步骤A144,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A145;若是,则执行步骤A146;

其中,所述第十三条件组中的各个条件包括:

1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十二条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间;

2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤A145,判断第一级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速,若是,则执行步骤A146;

步骤A146,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A147;若是,则执行步骤A148;

其中,所述第十四条件组中的各个条件包括:

1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十三条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间;

2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤A147,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A148;若是,则执行步骤A149;

其中,所述第十五条件组中的各个条件包括:

1) 发电机已并网;

2) 第一级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制;

步骤A148, 发出发电机并网的指令, 发出第一级空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令;

步骤A149, 判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例, 若是, 则执行步骤A150;

步骤A150, 判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十六条件组中的全部条件, 若否, 则执行步骤A151; 若是, 则执行步骤A152;

其中, 所述第十六条件组中的各个条件包括:

1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十五条件组中的全部条件的持续时间已延迟第五预设时间;

2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤A151, 判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例, 若是, 则执行步骤A152;

步骤A152, 判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十七条件组中的全部条件, 若是, 则所述膨胀发电系统的全部启动步序结束;

其中, 所述第十七条件组中的各个条件包括:

1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十六条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;

2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

20. 根据权利要求16所述的膨胀发电系统的运行控制方法, 其特征在于, 所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象, 并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后, 执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程, 包括:

若所述目标运行工况为第二级运行工况, 则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组和第三级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

若经步骤126判断获知高温储热介质泵的当前状态完全满足第六条件组中的全部条件, 则执行步骤B128;

步骤B128, 判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第十八条件组中的全部条件, 若否, 则执行步骤B129; 若是, 则执行步骤B130;

其中, 所述第十八条件组中的各个条件包括:

1) 第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;

2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于开启状态;

3) 第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭状态;

4) 第一离合器已置于锁定状态;

5) 第二离合器已置于解锁状态;

步骤B129,发出全开第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出锁定第一离合器7的指令,发出解锁第二离合器的指令;

步骤B130,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第十九条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B131;

其中,所述第十九条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力和第二级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力和第二级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警;

4) 发电机第一端轴承温度、发电机第二端轴承温度、齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;

5) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度和第二级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;

6) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求;

7) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第一离合器润滑油回油温度和第二离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求;

8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振、第一级空气膨胀机第二端轴振、第二级空气膨胀机第一端轴振和第二级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求;

9) 第一级空气膨胀机轴位移、第二级空气膨胀机轴位移、第一离合器轴位移和第二离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求;

10) 第一离合器轴不对中量和第二离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求;

步骤B131,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B132;若是,则执行步骤B133;

其中,所述第二十条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀均处于开启状态;

2) 第二级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态;

3) 第一级空气膨胀机旁路调阀均处于关闭状态;

步骤B132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第二级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀的指令;

步骤B133,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十一条件组中的全

部条件,若否,则执行步骤B134;

其中,所述第二十一条件组中的各个条件包括:

1) 第二级储气室出口调阀已投入第二级级间再热器出口空气压力自动控制;

2) 第二级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;

3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀和第二级级间再热器储热介质侧进口调阀已分别投入第一级级间再热器出口空气温度和第二级级间再热器出口空气温度自动控制;

步骤B134,发出第二级储气室出口调阀投入第二级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第二级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀和第二级级间再热器储热介质侧进口调阀分别投入第一级级间再热器出口空气温度和第二级级间再热器出口空气温度自动控制的指令。

21. 根据权利要求20所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,包括:

若经步骤B133判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十一条件组中的全部条件,则执行步骤B135;

步骤B135,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B136;若是,则执行步骤B137;

其中,所述第二十二条件组中的各个条件包括:

1) 第二级储气室出口隔离阀均处于开启状态;

2) 第二级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;

3) 第二级级间再热器出口空气压力和第二级级间再热器出口空气温度已满足第二级空气膨胀机启动进气要求;

步骤B136,发出全开第二级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第二级空气膨胀机进口切断阀的指令,并等待第二级级间再热器出口空气压力和第二级级间再热器出口空气温度满足第二级空气膨胀机启动进气要求;

步骤B137,判断第二级空气膨胀机旁路调阀是否均处于关闭状态,若否,则执行步骤B138;若是,则执行步骤B139;

步骤B138,发出全关第二级空气膨胀机旁路调阀的指令;

步骤B139,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B140;若是,则执行步骤B141;

其中,所述第二十三条件组中的各个条件包括:

1) 第二级空气膨胀机进口调阀已投入第二级空气膨胀机转子转速自动控制;

2) 第一级空气膨胀机转子转速和二级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;

3) 第一离合器已处于啮合状态,第二离合器已处于脱开状态;

步骤B140,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀的指令,发出二级空气膨胀机进口调阀投入二级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速和二级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器处于啮合状态,及第二离合器处于脱开状态;

步骤B141,判断第一级空气膨胀机转子转速和二级空气膨胀机转子转速S3是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤B142;

步骤B142,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十四条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B143;

其中,所述第二十四条件组中的各个条件包括:

1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十三条件组中的全部条件的持续时间已延迟第二预设时间;

2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤B143,判断第一级空气膨胀机转子转速和二级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤B144;

步骤B144,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十五条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B145;

其中,所述第二十五条件组中的各个条件包括:

1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十四条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间;

2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤B145,判断第一级空气膨胀机转子转速和二级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速;若是,则执行步骤B146;

步骤B146,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十六条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B147;

其中,所述第二十六条件组中的各个条件包括:

1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十五条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间;

2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤B147,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十七条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B148;若是,则执行步骤B149;

其中,所述第二十七条件组中的各个条件包括:

1) 发电机已并网;

2) 二级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制;

步骤B148,发出发电机并网的指令,发出二级空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令;

步骤B149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例,若是,则执行步骤B150;

步骤B150,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十八条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B151;

其中,所述第二十八条件组中的各个条件包括:

- 1) 机组负荷已升至第一预设负荷比例的持续时间已延迟第五预设时间;
- 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤B151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例,若是,则执行步骤B152;

步骤B152,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十九条件组中的全部条件,若是,则所述膨胀发电系统全部启动步序结束;

其中,所述第二十九条件组中的各个条件包括:

- 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十八条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;
- 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

22. 根据权利要求16所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,包括:

若所述目标运行工况为第三级运行工况,则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组和第三级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

若经步骤126判断获知高温储热介质泵当前状态完全满足第六条件组中的全部条件,则执行步骤C128;

步骤C128,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C129;若是,则执行步骤C130;

其中,所述第三十条件组中的各个条件包括:

- 1) 第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;
- 2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于开启状态;
- 3) 第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭状态;
- 4) 第一离合器和第二离合器已置于锁定状态;
- 5) 第三离合器已置于解锁状态;

步骤C129,发出全开第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出锁定第一离合器和第二离合器的指令,发出解锁第三离合器的指令;

步骤C130,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十一条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C131;

其中,所述第三十一条件组中的各个条件包括:

- 1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力、第二级空气膨胀机密封风供气压力和第三级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力和第三级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正常状态要求；

3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警；

4) 发电机第一端轴承温度、发电机第二端轴承温度、齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

5) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度、第二级空气膨胀机第二端轴承温度、第三级空气膨胀机第一端轴承温度和第三级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

6) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求；

7) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第一离合器润滑油回油温度、第二离合器润滑油回油温度及第三离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求；

8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振、第一级空气膨胀机第二端轴振、第二级空气膨胀机第一端轴振、第二级空气膨胀机第二端轴振、第三级空气膨胀机第一端轴振和第三级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求；

9) 第一级空气膨胀机轴位移、第二级空气膨胀机轴位移、第三级空气膨胀机轴位移、第一离合器轴位移、第二离合器轴位移和第三离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求；

10) 第一离合器轴不对中量、第二离合器轴不对中量和第三离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求；

步骤C131,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C132;若是,则执行步骤C133;

其中,所述第三十二条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第一级空气膨胀机进口调阀和第二级空气膨胀机进口调阀均处于开启状态;

2) 第三级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态;

3) 第一级空气膨胀机旁路调阀和第二级空气膨胀机旁路调阀均处于关闭状态;

步骤C132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口切断阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀和第二级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第三级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀和第二级空气膨胀机旁路调阀的指令;

步骤C133,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C134;若是,则执行步骤C135;

其中,所述第三十三条件组中的各个条件包括:

1) 第三级储气室出口调阀已投入第三级级间再热器出口空气压力自动控制;

2) 第三级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;

3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀和第三级级间再热器储热介质侧进口调阀已分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度和第三级级间再热器出口空气温度自动控制;

步骤C134,发出第三级储气室出口调阀投入第三级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第三级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀和第三级级间再热器储热介质侧进口调阀分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度和第三级级间再热器出口空气温度自动控制的指令;

步骤C135,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C136;若是,则执行步骤C137;

其中,所述第三十四条件组中的各个条件包括:

1) 第三级储气室出口隔离阀均处于开启状态;

2) 第三级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;

3) 第三级级间再热器出口空气压力和第三级级间再热器出口空气温度已满足第三级空气膨胀机启动进气要求;

步骤C136,发出全开第三级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第三级空气膨胀机进口切断阀的指令,并等待第三级级间再热器出口空气压力和第三级级间再热器出口空气温度满足第三级空气膨胀机启动进气要求;

步骤C137,判断第三级空气膨胀机旁路调阀是否处于关闭状态,若否,则执行步骤C138;

步骤C138,发出全关第三级空气膨胀机旁路调阀的指令。

23. 根据权利要求22所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,还包括:

若经步骤C137判断获知第三级空气膨胀机旁路调阀处于关闭状态,则执行步骤C139;

步骤C139,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C140;若是,则执行步骤C141;

其中,所述第三十五条件组中的各个条件包括:

1) 第三级空气膨胀机进口调阀已投入第三级空气膨胀机转子转速自动控制;

2) 第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子

转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速；

3) 第一离合器和第二离合器已处于啮合状态,第三离合器已处于脱开状态；

步骤C140,发出第三级空气膨胀机进口调阀投入第三级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速和第一离合器,第二离合器处于啮合状态,及第三离合器处于脱开状态；

步骤C141,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤C142；

步骤C142,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十六条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C143；

其中,所述第三十六条件组中的各个条件包括：

1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十五条件组中的全部条件的持续时间已延迟第二预设时间；

2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求；

步骤C143,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤C144；

步骤C144,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十七条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C145；

其中,所述第三十七条件组中的各个条件包括：

1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十六条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间；

2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求；

步骤C145,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速,若是,则执行步骤C146；

步骤C146,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十八条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C147；

其中,所述第三十八条件组中的各个条件包括：

1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十七条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间；

2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求；

步骤C147,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十九条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C148；若是,则执行步骤C149；

其中,所述第三十九条件组中的各个条件包括：

1) 发电机已并网；

2) 第三级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制；

步骤C148,发出发电机并网的指令,发出第三级空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令；

步骤C149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例,若是,则执行步骤C150；

步骤C150,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十条件组中的全部

条件,若是,则执行步骤C151;

其中,所述第四十条件组中的各个条件包括:

1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十九条件组中的全部条件的持续时间已延迟第五预设时间;

2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤C151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例,若是,则执行步骤C152;

步骤C152,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十一条件组中的全部条件,若是,则所述膨胀发电系统全部启动步序结束;

其中,所述第四十一条件组中的各个条件包括:

1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;

2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

24.根据权利要求16所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,包括:

若所述目标运行工况为第四级运行工况,则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组、第三级间再热式空气膨胀发电机组和第四级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

若经步骤126判断获知高温储热介质泵当前状态完全满足第六条件组中的全部条件,则执行步骤D128;

步骤D128,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D129;若是,则执行步骤D130;

其中,所述第四十二条件组中的各个条件包括:

1)第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;

2)第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于开启状态;

3)第一离合器、第二离合器和第三离合器已置于锁定状态;

步骤D129,发出全开第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出锁定第一离合器、第二离合器和第三离合器的指令;

步骤D130,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十三条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D131;

其中,所述第四十三条件组中的各个条件包括:

1)第一级空气膨胀机密封风供气压力、第二级空气膨胀机密封风供气压力、第三级空气膨胀机密封风供气压力和第四级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

2)第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力、第三级空

气膨胀机隔离风供气压力和第四级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正常状态要求；

3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警；

4) 发电机第一端轴承温度、发电机第二端轴承温度、齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

5) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度、第二级空气膨胀机第二端轴承温度、第三级空气膨胀机第一端轴承温度、第三级空气膨胀机第二端轴承温度、第四级空气膨胀机第一端轴承温度和第四级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

6) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求；

7) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第四级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第四级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第一离合器润滑油回油温度、第二离合器润滑油回油温度及第三离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求；

8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振、第一级空气膨胀机第二端轴振、第二级空气膨胀机第一端轴振、第二级空气膨胀机第二端轴振、第三级空气膨胀机第一端轴振、第三级空气膨胀机第二端轴振、第四级空气膨胀机第一端轴振和第四级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求；

9) 第一级空气膨胀机轴位移、第二级空气膨胀机轴位移、第三级空气膨胀机轴位移、第四级空气膨胀机轴位移、第一离合器轴位移、第二离合器轴位移和第三离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求；

10) 第一离合器轴不对中量、第二离合器轴不对中量和第三离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求；

步骤D131, 判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十四条件组中的全部条件, 若否, 则执行步骤D132; 若是, 则执行步骤D133;

其中, 所述第四十四条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第三级空气膨胀机进口切断阀、第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀和第三级空气膨胀机进口调阀均处于开启状态;

2) 第四级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态;

3) 第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级空气膨胀机旁路调阀和第三级空气膨胀机旁路调阀均处于关闭状态;

步骤D132, 发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口切断阀的指令, 发出全开第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀和第三级空气膨胀机进口调阀的指令, 发出全关第四级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口调阀的指令, 发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级

空气膨胀机旁路调阀和第三级空气膨胀机旁路调阀的指令；

步骤D133,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D134;若是,则执行步骤D135;

其中,所述第四十五条件组中的各个条件包括:

1)第四级储气室出口调阀已投入第四级级间再热器出口空气压力自动控制;

2)第四级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;

3)第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

4)第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀已分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度、第三级级间再热器出口空气温度和第四级级间再热器出口空气温度自动控制;

步骤D134,发出第四级储气室出口调阀投入第四级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第四级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度、第三级级间再热器出口空气温度和第四级级间再热器出口空气温度自动控制的指令;

步骤D135,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十六条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D136;若是,则执行步骤D137;

其中,所述第四十六条件组中的各个条件包括:

1)第四级储气室出口隔离阀均处于开启状态;

2)第四级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;

3)第四级级间再热器出口空气压力和第四级级间再热器出口空气温度已满足第四级空气膨胀机启动进气要求;

步骤D136,发出全开第四级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第四级空气膨胀机进口切断阀的指令,并等待第四级级间再热器出口空气压力和第四级级间再热器出口空气温度满足第四级空气膨胀机启动进气要求;

步骤D137,判断第四级空气膨胀机旁路调阀是否均处于关闭状态,若否,则执行步骤D138;若是,则执行步骤D139;

步骤D138,发出全关第四级空气膨胀机旁路调阀的指令;

步骤D139,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十七条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D140;

其中,所述第四十七条件组中的各个条件包括:

- 1) 第四级空气膨胀机进口调阀已投入第四级空气膨胀机转子转速自动控制;
- 2) 第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;
- 3) 第一离合器、第二离合器和第三离合器已处于啮合状态;

步骤D140,发出第四级空气膨胀机进口调阀投入第四级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器、第二离合器和第三离合器处于啮合状态。

25. 根据权利要求24所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,还包括:

若经步骤D139判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十七条件组中的全部条件,则执行步骤D141;

步骤D141,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤D142;

步骤D142,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十八条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D143;

其中,所述第四十八条件组中的各个条件包括:

- 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十七条件组中的全部条件的持续时间已延迟第二预设时间;
- 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤D143,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤D144;

步骤D144,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十九条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D145;

其中,所述第四十九条件组中的各个条件包括:

- 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十八条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间;
- 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤D145,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速,若是,则执行步骤D146;

步骤D146,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十条件组中的全部

条件,若是,则执行步骤D147;

其中,所述第五十条件组中的各个条件包括:

1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十九条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间;

2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤D147,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十一条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D148;若是,则执行步骤D149;

其中,所述第五十一条件组中的各个条件包括:

1)发电机已并网;

2)第四级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制;

步骤D148,发出发电机并网的指令,发出第四级空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令;

步骤D149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例,若是,则执行步骤D150;

步骤D150,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十二条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D151;

其中,所述第五十二条件组中的各个条件包括:

1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十一条件组中的全部条件的持续时间已延迟第五预设时间;

2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

步骤D151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例,若是,则执行步骤D152;

步骤D152,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十三条件组中的全部条件,若是,则结束所述膨胀发电系统全部启动步序;

其中,所述第五十三条件组中的各个条件包括:

1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十二条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;

2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

26.根据权利要求11所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,在所述执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程之后,还包括:

控制所述目标控制对象的负荷降至预设极低值,全关各级空气膨胀机进口切断阀和进口调阀并触发发电机逆功率保护;

停运所述目标控制对象。

27.根据权利要求26所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述控制所述目标控制对象的负荷降至预设极低值,全关各级空气膨胀机进口切断阀和进口调阀并触发发电机逆功率保护,包括:

步骤201,判断当前的目标控制对象的负荷是否已降至第三预设负荷比例,若是,则执行步骤202;

步骤202,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤203;

其中,所述第五十四条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第三级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口切断阀均处于关闭状态;

2) 第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀、第三级空气膨胀机进口调阀和第四级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态;

3) 第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口隔离阀均处于关闭状态;

4) 第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀和第四级储气室出口调阀均处于关闭状态;

5) 第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级空气膨胀机旁路调阀、第三级空气膨胀机旁路调阀和第四级空气膨胀机旁路调阀均处于开启状态;

6) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于关闭状态;

7) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀均处于关闭状态;

8) 发电机逆功率保护已触发;

步骤203,发出全关第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第三级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口切断阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀、第三级空气膨胀机进口调阀和第四级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口隔离阀的指令,发出全关第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀和第四级储气室出口调阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级空气膨胀机旁路调阀、第三级空气膨胀机旁路调阀和第四级空气膨胀机旁路调阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,并等待发电机逆功率保护触发。

28. 根据权利要求27所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述停运所述目标控制对象,包括:

若经步骤202判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十四条件组中的全部条件,则执行步骤A204;

步骤A204,判断已运行高温储热介质泵变频器频率是否已降至第一预设频率,若否,则

执行步骤A205;若是,则执行步骤A206;

步骤A205,发出已运行高温储热介质泵变频器频率降至第一预设频率的指令;

步骤A206,判断未运行高温储热介质泵是否已解除启动备用泵联锁,若否,则执行步骤A207;若是,则执行步骤A208;

步骤A207,发出未运行高温储热介质泵解除启动备用泵联锁的指令;

步骤A208,判断已运行高温储热介质泵出口隔离阀是否均处于关闭状态,若否,则执行步骤A209;若是,则执行步骤A210;

步骤A209,发出全关已运行高温储热介质泵出口隔离阀的指令;

步骤A210,判断第一高温储热介质泵和第二高温储热介质泵是否已停运,若否,则执行步骤A211;若是,则执行步骤A212;

步骤A211,发出停运第一高温储热介质泵和第二高温储热介质泵的指令;

步骤A212,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A213;若是,则执行步骤A214;

其中,所述第五十五条件组中的各个条件包括:

1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀均处于关闭状态;

2) 第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进口隔离阀均处于关闭状态;

步骤A213,发出全关第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀的指令,发出全关第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进口隔离阀的指令;

步骤A214,判断当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十五条件组中的全部条件的持续时间是否已延迟第七预设时间,若是,则执行步骤A215;

步骤A215,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十六条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A216;若是,则第一并行流程结束;

其中,所述第五十六条件组中的各个条件包括:

1) 第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀均处于关闭状态;

2) 第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀均处于关闭状态;

步骤A216,发出全关第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令,发出全关第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令。

29. 根据权利要求27所述的膨胀发电系统的运行控制方法,其特征在于,所述停运所述目标控制对象,包括:

若经步骤202判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十四条件组中的全部条件,则执行步骤B204;

步骤B204,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已惰走至0rpm,若是,则执行步骤B205;

步骤B205,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十七条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B206;若是,则执行步骤B207;

其中,所述第五十七条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭状态;

2) 第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于关闭状态;

步骤B206,发出全关第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令;

步骤B207,判断当前的目标控制对象的当前状态是否满足第五十八条件组中的至少一个条件,若是,则执行步骤B208;

其中,所述第五十八条件组中的各个条件包括:

1) 第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速惰走至0rpm的持续时间均已延迟第八预设时间;

2) 齿轮箱减速器第一端轴承温度、齿轮箱减速器第二端轴承温度、第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度、第二级空气膨胀机第二端轴承温度、第三级空气膨胀机第一端轴承温度、第三级空气膨胀机第二端轴承温度、第四级空气膨胀机第一端轴承温度、第四级空气膨胀机第二端轴承温度、第一离合器润滑油回油温度、第二离合器润滑油回油温度及第三离合器润滑油回油温度均已小于第一预设温度;

步骤B208,判断未运行交流润滑油泵和直流事故油泵是否已解除启动备用泵联锁,若否,则执行步骤B209;若是,则执行步骤B210;

步骤B209,发出未运行交流润滑油泵和直流事故油泵解除启动备用泵联锁的指令;

步骤B210,判断第一交流润滑油泵和第二交流润滑油泵是否已停运,若否,则执行步骤B211;若是,则执行步骤B212;

步骤B211,发出停运第一交流润滑油泵和第二交流润滑油泵的指令;

步骤B212,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十九条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B213;若是,则第二并行流程结束;

其中,所述第五十九条件组中的各个条件包括:

1) 各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀均处于关闭状态;

2) 第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀均处于关闭状态;

3) 第一润滑油冷却水进口隔离阀、第二润滑油冷却水进口隔离阀、第一润滑油冷却水出口隔离阀和第二润滑油冷却水出口隔离阀均处于关闭状态;

步骤B213,发出全关各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀的指令,发出全关第一级空

气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀的指令,发出全关第一润滑油冷却水进口隔离阀和第二润滑油冷却水进口隔离阀的指令,发出全关第一润滑油冷却水出口隔离阀和第二润滑油冷却水出口隔离阀的指令。

30. 一种膨胀发电系统的运行控制装置,其特征在于,该运行控制装置用于控制如权利要求1至9任一项所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,运行控制装置包括:

预处理模块,用于若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常,则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理;

膨胀发电运行控制模块,用于根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程;

其中,所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括:控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求;控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程;控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区;控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程;控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程,并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程。

31. 一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现权利要求10至29任一项所述的膨胀发电系统的运行控制方法。

32. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该计算机程序被处理器执行时实现权利要求10至29任一项所述的膨胀发电系统的运行控制方法。

用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统及其运行控制方法

技术领域

[0001] 本申请涉及压缩空气储能发电技术领域,具体涉及用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统及其运行控制方法。

背景技术

[0002] 以风能、太阳能为代表的可再生能源,由于受自然环境因素的影响,其发电过程中能量输入无法达到像化石能源那样的精确控制,具有负荷及频率波动大、不稳定性高等特点,导致了大规模弃风、光电的产生。因此,应用于可再生能源发电行业的大规模储能技术便应运而生。其中,压缩空气储能技术相比于其它类型储能系统有着运转寿命长、储能容量大且环境友好性强等特点,在大规模电力能源分配、可再生能源应用等高新能源技术领域有着越来越广泛的应用。

[0003] 以压缩空气储能技术为基础的电站,其工作过程分为不同时进行的两个环节:储能阶段及释能阶段。在储能阶段,可变工况运行的多级空气压缩机组随着弃风、光及低谷电能输入功率变化,会产生不同压力等级压缩空气并分别存储于不同级别储气室中,同时利用级间或末级冷却器将空气压缩机组产生的热能通过导热油或水等储热介质进行存储;在释能阶段,某一级储气室在储能阶段存储的压缩空气进入膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组做功产生电能,为提高系统效率机组的每级空气膨胀机前均布置有级间再热器,各级间再热器内流动的储热介质利用储能阶段存储的压缩热加热各级空气膨胀机的进口空气。但是,现有膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组采用串联同步运行方式,因此当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段进入级间再热式空气膨胀发电机组的压缩空气压力等级也随之变化,导致各级空气膨胀机处于变工况运行,长时间偏离额定工况,造成各级空气膨胀机运行效率低下,降低了机组、系统及整个压缩空气储能电站的运行效率;更为严重的是,当释能阶段进入机组的压缩空气压力等级较低时,机组处于低负荷工况,由于各级空气膨胀机内部空气流量较低,易产生鼓风摩擦效应,导致末级叶片及缸体急速升温,甚至引发机组设备的损坏,造成极为严重的后果。

发明内容

[0004] 针对现有技术中的问题,本申请提供一种用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统及其运行控制方法,能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性,并能够在有效提高膨胀发电效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性。

[0005] 为解决上述技术问题,本申请提供以下技术方案:

[0006] 第一方面,本申请提供一种用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,包括:多个级间再热式空气膨胀发电机组,以及,用于对各个所述级间再热式空气膨胀发电机组进行高温储热和低温储热的储热介质子系统;

[0007] 各个所述级间再热式空气膨胀发电机组均包括:一个空气膨胀机和与该空气膨胀机连接的一组再热储气组件;各个所述空气膨胀机之间可控式串联,各组所述再热储气组

件之间并联；

[0008] 各个所述再热储气组件均包括：与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室；各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接，各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质子系统。

[0009] 第二方面，本申请提供一种膨胀发电系统的运行控制方法，该运行控制方法用于控制所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统，运行控制方法包括：

[0010] 若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常，则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理；

[0011] 根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象，并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后，执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程；

[0012] 其中，所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括：控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求；控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程；控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区；控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程；控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程，并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程。

[0013] 第三方面，本申请提供一种膨胀发电系统的运行控制装置，该运行控制装置用于控制所述的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统，所述运行控制装置包括：

[0014] 预处理模块，用于若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常，则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理；

[0015] 膨胀发电运行控制模块，用于根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象，并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后，执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程；

[0016] 其中，所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括：控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求；控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程；控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区；控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程；控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程，并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程

[0017] 第四方面，本申请提供一种电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述程序时实现所述的膨胀发电系统的运行控制方法。

[0018] 第五方面，本申请提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现所述的膨胀发电系统的运行控制方法。

[0019] 由上述技术方案可知，本申请提供的一种用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统及其运行控制方法，膨胀发电系统包括：多个级间再热式空气膨胀发电机组，以及，用于对各个所述级间再热式空气膨胀发电机组进行高温储热和低温储热的储热介质子系统；各个

所述级间再热式空气膨胀发电机组均包括：一个空气膨胀机和与该空气膨胀机连接的一组再热储气组件；各个所述空气膨胀机之间可控式串联，各组所述再热储气组件之间并联；各个所述再热储气组件均包括：与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室；各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接，各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质子系统，在通过设置级间再热式空气膨胀发电机组和储热介质子系统来保证整个压缩空气储能电站的运行效率的基础上，通过各个所述空气膨胀机之间可控式串联，各组所述再热储气组件之间并联，每个所述再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室连接；各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接，且各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质子系统的设置，可实现当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时，释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行，能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性；能够有效提高膨胀发电效率，进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行效率，在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时，有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性，能够确保各相关设备的安全稳定运行；并能够有效提高高压压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行可靠性，进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性。

附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1是本申请实施例中的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的结构示意图。

[0022] 图2是本申请实施例中的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的结构示意图。

[0023] 图3是本申请实施例中的膨胀发电系统的运行控制方法的第一种流程示意图。

[0024] 图4是本申请实施例中的膨胀发电系统的运行控制方法的第二种流程示意图。

[0025] 图5是本申请实施例中的膨胀发电系统的运行控制装置的结构示意图。

[0026] 图6是本申请实施例中的电子设备的结构示意图。

[0027] 附图标记：

[0028] 01-级间再热式空气膨胀发电机组；011-空气膨胀机；012-级间再热器；013-储气室；02-储热介质子系统02；03-压缩空气储能电站；031-空气压缩机；1—第一级空气膨胀机；2—第二级空气膨胀机；3—第三级空气膨胀机；4—第四级空气膨胀机；5—齿轮箱减速器；6—发电机；7—第一离合器；8—第二离合器；9—第三离合器；10—第一级级间再热器；11—第二级级间再热器；12—第三级级间再热器；13—第四级级间再热器；14—第一级储气室；15—第二级储气室；16—第三级储气室；17—第四级储气室；18—润滑油箱；19—第一交流润滑油泵；20—第二交流润滑油泵；21—直流事故油泵；22—油箱电加热器；23—润滑油净化装置；24—第一排油烟风机；25—第二排油烟风机；26—润滑油过滤器；27—润滑油冷却器；28—蓄能器；29—常规厂用冷却水系统；30—第一高温储热介质泵；31—第二高温储

热介质泵;32—高温储热介质罐;33—低温储热介质罐;34—常规制氮系统;35—第一常规氮气密封装置;36—第二常规氮气密封装置;37—第一级空气压缩机;38—第二级空气压缩机;39—第三级空气压缩机;40—第四级空气压缩机;

[0029] V1—第一级储气室出口调阀;V2—第一级空气膨胀机进口切断阀;V3—第一级空气膨胀机进口调阀;V4—第一级空气膨胀机旁路调阀;V5—第二级储气室出口调阀;V6—第二级空气膨胀机进口切断阀;V7—第二级空气膨胀机进口调阀;V8—第二级空气膨胀机旁路调阀;V9—第三级储气室出口调阀;V10—第三级空气膨胀机进口切断阀;V11—第三级空气膨胀机进口调阀;V12—第三级空气膨胀机旁路调阀;V13—第四级储气室出口调阀;V14—第四级空气膨胀机进口切断阀;V15—第四级空气膨胀机进口调阀;V16—第四级空气膨胀机旁路调阀;V17—第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀;V18—第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀;V19—第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀;V20—第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀;V21—各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀;V22—第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀;V23—第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀;V24—第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀;V25—第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀;V26—第一常规氮气密封装置进口隔离阀;V27—第二常规氮气密封装置进口隔离阀;V28—第一高温储热介质泵进口隔离阀;V29—第一高温储热介质泵出口隔离阀;V30—第二高温储热介质泵进口隔离阀;V31—第二高温储热介质泵出口隔离阀;V32—高温储热介质泵再循环隔离阀;V33—高温储热介质泵再循环调阀;V34—第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀;V35—第一级级间再热器储热介质侧进口调阀;V36—第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀;V37—第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀;V38—第二级级间再热器储热介质侧进口调阀;V39—第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀;V40—第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀;V41—第三级级间再热器储热介质侧进口调阀;V42—第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀;V43—第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀;V44—第四级级间再热器储热介质侧进口调阀;V45—第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀;V46—第一润滑油冷却水进口隔离阀;V47—第一润滑油冷却水出口隔离阀;V48—第二润滑油冷却水进口隔离阀;V49—第二润滑油冷却水出口隔离阀;V50—第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀;V51—第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀;V52—第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀;V53—第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀;V54—润滑油压力调节阀;V55—润滑油温度调节阀;V56—第一级储气室进口隔离阀;V57—第二级储气室进口隔离阀;V58—第三级储气室进口隔离阀;V59—第四级储气室进口隔离阀;V60—第一级储气室出口隔离阀;V61—第二级储气室出口隔离阀;V62—第三级储气室出口隔离阀;V63—第四级储气室出口隔离阀;V64—第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀;V65—第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀;V66—第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀;V67—第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀;

[0030] P1—第一级储气室压力;P2—第一级级间再热器出口空气压力;P3—第一级空气膨胀机进口压力;P4—第一级空气膨胀机出口压力;P5—第二级储气室压力;P6—第二级级间再热器出口空气压力;P7—第二级空气膨胀机进口压力;P8—第二级空气膨胀机出口压力;P9—第三级储气室压力;P10—第三级级间再热器出口空气压力;P11—第三级空气膨胀机进口压力;P12—第三级空气膨胀机出口压力;P13—第四级储气室压力;P14—第四级级

间再热器出口空气压力;P15—第四级空气膨胀机进口压力;P16—第四级空气膨胀机出口压力;P17—第一级空气膨胀机密封风供气压力;P18—第二级空气膨胀机密封风供气压力;P19—第三级空气膨胀机密封风供气压力;P20—第四级空气膨胀机密封风供气压力;P21—各级空气膨胀机隔离风供气总压力;P22—第一级空气膨胀机隔离风供气压力;P23—第二级空气膨胀机隔离风供气压力;P24—第三级空气膨胀机隔离风供气压力;P25—第四级空气膨胀机隔离风供气压力;P26—高温储热介质罐压力;P27—第一高温储热介质泵出口压力;P28—第二高温储热介质泵出口压力;P29—低温储热介质罐压力;P30—常规厂用冷却水系统供水压力;P31—润滑油箱压力;P32—润滑油供油压力;P33—常规制氮系统供气压力;

[0031] T1—第一级储气室储气温度;T2—第一级级间再热器出口空气温度;T3—第一级空气膨胀机进口空气温度;T4—第一级空气膨胀机出口空气温度;T5—第二级储气室储气温度;T6—第二级级间再热器出口空气温度;T7—第二级空气膨胀机进口空气温度;T8—第二级空气膨胀机出口空气温度;T9—第三级储气室储气温度;T10—第三级级间再热器出口空气温度;T11—第三级空气膨胀机进口空气温度;T12—第三级空气膨胀机出口空气温度;T13—第四级储气室储气温度;T14—第四级级间再热器出口空气温度;T15—第四级空气膨胀机进口空气温度;T16—第四级空气膨胀机出口空气温度;T17—发电机第一端轴承温度;T18—发电机第二端轴承温度;T19—齿轮箱减速器第一端轴承温度;T20—齿轮箱减速器第二端轴承温度;T21—第一级空气膨胀机第一端轴承温度;T22—第一级空气膨胀机第二端轴承温度;T23—第二级空气膨胀机第一端轴承温度;T24—第二级空气膨胀机第二端轴承温度;T25—第三级空气膨胀机第一端轴承温度;T26—第三级空气膨胀机第二端轴承温度;T27—第四级空气膨胀机第一端轴承温度;T28—第四级空气膨胀机第二端轴承温度;T29—发电机三相线圈温度;T30—高温储热介质罐内储热介质温度;T31—低温储热介质罐内储热介质温度;T32—常规厂用冷却水系统供水温度;T33—润滑油箱储油温度;T34—润滑油供油温度;T35—齿轮箱减速器润滑油回油温度;T36—第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度;T37—第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度;T38—第一离合器润滑油回油温度;T39—第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度;T40—第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度;T41—第二离合器润滑油回油温度;T42—第三级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度;T43—第三级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度;T44—第三离合器润滑油回油温度;T45—第四级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度;T46—第四级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度;

[0032] L1—润滑油箱液位;L2—高温储热介质罐液位;L3—低温储热介质罐液位;

[0033] F1—第一级级间再热器出口空气流量;F2—第二级级间再热器出口空气流量;F3—第三级级间再热器出口空气流量;F4—第四级级间再热器出口空气流量;F5—第一级级间再热器出口储热介质流量;F6—第二级级间再热器出口储热介质流量;F7—第三级级间再热器出口储热介质流量;F8—第四级级间再热器出口储热介质流量;F9—高温储热介质泵再循环流量;

[0034] S1—发电机转子转速;S2—第一级空气膨胀机转子转速;S3—第二级空气膨胀机转子转速;S4—第三级空气膨胀机转子转速;S5—第四级空气膨胀机转子转速;

[0035] V01—发电机第一端轴振;V02—发电机第二端轴振;V03—齿轮箱减速器第一端轴

振;V04—齿轮箱减速器第二端轴振;V05—第一级空气膨胀机第一端轴振;V06—第一级空气膨胀机第二端轴振;V07—第二级空气膨胀机第一端轴振;V08—第二级空气膨胀机第二端轴振;V09—第三级空气膨胀机第一端轴振;V010—第三级空气膨胀机第二端轴振;V011—第四级空气膨胀机第一端轴振;V012—第四级空气膨胀机第二端轴振;

[0036] Z1—第一级空气膨胀机轴位移;Z2—第一离合器轴位移;Z3—第二级空气膨胀机轴位移;Z4—第二离合器轴位移;Z5—第三级空气膨胀机轴位移;Z6—第三离合器轴位移;Z7—第四级空气膨胀机轴位移;

[0037] M1—第一离合器轴不对中量;M2—第二离合器轴不对中量;M3—第三离合器轴不对中量;

[0038] PD1—润滑油过滤器差压。

具体实施方式

[0039] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0040] 考虑到以压缩空气储能技术为基础的电站,其工作过程分为不同时进行的两个环节:储能阶段及释能阶段。在储能阶段,可变工况运行的多级空气压缩机组随着弃风、光及低谷电能输入功率变化,会产生不同压力等级压缩空气并分别存储于不同级别储气室中,同时利用级间或末级冷却器将空气压缩机组产生的热能通过导热油或水等储热介质进行存储;在释能阶段,某一级储气室在储能阶段存储的压缩空气进入膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组做功产生电能,为提高系统效率机组的每级空气膨胀机前均布置有级间再热器,各级间再热器内流动的储热介质利用储能阶段存储的压缩热加热各级空气膨胀机的进口空气。但是,现有膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组采用多级空气膨胀机串联同步运行方式,因此当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段进入级间再热式空气膨胀发电机组的压缩空气压力等级也随之变化,导致各级空气膨胀机处于变工况运行,长时间偏离额定工况,造成各级空气膨胀机运行效率低下,降低了机组、系统及整个压缩空气储能电站的运行效率;更为严重的是,当释能阶段进入机组的压缩空气压力等级较低时,机组处于低负荷工况,由于各级空气膨胀机内部空气流量较低,易产生鼓风摩擦效应,导致末级叶片及缸体急速升温,甚至引发机组设备的损坏,造成极为严重的后果。并且从膨胀发电系统运行控制的角度考虑,在释能阶段全停状态下,现有的膨胀发电系统无法实现自动启动,也无法在运行状态下实现自动停运。进一步地,现有的膨胀发电系统在释能阶段启动或者停运过程中,若运行至某一步序,但该步序的执行条件仍不满足,则启动或停运过程无法继续进行。即,现有膨胀发电系统的启动与停运需要较多的人为干预,大大增加了工作量和人力成本,并且若不能及时启动或者停运膨胀发电系统,则会影响整个压缩空气储能电站的正常运行,造成严重后果。

[0041] 鉴于上述问题,本申请实施例提供了一种应用于压缩空气储能电站释能阶段的膨胀发电系统及其相应的运行控制方法,可实现当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工

况点附近稳定运行,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时也确保了各相关设备的安全稳定运行。进一步地,可实现释能阶段膨胀发电系统全停状态下的自动启动以及运行状态下的自动停运,还可实现膨胀发电系统在启动或停运过程中,若运行至某一步序但该步序的执行条件不满足,仍可继续系统的启动或停运过程。

[0042] 具体通过下述多个实施例分别进行说明。

[0043] 在本申请提供的一个或多个实施例中,第一离合器至第三离合器均可以采用SSS(Synchro-self-shifting)离合器,离合器是纯机械的装置,当输入侧转子转速有超过输出侧趋势时,离合器啮合,输出侧被驱动;当输入侧转子转速相对于输出侧有减少趋势时,产生反向力矩,离合器脱开。在级间再热式空气膨胀发电机组中,高压等级空气膨胀机转子接入离合器的输出端,低压等级空气膨胀机转子接入离合器的输入端,实现两个转子的脱开与啮合。另外,离合器还配有锁定和解锁按钮,在锁定状态下,无法实现脱开与啮合操作。

[0044] 为了提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性,并能够在有效提高膨胀发电效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,本申请提供一种用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例,参见图1,所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统具体包含有如下内容:

[0045] 多个级间再热式空气膨胀发电机组01,以及,用于对级间再热式空气膨胀发电机组01进行高温储热和低温储热的储热介质子系统02;所述储热介质子系统02分别连接至各个所述级间再热式空气膨胀发电机组01;每个所述级间再热式空气膨胀发电机组01均包括一个空气膨胀机011和与该空气膨胀机011连接的一组再热储气组件,各个所述空气膨胀机011之间可控式串联,各组所述再热储气组件之间并联;每个所述再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机011依次连接的一个级间再热器012和一个储气室013连接;各个所述储气室013分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站03内的各个空气压缩机031一对一连接,且各个所述级间再热器012分别连接至所述储热介质子系统。

[0046] 从上述描述可知,本申请实施例提供的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,在通过设置级间再热式空气膨胀发电机组和储热介质子系统来保证整个压缩空气储能电站的运行效率的基础上,通过各个所述空气膨胀机之间可控式串联,各组所述再热储气组件之间并联,每个所述再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室连接;各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接,且各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质子系统的设置,可实现当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性;能够有效提高膨胀发电效率,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行效率,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,能够确保各相关设备的安全稳定运行;并能够有效提高压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行可靠性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性。

[0047] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够适用于四级空气压缩机,能够提高压缩空气储能电站的膨胀

发电的可靠性,所述压缩空气储能电站内的空气压缩机031包括:第一级空气压缩机37、第二级空气压缩机38、第三级空气压缩机39和第四级空气压缩机40;相对应的,所述级间再热式空气膨胀发电机组01包括:第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组、第三级间再热式空气膨胀发电机组和第四级间再热式空气膨胀发电机组;所述空气膨胀机011包括:第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4;所述级间再热器012包括:第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13;所述储气室013包括:第一级储气室14、第二级储气室15、第三级储气室16和第四级储气室17。

[0048] 所述第一级间再热式空气膨胀发电机组包括:第一级空气膨胀机1,所述第一级空气膨胀机1经由依次连接的第一级级间再热器10和第一级储气室14连接至所述第一级空气压缩机37;所述第二级间再热式空气膨胀发电机组包括:第二级空气膨胀机2,所述第二级空气膨胀机2经由依次连接的第二级级间再热器11和第二级储气室15连接至所述第二级空气压缩机38;所述第三级间再热式空气膨胀发电机组包括:第三级空气膨胀机3,所述第三级空气膨胀机3经由依次连接的第三级级间再热器12和第三级储气室16连接至所述第三级空气压缩机39;所述第四级间再热式空气膨胀发电机组包括:第四级空气膨胀机4,所述第四级空气膨胀机4经由依次连接的第四级级间再热器13和第四级储气室17连接至所述第四级空气压缩机40;所述第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4依次连接;所述第一级空气膨胀机1与第二级空气膨胀机2之间设有第一离合器7;所述第二级空气膨胀机2与第三级空气膨胀机3之间设有第二离合器8;所述第三级空气膨胀机3与第四级空气膨胀机4之间设有第三离合器9。

[0049] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高膨胀机的运行可靠性,进而能够提高压缩空气储能电站的膨胀发电的可靠性,所述第一级空气膨胀机1与一齿轮箱减速器5的一端连接,且该齿轮箱减速器5的另一端连接至一发电机5。

[0050] 也就是说,所述压缩空气储能电站储能阶段的空气压缩机组共包含N级空气压缩机(N为正整数且 $N \geq 1$),则所述级间再热式空气膨胀发电机组主要包括空气膨胀机(共N级)、齿轮箱减速器(1台)、发电机(1台)、离合器(共N-第一级)、级间再热器(共N级)、储气室(共N级)、储气室出口调阀(共N级)、空气膨胀机进口切断阀(共N级)、空气膨胀机进口调阀(共N级)、空气膨胀机旁路调阀(共N级)、空气膨胀机密封风进口隔离阀(共N级)、各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀(1个)、空气膨胀机隔离风进口隔离阀(共N级)、储气室进口隔离阀(共N级)、储气室出口隔离阀(共N级)、储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀(共N级),以及各逆止阀、减压阀、管道、滤网、消声器、热工测点等。

[0051] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程中储热可靠性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性,所述储热介质子系统包括第一高温储热介质泵30、第二高温储热介质泵31、高温储热介质罐32和低温储热介质罐33;所述第一高温储热介质泵30分别连接至所述第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13的进口侧;所述第二高温储热介质泵31为所述第一高温储热介质泵30的备用介质泵,该第二高温储热介质泵31也分别连接至所述第一级

级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13的进口侧；所述高温储热介质罐32分别连接至所述第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13的进口侧；所述低温储热介质罐33分别连接至所述第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13的出口侧。

[0052] 也就是说，所述储热介质子系统主要包括高温储热介质泵（2台，一用一备，分别为第一和第二，其电动机均带有变频器）、高温储热介质罐（1个）、低温储热介质罐（1个）、高温储热介质泵进口隔离阀（2个，每泵1个）、高温储热介质泵出口隔离阀（2个，每泵1个）、高温储热介质泵再循环隔离阀（1个）、高温储热介质泵再循环调阀（1个）、级间再热器储热介质侧进口隔离阀（共N级）、级间再热器储热介质侧进口调阀（共N级）、级间再热器储热介质侧出口隔离阀（共N级），以及各逆止阀、管道、滤网、热工测点等。

[0053] 由于风、光等可再生能源的不确定性，在储能阶段输入所述压缩空气储能电站的电能会产生大幅频繁波动，受其影响，储能阶段所述空气压缩机组也会随之变工况运行。因此根据储能阶段压缩空气存储压力等级不同，释能阶段所述膨胀发电系统运行的所述空气膨胀机和级间再热器级数也不同。在一实施例中，所述压缩空气储能电站储能阶段所述空气压缩机组共包含N级所述空气压缩机，则储能阶段压缩空气存储压力等级可有第1~N级，因此释能阶段所述膨胀发电系统的运行工况也分别对应第1~N级。假定储能阶段压缩空气存储压力等级为第W级（ $1 \leq W \leq N$ ，W为正整数），即储能阶段第1~W级所述空气压缩机运行且生成的压缩空气全部存储于第W级所述储气室，则释能阶段所述膨胀发电系统第1~W级所述空气膨胀机和级间再热器共同运行，即第W级运行工况（W的值越高，则对应所述空气膨胀机和级间再热器的运行压力越高）。综上，储能阶段压缩空气存储压力等级共有N种，则释能阶段所述膨胀发电系统的运行工况也共有N种。

[0054] 参见图2，在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中，为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3、第四级空气膨胀机4、第一离合器7、第二离合器8、第三离合器9和齿轮箱减速器5的运行可靠性，所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括：常规润滑油系统；所述常规润滑油系统用于为第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3、第四级空气膨胀机4、第一离合器7、第二离合器8、第三离合器9和齿轮箱减速器5提供润滑和冷却用油。

[0055] 基于上述内容，为了有效提高润滑油系统的应用可靠性，所述常规润滑油系统包括：润滑油箱18，以及分别设置在该润滑油箱18内的第一交流润滑油泵19、第二交流润滑油泵20、直流事故油泵21和用于加热所述润滑油箱18的油箱电加热器22；所述第一交流润滑油泵19、第二交流润滑油泵20和直流事故油泵21均连接至第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3、第四级空气膨胀机4、第一离合器7、第二离合器8、第三离合器9和齿轮箱减速器5。

[0056] 基于上述内容，为了进一步提高润滑油系统的应用可靠性，所述常规润滑油系统还包括：与所述润滑油箱18连接且用于净化所述润滑油箱18内润滑油的润滑油净化装置23，以及，与所述润滑油箱18分别连接的第一排油烟风机24和第二排油烟风机25；所述常规润滑油系统还包括：分别与所述润滑油箱18连接的润滑油过滤器26、润滑油冷却器27和蓄

能器28;所述润滑油过滤器26与所述润滑油冷却器27连接,且所述润滑油冷却器27经由润滑油压力调节阀V54分别连接至第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3、第四级空气膨胀机4、第一离合器7、第二离合器8、第三离合器9和齿轮箱减速器5;所述润滑油压力调节阀V54、所述润滑油箱18和所述润滑油冷却器27均连接至润滑油温度调节阀V55。

[0057] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高用于压缩空气储能电站的膨胀发电系的冷却可靠性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性,所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:常规厂用冷却水系统29;所述常规厂用冷却水系统29分别与所述第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31连接;所述常规厂用冷却水系统29与所述润滑油冷却器27的第一个冷却水进口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水进口隔离阀V46,所述常规厂用冷却水系统29与所述润滑油冷却器27的第一个冷却水出口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水出口隔离阀V47;所述常规厂用冷却水系统29与所述润滑油冷却器27的第二个冷却水进口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水进口隔离阀V48,所述常规厂用冷却水系统29与所述润滑油冷却器27的第二个冷却水出口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水出口隔离阀V49。

[0058] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高用于压缩空气储能电站的膨胀发电系的氮气可靠性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性,所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统,还包括:第一常规氮气密封装置35和第二常规氮气密封装置36;所述第一常规氮气密封装置35连接至所述高温储热介质罐32,且该第一常规氮气密封装置35还连接至第一个常规制氮系统34,且所述第一常规氮气密封装置35与第一个常规制氮系统34之间设有第一常规氮气密封装置进口隔离阀V26;所述第二常规氮气密封装置36连接至所述低温储热介质罐33,且该第二常规氮气密封装置36还连接至第二个常规制氮系统34,且所述第二常规氮气密封装置36与第二个常规制氮系统34之间设有第二常规氮气密封装置进口隔离阀V27;所述第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4分别连接至各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀,且所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀与第三个常规制氮系统34连接。

[0059] 也就是说,常规润滑油系统,及常规厂用冷却水系统,及常规制氮系统,及常规氮气密封装置(所述高、低温储热介质罐各一个,分别为第一和第二)即可为所述膨胀发电系统提供满足参数需求的各类辅助工质。常规润滑油系统可为第1~N级所述空气膨胀机,及第一~#N-1所述离合器,及所述齿轮箱减速器提供润滑和冷却用油,常规润滑油系统主要包括:润滑油箱(1个)、交流润滑油泵(2台,一用一备,分别为第一和第二)、直流事故油泵(1台)、油箱电加热器(1套)、润滑油净化装置(1套)、排油烟风机(2台,一用一备,分别为第一和第二)、润滑油过滤器(1套,双联式可切换)、润滑油冷却器(1套,双联式可切换)、蓄能器(1套)、润滑油压力调节阀(1个)、润滑油温度调节阀(1个),以及各逆止阀、管道、滤网、热工测点等;常规厂用冷却水系统可为润滑油冷却器,及第一、第二所述高温储热介质泵提供冷却水,并在润滑油冷却器两支冷却水进口管道上分别布置有第一、第二润滑油冷却水进口隔离阀,在润滑油冷却器两支冷却水出口管道上分别布置有第一、第二润滑油冷却水出口

隔离阀,在第一、第二所述高温储热介质泵的冷却水进口管道上分别布置有第一、第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀,在第一、第二所述高温储热介质泵的冷却水出口管道上分别布置有第一、第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀;常规制氮系统可为第一、第二常规氮气密封装置提供稳定充气气源,另外还为第1~N级所述空气膨胀机提供稳定隔离风气源用于隔绝空气和润滑油;第一、第二常规氮气密封装置既可满足所述高、低温储热介质罐运行压力的需求,又可使储热介质与空气隔离以提高储热介质使用寿命,第一、第二常规氮气密封装置进口管道上分别布置有第一、第二常规氮气密封装置进口隔离阀,其中本申请实施例中提及的离合器均可以采用SSS离合器。

[0060] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对第一级空气膨胀机1的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述第一级空气压缩机37经由第一级储气室进口隔离阀V56连接至所述第一级储气室14;所述第一级储气室14经由依次连接的第一级储气室出口隔离阀V60和第一级储气室出口调阀V1连接至所述第一级级间再热器10;所述第一级级间再热器10经由依次连接的第一级空气膨胀机进口切断阀V2和第一级空气膨胀机进口调阀V3连接至所述第一级空气膨胀机1;所述第一级级间再热器10还经由依次连接的第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35和第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34连接至所述储热介质子系统;所述第一级空气膨胀机1与一个消声器连接,且所述第一级级间再热器10与所述第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35之间设有第一级空气膨胀机旁路调阀V4,该第一级空气膨胀机旁路调阀V4连接至所述第一级空气膨胀机1对应的消声器。

[0061] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对第二级空气膨胀机2的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述第二级空气压缩机38经由第二级储气室进口隔离阀V57连接至所述第二级储气室15;所述第二级储气室15经由依次连接的第二级储气室出口隔离阀V61和第二级储气室出口调阀V5连接至所述第二级级间再热器11;所述第二级级间再热器11经由依次连接的第二级空气膨胀机进口切断阀V6和第二级空气膨胀机进口调阀V7连接至所述第二级空气膨胀机2;所述第二级级间再热器11还经由依次连接的第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38和第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37连接至所述储热介质子系统;所述第二级空气膨胀机2与一个消声器连接,且所述第二级级间再热器11与所述第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38之间设有第二级空气膨胀机旁路调阀V8,该第二级空气膨胀机旁路调阀V8连接至所述第二级空气膨胀机2对应的消声器。

[0062] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对第三级空气膨胀机3的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述第三级空气压缩机39经由第三级储气室进口隔离阀V58连接至所述第三级储气室16;所述第三级储气室16经由依次连接的第三级储气室出口隔离阀V62和第三级储气室出口调阀V9连接至所述第三级级间再热器12;所述第三级级间再热器12经由依次连接的第三级空气膨胀机进口切断阀V10和第三级空气膨胀机进口调阀V11连接至所述第三级空气膨胀机3;所述第三级级间再热器12还经由依次连接的第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40连接至所述储热介质子系统;所述第三级空气膨胀机3与一个消声器连接,且所述第三级级间再热器12与所述第三级

级间再热器储热介质侧进口调阀V41之间设有第三级空气膨胀机旁路调阀V12,该第三级空气膨胀机旁路调阀V12连接至所述第三级空气膨胀机3对应的消声器。

[0063] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对第四级空气膨胀机4的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述第四级空气压缩机40经由第四级储气室进口隔离阀V59连接至所述第四级储气室17;所述第四级储气室17经由依次连接的第四级储气室出口隔离阀V63和第四级储气室出口调阀V13连接至所述第四级级间再热器13;所述第四级级间再热器13经由依次连接的第四级空气膨胀机进口切断阀V14和第四级空气膨胀机进口调阀V15连接至所述第四级空气膨胀机4;所述第四级级间再热器13还经由依次连接的第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43连接至所述储热介质子系统;所述第四级空气膨胀机4与一个消声器连接,且所述第四级级间再热器13与所述第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44之间设有第四级空气膨胀机旁路调阀V16,该第四级空气膨胀机旁路调阀V16连接至所述第四级空气膨胀机4对应的消声器。

[0064] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对空气膨胀机隔离风进口的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:分别与所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀并联的第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25;所述第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22连接至所述第一离合器7与所述第一级空气膨胀机1之间的管道;所述第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23连接至所述第一离合器7与所述第二级空气膨胀机2之间的管道;所述第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24连接至所述第三离合器9与所述第三级空气膨胀机3之间的管道;所述第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25连接至所述第三离合器9与所述第四级空气膨胀机4之间的管道。

[0065] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对空气膨胀机密封风进口的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20;所述第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17连接至所述第一离合器7与所述第一级空气膨胀机1之间的管道;所述第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18连接至所述第一离合器7与所述第二级空气膨胀机2之间的管道;所述第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19连接至所述第三离合器9与所述第三级空气膨胀机3之间的管道;所述第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20连接至所述第三离合器9与所述第四级空气膨胀机4之间的管道。

[0066] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对空气膨胀机密封风出口的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V66和第四级储气室供空气膨胀机密封风出

口隔离阀V67;所述第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64与所述第一级储气室14连接;所述第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65与所述第二级储气室15连接;所述第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V66与所述第三级储气室16连接;所述第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67与所述第四级储气室17连接。

[0067] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对级间再热器储热介质侧出口的控制自动化程度、稳定性及有效性,并联的第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45;所述第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36与所述第一级级间再热器10连接;所述第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39与所述第二级级间再热器11连接;所述第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42与所述第三级级间再热器12连接;所述第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45与所述第四级级间再热器13连接。

[0068] 参见图2,在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,为了使得本申请提供的膨胀发电系统能够有效提高针对常规厂用冷却水系统29与高温储热介质泵的控制自动化程度、稳定性及有效性,所述第一高温储热介质泵30与所述高温储热介质罐32之间设有第一高温储热介质泵进口隔离阀V28,所述第二高温储热介质泵31与所述高温储热介质罐32之间设有第二高温储热介质泵进口隔离阀V30;所述第一高温储热介质泵30经由第一高温储热介质泵出口隔离阀V29分别连接至所述第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13的进口侧;所述第二高温储热介质泵31经由第二高温储热介质泵出口隔离阀V31分别连接至所述第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13的进口侧;所述高温储热介质罐32与所述第一高温储热介质泵出口隔离阀V29之间依次连接有高温储热介质泵再循环调阀V33和高温储热介质泵再循环隔离阀V32;所述常规厂用冷却水系统29与所述第一高温储热介质泵30的进口侧之间连接有第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V50,所述常规厂用冷却水系统29与所述第二高温储热介质泵31的进口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V52;所述常规厂用冷却水系统29与所述第一高温储热介质泵30的出口侧之间连接有第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V51,所述常规厂用冷却水系统29与所述第二高温储热介质泵31的出口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V53。

[0069] 也就是说,在所述级间再热式空气膨胀发电机组中,第W级所述储气室用于存储第W级所述空气压缩机出口排出的高压空气;在一实施例中,释能阶段第W级运行工况下第W级所述储气室为第1~W级所述空气膨胀机提供做功发电的高压空气。

[0070] 由第W级所述空气压缩机的出口管道引出的第W级所述储气室进口管道上依次布置有第W级所述储气室进口隔离阀、滤网、逆止阀,全关所述储气室进口隔离阀可使所述储气室与储能阶段所述空气压缩机隔离以防空气压缩机的操作对储气室产生影响,滤网用于去除所述空气压缩机出口高压空气所含杂质,逆止阀可防止所述储气室内高压空气倒流进入所述空气压缩机。

[0071] 第W级所述储气室出口隔离阀布置在第W级所述储气室的出口管道上,全关第W级

所述储气室出口隔离阀可使第W级所述储气室停止向下游供气。第W级所述储气室出口调阀布置在第W级所述储气室出口隔离阀下游,第W级所述储气室出口调阀用于调节第W级级间再热器出口空气压力。第W级所述级间再热器为表面式换热器,内部由空气侧(升温)和储热介质侧(降温)构成,空气侧布置在第W级所述储气室出口调阀下游,空气侧出口管道上布置有滤网用于去除高压空气所含杂质。

[0072] 滤网下游分为两路,一路为所述空气膨胀机的进口管道,第W级所述空气膨胀机的进口管道上依次布置有第W级所述空气膨胀机进口切断阀、第W级所述空气膨胀机进口调阀。在事故或正常停运阶段快速全关第W级所述空气膨胀机进口切断阀、调阀可停止第W级所述空气膨胀机继续进气以防影响转子正常惰走;在第一级运行工况下第一级所述空气膨胀机进口切断阀全开,第一级所述空气膨胀机进口调阀则用于调节第一级所述空气膨胀机转子升速和负荷升降;在第Y($1 < Y \leq N$, Y为正整数)级运行工况下第Y级所述空气膨胀机进口切断阀全开,第Y级所述空气膨胀机进口调阀则用于调节第1~Y级所述空气膨胀机转子升速和负荷升降,同时第1~Y-第一级所述空气膨胀机进口切断阀,及第1~Y-第一级所述空气膨胀机进口调阀全开。

[0073] 滤网下游另一路为所述空气膨胀机的旁路管道,第W级所述空气膨胀机的旁路管道上依次布置有第W级所述空气膨胀机旁路调阀、逆止阀、消声器。在第一级运行工况下所述级间再热式空气膨胀发电机组启动前第一级所述空气膨胀机旁路调阀用于第一级所述空气膨胀机的进气参数快速确立,在第Y级运行工况下所述级间再热式空气膨胀发电机组启动前第Y级所述空气膨胀机旁路调阀用于第Y级所述空气膨胀机的进气参数快速确立同时第1~Y-第一级所述空气膨胀机旁路调阀全关,并且在事故或正常停运阶段快速全开第W级所述空气膨胀机旁路调阀可使第W级所述空气膨胀机的机前气压快速泄放以防第W级所述空气膨胀机进口切断阀和调阀严密性较差影响机组停运;逆止阀可防止外界大气倒流;出口与外界大气相通的消声器用于缓解旁路管道排气噪声。第W级所述空气膨胀机的出口管道上布置有可防止下游气体倒流进入空气膨胀机的逆止阀。

[0074] 所述空气膨胀机设置有密封风管道,密封风管道根据气源的不同分为所述储气室的供密封风管道和自密封管道,在所述级间再热式空气膨胀发电机组启动前期和停运惰走阶段,由于自密封气源压力过低且不稳定,密封风气源由所述储气室提供;随着机组启动过程进行,自密封气源压力逐渐正常,密封风气源由所述储气室逐渐过渡到自密封提供。

[0075] 所述储气室的供密封风管道由N支所述储气室的引出管道及N支空气膨胀机的密封风分配管道组成,第W级所述储气室的引出管道上布置有第W级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀,N支所述储气室的引出管道汇合后通过滤网再分配给第1~N级空气膨胀机,在所述膨胀发电系统启动或停运期间,第W级运行工况下全开第W级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、全关其他所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀可使密封风全部由第W级所述储气室提供,逆止阀可防止下游气体倒流进入所述储气室,滤网用于去除高压空气所含杂质;第W级所述空气膨胀机的密封风分配管道上依次布置有第W级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀、减压阀、逆止阀,全关第W级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀可切断第W级所述空气膨胀机来自所述储气室的密封风供应,减压阀用于将来自所述储气室的密封风气压降至第一预设压力以满足第W级所述空气膨胀机在升转速及低负荷阶段的密封需求,逆止阀可防止下游气体倒流。

[0076] 第W级自密封管道由第W级所述储气室出口调阀的下游管道引出,第W级自密封管道上依次布置有滤网、减压阀、逆止阀,第W级所述空气膨胀机的密封风分配管道出口与第W级自密封管道出口汇合后进入第W级所述空气膨胀机,滤网用于去除高压空气所含杂质,减压阀用于将经第W级所述储气室出口调阀节流后的密封风气压降至第二预设压力以满足第W级所述空气膨胀机在高负荷阶段的自密封需求(在一实施例中,第一预设压力和第二预设压力的具体数值由所述空气膨胀机的级别决定,且第W级所述空气膨胀机的第二预设压力稍大于第一预设压力可使密封风气源随着第W级所述储气室出口调阀下游气压的升高自动由所述储气室切换为自密封),逆止阀可防止下游气体倒流。

[0077] 第W级所述空气膨胀机设置有隔离风总管道及N支分管道,隔离风总管道上依次布置有所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀、滤网、减压阀,全关所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀可切断常规制氮系统对隔离风的供应,滤网用于去除氮气所含杂质,减压阀用于将来自常规制氮系统的隔离风气压降至第三预设压力;第W级所述空气膨胀机的隔离风分管道上依次布置有第W级所述空气膨胀机隔离风进口隔离阀、逆止阀,全关第W级所述空气膨胀机隔离风进口隔离阀可切断隔离风对第W级所述空气膨胀机的供应,逆止阀可防止下游气体倒流。

[0078] 第1~N级所述空气膨胀机的转子转速相同且同轴布置,所述齿轮箱减速器通过联轴器与所述发电机连接,所述空气膨胀机的转子额定转速最终通过所述齿轮箱减速器降为所述发电机的额定转速,第一级所述空气膨胀机的转子与第二级所述空气膨胀机的转子之间设置有第一离合器,依次类推,第N-1级所述空气膨胀机的转子与第N级所述空气膨胀机的转子之间设置有第N-1所述离合器,通过所述离合器啮合和脱开可改变投入运行所述空气膨胀机的级数,在第一级运行工况下第一所述离合器脱开,在第Y级运行工况下#Y所述离合器脱开(Y=N时此步取消)、第一~#Y-1所述离合器啮合。

[0079] 在所述储热介质系统中,所述高温储热介质罐用于存储储能阶段吸收压缩热后的高温储热介质以供释能阶段使用,罐体分别与第一、第二所述高温储热介质泵的进口管道相连,同时通过罐体高位布置方式可满足第一、第二所述高温储热介质泵的进口压力需求以防产生汽蚀。

[0080] 第一或第二所述高温储热介质泵可提供足够压头使高温储热介质进入第1~N级所述级间再热器的储热介质侧释放热量,第一、第二所述高温储热介质泵由配有变频器的电机驱动且双泵并联布置方式既可满足设备轮换及备用需求,又可满足同时投用需求,具体实施时视实际情况而定,本申请并不限定。

[0081] 第一所述高温储热介质泵的进口管道上依次布置有第一所述高温储热介质泵进口隔离阀、滤网,第二所述高温储热介质泵的进口管道上依次布置有第二所述高温储热介质泵进口隔离阀、滤网,全关第一、第二所述高温储热介质泵进口隔离阀可分别停运第一、第二所述高温储热介质泵同时切断高温储热介质的流入,滤网用于去除高温储热介质所含杂质。

[0082] 第一所述高温储热介质泵的出口管道上依次布置有逆止阀、第一所述高温储热介质泵出口隔离阀,第二所述高温储热介质泵的出口管道上依次布置有逆止阀、第二所述高温储热介质泵出口隔离阀,逆止阀可防止下游高温储热介质倒流进入高温储热介质泵,全关第一、第二所述高温储热介质泵出口隔离阀可分别使第一、第二所述高温储热介质泵停

运。

[0083] 第一、第二所述高温储热介质泵的出口母管至所述高温储热介质罐之间的再循环管道上依次布置有所述高温储热介质泵再循环隔离阀、调阀,全开所述高温储热介质泵再循环隔离阀并调节所述高温储热介质泵再循环调阀的开度可防止第一或第二所述高温储热介质泵的出口流量小于汽蚀安全值。

[0084] 第1~N级所述级间再热器的储热介质侧进口管道与第一、第二所述高温储热介质泵的出口母管相连,第W级所述级间再热器的储热介质侧进口管道上依次布置有第W级所述级间再热器储热介质侧进口隔离阀、调阀、滤网,第1~N级所述级间再热器的储热介质侧出口管道汇合后进入所述低温储热介质罐,第W级所述级间再热器的储热介质侧出口管道上布置有第W级所述级间再热器储热介质侧出口隔离阀,全关第W级所述级间再热器储热介质侧进口隔离阀、进口调阀、出口隔离阀可使第W级所述级间再热器停运,第W级所述级间再热器储热介质侧进口调阀还可调节第W级空气膨胀机进口空气温度,滤网用于去除高温储热介质所含杂质,所述低温储热介质罐用于存储释放热量后的低温储热介质以供储能阶段使用。

[0085] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,所述膨胀发电系统中还设置有必要的相关热工测点。热工测点可以例如是压力测点、差压测点、温度测点、液位测点、流量测点、转速测点、振动测点、轴位移测点及轴不对中量测点等,包括:第1~N级储气室压力、第1~N级级间再热器出口空气压力、第1~N级空气膨胀机进口压力、第1~N级空气膨胀机出口压力、第1~N级空气膨胀机密封风供气压力、各级空气膨胀机隔离风供气总压力、第1~N级空气膨胀机隔离风供气压力、高温储热介质罐压力、第一、第二高温储热介质泵出口压力、低温储热介质罐压力、常规厂用冷却水系统供水压力、润滑油箱压力、润滑油供油压力、常规制氮系统供气压力、第1~N级储气室储气温度、第1~N级级间再热器出口空气温度、第1~N级空气膨胀机进口空气温度、第1~N级空气膨胀机出口空气温度、发电机两端轴承温度、齿轮箱减速器两端轴承温度、第1~N级空气膨胀机两端轴承温度、发电机三相线圈温度、高温储热介质罐内储热介质温度、低温储热介质罐内储热介质温度、常规厂用冷却水系统供水温度、润滑油箱储油温度、润滑油供油温度、齿轮箱减速器润滑油回油温度、第1~N级空气膨胀机两端轴承润滑油回油温度、第一~#N-1离合器润滑油回油温度、润滑油箱液位、高温储热介质罐液位、低温储热介质罐液位、第1~N级级间再热器出口空气流量、第1~N级级间再热器出口储热介质流量、高温储热介质泵再循环流量、发电机转子转速、第1~N级空气膨胀机转子转速、发电机两端轴振、齿轮箱减速器两端轴振、第1~N级空气膨胀机两端轴振、第1~N级空气膨胀机轴位移、第一~#N-1离合器轴位移、第一~#N-1离合器轴不对中量、润滑油过滤器差压等。

[0086] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,第一级运行工况下所述级间再热式空气膨胀发电机组启动前,将第一所述离合器置于解锁状态,同时为使第一级所述空气膨胀机的进气参数快速确立,第一级所述储气室内存储的压缩空气依次流经第一级所述储气室出口隔离阀、调阀后进入第一级所述级间再热器的空气侧吸热,吸热完成后再依次流经滤网、第一级所述空气膨胀机旁路调阀、逆止阀、消声器排入大气;机组启动后,第一所述离合器处于脱开状态,由于第一级所述空气膨胀机旁路调阀全关,压缩空气转而依次流经第一级所述空气膨胀机进口切断阀、调阀后进入第一级所述空气膨胀机膨胀做

功,产生的乏气再经出口管道逆止阀、消声器排入大气,第一级所述空气膨胀机的转子经所述齿轮箱减速器减速后带动所述发电机发电。

[0087] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,第Y级运行工况下所述级间再热式空气膨胀发电机组启动前,将第一~#Y-1所述离合器置于锁定状态,将#YSSS所述离合器置于解锁状态(Y=N时此步取消),同时为使第Y级所述空气膨胀机的进气参数快速确立,第Y级所述储气室内存储的压缩空气依次流经第Y级所述储气室出口隔离阀、调阀后进入第Y级所述级间再热器的空气侧吸热,吸热完成后再依次流经滤网、第Y级所述空气膨胀机旁路调阀、逆止阀、消声器排入大气;机组启动后,第一~#Y-1所述离合器处于啮合状态,#Y所述离合器处于脱开状态(Y=N时此步取消),由于第Y级所述空气膨胀机旁路调阀全关,压缩空气转而依次流经第Y级所述空气膨胀机进口切断阀、调阀后进入第Y级所述空气膨胀机膨胀做功,产生的乏气再经出口管道逆止阀进入第Y-第一级所述级间再热器的空气侧重复第Y-第一级运行工况的再热做功过程,第1~Y级所述空气膨胀机的转子经所述齿轮箱减速器减速后带动所述发电机发电。

[0088] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,所述级间再热式空气膨胀发电机组启动后,所述高温储热介质罐中的高温储热介质依次流经第一所述高温储热介质泵进口隔离阀、滤网后进入第一所述高温储热介质泵加压,然后再经第一所述高温储热介质泵出口隔离阀后进入第一、第二所述高温储热介质泵的出口母管;或依次流经第二所述高温储热介质泵进口隔离阀、滤网后进入第二所述高温储热介质泵加压,然后再经第二所述高温储热介质泵出口隔离阀后进入第一、第二所述高温储热介质泵的出口母管。第一、第二所述高温储热介质泵可互为备用,也可同时运行。在第W级运行工况下,出口母管中的高温储热介质分别进入第1~W级所述级间再热器的储热介质侧进口管道并依次流经所述级间再热器储热介质侧进口隔离阀、调阀、滤网,然后分别进入第1~W级所述级间再热器的储热介质侧放热,然后再分别经第1~W级所述级间再热器储热介质侧出口隔离阀后进入所述低温储热介质罐;在一实施例中,当第一或第二所述高温储热介质泵的出口流量小于汽蚀安全值时,高温储热介质依次流经所述高温储热介质泵再循环隔离阀、调阀后返回至所述高温储热介质罐,以维持第一或第二所述高温储热介质泵的最小工作流量。

[0089] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,所述膨胀发电系统还包括系统步序控制逻辑操作按钮,及启动备用高温储热介质泵联锁按钮,及储热介质子系统排空、预热完成按钮,及阀门投入自动按钮,及变频器投入自动按钮、及离合器锁定、解锁按钮等。

[0090] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的实施例中,所述空气膨胀机的种类不限,可以是各类透平式空气膨胀机也可以是各类容积式空气膨胀机,也可以是不同种类空气膨胀机的组合,做功工质可以是空气或湿空气;所述高温储热介质泵的种类不限,可以是各类叶片式泵也可以是各类容积式泵或其他类型泵,也可以是不同种类泵的组合;高温储热介质可以是水,也可以是导热油或石蜡等有机类储热介质,还可以是各类熔融盐等无机类储热介质等。

[0091] 为了进一步说明本方案,本申请还提供一种用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的具体应用实例,参见图2,该膨胀发电系统主要包括:

[0092] (1) 级间再热式空气膨胀发电机组:第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第

三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4;齿轮箱减速器5,发电机6,第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9,第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13,第一级储气室14、第二级储气室15、第三级储气室16和第四级储气室17,第一级储气室出口调阀V1、第二级储气室出口调阀V5、第三级储气室出口调阀V9和第四级储气室出口调阀V13,第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第二级空气膨胀机进口切断阀V6、第三级空气膨胀机进口切断阀V10和第四级空气膨胀机进口切断阀V14,第一级空气膨胀机进口调阀V3、第二级空气膨胀机进口调阀V7、第三级空气膨胀机进口调阀V11和第四级空气膨胀机进口调阀V15,第一级空气膨胀机旁路调阀V4、第二级空气膨胀机旁路调阀V8、第三级空气膨胀机旁路调阀V12和第四级空气膨胀机旁路调阀V16,第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20,各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀V21,第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25,第一级储气室进口隔离阀V56、第二级储气室进口隔离阀V57、第三级储气室进口隔离阀V58和第四级储气室进口隔离阀V59,第一级储气室出口隔离阀V60、第二级储气室出口隔离阀V61、第三级储气室出口隔离阀V62和第四级储气室出口隔离阀V63,第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V63和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67,以及各逆止阀、减压阀、管道、滤网、消声器、热工测点等。

[0093] (2) 储热介质子系统:第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31,高温储热介质罐32和低温储热介质罐33,第一高温储热介质泵进口隔离阀V28和第二高温储热介质泵进口隔离阀V30,第一高温储热介质泵出口隔离阀V29和第二高温储热介质泵出口隔离阀V31,高温储热介质泵再循环隔离阀V32、高温储热介质泵再循环调阀V33,第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43,第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44,第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45,以及各逆止阀、管道、滤网、热工测点等。

[0094] 由于风、光等可再生能源的不确定性,在储能阶段输入压缩空气储能电站的电能会产生大幅频繁波动,受其影响,储能阶段空气压缩机组也会随之变工况运行。因此根据储能阶段压缩空气存储压力等级不同,释能阶段膨胀发电系统运行的空气膨胀机和级间再热器级数也不同。在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,压缩空气储能电站储能阶段的空气压缩机组由第一级空气压缩机37、第二级空气压缩机38、第三级空气压缩机39和第四级空气压缩机40组成,则储能阶段压缩空气存储压力等级可有第1~第四级共四种,因此释能阶段所述膨胀发电系统的运行工况也分别对应第1~第四级共四种。具体来说,当储能阶段压缩空气存储压力等级为第四级,即储能阶段运行了第一级空气压缩机37、第二级空气压缩机38、第三级空气压缩机39和第四级空气压缩机40且生成的压缩空

气全部存储于第四级储气室17,则释能阶段膨胀发电系统运行的空气膨胀机和级间再热器级数为第四级,包括第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4,及第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13共同运行,即第四级运行工况;当储能阶段压缩空气存储压力等级为第三级,即储能阶段运行了第一级空气压缩机37、第二级空气压缩机38和第三级空气压缩机39,且生成的压缩空气全部存储于第三级储气室16,则释能阶段膨胀发电系统运行的空气膨胀机和级间再热器级数为第三级,包括第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2和第三级空气膨胀机3,及第一级级间再热器10、第二级级间再热器11和第三级级间再热器12共同运行,即第三级运行工况;当储能阶段压缩空气存储压力等级为第二级,即储能阶段运行了第一级空气压缩机37和第二级空气压缩机38,且生成的压缩空气全部存储于第二级储气室15,则释能阶段膨胀发电系统运行的空气膨胀机和级间再热器级数为第二级,包括第一级空气膨胀机1和第二级空气膨胀机2,及第一级级间再热器10和第二级级间再热器11共同运行,即第二级运行工况;当储能阶段压缩空气存储压力等级为第一级,即储能阶段运行了第一级空气压缩机37且生成的压缩空气全部存储于第一级储气室14,则释能阶段膨胀发电系统运行的空气膨胀机和级间再热器级数为第一级,包括第一级空气膨胀机1和第一级级间再热器10共同运行,即第一级运行工况。其中,空气膨胀机和级间再热器的级数越高,则其运行压力越高。

[0095] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,常规润滑油系统,及常规厂用冷却水系统29,及常规制氮系统34,及第一常规氮气密封装置35和第二常规氮气密封装置36即可为上述膨胀发电系统提供满足参数需求的各类辅助工质。常规润滑油系统可为第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4,及第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9,及齿轮箱减速器5提供润滑和冷却用油,常规润滑油系统主要包括:润滑油箱18,第一交流润滑油泵19和第二交流润滑油泵20(一用一备),直流事故油泵21,油箱电加热器22,润滑油净化装置23,第一排油烟风机24和第二排油烟风机25(一用一备),润滑油过滤器26(双联式可切换),润滑油冷却器27(双联式可切换),蓄能器28,润滑油压力调节阀V54,润滑油温度调节阀V55,以及各逆止阀、管道、滤网、热工测点等;常规厂用冷却水系统29可为润滑油冷却器27,及第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31提供冷却水,并在润滑油冷却器27两支冷却水进口管道上分别布置有第一润滑油冷却水进口隔离阀V46和第二润滑油冷却水进口隔离阀V48,在润滑油冷却器27两支冷却水出口管道上分别布置有第一润滑油冷却水出口隔离阀V47和第二润滑油冷却水出口隔离阀V49,在第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31冷却水进口管道上分别布置有第一、第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V50、V52,在第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31冷却水出口管道上分别布置有第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V51和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V53;常规制氮系统34可为第一常规氮气密封装置35和第二常规氮气密封装置36提供稳定充气气源,另外还为第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4提供稳定隔离风气源用于隔绝空气和润滑油;第一常规氮气密封装置35和第二常规氮气密封装置36既可满足高温储热介质罐32和低温储热介质罐33运行压力的需求,又可使储热介质与空气隔离以提高储热介质使用寿命,第一常规氮气密封装置35和第二常规氮气密封装置36进口管道上分别布置有第一

常规氮气密封装置进口隔离阀V26和第二常规氮气密封装置进口隔离阀V27。

[0096] 在级间再热式空气膨胀发电机组中,第一级储气室14、第二级储气室15、第三级储气室16和第四级储气室17分别用于存储第一级空气压缩机37、第二级空气压缩机38、第三级空气压缩机39和第四级空气压缩机40出口排出的高压空气;在释能阶段,第一级运行工况下第一级储气室14为第一级空气膨胀机1提供做功发电的高压空气,第二级运行工况下第二级储气室15为第一级空气膨胀机1和第二级空气膨胀机2提供做功发电的高压空气,第三级运行工况下第三级储气室16为第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2和第三级空气膨胀机3提供做功发电的高压空气,第四级运行工况下第四级储气室17为第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4提供做功发电的高压空气。

[0097] 由第一级空气压缩机37出口管道引出的第一级储气室14进口管道上依次布置有第一级储气室进口隔离阀V56、滤网、逆止阀,由第二级空气压缩机38出口管道引出的第二级储气室15进口管道上依次布置有第二级储气室进口隔离阀V57、滤网、逆止阀,由第三级空气压缩机39出口管道引出的第三级储气室16进口管道上依次布置有第三级储气室进口隔离阀V58、滤网、逆止阀,由第四级空气压缩机40出口管道引出的第四级储气室17进口管道上依次布置有第四级储气室进口隔离阀V59、滤网、逆止阀,全关储气室进口隔离阀可使储气室与储能阶段空气压缩机隔离以防空气压缩机的操作对储气室产生影响,滤网用于去除空气压缩机出口高压空气所含杂质,逆止阀可防止储气室内高压空气倒流进入空气压缩机。

[0098] 第一级储气室出口隔离阀V60、第二级储气室出口隔离阀V61、第三级储气室出口隔离阀V62和第四级储气室出口隔离阀V63分别布置在第一级储气室14、第二级储气室15、第三级储气室16和第四级储气室17出口管道上,全关储气室出口隔离阀可使储气室停止向下游供气。第一级储气室出口调阀V1、第二级储气室出口调阀V5、第三级储气室出口调阀V9和第四级储气室出口调阀V13分别布置在第一级储气室出口隔离阀V60、第二级储气室出口隔离阀V61、第三级储气室出口隔离阀V62和第四级储气室出口隔离阀V63下游,储气室出口调阀用于调节级间再热器出口空气压力。第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13为表面式换热器,内部由空气侧(升温)和储热介质侧(降温)构成,空气侧布置在储气室出口调阀下游,空气侧出口管道上布置有滤网用于去除高压空气所含杂质。

[0099] 滤网下游分为两路,一路为空气膨胀机进口管道,第一级空气膨胀机1进口管道上依次布置有第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3,第二级空气膨胀机2进口管道上依次布置有第二级空气膨胀机进口切断阀V6、第二级空气膨胀机进口调阀V7,第三级空气膨胀机3进口管道上依次布置有第三级空气膨胀机进口切断阀V10、第三级空气膨胀机进口调阀V11,第四级空气膨胀机4进口管道上依次布置有第四级空气膨胀机进口切断阀V14、第四级空气膨胀机进口调阀V15。在事故或正常停运阶段快速全关空气膨胀机进口切断阀、调阀可停止空气膨胀机继续进气以防影响转子正常惰走;在第一级运行工况下第一级空气膨胀机进口切断阀V2全开,第一级空气膨胀机进口调阀V3则用于调节第一级空气膨胀机1转子升速和负荷升降;在第二级运行工况下第二级空气膨胀机进口切断阀V6全开,第二级空气膨胀机进口调阀V7则用于调节第一级空气膨胀机1和第二级空气

膨胀机2转子升速和负荷升降,同时第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3全开;在第三级运行工况下第三级空气膨胀机进口切断阀V10全开,第三级空气膨胀机进口调阀V11则用于调节第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2和第三级空气膨胀机3转子升速和负荷升降,同时第一级空气膨胀机进口切断阀V2和第二级空气膨胀机进口切断阀V6,及第一级空气膨胀机进口调阀V3和第二级空气膨胀机进口调阀V7全开;在第四级运行工况下第四级空气膨胀机进口切断阀V14全开,第四级空气膨胀机进口调阀V15则用于调节第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4转子升速和负荷升降,同时第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第二级空气膨胀机进口切断阀V6和第三级空气膨胀机进口切断阀V10,及第一级空气膨胀机进口调阀V3、第二级空气膨胀机进口调阀V7和第三级空气膨胀机进口调阀V11全开。

[0100] 滤网下游另一路为空气膨胀机旁路管道,第一级空气膨胀机1旁路管道上依次布置有第一级空气膨胀机旁路调阀V4、逆止阀、消声器,第二级空气膨胀机2旁路管道上依次布置有第二级空气膨胀机旁路调阀V8、逆止阀、消声器,第三级空气膨胀机3旁路管道上依次布置有第三级空气膨胀机旁路调阀V12、逆止阀、消声器,第四级空气膨胀机4旁路管道上依次布置有第四级空气膨胀机旁路调阀V16、逆止阀、消声器。在第一级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前第一级空气膨胀机旁路调阀V4用于第一级空气膨胀机1进气参数的快速确立,在第二级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前第二级空气膨胀机旁路调阀V8用于第二级空气膨胀机2进气参数的快速确立同时第一级空气膨胀机旁路调阀V4全关,在第三级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前第三级空气膨胀机旁路调阀V12用于第三级空气膨胀机3进气参数的快速确立同时第一级空气膨胀机旁路调阀V4和第二级空气膨胀机旁路调阀V8全关,在第四级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前第四级空气膨胀机旁路调阀V16用于第四级空气膨胀机4进气参数的快速确立同时第一级空气膨胀机旁路调阀V4、第二级空气膨胀机旁路调阀V8和第三级空气膨胀机旁路调阀V12全关,并且在事故或正常停运阶段快速全开空气膨胀机旁路调阀可使空气膨胀机机前气压快速泄放以防空气膨胀机进口切断阀和调阀严密性较差影响机组停运;逆止阀可防止外界大气倒流;出口与外界大气相通的消声器用于缓解旁路管道排气噪声。空气膨胀机出口管道上布置有可防止下游气体倒流进入空气膨胀机的逆止阀。

[0101] 空气膨胀机设置有密封风管道,密封风管道根据气源的不同分为储气室供密封风管道和自密封管道,在级间再热式空气膨胀发电机组启动前期和停运惰走阶段,由于自密封气源压力过低且不稳定,密封风气源由储气室提供;随着机组启动过程进行,自密封气源压力逐渐正常,密封风气源由储气室逐渐过渡到自密封提供。

[0102] 储气室供密封风管道由四支储气室引出管道及四支空气膨胀机密封风分配管道组成,第一级储气室14引出管道上布置有第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64,第二级储气室15引出管道上布置有第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65,第三级储气室16引出管道上布置有第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V66,第四级储气室17引出管道上布置有第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67,四支储气室引出管道汇合后通过滤网再分配给第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4,在膨胀发电系统启动或停运期间,第一级运行工况下全开第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64、全关其他储气室供空

气膨胀机密封风出口隔离阀可使密封风全部由第一级储气室14提供,第二级运行工况下全开第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65、全关其他储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀可使密封风全部由第二级储气室15提供,第三级运行工况下全开第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V66、全关其他储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀可使密封风全部由第三级储气室16提供,第四级运行工况下全开第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67、全关其他储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀可使密封风全部由第四级储气室17提供,逆止阀可防止下游气体倒流进入储气室,滤网用于去除高压空气所含杂质;第一级空气膨胀机1密封风分配管道上依次布置有第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、减压阀、逆止阀,第二级空气膨胀机2密封风分配管道上依次布置有第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、减压阀、逆止阀,第三级空气膨胀机3密封风分配管道上依次布置有第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19、减压阀、逆止阀,第四级空气膨胀机4密封风分配管道上依次布置有第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20、减压阀、逆止阀,全关空气膨胀机密封风进口隔离阀可切断空气膨胀机来自储气室的密封风供应,减压阀用于将来自储气室的密封风气压降至第一预设压力以满足空气膨胀机在升转速及低负荷阶段的密封需求,逆止阀可防止下游气体倒流。

[0103] 自密封管道由第一级储气室出口调阀V1、第二级储气室出口调阀V5、第三级储气室出口调阀V9和第四级储气室出口调阀V13下游管道分别引出,自密封管道上依次布置有滤网、减压阀、逆止阀,空气膨胀机密封风分配管道出口与自密封管道出口汇合后进入空气膨胀机,滤网用于去除高压空气所含杂质,减压阀用于将经储气室出口调阀节流后的密封风气压降至第二预设压力以满足空气膨胀机在高负荷阶段的自密封需求(在一实施例中,第一预设压力和第二预设压力的具体数值由空气膨胀机的级别决定,且针对任一级空气膨胀机第二预设压力均稍大于第一预设压力可使密封风气源随着储气室出口调阀下游气压的升高自动由储气室切换为自密封),逆止阀可防止下游气体倒流。

[0104] 空气膨胀机设置有隔离风总管道及四支分管道,隔离风总管道上依次布置有各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀V21、滤网、减压阀,全关各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀V21可切断常规制氮系统34对隔离风的供应,滤网用于去除氮气所含杂质,减压阀用于将来自常规制氮系统34的隔离风气压降至第三预设压力;第一级空气膨胀机1隔离风分管道上依次布置有第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22、逆止阀,第二级空气膨胀机2隔离风分管道上依次布置有第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23、逆止阀,第三级空气膨胀机3隔离风分管道上依次布置有第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24、逆止阀,第四级空气膨胀机4隔离风分管道上依次布置有第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25、逆止阀,全关空气膨胀机隔离风进口隔离阀可切断隔离风对空气膨胀机的供应,逆止阀可防止下游气体倒流。

[0105] 第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4转子转速相同且同轴布置,齿轮箱减速器5通过联轴器与发电机6连接,空气膨胀机转子额定转速最终通过齿轮箱减速器5降为发电机6额定转速,第一级空气膨胀机1转子与第二级空气膨胀机2转子之间设置有第一离合器7,第二级空气膨胀机2转子与第三级空气膨胀机3转子之间设置有第二离合器8,第三级空气膨胀机3转子与第四级空气膨胀机4转子之间设置有第三离合器9,通过离合器啮合和脱开可改变投入运行空气膨胀机级数,在第一级运

行工况下第一离合器7脱开,在第二级运行工况下第二离合器8脱开、第一离合器7啮合,在第三级运行工况下第三离合器9脱开、第二离合器8啮合、第一离合器7啮合,在第四级运行工况下第三离合器9啮合、第二离合器8啮合、第一离合器7啮合。

[0106] 在储热介质系统中,高温储热介质罐32用于存储储能阶段吸收压缩热后的高温储热介质以供释能阶段使用,罐体分别与第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31进口管道相连,同时通过罐体高位布置方式可满足第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31进口压力需求以防产生汽蚀。

[0107] 第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31可提供足够压头使高温储热介质进入第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13储热介质侧释放热量,第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31由配有变频器的电机驱动且双泵并联布置方式既可满足设备轮换及备用需求,又可满足同时投用需求,具体实施时视实际情况而定,本申请并不限定。

[0108] 第一高温储热介质泵30进口管道上依次布置有第一高温储热介质泵进口隔离阀V28、滤网,第二高温储热介质泵31进口管道上依次布置有第二高温储热介质泵进口隔离阀V30、滤网,全关高温储热介质泵进口隔离阀可停运高温储热介质泵同时切断高温储热介质的流入,滤网用于去除高温储热介质所含杂质。

[0109] 第一高温储热介质泵30出口管道上依次布置有逆止阀、第一高温储热介质泵出口隔离阀V29,第二高温储热介质泵31出口管道上依次布置有逆止阀、第二高温储热介质泵出口隔离阀V31,逆止阀可防止下游高温储热介质倒流进入高温储热介质泵,全关高温储热介质泵出口隔离阀可使高温储热介质泵停运。

[0110] 第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31出口母管至高温储热介质罐32之间的再循环管道上依次布置有高温储热介质泵再循环隔离阀V32、高温储热介质泵再循环调阀V33,全开高温储热介质泵再循环隔离阀V32并调节高温储热介质泵再循环调阀V33开度可防止第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31出口流量小于汽蚀安全值。

[0111] 第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13储热介质侧进口管道与第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31出口母管相连,第一级级间再热器10储热介质侧进口管道上依次布置有第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34、第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、滤网,第二级级间再热器11储热介质侧进口管道上依次布置有第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、滤网,第三级级间再热器12储热介质侧进口管道上依次布置有第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41、滤网,第四级级间再热器13储热介质侧进口管道上依次布置有第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43、第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44、滤网,第一级级间再热器10、第二级级间再热器11、第三级级间再热器12和第四级级间再热器13储热介质侧出口管道汇合后进入低温储热介质罐33,第一级级间再热器10储热介质侧出口管道上布置有第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36,第二级级间再热器11储热介质侧出口管道上布置有第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39,第三级级间再热器12储热介质侧出口管道上布置有第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42,第四级级间再热器13储热介质侧出口管道上布置有第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45,全关级

间再热器储热介质侧进口隔离阀、进口调阀、出口隔离阀可使级间再热器停运,级间再热器储热介质侧进口调阀还可调节空气膨胀机进口空气温度,滤网用于去除高温储热介质所含杂质,低温储热介质罐33用于存储释放热量后的低温储热介质以供储能阶段使用。

[0112] 如图2所示,本申请实施例的膨胀发电系统中还设置有必要的相关热工测点。热工测点可以例如是压力测点、差压测点、温度测点、液位测点、流量测点、转速测点、振动测点、轴位移测点及轴不对中量测点等。

[0113] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,第一级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前,将第一离合器7置于解锁状态,同时为使第一级空气膨胀机1进气参数快速确立,第一级储气室14内存储的压缩空气依次流经第一级储气室出口隔离阀V60、调阀V1后进入第一级级间再热器10空气侧吸热,吸热完成后再依次流经滤网、第一级空气膨胀机旁路调阀V4、逆止阀、消声器排入大气;机组启动后,第一离合器7处于脱开状态,由于第一级空气膨胀机旁路调阀V4全关,压缩空气转而依次流经第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3后进入第一级空气膨胀机1膨胀做功,产生的乏气再经出口管道逆止阀、消声器排入大气,第一级空气膨胀机1转子经齿轮箱减速器5减速后带动发电机6发电。

[0114] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,第二级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前,将第一离合器7置于锁定状态、第二离合器8置于解锁状态,同时为使第二级空气膨胀机2进气参数快速确立,第二级储气室15内存储的压缩空气依次流经第二级储气室出口隔离阀V61、第二级储气室出口调阀V5后进入第二级级间再热器11空气侧吸热,吸热完成后再依次流经滤网、第二级空气膨胀机旁路调阀V8、逆止阀、消声器排入大气;机组启动后,第一离合器7处于啮合状态、第二离合器8处于脱开状态,由于第二级空气膨胀机旁路调阀V8全关,压缩空气转而依次流经第二级空气膨胀机进口切断阀V6、第二级空气膨胀机进口调阀V7后进入第二级空气膨胀机2膨胀做功,产生的乏气再经出口管道逆止阀进入第一级级间再热器10空气侧重复第一级运行工况的再热做功过程,第一级空气膨胀机1和第二级空气膨胀机2转子经齿轮箱减速器5减速后带动发电机6发电。

[0115] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,第三级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前,将第一离合器7和第二离合器8置于锁定状态,将第三离合器9置于解锁状态,同时为使第三级空气膨胀机3进气参数快速确立,第三级储气室16内存储的压缩空气依次流经第三级储气室出口隔离阀V62、第三级储气室出口调阀V9后进入第三级级间再热器12空气侧吸热,吸热完成后再依次流经滤网、第三级空气膨胀机旁路调阀V12、逆止阀、消声器排入大气;机组启动后,第一离合器7和第二离合器8处于啮合状态,第三离合器9处于脱开状态,由于第三级空气膨胀机旁路调阀V12全关,压缩空气转而依次流经第三级空气膨胀机进口切断阀V10、第三级空气膨胀机进口调阀V11后进入第三级空气膨胀机3膨胀做功,产生的乏气再经出口管道逆止阀进入第二级级间再热器11空气侧重复第二级运行工况的再热做功过程,第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2和第三级空气膨胀机3转子经齿轮箱减速器5减速后带动发电机6发电。

[0116] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,第四级运行工况下级间再热式空气膨胀发电机组启动前,将第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9置于锁定状态,同时为使第四级空气膨胀机4进气参数快速确立,第四级储气室17内存储的压缩空气依

次流经第四级储气室出口隔离阀V63、第四级储气室出口调阀V13后进入第四级级间再热器13空气侧吸热,吸热完成后再依次流经滤网、第四级空气膨胀机旁路调阀V16、逆止阀、消声器排入大气;机组启动后,第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9处于啮合状态,由于第四级空气膨胀机旁路调阀V16全关,压缩空气转而依次流经第四级空气膨胀机进口切断阀V14、第四级空气膨胀机进口调阀V15后进入第四级空气膨胀机4膨胀做功,产生的乏气再经出口管道逆止阀进入第三级级间再热器12空气侧重复第三级运行工况的再热做功过程,第一级空气膨胀机1、第二级空气膨胀机2、第三级空气膨胀机3和第四级空气膨胀机4转子经齿轮箱减速器5减速后带动发电机6发电。

[0117] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,级间再热式空气膨胀发电机组启动后,高温储热介质罐32中的高温储热介质依次流经第一高温储热介质泵进口隔离阀V28、滤网后进入第一高温储热介质泵30加压,然后再经第一高温储热介质泵出口隔离阀V29后进入第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31出口母管;或依次流经第二高温储热介质泵进口隔离阀V30、滤网后进入第二高温储热介质泵31加压,然后再经第二高温储热介质泵出口隔离阀V31后进入第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31出口母管。第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31可互为备用,也可同时运行。在第一级运行工况下,出口母管中的高温储热介质依次流经第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34、第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、滤网后进入第一级级间再热器10储热介质侧放热,然后再经第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36后进入低温储热介质罐33;在第二级运行工况下,出口母管中的高温储热介质除了保持第一级运行工况流路外,还依次流经第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、滤网后进入第二级级间再热器11储热介质侧放热,然后再经第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39后进入低温储热介质罐33;在第三级运行工况下,出口母管中的高温储热介质除了保持第二级运行工况流路外,还依次流经第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41、滤网后进入第三级级间再热器12储热介质侧放热,然后再经第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42后进入低温储热介质罐33;在第四级运行工况下,出口母管中的高温储热介质除了保持第三级运行工况流路外,还依次流经第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43、第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44、滤网后进入第四级级间再热器13储热介质侧放热,然后再经第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45后进入低温储热介质罐33;在一个实施例中,当第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31出口流量小于汽蚀安全值时,高温储热介质依次流经高温储热介质泵再循环隔离阀V32、高温储热介质泵再循环调阀V33后返回至高温储热介质罐32,以维持第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31最小工作流量。

[0118] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,上述膨胀发电系统还包括系统步序控制逻辑操作按钮,及启动备用高温储热介质泵联锁按钮,及储热介质子系统排空、预热完成按钮,及阀门投入自动按钮,及变频器投入自动按钮、及离合器锁定、解锁按钮等。上述按钮例如可以设置在分布式控制系统的控制面板上。其中,系统步序控制逻辑操作按钮用于控制膨胀发电系统启停;利用启动备用高温储热介质泵联锁按钮可自动投入设备联锁,当联锁投入后,若其中一台设备跳闸,另一台设备可以迅速联锁启动,维持膨胀发电系统正常运行,例如,当启动备用高温储热介质泵联锁按钮按下后,如果第一高温储热介

质泵30跳闸,那么第二高温储热介质泵31会迅速连锁启动;储热介质子系统排空、预热完成按钮用于当完成排空、预热操作时按下,以进行下一步序;阀门投入自动按钮用于自动控制阀门开度变化以满足某一物理量变化需求;变频器投入自动按钮用于自动控制变频器频率变化以满足某一物理量变化需求;离合器锁定、解锁按钮分别用于进行离合器锁定、解锁操作。

[0119] 在用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的应用实例中,空气膨胀机的种类不限,可以是各类透平式空气膨胀机也可以是各类容积式空气膨胀机,也可以是不同种类空气膨胀机的组合,做功工质可以是空气或湿空气;所述高温储热介质泵的种类不限,可以是各类叶片式泵也可以是各类容积式泵或其他类型泵,也可以是不同种类泵的组合;高温储热介质可以是水,也可以是导热油或石蜡等有机类储热介质,还可以是各类熔融盐等无机类储热介质等。

[0120] 为了提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性,并能够在有效提高膨胀发电效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,本申请提供一种用于控制本申请提供的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的运行控制方法的实施例,参见图3,所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的运行控制方法具体包含有如下内容:

[0121] 步骤1000:若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常,则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理。

[0122] 步骤2000:根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,其中,所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括:控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求;控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程;控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区;控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程;控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程,并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程。

[0123] 从上述描述可知,本申请实施例提供的用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统的运行控制方法,在通过设置级间再热式空气膨胀发电机组和储热介质子系统来保证整个压缩空气储能电站的运行效率的基础上,通过各个所述空气膨胀机之间可控式串联,各组所述再热储气组件之间并联,每个所述再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室连接;各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接,且各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质子系统的设置,可实现当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性;能够有效提高膨胀发电效率,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行效率,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,能够确保各相关设备的安全稳定运行;并能够有效提高压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行可靠

性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性。

[0124] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,为了提高控制的有效性及可靠性,所述压缩空气储能电站内的空气压缩机包括:第一级空气压缩机、第二级空气压缩机、第三级空气压缩机和第四级空气压缩机;相对应的,所述级间再热式空气膨胀发电机组包括:第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组、第三级间再热式空气膨胀发电机组和第四级间再热式空气膨胀发电机组;所述第一级间再热式空气膨胀发电机组包括:第一级空气膨胀机,所述第一级空气膨胀机经由依次连接的第一级级间再热器和第一级储气室连接至所述第一级空气压缩机;所述第二级间再热式空气膨胀发电机组包括:第二级空气膨胀机,所述第二级空气膨胀机经由依次连接的第二级级间再热器和第二级储气室连接至所述第二级空气压缩机;所述第三级间再热式空气膨胀发电机组包括:第三级空气膨胀机,所述第三级空气膨胀机经由依次连接的第三级级间再热器和第三级储气室连接至所述第三级空气压缩机;所述第四级间再热式空气膨胀发电机组包括:第四级空气膨胀机,所述第四级空气膨胀机经由依次连接的第四级级间再热器和第四级储气室连接至所述第四级空气压缩机;所述第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机和第四级空气膨胀机依次连接;所述第一级空气膨胀机与第二级空气膨胀机之间设有第一离合器;所述第二级空气膨胀机与第三级空气膨胀机之间设有第二离合器;所述第三级空气膨胀机与第四级空气膨胀机之间设有第三离合器;所述第一级空气膨胀机与一齿轮箱减速器的一端连接,且该齿轮箱减速器的另一端连接至一发电机;所述储热介质子系统包括第一高温储热介质泵、第二高温储热介质泵、高温储热介质罐和低温储热介质罐;所述膨胀发电系统还包括:常规润滑油系统和常规厂用冷却水系统;所述常规润滑油系统包括:润滑油箱,以及分别设置在该润滑油箱内的第一交流润滑油泵、第二交流润滑油泵、直流事故油泵和用于加热所述润滑油箱的油箱电加热器;所述常规润滑油系统还包括:与所述润滑油箱连接且用于净化所述润滑油箱内润滑油的润滑油净化装置,以及,与所述润滑油箱分别连接的第一排油烟风机和第二排油烟风机;所述常规润滑油系统还包括:分别与所述润滑油箱连接的润滑油过滤器、润滑油冷却器和蓄能器;所述润滑油过滤器与所述润滑油冷却器连接,且所述润滑油冷却器经由润滑油压力调节阀分别连接至第一级空气膨胀机、第二级空气膨胀机、第三级空气膨胀机、第四级空气膨胀机、第一离合器、第二离合器、第三离合器和齿轮箱减速器;所述润滑油压力调节阀、所述润滑油箱和所述润滑油冷却器均连接至润滑油温度调节阀;所述常规厂用冷却水系统分别与所述第一高温储热介质泵和第二高温储热介质泵连接;所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第一个冷却水进口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第一个冷却水出口之间的连接管道上设有第一润滑油冷却水出口隔离阀;所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第二个冷却水进口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述润滑油冷却器的第二个冷却水出口之间的连接管道上设有第二润滑油冷却水出口隔离阀;

[0125] 所述第一级空气压缩机经由第一级储气室进口隔离阀连接至所述第一级储气室;所述第一级储气室经由依次连接的第一级储气室出口隔离阀和第一级储气室出口调阀连接至所述第一级级间再热器;所述第一级级间再热器经由依次连接的第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀连接至所述第一级空气膨胀机;所述第一级级间再

热器还经由依次连接的第一级级间再热器储热介质侧进口调阀和第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第一级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第一级级间再热器与所述第一级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第一级空气膨胀机旁路调阀,该第一级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第一级空气膨胀机对应的消声器;所述第二级空气压缩机经由第二级储气室进口隔离阀连接至所述第二级储气室;所述第二级储气室经由依次连接的第二级储气室出口隔离阀和第二级储气室出口调阀连接至所述第二级级间再热器;所述第二级级间再热器经由依次连接的第二级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口调阀连接至所述第二级空气膨胀机;所述第二级级间再热器还经由依次连接的第二级级间再热器储热介质侧进口调阀和第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第二级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第二级级间再热器与所述第二级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第二级空气膨胀机旁路调阀,该第二级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第二级空气膨胀机对应的消声器;所述第三级空气压缩机经由第三级储气室进口隔离阀连接至所述第三级储气室;所述第三级储气室经由依次连接的第三级储气室出口隔离阀和第三级储气室出口调阀连接至所述第三级级间再热器;所述第三级级间再热器经由依次连接的第三级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口调阀连接至所述第三级空气膨胀机;所述第三级级间再热器还经由依次连接的第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第三级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第三级级间再热器与所述第三级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第三级空气膨胀机旁路调阀,该第三级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第三级空气膨胀机对应的消声器;所述第四级空气压缩机经由第四级储气室进口隔离阀连接至所述第四级储气室;所述第四级储气室经由依次连接的第四级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口调阀连接至所述第四级级间再热器;所述第四级级间再热器经由依次连接的第四级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口调阀连接至所述第四级空气膨胀机;所述第四级级间再热器还经由依次连接的第四级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀连接至所述储热介质子系统;所述第四级空气膨胀机与一个消声器连接,且所述第四级级间再热器与所述第四级级间再热器储热介质侧进口调阀之间设有第四级空气膨胀机旁路调阀,该第四级空气膨胀机旁路调阀连接至所述第四级空气膨胀机对应的消声器;所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:分别与所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀并联的第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀;所述第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第一级空气膨胀机之间的管道;所述第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第二级空气膨胀机之间的管道;所述第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第三级空气膨胀机之间的管道;所述第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀连接至所述第三离合器与所述第四级空气膨胀机之间的管道;所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀;所述第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第一离合器与所述第一级空

气膨胀机之间的管道;所述第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述第一离合器与
所述第二级空气膨胀机之间的管道;所述第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀连接至所述
第三离合器与所述第三级空气膨胀机之间的管道;所述第四级空气膨胀机密封风进口隔
离阀连接至所述第三离合器与所述第四级空气膨胀机之间的管道;所述用于压缩空气储能电
站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级
储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和
第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀;所述第一级储气室供空气膨胀机密封风出
口隔离阀与所述第一级储气室连接;所述第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与
所述第二级储气室连接;所述第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第三级
储气室连接;所述第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀与所述第四级储气室连
接;所述用于压缩空气储能电站的膨胀发电系统还包括:并联的第一级级间再热器储热介
质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介
质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀;所述第一级级间再热器储热介
质侧出口隔离阀与所述第一级级间再热器连接;所述第二级级间再热器储热介质侧出口隔
离阀与所述第二级级间再热器连接;所述第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所
述第三级级间再热器连接;所述第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀与所述第四级级
间再热器连接;所述第一高温储热介质泵与所述高温储热介质罐之间设有第一高温储热介
质泵进口隔离阀,所述第二高温储热介质泵与所述高温储热介质罐之间设有第二高温储热介
质泵进口隔离阀;所述第一高温储热介质泵经由第一高温储热介质泵出口隔离阀分别连接
至所述第一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的
进口侧;所述第二高温储热介质泵经由第二高温储热介质泵出口隔离阀分别连接至所述第
一级级间再热器、第二级级间再热器、第三级级间再热器和第四级级间再热器的进口侧;所
述高温储热介质罐与所述第一高温储热介质泵出口隔离阀之间依次连接有高温储热介质
泵再循环调阀和高温储热介质泵再循环隔离阀;所述常规厂用冷却水系统与所述第一高
温储热介质泵的进口侧之间连接有第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀,所述常规厂用冷
却水系统与所述第二高温储热介质泵的进口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水进
口隔离阀;所述常规厂用冷却水系统与所述第一高温储热介质泵的出口侧之间连接有第
一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀,所述常规厂用冷却水系统与所述第二高温储热介
质泵的出口侧之间连接有第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀。

[0126] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,在步骤1000之前,还
具体包含有如下内容:

[0127] 步骤101,判断所述膨胀发电系统的当前状态是否完全满足第一条件组中的全部
条件,若否,则执行步骤102;

[0128] 其中,所述第一条件组中的各个条件包括:

[0129] 1) 第一级空气压缩机、第二级空气压缩机、第三级空气压缩机和第四级空气压缩
机已停运;

[0130] 2) 第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀、第
四级储气室出口调阀、第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进
口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第一

级储气室进口隔离阀、第二级储气室进口隔离阀、第三级储气室进口隔离阀、第四级储气室进口隔离阀、第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀、第四级储气室出口隔离阀、第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于关闭状态；

[0131] 3) 第一级储气室压力、第二级储气室压力、第三级储气室压力、第四级储气室压力、第一级储气室储气温度、第二级储气室储气温度、第三级储气室储气温度和第四级储气室储气温度均符合各自对应的预设正常状态要求；

[0132] 4) 润滑油箱液位已符合对应的预设正常状态要求；

[0133] 5) 常规制氮系统供气压力已符合对应的预设正常状态要求；

[0134] 6) 各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀、第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀均处于开启状态；

[0135] 7) 第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进口隔离阀均处于开启状态；

[0136] 8) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力、第三级空气膨胀机隔离风供气压力和第四级空气膨胀机隔离风供气压力均已符合各自对应的预设正常状态要求；

[0137] 9) 高温储热介质罐液位、低温储热介质罐液位、高温储热介质罐压力和低温储热介质罐压力均已符合各自对应的预设正常状态要求；

[0138] 10) 常规厂用冷却水系统供水压力、常规厂用冷却水系统供水温度均已符合各自对应的预设正常状态要求；

[0139] 11) 第一润滑油冷却水进口隔离阀、第二润滑油冷却水进口隔离阀、第一润滑油冷却水出口隔离阀、第二润滑油冷却水出口隔离阀、第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀、第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀、第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀均处于开启状态；

[0140] 步骤102,发出停运第一级空气压缩机、第二级空气压缩机、第三级空气压缩机和第四级空气压缩机的指令,发出全关第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀和第四级储气室出口调阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第一级储气室进口隔离阀、第二级储气室进口隔离阀、第三级储气室进口隔离阀和第四级储气室进口隔离阀的指令,发出全关第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口隔离阀的指令,发出全关第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出开启各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀的指令,发起全开第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀的指令,发起全开第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进

口隔离阀的指令,发起全开第一润滑油冷却水进口隔离阀和第二润滑油冷却水进口隔离阀的指令,发起全开第一润滑油冷却水出口隔离阀和第二润滑油冷却水出口隔离阀的指令,发起全开第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令,发起全开第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令,并等待第一状态数据组中的各状态数据的值均符合各自对应的预设正常值;

[0141] 其中,所述第一状态数据组包括:第一级储气室压力、第二级储气室压力、第三级储气室压力、第四级储气室压力、第一级储气室储气温度、第二级储气室储气温度、第三级储气室储气温度、第四级储气室储气温度、润滑油箱液位、常规制氮系统供气压力、第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力、第三级空气膨胀机隔离风供气压力、第四级空气膨胀机隔离风供气压力、高温储热介质罐液位、低温储热介质罐液位、高温储热介质罐压力、低温储热介质罐压力、常规厂用冷却水系统供水压力和常规厂用冷却水系统供水温度。

[0142] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,在步骤1000之前,还具体包含有如下内容:

[0143] 若经步骤101判断所述膨胀发电系统的当前状态完全满足所述第一条件组中的全部条件,则执行步骤103;

[0144] 步骤103,判断所述交流润滑油泵的当前状态是否完全满足第二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤104,若是,则执行步骤105;

[0145] 其中,所述第二条件组中的各个条件包括:

[0146] 1) 第一排油烟风机或第二排油烟风机已启动;

[0147] 2) 油箱电加热器已投入润滑油箱温度自动控制;

[0148] 3) 润滑油净化装置已启动;

[0149] 步骤104,发出启动第一排油烟风机或第二排油烟风机的指令,发出油箱电加热器投入润滑油箱温度自动控制的指令,发出启动润滑油净化装置的指令;

[0150] 步骤105,判断未启动排油烟风机是否已投入启动备用风机联锁,若否,则执行步骤106;

[0151] 步骤106,发出未启动排油烟风机投入启动备用风机联锁的指令。

[0152] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,在步骤1000之前,还具体包含有如下内容:

[0153] 若经步骤105判断未启动排油烟风机已投入启动备用风机联锁,则执行步骤107;

[0154] 步骤107,判断第一交流润滑油泵和第二交流润滑油泵中的至少一个是否已启动,若否,则执行步骤108;若是,则执行步骤109;

[0155] 步骤108,发出启动第一交流润滑油泵或第二交流润滑油泵的指令;

[0156] 步骤109,判断未启动交流润滑油泵和直流事故油泵是否均已投入启动备用泵联锁,若否,则执行步骤110,若是,则执行步骤111;

[0157] 步骤110,发出未启动交流润滑油泵和直流事故油泵投入启动备用泵联锁的指令;

[0158] 步骤111,判断润滑油压力调节阀的当前状态是否完全满足第三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤112;

[0159] 其中,所述第三条件组中的各个条件包括:

[0160] 1) 润滑油压力调节阀已投入润滑油供油压力自动控制;

[0161] 2) 润滑油温度调节阀已投入润滑油供油温度自动控制;

[0162] 步骤112,发出润滑油压力调节阀投入润滑油供油压力自动控制的指令,发出润滑油温度调节阀投入润滑油供油温度自动控制的指令。

[0163] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例,所述步骤1000具体包含有如下内容:

[0164] 若经步骤111判断获知润滑油压力调节阀的当前状态完全满足所述第三条件组中的全部条件,则执行步骤113;

[0165] 步骤113,判断高温储热介质泵的当前状态是否完全满足第四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤114,若是,则执行步骤115;

[0166] 其中,所述第四条件组中的各个条件包括:

[0167] 1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀已开至第一预设开度;

[0168] 2) 第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀均处于开启状态;

[0169] 3) 高温储热介质泵再循环隔离阀和高温储热介质泵再循环调阀均处于开启状态;

[0170] 4) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀均处于开启状态;

[0171] 5) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀均处于开启状态;

[0172] 6) 第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

[0173] 步骤114,发出第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀开至第一预设开度的指令,发出全开第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀的指令,发出全开高温储热介质泵再循环隔离阀、高温储热介质泵再循环调阀的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令;

[0174] 步骤115,判断所述高温储热介质泵的当前状态完全满足第四条件组中的全部条件的持续时间是否已延迟第一预设时间,或者是否已收到人工确认储热介质子系统排空及预热完成指令;若是,则执行步骤116;

[0175] 步骤116,判断所述高温储热介质泵的当前状态是否完全满足第五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤117;

[0176] 其中,所述第五条件组中的各个条件包括:

[0177] 1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀均处于开启状态;

[0178] 2) 第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀均处于关闭状态;

[0179] 3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀、第四级级间再热器储热介质侧进口调阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于关闭状态;

[0180] 步骤117,发出全开第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀的指令,发出全关第一高温储热介质泵出口隔离阀和第二高温储热介质泵出口隔离阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令。

[0181] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,所述步骤1000具体包含有如下内容:

[0182] 若经步骤116判断获知润滑油压力调节阀的当前状态完全满足所述第五条件组中的全部条件,则执行步骤118;

[0183] 步骤118,判断第一高温储热介质泵或第二高温储热介质泵是否已启动,若否,则执行步骤119;若是,则执行步骤120;

[0184] 步骤119,发出启动第一高温储热介质泵或第二高温储热介质泵31的指令;

[0185] 步骤120,判断已启动高温储热介质泵出口隔离阀是否均处于开启状态,若否,则执行步骤121;若是,则执行步骤122;

[0186] 步骤121,发出全开已启动高温储热介质泵出口隔离阀的指令。如果已启动高温储热介质泵出口隔离阀均处于开启状态;

[0187] 步骤122,判断未启动高温储热介质泵是否已投入启动备用泵联锁,如若否,则执行步骤123;若是,则执行步骤124;

[0188] 步骤123,发出未启动高温储热介质泵投入启动备用泵联锁的指令;

[0189] 步骤124,判断未启动高温储热介质泵出口隔离阀是否均处于开启状态;若否,则执行步骤125;若是,则执行步骤126;

[0190] 步骤125,发出全开未启动高温储热介质泵出口隔离阀的指令;

[0191] 步骤126,判断高温储热介质泵的当前状态是否完全满足第六条件组中的全部条件,若否,则执行步骤127;若是,则获取所述压缩空气储能电站当前的目标运行工况;

[0192] 其中,所述第六条件组中的各个条件包括:

[0193] 1) 高温储热介质泵再循环调阀已投入第一级级间再热器出口储热介质流量、第二级级间再热器出口储热介质流量、第三级级间再热器出口储热介质流量、第四级级间再热器出口储热介质流量以及高温储热介质泵再循环流量自动控制;

[0194] 2) 已启动高温储热介质泵变频器已投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制;

[0195] 步骤127,发出高温储热介质泵再循环调阀投入第一级级间再热器出口储热介质流量、第二级级间再热器出口储热介质流量、第三级级间再热器出口储热介质流量、第四级级间再热器出口储热介质流量以及高温储热介质泵再循环流量自动控制的指令,发出已启动高温储热介质泵变频器投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制的指令。

[0196] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,所述步骤2000的第一种实现方式具体包含有如下内容:

[0197] 若所述目标运行工况为第一级运行工况,则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

[0198] 若经步骤126判断获知高温储热介质泵的当前状态完全满足第六条件组中的全部条件,则执行步骤A128;

[0199] 步骤A128,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第七条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A129,若是,则执行步骤A130;

[0200] 其中,所述第七条件组中的各个条件包括:

[0201] 1) 第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;

[0202] 2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于开启状态;

[0203] 3) 第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭状态;

[0204] 4) 第一离合器已置于解锁状态;

[0205] 步骤A129,发出全开第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出解锁第一离合器的指令;

[0206] 步骤A130,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第八条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A131,若是,则执行步骤A133;

[0207] 其中,所述第八条件组中的各个条件包括:

[0208] 1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

[0209] 2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

[0210] 3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警;

[0211] 4) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度和第一级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0212] 5) 发电机第一端轴承温度和发电机第二端轴承温度,及齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0213] 6) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度及第一离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0214] 7) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0215] 8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振和第一级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求;

[0216] 9) 第一级空气膨胀机轴位移和第一离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求;

[0217] 10) 第一离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求;

[0218] 步骤A131,判断第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀是否均处于关闭状态;若否,则执行步骤A132;若是,则执行步骤A133;

[0219] 步骤A132,发出全关第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀的指令;

[0220] 步骤A133,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第九条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A134,若是,则执行步骤A135;

[0221] 其中,所述第九条件组中的各个条件包括:

[0222] 1) 第一级储气室出口调阀已投入第一级级间再热器出口空气压力自动控制;

[0223] 2) 第一级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;

[0224] 3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

[0225] 4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀已投入第一级级间再热器出口空气温度自动控制;

[0226] 步骤A134,发出第一级储气室出口调阀投入第一级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第一级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀投入第一级级间再热器出口空气温度自动控制的指令;

[0227] 步骤A135,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A136,若是,则执行步骤A137;

[0228] 其中,所述第十条件组中的各个条件包括:

[0229] 1) 第一级储气室出口隔离阀均处于开启状态;

[0230] 2) 第一级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;

[0231] 3) 第一级级间再热器出口空气压力和第一级级间再热器出口空气温度已满足第一级空气膨胀机启动进气要求;

[0232] 步骤A136,发出全开第一级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀的指令,发出等待第一级级间再热器出口空气压力和第一级级间再热器出口空气温度满足第一级空气膨胀机启动进气要求;

- [0233] 步骤A137,判断第一级空气膨胀机旁路调阀是否处于关闭状态,若否,则执行步骤A138;
- [0234] 步骤A138,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀的指令。
- [0235] 若经步骤A137判断获知第一级空气膨胀机旁路调阀处于关闭状态,则执行步骤A139;
- [0236] 步骤A139,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十一条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A140;
- [0237] 其中,所述第十一条件组中的各个条件包括:
- [0238] 1) 第一级空气膨胀机进口调阀已投入第一级空气膨胀机转子转速自动控制;
- [0239] 2) 第一级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;
- [0240] 3) 第一离合器已处于脱开状态;
- [0241] 步骤A140,发出第一级空气膨胀机进口调阀投入第一级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器处于脱开状态。
- [0242] 若经步骤A139判断获知第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态完全满足第十一条件组中的全部条件,则执行步骤A141;
- [0243] 步骤A141,判断第一级空气膨胀机转子转速是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤A142;
- [0244] 步骤A142,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A143;若是,则执行步骤A144;
- [0245] 其中,所述第十二条件组中的各个条件包括:
- [0246] 1) 第一级空气膨胀机转子转速升至第二预设转速的持续时间已延迟第二预设时间;
- [0247] 2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;
- [0248] 步骤A143,判断第一级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤A144;
- [0249] 步骤A144,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A145;若是,则执行步骤A146;
- [0250] 其中,所述第十三条件组中的各个条件包括:
- [0251] 1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十二条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间;
- [0252] 2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;
- [0253] 步骤A145,判断第一级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速,若是,则执行步骤A146;
- [0254] 步骤A146,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A147;若是,则执行步骤A148;
- [0255] 其中,所述第十四条件组中的各个条件包括:

[0256] 1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十三条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间;

[0257] 2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0258] 步骤A147,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A148;若是,则执行步骤A149;

[0259] 其中,所述第十五条件组中的各个条件包括:

[0260] 1) 发电机已并网;

[0261] 2) 第一级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制;

[0262] 步骤A148,发出发电机并网的指令,发出第一级空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令;

[0263] 步骤A149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例,若是,则执行步骤A150。

[0264] 步骤A150,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十六条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A151;若是,则执行步骤A152;

[0265] 其中,所述第十六条件组中的各个条件包括:

[0266] 1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十五条件组中的全部条件的持续时间已延迟第五预设时间;

[0267] 2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0268] 步骤A151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例,若是,则执行步骤A152;

[0269] 步骤A152,判断第一级间再热式空气膨胀发电机组的当前状态是否完全满足第十七条件组中的全部条件,若是,则所述膨胀发电系统的全部启动步序结束;

[0270] 其中,所述第十七条件组中的各个条件包括:

[0271] 1) 第一级间再热式空气膨胀发电机组完全满足第十六条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;

[0272] 2) 第一级间再热式空气膨胀发电机组所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

[0273] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,所述步骤2000的第二种实现方式具体包含有如下内容:

[0274] 若所述目标运行工况为第二级运行工况,则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组和第三级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

[0275] 若经步骤126判断获知高温储热介质泵的当前状态完全满足第六条件组中的全部条件,则执行步骤B128;

[0276] 步骤B128,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第十八条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B129;若是,则执行步骤B130;

[0277] 其中,所述第十八条件组中的各个条件包括:

[0278] 1) 第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;

[0279] 2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀

均处于开启状态；

[0280] 3) 第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭状态；

[0281] 4) 第一离合器已置于锁定状态；

[0282] 5) 第二离合器已置于解锁状态；

[0283] 步骤B129,发出全开第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出锁定第一离合器7的指令,发出解锁第二离合器的指令；

[0284] 步骤B130,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第十九条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B131；

[0285] 其中,所述第十九条件组中的各个条件包括：

[0286] 1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力和第二级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求；

[0287] 2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力和第二级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正常状态要求；

[0288] 3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警；

[0289] 4) 发电机第一端轴承温度、发电机第二端轴承温度、齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0290] 5) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度和第二级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0291] 6) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0292] 7) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第一离合器润滑油回油温度和第二离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0293] 8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振、第一级空气膨胀机第二端轴振、第二级空气膨胀机第一端轴振和第二级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求；

[0294] 9) 第一级空气膨胀机轴位移、第二级空气膨胀机轴位移、第一离合器轴位移和第二离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求；

[0295] 10) 第一离合器轴不对中量和第二离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求；

[0296] 步骤B131,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B132;若是,则执行步骤B133；

[0297] 其中,所述第二十条件组中的各个条件包括：

[0298] 1) 第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀均处于开启状态；

[0299] 2) 第二级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态；

- [0300] 3) 第一级空气膨胀机旁路调阀均处于关闭状态;
- [0301] 步骤B132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀和第一级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第二级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀的指令;
- [0302] 步骤B133,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十一条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B134;
- [0303] 其中,所述第二十一条件组中的各个条件包括:
- [0304] 1) 第二级储气室出口调阀已投入第二级级间再热器出口空气压力自动控制;
- [0305] 2) 第二级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;
- [0306] 3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;
- [0307] 4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀和第二级级间再热器储热介质侧进口调阀已分别投入第一级级间再热器出口空气温度和第二级级间再热器出口空气温度自动控制;
- [0308] 步骤B134,发出第二级储气室出口调阀投入第二级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第二级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀和第二级级间再热器储热介质侧进口调阀分别投入第一级级间再热器出口空气温度和第二级级间再热器出口空气温度自动控制的指令。
- [0309] 若经步骤B133判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十一条件组中的全部条件,则执行步骤B135;
- [0310] 步骤B135,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B136;若是,则执行步骤B137;
- [0311] 其中,所述第二十二条件组中的各个条件包括:
- [0312] 1) 第二级储气室出口隔离阀均处于开启状态;
- [0313] 2) 第二级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;
- [0314] 3) 第二级级间再热器出口空气压力和第二级级间再热器出口空气温度已满足第二级空气膨胀机启动进气要求;
- [0315] 步骤B136,发出全开第二级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第二级空气膨胀机进口切断阀的指令,并等待第二级级间再热器出口空气压力和第二级级间再热器出口空气温度满足第二级空气膨胀机启动进气要求;
- [0316] 步骤B137,判断第二级空气膨胀机旁路调阀是否均处于关闭状态,若否,则执行步骤B138;若是,则执行步骤B139;
- [0317] 步骤B138,发出全关第二级空气膨胀机旁路调阀的指令;
- [0318] 步骤B139,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B140;若是,则执行步骤B141;

- [0319] 其中,所述第二十三条件组中的各个条件包括:
- [0320] 1) 第二级空气膨胀机进口调阀已投入第二级空气膨胀机转子转速自动控制;
- [0321] 2) 第一级空气膨胀机转子转速和第二级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;
- [0322] 3) 第一离合器已处于啮合状态,第二离合器已处于脱开状态;
- [0323] 步骤B140,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀的指令,发出第二级空气膨胀机进口调阀投入第二级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速和第二级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器处于啮合状态,及第二离合器处于脱开状态;
- [0324] 步骤B141,判断第一级空气膨胀机转子转速和第二级空气膨胀机转子转速S3是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤B142;
- [0325] 步骤B142,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十四条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B143;
- [0326] 其中,所述第二十四条件组中的各个条件包括:
- [0327] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十三条件组中的全部条件的持续时间已延迟第二预设时间;
- [0328] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;
- [0329] 步骤B143,判断第一级空气膨胀机转子转速和第二级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤B144;
- [0330] 步骤B144,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十五条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B145;
- [0331] 其中,所述第二十五条件组中的各个条件包括:
- [0332] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十四条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间;
- [0333] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;
- [0334] 步骤B145,判断第一级空气膨胀机转子转速和第二级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速;若是,则执行步骤B146;
- [0335] 步骤B146,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十六条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B147;
- [0336] 其中,所述第二十六条件组中的各个条件包括:
- [0337] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十五条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间;
- [0338] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;
- [0339] 步骤B147,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十七条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B148;若是,则执行步骤B149;
- [0340] 其中,所述第二十七条件组中的各个条件包括:
- [0341] 1) 发电机已并网;
- [0342] 2) 第二级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制;
- [0343] 步骤B148,发出发电机并网的指令,发出第二级空气膨胀机进口调阀投入机组负

荷自动控制的指令；

[0344] 步骤B149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例,若是,则执行步骤B150;

[0345] 步骤B150,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十八条件组中的全部条件,若是,则执行步骤B151;

[0346] 其中,所述第二十八条件组中的各个条件包括:

[0347] 1) 机组负荷已升至第一预设负荷比例的持续时间已延迟第五预设时间;

[0348] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0349] 步骤B151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例,若是,则执行步骤B152;

[0350] 步骤B152,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第二十九条件组中的全部条件,若是,则所述膨胀发电系统全部启动步序结束;

[0351] 其中,所述第二十九条件组中的各个条件包括:

[0352] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第二十八条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;

[0353] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

[0354] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,所述步骤2000的第三种实现方式具体包含有如下内容:

[0355] 若所述目标运行工况为第三级运行工况,则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组和第三级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

[0356] 若经步骤126判断获知高温储热介质泵的当前状态完全满足第六条件组中的全部条件,则执行步骤C128;

[0357] 步骤C128,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C129;若是,则执行步骤C130;

[0358] 其中,所述第三十条件组中的各个条件包括:

[0359] 1) 第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;

[0360] 2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于开启状态;

[0361] 3) 第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭状态;

[0362] 4) 第一离合器和第二离合器已置于锁定状态;

[0363] 5) 第三离合器已置于解锁状态;

[0364] 步骤C129,发出全开第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出锁定第一离合器和第二离合器的指令,发出解锁第三离合器的指令;

[0365] 步骤C130,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十一条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C131;

[0366] 其中,所述第三十一条件组中的各个条件包括:

[0367] 1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力、第二级空气膨胀机密封风供气压力和第三级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

[0368] 2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力和第三级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

[0369] 3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警;

[0370] 4) 发电机第一端轴承温度、发电机第二端轴承温度、齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0371] 5) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度、第二级空气膨胀机第二端轴承温度、第三级空气膨胀机第一端轴承温度和第三级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0372] 6) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0373] 7) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第一离合器润滑油回油温度、第二离合器润滑油回油温度及第三离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求;

[0374] 8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振、第一级空气膨胀机第二端轴振、第二级空气膨胀机第一端轴振、第二级空气膨胀机第二端轴振、第三级空气膨胀机第一端轴振和第三级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求;

[0375] 9) 第一级空气膨胀机轴位移、第二级空气膨胀机轴位移、第三级空气膨胀机轴位移、第一离合器轴位移、第二离合器轴位移和第三离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求;

[0376] 10) 第一离合器轴不对中量、第二离合器轴不对中量和第三离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求;

[0377] 步骤C131,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C132;若是,则执行步骤C133;

[0378] 其中,所述第三十二条件组中的各个条件包括:

[0379] 1) 第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第一级空气膨胀机进口调阀和第二级空气膨胀机进口调阀均处于开启状态;

[0380] 2) 第三级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态;

[0381] 3) 第一级空气膨胀机旁路调阀和第二级空气膨胀机旁路调阀均处于关闭状态;

[0382] 步骤C132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀和第二级空气膨胀机进口切断阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀和第二级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第三级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀和第二级空气膨胀机旁路调阀的指令;

[0383] 步骤C133,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十三条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C134;若是,则执行步骤C135;

[0384] 其中,所述第三十三条件组中的各个条件包括:

[0385] 1) 第三级储气室出口调阀已投入第三级级间再热器出口空气压力自动控制;

[0386] 2) 第三级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;

[0387] 3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

[0388] 4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀和第三级级间再热器储热介质侧进口调阀已分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度和第三级级间再热器出口空气温度自动控制;

[0389] 步骤C134,发出第三级储气室出口调阀投入第三级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第三级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀和第三级级间再热器储热介质侧进口调阀分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度和第三级级间再热器出口空气温度自动控制的指令;

[0390] 步骤C135,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C136;若是,则执行步骤C137;

[0391] 其中,所述第三十四条件组中的各个条件包括:

[0392] 1) 第三级储气室出口隔离阀均处于开启状态;

[0393] 2) 第三级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;

[0394] 3) 第三级级间再热器出口空气压力和第三级级间再热器出口空气温度已满足第三级空气膨胀机启动进气要求;

[0395] 步骤C136,发出全开第三级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第三级空气膨胀机进口切断阀的指令,并等待第三级级间再热器出口空气压力和第三级级间再热器出口空气温度满足第三级空气膨胀机启动进气要求;

[0396] 步骤C137,判断第三级空气膨胀机旁路调阀是否处于关闭状态,若否,则执行步骤C138;

[0397] 步骤C138,发出全关第三级空气膨胀机旁路调阀的指令。

[0398] 若经步骤C137判断获知第三级空气膨胀机旁路调阀处于关闭状态,则执行步骤C139;

[0399] 步骤C139,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C140;若是,则执行步骤C141;

[0400] 其中,所述第三十五条件组中的各个条件包括:

[0401] 1) 第三级空气膨胀机进口调阀已投入第三级空气膨胀机转子转速自动控制;

[0402] 2) 第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;

[0403] 3) 第一离合器和第二离合器已处于啮合状态,第三离合器已处于脱开状态;

[0404] 步骤C140,发出第三级空气膨胀机进口调阀投入第三级空气膨胀机转子转速自动

控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速和第一离合器,第二离合器处于啮合状态,及第三离合器处于脱开状态;

[0405] 步骤C141,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤C142;

[0406] 步骤C142,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十六条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C143;

[0407] 其中,所述第三十六条件组中的各个条件包括:

[0408] 1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十五条件组中的全部条件的持续时间已延迟第二预设时间;

[0409] 2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0410] 步骤C143,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤C144;

[0411] 步骤C144,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十七条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C145;

[0412] 其中,所述第三十七条件组中的各个条件包括:

[0413] 1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十六条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间;

[0414] 2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0415] 步骤C145,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速和第三级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速,若是,则执行步骤C146;

[0416] 步骤C146,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十八条件组中的全部条件,若是,则执行步骤C147;

[0417] 其中,所述第三十八条件组中的各个条件包括:

[0418] 1)当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十七条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间;

[0419] 2)当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0420] 步骤C147,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第三十九条件组中的全部条件,若否,则执行步骤C148;若是,则执行步骤C149;

[0421] 其中,所述第三十九条件组中的各个条件包括:

[0422] 1)发电机已并网;

[0423] 2)第三级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制;

[0424] 步骤C148,发出发电机并网的指令,发出第三级空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令;

[0425] 步骤C149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例,若是,则执行步骤C150;

[0426] 步骤C150,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十条件组中的

全部条件,若是,则执行步骤C151;

[0427] 其中,所述第四十条件组中的各个条件包括:

[0428] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第三十九条件组中的全部条件的持续时间已延迟第五预设时间;

[0429] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0430] 步骤C151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例,若是,则执行步骤C152;

[0431] 步骤C152,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十一条件组中的全部条件,若是,则所述膨胀发电系统全部启动步序结束;

[0432] 其中,所述第四十一条件组中的各个条件包括:

[0433] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;

[0434] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

[0435] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,所述步骤2000的第四种实现方式具体包含有如下内容:

[0436] 若所述目标运行工况为第四级运行工况,则选择第一级间再热式空气膨胀发电机组、第二级间再热式空气膨胀发电机组、第三级间再热式空气膨胀发电机组和第四级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象;

[0437] 若经步骤126判断获知高温储热介质泵的当前状态完全满足第六条件组中的全部条件,则执行步骤D128;

[0438] 步骤D128,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十二条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D129;若是,则执行步骤D130;

[0439] 其中,所述第四十二条件组中的各个条件包括:

[0440] 1) 第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于开启状态;

[0441] 2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于开启状态;

[0442] 3) 第一离合器、第二离合器和第三离合器已置于锁定状态;

[0443] 步骤D129,发出全开第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出锁定第一离合器、第二离合器和第三离合器的指令;

[0444] 步骤D130,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十三条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D131;

[0445] 其中,所述第四十三条件组中的各个条件包括:

[0446] 1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力、第二级空气膨胀机密封风供气压力、第三级空气膨胀机密封风供气压力和第四级空气膨胀机密封风供气压力已符合对应的预设正常状态要求;

[0447] 2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力、第二级空气膨胀机隔离风供气压力、第三级空气膨胀机隔离风供气压力和第四级空气膨胀机隔离风供气压力已符合对应的预设正

常状态要求；

[0448] 3) 润滑油供油压力已符合对应的预设正常状态要求且润滑油过滤器差压未报警；

[0449] 4) 发电机第一端轴承温度、发电机第二端轴承温度、齿轮箱减速器第一端轴承温度和齿轮箱减速器第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0450] 5) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度、第二级空气膨胀机第二端轴承温度、第三级空气膨胀机第一端轴承温度、第三级空气膨胀机第二端轴承温度、第四级空气膨胀机第一端轴承温度和第四级空气膨胀机第二端轴承温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0451] 6) 发电机三相线圈温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0452] 7) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第三级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第四级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度、第四级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度、第一离合器润滑油回油温度、第二离合器润滑油回油温度及第三离合器润滑油回油温度已符合对应的预设正常状态要求；

[0453] 8) 发电机第一端轴振、发电机第二端轴振、齿轮箱减速器第一端轴振、齿轮箱减速器第二端轴振、第一级空气膨胀机第一端轴振、第一级空气膨胀机第二端轴振、第二级空气膨胀机第一端轴振、第二级空气膨胀机第二端轴振、第三级空气膨胀机第一端轴振、第三级空气膨胀机第二端轴振、第四级空气膨胀机第一端轴振和第四级空气膨胀机第二端轴振已符合对应的预设正常状态要求；

[0454] 9) 第一级空气膨胀机轴位移、第二级空气膨胀机轴位移、第三级空气膨胀机轴位移、第四级空气膨胀机轴位移、第一离合器轴位移、第二离合器轴位移和第三离合器轴位移已符合对应的预设正常状态要求；

[0455] 10) 第一离合器轴不对中量、第二离合器轴不对中量和第三离合器轴不对中量已符合对应的预设正常状态要求；

[0456] 步骤D131,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D132;若是,则执行步骤D133;

[0457] 其中,所述第四十四条件组中的各个条件包括:

[0458] 1) 第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第三级空气膨胀机进口切断阀、第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀和第三级空气膨胀机进口调阀均处于开启状态;

[0459] 2) 第四级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态;

[0460] 3) 第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级空气膨胀机旁路调阀和第三级空气膨胀机旁路调阀均处于关闭状态;

[0461] 步骤D132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀和第三级空气膨胀机进口切断阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀和第三级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第四级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级空气膨胀机旁路调阀和第三级空气膨胀机旁路调阀的指令;

[0462] 步骤D133,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D134;若是,则执行步骤D135;

[0463] 其中,所述第四十五条件组中的各个条件包括:

[0464] 1) 第四级储气室出口调阀已投入第四级级间再热器出口空气压力自动控制;

[0465] 2) 第四级空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;

[0466] 3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于开启状态;

[0467] 4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀已分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度、第三级级间再热器出口空气温度和第四级级间再热器出口空气温度自动控制;

[0468] 步骤D134,发出第四级储气室出口调阀投入第四级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第四级空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全开第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀分别投入第一级级间再热器出口空气温度、第二级级间再热器出口空气温度、第三级级间再热器出口空气温度和第四级级间再热器出口空气温度自动控制的指令;

[0469] 步骤D135,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十六条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D136;若是,则执行步骤D137;

[0470] 其中,所述第四十六条件组中的各个条件包括:

[0471] 1) 第四级储气室出口隔离阀均处于开启状态;

[0472] 2) 第四级空气膨胀机进口切断阀均处于开启状态;

[0473] 3) 第四级级间再热器出口空气压力和第四级级间再热器出口空气温度已满足第四级空气膨胀机启动进气要求;

[0474] 步骤D136,发出全开第四级储气室出口隔离阀的指令,发出全开第四级空气膨胀机进口切断阀的指令,并等待第四级级间再热器出口空气压力和第四级级间再热器出口空气温度满足第四级空气膨胀机启动进气要求;

[0475] 步骤D137,判断第四级空气膨胀机旁路调阀是否均处于关闭状态,若否,则执行步骤D138;若是,则执行步骤D139;

[0476] 步骤D138,发出全关第四级空气膨胀机旁路调阀的指令;

[0477] 步骤D139,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十七条件组中

的全部条件,若否,则执行步骤D140;

[0478] 其中,所述第四十七条件组中的各个条件包括:

[0479] 1) 第四级空气膨胀机进口调阀已投入第四级空气膨胀机转子转速自动控制;

[0480] 2) 第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;

[0481] 3) 第一离合器、第二离合器和第三离合器已处于啮合状态;

[0482] 步骤D140,发出第四级空气膨胀机进口调阀投入第四级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器、第二离合器和第三离合器处于啮合状态。

[0483] 若经步骤D139判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十七条件组中的全部条件,则执行步骤D141;

[0484] 步骤D141,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速,若是,则执行步骤D142;

[0485] 步骤D142,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十八条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D143;

[0486] 其中,所述第四十八条件组中的各个条件包括:

[0487] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十七条件组中的全部条件的持续时间已延迟第二预设时间;

[0488] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0489] 步骤D143,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速,若是,则执行步骤D144;

[0490] 步骤D144,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第四十九条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D145;

[0491] 其中,所述第四十九条件组中的各个条件包括:

[0492] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十八条件组中的全部条件的持续时间已延迟第三预设时间;

[0493] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0494] 步骤D145,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速,若是,则执行步骤D146;

[0495] 步骤D146,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D147;

[0496] 其中,所述第五十条件组中的各个条件包括:

[0497] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第四十九条件组中的全部条件的持续时间已延迟第四预设时间;

[0498] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0499] 步骤D147,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十一条件组中的全部条件,若否,则执行步骤D148;若是,则执行步骤D149;

[0500] 其中,所述第五十一条件组中的各个条件包括:

[0501] 1) 发电机已并网;

[0502] 2) 第四级空气膨胀机进口调阀已投入机组负荷自动控制;

[0503] 步骤D148,发出发电机并网的指令,发出第四级空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令;

[0504] 步骤D149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例,若是,则执行步骤D150;

[0505] 步骤D150,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十二条件组中的全部条件,若是,则执行步骤D151;

[0506] 其中,所述第五十二条件组中的各个条件包括:

[0507] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十一条件组中的全部条件的持续时间已延迟第五预设时间;

[0508] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求;

[0509] 步骤D151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例,若是,则执行步骤D152;

[0510] 步骤D152,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十三条件组中的全部条件,若是,则结束所述膨胀发电系统全部启动步序;

[0511] 其中,所述第五十三条件组中的各个条件包括:

[0512] 1) 当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十二条件组中的全部条件的持续时间已延迟第六预设时间;

[0513] 2) 当前的目标控制对象所有相关运行参数已符合对应的预设正常状态要求。

[0514] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,参见图4,在所述步骤2000之后还具体包含有如下内容:

[0515] 步骤3000:控制所述目标控制对象的负荷降至预设极低值,全关各级空气膨胀机进口切断阀和进口调阀并触发发电机逆功率保护。

[0516] 步骤4000:停运所述目标控制对象。

[0517] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,所述步骤3000具体包含有如下内容:

[0518] 步骤201,判断当前的目标控制对象的负荷是否已降至第三预设负荷比例,若是,则执行步骤202;

[0519] 步骤202,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十四条件组中的全部条件,若否,则执行步骤203;

[0520] 其中,所述第五十四条件组中的各个条件包括:

[0521] 1) 第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第三级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口切断阀均处于关闭状态;

[0522] 2) 第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀、第三级空气膨胀机进口调阀和第四级空气膨胀机进口调阀均处于关闭状态;

[0523] 3) 第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口隔离阀均处于关闭状态;

[0524] 4) 第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀和第四级储气室出口调阀均处于关闭状态;

[0525] 5) 第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级空气膨胀机旁路调阀、第三级空气膨胀机旁路调阀和第四级空气膨胀机旁路调阀均处于开启状态;

[0526] 6) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀、第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀均处于关闭状态;

[0527] 7) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀均处于关闭状态;

[0528] 8) 发电机逆功率保护已触发;

[0529] 步骤203,发出全关第一级空气膨胀机进口切断阀、第二级空气膨胀机进口切断阀、第三级空气膨胀机进口切断阀和第四级空气膨胀机进口切断阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机进口调阀、第二级空气膨胀机进口调阀、第三级空气膨胀机进口调阀和第四级空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第一级储气室出口隔离阀、第二级储气室出口隔离阀、第三级储气室出口隔离阀和第四级储气室出口隔离阀的指令,发出全关第一级储气室出口调阀、第二级储气室出口调阀、第三级储气室出口调阀和第四级储气室出口调阀的指令,发出全开第一级空气膨胀机旁路调阀、第二级空气膨胀机旁路调阀、第三级空气膨胀机旁路调阀和第四级空气膨胀机旁路调阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口调阀、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,并等待发电机逆功率保护触发。

[0530] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例,所述步骤4000的第一种实现方式具体包含有如下内容:

[0531] 若经步骤202判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十四条件组中的全部条件,则执行步骤A204;

[0532] 步骤A204,判断已运行高温储热介质泵变频器频率是否已降至第一预设频率,若否,则执行步骤A205;若是,则执行步骤A206;

[0533] 步骤A205,发出已运行高温储热介质泵变频器频率降至第一预设频率的指令;

[0534] 步骤A206,判断未运行高温储热介质泵是否已解除启动备用泵联锁,若否,则执行步骤A207;若是,则执行步骤A208;

[0535] 步骤A207,发出未运行高温储热介质泵解除启动备用泵联锁的指令;

[0536] 步骤A208,判断已运行高温储热介质泵出口隔离阀是否均处于关闭状态,若否,则

执行步骤A209;若是,则执行步骤A210;

[0537] 步骤A209,发出全关已运行高温储热介质泵出口隔离阀的指令;

[0538] 步骤A210,判断第一高温储热介质泵和第二高温储热介质泵是否已停运,若否,则执行步骤A211;若是,则执行步骤A212;

[0539] 步骤A211,发出停运第一高温储热介质泵和第二高温储热介质泵的指令;

[0540] 步骤A212,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十五条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A213;若是,则执行步骤A214;

[0541] 其中,所述第五十五条件组中的各个条件包括:

[0542] 1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀均处于关闭状态;

[0543] 2) 第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进口隔离阀均处于关闭状态;

[0544] 步骤A213,发出全关第一高温储热介质泵进口隔离阀和第二高温储热介质泵进口隔离阀的指令,发出全关第一常规氮气密封装置进口隔离阀和第二常规氮气密封装置进口隔离阀的指令;

[0545] 步骤A214,判断当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十五条件组中的全部条件的持续时间是否已延迟第七预设时间,若是,则执行步骤A215;

[0546] 步骤A215,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十六条件组中的全部条件,若否,则执行步骤A216;若是,则第一并行流程结束;

[0547] 其中,所述第五十六条件组中的各个条件包括:

[0548] 1) 第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀均处于关闭状态;

[0549] 2) 第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀均处于关闭状态;

[0550] 步骤A216,发出全关第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令,发出全关第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀的指令。

[0551] 在一个用于压缩空气储能电站的膨胀发电方法的实施例中,所述步骤4000的第二种实现方式具体包含有如下内容:

[0552] 若经步骤202判断获知当前的目标控制对象的当前状态完全满足第五十四条件组中的全部条件,则执行步骤B204;

[0553] 步骤B204,判断第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速是否已惰走至0rpm,若是,则执行步骤B205;

[0554] 步骤B205,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十七条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B206;若是,则执行步骤B207;

[0555] 其中,所述第五十七条件组中的各个条件包括:

[0556] 1) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀均处于关闭

状态;

[0557] 2) 第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀均处于关闭状态;

[0558] 步骤B206,发出全关第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令;

[0559] 步骤B207,判断当前的目标控制对象的当前状态是否满足第五十八条件组中的至少一个条件,若是,则执行步骤B208;

[0560] 其中,所述第五十八条件组中的各个条件包括:

[0561] 1) 第一级空气膨胀机转子转速、第二级空气膨胀机转子转速、第三级空气膨胀机转子转速和第四级空气膨胀机转子转速惰走至0rpm的持续时间均已延迟第八预设时间;

[0562] 2) 齿轮箱减速器第一端轴承温度、齿轮箱减速器第二端轴承温度、第一级空气膨胀机第一端轴承温度、第一级空气膨胀机第二端轴承温度、第二级空气膨胀机第一端轴承温度、第二级空气膨胀机第二端轴承温度、第三级空气膨胀机第一端轴承温度、第三级空气膨胀机第二端轴承温度、第四级空气膨胀机第一端轴承温度、第四级空气膨胀机第二端轴承温度、第一离合器润滑油回油温度、第二离合器润滑油回油温度及第三离合器润滑油回油温度均已小于第一预设温度;

[0563] 步骤B208,判断未运行交流润滑油泵和直流事故油泵是否已解除启动备用泵联锁,若否,则执行步骤B209;若是,则执行步骤B210;

[0564] 步骤B209,发出未运行交流润滑油泵和直流事故油泵解除启动备用泵联锁的指令;

[0565] 步骤B210,判断第一交流润滑油泵和第二交流润滑油泵是否已停运,若否,则执行步骤B211;若是,则执行步骤B212;

[0566] 步骤B211,发出停运第一交流润滑油泵和第二交流润滑油泵的指令;

[0567] 步骤B212,判断当前的目标控制对象的当前状态是否完全满足第五十九条件组中的全部条件,若否,则执行步骤B213;若是,则第二并行流程结束;

[0568] 其中,所述第五十九条件组中的各个条件包括:

[0569] 1) 各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀均处于关闭状态;

[0570] 2) 第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀均处于关闭状态;

[0571] 3) 第一润滑油冷却水进口隔离阀、第二润滑油冷却水进口隔离阀V48、第一润滑油冷却水出口隔离阀和第二润滑油冷却水出口隔离阀均处于关闭状态;

[0572] 步骤B213,发出全关各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀的指令,发出全关第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀的指令,发出全关第一润滑油

冷却水进口隔离阀和第二润滑油冷却水进口隔离阀的指令,发出全关第一润滑油冷却水出口隔离阀和第二润滑油冷却水出口隔离阀的指令。

[0573] 也就是说,应用于压缩空气储能电站释能阶段的膨胀发电系统运行控制方法,该运行控制方法包括:

[0574] 判断是否1)第1~N级所述空气压缩机已停运;2)第1~N级所述储气室出口调阀,及第1~N级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀,及第1~N级所述储气室进口隔离阀,及第1~N级所述储气室出口隔离阀,及第1~N级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀已全关;3)第1~N级储气室压力、储气温度已正常;4)润滑油箱液位已正常;5)常规制氮系统供气压力已正常;6)所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀,及第1~N级所述空气膨胀机隔离风进口隔离阀已全开;7)第一、第二常规氮气密封装置进口隔离阀已全开;8)第1~N级空气膨胀机隔离风供气压力已正常;9)高、低温储热介质罐液位,及高、低温储热介质罐压力已正常;10)常规厂用冷却水系统供水压力、温度已正常;11)第一、第二润滑油冷却水进口隔离阀,及第一、第二润滑油冷却水出口隔离阀,及第一高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀,及第二高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀已全开。如果上述十一个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出停运第1~N级所述空气压缩机的指令,发出全关第1~N级所述储气室出口调阀的指令,发出全关第1~N级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第1~N级所述储气室进口隔离阀的指令,发出全关第1~N级所述储气室出口隔离阀的指令,发出全关第1~N级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀的指令,发出全开第1~N级所述空气膨胀机隔离风进口隔离阀的指令,发出全开第一、第二常规氮气密封装置进口隔离阀的指令,发出全开第一、第二润滑油冷却水进口隔离阀的指令,发出全开第一、第二润滑油冷却水出口隔离阀的指令,发出全开第一高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀的指令,发出全开第二高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀的指令,并等待下述各值至正常值,包括:第1~N级储气室压力、储气温度,及润滑油箱液位,及常规制氮系统供气压力,及第1~N级空气膨胀机隔离风供气压力,及高、低温储热介质罐液位,及高、低温储热介质罐压力,及常规厂用冷却水系统供水压力、温度。

[0575] 如果上述条件都满足,判断是否1)第一或第二排油烟风机已启动;2)油箱电加热器已投入润滑油箱温度自动控制;3)润滑油净化装置已启动。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出启动第一或第二排油烟风机的指令,发出油箱电加热器投入润滑油箱温度自动控制的指令,发出启动润滑油净化装置的指令。

[0576] 如果上述条件都满足,判断未启动排油烟风机是否已投入启动备用风机联锁。如果未启动排油烟风机未投入启动备用风机联锁,发出未启动排油烟风机投入启动备用风机联锁的指令。

[0577] 如果未启动排油烟风机已投入启动备用风机联锁,判断第一或第二交流润滑油泵是否已启动。如果第一、第二交流润滑油泵未启动,发出启动第一或第二交流润滑油泵的指令。

[0578] 如果第一或第二交流润滑油泵已启动,判断未启动交流润滑油泵和直流事故油泵是否已投入启动备用泵联锁。如果未启动交流润滑油泵或直流事故油泵未投入启动备用泵联锁,发出未启动交流润滑油泵和直流事故油泵投入启动备用泵联锁的指令。

[0579] 如果未启动交流润滑油泵和直流事故油泵已投入启动备用泵联锁,判断是否1) 润滑油压力调节阀已投入润滑油供油压力自动控制;2) 润滑油温度调节阀已投入润滑油供油温度自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,发出润滑油压力调节阀投入润滑油供油压力自动控制的指令,发出润滑油温度调节阀投入润滑油供油温度自动控制的指令。

[0580] 如果上述条件都满足,判断是否1) 第一、第二所述高温储热介质泵进口隔离阀已开至第一预设开度;2) 第一、第二所述高温储热介质泵出口隔离阀已全开;3) 所述高温储热介质泵再循环隔离阀、调阀已全开;4) 第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口隔离阀已全开;5) 第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口调阀已全开;6) 第1~N级所述级间再热器储热介质侧出口隔离阀已全开。如果上述六个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出第一、第二所述高温储热介质泵进口隔离阀开至第一预设开度的指令,发出全开第一、第二所述高温储热介质泵出口隔离阀的指令,发出全开所述高温储热介质泵再循环隔离阀、调阀的指令,发出全开第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口隔离阀的指令,发出全开第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,发出全开第1~N级所述级间再热器储热介质侧出口隔离阀的指令。

[0581] 在一实施例中,上述第一预设开度可取为5%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0582] 如果上述条件都满足,判断是否已延迟第一预设时间,或者已收到人工确认所述储热介质的排空、预热完成指令。

[0583] 在一实施例中,上述第一预设时间可取为10分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0584] 如果延迟的第一预设时间已到,或者已收到人工确认所述储热介质的排空、预热完成指令,判断是否1) 第一、第二所述高温储热介质泵进口隔离阀已全开;2) 第一、第二所述高温储热介质泵出口隔离阀已全关;3) 第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口隔离阀、进口调阀、出口隔离阀已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出全开第一、第二所述高温储热介质泵进口隔离阀的指令,发出全关第一、第二所述高温储热介质泵出口隔离阀的指令,发出全关第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口隔离阀、进口调阀、出口隔离阀的指令。

[0585] 如果上述条件都满足,判断第一或第二所述高温储热介质泵是否已启动。如果第一、第二所述高温储热介质泵未启动,发出启动第一或第二所述高温储热介质泵的指令。

[0586] 如果第一或第二所述高温储热介质泵已启动,判断已启动所述高温储热介质泵出口隔离阀是否已全开。如果已启动所述高温储热介质泵出口隔离阀未全开,发出全开已启动所述高温储热介质泵出口隔离阀的指令。

[0587] 如果已启动所述高温储热介质泵出口隔离阀已全开,判断未启动所述高温储热介质泵是否已投入启动备用泵联锁。如果未启动所述高温储热介质泵未投入启动备用泵联锁,发出未启动所述高温储热介质泵投入启动备用泵联锁的指令。

[0588] 如果未启动所述高温储热介质泵已投入启动备用泵联锁,判断未启动所述高温储热介质泵出口隔离阀是否已全开。如果未启动所述高温储热介质泵出口隔离阀未全开,发出全开未启动所述高温储热介质泵出口隔离阀的指令。

[0589] 如果未启动所述高温储热介质泵出口隔离阀已全开,判断是否1) 所述高温储热介

质泵再循环调阀已投入第1~N级级间再热器出口储热介质流量以及高温储热介质泵再循环流量自动控制;2)已启动所述高温储热介质泵的变频器已投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,发出所述高温储热介质泵再循环调阀投入第1~N级级间再热器出口储热介质流量以及高温储热介质泵再循环流量自动控制的指令,发出已启动所述高温储热介质泵的变频器投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制的指令。

[0590] 如果上述条件都满足,以第W级运行工况为例,判断是否1)第W级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀已全开;2)第1~W级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀已全开;3)第W+1~N级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀已全关;4)第一~#W-1所述离合器已置于锁定状态;5)#W所述离合器已置于解锁状态。如果上述五个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出全开第W级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令,发出全开第1~W级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第W+1~N级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出锁定第一~#W-1所述离合器的指令,发出解锁#W所述离合器的指令。

[0591] 如果上述条件都满足,判断是否1)第1~W级空气膨胀机密封风供气压力已正常;2)第1~W级空气膨胀机隔离风供气压力已正常;3)润滑油供油压力已正常且润滑油过滤器差压未报警;4)发电机两端轴承温度,及齿轮箱减速器两端轴承温度已正常;5)第1~W级空气膨胀机两端轴承温度已正常;6)发电机三相线圈温度已正常;7)第1~W级空气膨胀机两端轴承润滑油回油温度,及第一~#W离合器润滑油回油温度已正常;8)发电机两端轴振,及齿轮箱减速器两端轴振,及第1~W级空气膨胀机两端轴振已正常;9)第1~W级空气膨胀机轴位移,及第一~#W离合器轴位移已正常;10)第一~#W离合器轴不对中量已正常。

[0592] 如果上述条件都满足,判断是否1)第1~W-第一级所述空气膨胀机进口切断阀、调阀已全开;2)第W级所述空气膨胀机进口切断阀、调阀已全关;3)第1~W-第一级所述空气膨胀机旁路调阀已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出全开第1~W-第一级所述空气膨胀机进口切断阀的指令,发出全开第1~W-第一级所述空气膨胀机进口调阀V3、V7的指令,发出全关第W级所述空气膨胀机进口切断阀、调阀V11的指令,发出全关第1~W-第一级所述空气膨胀机旁路调阀的指令。

[0593] 如果上述条件都满足,判断是否1)第W级所述储气室出口调阀已投入第W级级间再热器出口空气压力(压力设定值自动跟随级间再热式空气膨胀发电机组负荷变化)自动控制;2)第W级所述空气膨胀机旁路调阀已开至第二预设开度;3)第1~W级所述级间再热器储热介质侧进、出口隔离阀已全开;4)第1~W级所述级间再热器储热介质侧进口调阀已分别投入第1~W级级间再热器出口空气温度自动控制。如果上述四个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出第W级所述储气室出口调阀投入第W级级间再热器出口空气压力自动控制的指令,发出第W级所述空气膨胀机旁路调阀开至第二预设开度的指令,发出全开第1~W级所述级间再热器储热介质侧进、出口隔离阀的指令,发出第1~W级所述级间再热器储热介质侧进口调阀分别投入第1~W级级间再热器出口空气温度自动控制的指令。

[0594] 在一实施例中,上述第二预设开度可取为50%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0595] 如果上述条件都满足,判断是否1)第W级所述储气室出口隔离阀已全开;2)第W级

所述空气膨胀机进口切断阀已全开;3)第W级级间再热器出口空气压力、温度已满足第W级所述空气膨胀机启动进气要求。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出全开第W级所述储气室出口隔离阀的指令,发出全开第W级所述空气膨胀机进口切断阀的指令,并等待第W级级间再热器出口空气压力、温度满足第W级所述空气膨胀机启动进气要求。

[0596] 如果上述条件都满足,判断第W级所述空气膨胀机旁路调阀是否已全关。如果第W级所述空气膨胀机旁路调阀未全关,发出全关第W级所述空气膨胀机旁路调阀的指令。

[0597] 如果第W级所述空气膨胀机旁路调阀已全关,判断是否1)第W级所述空气膨胀机进口调阀已投入第W级空气膨胀机转子转速自动控制;2)第1~W级空气膨胀机转子转速已按照第一预设加速率升至第一预设转速;3)第一~#W-1所述离合器已处于啮合状态,#W所述离合器已处于脱开状态。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出第W级所述空气膨胀机进口调阀投入第W级空气膨胀机转子转速自动控制的指令,并等待第1~W级空气膨胀机转子转速按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一~#W-1所述离合器处于啮合状态,及#W所述离合器处于脱开状态。

[0598] 在一实施例中,上述第一预设加速率可取为33000rpm/min,上述第一预设转速可取为2000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0599] 如果上述条件都满足,判断第1~W级空气膨胀机转子转速是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速。

[0600] 在一实施例中,上述第二预设加速率可取为12000rpm/min,上述第二预设转速可取为20000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0601] 如果第1~W级空气膨胀机转子转速已按照第二预设加速率升至第二预设转速,判断是否1)已延迟第二预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。

[0602] 在一实施例中,上述第二预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0603] 如果上述条件都满足,判断第1~W级空气膨胀机转子转速是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速。

[0604] 在一实施例中,上述第三预设加速率可取为33000rpm/min,上述第三预设转速可取为30000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0605] 如果第1~W级空气膨胀机转子转速已按照第三预设加速率升至第三预设转速,判断是否1)已延迟第三预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。

[0606] 在一实施例中,上述第三预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0607] 如果上述条件都满足,判断第1~W级空气膨胀机转子转速是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速。

[0608] 在一实施例中,上述第四预设加速率可取为6000rpm/min,上述第四预设转速可取为35000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0609] 如果第1~W级空气膨胀机转子转速已按照第四预设加速率升至第四预设转速,判断是否1)已延迟第四预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。

[0610] 在一实施例中,上述第四预设时间可取为15分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0611] 如果上述条件都满足,判断是否1)所述发电机已并网;2)第W级所述空气膨胀机进

口调阀已投入机组负荷自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,发出所述发电机并网的指令,发出第W级所述空气膨胀机进口调阀投入机组负荷自动控制的指令。

[0612] 如果上述条件都满足,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例。

[0613] 在一实施例中,上述第一预设负荷比例可取为15%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0614] 如果机组负荷已升至第一预设负荷比例,判断是否1)已延迟第五预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。

[0615] 在一实施例中,上述第五预设时间可取为30分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0616] 如果上述条件都满足,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例。

[0617] 在一实施例中,上述第二预设负荷比例可取为100%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0618] 如果机组负荷已升至第二预设负荷比例,判断是否1)已延迟第六预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。

[0619] 在一实施例中,上述第六预设时间可取为60分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0620] 如果上述条件都满足,则膨胀发电系统全部启动步序结束。

[0621] 在一实施例中,所述运行控制方法还包括:

[0622] 判断机组负荷是否已降至第三预设负荷比例。

[0623] 在一实施例中,上述第三预设负荷比例可取为3%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0624] 如果机组负荷已降至第三预设负荷比例,判断是否1)第1~N级所述空气膨胀机进口切断阀已全关;2)第1~N级所述空气膨胀机进口调阀已全关;3)第1~N级所述储气室出口隔离阀已全关;4)第1~N级所述储气室出口调阀已全关;5)第1~N级所述空气膨胀机旁路调阀已全开;6)第1~N级所述级间再热器储热介质侧进、出口隔离阀已全关;7)第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口调阀已全关;8)发电机逆功率保护已触发。如果上述八个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出全关第1~N级所述空气膨胀机进口切断阀的指令,发出全关第1~N级所述空气膨胀机进口调阀的指令,发出全关第1~N级所述储气室出口隔离阀的指令,发出全关第1~N级所述储气室出口调阀的指令,发出全开第1~N级所述空气膨胀机旁路调阀的指令,发出全关第1~N级所述级间再热器储热介质侧进、出口隔离阀的指令,发出全关第1~N级所述级间再热器储热介质侧进口调阀的指令,并等待发电机逆功率保护触发。

[0625] 如果上述条件都满足,同时进行下述两个并行流程。

[0626] (1)第一并行流程:判断已运行所述高温储热介质泵的变频器频率是否已降至第一预设频率。如果已运行所述高温储热介质泵的变频器频率未降至第一预设频率,发出已运行所述高温储热介质泵的变频器频率降至第一预设频率的指令。

[0627] 在一实施例中,上述第一预设频率可取为15Hz,具体实施时,可视实际情况而定。先将已运行所述高温储热介质泵的变频器工作频率降至15Hz(含)以下再停运,可降低泵停

运时对管道的冲击。

[0628] 如果已运行所述高温储热介质泵的变频器频率已降至第一预设频率,判断未运行所述高温储热介质泵是否已解除启动备用泵联锁。如果未运行所述高温储热介质泵未解除启动备用泵联锁,发出未运行所述高温储热介质泵解除启动备用泵联锁的指令。

[0629] 如果未运行所述高温储热介质泵已解除启动备用泵联锁,判断已运行所述高温储热介质泵出口隔离阀是否已全关。如果已运行所述高温储热介质泵出口隔离阀未全关,发出全关已运行所述高温储热介质泵出口隔离阀的指令。

[0630] 如果已运行所述高温储热介质泵出口隔离阀已全关,判断第一、第二所述高温储热介质泵是否已停运。如果第一或第二所述高温储热介质泵未停运,发出停运第一、第二所述高温储热介质泵的指令。

[0631] 如果第一、第二所述高温储热介质泵已停运,判断是否1) 第一、第二所述高温储热介质泵进口隔离阀已全关;2) 第一、第二常规氮气密封装置进口隔离阀已全关。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,发出全关第一、第二所述高温储热介质泵进口隔离阀的指令,发出全关第一、第二常规氮气密封装置进口隔离阀的指令。

[0632] 如果上述条件都满足,判断是否已延迟第七预设时间。

[0633] 在一实施例中,上述第七预设时间可取为15分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0634] 如果已延迟第七预设时间,判断是否1) 第一高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀已全关;2) 第二高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀已全关。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,发出全关第一高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀的指令,发出全关第二高温储热介质泵冷却水进、出口隔离阀的指令。

[0635] 如果上述条件都满足,第一并行流程结束。

[0636] (2) 第二并行流程:

[0637] 判断第1~N级空气膨胀机转子转速是否已惰走至0rpm。

[0638] 如果第1~N级空气膨胀机转子转速已惰走至0rpm,判断是否1) 第1~N级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀已全关;2) 第1~N级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀已全关。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,发出全关第1~N级所述空气膨胀机密封风进口隔离阀的指令,发出全关第1~N级所述储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀的指令。

[0639] 如果上述条件都满足,判断第1~N级空气膨胀机转子转速惰走至0rpm是否已延迟第八预设时间,或者齿轮箱减速器两端轴承温度,及第1~N级空气膨胀机两端轴承温度,及第一~#N-1离合器润滑油回油温度是否已小于第一预设温度。

[0640] 在一实施例中,上述第八预设时间可取为20分钟,上述第一预设温度可取为50℃,具体实施时,可视实际情况而定。

[0641] 如果第1~N级空气膨胀机转子转速惰走至0rpm已延迟第八预设时间,或者齿轮箱减速器两端轴承温度,及第1~N级空气膨胀机两端轴承温度,及第一~#N-1离合器润滑油回油温度已小于第一预设温度,判断未运行交流润滑油泵和直流事故油泵是否已解除启动备用泵联锁。如果未运行交流润滑油泵或直流事故油泵未解除启动备用泵联锁,发出未运行交流润滑油泵和直流事故油泵解除启动备用泵联锁的指令。

[0642] 如果未运行交流润滑油泵和直流事故油泵已解除启动备用泵联锁,判断第一、第二交流润滑油泵是否已停运。如果第一或第二交流润滑油泵未停运,发出停运第一、第二交流润滑油泵的命令。

[0643] 如果第一、第二交流润滑油泵已停运,判断是否1)所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀已全关;

[0644] 2)第1~N级所述空气膨胀机隔离风进口隔离阀已全关;3)第一、第二润滑油冷却水进口隔离阀,及第一、第二润滑油冷却水出口隔离阀已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,发出全关所述各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀的命令,发出全关第1~N级所述空气膨胀机隔离风进口隔离阀的命令,发出全关第一、第二润滑油冷却水进口隔离阀的命令,发出全关第一、第二润滑油冷却水出口隔离阀的命令。

[0645] 如果上述条件都满足,第二并行流程结束。

[0646] 第一并行流程、第二并行流程结束后,所述膨胀发电系统全部停运步序结束。

[0647] 本申请实施例的有益效果在于:本申请实施例提供了应用于压缩空气储能电站释能阶段的膨胀发电系统及其相应的运行控制方法,该膨胀发电系统实现了级间再热式空气膨胀发电机组、储热介质子系统、常规润滑油系统、常规厂用冷却水系统、常规制氮系统及常规氮气密封装置的联合运行,并通过离合器实现了当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时也确保了各相关设备的安全稳定运行。并且,本申请实施例提供的膨胀发电系统可以在释能阶段全停状态下实现自动启动以及在运行状态下实现自动停运;并且兼顾人为判断,可以实现膨胀发电系统程序控制逻辑的跳步运行,当程序控制逻辑某一步的运行条件未满足导致步序无法进行时,可以人为地判断条件是否可以忽略并操作跳步动作,继续程序控制逻辑的运行直至启动或停运完毕。

[0648] 为了进一步说明本方案,本申请还提供一种膨胀发电系统的运行控制的具体应用实例,该运行控制方法的执行主体可以是计算机控制系统,也可以是分布式控制系统。该运行控制方法主要包括以下步骤:

[0649] 步骤101,判断是否1)第一级空气压缩机37、第二级空气压缩机38、第三级空气压缩机39和第四级空气压缩机40已停运;2)第一级储气室出口调阀V1、第二级储气室出口调阀V5、第三级储气室出口调阀V9和第四级储气室出口调阀V13,及第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20,及第一级储气室进口隔离阀V56、第二级储气室进口隔离阀V57、第三级储气室进口隔离阀V58和第四级储气室进口隔离阀V59,及第一级储气室出口隔离阀V60、第二级储气室出口隔离阀V61、第三级储气室出口隔离阀V62和第四级储气室出口隔离阀V63,及第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V63和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67已全关;3)第一级储气室压力P1、第二级储气室压力P5、第三级储气室压力P9和第四级储气室压力P13,及第一级储气室储气温度T1、第二级储气室储气温度T5、第三级储气室储气温度T9和第四级储气室储气温度T13已正常;4)润滑油箱液位L1已正常;5)常规制氮系统供气压力P33已正常;6)各级

空气膨胀机隔离风进口隔离总阀V21,及第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25已全开;7) 第一常规氮气密封装置进口隔离阀V26和第二常规氮气密封装置进口隔离阀V27已全开;8) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力P22、第二级空气膨胀机隔离风供气压力P23、第三级空气膨胀机隔离风供气压力P24和第四级空气膨胀机隔离风供气压力P25已正常;9) 高温储热介质罐液位L2和低温储热介质罐液位L3,及高温储热介质罐压力P26和低温储热介质罐压力P29已正常;10) 常规厂用冷却水系统供水压力P30、常规厂用冷却水系统供水温度T32已正常;11) 第一润滑油冷却水进口隔离阀V46和第二润滑油冷却水进口隔离阀V48,及第一润滑油冷却水出口隔离阀V47和第二润滑油冷却水出口隔离阀V49,及第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V50和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V51,及第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V52和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V53已全开。如果上述十一个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤102,发出停运第一级空气压缩机37、第二级空气压缩机38、第三级空气压缩机39和第四级空气压缩机40的指令,发出全关第一级储气室出口调阀V1、第二级储气室出口调阀V5、第三级储气室出口调阀V9和第四级储气室出口调阀V13的指令,发出全关第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20的指令,发出全关第一级储气室进口隔离阀V56、第二级储气室进口隔离阀V57、第三级储气室进口隔离阀V58和第四级储气室进口隔离阀V59的指令,发出全关第一级储气室出口隔离阀V60、第二级储气室出口隔离阀V61、第三级储气室出口隔离阀V62和第四级储气室出口隔离阀V63的指令,发出全关第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V63和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67的指令,发出全开各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀V21的指令,发出全开第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25的指令,发出全开第一常规氮气密封装置进口隔离阀V26和第二常规氮气密封装置进口隔离阀V27的指令,发出全开第一润滑油冷却水进口隔离阀V46和第二润滑油冷却水进口隔离阀V48的指令,发出全开第一润滑油冷却水出口隔离阀V47和第二润滑油冷却水出口隔离阀V49的指令,发出全开第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V50和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V51的指令,发出全开第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V52和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V53的指令,并等待下述各值至正常值,包括:第一级储气室压力P1、第二级储气室压力P5、第三级储气室压力P9和第四级储气室压力P13,及第一级储气室储气温度T1、第二级储气室储气温度T5、第三级储气室储气温度T9和第四级储气室储气温度T13,及润滑油箱液位L1,及常规制氮系统供气压力P33,及第一级空气膨胀机隔离风供气压力P22、第二级空气膨胀机隔离风供气压力P23、第三级空气膨胀机隔离风供气压力P24和第四级空气膨胀机隔离风供气压力P25,及高温储热介质罐液位L2和低温储热介质罐液位L3,及高温储热介质罐压力P26和低温储热介质罐压力P29,及常规厂用冷却水系统供水压力P30、常规厂用冷却水系统供水温度T32。如果上述条件都满足,进行步骤103。

[0650] 进行步骤101和102的目的是满足膨胀发电系统启动控制步序对于系统隔离、储气室、常规润滑油系统、常规制氮系统、高温储热介质罐、低温储热介质罐、常规厂用冷却水系统的需求条件。

[0651] 步骤103,判断是否1) 第一排油烟风机24或第二排油烟风机25已启动;2) 油箱电加热器22已投入润滑油箱温度T33自动控制;3) 润滑油净化装置23已启动。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤104,发出启动第一排油烟风机24或第二排油烟风机25的指令,发出油箱电加热器22投入润滑油箱温度T33自动控制的指令,发出启动润滑油净化装置23的指令。如果上述条件都满足,进行步骤105。

[0652] 步骤105,判断未启动排油烟风机是否已投入启动备用风机联锁。如果未启动排油烟风机未投入启动备用风机联锁,则进行步骤106,发出未启动排油烟风机投入启动备用风机联锁的指令。如果未启动排油烟风机已投入启动备用风机联锁,进行步骤107。

[0653] 进行步骤103~106的目的是为交流润滑油泵的启动做准备。

[0654] 步骤107,判断第一交流润滑油泵19或第二交流润滑油泵20是否已启动。如果第一交流润滑油泵19和第二交流润滑油泵20未启动,则进行步骤108,发出启动第一交流润滑油泵19或第二交流润滑油泵20的指令。如果第一交流润滑油泵19或第二交流润滑油泵20已启动,进行步骤109。

[0655] 步骤109,判断未启动交流润滑油泵和直流事故油泵21是否已投入启动备用泵联锁。如果未启动交流润滑油泵或直流事故油泵21未投入启动备用泵联锁,则进行步骤110,发出未启动交流润滑油泵和直流事故油泵21投入启动备用泵联锁的指令。如果未启动交流润滑油泵和直流事故油泵21已投入启动备用泵联锁,进行步骤111。

[0656] 步骤111,判断是否1) 润滑油压力调节阀V54已投入润滑油供油压力P32自动控制;2) 润滑油温度调节阀V55已投入润滑油供油温度T34自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤112,发出润滑油压力调节阀V54投入润滑油供油压力P32自动控制的指令,发出润滑油温度调节阀V55投入润滑油供油温度T34自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤113。

[0657] 进行步骤107~112的目的是完成交流润滑油泵启动并投入常规润滑油系统相关联锁、自动,以满足级间再热式空气膨胀发电机组对润滑油压力、温度及安全稳定供应的需求。

[0658] 步骤113,判断是否1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀V28和第二高温储热介质泵进口隔离阀V30已开至第一预设开度;2) 第一高温储热介质泵出口隔离阀V29和第二高温储热介质泵出口隔离阀V31已全开;3) 高温储热介质泵再循环隔离阀V32、高温储热介质泵再循环调阀V33已全开;4) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43已全开;5) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44已全开;6) 第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45已全开。如果上述六个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤114,发出第一高温储热介质泵

进口隔离阀V28和第二高温储热介质泵进口隔离阀V30开至第一预设开度的指令,发出全开第一高温储热介质泵出口隔离阀V29和第二高温储热介质泵出口隔离阀V31的指令,发出全开高温储热介质泵再循环隔离阀V32、高温储热介质泵再循环调阀V33的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45的指令。如果上述条件都满足,进行步骤115。

[0659] 在一方法应用实例中,上述第一预设开度可取为5%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0660] 步骤115,判断是否已延迟第一预设时间,或者已收到人工确认储热介质子系统排空、预热完成指令。如果延迟的第一预设时间已到,或者已收到人工确认储热介质子系统排空、预热完成指令,进行步骤116。

[0661] 在一方法应用实例中,上述第一预设时间可取为10分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0662] 步骤116,判断是否1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀V28和第二高温储热介质泵进口隔离阀V30已全开;2) 第一高温储热介质泵出口隔离阀V29和第二高温储热介质泵出口隔离阀V31已全关;3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43,及第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44,及第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤117,发出全开第一高温储热介质泵进口隔离阀V28和第二高温储热介质泵进口隔离阀V30的指令,发出全关第一高温储热介质泵出口隔离阀V29和第二高温储热介质泵出口隔离阀V31的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34、第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37、第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36、第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39、第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45的指令。如果上述条件都满足,进行步骤118。

[0663] 步骤113~117的目的是导通高温储热介质流路为高温储热介质泵的启动做准备,同时对流路进行排空、预热操作,通过排空、预热10分钟或者人工判断排空、预热已完成来

停止排空、预热操作。

[0664] 步骤118,判断第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31是否已启动。如果第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31未启动,则进行步骤119,发出启动第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31的指令。如果第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31已启动,进行步骤120。

[0665] 步骤120,判断已启动高温储热介质泵出口隔离阀是否已全开。如果已启动高温储热介质泵出口隔离阀未全开,则进行步骤121,发出全开已启动高温储热介质泵出口隔离阀的指令。如果已启动高温储热介质泵出口隔离阀已全开,进行步骤122。

[0666] 步骤122,判断未启动高温储热介质泵是否已投入启动备用泵联锁。如果未启动高温储热介质泵未投入启动备用泵联锁,则进行步骤123,发出未启动高温储热介质泵投入启动备用泵联锁的指令。如果未启动高温储热介质泵已投入启动备用泵联锁,进行步骤124。

[0667] 步骤124,判断未启动高温储热介质泵出口隔离阀是否已全开。如果未启动高温储热介质泵出口隔离阀未全开,则进行步骤125,发出全开未启动高温储热介质泵出口隔离阀的指令。如果未启动高温储热介质泵出口隔离阀已全开,进行步骤126。

[0668] 步骤126,判断是否1) 高温储热介质泵再循环调阀V33已投入第一级级间再热器出口储热介质流量F5、第二级级间再热器出口储热介质流量F6、第三级级间再热器出口储热介质流量F7和第四级级间再热器出口储热介质流量F8以及高温储热介质泵再循环流量F9自动控制;2) 已启动高温储热介质泵变频器已投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤127,发出高温储热介质泵再循环调阀V33投入第一级级间再热器出口储热介质流量F5、第二级级间再热器出口储热介质流量F6、第三级级间再热器出口储热介质流量F7和第四级级间再热器出口储热介质流量F8以及高温储热介质泵再循环流量F9自动控制的指令,发出已启动高温储热介质泵变频器投入其出口管道上高温储热介质泵出口压力自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤128。

[0669] 步骤118~127的目的是完成高温储热介质泵启动并投入相关联锁及自动,为后续储热介质子系统安全运行并向级间再热式空气膨胀发电机组输入热能做准备。

[0670] 步骤128~152按照4种运行工况分别进行叙述:

[0671] (1) 第一级运行工况:

[0672] 步骤128,判断是否1) 第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64已全开;2) 第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17已全开;3) 第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20已全关;4) 第一离合器7已置于解锁状态。如果上述四个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤129,发出全开第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17的指令,发出全关第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20的指令,发出解锁第一离合器7的指令。如果上述条件都满足,进行步骤130。

[0673] 步骤130,判断是否1) 第一级空气膨胀机密封风供气压力P17已正常;2) 第一级空气膨胀机密封风供气压力P22已正常;3) 润滑油供油压力P32已正常且润滑油过滤器差压

PD1未报警;4) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度T21和第一级空气膨胀机第二端轴承温度T22已正常;5) 发电机第一端轴承温度T17和发电机第二端轴承温度T18,及齿轮箱减速器第一端轴承温度T19和齿轮箱减速器第二端轴承温度T20已正常;6) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T36和第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T37,及第一离合器润滑油回油温度T38已正常;7) 发电机三相线圈温度T29已正常;8) 发电机第一端轴振V01和发电机第二端轴振V02,及齿轮箱减速器第一端轴振V03和齿轮箱减速器第二端轴振V04,及第一级空气膨胀机第一端轴振V05和第一级空气膨胀机第二端轴振V06已正常;9) 第一级空气膨胀机轴位移Z1和第一离合器轴位移Z2已正常;10) 第一离合器轴不对中量M1已正常。如果上述条件都满足,进行步骤131。

[0674] 步骤131,判断第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3是否已全关。如果第一级空气膨胀机进口切断阀V2或第一级空气膨胀机进口调阀V3未全关,则进行步骤132,发出全关第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3的指令。如果第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3已全关,进行步骤133。

[0675] 步骤133,判断是否1) 第一级储气室出口调阀V1已投入第一级级间再热器出口空气压力P2(压力设定值自动跟随系统负荷变化)自动控制;2) 第一级空气膨胀机旁路调阀V4已开至第二预设开度;3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36已全开;4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35已投入第一级级间再热器出口空气温度T2自动控制。如果上述四个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤134:发出第一级储气室出口调阀V1投入第一级级间再热器出口空气压力P2自动控制的指令,发出第一级空气膨胀机旁路调阀V4开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35投入第一级级间再热器出口空气温度T2自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤135。

[0676] 在一方法应用实例中,上述第二预设开度可取为50%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0677] 步骤135,判断是否1) 第一级储气室出口隔离阀V60已全开;2) 第一级空气膨胀机进口切断阀V2已全开;3) 第一级级间再热器出口空气压力P2、第一级级间再热器出口空气温度T2已满足第一级空气膨胀机1启动进气要求。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤136:发出全开第一级储气室出口隔离阀V60的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀V2的指令,并等待第一级级间再热器出口空气压力P2、第一级级间再热器出口空气温度T2满足第一级空气膨胀机1启动进气要求。如果上述条件都满足,进行步骤137。

[0678] 步骤137,判断第一级空气膨胀机旁路调阀V4是否已全关。如果第一级空气膨胀机旁路调阀V4未全关,则进行步骤138,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀V4的指令。如果第一级空气膨胀机旁路调阀V4已全关,进行步骤139。

[0679] 进行步骤128~138的目的是满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件。

[0680] 步骤139,判断是否1) 第一级空气膨胀机进口调阀V3已投入第一级空气膨胀机转子转速S2自动控制;2) 第一级空气膨胀机转子转速S2已按照第一预设加速率升至第一预设

转速;3) 第一离合器7已处于脱开状态。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤140,发出第一级空气膨胀机进口调阀V3投入第一级空气膨胀机转子转速S2自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速S2按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器7处于脱开状态。如果上述条件都满足,进行步骤141。

[0681] 在一方法应用实例中,上述第一预设加速率可取为33000rpm/min,上述第一预设转速可取为2000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0682] 步骤139~140的目的是使机组在启动初期快速升速以满足机械安全需求。

[0683] 步骤141,判断第一级空气膨胀机转子转速S2是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2已按照第二预设加速率升至第二预设转速,进行步骤142。

[0684] 在一方法应用实例中,上述第二预设加速率可取为12000rpm/min,上述第二预设转速可取为20000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0685] 步骤142,判断是否1) 已延迟第二预设时间;2) 机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤143。

[0686] 在一方法应用实例中,上述第二预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0687] 步骤141~142的目的是使机组转速升至暖机值并完成暖机过程。

[0688] 步骤143,判断第一级空气膨胀机转子转速S2是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2已按照第三预设加速率升至第三预设转速,进行步骤144。

[0689] 在一方法应用实例中,上述第三预设加速率可取为33000rpm/min,上述第三预设转速可取为30000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0690] 步骤144,判断是否1) 已延迟第三预设时间;2) 机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤145。

[0691] 在一方法应用实例中,上述第三预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0692] 步骤143~144的目的是使机组转速迅速跨过临界区。

[0693] 步骤145,判断第一级空气膨胀机转子转速S2是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2已按照第四预设加速率升至第四预设转速,进行步骤146。

[0694] 在一方法应用实例中,上述第四预设加速率可取为6000rpm/min,上述第四预设转速可取为35000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0695] 步骤146,判断是否1) 已延迟第四预设时间;2) 机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤147。

[0696] 在一方法应用实例中,上述第四预设时间可取为15分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0697] 步骤145~146的目的是使机组转速升至额定值从而完成机组升速过程。

[0698] 步骤147,判断是否1) 发电机6已并网;2) 第一级空气膨胀机进口调阀V3已投入机组负荷自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步

骤148,发出发电机6并网的指令,发出第一级空气膨胀机进口调阀V3投入机组负荷自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤149。

[0699] 步骤149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例。如果机组负荷已升至第一预设负荷比例,进行步骤150。

[0700] 在一方法应用实例中,上述第一预设负荷比例可取为15%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0701] 步骤150,判断是否1)已延迟第五预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤151。

[0702] 在一方法应用实例中,上述第五预设时间可取为30分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0703] 步骤151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例。如果机组负荷已升至第二预设负荷比例,进行步骤152。

[0704] 在一方法应用实例中,上述第二预设负荷比例可取为100%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0705] 步骤152,判断是否1)已延迟第六预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,则膨胀发电系统全部启动步序结束。

[0706] 在一方法应用实例中,上述第六预设时间可取为60分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0707] 步骤147~152的目的是使机组并网、带初始负荷暖机后继续升至额定负荷,从而结束膨胀发电系统全部启动步序。

[0708] (2)第二级运行工况:

[0709] 步骤128,判断是否1)第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65已全开;2)第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17和第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18已全开;3)第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20已全关;4)第一离合器7已置于锁定状态;5)第二离合器8已置于解锁状态。如果上述五个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤129,发出全开第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17和第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18的指令,发出全关第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20的指令,发出锁定第一离合器7的指令,发出解锁第二离合器8的指令。如果上述条件都满足,进行步骤130。

[0710] 步骤130,判断是否1)第一级空气膨胀机密封风供气压力P17和第二级空气膨胀机密封风供气压力P18已正常;2)第一级空气膨胀机隔离风供气压力P22和第二级空气膨胀机隔离风供气压力P23已正常;3)润滑油供油压力P32已正常且润滑油过滤器差压PD1未报警;4)发电机第一端轴承温度T17和发电机第二端轴承温度T18,及齿轮箱减速器第一端轴承温度T19和齿轮箱减速器第二端轴承温度T20已正常;5)第一级空气膨胀机第一端轴承温度T21和第一级空气膨胀机第二端轴承温度T22,及第二级空气膨胀机第一端轴承温度T23和第二级空气膨胀机第二端轴承温度T24已正常;6)发电机三相线圈温度T29已正常;7)第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T36和第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T37,及第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T39和第二级空气膨胀机第二端

轴承润滑油回油温度T40,及第一离合器润滑油回油温度T38,及第二离合器润滑油回油温度T41已正常;8)发电机一端轴振V01和发电机另一端轴振V02,及齿轮箱减速器一端轴振V03和齿轮箱减速器另一端轴振V04,及第一级空气膨胀机一端轴振V05和第一级空气膨胀机另一端轴振V06,及第二级空气膨胀机一端轴振V07和第二级空气膨胀机另一端轴振V08已正常;9)第一级空气膨胀机轴位移Z1和第二级空气膨胀机轴位移Z3,及第一离合器轴位移Z2、第二离合器轴位移Z4已正常;10)第一离合器轴不对中量M1和第二离合器轴不对中量M2已正常。如果上述条件都满足,进行步骤131。

[0711] 步骤131,判断是否1)第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3已全开;2)第二级空气膨胀机进口切断阀V6、第二级空气膨胀机进口调阀V7已全关;3)第一级空气膨胀机旁路调阀V4已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第一级空气膨胀机进口调阀V3的指令,发出全关第二级空气膨胀机进口切断阀V6、第二级空气膨胀机进口调阀V7的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀V4的指令。如果上述条件都满足,进行步骤133。

[0712] 步骤133,判断是否1)第二级储气室出口调阀V5已投入第二级级间再热器出口空气压力P6(压力设定值自动跟随机组负荷变化)自动控制;2)第二级空气膨胀机旁路调阀V8已开至第二预设开度;3)第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36,及第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39已全开;4)第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35和第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38已分别投入第一级级间再热器出口空气温度T2和第二级级间再热器出口空气温度T6自动控制。如果上述四个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤134,发出第二级储气室出口调阀V5投入第二级级间再热器出口空气压力P6自动控制的指令,发出第二级空气膨胀机旁路调阀V8开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35和第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38分别投入第一级级间再热器出口空气温度T2和第二级级间再热器出口空气温度T6自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤135。

[0713] 在一方法应用实例中,上述第二预设开度可取为50%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0714] 步骤135,判断是否1)第二级储气室出口隔离阀V61已全开;2)第二级空气膨胀机进口切断阀V6已全开;3)第二级级间再热器出口空气压力P6、第二级级间再热器出口空气温度T6已满足第二级空气膨胀机2启动进气要求。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤136,发出全开第二级储气室出口隔离阀V61的指令,发出全开第二级空气膨胀机进口切断阀V6的指令,并等待第二级级间再热器出口空气压力P6、第二级级间再热器出口空气温度T6满足第二级空气膨胀机2启动进气要求。如果上述条件都满足,进行步骤137。

[0715] 步骤137,判断第二级空气膨胀机旁路调阀V8是否已全关。如果第二级空气膨胀机

旁路调阀V8未全关,则进行步骤138,发出全关第二级空气膨胀机旁路调阀V8的指令。如果第二级空气膨胀机旁路调阀V8已全关,进行步骤139。

[0716] 进行步骤128~138的目的是满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件。

[0717] 步骤139,判断是否1) 第二级空气膨胀机进口调阀V7已投入第二级空气膨胀机转子转速S3自动控制;2) 第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3已按照第一预设加速率升至第一预设转速;3) 第一离合器7已处于啮合状态,第二离合器8已处于脱开状态。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤140,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀V3的指令,发出第二级空气膨胀机进口调阀V7投入第二级空气膨胀机转子转速S3自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器7处于啮合状态,及第二离合器8处于脱开状态。如果上述条件都满足,进行步骤141。

[0718] 在一方法应用实例中,上述第一预设加速率可取为33000rpm/min,上述第一预设转速可取为2000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0719] 步骤139~140的目的是使机组快速启动满足安全需求。

[0720] 步骤141,判断第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3已按照第二预设加速率升至第二预设转速,进行步骤142。

[0721] 在一方法应用实例中,上述第二预设加速率可取为12000rpm/min,上述第二预设转速可取为2000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0722] 步骤142,判断是否1) 已延迟第二预设时间;2) 机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤143。

[0723] 在一方法应用实例中,上述第二预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0724] 步骤141~142的目的是使机组转速升至暖机值并完成暖机过程。

[0725] 步骤143,判断第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3已按照第三预设加速率升至第三预设转速,进行步骤144。

[0726] 在一方法应用实例中,上述第三预设加速率可取为33000rpm/min,上述第三预设转速可取为3000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0727] 步骤144,判断是否1) 已延迟第三预设时间;2) 机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤145。

[0728] 在一方法应用实例中,上述第三预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0729] 步骤143~144的目的是使机组转速迅速跨过临界区。

[0730] 步骤145,判断第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2和第二级空气膨胀机转子转速S3已按照第四预设加速率升至第四预设转速,进行步骤146。

[0731] 在一方法应用实例中,上述第四预设加速率可取为6000rpm/min,上述第四预设转速可取为3500rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0732] 步骤146,判断是否1)已延迟第四预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤147。

[0733] 在一方法应用实例中,上述第四预设时间可取为15分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0734] 步骤145~146的目的是使机组转速升至额定值从而完成机组升速过程。

[0735] 步骤147,判断是否1)发电机6已并网;2)第二级空气膨胀机进口调阀V7已投入机组负荷自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤148,发出发电机6并网的指令,发出第二级空气膨胀机进口调阀V7投入机组负荷自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤149。

[0736] 步骤149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例。如果机组负荷已升至第一预设负荷比例,进行步骤150。

[0737] 在一方法应用实例中,上述第一预设负荷比例可取为15%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0738] 步骤150,判断是否1)已延迟第五预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤151。

[0739] 在一方法应用实例中,上述第五预设时间可取为30分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0740] 步骤151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例。如果机组负荷已升至第二预设负荷比例,进行步骤152。

[0741] 在一方法应用实例中,上述第二预设负荷比例可取为100%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0742] 步骤152,判断是否1)已延迟第六预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,则膨胀发电系统全部启动步序结束。

[0743] 在一方法应用实例中,上述第六预设时间可取为60分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0744] 步骤147~152的目的是使机组并网、带初始负荷暖机后继续升至额定负荷,从而结束膨胀发电系统全部启动步序。

[0745] (3)第三级运行工况:

[0746] 步骤128,判断是否1)第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V66已全开;2)第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18和第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19已全开;3)第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20已全关;4)第一离合器7和第二离合器8已置于锁定状态;5)第三离合器9已置于解锁状态。如果上述五个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤129,发出全开第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V66的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18和第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19的指令,发出全关第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20的指令,发出锁定第一离合器7和第二离合器8的指令,发出解锁第三离合器9的指令。如果上述条件都满足,进行步骤130。

[0747] 步骤130,判断是否1)第一级空气膨胀机密封风供气压力P17、第二级空气膨胀机

密封风供气压力P18和第三级空气膨胀机密封风供气压力P19已正常;2) 第一级空气膨胀机隔离风供气压力P22、第二级空气膨胀机隔离风供气压力P23和第三级空气膨胀机隔离风供气压力P24已正常;3) 润滑油供油压力P32已正常且润滑油过滤器差压PD1未报警;4) 发电机第一端轴承温度T17和发电机第二端轴承温度T18,及齿轮箱减速器第一端轴承温度T19和齿轮箱减速器第二端轴承温度T20已正常;5) 第一级空气膨胀机第一端轴承温度T21和第一级空气膨胀机第二端轴承温度T22,及第二级空气膨胀机第一端轴承温度T23和第二级空气膨胀机第二端轴承温度T24,及第三级空气膨胀机第一端轴承温度T25和第三级空气膨胀机第二端轴承温度T26已正常;6) 发电机三相线圈温度T29已正常;7) 第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T36和第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T37,及第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T39和第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T40,及第三级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T42和第三级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T43,及第一离合器润滑油回油温度T38,及第二离合器润滑油回油温度T41,及第三离合器润滑油回油温度T44已正常;8) 发电机第一端轴振V01和发电机第二端轴振V02,及齿轮箱减速器第一端轴振V03和齿轮箱减速器第二端轴振V04,及第一级空气膨胀机第一端轴振V05和第一级空气膨胀机第二端轴振V06,及第二级空气膨胀机第一端轴振V07和第二级空气膨胀机第二端轴振V08,及第三级空气膨胀机第一端轴振V09和第三级空气膨胀机第二端轴振V010已正常;9) 第一级空气膨胀机轴位移Z1、第二级空气膨胀机轴位移Z3和第三级空气膨胀机轴位移Z5,及第一离合器轴位移Z2、第二离合器轴位移Z4和第三离合器轴位移Z6已正常;10) 第一离合器轴不对中量M1、第二离合器轴不对中量M2和第三离合器轴不对中量M3已正常。如果上述条件都满足,进行步骤131。

[0748] 步骤131,判断是否1) 第一级空气膨胀机进口切断阀V2和第二级空气膨胀机进口切断阀V6,及第一级空气膨胀机进口调阀V3和第二级空气膨胀机进口调阀V7已全开;2) 第三级空气膨胀机进口切断阀V10、第三级空气膨胀机进口调阀V11已全关;3) 第一级空气膨胀机旁路调阀V4和第二级空气膨胀机旁路调阀V8已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀V2和第二级空气膨胀机进口切断阀V6的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀V3和第二级空气膨胀机进口调阀V7的指令,发出全关第三级空气膨胀机进口切断阀V10、第三级空气膨胀机进口调阀V11的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀V4和第二级空气膨胀机旁路调阀V8的指令。如果上述条件都满足,进行步骤133。

[0749] 步骤133,判断是否1) 第三级储气室出口调阀V9已投入第三级级间再热器出口空气压力P10(压力设定值自动跟随机组负荷变化)自动控制;2) 第三级空气膨胀机旁路调阀V12已开至第二预设开度;3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36,及第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39,及第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42已全开;4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38和第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41已分别投入第一级级间再热器出口空气温度T2、第二级级间再热器出口空气温度T6和第三级级间再热器出口空气温度T10自动控制。如果上述四个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤134,发出第三级储气室出口调阀V9投入第三

级级间再热器出口空气压力P10自动控制的指令,发出第三级空气膨胀机旁路调阀V12开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39的指令,发出全开第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38和第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41分别投入第一级级间再热器出口空气温度T2、第二级级间再热器出口空气温度T6和第三级级间再热器出口空气温度T10自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤135。

[0750] 在一方法应用实例中,上述第二预设开度可取为50%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0751] 步骤135,判断是否1) 第三级储气室出口隔离阀V62已全开;2) 第三级空气膨胀机进口切断阀V10已全开;3) 第三级级间再热器出口空气压力P10、第三级级间再热器出口空气温度T10已满足第三级空气膨胀机3启动进气要求。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤136,发出全开第三级储气室出口隔离阀V62的指令,发出全开第三级空气膨胀机进口切断阀V10的指令,并等待第三级级间再热器出口空气压力P10、第三级级间再热器出口空气温度T10满足第三级空气膨胀机3启动进气要求。如果上述条件都满足,进行步骤137。

[0752] 步骤137,判断第三级空气膨胀机旁路调阀V12是否已全关。如果第三级空气膨胀机旁路调阀V12未全关,则进行步骤138,发出全关第三级空气膨胀机旁路调阀V12的指令。如果第三级空气膨胀机旁路调阀V12已全关,进行步骤139。

[0753] 进行步骤128~138的目的是满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件。

[0754] 步骤139,判断是否1) 第三级空气膨胀机进口调阀V11已投入第三级空气膨胀机转子转速S4自动控制;2) 第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4已按照第一预设加速率升至第一预设转速;3) 第一离合器7和第二离合器8已处于啮合状态,第三离合器9已处于脱开状态。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤140,发出第三级空气膨胀机进口调阀V11投入第三级空气膨胀机转子转速S4自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器7和第二离合器8处于啮合状态,及第三离合器9处于脱开状态。如果上述条件都满足,进行步骤141。

[0755] 在一方法应用实例中,上述第一预设加速率可取为33000rpm/min,上述第一预设转速可取为2000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0756] 步骤139~140的目的是使机组快速启动满足安全需求。

[0757] 步骤141,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4已按照第二预设加速率升至第二预设转速,进行步骤142。

[0758] 在一方法应用实例中,上述第二预设加速率可取为12000rpm/min,上述第二预设

转速可取为20000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0759] 步骤142,判断是否1)已延迟第二预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤143。

[0760] 在一方法应用实例中,上述第二预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0761] 步骤141~142的目的是使机组转速升至暖机值并完成暖机过程。

[0762] 步骤143,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4已按照第三预设加速率升至第三预设转速,进行步骤144。

[0763] 在一方法应用实例中,上述第三预设加速率可取为33000rpm/min,上述第三预设转速可取为30000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0764] 步骤144,判断是否1)已延迟第三预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤145。

[0765] 在一方法应用实例中,上述第三预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0766] 步骤143~144的目的是使机组转速迅速跨过临界区。

[0767] 步骤145,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3和第三级空气膨胀机转子转速S4已按照第四预设加速率升至第四预设转速,进行步骤146。

[0768] 在一方法应用实例中,上述第四预设加速率可取为6000rpm/min,上述第四预设转速可取为35000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0769] 步骤146,判断是否1)已延迟第四预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤147。

[0770] 在一方法应用实例中,上述第四预设时间可取为15分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0771] 步骤145~146的目的是使机组转速升至额定值从而完成机组升速过程。

[0772] 步骤147,判断是否1)发电机6已并网;2)第三级空气膨胀机进口调阀V11已投入机组负荷自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤148,发出发电机6并网的指令,发出第三级空气膨胀机进口调阀V11投入机组负荷自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤149。

[0773] 步骤149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例。如果机组负荷已升至第一预设负荷比例,进行步骤150。

[0774] 在一方法应用实例中,上述第一预设负荷比例可取为15%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0775] 步骤150,判断是否1)已延迟第五预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤151。

[0776] 在一方法应用实例中,上述第五预设时间可取为30分钟,具体实施时,可视实际情

况而定。

[0777] 步骤151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例。如果机组负荷已升至第二预设负荷比例,进行步骤152。

[0778] 在一方法应用实例中,上述第二预设负荷比例可取为100%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0779] 步骤152,判断是否1)已延迟第六预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,则膨胀发电系统全部启动步序结束。

[0780] 在一方法应用实例中,上述第六预设时间可取为60分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0781] 步骤147~152的目的是使机组并网、带初始负荷暖机后继续升至额定负荷,从而结束膨胀发电系统全部启动步序。

[0782] (4)第四级运行工况:

[0783] 步骤128,判断是否1)第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67已全开;2)第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20已全开;3)第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9已置于锁定状态。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤129,发出全开第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67的指令,发出全开第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20的指令,发出锁定第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9的指令。如果上述条件都满足,进行步骤130。

[0784] 步骤130,判断是否1)第一级空气膨胀机密封风供气压力P17、第二级空气膨胀机密封风供气压力P18、第三级空气膨胀机密封风供气压力P19和第四级空气膨胀机密封风供气压力P20已正常;2)第一级空气膨胀机隔离风供气压力P22、第二级空气膨胀机隔离风供气压力P23、第三级空气膨胀机隔离风供气压力P24和第四级空气膨胀机隔离风供气压力P25已正常;3)润滑油供油压力P32已正常且润滑油过滤器差压PD1未报警;4)发电机第一端轴承温度T17和发电机第二端轴承温度T18,及齿轮箱减速器第一端轴承温度T19和齿轮箱减速器第二端轴承温度T20已正常;5)第一级空气膨胀机第一端轴承温度T21和第一级空气膨胀机第二端轴承温度T22,及第二级空气膨胀机第一端轴承温度T23和第二级空气膨胀机第二端轴承温度T24,及第三级空气膨胀机第一端轴承温度T25和第三级空气膨胀机第二端轴承温度T26,及第四级空气膨胀机第一端轴承温度T27和第四级空气膨胀机第二端轴承温度T28已正常;6)发电机三相线圈温度T29已正常;7)第一级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T36和第一级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T37,及第二级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T39和第二级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T40,及第三级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T42和第三级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T43,及第四级空气膨胀机第一端轴承润滑油回油温度T45和第四级空气膨胀机第二端轴承润滑油回油温度T46,及第一离合器润滑油回油温度T38,及第二离合器润滑油回油温度T41,及第三离合器润滑油回油温度T44已正常;8)发电机第一端轴振V01和发电机第二端轴振V02,及齿轮箱减速器第一端轴振V03和齿轮箱减速器第二端轴振V04,及第一级空气膨

胀机第一端轴振V05和第一级空气膨胀机第二端轴振V06,及第二级空气膨胀机第一端轴振V07和第三级空气膨胀机第二端轴振V08,及第三级空气膨胀机第一端轴振V09和第三级空气膨胀机第二端轴振V010,及第四级空气膨胀机第一端轴振V011和第四级空气膨胀机第二端轴振V012已正常;9) 第一级空气膨胀机轴位移Z1、第二级空气膨胀机轴位移Z3、第三级空气膨胀机轴位移Z5和第四级空气膨胀机轴位移Z7,及第一离合器轴位移Z2、第二离合器轴位移Z4和第三离合器轴位移Z6已正常;10) 第一离合器轴不对中量M1、第二离合器轴不对中量M2和第三离合器轴不对中量M3已正常。如果上述条件都满足,进行步骤131。

[0785] 步骤131,判断是否1) 第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第二级空气膨胀机进口切断阀V6和第三级空气膨胀机进口切断阀V10,及第一级空气膨胀机进口调阀V3、第二级空气膨胀机进口调阀V7和第三级空气膨胀机进口调阀V11已全开;2) 第四级空气膨胀机进口切断阀V14、第四级空气膨胀机进口调阀V15已全关;3) 第一级空气膨胀机旁路调阀V4、第二级空气膨胀机旁路调阀V8和第三级空气膨胀机旁路调阀V12已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤132,发出全开第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第二级空气膨胀机进口切断阀V6和第三级空气膨胀机进口切断阀V10的指令,发出全开第一级空气膨胀机进口调阀V3、第二级空气膨胀机进口调阀V7和第三级空气膨胀机进口调阀V11的指令,发出全关第四级空气膨胀机进口切断阀V14、第四级空气膨胀机进口调阀V15的指令,发出全关第一级空气膨胀机旁路调阀V4、第二级空气膨胀机旁路调阀V8和第三级空气膨胀机旁路调阀V12的指令。如果上述条件都满足,进行步骤133。

[0786] 步骤133,判断是否1) 第四级储气室出口调阀V13已投入第四级级间再热器出口空气压力P14(压力设定值自动跟随机组负荷变化)自动控制;2) 第四级空气膨胀机旁路调阀V16已开至第二预设开度;3) 第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36,及第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39,及第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42,及第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45已全开;4) 第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44已分别投入第一级级间再热器出口空气温度T2、第二级级间再热器出口空气温度T6、第三级级间再热器出口空气温度T10和第四级级间再热器出口空气温度T14自动控制。如果上述四个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤134,发出第四级储气室出口调阀V13投入第四级级间再热器出口空气压力P14自动控制的指令,发出第四级空气膨胀机旁路调阀V16开至第二预设开度的指令,发出全开第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36的指令,发出全开第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39的指令,发出全开第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42的指令,发出全开第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45的指令,发出第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44分别投入第一级级间再热器出口空气温度T2、第二级级间再热器出

口空气温度T6、第三级级间再热器出口空气温度T10和第四级级间再热器出口空气温度T14自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤135。

[0787] 在一方法应用实例中,上述第二预设开度可取为50%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0788] 步骤135,判断是否1) 第四级储气室出口隔离阀V63已全开;2) 第四级空气膨胀机进口切断阀V14已全开;3) 第四级级间再热器出口空气压力P14、第四级级间再热器出口空气温度T14已满足第四级空气膨胀机4启动进气要求。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤136,发出全开第四级储气室出口隔离阀V63的指令,发出全开第四级空气膨胀机进口切断阀V14的指令,并等待第四级级间再热器出口空气压力P14、第四级级间再热器出口空气温度T14满足第四级空气膨胀机4启动进气要求。如果上述条件都满足,进行步骤137。

[0789] 步骤137,判断第四级空气膨胀机旁路调阀V16是否已全关。如果第四级空气膨胀机旁路调阀V16未全关,则进行步骤138,发出全关第四级空气膨胀机旁路调阀V16的指令。如果第四级空气膨胀机旁路调阀V16已全关,进行步骤139。

[0790] 进行步骤128~138的目的是满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件。

[0791] 步骤139,判断是否1) 第四级空气膨胀机进口调阀V15已投入第四级空气膨胀机转子转速S5自动控制;2) 第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5已按照第一预设加速率升至第一预设转速;3) 第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9已处于啮合状态。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤140,发出第四级空气膨胀机进口调阀V15投入第四级空气膨胀机转子转速S5自动控制的指令,并等待第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5按照第一预设加速率升至第一预设转速,及第一离合器7、第二离合器8和第三离合器9处于啮合状态。如果上述条件都满足,进行步骤141。

[0792] 在一方法应用实例中,上述第一预设加速率可取为33000rpm/min,上述第一预设转速可取为2000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0793] 步骤139~140的目的是使机组快速启动满足安全需求。

[0794] 步骤141,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5是否已按照第二预设加速率升至第二预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5已按照第二预设加速率升至第二预设转速,进行步骤142。

[0795] 在一方法应用实例中,上述第二预设加速率可取为12000rpm/min,上述第二预设转速可取为20000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0796] 步骤142,判断是否1) 已延迟第二预设时间;2) 机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤143。

[0797] 在一方法应用实例中,上述第二预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0798] 步骤141~142的目的是使机组转速升至暖机值并完成暖机过程。

[0799] 步骤143,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5是否已按照第三预设加速率升至第三预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5已按照第三预设加速率升至第三预设转速,进行步骤144。

[0800] 在一方法应用实例中,上述第三预设加速率可取为33000rpm/min,上述第三预设转速可取为30000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0801] 步骤144,判断是否1)已延迟第三预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤145。

[0802] 在一方法应用实例中,上述第三预设时间可取为6分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0803] 步骤143~144的目的是使机组转速迅速跨过临界区。

[0804] 步骤145,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5是否已按照第四预设加速率升至第四预设转速。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5已按照第四预设加速率升至第四预设转速,进行步骤146。

[0805] 在一方法应用实例中,上述第四预设加速率可取为6000rpm/min,上述第四预设转速可取为35000rpm,具体实施时,可视实际情况而定。

[0806] 步骤146,判断是否1)已延迟第四预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤147。

[0807] 在一方法应用实例中,上述第四预设时间可取为15分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0808] 步骤145~146的目的是使机组转速升至额定值从而完成机组升速过程。

[0809] 步骤147,判断是否1)发电机6已并网;2)第四级空气膨胀机进口调阀V15已投入机组负荷自动控制。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤148,发出发电机6并网的指令,发出第四级空气膨胀机进口调阀V15投入机组负荷自动控制的指令。如果上述条件都满足,进行步骤149。

[0810] 步骤149,判断机组负荷是否已升至第一预设负荷比例。如果机组负荷已升至第一预设负荷比例,进行步骤150。

[0811] 在一方法应用实例中,上述第一预设负荷比例可取为15%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0812] 步骤150,判断是否1)已延迟第五预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,进行步骤151。

[0813] 在一方法应用实例中,上述第五预设时间可取为30分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0814] 步骤151,判断机组负荷是否已升至第二预设负荷比例。如果机组负荷已升至第二预设负荷比例,进行步骤152。

[0815] 在一方法应用实例中,上述第二预设负荷比例可取为100%,具体实施时,可视实

际情况而定。

[0816] 步骤152,判断是否1)已延迟第六预设时间;2)机组所有相关运行参数已正常。如果上述条件都满足,则膨胀发电系统全部启动步序结束。

[0817] 在一方法应用实例中,上述第六预设时间可取为60分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0818] 步骤147~152的目的是使机组并网、带初始负荷暖机后继续升至额定负荷,从而结束膨胀发电系统全部启动步序。

[0819] 本申请方法应用实例还提供了一种膨胀发电系统的运行控制方法,该运行控制方法的执行主体可以是计算机控制系统,也可以是分布式控制系统,该运行控制方法主要包括以下步骤:

[0820] 步骤201,判断级间再热式空气膨胀发电机组负荷是否已降至第三预设负荷比例。如果机组负荷已降至第三预设负荷比例,进行步骤202。

[0821] 在一方法应用实例中,上述第三预设负荷比例可取为3%,具体实施时,可视实际情况而定。

[0822] 步骤202,判断是否1)第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第二级空气膨胀机进口切断阀V6、第三级空气膨胀机进口切断阀V10和第四级空气膨胀机进口切断阀V14已全关;2)第一级空气膨胀机进口调阀V3、第二级空气膨胀机进口调阀V7、第三级空气膨胀机进口调阀V11和第四级空气膨胀机进口调阀V15已全关;3)第一级储气室出口隔离阀V60、第二级储气室出口隔离阀V61、第三级储气室出口隔离阀V62和第四级储气室出口隔离阀V63已全关;4)第一级储气室出口调阀V1、第二级储气室出口调阀V5、第三级储气室出口调阀V9和第四级储气室出口调阀V13已全关;5)第一级空气膨胀机旁路调阀V4、第二级空气膨胀机旁路调阀V8、第三级空气膨胀机旁路调阀V12和第四级空气膨胀机旁路调阀V16已全开;6)第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36,及第二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和第二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39,及第三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和第三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42,及第四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43和第四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45已全关;7)第一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、第二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、第三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和第四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44已全关;8)发电机逆功率保护已触发。如果上述八个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤203,发出全关第一级空气膨胀机进口切断阀V2、第二级空气膨胀机进口切断阀V6、第三级空气膨胀机进口切断阀V10和第四级空气膨胀机进口切断阀V14的指令,发出全关第一级空气膨胀机进口调阀V3、第二级空气膨胀机进口调阀V7、第三级空气膨胀机进口调阀V11和第四级空气膨胀机进口调阀V15的指令,发出全关第一级储气室出口隔离阀V60、第二级储气室出口隔离阀V61、第三级储气室出口隔离阀V62和第四级储气室出口隔离阀V63的指令,发出全关第一级储气室出口调阀V1、第二级储气室出口调阀V5、第三级储气室出口调阀V9和第四级储气室出口调阀V13的指令,发出全开第一级空气膨胀机旁路调阀V4、第二级空气膨胀机旁路调阀V8、第三级空气膨胀机旁路调阀V12和第四级空气膨胀机旁路调阀V16的指令,发出全关第一级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V34和第一级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V36的指令,发出全关第

二级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V37和二级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V39的指令,发出全关三级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V40和三级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V42的指令,发出全关四级级间再热器储热介质侧进口隔离阀V43和四级级间再热器储热介质侧出口隔离阀V45的指令,发出全关一级级间再热器储热介质侧进口调阀V35、二级级间再热器储热介质侧进口调阀V38、三级级间再热器储热介质侧进口调阀V41和四级级间再热器储热介质侧进口调阀V44的指令,并等待发电机逆功率保护触发。如果上述条件都满足,进行步骤204。

[0823] 步骤201~204的目的是先使机组程序降负荷至一极低值,然后全关各级空气膨胀机进口切断阀和进口调阀并触发发电机逆功率保护,最终停运级间再热式空气膨胀发电机组。

[0824] (1) 第一并行流程:

[0825] 步骤204,判断已运行高温储热介质泵变频器频率是否已降至第一预设频率。如果已运行高温储热介质泵变频器频率未降至第一预设频率,则进行步骤205,发出已运行高温储热介质泵变频器频率降至第一预设频率的指令。如果已运行高温储热介质泵变频器频率已降至第一预设频率,进行步骤206。

[0826] 在一方法应用实例中,上述第一预设频率可取为15Hz,具体实施时,可视实际情况而定。先将已运行高温储热介质泵变频器工作频率降至15Hz(含)以下再停运,可降低泵停运时对管道的冲击。

[0827] 步骤206,判断未运行高温储热介质泵是否已解除启动备用泵联锁。如果未运行高温储热介质泵未解除启动备用泵联锁,则进行步骤207,发出未运行高温储热介质泵解除启动备用泵联锁的指令。如果未运行高温储热介质泵已解除启动备用泵联锁,进行步骤208。

[0828] 步骤208,判断已运行高温储热介质泵出口隔离阀是否已全关。如果已运行高温储热介质泵出口隔离阀未全关,则进行步骤209,发出全关已运行高温储热介质泵出口隔离阀的指令。如果已运行高温储热介质泵出口隔离阀已全关,进行步骤210。

[0829] 步骤210,判断第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31是否已停运。如果第一高温储热介质泵30或第二高温储热介质泵31未停运,则进行步骤211,发出停运第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31的指令。如果第一高温储热介质泵30和第二高温储热介质泵31已停运,进行步骤212。

[0830] 步骤212,判断是否1) 第一高温储热介质泵进口隔离阀V28和第二高温储热介质泵进口隔离阀V30已全关;2) 第一常规氮气密封装置进口隔离阀V26和第二常规氮气密封装置进口隔离阀V27已全关。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤213,发出全关第一高温储热介质泵进口隔离阀V28和第二高温储热介质泵进口隔离阀V30的指令,发出全关第一常规氮气密封装置进口隔离阀V26和第二常规氮气密封装置进口隔离阀V27的指令。如果上述条件都满足,进行步骤214。

[0831] 步骤214,判断是否已延迟第七预设时间。如果已延迟第七预设时间,进行步骤215。

[0832] 在一方法应用实例中,上述第七预设时间可取为15分钟,具体实施时,可视实际情况而定。

[0833] 步骤215,判断是否1) 第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V50和第一高温储热

介质泵冷却水出口隔离阀V51已全关;2)第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V52和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V53已全关。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤216,发出全关第一高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V50和第一高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V51的指令,发出全关第二高温储热介质泵冷却水进口隔离阀V52和第二高温储热介质泵冷却水出口隔离阀V53的指令。如果上述条件都满足,第一并行流程结束。

[0834] 步骤204~216的目的是停运储热介质子系统。

[0835] (2)第二并行流程:

[0836] 步骤204,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5是否已惰走至0rpm。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5已惰走至0rpm,进行步骤205。

[0837] 步骤205,判断是否1)第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20已全关;2)第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V63和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67已全关。如果上述两个条件中有任意一个不满足,或者两个条件不满足,则进行步骤206,发出全关第一级空气膨胀机密封风进口隔离阀V17、第二级空气膨胀机密封风进口隔离阀V18、第三级空气膨胀机密封风进口隔离阀V19和第四级空气膨胀机密封风进口隔离阀V20的指令,发出全关第一级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V64、第二级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V65、第三级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V63和第四级储气室供空气膨胀机密封风出口隔离阀V67的指令。如果上述条件都满足,进行步骤207。

[0838] 步骤207,判断第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5惰走至0rpm是否已延迟第八预设时间,或者齿轮箱减速器第一端轴承温度T19和齿轮箱减速器第二端轴承温度T20,及第一级空气膨胀机第一端轴承温度T21和第一级空气膨胀机第二端轴承温度T22,及第二级空气膨胀机第一端轴承温度T23和第二级空气膨胀机第二端轴承温度T24,及第三级空气膨胀机第一端轴承温度T25和第三级空气膨胀机第二端轴承温度T26,及第四级空气膨胀机第一端轴承温度T27和第四级空气膨胀机第二端轴承温度T28,及第一离合器润滑油回油温度T38,及第二离合器润滑油回油温度T41,及第三离合器润滑油回油温度T44是否已小于第一预设温度。如果第一级空气膨胀机转子转速S2、第二级空气膨胀机转子转速S3、第三级空气膨胀机转子转速S4和第四级空气膨胀机转子转速S5惰走至0rpm已延迟第八预设时间,或者齿轮箱减速器第一端轴承温度T19和齿轮箱减速器第二端轴承温度T20,及第一级空气膨胀机第一端轴承温度T21和第一级空气膨胀机第二端轴承温度T22,及第二级空气膨胀机第一端轴承温度T23和第二级空气膨胀机第二端轴承温度T24,及第三级空气膨胀机第一端轴承温度T25和第三级空气膨胀机第二端轴承温度T26,及第四级空气膨胀机第一端轴承温度T27和第四级空气膨胀机第二端轴承温度T28,及第一离合器润滑油回油温度T38,及第二离合器润滑油回油温度T41,及第三离合器润滑油回油温度T44已小于第一预设温度,进行步

骤208。

[0839] 在一方法应用实例中,上述第八预设时间可取为20分钟,上述第一预设温度可取为50℃,具体实施时,可视实际情况而定。

[0840] 步骤208,判断未运行交流润滑油泵和直流事故油泵21是否已解除启动备用泵联锁。如果未运行交流润滑油泵或直流事故油泵21未解除启动备用泵联锁,则进行步骤209,发出未运行交流润滑油泵和直流事故油泵21解除启动备用泵联锁的指令。如果未运行交流润滑油泵和直流事故油泵21已解除启动备用泵联锁,进行步骤210。

[0841] 步骤210,判断第一交流润滑油泵19和第二交流润滑油泵20是否已停运。如果第一交流润滑油泵19或第二交流润滑油泵20未停运,则进行步骤211,发出停运第一交流润滑油泵19和第二交流润滑油泵20的指令。如果第一交流润滑油泵19和第二交流润滑油泵20已停运,进行步骤212。

[0842] 步骤212,判断是否1) 各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀V21已全关;2) 第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25已全关;3) 第一润滑油冷却水进口隔离阀V46和第二润滑油冷却水进口隔离阀V48,及第一润滑油冷却水出口隔离阀V47和第二润滑油冷却水出口隔离阀V49已全关。如果上述三个条件中有任意一个不满足,或者任意多个条件不满足,则进行步骤213,发出全关各级空气膨胀机隔离风进口隔离总阀V21的指令,发出全关第一级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V22、第二级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V23、第三级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V24和第四级空气膨胀机隔离风进口隔离阀V25的指令,发出全关第一润滑油冷却水进口隔离阀V46和第二润滑油冷却水进口隔离阀V48的指令,发出全关第一润滑油冷却水出口隔离阀V47和第二润滑油冷却水出口隔离阀V49的指令。如果上述条件都满足,第二并行流程结束。

[0843] 步骤204~213的目的是在级间再热式空气膨胀发电机组惰走结束后,依次停运密封风、润滑油、隔离风、冷却水的供应。

[0844] 第一并行流程、第二并行流程结束后,膨胀发电系统全部停运步序结束。

[0845] 本申请方法应用实例中还提供压缩空气储能电站释能阶段膨胀发电系统的程序控制逻辑。利用该程序控制逻辑可以实现以下功能:

[0846] 第一、实现了级间再热式空气膨胀发电机组、储热介子系统、常规润滑油系统、常规厂用冷却水系统、常规制氮系统及常规氮气密封装置的联合运行,并通过离合器实现了当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时也确保了各相关设备的安全稳定运行;

[0847] 第二、在释能阶段膨胀发电系统全停状态下,实现了膨胀发电系统的自动启动;

[0848] 第三、在释能阶段膨胀发电系统运行状态下,实现了膨胀发电系统的自动停运;

[0849] 第四、当释能阶段膨胀发电系统启动或停运程序运行至某一步时,若条件不满足,但如果人为判断该条件能够忽略,则可以手动进行跳步动作继续启动或停运程序的运行,直到膨胀发电系统启动或停运完毕。

[0850] 本申请应用实例提供的运行控制方法中的每一步,都先判断反馈是否收到,如果收到反馈则继续下一步;如果未收到反馈,则发出相应指令,并等待反馈。在未收到应有的

反馈信号时,程序控制逻辑会停留在该步,等待工人操作。电厂运行人员可以查出当前运行步序未收到的反馈信号,人为判断未收到的反馈信号是否影响程序控制逻辑的继续执行。若该反馈信号不影响当前程序控制逻辑的继续进行,运行人员可以操作跳步动作继续程序控制逻辑的执行;若该反馈信号影响当前程序控制逻辑的继续进行,则运行人员可以根据查出的每一条未满足的反馈信号,有针对性的去排查问题,直至收到该反馈信号,继续执行程序控制逻辑。

[0851] 本申请应用实例提供的运行控制方法,可以在释能阶段膨胀发电系统全停状态下,实现膨胀发电系统的自动启动;在释能阶段膨胀发电系统运行状态下,实现膨胀。

[0852] 本申请方法应用实例提供了应用于压缩空气储能电站释能阶段的膨胀发电系统及其相应的运行控制方法,该膨胀发电系统实现了级间再热式空气膨胀发电机组、储热介质子系统、常规润滑油系统、常规厂用冷却水系统、常规制氮系统及常规氮气密封装置的联合运行,并通过离合器实现了当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时也确保了各相关设备的安全稳定运行。并且,本申请方法应用实例提供的膨胀发电系统可以在释能阶段全停状态下实现自动启动以及在运行状态下实现自动停运;并且兼顾人为判断,可以实现膨胀发电系统程序控制逻辑的跳步运行,当程序控制逻辑某一步的运行条件未满足导致步序无法进行时,可以人为地判断条件是否可以忽略并操作跳步动作,继续程序控制逻辑的运行直至启动或停运完毕。

[0853] 从软件层面来说,为了有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性,并能够在有效提高膨胀发电效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,本申请提供一种用于执行所述膨胀发电系统的运行控制方法中全部或部分内容的膨胀发电系统的运行控制装置的实施例,参见图5,所述膨胀发电系统的运行控制装置具体包含有如下内容:

[0854] 预处理模块10000,用于若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常,则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理;

[0855] 膨胀发电运行控制模块20000,用于根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程;

[0856] 其中,所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括:控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求;控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程;控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区;控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程;控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程,并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程。

[0857] 本申请提供的膨胀发电系统的运行控制装置的实施例具体可以用于执行上述实施例中的膨胀发电系统的运行控制方法的实施例的处理流程,其功能在此不再赘述,可以

参照上述方法实施例的详细描述。

[0858] 从上述描述可知,本申请实施例提供的膨胀发电系统的运行控制装置,在通过设置级间再热式空气膨胀发电机组和储热介质子系统来保证整个压缩空气储能电站的运行效率的基础上,通过各个所述空气膨胀机之间可控式串联,各组所述再热储气组件之间并联,每个所述再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室连接;各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接,且各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质子系统的设置,可实现当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性;能够有效提高膨胀发电效率,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行效率,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,能够确保各相关设备的安全稳定运行;并能够有效提高压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行可靠性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性。

[0859] 从硬件层面来说,为了有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性,并能够在有效提高膨胀发电效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,本申请提供一种用于实现所述膨胀发电系统的运行控制方法中的全部或部分内容的电子设备的实施例,所述电子设备具体包含有如下内容:

[0860] 图6为本申请实施例的电子设备9600的系统构成的示意框图。如图6所示,该电子设备9600可以包括中央处理器9100和存储器9140;存储器9140耦合到中央处理器9100。值得注意的是,该图6是示例性的;还可以使用其他类型的结构,来补充或代替该结构,以实现电信功能或其他功能。

[0861] 在一实施例中,膨胀发电系统的运行控制功能可以被集成到中央处理器中。

[0862] 其中,中央处理器可以被配置为进行如下控制:

[0863] 步骤1000:若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常,则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理。

[0864] 步骤2000:根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,其中,所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括:控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求;控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程;控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区;控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程;控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程,并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程。

[0865] 从上述描述可知,本申请实施例提供的电子设备,在通过设置级间再热式空气膨胀发电机组和储热介质子系统来保证整个压缩空气储能电站的运行效率的基础上,通过各个所述空气膨胀机之间可控式串联,各组所述再热储气组件之间并联,每个所述再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室连接;各个所述

储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接,且各个所述级间再热器分别连接至所述储热介子系统的设置,可实现当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性;能够有效提高膨胀发电效率,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行效率,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,能够确保各相关设备的安全稳定运行;并能够有效提高压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行可靠性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性。

[0866] 在另一个实施方式中,膨胀发电系统的运行控制装置可以与中央处理器9100分开配置,例如可以将膨胀发电系统的运行控制装置配置为与中央处理器9100连接的芯片,通过中央处理器的控制来实现膨胀发电系统的运行控制功能。

[0867] 如图6所示,该电子设备9600还可以包括:通信模块9110、输入单元9120、音频处理器9130、显示器9160、电源9170。值得注意的是,电子设备9600也并不是必须要包括图6中所示的所有部件;此外,电子设备9600还可以包括图6中没有示出的部件,可以参考现有技术。

[0868] 如图6所示,中央处理器9100有时也称为控制器或操作控件,可以包括微处理器或其他处理器装置和/或逻辑装置,该中央处理器9100接收输入并控制电子设备9600的各个部件的操作。

[0869] 其中,存储器9140,例如可以是缓存器、闪存、硬驱、可移动介质、易失性存储器、非易失性存储器或其它合适装置中的一种或更多种。可储存上述与失败有关的信息,此外还可存储执行有关信息的程序。并且中央处理器9100可执行该存储器9140存储的该程序,以实现信息存储或处理等。

[0870] 输入单元9120向中央处理器9100提供输入。该输入单元9120例如为按键或触摸输入装置。电源9170用于向电子设备9600提供电力。显示器9160用于进行图像和文字等显示对象的显示。该显示器例如可为LCD显示器,但并不限于此。

[0871] 该存储器9140可以是固态存储器,例如,只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、SIM卡等。还可以是这样的存储器,其即使在断电时也保存信息,可被选择性地擦除且设有更多数据,该存储器的示例有时被称为EPROM等。存储器9140还可以是某种其它类型的装置。存储器9140包括缓冲存储器9141(有时被称为缓冲器)。存储器9140可以包括应用/功能存储部9142,该应用/功能存储部9142用于存储应用程序和功能程序或用于通过中央处理器9100执行电子设备9600的操作的流程。

[0872] 存储器9140还可以包括数据存储部9143,该数据存储部9143用于存储数据,例如联系人、数字数据、图片、声音和/或任何其他由电子设备使用的数据。存储器9140的驱动程序存储部9144可以包括电子设备的用于通信功能和/或用于执行电子设备的其他功能(如消息传送应用、通讯录应用等)的各种驱动程序。

[0873] 通信模块9110即为经由天线9111发送和接收信号的发送机/接收机9110。通信模块(发送机/接收机)9110耦合到中央处理器9100,以提供输入信号和接收输出信号,这可以和常规移动通信终端的情况相同。

[0874] 基于不同的通信技术,在同一电子设备中,可以设置有多个通信模块9110,如蜂窝

网络模块、蓝牙模块和/或无线局域网模块等。通信模块(发送机/接收机)9110还经由音频处理器9130耦合到扬声器9131和麦克风9132,以经由扬声器9131提供音频输出,并接收来自麦克风9132的音频输入,从而实现通常的电信功能。音频处理器9130可以包括任何合适的缓冲器、解码器、放大器等。另外,音频处理器9130还耦合到中央处理器9100,从而使得可以通过麦克风9132能够在本机上录音,且使得可以通过扬声器9131来播放本机上存储的声音。

[0875] 本申请的实施例还提供能够实现上述实施例中的膨胀发电系统的运行控制方法中全部步骤的一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现上述实施例中的执行主体为服务器或客户端的膨胀发电系统的运行控制方法的全部步骤,例如,所述处理器执行所述计算机程序时实现下述步骤:

[0876] 步骤1000:若确定各个所述级间再热式空气膨胀发电机组和所述储热介质子系统均运转正常,则对所述储热介质子系统与所述级间再热式空气膨胀发电机组进行启动预处理。

[0877] 步骤2000:根据目标运行工况选择对应的至少一个级间再热式空气膨胀发电机组作为当前的目标控制对象,并在确定单当前的控制对象满足级间再热式空气膨胀发电机组启动条件后,执行针对所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程,其中,所述目标控制对象的膨胀发电的启动控制过程包括:控制所述目标控制对象升速以满足预设的机械安全要求;控制所述目标控制对象转速升至预设的暖机值并完成暖机过程;控制所述目标控制对象的转速在预设时间内跨过对应的临界区;控制所述目标控制对象的转速升至额定值以完成升速过程;控制所述目标控制对象执行并网及带初始负荷暖机过程,并控制目标控制对象程度负荷继续升至额定负荷以完成所述目标控制对象对应的膨胀发电的启动过程。

[0878] 从上述描述可知,本申请实施例提供的计算机可读存储介质,在通过设置级间再热式空气膨胀发电机组和储热介质子系统来保证整个压缩空气储能电站的运行效率的基础上,通过各个所述空气膨胀机之间可控式串联,各组所述再热储气组件之间并联,每个所述再热储气组件均包括与对应的空气膨胀机依次连接的一个级间再热器和一个储气室连接;各个所述储气室分别与处于储能阶段的压缩空气储能电站内的各个空气压缩机一对一连接,且各个所述级间再热器分别连接至所述储热介质的设置,可实现当储能阶段变工况运行使储气室级别发生变化时,释能阶段膨胀发电系统的级间再热式空气膨胀发电机组各级空气膨胀机处于额定工况点附近稳定运行,能够有效提高针对压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行稳定性;能够有效提高膨胀发电效率,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行效率,在提高机组、系统及整个压缩空气储能电站运行效率的同时,有效提高各相关设备的运转安全性及稳定性,能够确保各相关设备的安全稳定运行;并能够有效提高压缩空气储能电站的膨胀发电过程的运行可靠性,进而能够有效提高整个压缩空气储能电站的运行可靠性。

[0879] 本领域内的技术人员应明白,本发明的实施例可提供为方法、装置、或计算机程序产品。因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产

品的形式。

[0880] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(装置)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0881] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0882] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0883] 本发明中应用了具体实施例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

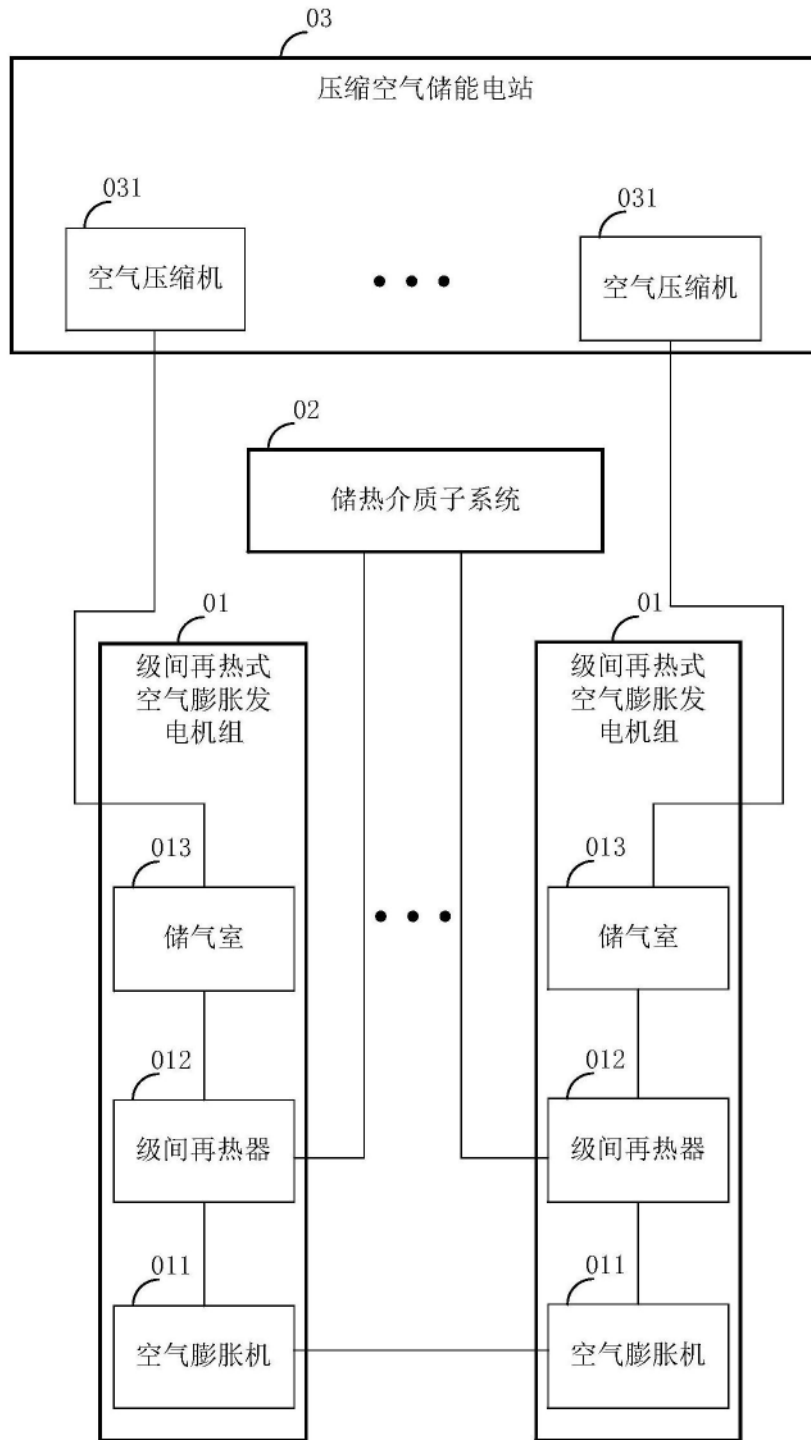


图1

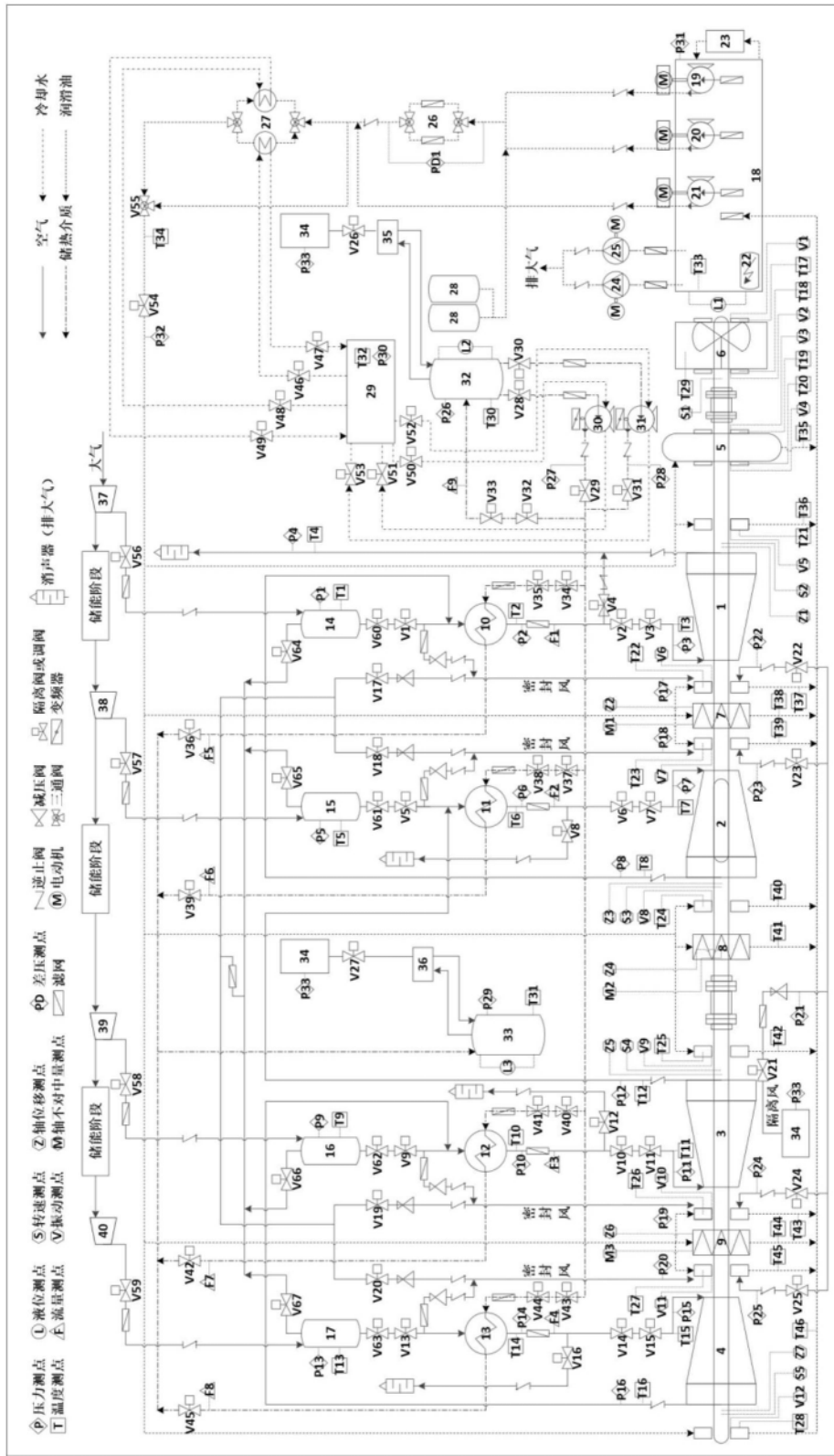


图2

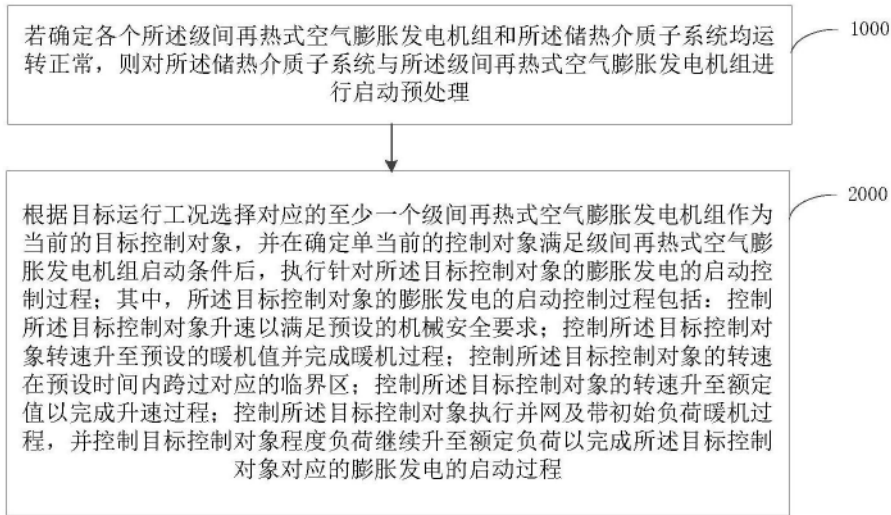


图3



图4

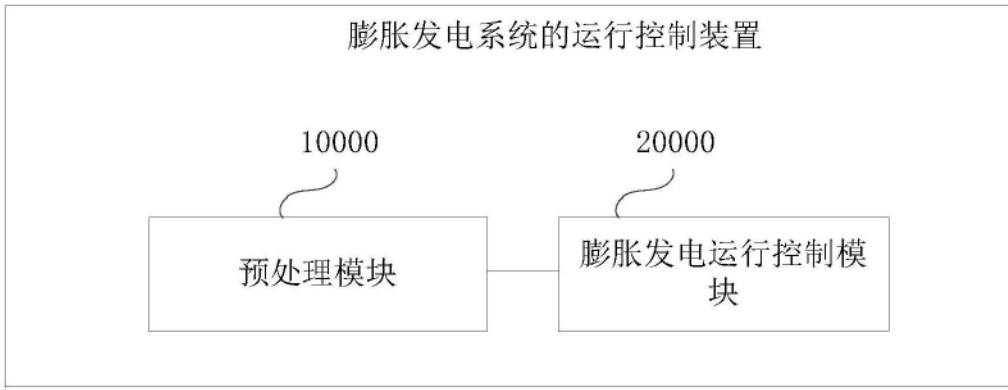


图5

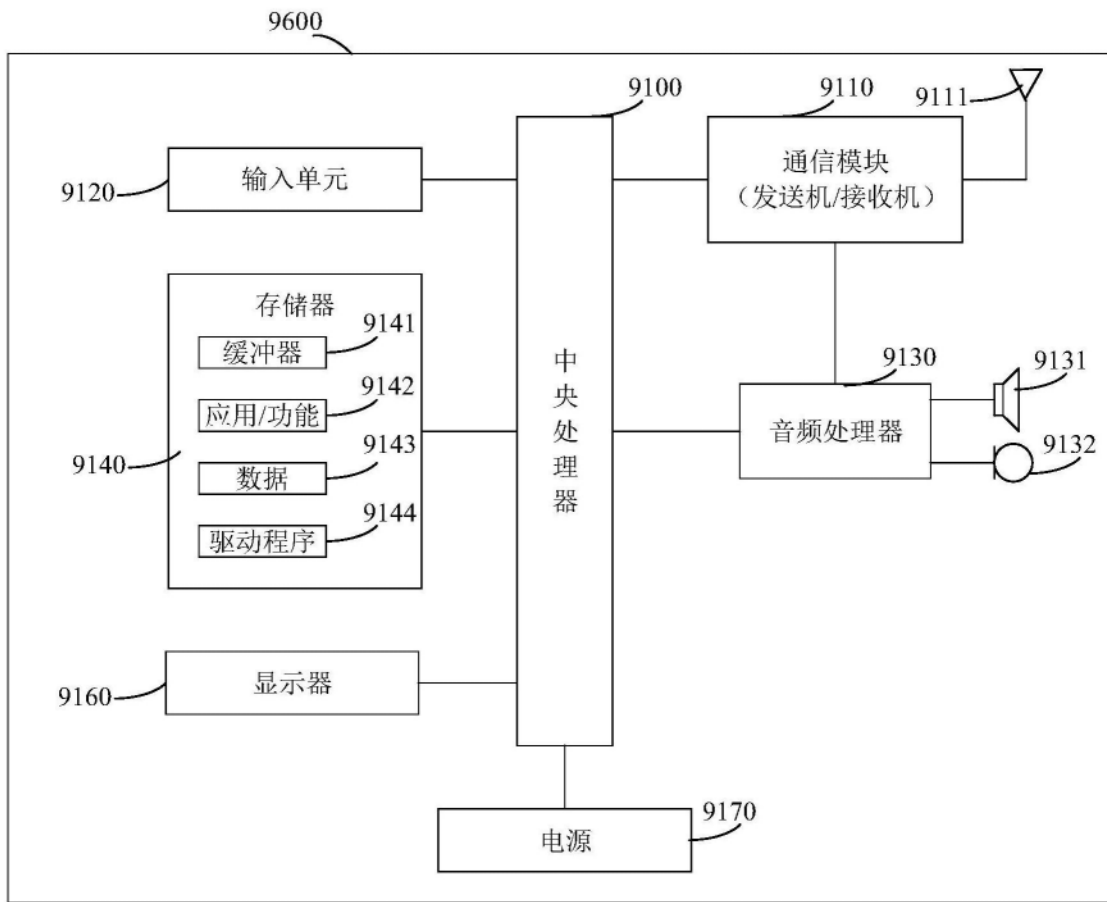


图6