组合式干燥机导致空压机频繁加/卸载问题的分析与解决

杨帆[1]　赵奇[2]

（1. 神华福建能源有限责任公司，福州　350500；2. 神华福能发电有限责任公司，石狮　362712）

摘要　某电厂 2×1000MW 机组压缩空气系统在调试期间空压机出现频繁加/卸载的问题。经分析，是组合式干燥机和空压机匹配后的系统设计不当造成的。组合式干燥机的再生排气使得空压机以 20s 的周期频繁加/卸载。通过对比多种处理方法，某电厂最终通过增设一条由储气罐前母管至空压机出口母管的联络管的方式，解决了这个问题。

关键词：空压机；组合式干燥机；吸附式干燥器；再生；频繁加/卸载

压缩空气系统是现代火力发电厂必不可少的一个部分，它为气动门等各类气动装置、输灰系统以及检修用气提供稳定、可靠的气源[1-3]。仪用气系统和输灰用气系统的最大差别在于仪用气系统采用了组合式干燥机，而输灰系统采用了冷冻式干燥机。其中，组合式干燥机串联了冷冻和吸附两种干燥装置，能够提供更高品质的压缩空气[1，4]。但是由于组合式干燥机的两个吸附筒在运行过程中需要交替再生，要将系统内的部分压缩空气排放到大气中，因此在有些电厂造成了空压机频繁加卸载的问题[2]。本文结合某电厂二期 机组压缩空气系统的调试，对组合式干燥机导致空压机频繁加卸载的问题进行讨论，并提出解决方法。

某电厂二期 2×1000MW 机组主厂房压缩空气系统配有 3 台英格索兰生产的 M350WC 喷油式螺杆空压机，单台空压机流量为 60.6Nm³/min。每台空压机出口对应设置 1 台杭州山立净化设备有限公司生产的出力 80Nm³/min 的组合式干燥机。系统运行时，2 套（空压机和组合式干燥机）工作、 1 套备用。空压机出口设置联络管道，并通过逆止门与输灰空压机出口联络管道相连。主厂房压缩空气系统的 5 个储气罐，其中 3 个 75m³ 仪用储气罐，2 个 50m³ 杂用储气罐。仪用储气罐前设有逆止门，杂用储气罐前没有逆止门。压缩空气系统如图 1 所示（图中未标冷却水管路）。

1　空压机频繁加/卸载现象

2014 年 3 月，起动 02B 主厂房空压机和 02B 主厂房压缩空气干燥机。空压机设置加、卸载压力分别为 0.62MPa 和 0.76MPa。刚起动时，由于系统内压力为大气压（ 0.1MPa），低于加载压力，因此空压机开始加载，系统内压力快速上升。当空压机出口压力达到卸载压力 0.76MPa 时，空压机开始卸载；当空压机出口压力降低到 0.62MPa 时，空压机加载。此后，空压机出现频繁加 /卸载现象，一个加卸载周期约 20s，1min 内空压机加卸载循环达到 3 次。空压机电流在加卸载过程中在 22～45A 上下波动。而整个过程中储气罐压力基本稳定，约为 0.68MPa。

2　原因分析

因为压力变送器在出厂前都经过校验，所以首先排除仪表不准确的原因。从现象来看，储气罐压力基本保持稳定，且大于空压机的加载压力，因此是在空压机—干燥机—干燥机出口逆止门这个范围存在漏气（排气），导致系统内气压下降，空压机频繁加/卸载。经过排查，最终确认问题出在组合式干燥器中的吸附干燥器的再生用气。

图 2 显示了组合式干燥机内吸附干燥器的工艺流程。压缩空气在干燥机内先经过冷冻式干燥器除去大部分水分，再经过吸附干燥器的吸附剂吸附剩余的少量水分。经过运行吸附筒的压缩空气绝大部分通过逆止门进入储气罐，小部分通过再生流量调节阀进入再生吸附筒，对干燥剂进行再生，再生废气通过消音器（干燥机内）直接排放大气。两个吸附筒交替运行和再生，由微电脑控制器控制自动切换。

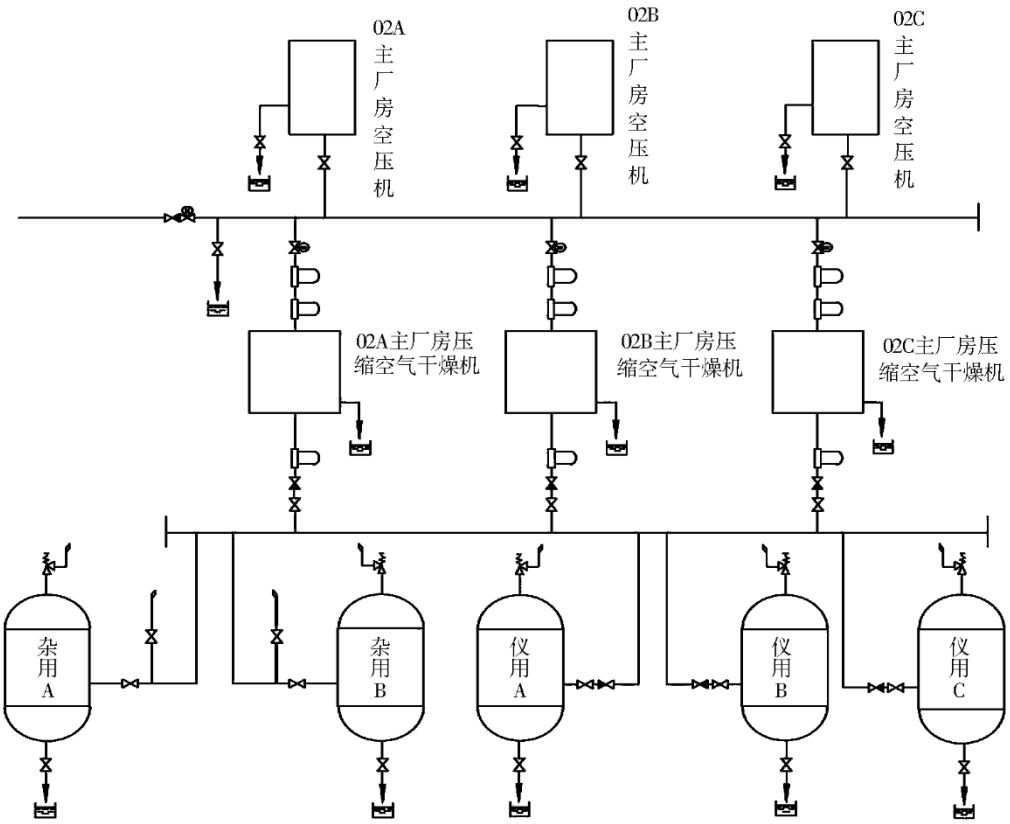

图 1　仪用压缩空气系统

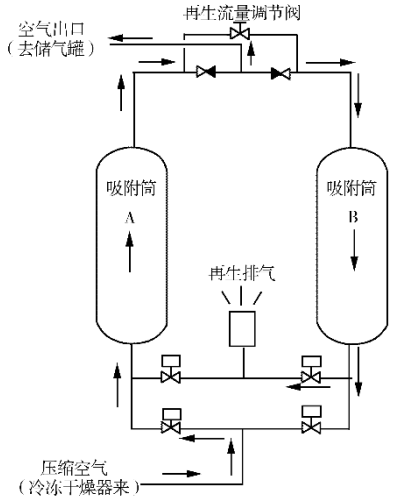

图 2　吸附式干燥器内部结构图

通过控制器设定的时间次序开 /关吸附筒的进气气动阀和再生排气气动阀，从而实现吸附筒的干燥和再生操作。需要注意的是，两个吸附筒出口（干燥机内）都设置了逆止门，用以配合再生流量调节阀实现再生气源，同时阻止空气回流。在干燥机运行过程中，两个吸附筒必须不间断得交替进行再生，系统始终有一部分压缩空气通过再生排气被排放到大气中，从而改变了空压机 —干燥机—干燥机出口逆止门这个范围内的系统压力，造成了空压机的频繁加/卸载。

3　解决方法

在压缩空气系统的调试过程中，尝试了多种方法来解决空压机的频繁加 /卸载问题，如表 1 所示。

方法 1 拆除组合式干燥机出口的逆止门阀芯，希望能够将杂用储气罐内的压缩空气经过干燥机回流到空压机出口，避免因干燥剂再生排气造成的系统气压下降。但是实际应用中，方法 1 并没有发挥作用。这是因为在组合式干燥机内部空气出口处有逆止门（如图 2），压缩空气无法回流。这和姚孟电厂的情况不同，其通过拆除逆止门解决了问题[2]。这可能是因为姚孟电厂采用的干燥机能够逆流压缩空气，而本电厂的不能。

方法 2 和方法 3 通过调节空压机控制器中的加 /卸载压力和关小再生气流量调节阀的方法能够一定程度上的延长加 /卸载的周期。但这两种方法都仅仅

是缓解，从结果看加/卸载周期仍然不够长。而且再生气流量调节阀需保持一定开度，不能随意关小，因此方法 3 不具有采用的可能性。

方法 4 通过增设一条由储气罐前母管至空压机出口母管的联络管（如图 3 所示），将检修用储气罐内的压缩空气经过干燥机回流到空压机出口。这个方法类似于方法 1，不同的是方法 4 增设了专门的回流管路。通过增设回流管路，原先的空压机 —干燥机—干燥机出口逆止门的范围扩大到空压机 —干燥机—杂用储气罐，容积极大的增加（其中检修用储气罐容积 $2\times50m^3$）。在维持一定的再生排气的情况下，系统内气压下降得到极大的减缓，加/卸载周期恢复正常。方法 4 需要对空压机房内的压缩空气管道做一定的改动，需要停运 压缩空气系统。但由于是基建期，因此对生产不会产生影响。

方法 5 将空压机出口压力监测点 PIA 改到干燥机出口母管上。采用这种方法，空压机的加 /卸载是根据储气罐的压力，也就是下游用户的用气情况，来动作。这种方法从根本上避免了再生排气造成的压力降低对空压机加/卸载的影响。但是方法 5 会给压缩空气系统的运行带来风险：①当干燥机入口电动门或空压机出口手动门误关，而压力监测点处的压力又低于空压机的加载压力时，空压机将由于 PIA 反馈的压力始终低于卸载压力而无限升压，导致设备损坏，影响机组安全运行；②当下游没有用户时，压力监测点处的压力高于加载压力，空压机处于空载状态，而此时空压机 —干燥机—干燥机出口逆止门范围内的压缩空气因为再生排气而排光，干燥机内没有空气流动，这将造成冷冻干燥器处发生结冰。

通过对比，方法 4 和方法 5 能够比较好的解决空压机频繁加卸载的问题。但是方法 5 会给机组的安全运行带来风险，在运行的过程中需要远方监视空压机压力，并在逻辑中对其做报警。同时，采用方法 5 时，在调试期和机组检修期压缩空气用户不多的情况下，干燥机容易发生结冰的问题。最终，现场采用了方法 4。

4 结论

1）组合式干燥机在与空压机匹配时，如果压缩空气系统没有设计好，将由于吸附剂再生排气造成空压机的频繁加/卸载。冷冻式干燥机与空压机匹配不会出现这个问题。

2）通过增设一条由储气罐前母管至空压机出口母管的联络管，可以有效的解决空压机频繁加 /卸载的问题，大大增加空压机加 /载的周期。

3）改变空压机压力监测点的方式虽然能够彻底解决空压机因为再生排气而加 /卸载，但是会给机组的安全运行带来风险，在某电厂没有采用。

表 1　空压机的频繁加/卸载问题的解决方法

序号	系统变动	效果	不足	成本和工期
1	拆除干燥机出口逆止门阀芯	无	没有效果	低成本，现场拆除。
2	调大空压机卸载压力（从 0.78MPa 提高到 0.8MPa），调小加载压力（从 0.62MPa 降低到 0.58MPa）	加/卸载周期由 20s 延长到 2.5min	空压机加卸载周期依然很短，没有根本性解决问题	无成本，现场直接调整
3	关小再生气流量调节阀	随着调节阀关小加/卸载周期变长，全关时不再发生频繁加卸载问题	再生气流量调节阀不能随意关小，要根据吸附剂情况保持一定的开度	无成本，现场直接调整
4	增加空压机出口母管与干燥机出口母管联络管道（见图 3）	加/卸载周期由 20s 延长到正常	需要对现场管路进行改动	需购置联络管道、阀门、法兰等，工期约 1 天
5	将空压机出口 PIA 改到干燥机出口母管上	不再发生频繁加卸载问题	1）空压机可能无限升压，损坏设备。 2）下游无用户时，干燥机无空气通过，易在冷冻干燥器处发生结冰。	1）需在干燥机出口母管上增加压力测点接口，以及压力变送信号数据线。工期约 1 天。 2）运行需要远方监视

			3）需要对现场管路进行改动	空压机压力，并在逻辑中做报警

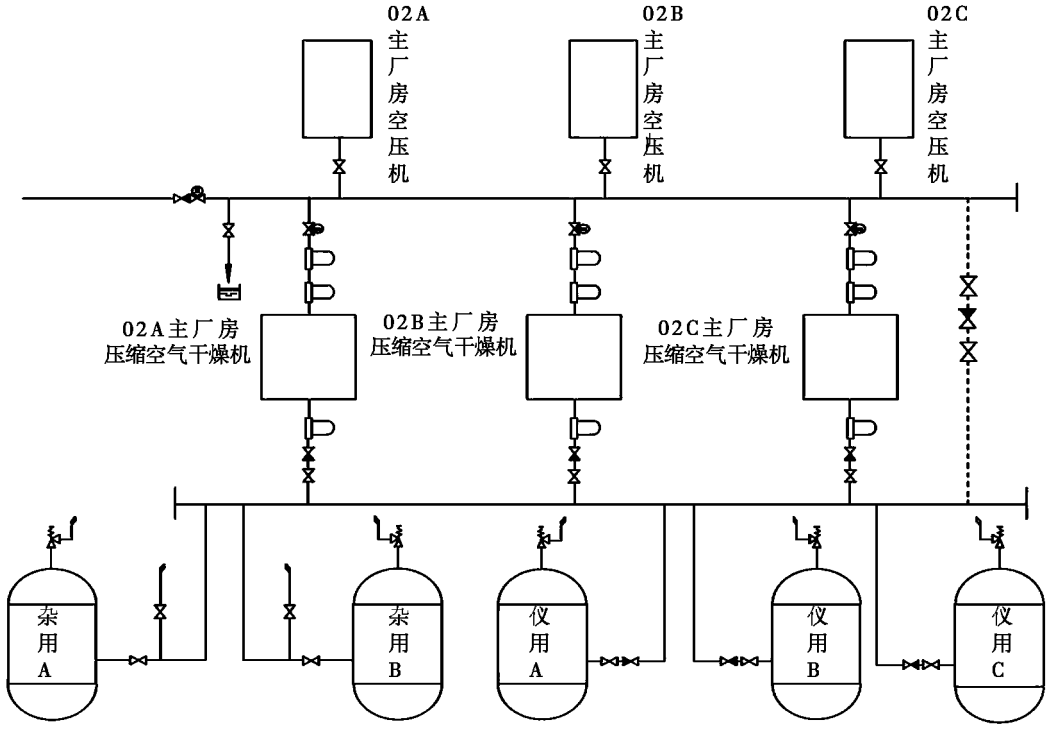

图 3　改造后仪用压缩空气系统（图中虚线为联络管）

参考文献

[1] 李申．冷冻—吸附干燥串级系统的露点与能耗 ——兼谈“低露点组合型”干燥机[J]. 压缩机技术, 2001(6): 36-39.

[2] 石峰, 刘静宇,牛卓．空压机频繁加/卸载故障分析及解决措施[J]. 热力发电, 2009, 38(6): 85-87.

[3] 李奇伟, 吕小平, 张贵炜．邯郸热电厂气力除灰系统存在的问题及改造 [J]．热力发电, 2008, 37(12): 45-47.

[4] 李大明, 罗艳丽．火电厂空压系统节能减排新思路及新技术[J]. 压缩机技术, 2014(1): 49-52.

作者简介：杨帆（1986-），男，福建福州人，工学博士，工程师，主要从事火力发电厂的调试和管理工作。

New 新闻与动态

航天科工成功研制国内首台防爆电动无轨胶轮运输车

日前，中国航天科工四院航天重工成功研制国内首台井工矿防爆电动无轨胶轮运输车。该产品的成功研制，彻底解决了传统井下装备“高污染、高油耗、高噪音、低寿命”等长期困扰井工矿企业的难题，为中国井下工程运输装备发展竖起了新的里程碑。

作为一种新型动力防爆无轨胶轮车，井工矿防爆电动无轨胶轮运输车能够有效解决目前井工矿高污染、高噪音、高油耗、低寿命的问题，为矿井煤矿提供高效的辅助运输装备，有效满足煤矿的生产和运输需求，提高矿井安全生产效率，降低矿井生产费用和劳动强度，改善井下环境。产品研制成功后，将逐步代替目前主流防爆柴油机无轨胶轮运输车，具有良好的经济效益和社会效益。

在产品研制过程中，航天重工科研人员多次前往矿区井下，在短短的半年里，先后攻克了整车总体优化设计、铰接式车架设计、前悬独立悬架设计、整车轻量化设计、电动轮驱动控制等多项难题，为今后的批量生产积累了许多经验。