

内刊征稿启事

暮秋孟冬，繁花散尽，秋叶静美。

盏盏清茶，余香袅袅，心归，即是安处。

缕缕阳光，温暖柔和，照拂着我们一走再走的旅程。

每一段旅程都可以收获各种令人难以忘怀的美丽。

【征稿主题】美丽旅程

【内容】

可采用散文、诗歌等文字形式，抒发、赞叹旅程中遇到难以忘怀人或事；

可拿起手中的镜头，记录下旅程中经历的美景；

也可用笔墨、字画，描绘打动心灵的美丽。

题材不限、字数不限。

欢迎大家踊跃投稿。

请各位墨客、摄影师于 11 月 15 日前将您的原创作品发到 wangmm@cenpower.com，记得署名，留下联系方式，谢谢。



济南中能电力工程有限公司
地址：济南市历下区鲁商盛景广场 B 座 7 层
电话：0531-66683093
网站：<http://www.cenpower.com>

中能人

第 157 期
2018 年 10 月 22 日

主办 济南中能电力工程有限公司



公司新闻

技术分享

童言无忌



中能电力与 SGS 战略合作研讨会在青岛召开

9月20日，济南中能电力工程有限公司与SGS公司-SGS中国的战略合作研讨会在青岛召开。SGS是全球排名第一的检验、鉴定、测试和认证机构，在中国青岛设有电力与基础设施事业部区域总部。SGS亚太区域代表、中能电力董事长及公司技术骨干参加了本次会议。会上，双方就亚太区域电力市场当前状况与前景展开深入的探讨与分析，并对下一步的市场开发与合作，充分交换了意见，同时，双方本着资源共享，发挥各自优势，积极融入一带一路建设，实现共赢提出了建设性意见，为下一步的具体工作定下了纲领性框架。



简讯：榆林有色 #1 炉水压试验一次成功

2018年9月19日，榆林有色 #1 锅炉水压试验一次成功。

9月19日，锅炉汽机汽水系统工作已全部提前完成，为提前且高质量完成检修工作，经业主同意，特提前进行 #1 机组水压试验。中能电力榆林项目部组织各专业技术力量，对参与本次水压试验员工进行安全、技术两交底，成立5个检查小组，统筹安排，分工明确，责任到人，确保了水压试验一次性成功。目前，锅炉水压试验已通过业主方各职能部门的验收。

简讯：海阳核电 2 号机组首次并网成功

海阳核电 2 号机组于 2018 年 10 月 13 日 9 时 50 分用 500kV 开关首次并网成功，各项技术指标均符合设计要求、机组状态良好。这标志着历时 8 年的调试工作进入了最后收官阶段，至此亚洲最大核电项目——海阳核电一期工程两台机组的空负荷启动试验及并网工作已全部完成。

海阳核电 1 号机组已于 10 月 15 日再次并网将进入 168 小时试运行阶段。2 号机组也将在完成启动试验后，即将进入满负荷试运行调试阶段，以为商运做好准备。



中电新能源霸州、德阳，延安石油轻烃调试项目开工进场

金秋十月，丰收的季节，中能电力的员工更是忙碌着。

由我公司承接的中电新能源霸州市生活垃圾焚烧发电调试项目、中电新能源德阳生活垃圾焚烧发电调试项目、陕西延安石油化工厂轻烃综合利用调试项目正式开工。

中电投新能源霸州市生活垃圾焚烧发电项目，机组规模为 2*600T/D 垃圾焚烧炉 +2*12MW 汽轮机组，我司负责该项目的机组主机及辅助设备系统的分系统调试、机组整套启动调试、电气特殊试验及机组性能试。中电投新能源德阳项目，机组规模为 2*600T/D 垃圾焚烧炉 +2*15MW 汽轮机组，我司负责该项目的机组主机及辅助设备系统的分系统调试、机组整套启动调试、电气特殊试验及机组性能试验。轻烃综合利用调试项目，机组规模为 3*110t/h 燃煤锅炉，我司主要负责电厂人员培训、工程机组锅炉专业及热控专业分系统试运、锅炉整套启动、72+24 小时的满负荷试运工作。

项目签约后，调试事业部组织各专业室主任实地考察电厂，根据各项目电厂机组的实际情况，因“项目”而制宜，制定出符合现场的调试方案。目前，各项目人员已进场，前期的筹备工作已顺利展开，为项目的下一步推进奠定了坚实基础。

榆林有色项目 1# 机组启动纪实

9月27日，中能电力负责维护检修的榆林有色项目 1# 机组一次顺利并网成功，至此，C 修工作圆满竣工。

经公司和业主方多次沟通与协调，1# 机组在 8 月 14 日确定 C 修工作量。公司榆林项目部积极协调、多方组织，截止到 8 月 28 日，进场各专业人员累计到位 126 人，及时满足了现场检修人员需求。由于检修项目多且工期较为紧张，项目部全体人员积极和检修部门沟通，主动和施工单位密切配合，团结一致、齐心协力，在保证安全和质量的前提下，加班加点，尽职尽责地解决检修过程遇到的各种困难。经过共同努力，于 9 月 19 日提前两天完成汽水系统工作，锅炉水压试验一次成功。9 月 21 日 -22 日两天内拆除炉膛架子；9 月 24 日所有检修项目完成冷态验收，机组具备随时启动条件，据业主方规定完工时间提前 3 天；9 月 26 日 22:00，1# 机组开始整体启动准备，各专业人员积极配合运行人员进行各种动态试验调整；9 月 27 日 04:28，锅炉一次点火成功；各专业精干人

员发扬连续奋战的精神，始终坚守现场及时处理各种故障缺陷；9月27日15:49，机组一次顺利并网成功，平稳加载到额定负荷。

至此1#机组C修工作圆满竣工，中能检修团队受到了业主各级部门的赞同和认可。

中能电力签约莒县丰源热电技能提升培训项目

2018年10月，中能电力签约莒县丰源热电有限公司电厂培训项目，对电厂各专业的270名技术及其相关人员进行理论知识、实践操作方面的技能提升培训。

莒县丰源电厂的培训项目包括汽机、锅炉、电气、热控、化学五个专业的理论知识培训，为期45天；各专业的现场实践培训，为期2个月。对于此次培训，中能公司给予高度重视，专门抽派培训经验丰富、理论功底过硬、专业技术精湛的培训讲师组成项目组，针对莒县丰源热电厂机组的实际情况进行教材编撰，以确保培训过程顺利进行，培训效果达到最优。



10月8日，中能各专业讲师团队到达电厂，进行训前动员工作，10日9时，各专业理论课程准时开讲，为期100多天的培训拉开序幕。

据悉，本次承办电厂培训项目是继今年承接丰源热电厂2*350MW机组调试项目之后，与莒县丰源热电有限公司的再次合作。这充分说明，双方已建立良好的合作关系，并经受住了市场和时间的考验。

原平项目业主国家电投山西铝业公司反馈满意度调查表

2018年9月，中能公司总部向原平运维项目业主国家电投山西铝业有限公司发出第三季度满意度调查邀请，9月29日，业主给予反馈。调查显示，业主对大部分栏目内容表示满意，并对个别栏目提出表扬和宝贵意见。

公司始终坚持“诚信负责、客户为要”的原则，为能够不断听取客户意见，总结经验，做到持续改善，公司综合部、各事业部每季度协作进行客户满意度调研工作，为保证调研结果的客观性，项目部不参与其中工作。此次国家电投山西铝业公司反馈的调研表显示，业主对我司团队的“履行合同的总体质量”“安全意识及安全保护措施”、“现场服务态度”、“与各单位的配合协调能力”、“设备档案管理”等方面都获得了“良好”以上的评价，对工作态度、服务态度提出特别表扬，并对公司提出了“注重员工培养”的希冀。公司事业部高度重视客户意见和建议，第一时间与国电投山西铝业工程相关负责人取得联系，进行了详细沟通后，了解到客户是在对现场规范作业和技能水平满意的前提下希望公司更上一个台阶。

公司十分感谢客户的肯定与建议，也将采取实际行动不断改善细节，完善管理，学经验，广纳言，促使公司在客户服务质量方面不断提高。

客户满意度调查表

国家电投山西铝业有限公司检修分公司：

您好！

为提升和改进我们公司项目履约质量，提供更优质的服务，我公司定期对项目的整体履约情况进行调查。我们期望得到您的支持和配合，以利于我公司不断改进、完善自我，并为贵单位提供更为优质的服务。请根据您的选择在评价结果栏内打“√”，并在最下一栏内写下您宝贵的意见和建议。

感谢您的支持与配合！

济南中能电力工程有限公司

2018年9月29日

工程名称	评价项	评价内容	评价结果			
			优秀	良好	合格	不合格
国家电投山西铝业有限公司电气一次及部分二次检修维护合同	1	项目团队履行合同的总体质量	✓			
	2	项目团队的安全意识和安全保护措施	✓			
	3	现场服务态度	✓			
	4	与甲方及其它单位的沟通、配合、协调能力		✓		
	5	运行维护现场文明卫生情况		✓		
	6	工作人员的专业技术水平		✓		
	7	设备检修档案、设备台账更新	✓			
	8	设备消缺率	✓			
	9	检修工艺纪律	✓	✓		
	10	环境/职业健康安全管理体系运转情况		✓		
客户意见和建议（团队管理、技术水平及其它）						
项目团队工作态度端正，服务态度好，较好地完成了各项生产检修工作，希望今后注重对技术型人才的培养，加强队伍建设，提升检修队伍的整体技术水平。						
检修方刘、电气车间、孙建明、18.9.29						

关于中心给料机与给煤机匹配的控制策略实现及实际应用

调试事业部 刘庆奎

【摘要】在 CCS 方式下，给煤量的控制影响着整个机组的经济稳定运行，并反映了自动控制的调节品质，在整个控制过程中起着非常重要的作用。循环流化床锅炉同时还需考虑中心给料机与给煤机的给煤量匹配，中心给料机要及时满足给煤机的给煤量要求，保证给煤机既不能堵煤也不能缺煤，有利于整个机组的稳定运行。

【关键词】中心给料机与给煤机匹配；CFB；堵煤及缺煤；随动控制；降频补偿；模糊控制

中心给料机为近几年国内常用的仓储式物料卸料设备，其先进的仓储散装物料卸料方式已逐步应用于各火电厂的给煤系统设计中。在实际应用中它解决了一些输煤过程中堵煤及棚煤问题，但同样也出现了一些新的问题，与下游的称重给煤机的出力很难匹配等。中心给料机与称重给煤机间设计有缓冲料仓，当缓冲料仓煤量过高时，中心给料机易过载过流，从而引起中心给料机保护跳闸；当缓冲料仓煤量过低或缺煤时，达不到给煤机的给煤量要求，严重影响机组煤量调节及协调控制系统的调节品质，以上均不利于机组的安全生产及经济效益的提高。这就对控制策略提出了新的要求，通过引入中心给料机开环控制与超驰控制结合的模糊控制思想，有效的地解决了中心给料机无料位显示而无法精准控制的缺点，实现了与称重给煤机的良好的匹配，并在实际应用中得到了良好的效果。

某电厂 1X350MW 超临界直流循环流化床锅炉（CFB）为东方锅炉厂生产的 DG1131/25.4-II3 超临界直流炉，单炉膛、M 型布置、平衡通风、一次中间再热、全钢架结构、循环流化床燃烧方式。为东方锅炉厂与中科院联合设计的国内第一台多边形改进型炉型，设计为燃用为煤矸石。原煤经输煤系统处理后送入中心给料机前原煤斗。通过中心给料机输送到称重给煤机，经两级给煤后最终煤颗粒通过落煤管进入炉膛。

一、中心给料机的优点及面临的问题

中心给料机可对料仓内的各种散装物料按照“先进先出”的原则进行卸料，中心给料机安装在原煤仓下，根据电机不同的速度来控制卸料速度。从而完成散装物料的给料，在物料流动性差的情况下，也能够避免物料堵塞问题的发生。

本机组的给煤为两级给煤系统，第一级为中心给料机，第二级为称重给煤机，多出一级就要考虑上下游给煤的匹配问题，如果两者不能很好的匹配就容易导致中心给料机堵煤或称重给煤机缺煤。本机组中心给料机与称重给煤机间设计有缓冲料仓，当缓冲料仓煤量过高时，中心给料机易过载过流，从而引起中心给料机保护跳闸；当缓冲料仓煤量过低或无煤时，达不到给煤机的给煤量要求，严重影响机组煤量调节及协调控制系统的调节品质。

为了进行中心给料机与称重给煤机的有效匹配，有的机组在中心给料机与称重给煤机之间的缓冲料仓中设计有料位计，通过控制缓冲料仓的料位实现中心给料机的闭环控制，这种控制简单直观，比较利于控制。本机组缓冲料仓未设计有料位计，要进行良好的匹配就需要进行多种控制结合的模糊控制方案。

二、控制方案

根据中心给料机与称重给煤机的匹配问题，先后采用如下控制策略和解决方案。采用称重给煤机给煤量作为锅炉给煤量控制的调节量，中心给料机有转速反馈，采用随动控制方案。

1. 单开环控制策略

中心给料机采用如图 1 所示的开环控制（随动控制）的控制逻辑对中心给料机进行转速控制。

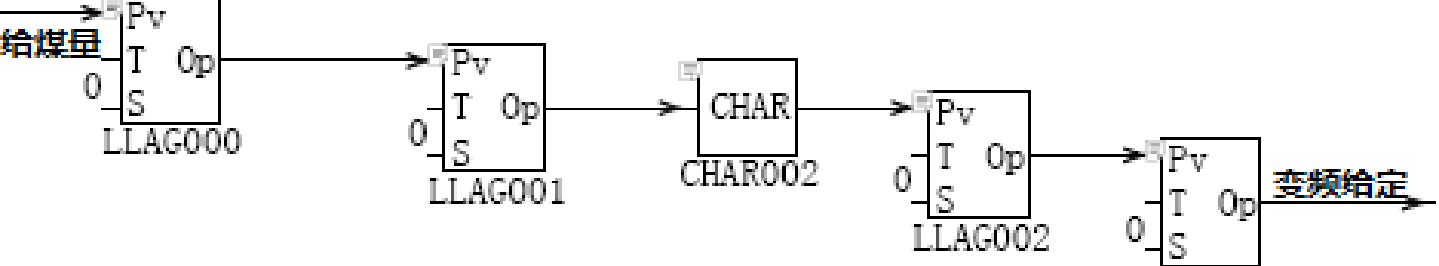


图 1 开环随动控制逻辑图

图 1 中，函数 f(x) 采用折线函数的控制算法来实现，函数整定的对应关系为 $f(x, y) = \{(0, 0), (8.5, 6.4), (11.4, 8.6), (13.5, 9.6), (16, 11.2), (18, 12.4), (20, 14), (24, 16.5), (26, 18), (30, 21), (35, 25), (40, 29), (60, 45)\}$ 。在机组稳定运行，煤质不会出现大的变化时，中心给料机控制给定稳定，不会出现中心给料机堵煤或称重给煤机缺煤的问题，函数整定值取手动整定好的参数值，基本上能达到稳定运行。

2. 增加补偿后的模糊控制思想

实际运行中发现，当煤质出现较大的改变时，易出现堵煤，持续的堵煤容易导致中心给料机跳闸，不利于机组的安全经济稳定运行。并且发现，当中心给料机电流超过 18A 以上，基本上就判断为堵煤情况发生，这时如果未快速降频，中心给料机就会发生电流快速上升直至过载跳闸，不利于安全更不利经济运行。为此，将开环控制的方案增加补偿环节，控制方案补偿如图 2 所示：

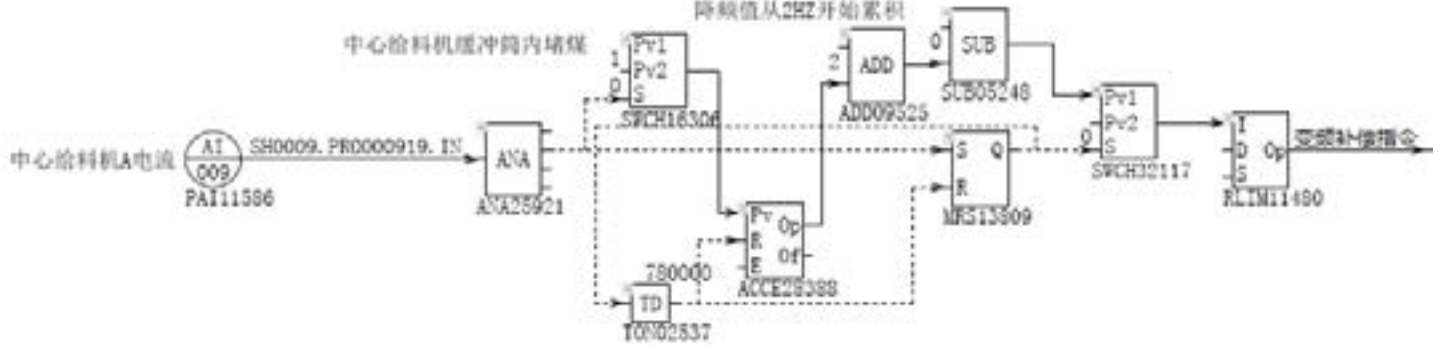


图 2 变频补偿控制

当中心给料机电流超过 18A 时，开始对中心给料机变频器进行快速降频处理。如果电流持续过载，叠加降频累积量到中心给料机变频给定。当缓冲料仓的料位无堵料时，中心给料机电流恢复至正常值，变频给定按匹配曲线执行。这样避免了中心给料机在发生堵煤时跳闸，堵煤恢复后再次启动的频繁操作，利于机组的安全经济的运行。

三、机组实际应用后的效果

控制方案调整后，中心给料机没有再发生堵煤现象。为协调控制及负荷扰动试验等打下良好的基础。在 168 试运期间，整个给煤系统运行稳定，实现了给煤的全自动控制。

DG1131/25.4-II3 型循环流化床锅炉 返料器震动分析及防范、调整方法

调试事业部 李凯良

【摘要】某热电厂扩建项目 DG1131/25.4-II3 型循环流化床锅炉（CFB）于 2018 年 1 月 13 日进入整套启动阶段，在调试阶段频繁出现返料器震动的现象，本文对枣庄八一 热电厂 DG1131/25.4-II3 型循环流化床锅炉（CFB）调试过程中出现的返料器震动现象、特点进行了总结，从中分析震动发生的原因并提出了防范措施，给出了调整方法。

一、设备概述

某热电厂 DG1131/25.4-II3 型循环流化床锅炉（CFB）是东方锅炉厂自主开发的 350MW 超临界机组 CFB 锅炉，超临界循环流化床锅炉（SCCFB）兼备了循环流化床燃烧技术和超临界参数循环的优点，作为新一代循环流化床燃烧技术，可以得到较高的供电效率，而且烟气净化的初投资和运行成本低，是一种适于大量推广的高效洁净煤发电技术。

1、旋风分离器

旋风分离器位于炉膛与后竖井之间，通过非金属膨胀节使旋风分离器入口烟道与炉膛后部相连，烟气从炉膛后部经过旋风分离器入口烟道进入旋风分离器进行分离。锅炉布置三个旋风分离器入口烟道，将炉膛的后墙烟气出口与旋风分离器连接，并形成气密的烟气通道。旋风分离器上半部分为圆柱形，下半部分为锥形。上下各为一个 $\Phi 273\text{ mm}$ 的环形集箱，两集箱之间通过 $\Phi 45\times 9\text{ mm}$ 、材质为 15CrMoG 的管子连接，蒸汽流程从下往上。蒸汽自三个旋风分离器进口烟道下集箱分别由四根 $\Phi 168\text{ mm}$ 的管子送至各自的旋风分离器下部环形集箱，蒸汽通过旋风分离器管屏的管子逆流向上被加热后进入分离器上部。

飞灰细颗粒和烟气先旋转下流至圆柱体的底部，而后向上流动离开旋风分离器。粗颗粒落入直接与旋风分离器相连接的“U”阀回料器立管。旋风分离器进口烟道设有吹扫风，作为锅炉低负荷和停炉时，防止旋风分离器进口烟道积灰的手段。

2、回料装置——“U” 阀回料器

被冷却式旋风分离器分离下来的循环物料通过“U”阀回料器送回到炉膛下部的密相区。“U”阀回料器共三台，分别布置在三台旋风分离器的下方，支撑在冷构架梁上。分离器与回料器间、回料器与下部炉膛间均为柔形膨胀节连接。回料器有两个关键功能：一是使再循环床料从旋风分离器连续稳定地回到炉膛；二是提供旋风分离器负压和下燃烧室正压之间的密封，防止燃烧室的高温烟气反窜到旋风分离器，影响分离器的分离效率。“U”阀通过分离器底部出口的物料在立管中建立的料位，来实现这个目的。回料器阀体出口段采用一分为二的结构，每台回料器内的高温循环灰分两路进入炉膛，确保回料的均匀性，减小回料对床层的冲击。回料器用风由单独的高压流化风机负责，流化风机的高压风通过底部风箱及阀体和立管上的几层充气口进入“U”阀，每层充气管路的母管上都有各自的风量测点，能对各层风量进行准确测量，还可以通过布置在各充气管路上的风门对风量进行调节。“U”阀上升管上方还布置启动床料添加口。”U”阀回料器下部设置了放灰口，用于检修、紧急情况下回料器的放灰，其中每个回料器有一根放灰管接入了滚筒冷渣器入口。“U”阀回料器和回料立管由钢板卷制而成，内侧敷设有防磨

、绝热材料。

3、分离器的密封

炉膛和分离器壁温虽然较为接近，但考虑到锅炉的密封和运行的可靠性，两者之间采用非金属膨胀节相接；回料器与炉膛、分离器结构型式不同，单独支撑于构架上，采用金属膨胀节与炉膛回料口和分离器锥段出口相连，吸收相互间的胀差。分离器出口烟道与尾部竖井间胀差也较大，且出口烟道尺寸庞大，故采用非金属膨胀节，确保连接的可靠性；吊挂的对流竖井与支撑的空气预热器间因胀差及尺寸较大，采用非金属膨胀节。

4、锅炉相关参数（BMCR）

煤耗量 220.78 t/h；石灰石耗量 26.84 t/h；底灰量 51.68 t/h；飞灰量 63.17 t/h

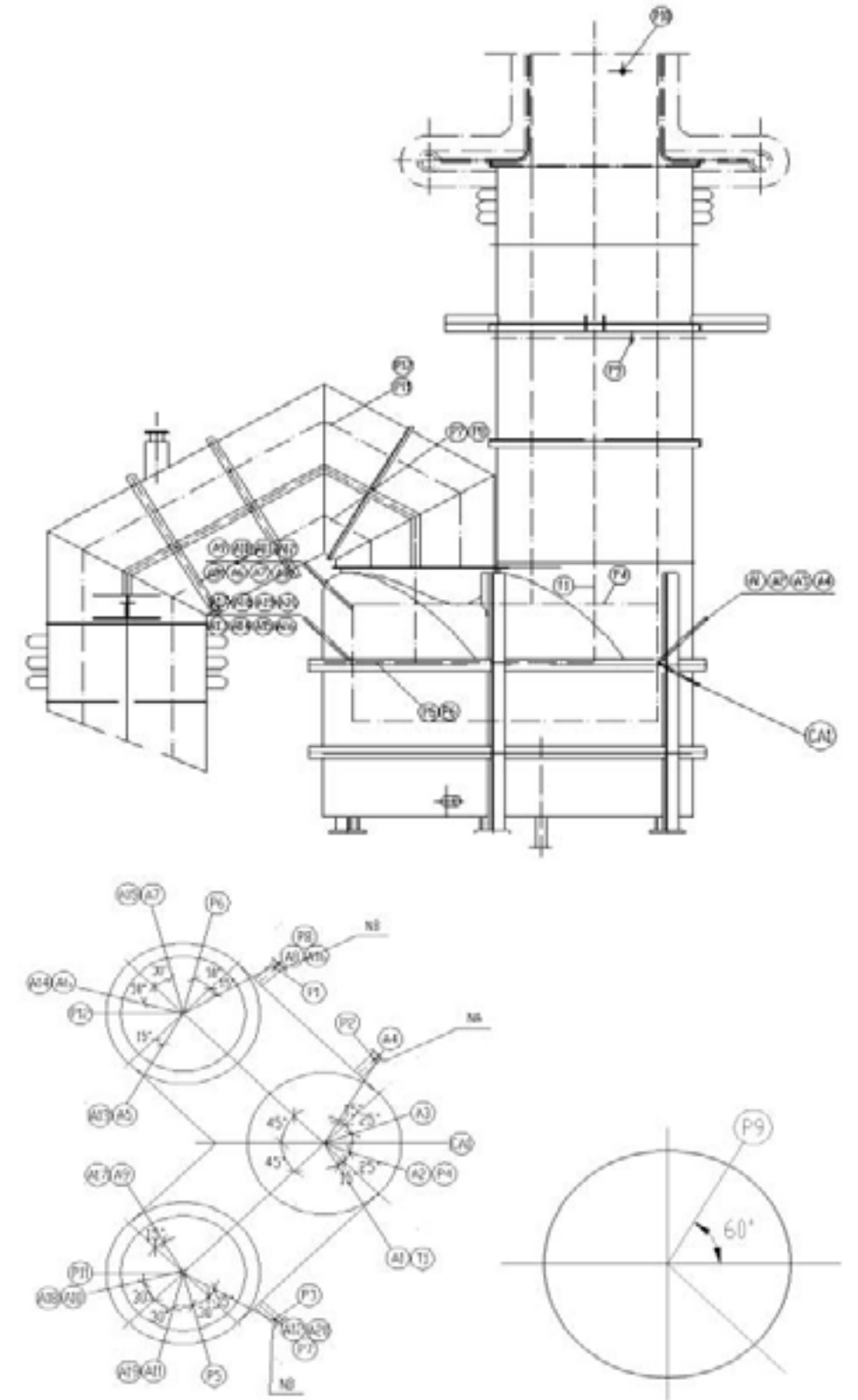
回料器示意图：

【返料器示意图说明：回料器阀体出口段采用一分为二的结构，每台回料器分两路进入炉膛两路夹角为90度。】

二、返料器震动的发生过程及现象

1、2018.01.13 09:50

机组负荷 270MW，给煤量 183t/h，一次风量 332KNm³/h，风室压力 12KPa，高流风母管压力 52KPa，#3U 阀密度波动，锅炉就地发现 #3U 阀轻微震动，降低负荷后震动减缓。10:52 机组负荷 240MW，给煤量 166t/h，一次风量 306KNm³/h，风室压力 11KPa，高流风母管压力 52KPa，#3U 阀密度平稳，#2U 阀密度降负荷过程中大幅波动，锅炉就地 U 阀处震动加剧，10:56 机组负荷 188MW，给煤量 119t/h，一次风量 260KNm³/h，风室压力 10KPa，高流风母管压力 52KPa，#2U 阀密度波动最高至 16.1，随后采取改变 U 阀下降段、上升段流化风和松动风调门开度，增大高流风



母管压力至 70KPa，不断增减高流风流量增加扰动，加强冷渣器排渣等方式，U 阀处震动减缓，处理过程中打开 U 阀事故放灰阀，放灰管堵塞不通，逐渐降低负荷。21:15 机组负荷 180MW，给煤量 120t/h，一次风量 238KNm³/h，风室压力 11KPa，高流风母管压力 68KPa，炉膛下部压力突升至 2KPa，比之前增长近一倍 #2U 阀密度恢复平稳，U 阀内积得大量返料灰进入炉膛，实现自平衡，锅炉就地 U 阀处震动停止。

2、2018.01.14 10:00 机组负荷 200MW，给煤量 136t/h，一次风量 251KNm³/h，风室压力 11KPa，高流风母管压力 59KPa，#2U 阀密度又波动最高至 12.8，锅炉就地 U 阀处震动，采取改变 U 阀下降段、上升段流化风和松动风调门开度，增大高流风母管压力至 70KPa，不断增减高流风流量增加扰动，加强冷渣器排渣等方式，并改变一次流化风量进行扰动，无明显效果，降负荷至 175MW，震动减缓。

3、2018.01.15 06:52 机组负荷 175MW，给煤量 116t/h，一次风量 243KNm³/h，风室压力 10KPa，高流风母管压力 59KPa，在夜班未做任何调整下，#2U 阀密度突然恢复平稳，炉膛下部压力和上部差压均上升明显，锅炉就地 U 阀处震动停止。

4、2018.01.16 15:13 保持一次风量 240KNm³/h 不变情况下，给煤量由 118t/h 升至 130t/h，#2U 阀密度又开始波动，锅炉就地 U 阀处震动，就地微开锅炉水平烟道吹扫风，无明显作用，给煤量降回 118t/h。

5、2018.01.17 14:55 发变组保护动作，锅炉联锁 MFT，待氧量回升后手动 BT。停炉后检查炉膛内无结焦现象，做流化试验合格，床料平整；U 阀内无浇注料脱落，风帽检查正常；水平烟道人孔门打开后发现两侧的水平烟道积灰多，中间水平烟道积灰少。

6、2018.02.02 04:50 机组负荷 255MW，给煤量 154t/h，一次风量 264KNm³/h，风室压力 12KPa，高流风母管压力 60KPa，降负荷过程中，一次流化风量和给煤量波动较大，炉膛下部压力波动大，#2U 阀密度开始波动，就地 #2U 阀震动，降负荷至 180MW，#2U 阀震动减缓 #1U 阀震动增大。10:53 机组负荷 179MW，给煤量 117t/h，一次风量 254KNm³/h，风室压力 11KPa，高流风母管压力 69KPa，启动备用高流风机，保持三台流化风机运行，U 阀密度突然恢复平稳，炉膛下部压力和上部差压均上升明显，锅炉就地 U 阀处震动停止。继续升负荷，U 阀处不震动。

7、2018.02.03 12:03 机组负荷 268MW，给煤量 146t/h，一次风量 264KNm³/h，风室压力 11KPa，高流风母管压力 60KPa，降负荷过程中一次风量波动大，炉膛下部压力和上部差压均下降明显，#2U 阀密度开始波动，就地 U 阀处震动，保持三台流化风机运行，升负荷至 300MW 时，就地 U 阀处震动停止。19:40 机组负荷 255MW，给煤量 146t/h，一次风量 240KNm³/h，风室压力 12KPa，高流风母管压力 68KPa，降负荷过程中一次风量波动大，炉膛下部压力和上部差压均下降明显，#2U 阀密度开始波动，就地 U 阀处震动，保持三台流化风机运行，震动无减缓，继续降负荷至 200MW，震动停止。21:14 加风加煤升负荷至 212MW，#2U 阀密度又波动，就地 U 阀处震动，保持三台流化风机运行，升负荷至 300MW 时，就地 U 阀处震动停止。19:40 机组负荷 255MW，给煤量 146t/h，一次风量 240KNm³/h，风室压力 12KPa，高流风母管压力 68KPa，降负荷过程中一次风量波动大，炉膛下部压力和上部差压均下降明显，#2U 阀密度开始波动，就地 U 阀处震动，保持三台流化风机运行，震动无减缓，继续降负荷至 200MW，震动停止。21:14 加风加煤升负荷至 212MW，#2U 阀密度又波动，就地 U 阀处震动，采取上述方法加强调节。

8、2018.02.04 02:52 机组负荷 220MW，给煤量 140t/h，一次风量 254KNm³/h，风室压力 11KPa，高流风母管压力 68KPa，#2U 阀密度恢复平稳，#1U 阀密度开始波动，就地 #1U 阀处震动变大。08:16 机组负荷 183MW，给煤量 116t/h，一次风量 253KNm³/h，风室压力 10KPa，高流风母管压力 67KPa，无大的调整前提下，炉膛下部压力逐渐上升，检修吹扫 U 阀密度测点后，各 U 阀密度均正常，升负荷至 90% 额定，就地 U 阀不震动，10:00 机组进入 168 小时试运。

三、返料器震动后当时的处理

- 1、减风减煤降低机组负荷；
- 2、频繁调节高压流化风入口挡板门开度，改变高压流化风风量进行扰动；
- 3、加大冷渣器转速，降低床压；
- 4、适当减少一次流化风量，减少回料阻力；
- 5、打开 U 阀事故放灰门，进行放灰；
- 6、保持三台高流风机运行，增加高流风量；
- 7、打开水平烟道吹扫风，进行扰动；
- 8、调节单个 U 阀上升段、下降段和松动风的比例；
- 9、适当减小给煤机播煤风的风量；
- 10、增大炉膛上二次风调门开度，减少炉膛下二次风调门开度；
- 11、机组降负荷时，将一次风自动解除，手动缓慢降一次风量，减少一次风的扰动；

四、U 阀返料器震动特点

- 1、机组高负荷阶段负荷大于 280MW 以上，没有发生 U 阀震动；
- 2、机组负荷由高下降，降负荷至某一阶段发生 U 阀震动，260—210MW 期间尤为显；
- 3、都是单条支路发生密度波动，2 号 U 阀震动发生居多。
- 4、高流风压在负荷变动过程中无调整，均在 55KP 以上，高于设计值 45KP。

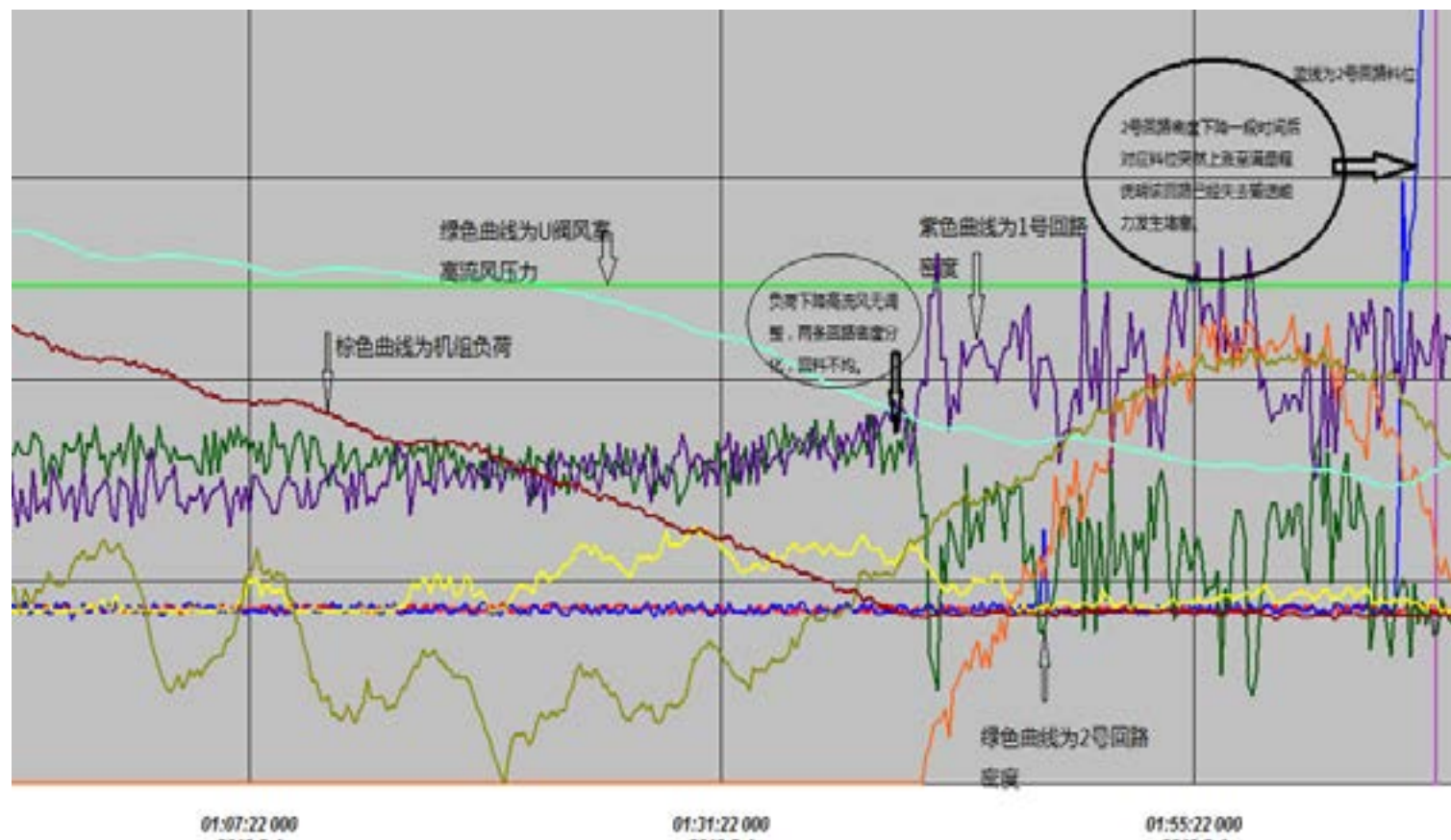
五、U 阀返料器震动分析

震动成因：因为返料器与炉膛、分离器均是柔性连接，吊装在炉上，所以返料器震动均为返料器自身原因引起，而返料器工作不正常、返料不畅、气流波动则是震动发生的根源。

1、在机组减负荷过程中风煤减的过快，造成床上压力大幅波动，炉膛负压也大幅波动，使得分离器工作状态也随之波动，飞灰循环稳定状态被打破，回料量波动加剧。风煤的波动也增加了水平烟道的积灰发生塌落现象的发生。使回料器循环灰量大幅波动。

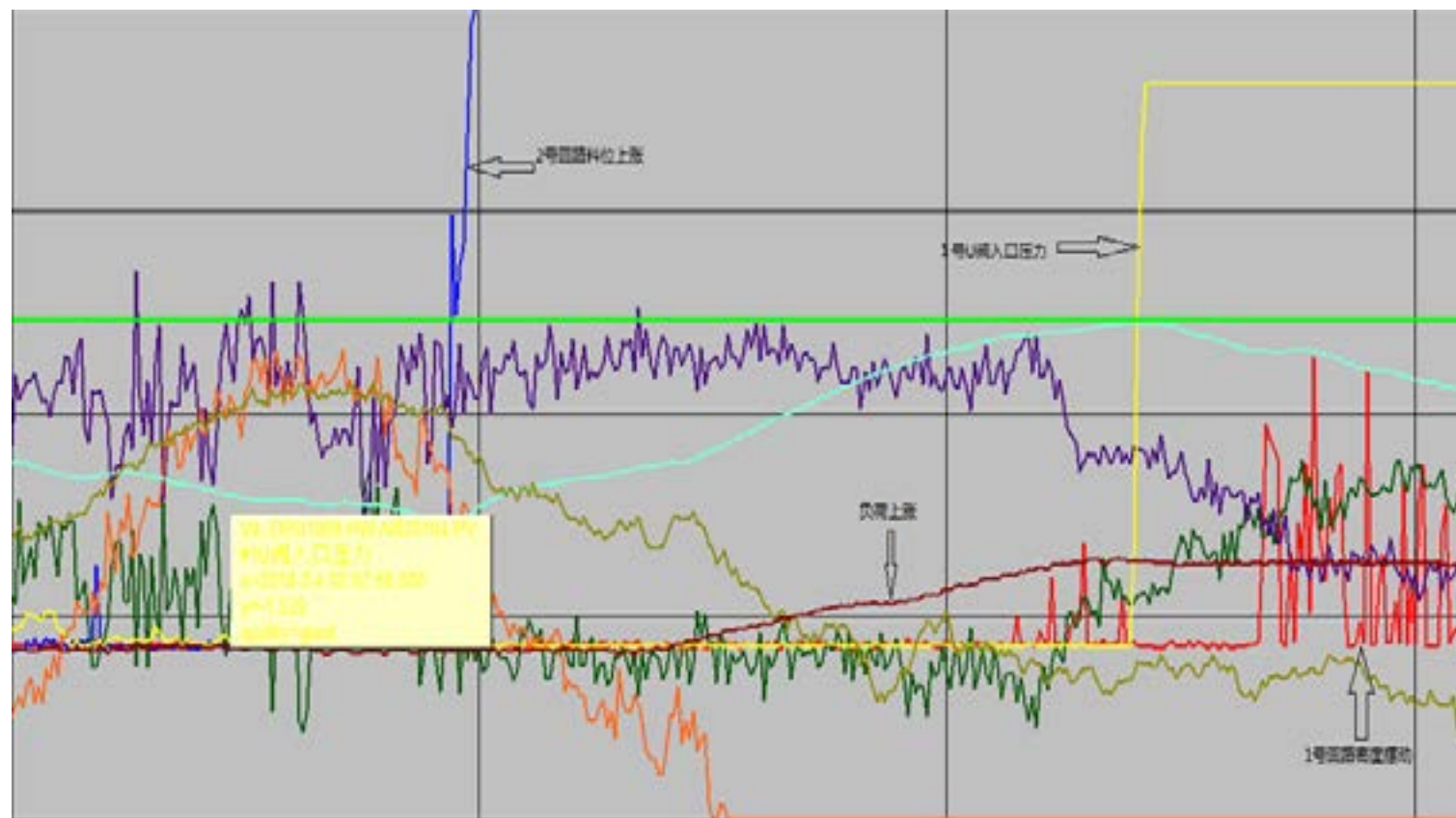
2、机组负荷下降后，循环飞灰量减少，而 U 阀的高压流化风没有进行及时的调整，使 U 阀上升段的某条阻力稍小支路输送能力相对加强，导致风量与炉膛短路。短路后高流风大量从该支路进入炉膛，而另一条支路输送减弱，最终停止，造成飞灰沉积最终堵塞。见图一：（详见下页）

图一：以典型 2 号 U 阀为例，从参数曲线中看出绿色高流风压在机组降负荷过程中没有调整，保持 61.5KP。机组负荷下降至 200MW 飞灰减小，两个回路输送能力大大超出循环飞灰量，致使两个回路发生分化 1 号回路继续输送，2 号回路输送停止、堵塞。最终反应为料位上涨。

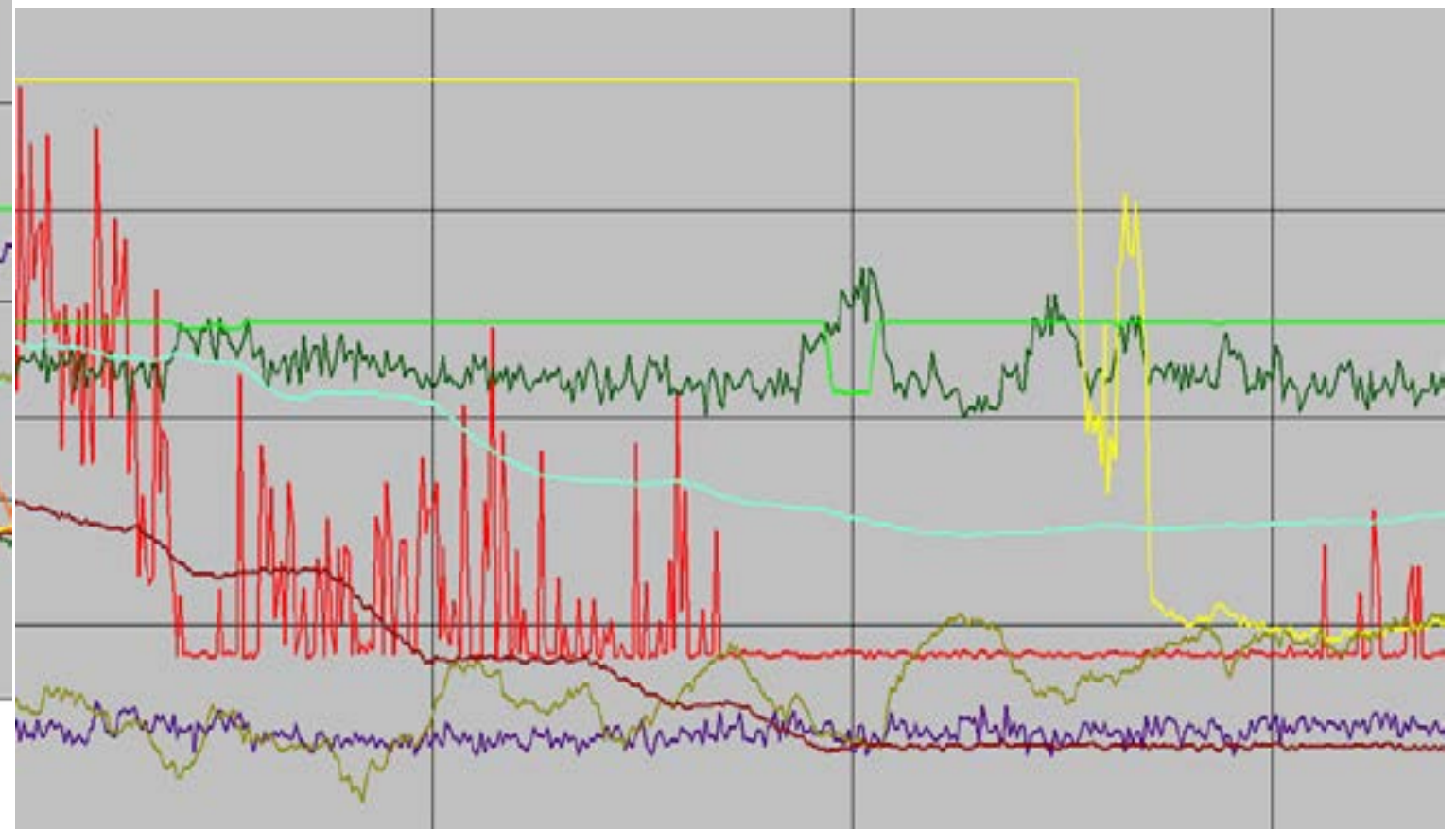


图一

图二（续图一）：



图二：2号回路堵塞，1号回路正常，震动减缓。随着负荷上涨1号U阀入口压力上升，说明入口灰量上涨淹没测点。1号回路输送能力达到极限1号回路密度开始震荡，反应为返料器震动重新开始并加剧。



图三：

图三：返料器震动加剧后，再次减负荷，随循环灰量下降 1 号回路恢复正常，一段时间后 U 阀入口堆积的飞灰输送回炉膛，U 阀入口压力测点露出，反应为压力下降恢复正常（黄色曲线）

从多次堵塞后的处理方法上可以看出，发生堵塞震动后都是采用提高返料器高压流化风压力加大流量的方法，结果造成发生堵塞的返料器支路没有明显改善，只是提高了短路支路的输送量，使分离器的循环飞灰从单条短路支路返回炉膛，此时如锅炉负荷下的飞灰量大于该U 阀单条支路的输送能力则震动依旧，继续降负荷后循环灰量下降U 阀单条支路输送满足灰量需要则震动减小，停止。如此时判断U 阀异常消除重新加负荷时循环灰量增加，单条支路输送量无法满足，又造成回料不畅震动加剧。

在处理单一 U 阀工作异常震动时，其他返料器高压流化风没有做出调整，使得其他返料器最终也发生相同的两个回路回料不均，震动，最终堵塞。此种处理方法最终导致锅炉飞灰循环返料系统各个返料器工作异常，交替发生。机组无法升负荷。最终只能采取放灰，增开备用高流风机等手段强行疏通堵塞的支路，使 U 阀回料器恢复正常。

3、在停炉后检查炉膛内无结焦现象，做流化试验合格，床料平整；U 阀内无浇注料脱落，风帽检查正常；水平烟道人孔门打开后发现两侧的水平烟道积灰多，中间水平烟道积灰少。

从停炉检查结果来看,耐火砖脱落,等设备缺陷造成返料器工作失常的原因不存在。分离器入口水平烟道积灰情况表明,两侧的水平烟道积灰多,中间水平烟道积灰少;说明由于进入2号分离器的烟气流速快,飞灰携带量大于其他两台分离器,也就是说2号U阀正常时输送量较大,正是2号U阀在机组减负荷后2号U阀先发、多发震动,工作失常的原因。

通过上述三点分析，可以看出循环流化床锅炉在负荷调整过程中风、煤的变化会快速引起循环灰量和床压波动，而床压的变化直接影响返料动力（返料器与床上压力的差压）。所以在负荷变化返料器工作状态发生改变后，没能及时针对返料器工作状态作出调整是发生返料不畅堵塞震动的本原因。同时对于三台返料器，没有对不同返料器进行分析监测，分别进行调整，区别对待；最终使得疏通好了一个返料器，却破坏了其它返料器的正常工作，导致三台返料器震动交替发生。

六、防止回料器工作发生异常引起震动的运行措施

1、该机组整套启动进行 AGC 负荷调整试验过程中，负荷频繁变化引起的返料器震动最为频繁、剧烈。所以加减负荷过程要平缓，避免大幅度波动，尤其尽量避免符合频繁加减来回波动。

2、负荷变化时一、二次风的调整，煤量的增减要平缓，避免急速变化，引起床压波动烟气中飞灰含量的大幅波动；也可避免水平烟道的积灰塌落入分离器。

3、监视返料器运行状态，对运行参数及时分析及时发现异常。现有测点中密度、料位均为差压，在异常情况下并不能反映变化趋势，图中可以看出都是阶跃性变化，当发现参数异常后再采取措施已经来不及了，已经造成了返料器工作异常。所以可以考虑进行测点的重新设计。

4、定期吹扫水平烟道，防止烟道大量积灰在炉膛风量波动时产生塌落。造成分离器灰量突然增大，堵塞返料器。炉顶水平烟道装设有压缩空气吹扫管路，不应该小风量常开，而应进行大风量定期吹扫。

5、在负荷调整过程中返料器的高压流化风也应该跟随调整，避免高流风量过大造成单一回路工作的状态。高压流化风的调节可以参考锅炉厂家说明书（表一）根据返料器温度作出相应调节，并根据不同返料器循环灰量的实际情况而确定，例如 2 号回料器循环灰量大于 1、3 号回料器。

在实际运行中该厂运行人员恐于发生返料器震动，不敢降低高压流化风压，进入高流风越大越安全的误区，使得返料器工作失常震动频频发生。在该机组后期调试做 50% 甩负荷时，高负荷减至低负荷过程中 350MW~175MW，调试人员建议对高压流化风进行了相应调整结果没有发生返料器震动的现象。

附表一：“U” 阀空气喷嘴充气量（单个回料器）

七、发生返料器工作异常震动后的处理原则

温度 ℃		70	850
下降段空气流量（Nm³/hr）			
NA	风帽	1347	1028
A1~A4	充气孔	111	68
小计：		1458	1096
上升段空气流量（Nm³/hr）			
ND（总）	风帽	8284	5693
A5~A8	充气孔	57	35
A9~A12	充气孔	57	35
A13~A16	充气孔	57	35
A17~A20	充气孔	57	35
小计：		8512	5833
总计：		9970	6929

1、对于两条支路的返料器首先要判断是哪个支路堵塞。返料器工作异常，通常是从单条支路开始的，所以正确判断工作异常的支路才能准确快速消除异常，否则会使异常扩大范围影响其它返料器的正常工作。

2、根据堵塞严重程度采取向应措施。轻微堵塞，可以通过调整该返料器的高压流化风的分配，增强堵塞支路的风量，打开放灰门放灰，等方法。

3、避免影响其他返料器的正常工作。在堵塞严重，需要提高高压流化风压时，必须对运行正常的返料器高压流化风进行调整，避免因风压提高，使原本正常工作的返料器发生异常。

八、发生返料器工作异常震动后的处理方法

1、堵塞程度严重，返料温度下降，返料器入口甚至分离器筒体都堵塞，此时应减风减煤降低机组负荷减小返料器压力。

2、调节堵塞的 U 阀各高压流化风挡板门开度，改变高压流化风风量进行扰动；开大堵塞支路上升段高压流化风。

3、返料器疏通后，回料量大大增加，此时加大冷渣器转速增加排渣，降低床压；

4、在保证流化需要前提下，适当减少一次风量，适当减小给煤机播煤风的风量，减少回料阻力；

5、堵塞严重时，打开 U 阀事故放灰门，进行放灰；

6、堵塞严重时，启动备用高流风机运行，增加高流风量；同时对其它返料器高压流化风量进行调节。

7、打开水平烟道吹扫风，进行扰动；清除积灰塌落危险。

8、针对每条支路堵塞情况，调节单个 U 阀上升段、下降段和松动风的比例；

9、增大炉膛上二次风调门开度，减少炉膛下二次风调门开度；

10、机组降负荷时，将一次风自动解除，手动缓慢降一次风量，减少一次风的扰动；或对一次风自动作出调整使其变化平缓。

11、机组高负荷时，保持低床压运行，防止降负荷后床料过厚。

九、结语

循环流化床锅炉因其高效低污染清洁燃烧，具有燃料适应性广、燃烧效率高、负荷调节大、可在床内直接脱硫及实现低 NOx 排放、燃料制备系统简单、易于实现灰渣综合利用等众多优点，在用汽、供热、热电联产、电站锅炉中被广泛采用。

循环流化床锅炉在运行中保证良好的物料循环是锅炉燃烧调整的重中之重；一次流化风、二次风、煤量的变化直接影响床压，循环飞灰量。所以负荷变化过程中应平缓调整，避免快速波动。与煤粉炉相比较循环流化床锅炉的负荷变化反映能力要小得多，因为炉底料蓄热的原因，惰性较大；所以变负荷调整过程较为缓慢。

而对于多台返料器，每台返料器两个分支的返料系统；由于返料器位置不同、工作状态不同、制造安装工艺差异等等不同，在运行中要区别对待；不能多台返料器、支路都无差别平衡进风。尤其在负荷变化时要根据负荷进行相应调整。虽然制造厂家给出了不同负荷下对应的高压流化风量作为参考，但实际运行中每次启炉料层厚度、料层成分会有差异，所以床压也不尽相同；此时高压流化风要根据实际情况作出调整。在经过长期摸索试验后总结高压流化风与各个参数的关系，最终可实现自动调节。

某机组无法带满负荷原因分析及防范处理措施

调试事业部 李同攀 毕林思

【摘要】某工程2×300MW汽轮机机组系上海汽轮机有限公司生产的为亚临界、一次再热、双缸双排汽、抽汽凝汽式汽轮机。型号为N300-16.7/538/538。高中压部分采用合缸反流结构，低压部分采用双流反向结构。在试运过程中出现无法带满负荷现象。

【关键词】调门；蒸汽品质；结垢；调节级压力高；轴向位移；负荷

1. 现象描述：

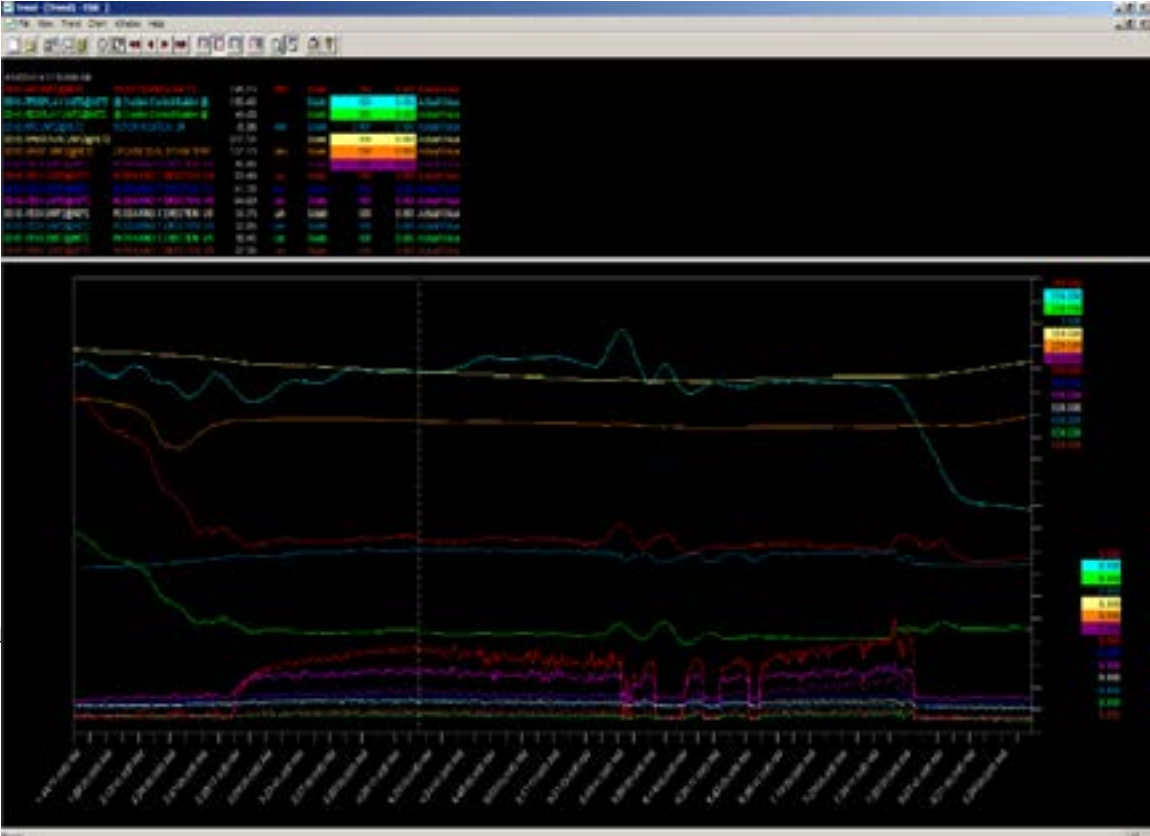
#2 机组高中压主汽门及调门全开状态下，调节级压力偏高，轴向位移向正值方向窜动，机组无法带满负荷（最大230MW）。见图1



2. 过程介绍

2.1 2015 年 4 月 18 日 12: 45 #2 机并网带负荷，各参数正常；

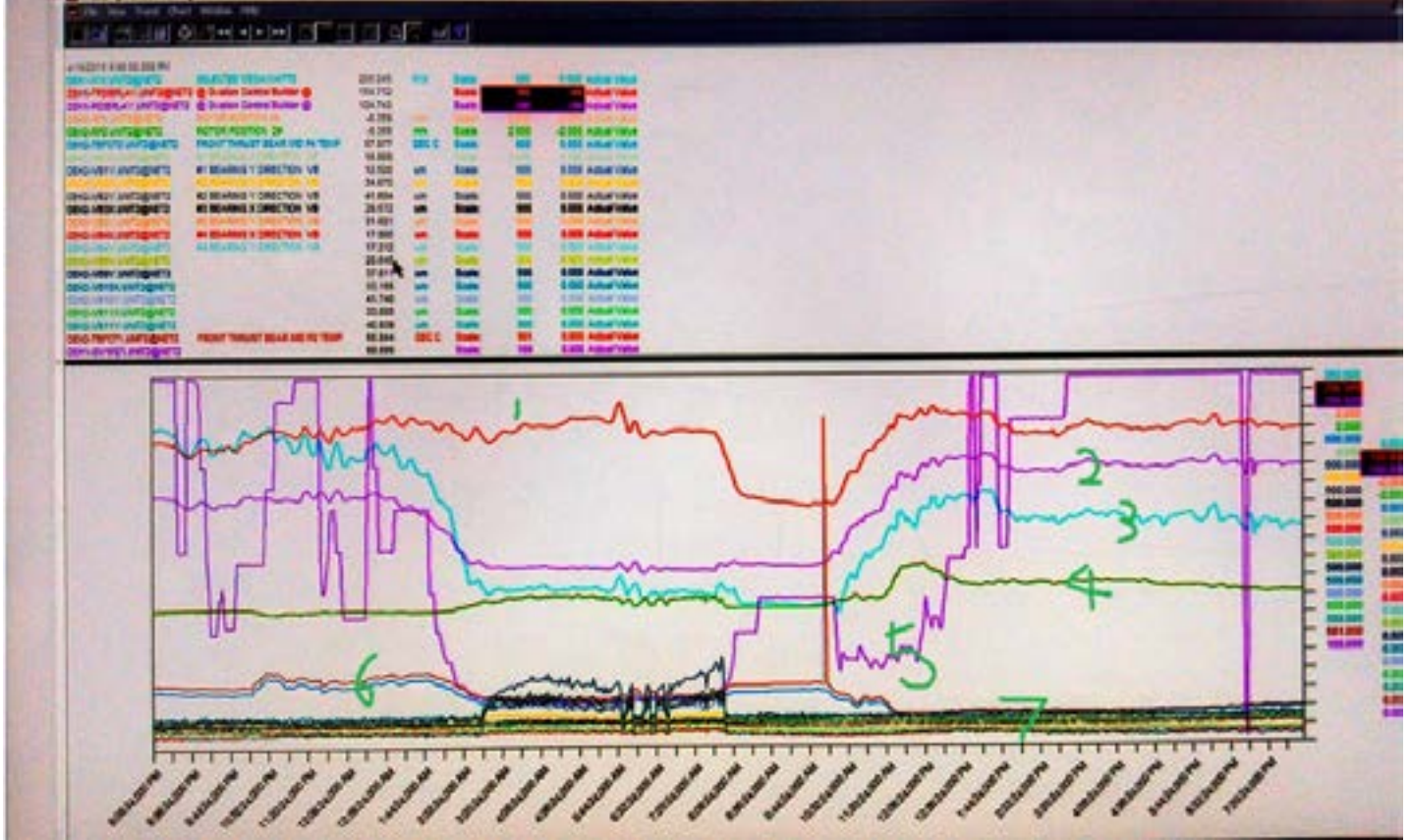
2.2 2015 年 4 月 18 日 20: 15 #2 机组至 300MW，调节级压力 10. 3MPa(压力偏低)，轴向位移 -0. 50/-0. 52mm(负值方向偏大)，其余各运行参数正常；



2.3 2015 年 4 月 19 日 2: 27—06: 54 负荷 138MW—145MW 之间，机组出现大幅度波动 17---80um. (见图 2)

2.4 2015 年 4 月 19 日 08:01—10:06, 负荷由 145MW 降至 132MW，各轴振动值均下降均在 48um 以下，振动恢复正常；

2.5 2015 年 4 月 19 日 10: 06 机组开始升负荷，12: 56 负荷由 132MW 升至 230MW，此时主汽压力 16. 6MPa, 调节级压力 13. 0MP 偏大(图 3 中 2 线)，GV 开度 50%, 随后机组 GV 阀逐渐至全开状态，就地确认各阀均在全开位(图 3 中 5 线)，但负荷无明显变化，仍在 200---230MW 作用，且机组随负荷增加轴向位移由 -0. 46/-0. 47mm(132MW) 至 -0. 34/-0. 35mm(201MW) 向正值方向(发电机方向) 窜动(图 3 中 4 号线)，调节级压力最高升至 16. 6MPa(230MW) (图 3 中 1 号线)，再热器压力基本对应其相应负荷。



3. 初步分析及应对措施

3.1 初步分析

鉴于以上机组现象及表 1 中分界行(已标带颜色) 上下数据分析：机组在 4 月 19 日 10: 06 后升负荷阶段主汽压力基本处于高压状态，调节级压力在分界行下数据出现大幅度提升，230MW 负荷时调节级压力已高达 13. 0MPa(机组 300MW 正常压力为 12. 0MP 左右)，超出设计值；而轴向位移在分界行后随负荷增加向正值方向窜轴相应推力瓦工作面温度下降，机组差胀及缸胀均在正常范围内。综于以上分析得出结论：机组调节级及其后压力级通流面积减小造成(结垢、主汽滤网破损及调节级叶片损坏)。因再热蒸汽压力基本处于所对应负荷压力，故中压通流部分畅通，再从图 2 各振动曲线分析，振动上升极有可能是汽轮机结垢过程，造成转子不平衡造成，后又平稳为结垢后期表现(调节级附近为最易造成结垢部位) 。

3.2 应对措施

- (1) 鉴于前期运行期间调节级压力偏低，已提前对机组调节级压力变送器进行了现场排查核实工作：变送器在线排污、变送器量程核实，以及现场架装压力表（实际压力与DCS显示压力相同）。
- (2) GV 阀位全开时至就地检查各主汽门及调门实际均在全开位；
- (3) 对 GV 阀逐个进行开关试验，各阀由 100% 关于 50% 时负荷、主汽压力及调节级压力均无变化（214MW）；各阀均在 50% 以下参数有所变化，至 0% 时负荷降至 203MW，主汽压力略有上升，调节级压力由 12.82MPa 降至 11.5MPa(各单阀试验变化基本一致)，基本排除 GV 阀本身问题。
- (4) 要求业主提供机组近期水质化验报告。

#2 机 4 月 18—19 日带负荷数据表												
时间	负荷 (MW)	主汽压 力 (MPa)	调节级 压力 (MPa)	再热器 压力 (MPa)	轴向位 移1(mm)	轴向位 移2(mm)	推力瓦 工作面 温度 (°C)	差胀 (mm)	缸胀 (mm)	#5 抽 压力 (MPa)	#7 抽 压力 (MPa)	#6 抽压力 (MPa)
4月18日												
20:01	208.1	14.6	10.2	3.02	-0.5	-0.51	96.3	7	24.48	5.70	3.32	1.78
20:15	300	14.72	10.3	3.04	-0.5	-0.52	96.6	6.98	24.65	5.82	3.34	1.8
20:30	298	14.58	10.2	3.02	-0.5	-0.51	96.7	7	24.7	5.78	3.31	1.79
20:40	290	14.26	9.95	2.94	-0.5	-0.51	94.9	7.06	24.72	5.63	3.23	1.75
20:53	277	13.5	9.48	2.8	-0.49	-0.5	91.2	7.09	24.83	5.38	3.08	1.68
21:11	292	14.2	9.99	2.96	-0.49	-0.51	94.2	7.04	24.95	5.65	3.25	1.75
21:43	284	14.3	9.75	2.89	-0.49	-0.5	92.8	7.09	25.17	5.52	3.17	1.71
22:07	205	14.7	10.3	3.03	-0.49	-0.5	93.5	7.1	25.2	5.81	3.32	1.79
22:29	300	15.5	10.2	3.06	-0.54	-0.54	120.8	6.86	25.2	5.96	3.36	1.81
22:41	288	15.6	9.99	3	-0.54	-0.55	114.9	6.81	25.3	5.88	3.29	1.77
23:04	276.8	15	9.94	2.89	-0.53	-0.54	104.5	6.88	25.34	5.85	3.17	1.71
4月19日												
01:04	205	16.0	10.1	2.92	-0.54	-0.54	112	6.7	25.3	5.96	3.21	1.72
1:32	265	16.4	9.18	2.89	-0.54	-0.54	111.4	6.82	25.34	5.59	2.97	1.59
2:00	232	15.6	7.69	2.37	-0.51	-0.54	105	6.61	25.34	4.98	2.63	1.4
2:30	100	15.1	5.61	1.05	-0.49	-0.5	99	6.61	25.36	3.9	2.05	1.09
3:12	147	14.9	4.48	1.52	-0.43	-0.44	78.7	6.64	25.3	3.21	1.7	0.88
4:00	148	15.8	4.47	1.52	-0.38	-0.39	73.3	6.68	25.34	3.21	1.7	0.88
5:00	147	16.4	4.30	1.52	-0.4	-0.4	72.1	6.66	25.24	3.2	1.7	0.80
6:00	147	15.3	4.3	1.5	-0.43	-0.44	74.4	6.52	25.09	3.16	1.67	0.87
7:00	145	15.4	4.18	1.5	-0.41	-0.42	74.5	6.66	25.02	3.16	1.67	0.87
7:40	141	15.2	4.1	1.46	-0.39	-0.4	75.6	6.77	25.03	3.1	1.63	0.84
8:28	132	10	4.5	1.35	-0.52	-0.52	90	6.9	24.95	2.92	1.51	0.78
10:06	133.6	9.5	4.7	1.37	-0.5	-0.51	91	7.84	24.97	2.98	1.54	0.79
10:16	132	9.4	5.5	1.37	-0.48	-0.47	78	8.05	24.95	2.95	1.54	0.79
10:30	145	11	6.4	1.51	-0.44	-0.45	74.8	8.13	24.95	3.21	1.68	0.87

10:38	160	12	7.49	1.67	-0.41	-0.42	67.6	8.24	24.99	3.52	1.87	0.97
11:00	175	13.7	8.4	1.05	0.41	0.42	67.2	8.15	24.95	3.00	2.05	1.00
11:14	184	14.4	8.8	1.91	-0.42	-0.43	69.1	8.02	24.95	4.04	2.12	1.12
11:28	205	15.7	10.6	2.15	-0.304	-0.316	52.1	8.1	24.96	4.49	2.37	1.26
11:38	219	16.6	11.8	2.28	-0.09	-0.11	47.4	8.19	24.99	4.78	2.5	1.33
12:05	210	16.9	12.2	2.27	0.054	0.060	47.4	7.94	24.99	4.04	2.5	1.30
12:20	231	17.2	12.9	2.4	-0.126	-0.139	48	7.79	25.01	5.11	2.64	1.4
12:52	230	16.6	13	2.4	-0.247	-0.256	50.2	7.56	24.96	5.16	2.64	1.4

4. 处理意见
- 经现场现象及分析结论，决定机组停运、揭缸进行检查：
- 5.1 2015 年 4 月 20 日 03：44 机组停运
- 5.2 2015 年 4 月 23---25 日对 #2 机左右侧主汽阀门及高中压调门进行检查，右侧主汽滤网有少量堵塞现象，GV 阀见一层白色垢质（部分较硬），调阀及主汽阀白色垢质较轻。
- 图 4---7
- 5.3 2015 年 4 月 23 日对机组凝汽器注水检漏，未发现漏点。



图 4 右中主
图 6 GV 阀



图 5 右中主
图 7 中压调阀



5.42015 年 5 月 1 日 07:30 汽轮机高内缸上 / 下温度: 133/123℃, 高压外缸上 / 下温度: 104/99℃. 开始拆除保温;
5.52015 年 5 月 1 日 11:45 汽轮机停运盘车, 停运润滑油系统。
5.62015 年 5 月 5 日, 揭高中压外缸上半, 内缸外壁情况见图 8

图 8 高压内缸外壁



5.7 2015 年 5 月 6 日, 揭高中压内缸上半。发现调节级动静叶片结垢堵塞严重(进行现场垢质取样), 后各压力级动静叶片堵塞逐渐减弱。中压动静部分覆有一层较松软白垢, 无堵塞现象。见图 9—13

图 9 中压转子全貌



图 10 高压转子全貌



图 11 调节级静叶片

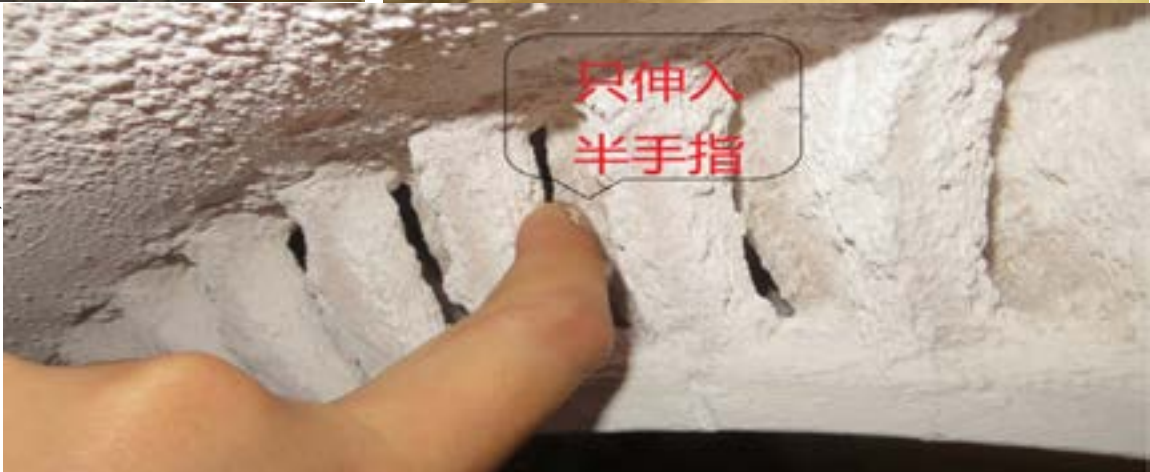


图 12 调节级动叶

图 13 高压压力级动叶



5. 结论及防范措施

5.1 结论

从现场揭缸情况看, 再次确认 #2 机无法带满负荷是由于高压叶片严重结垢, 通流面积减少造成。

2015 年 5 月 7 日, 业主给出垢质化验报告, 成份为 NaCl。说明水质中含有盐份较多。而造成结垢的主要原因为热井排水只有一个电动门, 且排水管道与各循环水排空气管道汇合后直接循环水排污坑, 经查机组运行过程中电动门内漏, 造成排污坑内含有较高盐份的污水吸入热井进入系统循环所致(排污坑满水)。

- 5.2 防范措施及改造
- 5.2.1 加强水质及蒸汽品质管理，加强培训并制定好蒸汽监督工作制度。
- 5.2.2 将循环水排空管道与热井管道割开，热井排污管道设计单独一根管道，将热井放水电动门后管道向下 20 公分管道割去，另加装 1 只手动门。
- 5.2.3 凝汽器检漏装置应投入在线运行。
- （1）注意监视各排污坑水位，保证排污泵工作正常。
- （2）加强水质化验及系统加药工作，发现超标后及时进行排污工作。
- （3）加强对系统的清理工作：前期运行期间凝泵滤网、电泵滤网及主汽门滤网均有堵塞现象，且凝汽器及除氧器内部发现较多泥沙（见图 14—16）。加强系统清理工作，包括化学至系统补水管道的检查清理。
- （4）试运前期确保系统酸碱洗、吹管及洗硅过程中的质量。

6. 结束语

综上所述，水质及蒸汽品质是一个非常重要的指标，对机组的安全、经济运行起到决定性的作用，人员应掌握各项技术指标，发现问题及时汇报、处理。此次因高加不锈钢管全部发生晶间腐蚀，造成大量泄露，对三台高加进行更换。揭缸后对转子进行喷砂探伤处理，后期又制定专门方案对本体及各抽汽管道进行带低负荷湿蒸汽进行系统冲洗。处理结束后，机组带满负荷正常运行，保证机组的安全、经济运行。

某公司汽轮机排汽装置真空低原因分析及整改措施

调试事业部 毕林思

【摘要】机组调试阶段，系统投运及机组整套启动过程中真空值一直较低，严重影响机组的安全经济运行。经全面检查、分析和试验，提出改进方案并付诸实施，解决了此问题。

【关键词】真空；真空泵；汽轮机；端差；过冷度；真空严密性

某公司 2×330MW 机组是东方汽轮机厂生产的 CZK330/292-16.67/0.4/538/538 型汽轮机为亚临界一次中间再热、单轴、双缸双排汽、直接空冷供热汽轮机，机组真空系统的主要设备为 2 台 2BW50K4 型水环式真空泵和上海电气冷却技术有限公司的直接空冷系统（ACC 系统）。ACC 系统由 12 列总共 600 片换热管束和 12×5=60 台风机组成，在布置为冷凝器的管子内，冷凝液按蒸汽流动方向流动，则称该管束为顺流管束（Parallel flow condenser, 简称 Pfc）。在布置为分凝器的管子内，冷凝液按蒸汽流动相反方向流动，则称该管束为逆流管束（Counter flow condenser, 简称 Cfc），产生的凝结水受重力作用通过凝结水管道流入凝结水箱，每列 3 单元为顺逆流混合单元。辅真空泵设计一运一备。#1 机组在调试过程中针对存在真空低问题进行了原因分析探讨并找出解决办法。

1. 真空低对机组的影响

1.1 火力发电机组热经济性取决于工质的循环过程中的各种损失及循环效率，众所周知，理想循环时的冷源损失是电厂能量转换过程中损失最大的部分，而真空及排汽温度则直接影响着这部分损失，真空降低使机组的汽耗量增加。由于真空降低，使机组的排汽压力、排汽温度升高，焓降降低，做功能力降低，机组的热经济性降低。严重时还将会引起汽

轮机低压缸胀差发生异常变化和低压缸变形，造成机组振动增大，严重时造成故障停机。

1.2 真空降低，使凝结水过冷度增加。凝结水每冷 1℃，汽耗率将会增加 0.1% 左右。由于空气的存在，降低了排汽装置的除氧效果，使凝结水中凝结了一些气体，凝结水中溶氧的存在，造成凝结水设备及管道的氧化腐蚀，影响机组的安全运行。

1.3 为了提高真空，提高轴封压力及流量，使汽耗量增加。同时会造成油中进水量增大，破坏油质，机组运行稳定性差，影响机组的安全运行。

因此，为了保证机组的安全、经济运行，必须保证排汽装置真空在设计范围内，否则，必须查明原因，采取有效措施，消除隐患。

2. 真空低的原因探讨及其对策

机组在整套启动过程中进行了多次真空严密性试验以及查漏堵漏工作，真空平均每分钟下降值有 0.376kPa/min 改善至 0.279kPa/min，与 0.200kPa/min 的合格标准还有一定的距离，而在整个机组运行过程中，机组额定负荷下机组真空只有 -73kPa（当地大气压为 89kPa）左右，经济性极不理想，通过分析，影响真空的因素有以下几个方面：

2.1 真空系统严密性差，空冷系统汽侧积空气

真空系统的严密性差，使空气漏入空冷岛和排汽装置内，空冷系统内空气含量增大。按设计要求真空严密性为 0.200kPa/min，实际在整个调试过程中真空严密性在 0.38kPa/min 左右。自机组启动后，通过常规查漏方式找出并消除了轴加多级水封、再热热段疏水短路、真空泵冷却水温度、空冷系统排汽管道及低压缸安全膜等漏点、通过调整轴加液位、改造、水量调整、涂黄油跟换垫片等方式，真空值提高了 2.8Kpa。

2.2 轴封送汽调整试验

低压缸轴封供汽压力低，在机组设计低压轴封前后汽封为一根母管，且前、后汽封管段无调整手段，无法调节前、后汽封的进汽压力。由于前后汽封的蒸汽阻力不同，所以送气压力难以调整或跟踪，导致轴封漏空气。对此根据压力匹配的原则，进行的设计改造，在前、后汽封送汽管段加装手动阀门，到达轴封进汽的手动调节，真空明显改善。

2.3 汽泵密封水供、回水水量调整

汽动给水泵密封水设计为凝结水，设计为供水压差 100±10kPa, 密封水回水阀全开。在运行过程中发现供水压差按照设计参数设定，有大量水汽从汽泵轴端冒出，造成蒸汽浪费，经济性下降。而且还造成润滑油进水，油质水分超标，油质恶化，影响了安全运行。对此对密封水进水流量进行的调整，减小了供水流量，相应的回水水量也减少，回水至排汽装置水量减少，导致汽泵密封水回水多级水封筒工作失常，影响机组真空，使真空下降。针对此种情况，采取调整回水手动门开度，在保证汽泵密封水正常工作的前提下，将回水阀开度调整至最小开度，真空有明显改善。

2.4 真空泵补水水源设计改造

在机组运行过程中真空泵起到维持真空的作用，为了检测真空泵的运行状况，通过启停备用真空泵发现真空有明显变化，可判断为真空泵出力不足。随后对真空泵冷却器进行了检查，发现冷却水进出水温差正常，但是工作水温较高，分析认为是补水水源设计为凝结水，而凝结水的温度在机组高负荷时水温较高，严重影响换热效果，进而影响真空泵的正常工作，造成出力不足。对此决定进行设计变更，补水水源有原来的凝结水跟改为除盐水，改造结束后，再次投运，真空有明显的改善，问题得以解决。

3. 结束语

综上所述，机组真空一个综合性的问题，在运行中，相关人员应掌握空冷风机的运行状况（或循环水出入口温度、温升）、排汽装置端差，凝结水过冷度等着些重要数据的变化情况，注意检查高压蒸汽疏水阀的严密性，真空泵、汽泵密封水及轴封系统的工作情况，及时发现并采取有效的措施，经过综合治理，机组真空已到达为 0.180kPa/min 的水平。

原水预处理系统调试要点概述

调试事业部 刘斌

电厂用水一般为海洋、湖泊、江河的地表水以及地下水。往往含有许多杂质，这些杂质常常是一些常见元素的化合物以及少量单质或复杂化合物等，因此需对其进行处理，使其达到电厂生产所要求的水质。

1、原水中的离子和主要化合物

水中的杂质可按其分散颗粒的大小分为：悬浮物、胶体和溶解物质。悬浮物一般是粒径 10-4mm 以上的粒子，它们在水中不稳定，可在重力或浮力的作用下去除，常为砂、粘土类化合物及动植物类的产物；胶体的粒径在 10-6 ～ 10-4mm，常为不溶于水的分子所组成，胶体粒子比表面大、活性大并带有负电荷，它们常是铁、铝、硅的无机化合物和有机胶体，胶体可用混凝、澄清与过滤工艺去除；溶解物质是指粒径小于 10-6mm 的离子和一些溶解气体，采用离子交换、电渗析、反渗透的工艺可将其去除，水中的二氧化碳、氧气等溶解气体也是水处理工艺需除去的杂质。

2、原水预处理

预处理的主要任务就是除去水中的悬浮物和胶体，为除去溶解物质打好基础。预处理的方法主要有混凝处理、澄清处理和过滤处理。

混凝澄清处理设备种类有高密度沉淀池（八一项目）、混合反应沉淀池（花溪项目）、机械加速澄清池（滨化项目）

过滤处理设备多采用重力式空擦过滤器（八一、花溪）、变空隙重力式砂滤池（滨化）

2.1、高密度沉淀池（八一项目）根据化学强化一级处理的原理，混合采用机械搅拌快速混合，絮凝阶段采用机械絮凝与水力絮凝相结合。絮凝池在前段设置提升搅拌机，部分沉淀的污泥回流至前段，助凝剂也投加在前段，脱稳的原水与絮凝池的絮体形成有效碰撞，结成粗大颗粒，进入后续的反应段，通过水力作用进一步形成粗大、密实的矾花。沉淀池部分根据浅层沉淀的原理，采用斜管沉淀池的形式，使沉淀池的表面水力负荷明显提高，高效沉淀池流程框图。



为了提高工艺的沉淀效果，尽量减少残留的碳酸盐硬度，本期工程在处理过程中投加适量的凝聚剂与助凝剂，通过压缩双电层作用使分散的悬浮物、CaCO3 结晶、有机物、有机粘泥、胶体物等带电体失稳，在机械混合搅拌和高分子助凝剂架桥与网捕作用下，颗粒物质碰撞结合长大，使污染物变的容易沉降。

常用的絮凝剂为聚合硫酸铝等铝盐，本期工程因含城市中水所以设计使用聚铁，助凝剂经常使用聚丙烯酰胺，同时加入硫酸调节 pH 值。通过投加这些药剂，可以去除了一部分悬浮物；调节石灰加入造成的 pH 值的升高；把石灰没有去除的碳酸盐硬度转化为溶解度较大的非碳酸盐硬度。

石灰处理常与混凝处理配合使用，对水进行深度处理。具体工艺为向反应池中加入

混凝剂、助凝剂和石灰乳，同时加入次氯酸钠、硫酸等辅助药剂。利用凝聚剂、助凝剂与反应产物 CaCO3、Mg（OH）2 及源水中污染物形成共沉淀，缩短了沉淀时间，减小了澄清池体积，减少了占地面积；借助澄清池合理的结构和水力流动性能，以及污泥回流，充分发挥活性泥渣的絮凝作用，通过网捕作用提高了沉淀效率。

采用石灰混凝处理工艺，具有以下优点：

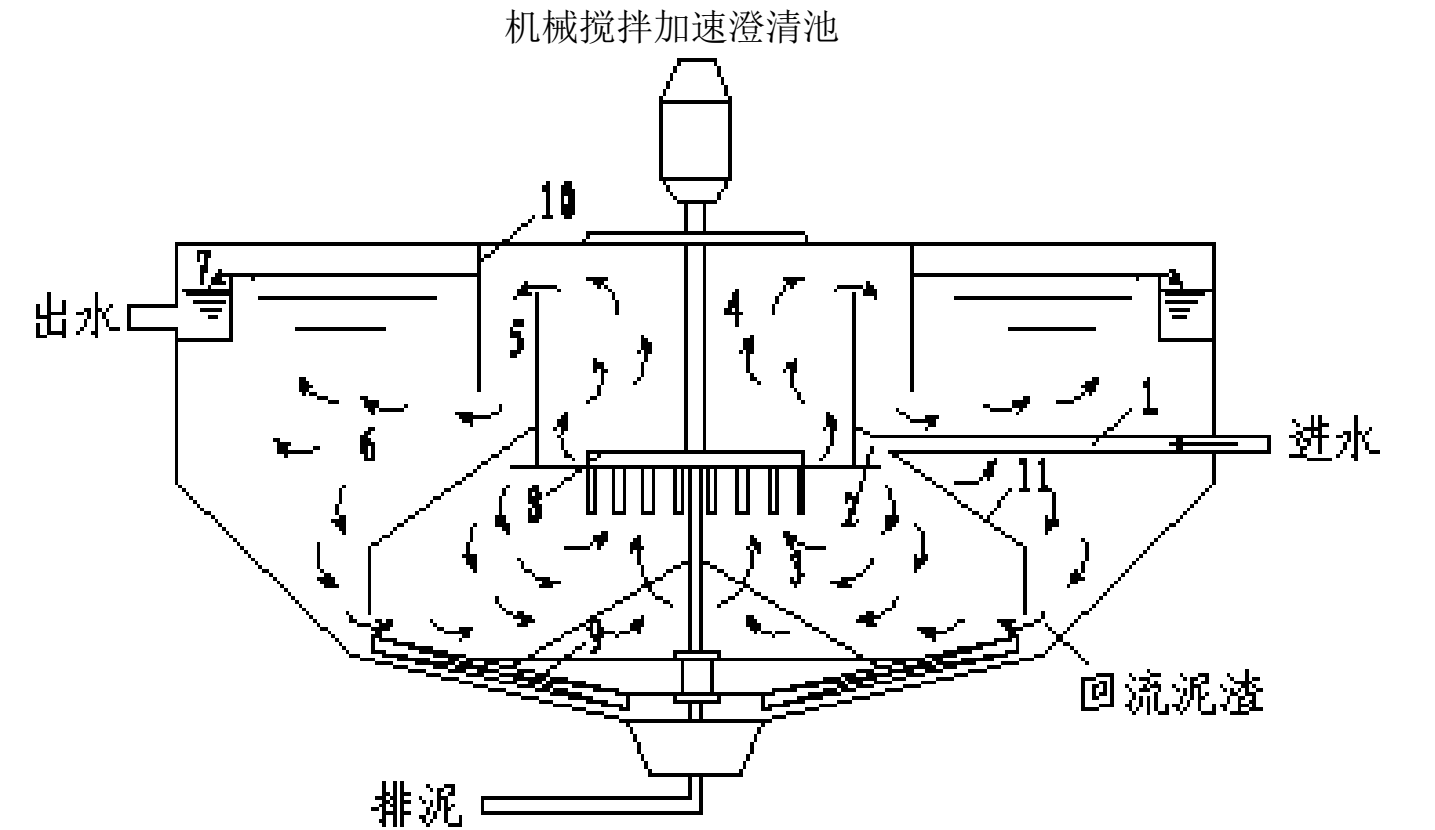
- 1）水质适用范围广，运行费用低，对环境污染小；
- 2）可以除氮、磷；
- 3）可以去除钙、镁、硅、氟的一部分，对水质可进一步软化；
- 4）可以去除重金属及其离子；
- 5）可以降低细菌及病毒含量；
- 6）可以降低悬浮态无机物和有机物；
- 7）可以大大降低出水碱度。

2.2 混合反应沉淀池（花溪项目）

与高密度沉淀池相比混合反应沉淀池无需搅拌和提升，反应区为 S 型上下循环流水，增加反应混合接触面积和时间，提高聚凝效果，澄清池底部排泥周期相对较短。加药常用聚合氯化铝等铝盐及次氯酸钠杀菌剂。

2.3 机械搅拌加速澄清池

下图所示为机械搅拌加速澄清池（简称机械加速澄清池）。池体采用钢筋混凝土结构，由第一反应室、第二反应室、导流室、分离室组成。池中心设有电动搅拌机，池底装有电动刮泥机。此外，还设有进水系统、排泥系统以及其他辅助设备。



1 ～进水管；2 ～配水槽；3 ～第一反应室（混合室）；4 ～第二反应室；5 ～导流室；6 ～分离室；7 ～集水槽；8 ～机械搅拌机；9 ～刮泥机；10 ～导流板；11 ～伞形板

机械加速澄清池是一种引进型机械加速澄清池，澄清池是利用池中积聚的泥渣与原

水中的杂质颗粒相互接触、吸附，以达到清水较快分离的构筑物。原水沿切线方向进入第一反应室搅拌叶轮上方，搅拌叶轮旋转时，将池底泥浆提升到第一反应室，并与原水、石灰乳、絮凝剂、助凝剂迅速均匀混合，发生絮凝。水和初步形成的絮凝物进入第二反应室后，强力旋转的水流在此处被整流，形成轻度的湍流，从而有利于微小絮凝胶粒的长大和悬浮的回流泥渣颗粒粘附。在分离区，水和泥渣颗粒分离，清水经集水槽送至下一处理工艺，泥渣除定期排出外，大部分参加回流。运行中回流泥渣水量为进水量的3～5倍，分离室内水的上升流速一般采用0.8～1.1mm/s，水在池内总停留时间约为1.2～1.5h。

澄清池内部设置第一反应室，第二反应室，同时设置了机械搅拌提升装置，这创造了快速混合、速度剃度递减和调节泥渣适宜循环量的良好絮凝条件。池中设置底部刮泥机，底部坡度很小，相当于全池刮泥，这样即保证了较重的石灰处理沉渣良好的排放，又提高了池容积的利用率。同时，搅拌浆和刮泥机采用同轴驱动，减速传动机构设计巧妙，驱动功率很小，动作比较灵活。

澄清池出水应保证浊度≤5NTU，控制出水余氯：0.2～0.5mg/L，暂时硬度2～3mmol/L。

2.4 重力式空气擦洗滤池

重力式空气擦洗滤池是在无阀滤池的基础上增加了空气擦洗功能，使反冲洗过程由简单的水冲洗发展到水冲洗、气冲洗、水－气混合等多种冲洗方式，使滤料的清洗更彻底、出水水质更好，现已广泛应用于水厂、电厂、化工、煤矿等领域，用于地表水净化、地下水及河流水净化，循环水旁流过滤、生产废水除悬浮杂质、有机污水经生化处理和二次沉淀处理后的后续过滤以及室内游泳池水的过滤，是一种理想的水处理设备。

2.5 变孔隙重力式砂滤池

本型式滤池设计位于原水预处理系统中澄清池之后，清除澄清后的残余颗粒物，它是水的澄清过程的辅助处理设施。过滤一方面可以进一步改善清水质量，另一方面可以在澄清池运行出现异常，出水质量波动时，承担保护作用。正常情况下澄清水浊度设计值为5mg/L时，过滤出水浊度为≤2mg/L，运行周期≥24h。

变孔隙滤池属于深层过滤滤池，具有如下特点：滤速较高；阻力小；截污能力较大；周期长；可以彻底反洗。

本型式滤池可以有效截留水中可见形颗粒物质，滤层间亦可发生同向凝聚作用，对水中残留的颗粒产生聚合并被截留。

滤池出水应保证浊度≤2NTU。

过滤机理包括机械拦截、沉淀及吸附等作用。过滤周期初始时，滤料孔隙较绝大部分待滤杂质尺寸为大，故其对于悬浮杂质的截留以吸附作用为主。随着过滤周期的进行，滤料颗粒表面逐渐为截留杂质颗粒所占据，孔隙尺寸变小而机械拦截作用加大。在过滤的过程中，主要有机械筛分作用外，还有以下一些作用：

- 1) 吸附：滤料颗粒表面吸附了水中的颗粒。
 - 2) 架桥：截留下来的悬浮物在滤料颗粒表面发生彼此重叠和架桥的过程，因此形成了一层附加的滤膜。
 - 3) 混凝：在凝絮、悬浮物和砂粒表面之间发生与混凝作用相同的颗粒凝集过程。
- 滤池在运行中效果的好坏，可以用测定出水的浊度、水通过滤层时的压力降以及液位高低和出口流量及出口门开度来监督。水通过滤层时的水头损失达到一定程度或出水浊度超标时，表明滤层中已污脏严重，可进行反洗。

滤料是过滤装置的基本组成之一，根据具体条件选取滤料，确定滤料颗粒的级配和滤料层高，对保证过滤效果有很重要的意义。作为滤料，它应满足一定的工艺要求，这些要求是：足够的机械强度，良好的化学稳定性，适当的粒度组成。

【童言无忌】

老照片的记忆
——我经历的时代故事

六年级·王雨帆（家长：张晓红）


作为一个生长在新千年少先队员，对于改革开放初期的时代特征，我一直没有什么概念。直到一天，在爸爸的朋友家做客，偶然翻阅了一本尘封已久的相册，历史的画卷，才缓缓向我拉开。

第一张照片是黑白照，背景很容易认出，是济南火车站。站前的广场一样的熙熙攘攘，人们穿着带有那个时候特色的喇叭裤，烫着“大背头”，手中没有轻便的拉杆箱，全都背着沉重的行李包。除了公交车，照片上出现最多的就是自行车了。爸爸告诉我，那时的火车都是绿皮的内燃机车，速度慢，环境差，出行很不方便，而城市交通，主要靠的就是公共汽车和自行车。我想，时代的发展，使人们的出行选择丰富多样，可以自驾、可以乘坐高铁，还可以选择飞机。时间短、舒适度高，可以随时来一次想走就走的旅行。

第二张照片还是黑白色调，拍摄的地点是济南百货大楼，只有四层，但在周边低矮的、参差不齐的房子映衬下，已经显得十分高大。据说当时的济南商场不多，高楼也少，还有很多人居住在城市里的棚户区、平房区。而现在抬眼看向窗外，现代化的居民小区高楼林立，周边商场、医院、学校配套完善。百货大楼已经失去了往日的荣光，现代的人们更喜欢到综合的商业体中去感受时尚的魅力。

第三张照片是一张彩照了，照片的中心便是我们泉城济南著名的趵突泉。照片中的泉水在蓝天白云和四周红花绿柳的映衬下充满活力地喷涌着。虽然照片有些退色，但是仿佛仍然能够从照片中感受到当时清新的空气和优美的环境。这时的我不禁有些黯然，时代的潮流，已经把济南变成了一座充满活力的大都市。然而，我们为此也付出了空气质量恶化、自然生态破坏这样的沉重代价。但是近年来，国家和各级政府已经充分意识到生态环境的重要性，我们身边的蓝天正在逐渐多了起来。

一张张济南的旧照，与我日常记忆中的济南在脑海中反复交织，也让我深深感受到时代的变迁。改革开放四十年，无论是城市面貌还是人们的衣食住行都发生了巨大的变化。人民的生活变得更加富裕，国家变得更加富强。如今，时代的接力棒即将传递到我们的手中，为了使我们的济南、我们的祖国更加繁荣昌盛，我们必须努力学习，跟上时代的脚步，为中华民族的伟大复兴，贡献我们自己的力量。



中能人·生日祝福

本月过生日的寿星们：

吴丹的生日是 10 月 1 日	刘瑞博、柳盛林的生日是 10 月 2 日
王磊的生日是 10 月 3 日	刘明的生日是 10 月 6 日
马赛生日是 10 月 7 日	隗彦民的生日是 10 月 16 日
刘以坤的生日是 10 月 22 日	韩振奎、郭瑞涛的生日是 10 月 12 日
班立锐的生日是 10 月 26 日	王先民的生日是 10 月 27 日
吕洋洋的生日是 10 月 29 日	

祝事业正当午，身体壮如虎，金钱不胜数，干活不辛苦，
祝福大家生日快乐！

