

云南天安化工有限公司黄磷公司空压站

Bon Aqua 超磁水处理系统实验报告

(2016年8月2日-2017年2月14日)



编制单位：云南天安化工有限公司技术中心

编制时间：2017年3月7日

1. 实验项目背景及概况

黄磷公司空压站冷却水循环系统水源取自生产水，正常生产运行过程中，主要添加缓释阻垢剂、杀菌灭藻剂对循环水进行改善处理。控制指标：有机磷：2-4PPM，pH：8-8.5，浊度<10PPM，浓缩倍数<2.5，指标超上限时、杀菌灭藻后必须排放。由于加药间歇方式、凉水塔直接暴露、设备维护等因素，冷却水循环系统仍然存在蓝藻及细菌、结垢等情况，空压机高温停机检修时有发生，需要不定期地对冷却器进行清洗或者更换。

2016年7月份，由云南汇华杰贸易有限公司和我公司总工室、生产部、黄磷公司、硫酸厂等部门进行了 Bon Aqua 超磁水处理产品的交流，最终确定在黄磷公司空压站冷却水循环系统进行实验性安装。

云南汇华杰贸易有限公司对项目现场进行了实地考察并出具了初步的科研方案，双方确认后于 2016 年 7 月份签订试装合同。试装项目由总工室牵头，黄磷公司具体负责日常使用数据的记录和监测。实验合同期限自 2016 年 8 月 2 日到 2016 年 11 月 2 日。合同到期后我公司对 Bon Aqua 超磁水处理产品的除垢效果存在有一定的疑问，主要是除垢情况未达到预期效果。经双方协商在 3 号空压机 3 支冷却器完全清洗和 5 号空压机更换两支全新的油冷却器的基础上进行重新试验鉴定，重新鉴定的试验日期：2016 年 11 月 2 日-2017 年 2 月 2 日。

2017 年 2 月 2 日试验完成。双方协商于 2017 年 2 月 14 日对 3 号空压机和 5 号空压机进行停机、拆除冷却器效果鉴定。

2. 安装情况介绍

云南汇华杰贸易有限公司于 2016 年 8 月 2 日在我公司空压站安装了 Bon Aqua 超磁水处理系统，用以取代先前的药剂来对循环水进行处理。

安装情况简介如下：

设备地点：黄磷公司空压站冷却系统

保护设备：250kW 水冷式阿特拉斯空压机*6，22kW 水泵*1，500m³/h 冷却塔*2

设备类型：开放式循环水冷却系统

安装调试：Bon Aqua China

运行时间：2016 年 8 月 2 日-2017 年 2 月 14 日

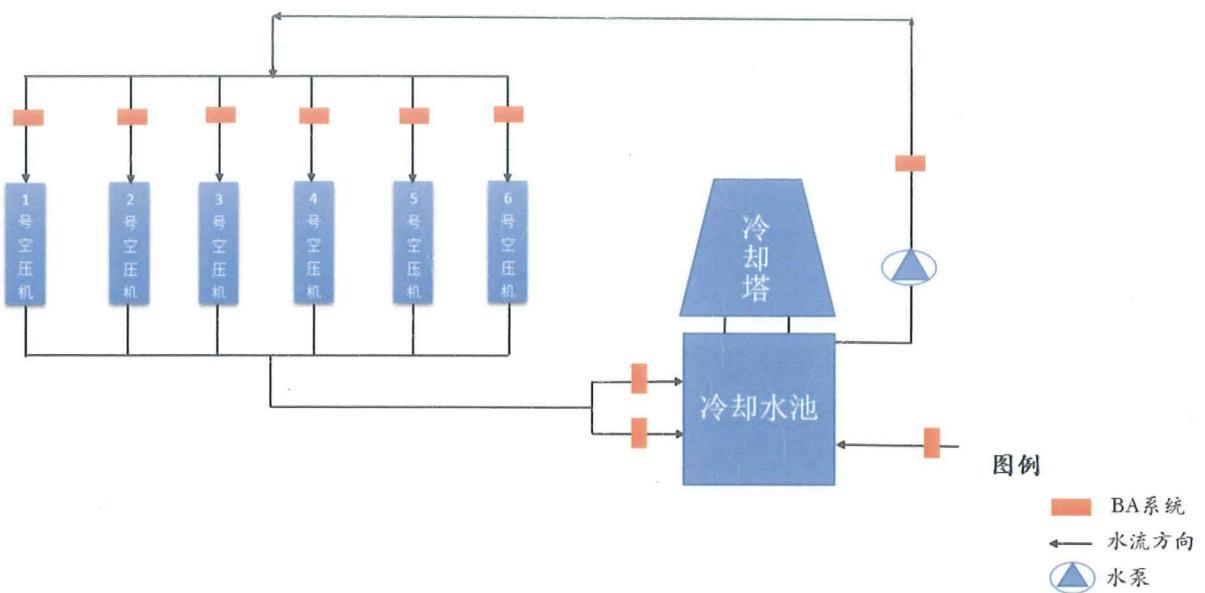


图 1: 工艺流程图

安装情况：共安装 77 个单元，具体安装位置及数量如下：

BON AQUA
工程订单及安装报告

云南云天化天安有限公司
 空压站

(联系方式) _____

工程单号# RT-BH-160801

采购单号# RT-BH-160701

Bon Aqua CHINA

安装方

销售方

日期: 2016年8月1日

设备: 250kW ATLAS 空压机 & 22kW 水泵 反洗装置 X1, 1000Ton 冷却塔

读数:	补水	系统	冷凝水
pH值:	7.9	8.7 (特殊)	
铁离子:			
碳酸钙 (CaCO ₃):			
TDS/Cond:	84	109.8 (进) 107 (出)	
酚酞碱度:	4.05	8.10	
其他读数: (特殊)	硬度 2.48	5.43 蒸汽温度: (锅炉)	

安装细节:

连通性检查: B.A. 接地线: _____

#管线	尺寸	类型		
6	DN 60	进水管(空压机)	4 Units	24
2	DN 350	回水管(冷却塔)	19 Units	38
1	DN 300	增强器(水泵房)	9 Units	9
1	DN 100	补水管(冷却塔)	6 Units	6
				77

备注: (藻类、泄漏、锈斑、穿孔等等) 请尽可能详细记录

冷却塔边角及外部地面藻类较多; 无泄漏、穿孔; 回水管线外部有部分锈斑, 不影响使用。

视频、图片资料记录: 是 否 _____

解释说明技术手册并交与客户: _____

签字 (盖章): _____

经销商: _____

图 2: 安装订单及工程报告

施工进度		安装流程及检测			施工进度	
事项	完成情况	备注	检查	完成情况	备注	
确定安装位置 (50cm 直管道)	✓	✓	尽量靠近设备端	✓	✓	
抛光无漆面+3 (大+小)	✓	✓	10cm 宽环+1, 4cm²×2	✓	✓	
涂抹防锈粉	✓	✓	均匀覆盖	✓	✓	
安装 Bon Aqua 单元	✓	✓	水流方向与箭头方向一致	✓	✓	
搭建并联桥	✓	✓	Bon Aqua 前方、后方焊接	✓	✓	
寻找接地点	✓	✓	母线柜、接地绝缘外壳	✓	✓	
将铜导线用接头夹固定并接地	✓	✓	接地夹稳固性	✓	✓	
检查电气连续性	✓	✓	等电位处无电位差	✓	✓	
用塑料捆带固定	✓	✓	所有接地带均专业固定	✓	✓	
			检查安装的牢固性	✓	✓	
			工作区是否清理干净	✓	✓	
			工具是否归类收齐	✓	✓	
			安装报告是否已填写完毕	✓	✓	
			工作单是否已签字留底	✓	✓	
			运行手册是否对客户进行讲解	✓	✓	
			是否将运行手册交给客户	✓	✓	

图 3：1、2、3 号空压机安装确认单


Bon Aqua International, Inc.


安装流程及检测					
事项	完成情况	备注	检查	完成情况	备注
确定安装位置 (50cm 直管道)	✓	✓	尽量靠近设备端	✓	✓ ✓ ✓
抛光无漆面-3 (2大1小)	✓	✓	10cm 离环=1, 4cm=2	✓	✓ ✓ ✓
涂抹防锈粉	✓	✓	均匀覆盖	✓	✓ ✓ ✓
安装 Bon Aqua 单元	✓	✓	水流方向与箭头方向一致	✓	✓ ✓ ✓
搭建并联桥	✓	✓	Bon Aqua 前方, 后方接接	✓	✓ ✓ ✓
寻找接地点	✓	✓	母线组、接地绝缘外壳	✓	✓ ✓ ✓
将钢导线用接地夹固定并接地	✓	✓	接地夹稳固性	✓	✓ ✓ ✓
检查电气连通性	✓	✓	等电位处无电位差	✓	✓ ✓ ✓
用塑料捆带固定	✓	✓	所有接地线均专业固定	✓	✓ ✓ ✓
			检查安装的牢固性	✓	✓ ✓ ✓
			工作区是否清理干净	✓	✓ ✓ ✓
			工具是否归类收齐	✓	✓ ✓ ✓
			安装报告是否已填写完毕	✓	✓ ✓ ✓
			工作单是否已签字留底	✓	✓ ✓ ✓
			运行手册是否对客户进行讲解	✓	✓ ✓ ✓
			是否将运行手册交给客户	✓	✓ ✓ ✓

技术人员签字

质量控制员签字

客户签字

图 4: 4、5、6 号空压机安装确认单



补回B 安装流程及检测			补回B 完成情况 备注		
事项	完成情况	备注	检查	完成情况	备注
确定安装位置 (50cm 直管道)	✓	✓	尽量靠近设备端	✓	✓
抛光无漆面×3 (2 大 1 小)	✓	✓	10cm 宽环×1, 4cm²×2	✓	✓
涂抹防锈粉	✓	✓	均匀覆盖	✓	✓
安装 Bon Aqua 单元	✓	✓	水流方向与箭头方向一致	✓	✓
搭建并联桥	✓	✓	Bon Aqua 前方、后方连接	✓	✓
寻找接地点	✓	✓	母线柜、接地绝缘外壳	✓	✓
将铜导线用接地夹固定并接地	✓	✓	接地夹稳固性	✓	✓
检查电气连续性	✓	✓	等电位处无电位差	✓	✓
用塑料捆带固定	✓	✓	所有接地带均专业固定	✓	✓
			检查安装的牢固性	✓	✓
			工作区是否清理干净	✓	✓
			工具是否按归类收齐	✓	✓
			安装报告是否已填写完毕	✓	✓
			工作单是否已签字留底	✓	✓
			运行手册是否对客户进行讲解	✓	✓
			是否将运行手册交给客户	✓	✓

技术人员签字 _____ 质量控制员签字  客户签字 _____

图 5：补水管及回水管 B 安装确认单

增回A 安装流程及检测			增回A 完成情况 备注		
事项	完成情况	备注	检查	完成情况	备注
确定安装位置 (50cm 直管道)	✓	✓	尽量靠近设备端	✓	✓
抛光无漆面×3 (2 大 1 小)	✓	✓	10cm 宽环×1, 4cm²×2	✓	✓
涂抹防锈粉	✓	✓	均匀覆盖	✓	✓
安装 Bon Aqua 单元	✓	✓	水流方向与箭头方向一致	✓	✓
搭建并联桥	✓	✓	Bon Aqua 前方、后方连接	✓	✓
寻找接地点	✓	✓	母线柜、接地绝缘外壳	✓	✓
将铜导线用接地夹固定并接地	✓	✓	接地夹稳固性	✓	✓
检查电气连续性	✓	✓	等电位处无电位差	✓	✓
用塑料捆带固定	✓	✓	所有接地带均专业固定	✓	✓
			检查安装的牢固性	✓	✓
			工作区是否清理干净	✓	✓
			工具是否按归类收齐	✓	✓
			安装报告是否已填写完毕	✓	✓
			工作单是否已签字留底	✓	✓
			运行手册是否对客户进行讲解	✓	✓
			是否将运行手册交给客户	✓	✓

技术人员签字 _____ 质量控制员签字 _____ 客户签字 _____

图 5：水泵后增强器及回水管 A 安装确认单

3. 实验运行情况

3.1 杀菌灭藻效果

8月2日安装完成，停止了化学药剂的添加后，杀菌灭藻效果初步显现。

被保护设备从2016年8月2日安装上Bon Aqua系统开始，我方按照使用要求停止所有化学药剂的添加，每天进行必要的运行数据记录。

安装后浓缩倍数逐步提升，空压机进出水温度的温差总体上逐步缩小后稳定，水中硬度、碱度、总磷呈总体稳定，浊度受降水及空气中尘埃的影响变化有波动，总体控制较好，水质指标正常且良好。

视觉感官冷却系统中的藻类有减少，效果在冷却塔开放部位已可肉眼看出（详见以下附图冷却塔外观对比、蓄水池水质对比）。

冷却水温差从安装前13.6℃缩减到12.1℃左右。



图6：8月2日冷却塔水槽底部图片，含有大量藻类，水体呈绿色



图 7：2月 14 日冷却塔底部水槽图片(水体逐步变清澈，颜色不再明显发绿，在阳光照射下已可见到底部)



图 8：8月 2 日冷却塔外部有大量的蓝藻附着



图 9：安装一周后（8月9日）冷却塔外部蓝藻已经大量死亡



图 10：2017 年 2 月 14 日冷却塔外部情况



图 11：2017 年 2 月 14 日冷却塔外部情况

3.2 除垢效果

经过使用 Bon Aqua 系统约 80 日（2016.8.2-2016.10.25），目前可见压缩机油冷器换热板及管道的水垢有逐步清除迹象（水流痕迹状），且呈黑色，与一般的硬垢有不同。但是除垢情况没有达到预期效果，分析原因可能是系统之前垢污较多，除垢时间需要延长。

图例展示 5 号空压机每次拆检情况（压缩机转子温度高时，拆检清理冷却器）



图 12：8月 2 日 5 号空压机空冷器拆检图片



图 13：9月 13 日 5 号空压机空冷器拆检图片



图 14：10月 25 日 5 号空冷器拆检图片



图 15：9月13日5号空压机油冷器拆检图片



图 16：10月25日5号空压机油冷器拆机图片

表 1：2015 年—2016 年螺杆压缩机冷却器清理统计表

时间	位号	检修内容	备注	安装前后拆检次数比较说明
2015/10/8	6号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	安装前135天拆检2次，平均1次/67.5天。安装后192天拆检1次，平均1次/192天。
2016/2/23	6号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016/10/1	6号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2015/6/16	5号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	阿特拉斯公司	
2015/6/18	5号	因温度高对冷却器进行化学清洗	阿特拉斯公司	安装前253天拆检4次，平均1次/63.25天。安装后192天拆检2次，平均1次/96天。
2015/11/20	5号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016/2/29	5号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016/9/13	5号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	龙葵经贸公司	
2016/10/25	5号	更换5号螺杆机2只油冷却器，并对空气冷却器进行清洗	龙葵经贸公司	安装前56天拆检2次，平均1次/28天。安装后192天拆检2次，平均1次/96天。
2015/8/13	4号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2015/10/9	4号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2017/1/11	4号	因温度高拆检油冷却器进行清理	机械厂	
2015/6/17	3号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	龙葵经贸公司	安装前290天拆检4次，平均1次/72.5天。安装后192天拆检0次，未拆检。
2015/9/26	3号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2015/12/28	3号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016/4/7	3号	因温度高，更换3号螺杆压缩机空气、油冷却器芯子	机械厂	
2015/7/3	2号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	普鲁士特公司	安装前343天拆检3次，平均1次/114.3天。安装后67天拆检2次，平均1次/33.5天。
2015/9/29	2号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016.6.16	2号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016/11/17	2号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2017/1/24	2号	因温度高拆检油冷却器进行清理	机械厂	安装前157天拆检2次，平均1次/98.5天。安装后110天拆检2次，平均1次/55天。
2015/8/14	1号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016/1/21	1号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2016/10/3	1号	因温度高拆检空气、油冷却器进行清理	机械厂	
2017/1/13	1号	因温度高拆检油冷却器进行清理	机械厂	

分析说明：结合表中每台空压机因为转子温度进行检修频次对比，2016年比2015年有所减少，但每台检修间隔时间又长短不一。安装前1平均1次/74.5天。安装后平均1次/94.5天。

3.3 防垢效果

3号机在10月中旬，清洗了3支冷却器；5号机在10月中旬更换了新的2支油冷却器。专门验证其防垢效果。2月14日拆机检查后，发现3号机和5号机基本没有污垢附着，证明了BA系统有防垢效果。（附图）



图 17：3号机 3号冷却器管道完全无垢，表面的软泥状物用手即可擦去



图 18: 3号机 2号冷却器管道完全无污垢, 且大面积漏出了金属色, 原有腐蚀情况得到改善



图 19: 3号机 2号冷却器管道完全无污垢, 用手擦去表面软泥状物质可见金属色

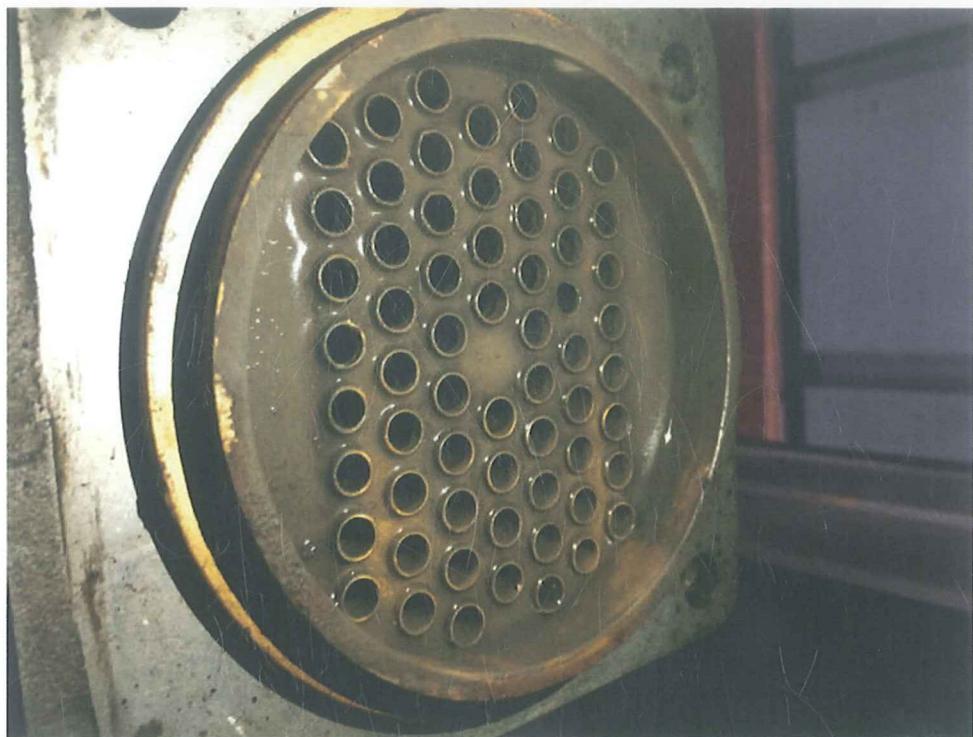


图 20: 5 号机 3 号冷却器管道完全无污垢, 表面的软泥状物用手即可擦去



图 21: 5 号机 2 号冷却器管道完全无污垢, 连续运行 4 个月后, 保持了清洁的状态



图 22: 5号机 2号冷却器表面无污垢, 连续运行 4 个月后, 保持了清洁



图 23:5 5号机 3支冷却器拆机对比

3. 4 运行情况总结

1. 浓缩倍数从系统运行前的 1.5 提升到了 3.5 左右，提升逾 100%，节约补充水约 40%；因为两台循环水泵存在每天 20 吨泄漏情况，考虑泄漏量后，浓缩倍数可进一步提高。

2. 安装后，比功率的月平均值缓慢下降，这与超磁除垢防垢作为一种物理除垢法，除垢是一个持续而缓慢过程相符合；运行近 6 个多月后，比功率月平均值从最初的 $7.18 \text{ kw/m}^3*\text{min}^{-1}$ 下降到了现在的将近为 $6.61\text{kw/m}^3*\text{min}^{-1}$ ，下降约 7.94%，即节约能耗约 7.94%；（详见附件：依据云南汇华杰贸易有限公司节能情况分析）

3. 化学药剂已经完全停止添加，减免了相应的化学药剂费用。

4. 杀菌灭藻的效果得到了显现，循环水池中的藻类及细菌大量死亡，有效地维持了水质。

5. 清洗及更换后的 3 号机和 5 号机的冷却器在连续运行 4 个月（约 2400 小时）进行拆机检验，污垢附着得到控制。

6. 没有了污水排放，污水处理费用节省。

7. 除垢完成后没有新增水垢产生，节省了每年因为水垢导致空压机停机清洗冷却器的直接费用及停机停产造成的间接费用。

4. 经济效益核算

表 2 节省费用核算

节省费用核算		
	安装前	安装后
1. 水费开支节省		
补水量（吨/年）	10,000	6,000
每吨水费（元/吨）	1.5	
水费开支（元/年）	15,000	9,000
节水比率	40%	
节省水费开支（元/年）		6,000
2. 能源开支节省		
单位电费（元/度）	0.3	
节能比例	7.94%	
总耗电量（kwh）（取 2015 年全年电量）	14021169	

节省能源开支(元/年)	333984
3. 节省化学药开支	
化学药剂(元/年)	40,000
4. 节省污水排放费用(元/年)	
$4000 * 0.3 = 1200$	
5. 节省维护与保养费用	
暂时不计	
节省费用总计(元/年)	381184

表 3 投资回报分析

投资回报分析	
初期投入(元)	1150000
每年节省费用(元/年)	381184

5. 后期建议

1. 对安装数量和安装位置进行优化；
2. 对剩余的未清洗的冷却器和循环水系统进行全面清洗。

附件：云南汇华杰贸易有限公司节能情况分析

“比功率”作为空气压缩机节能的唯一判断标准，是核算云天化天安公司水汽车间空压机机组节能情况的重要指标。

在收集数据时，先收集 2016 年 8 月 2 日-2017 年 2 月 13 日云天化天安公司水汽车间空压机机组的电流、电压值和仪表空气累积量以及工艺空气累积量。

进行数据处理时，以每隔两天的数据为核算基础；先求取每天每小时的平均比功率，再求取每天的平均比功率；最后求得每月的比功率平均值。计算公式如下：

某一时段工艺空气产量 (m^3) 等于当时段累积工艺空气量减去上一时段的累积工艺空气量：

$$(1) V_{\text{工艺空气}} = \sum_{T=t}^{T=T+1} V_{\text{工艺空气}} - \sum_{T=t-1}^{T=t} V_{\text{工艺空气}}$$

对应时段的仪表空气产量 (m^3) 等于当时段累积仪表空气量减去上一时段的累积仪表空气量：

$$(2) V_{\text{仪表空气}} = \sum_{T=t}^{T=T+1} V_{\text{仪表空气}} - \sum_{T=t-1}^{T=t} V_{\text{仪表空气}}$$

(1) 式+ (2) 式可得空压机组在该时段每小时产气的总量 (m^3/h)。再把每小时的产气量除以 60 (min/h)，即可得到空压机机组每分钟的产量量 (m^3/min)。即：

$$(3) V_{\text{空气总量}} = V_{\text{仪表空气}} + V_{\text{工艺空气}}$$

单台空压机在同时段的功率为电压值 (kV) 和电流 (A) 的乘积，即：

$$(4) W_i = U_i * I_i \quad (i=1, 2, 3, 4, 5, 6, \text{ 表示 } 1-6 \text{ 号空压机})$$

整个空压机机组在同时段的总功率为单台空压机的功率的加和，即：

$$(5) W_{\text{总}} = \sum_{i=1}^{i=6} W_i$$

(5) 式除以 (3) 式即可得到该时段内空压机机组的比功率 ($\text{kw}/m^3 \cdot \text{min}^{-1}$)。

计算结果如下（计算过程见附件 1）

表 2 BA 系统运行后比功率月平均值

月份	2016 年 8 月	2016 年 9 月	2016 年 10 月	2016 年 11 月	2016 年 12 月	2017 年 1 月	2017 年 2 月
比功率 ($\text{kw}/m^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	7.18	7.04	7.05	7.15	7.04	6.93	6.61



图 1 BA 系统运行后比功率月平均值变动图

结果显示：

1. 安装后，比功率的月平均值缓慢下降，这与超磁除垢防垢作为一种物理除垢法，除垢是一个持续而缓慢过程相符合；
2. 运行近 6 个多月后，比功率月平均值从最初的 $7.18 \text{ kw/m}^3\cdot\text{min}^{-1}$ 下降到了现在的将近为 $6.61\text{kw/m}^3\cdot\text{min}^{-1}$ ，下降约 7.94%，即节约能耗约 7.94%；预计随着其他空压机冷却器结垢的进一步脱落，比功率降低至将会进一步提升；
3. 超磁除垢作为一个持续的除垢方法，可以预见的是，随着运行时间的增长，污垢逐渐脱落，节能效果将更加显著。