

硫铁矿和冶炼烟气制酸配套低温余热

回收系统技术概要

上海奥格利环保工程有限公司 孙正东

1 低温余热回收技术的开发

在各种含硫原料制取硫酸的生产过程中，含硫原料的燃烧、二氧化硫的氧化及三氧化硫的吸收三个主要过程均伴有大量的化学能释放出来。含硫原料的燃烧及二氧化硫的氧化过程中产生的高、中温余热利用均已有了较为成熟的回收工艺。在硫酸装置干燥和吸收过程中，伴有大量的反应热、冷凝热和稀释热产生，这部分热量的利用由于高温浓硫酸的强腐蚀性而受到了很大的限制。随着硫磺制酸配套低温位余热回收技术的推广运用，大量硫磺制酸装置的低温位热能已能得到充分回收利用，但目前除了极个别硫铁矿制酸和冶炼烟气制酸装置配套了低温余热回收系统，绝大部分这类装置还是用循环冷却水将热量移走而白白浪费。

利用硫酸装置低温位热能产生蒸汽，是热能利用的理想方法，但必须提高吸收循环酸的温度。在传统的吸收酸浓度范围内，硫酸的腐蚀性随着其温度的上升而加剧，现有的耐浓硫酸腐蚀的不锈钢和合金似乎都不能适应如此高的酸温。研究发现，当硫酸的浓度接近 100%时，某些合金的腐蚀能力便会降低。因此，奥格利公司和宣达集团一方面研发了耐高温硫酸腐蚀的 XDS 系列特种合金材料，另一方面对不同浓度和温度下的硫酸腐蚀特性进行了研究。研究表明，将整个循环酸系统中的硫酸严格控制在 $w(\text{H}_2\text{SO}_4) \geq 99\%$ ，并配合 XDS 特种合金材料，能够保证 DWHS 系统设备和管路的耐腐蚀性和长期稳定的运行。实践证明，XDS 系列特种合金中的 XDS-8 耐高温高浓硫酸合金在 $w(\text{H}_2\text{SO}_4) 98.5\% \sim 99.9\%$ 、 220°C 条件下的腐蚀速率低于 0.1mm/a ，从而为低温位余热回收系统的正常运行提供了保障。

由于过高的吸收酸浓度将严重影响 SO_3 的吸收效率，亦即影响低温位热能回收系统的热回收效率，因此必须保证进 DWHS 吸收塔吸收酸的浓度不宜过高。由于在高温、高吸收酸浓度条件下三氧化硫的吸收率相对下降，经过高温吸收后的工艺气体必须再用温度和浓度相对低一些的硫酸进一步吸收，以保证整个吸收过程的吸收效率。因此通常将该吸收过程分为高温吸收和低温吸收两部分。

高温吸收段是通过提高循环酸温度，以蒸发器代替酸冷却器产低压蒸汽。为了保证加水稀释或混酸效果并控制入塔酸浓的稳定，在蒸发器出口增设了浓硫酸稀释器。在外串酸回路上依次设置除氧水预热器、锅炉给水预热器或酸酸换热器以及脱盐水预热器等，从而大幅度提高硫酸生产装置的热能回收率。DWHS 系统采用约 99% 的高温高浓度硫酸作为循环吸收酸，采用适合该工

况条件的特种合金材料制作相应的塔、槽、泵、换热器等设备及管道。从制酸装置吸收塔循环酸系统引来的 $w(\text{H}_2\text{SO}_4)98.3\sim 98.5\%$ 的低温硫酸进入 DWHS 吸收塔上部的低温吸收段，进一步吸收烟气中的 SO_3 ，同时有效控制酸雾的形成。

自 2006 年成功建设国内第一套国产化的低温余热回收装置以来，奥格利环保工程有限公司和宣达集团进行了大量的研究工作，申请并成功获得了一系列有关专利，这些专利技术在 DWHS 装置中得到了广泛的应用，有关专利列表如下：

表一 低温回收装置有关专利一览表

序号	专利名称	专有/专利序列号
1	一种酸泵	ZL201110007160.5
2	硫酸生产中对低温位的吸收反应热回收装置	ZL201120374621.8
3	用于生产浓硫酸的干吸塔	ZL201120549221.6
4	一种分酸器	ZL200520043257.1
5	低温位余热回收喷淋酸过滤器	ZL201120337909.8
6	多塔式硫酸低温位热能回收装置	ZL200720144132.7
7	高温浓硫酸稀释器	ZL200520043014.8
8	硫酸分析酸冷却器	ZL201120344888.2
9	合金管槽式分酸器	ZL201020613135.2
10	合金酸冷器	ZL201020613139.0
11	用于硫铁矿和冶炼烟气制酸装置中的低温余热回收系统	ZL201320424687.2

2 硫铁矿和冶炼烟气制酸配套低温余热回收系统（DWHS）主要特点

一般硫铁矿和冶炼烟气制酸装置已对实现高温位余热和中温位余热的回收利用，但干吸部分的低温余热一直未得到有效的开发利用。

硫铁矿和冶炼烟气制酸与硫磺制酸在低温位余热回收利用上有一些区别。硫磺制酸空气带入系统的水量少，因此稀释器可以用水去稀释，并放出大量热量；对于硫铁矿和冶炼烟气制酸来说，由于有烟气净化系统的存在，进入干燥塔的二氧化硫气体是被水饱和的，再加上部分系统需要补充大量的空气，使得整个干吸系统的水平衡不能承受如硫磺制酸 DWHS 系统额外的加水量。

正因为水平衡的影响，硫铁矿和冶炼烟气低温余热回收技术采用全部或部分从干燥和吸收系统串来 93%~95% 的硫酸加入稀释器中以替代加水，以调节进 DWHS 吸收塔的高温硫酸浓度在 99% 左右。在干燥和吸收系统水平衡允许的情况下，尽量向稀释器中加入部分水，以减少 DWHS 系统向外部的串酸量，增加热能回收率。

由于串入系统的硫酸量较大，系统外串的硫酸量相应增加。另外进入系统的硫酸温度很低，而外串的硫酸温度很高，因此这部分热量若不能充分利用，将会有不少热能被外串的硫酸带出系

统外。对于硫磺制酸配套的低温余热回收系统来说，在外串酸回路上设置除氧水预热器和脱盐水预热器已能够较为充分利用这部分热量，而对于硫铁矿和冶炼烟气 DWHS，仅靠除氧水预热器和脱盐水预热器回收这部分热量还不够充分，除非有大量的低温脱盐水可以在此预热。因此一般在外串酸回路上还要增设酸酸换热器或锅炉给水预热器。

增设酸酸换热器的目的是用于将进入稀释器代替加水的浓度较低的硫酸进行预热，预热后的稀释酸加入稀释器，回收这部分热能进入高温循环酸回路用以增加 DWHS 系统的产汽量。增设锅炉给水预热器的目的是为了将主装置所需要的锅炉给水进行预热，回收这部分热量进入主装置的锅炉系统。一般硫铁矿和冶炼烟气制酸装置在一吸塔或二吸塔进口已经设有省煤器，在配套 DWHS 系统时，可以将一吸塔进口省煤器短路，较高温度的烟气直接进入 DWHS 系统。这种情况 DWHS 系统的产汽量会大大增加，但由于 DWHS 系统外串酸温度的限制，锅炉给水预热器预热的锅炉给水温度不高，会影响到主装置中、高压蒸汽的产汽量。

诚然硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统的低压蒸汽的产汽率会受到水平衡和产汽压力的影响，与硫磺制酸相比较其产汽率会有所下降，但问题的关键是，如果能将系统外串酸部分的热量充分利用，硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统的综合热能回收率还是非常可观的，具有很好的经济效益。

3 工艺流程说明

硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统不能像硫磺制酸配套的系统那样正常加水，而是要根据整个硫酸干吸系统的水平衡确定加水量，即 DWHS 系统所需的一部分水以从干燥循环系统串酸的形式来替代。另一方面为了减少 DWHS 系统的串酸量，亦即尽量在 DWHS 系统加水，干吸系统正常情况下不要加水（通常硫酸装置二吸塔循环槽会有加水装置），同时二吸塔循环系统要向 DWHS 系统串酸，提供 DWHS 二级喷淋酸。因此 DWHS 系统需要向二吸塔循环槽串酸，然后干燥塔和二吸塔循环系统之间通过串酸来控制酸浓。

配置酸酸换热器的 DWHS 总括工艺流程示意图如图 1 所示；配置锅炉给水预热器的 DWHS 总括工艺流程示意图如图 2 所示。

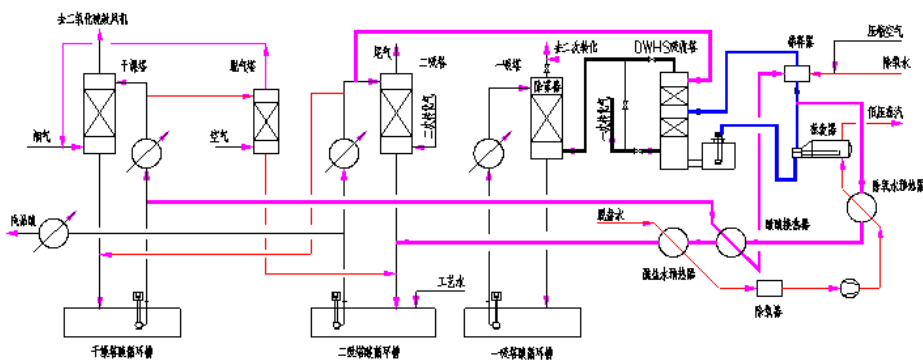


图 1 配酸酸换热器的总括工艺流程示意图

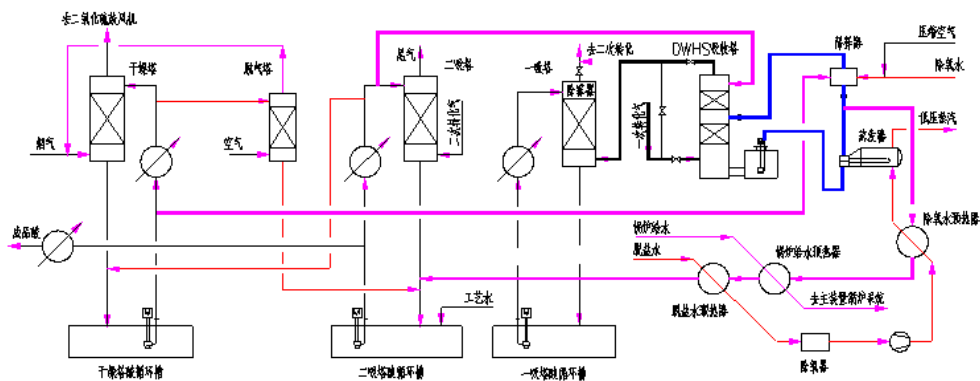


图 2 配锅炉给水预热器的总括工艺流程示意图

DWHS 系统主要设备包括一台 DWHS 吸收塔及酸循环泵槽（酸循环泵安装其上）、一台蒸发器、一台稀释器、一台脱盐水预热器、一台锅炉给水预热器或酸酸换热器、一台除氧水预热器及一台地下酸槽（地下槽酸泵安装其上）和两台低压给水泵。

来自一次转化后省煤器出口的烟气从 DWHS 吸收塔底部进入，经过两层填料分别与高、低温浓度硫酸逆流接触，传质传热，烟气中的 SO_3 被吸收后由除雾器除雾后再进入硫酸装置转化工段进行第二次转化。

DWHS 吸收塔采用两段式吸收，其中第一段采用高温 99%浓度的硫酸吸收，第二段采用 98.3~98.5%低温硫酸吸收。低温吸收除了进一步吸收三氧化硫，保证吸收效率外，还能增加蒸汽产量，同时可有效除去高温吸收过程产生的大量酸雾，最后气体再经过设在一吸塔顶的专用除雾器有效地除去剩余的酸雾。

吸收 SO_3 气体后的高温高浓度硫酸进入塔底的循环泵槽，由酸循环泵送入蒸发器。在蒸发器内高温浓硫酸与除氧水换热产生蒸汽，出蒸发器的高温浓硫酸温度降低，之后分为两路，一路进入稀释器，用稀释水及稀释硫酸调节浓度后进入 DWHS 吸收塔下层填料吸收烟气中的 SO_3 ；另一路依次送入除氧水预热器、锅炉给水预热器或酸酸换热器、脱盐水预热器换热，降温后的硫酸送入硫酸主装置干吸工段的循环酸槽。从干吸工段二吸塔酸冷却器出口来的 98.3~98.5%二次喷淋酸送入 DWHS 吸收塔上层填料，与烟气接触并吸收其中剩余的 SO_3 后，与下层喷淋酸混合通过下层填料进入 DWHS 酸循环槽。

对于硫铁矿制酸及冶炼烟气制酸装置来说，二吸塔一般是独立的循环系统，为了防止二吸塔额外加水增加水平衡的负担，通常 DWHS 系统与二吸塔之间进行串酸，然后由干燥塔和二吸塔之间进行串酸控制酸浓。为了防止干燥塔循环酸中的二氧化硫会在二吸塔中解析出来，需要在干燥塔串向二吸塔的回路上设置脱气塔，将酸中溶解的二氧化硫脱出后用管线引至干燥塔进口。

合格的脱盐水由界区外送入脱盐水预热器与 DWHS 外串酸换热升温后进入除氧器，可以同时加热主装置的脱盐水。脱盐水经热力除氧后，进入低压给水泵，增压后的除氧水进入除氧水预热器，与 DWHS 外串酸换热升温后送入蒸发器，除氧水在蒸发器内与 DWHS 循环酸换热，产生低压饱和蒸汽，送入低压蒸汽管网。

4 几点技术说明

4.1 关于采用两段式吸收的说明

DWHS 工艺有一段式吸收工艺和两段式吸收工艺，早期的一些装置采用了一段式吸收工艺，但由于其存在一定的局限性，目前的 DWHS 均采用了两段式吸收工艺。

由于 DWHS 系统循环酸的进口浓度较高（控制在 99%），并且酸温在 200℃左右，过高的吸收酸浓度和温度将极大地影响 SO₃ 的吸收效率。由于吸收效率不高，并且高温浓硫酸的蒸汽分压较高，因此高温烟气一旦急剧降温，会形成大量的酸雾。如果采用一段式 DWHS 工艺，即 DWHS 吸收塔只设高温吸收段，则吸收后的高温烟气必须进入一吸塔进一步吸收，然而由于仅有少量的三氧化硫在一吸塔中被吸收，一吸塔循环酸的温升很小，来自 DWHS 吸收塔的高温烟气在一吸塔底部将与低温硫酸接触会产生大量的酸雾，酸雾一旦形成将无法保证吸收率，此时形成的大量酸雾只能依靠一吸塔塔顶的除雾器除去，因此该除雾器的负荷非常大。由于 DWHS 系统吸收效率不高，同时 DWHS 吸收塔出口的高温烟气将带走大量的热量，也影响了一段式 DWHS 吸收工艺的热能回收效率。

鉴于一段式 DWHS 存在的局限性，目前普遍采用两段式吸收工艺，即经过高温吸收后的工艺气体通常再用温度和浓度相对低一些的硫酸进一步吸收，以保证整个吸收过程的吸收效率，降低出口烟气温度。因此通常将该 DWHS 吸收过程分为高温吸收和低温吸收两部分，DWHS 吸收塔的下部为高温吸收段，上部为低温吸收段。高温吸收段用浓度为 99%的硫酸喷淋，低温吸收段用浓度为 98.3~98.5%的低温浓硫酸喷淋，喷淋酸汇集于塔底流入循环酸泵槽，由循环酸泵送入蒸汽发生器换热后，一部分经一系列换热设备换热降温后进入吸收塔酸循环槽，另一部分经稀释器加水稀释至 w(H₂SO₄)为 99%后进入吸收塔中部进行喷淋。

用于低温吸收段吸收的 98.3~98.5%的低温浓硫酸其酸温和流量需要调节控制，合理控制低温吸收酸的温度和流量，在保证吸收效率的同时可以有效地降低酸雾的形成。总体来说，采用两段式吸收，可以保证很高的吸收效率；可以有效地降低酸雾量；可以提高余热回收效率。

4.2 关于除雾器的选择

由于 DWHS 装置的操作特性，吸收过程会产生大量的酸雾，虽然采用了两段式吸收工艺，极大地降低了酸雾的形成，但吸收塔产生的酸雾量仍大大高于传统硫酸装置一吸塔产生的酸雾量，因此对于 DWHS 系统来说，有效地除去酸雾是 DWHS 系统成功运行的一个关键。

根据 DWHS 吸收塔酸雾形成的特点，系统一般均配置扩散型高效纤维除雾器，保证除雾器的除雾面积，若塔径影响到除雾器的布置，可以采用双层结构的除雾器，其内外层均可有效除去酸雾。所有除雾器的纤维床出厂前均经过测试，以确保酸雾去除率及压降达到要求。要求除雾器对于大于 3μm 粒径的酸雾除雾效率接近 100%，对于小于 3μm 粒径的酸雾除雾效率达到 99.5%。采用该除雾器可以保证除雾效率，配合两段式吸收工艺，能够保证出 DWHS 吸收塔的酸雾含量达到设计指标。

对于老厂改造项目，一般情况下原有的除雾器不能适应 DWHS 系统产生的大量酸雾，一般将新增的高效除雾器安装在 DWHS 吸收塔塔顶；对于新建的硫酸装置，可以不设一吸塔，也会有不少装置设计时保留一吸塔，要求当 DWHS 系统不运行时，可以切换至正常干吸系统操作，此时为了节省投资，高效的纤维除雾器就安装的一吸塔顶部，经过 DWHS 吸收塔两段吸收后的烟气直接进入一吸塔，由设在一吸塔顶部的除雾器除去酸雾。

4.3 用于低温吸收段喷淋酸的分酸器

DWHS 吸收塔分为高温吸收段和低温吸收段。高温吸收段普遍采用的是槽管式分酸器，具有分酸点多、分酸均匀等特点。相较于高温吸收段喷淋酸的大流量，低温吸收段喷淋酸的流量很小，对分酸器的要求很高。较早前使用的管式分酸器对于这种工况的分酸效果不太理想。低温吸收段采用管式分酸器，不管是采用上喷式还是下喷式，存在的局限性如下：

① 由于酸流量很小，欲保证管式分酸器喷酸小孔的流速，小孔孔径很小，小孔分布点少。小孔孔径小，容易致小孔堵塞；小孔分布点少会影响分酸均匀的效果。

② 一般低温吸收段喷淋酸是从干吸系统的循环酸泵出口引出的，而干吸循环酸泵的压头一般都不会很大，即使主酸管上使用阀门将低温酸逼入管式分酸器，进入分酸器的压力也是有限的。管式分酸器进口压力的大小，直接影响到管式分酸器的分酸效果，尤其对于大型 DWHS 吸收塔，靠近进酸口较远的分酸点的分酸量会直接受到影响。

③ 由于酸喷淋的是浓度低于 98.5% 的硫酸，如果浓度控制得较低，容易造成管式分酸器的小孔腐蚀，致使分酸不均匀而影响分酸效果。

鉴于管式分酸器用于二级喷淋酸的上述局限性，我们已经开发了专门用于小流量的槽管式分酸器，这种分酸器由于采用重力分流，只要分酸槽内存在一定液位，其分酸都是均匀的。这种槽管式分酸器的优点如下：

- ① 重力分酸，尤其适合小流量分酸，分酸均匀；
- ② 分酸点多，分酸点可达 42 点/m² 以上，分酸效果好；
- ③ 对进酸压力要求不高，只要酸能够流入分酸槽，就能保证分酸效果；
- ④ 抗腐蚀能力强，轻微的腐蚀不会影响分酸效果。

这种适合小流量的槽管式分酸器，经过多套装置的使用，取得了很好的效果，虽然会引起制造成本的增加，但这种分酸器能保证分酸效果，提高了 DWHS 系统的可靠性和稳定性。

4.4 关于酸酸换热器和锅炉给水加热器的设置

硫铁矿和冶炼烟气制酸装置配套的 DWHS 系统不同于硫磺制酸装置，因为水平衡的影响，使得 DWHS 系统不能随意加水，在系统水平衡允许的加水量外只能以串酸代替加水。一般串酸是从干燥塔循环酸管线引出，串入 DWHS 系统的稀释器内。由于串入的硫酸量较大，因此不少热能被外串的高温浓硫酸带出。

为了将 DWHS 系统外串的硫酸热量充分利用，除了设置除氧水预热器和脱盐水预热器外，

一般在外串酸回路上还要增设酸酸换热器或锅炉给水预热器。

由于预热的硫酸浓度一般在 93%-95%，浓度较低，而低浓度硫酸随着酸温的增加会加剧对金属材料的腐蚀，因此酸酸换热器的材料的选择非常重要。隶属于宣达集团的浙江省宣达耐腐蚀特种金属材料研究院，经过十多年的研究开发，生产出了从稀酸到浓酸，适应于各种工况条件的各类耐硫酸腐蚀的合金材料。针对酸酸换热器的特点专门开发了一种 XDS-2X 高硅合金材料，尤其适应 93-95%浓度的硫酸在高温下的腐蚀，可以将 93-95%浓度的硫酸加热到 100~120℃以上。因此对于带有净化系统的硫酸装置配套的 DWHS 系统，可以设置酸酸换热器，以提高热能回收率，增加蒸汽产量。

另外一种利用热能的方式即用锅炉给水预热器取代酸酸换热器，即将来自主装置锅炉给水泵的高压锅炉给水预热到一定温度后进入主装置的锅炉系统。一般硫铁矿和冶炼烟气制酸装置在一吸塔进口或二吸塔进口会设有省煤器，锅炉给水经过省煤器预热后的温度较高，而进入一吸塔的烟气温度一般控制在 180℃以下，也就是说制酸装置的高中温余热已经较为充分利用了。如果取消一吸塔进口的省煤器，进入 DWHS 系统的气体温度很高，大量的热量进入 DWHS 吸收塔，DWHS 系统的产汽量将会大大提高，但即使在 DWHS 系统中增加锅炉给水预热器，由于蒸发器出口酸温的限制，也不能将锅炉给水加热到较高的温度，这样原本转化系统的中温位热能就在 DWHS 系统中转化成低压蒸汽了。如果用于预热的主装置锅炉给水量不大，这部分回收的热量将十分有限。

采用酸酸换热器还是锅炉给水换热器，取决于 DWHS 系统外串酸的流量和酸温，而外串酸的流量和酸温取决于整个硫酸装置的水平衡和 DWHS 系统的产汽压力。设置酸酸换热器或锅炉给水换热器的目的就是要将 DWHS 系统中的热量充分利用。如果硫酸装置的水平衡有利，并且有大量的脱盐水需要在 DWHS 系统中进行预热，甚至无需设置酸酸换热器和锅炉给水预热器也能充分回收低温位余热。对于新建硫酸装置，则可以考虑取消一吸塔进口的省煤器，用锅炉给水预热器取而代之。

从另外一个方面来说，设置酸酸换热器的方案不会影响到制酸装置中、高压汽水系统的热量平衡，并且能实质性地增加 DWHS 系统中低压蒸汽产量，也不会以降低中压或次中压蒸汽的产量为代价来增加低压蒸汽量。另外若设置中压锅炉给水预热器，由于其操作压力很高，一旦产生泄漏会产生较为严重的后果，而设置酸酸换热器则没有大的影响，因为即使发生泄漏，是浓酸之间的混合，不会对系统造成大的影响，有较高的安全性。

综上所述，是否采用酸酸换热器还是锅炉给水预热器不能一概而论，需要根据每套装置的实际情况来确定。

4.5 关于 DWHS 装置产汽量的说明

影响硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统产汽率的因数较多，主要有如下几点：

- ① 来自净化系统电除雾器出口的烟气量和温度（二氧化硫浓度和水分）；

- ② 干燥塔进口空气的补充量和大气湿度；
- ③ 一次转化率；
- ④ 进入 DWHS 系统的烟气温度；
- ⑤ 产品酸浓度；
- ⑥ DWHS 系统产汽压力。

其中产品酸浓度对硫酸装置的水平衡影响较大，若允许生产 93~95%的低浓度硫酸，配套 DWHS 系统后希望尽量生产低浓度硫酸。一般硫酸装置电除雾器出口温度控制在 40℃ 以下，并且随季节会有所变化，这是影响系统水平衡的主要因数。干燥塔进口空气的补充量和大气湿度也是影响系统水平衡的因数之一。上述因数决定了 DWHS 系统的加水量，亦即决定了 DWHS 系统外串酸的流量。

一次转化率、进入 DWHS 系统的烟气温度以及允许的加水量决定了 DWHS 系统可以回收热量的大小。一次转化率越高，DWHS 系统吸收产生的热量越多；DWHS 系统允许的加水量越多，硫酸稀释产生的热量亦越多；入 DWHS 系统的烟气温度越高，烟气带入 DWHS 系统的显热越多。

DWHS 系统产汽压力决定了外串酸的酸温，产汽压力越低，蒸发器出口酸温越低，蒸发器回收的热量就越多，外串酸带出的热量亦越少。

硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统的关键不仅仅是蒸发器本身的产汽量多少，而是如何将外串酸回路的热量充分利用。回收外串酸回路热量的方法一是采用除氧水预热器预热 DWHS 系统本身所需的除氧水；二是采用酸酸换热器或锅炉给水预热器回收热量；其三采用脱盐水预热器预热尽可能多的脱盐水，以进一步回收热量。

以硫铁矿制酸为例，DWHS 系统设置酸酸换热器时，若电除雾器出口温度 $\leq 38^{\circ}\text{C}$ 、进入转化系统的二氧化硫浓度 $\geq 8.0\%$ 、一次转化率 $\geq 95\%$ 、进入 DWHS 系统的烟气温度 $\geq 180^{\circ}\text{C}$ 。在产酸浓度 98~98.3% 条件下，当产汽压力为 0.8MPa(G) 时，通常情况下蒸发器的产汽率约为 0.26~0.29t/tH₂SO₄，当产汽压力为 0.6MPa(G) 时，蒸发器的产汽率约为 0.30~0.33t/tH₂SO₄；在产酸浓度 93~94% 条件下，当产汽压力为 0.8MPa(G) 时，通常情况下蒸发器的产汽率约为 0.36~0.39t/tH₂SO₄，当产汽压力为 0.6MPa(G) 时，蒸发器的产汽率约为 0.40~0.43t/tH₂SO₄。设置酸酸换热器时，通常可以将产汽率提高约 0.02~0.04t/tH₂SO₄。上述热量的回收尚未包括脱盐水预热器所回收的热量，若需要预热的脱盐水量较大，该部分回收的热量也相当可观。

总之，硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统，其产汽量需要根据装置实际的运行情况进行计算，每套装置的运行情况都不会一样，产汽率的变化较大。

4.6 关于系统阻力降的说明

对于老厂改造项目，一般考虑 DWHS 吸收塔和一吸塔并联的方案，即除雾器放置在 DWHS 吸收塔顶部，用 DWHS 系统取代一吸塔系统。新建装置或者不设一吸塔系统，或者考虑 DWHS 吸收塔和一吸塔串联方案，即 DWHS 吸收塔出口的烟气经过一吸塔并除雾后再返回转化系统进

行二次转化，此时 DWHS 吸收塔顶不设置除雾器，除雾器设置在一吸塔塔顶部。

无论是 DWHS 吸收塔和一吸塔并联还是串联，其阻力的增加是有限的。适用于 DWHS 系统的除雾器需要较大的除雾面积，需要限制通过除雾器的烟气流速，除雾器的阻力降不会大于正常一吸塔配置的纤维除雾器的阻力降，甚至略有降低。DWHS 吸收塔阻力降主要取决于空塔气速、填料的类型和填料层的高度，DWHS 吸收塔两段填料层总高度相较于一吸塔增加有限，因此配置 DWHS 系统后阻力降增加有限，在正常工况条件下 DWHS 吸收塔包括除雾器的总阻力降大约在 5~6kPa，因此 DWHS 系统对整个制酸系统的阻力降不会产生大的影响。

5 结论

硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统是在硫磺制酸配套的 DWHS 系统基础上发展的，没有改变 DWHS 系统的运行环境。但由于净化系统的存在，影响了硫酸装置的水平衡，DWHS 系统需要用一部分来自干燥系统的串酸来代替加水。硫铁矿和冶炼烟气制酸配套的 DWHS 系统的关键是如何将外串酸回路上的热量充分利用，为此需要在外串酸回路上设置除氧水预热器、酸酸换热器或锅炉给水预热器以及脱盐水预热器。是否采用酸酸换热器还是锅炉给水预热器不能一概而论，需要根据每套装置的实际情况来确定。影响产汽量的因数较多，需要根据不同装置不同的运行参数进行计算。