# 电镀行业清洁生产审核案例

### 1企业概况

#### 1.1企业基本情况

**基本信息**

某电镀企业成立于2000年，目前占地面积12000多平方米，建筑面积6000平方米，拥有员工200多人。企业具有注塑成型、电镀加工等生产能力，年产各类配件500万件以上，年产值达5800多万元。主要电镀加工产品为拉手、箱包配件，电子产品配件，卫浴产品配件，家用电器塑料配件产品等。主要镀种包括塑料件镀铜镍铬。企业于2010年通过了ISO14001：2004环境管理体系认证。

#### 1.2企业生产现状

**（1）主要产品及产量**

企业近三年产量和品质情况见下表。

表3-1 近三年主要产品产量情况表

| **年份** | **2008年** | **2009年** | **2010年1-7月** |
| --- | --- | --- | --- |
| 产量（t） | 5258 | 5040 | 2439 |
| 总电镀面积（m2） | 105642 | 101269 | 49006 |
| 合格率（%） | 95.9 | 96.2 | 96.8 |

企业近三年产量相对稳定，由于不断加强生产管理，产品合格率连续三年有所增长。

**（2）主要生产工艺**

企业生产工艺流程简图如下：

上架

中性除油

三级清洗

粗化

三级清洗

清洗废水

含铬废水

沉钯

三级清洗

解胶

三级清洗

化学沉镍

酸雾

碱雾

三级清洗

活化

三级清洗

焦铜

三级清洗

酸铜

三级清洗

活化

三级清洗

酸雾

镀光亮镍

酸性废水

酸性废水

含镍废水

酸性废水

含铜废水

酸性废水

含铜废水

三级清洗

含镍废水

镀铬

铬酐

三级清洗

含铬废水

镀后处理

三级清洗

含铬废水

烘干

中和

三级清洗

酸性废水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

新鲜水

铬雾

硫酸镍/氯化镍

硫酸镍/氯化镍

硫酸铜

焦磷酸铜

图3-1 自动线工艺流程图

#### 1.3企业原辅材料、水、能源消耗

**（1）原辅材料消耗**

在预审核过程中，对企业近三年生产所消耗的主要原辅材料进行了统计，有关情况见表3-2。

表3-2 近三年主要原辅材料使用情况表（单位：kg）

| **年份** | **氯化钯** | **磷铜** | **硫酸铜** | **镍板** | **硫酸镍** | **氯化镍** | **铬酐** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2008年 | 5.85 | 23509 | 9638 | 9858 | 4220 | 2816 | 29555 |
| 2009年 | 6.2 | 17903 | 7077 | 8085 | 3222 | 2263 | 28845 |
| 2010年1-7月 | 3.35 | 11576 | 4036 | 5492 | 1966 | 1416 | 12637 |

**（2）水的供给与消耗**

企业新鲜用水分生产用水和生活用水两部分，生产用水主要用于电镀车间和注塑车间。近三年水消耗情况如下表所示。电镀车间是主要的耗水部门，占企业总耗水量94%以上。

表3-3 近三年用水情况表

| **项目** | **单位** | **2008年** | **2009年** | **2010年1-7月**  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 电镀面积 | m2 | 105642 | 101269 | 49006 |
| 自来水量 | t | 39167 | 37512 | 17921 |
| 电镀车间用水量 | t | 37108 | 35579 | 16556 |
| 单位产品水量 | t/m2 | 0.35 | 0.35 | 0.34 |

**（3）能源的供给与消耗**

企业以电能和煤作为主要能源，其中煤主要用于热水炉。近三年能源消耗情况如下表所示。为节约能源消耗，企业开展了一系列节能措施，近三年单位产品的用电量和用煤量呈逐年递减趋势。

**表3-4 近三年能源消耗情况表**

| **项目** | **单位** | **2008年** | **2009年** | **2010年1-7月**  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 电镀面积 | m2 | 105642 | 101269 | 49006 |
| 电 | 用电量 | 万kW·h | 115.2 | 117.8 | 56.6 |
| 电镀车间用电量 | 万kW·h | 92.6 | 87.2 | 41.9 |
| 单位产品电量 | kW·h/m2 | 8.77 | 8.61 | 8.55 |
| 原煤 | 用煤量 | t | 138 | 132 | 61.8 |
| 折标煤量 | tce | 98.53 | 94.25 | 44.1 |
| 单位产品用标煤量 | kgce/m2 | 0.94 | 0.93 | 0.9 |
| 综合能耗合计 | tce | 240.11  | 239.03  | 113.66  |
| 单位产品综合能耗 | kgce/m2 | 2.27  | 2.36  | 2.32  |

**注：**电折标煤系数为1.229 tce/万kW•h；原煤折标煤系数为0.7143 tce/t。

#### 1.4企业主要设备

企业主要生产设备基本上是节能、环保或自动型设备。经核对《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》（第一批）、《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》（第二批）和《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》（第三批）中落后生产工艺装备目录，企业没有国家明令淘汰设备。企业主要设备情况见下表。

表3-5 主要设备情况表

| **序号** | **设备或器材名称** | **型号或规格** | **额定功率** | **数量** | **单位** | **完好状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 自动生产线 | --- | 13 | 2 | 条 | 运行良好 |
| 2 | 铬雾收集风机系统 | --- | 3 | 1 | 套 | 运行良好 |
| 3 | 过滤机 | 20m3/h | 7  | 7 | 台 | 运行良好 |
| 4 | 过滤机 | 10m3/h | 6 kW | 5 | 台 | 运行良好 |
| 5 | 可控硅电源 | MKF-4000A/8V | --- | 2 | 台 | 运行良好 |
| 6 | 可控硅电源 | MKF-3000A/6V | --- | 2 | 台 | 运行良好 |
| 7 | 可控硅电源 | MKF-2000A/12V | --- | 5 | 台 | 运行良好 |
| 8 | 可控硅电源 | MKF-1000A/6V | --- | 2 | 台 | 运行良好 |
| 9 | 高频开关电源 | 1000A/12V | --- | 1 | 台 | 运行良好 |
| 10 | 鲁氏鼓风机 | --- | 10 kW | 5 | 台 | 运行良好 |
| 11 | 监控器 | 14-VM | 2 kW | 12 | 台 | 运行良好 |
| 12 | 车间送风系统 | --- | 6 kW | 2 | 套 | 运行良好 |
| 13 | 车间镀液制冷装置 | --- | 30 kW | 2 | 台 | 运行良好 |
| 14 | 酸雾处理装置 | --- | 4 kW | 1 | 套 | 运行良好 |
| 15 | 加压泵 | --- | 4 kW | 2 | 台 | 运行良好 |
| 16 | 纯水设备 | --- | 20 kW | 1 | 套 | 运行良好 |

###

### 2企业环境保护状况

#### 2.1环境管理状况

企业重视环境保护工作，严格执行“三同时”的要求。在生产中重视污染物的处理，建设并保证环保设施的正常运行。制定较完善的环保管理制度，并设立环保岗位责任制，配备环境管理专职人员，并在各生产工序及班组设有兼职环保员。

#### 2.2产排污状况

**产排污环节及污染因子分析**

为了详细分析企业在生产过程中污染物产生情况，审核小组仔细分析企业各个生产车间产生污染物来源及处理去向情况，见下表3-12。

表3-12 污染物产生节点及原因分析表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **污染物种类** | **产生工序及产生原因** | **去向** |
| 废水 | 生活污水 | 办公生活区，职工日常生活产生 | 三级化粪池/市政管网 |
| 含铬废水 | 电镀车间镀铬工序，镀铬后漂洗产生 | 单独分流预处理 |
| 含镍废水 | 电镀车间镀镍工序，镀镍后漂洗产生 | 单独分流预处理 |
| 焦铜废水 | 电镀车间镀焦铜工序，镀焦铜后漂洗产生 | 单独分流预处理 |
| 综合废水 | 电镀车间前处理、其他工序，漂洗产生 | 进综合废水池处理 |
| 废气 | 硫酸雾 | 电镀镍、酸铜等工序，挥发产生 | 经收集高空排放 |
| 铬酸雾 | 镀铬工序，挥发产生 | 经收集高空排放 |
| 碱雾 | 前处理除油、化学镍等工序，挥发产生 | 经收集高空排放 |
| 噪声 | 设备噪声 | 主要为各类鼓风机、空压机等设备噪音 | 厂内排放 |
| 固体废物 | 电镀污泥 | 废水处理站，废水处理产生 | 交由有资质企业处置 |
| 电镀废液、废渣 | 退镀液及电镀老化液 | 交由有资质企业处置 |
| 废机油/润滑油 | 各车间，设备维修过程产生 | 交由有资质企业处置 |
| 其他固体废物 | 生产、维修过程 | 回收或外卖 |
| 生活垃圾 | 职工日常生活 | 由环卫部门收集 |

**（1）废水的产生、治理及排放**

企业近三年废水产生量情况如下表所示。

表3-6 近三年废水污染物产生情况表

| **年份** | **产生量****（t）** | **主要污染物年平均水平** |
| --- | --- | --- |
| **项目** | **pH** | **COD** | **六价铬** | **总镍** | **总铜** |
| 2008年 | 总水量：37108其中：镍水：2932；铬水：16661；铜水：4601；综合：12914 | 浓度（mg/L） | - | 130 | 180 | 30 | 50 |
| 产生量（t） | - | 4.824 | 2.999 | 0.0879 | 0.23 |
| 2009年 | 总水量：35581其中：镍水：2811；铬水：15976；铜水：4412；综合：12382 | 浓度（mg/L） | 110 | 160 | 30 | 43 | 110 |
| 产生量（t） | - | 3.914 | 1.921 | 0.0843 | 0.19 |
| 2010年（1~7月） | 总水量：16556其中：镍水：1308；铬水：7434；铜水：2053；综合：5761 | 浓度（mg/L） | - | 110 | 160 | 30 | 32 |
| 产生量（t） | - | 1.821 | 0.894 | 0.0392 | 0.066 |

企业建有一套完整的电镀废水综合处理系统，设计最高处理能力400 t/d。该电镀废水综合处理系统对含铬废水、含镍废水、焦铜废水和综合废水进行分类收集和处理，经处理后的四类废水集中排放至砂滤池进行综合处理并达标排放。电镀废水处理工艺流程见下图。

含铬废水

调节池

还原池

混凝池

反应池

沉淀池

含镍废水

调节池

破络池

混凝池

反应池

沉淀池

含铜废水

调节池

破络池

混凝池

反应池

沉淀池

含铬污泥池

含镍污泥池

含铜污泥池

综合废水

调节池

混凝池

反应池

沉淀池

含铜污泥池

砂滤池

中间水池

达标排放

图3-2 电镀废水处理工艺流程图

通过查阅环保月报表和环保部门的废水水质检测报告，企业电镀废水经处理后的水质特征情况如下表所示。由监测统计数据来看，企业废水处理站对电镀废水的处理效果良好，运行稳定，排水水质符合广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）第二时段二级污染物排放标准的要求。

表3-7 近三年废水排放水质监测情况表

| **年份** | **废水处理后排放情况** | **主要污染物年平均水平** |
| --- | --- | --- |
| **pH** | **COD** | **六价铬** | **总镍** | **总铜** |
| 2008年 | 排放浓度（mg/L，pH除外） | 7.6 | 90 | 0.3 | 0.4 | 0.06 |
| 排放量（t） | - | 3.340 | 0.005 | 0.001 | 0.0011 |
| 2009年 | 排放浓度（mg/L，pH除外） | 7.3 | 80 | 0.09 | 0.4 | 0.05 |
| 排放量（t） | - | 2.846 | 0.001 | 0.0009 | 0.0009 |
| 2010年（1~7月） | 排放浓度（mg/L，pH除外） | 7.5 | 80 | 0.06 | 0.35 | 0.03 |
| 排放量（t） | - | 1.324 | 0.0004 | 0.0003 | 0.00024 |
| 达标状况 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 | 达标 |

**（2）废气的产生、治理及排放**

企业在日常生产活动期间产生和排放的大气污染物主要为电镀车间产生的工艺废气，通过采用铬雾抑制剂和废气处理装置对其进行处理。企业在各废气产生点安装负压罩，废气在风机引力作用下，经负压罩和集气管进入废气处理塔，用碱水喷淋吸收并达标排放，工艺流程见图3-3。电镀车间现场监测结果达到广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）第二时段二类标准中相关要求。

风机

喷淋

吸收塔

集气罩

废气

达标排放

洗涤液进行回收利用

喷淋液

图3-3 废气处理工艺流程图

**（3）固废的产生及处置**

企业产生的固体废物主要是电镀废水处理设施产生的电镀污泥，属危险废物。企业设有专门的危险废物堆放场所，并具有防水、防风、防渗漏措施。已与具有危险废物经营许可证的企业签订危险废物转移合同，严格按照国家规定对危险废物进行合法转移处理，并不定期跟踪查询。

#### 2.3环保守法情况

企业历来重视环保工作，依法落实各项环保要求。企业创建以来环保审批、验收手续履行情况良好，未有污染物超标和总量超标情况发生。企业近年来依法按时缴纳排污费，并认真执行企业排放污染物申报登记制度，未收到相关环保处罚和环保投诉情况。

###

### 3企业的管理状况

企业根据国家有关的标准和制度，并结合企业实际情况，建立了一套有效的生产组织及管理制度，包括过程控制体系、工艺技术标准化体系、全面质量（品质）保证/控制体系、经营成本控制体系、新产品研发体系和绩效考评体系，并聘请相关专家对安全生产规范化管理作评估。

###

### 4清洁生产水平评估

#### 4.1清洁生产水平分析

根据《清洁生产标准 电镀行业》（HJ/T314-2006）对企业当前清洁生产水平进行评价。经综合客观评价，企业属于国内清洁生产基本水平。

#### 4.2清洁生产潜力分析

目前企业存在的问题有：部分电镀设备具有跑、冒、滴、漏现象，生产作业面及污水系统的防腐防渗设备老化，效果不佳；挂具虽具有绝缘涂覆，但随意摆放，导致无故损耗过大；电镀生产线的资源利用率相对较低；加热炉采用煤炭为燃料，污染较大，能源利用率较低；电镀中的金属镍无较完善的回收方法，导致资源浪费，增加环境治理成本。针对以上一系列问题进行改善，可提高企业清洁生产水平，有效促进企业的污染物减排工作。

### 5确定审核重点

企业主要生产车间包括注塑车间和电镀车间。两个生产车间是产污排污重点，且水耗、物耗和能耗较大，将其初步列为预备审核重点。废水处理站在运行过程中会产生含重金属污泥，而且其治污状况对环境效益存在重要影响，故将其也列入预备审核重点。根据权重总和计分排序法进行计算排序，并经企业请假生产审核领导小组和工作小组成员的共同探讨下，确定本次清洁生产审核的重点为电镀车间。

### 6设置清洁生产目标

根据企业现状，结合现行的环保法律法规和相关标准，经清洁生产技术服务单位和审核小组成员共同讨论，企业设置了清洁生产目标，详见下表。

表3-8 企业清洁生产目标

| **指标** | **现状（2010.07）** | **近期目标值（2010.12）** | **远期目标值（2013年）** |
| --- | --- | --- | --- |
| 资源综合利用 | 镍的利用率 | 86% | 92% | 95% |
| 铜的利用率 | 85% | 87% | 92% |
| 铬的利用率 | 21.2% | 22% | 24% |
| 水重复利用率 | 59.7% | 65% | 70% |
| 资源与能源消耗 | 镀层每平方米耗水量 | 0.34 t/m2 | 0.3 t/m2 | 0.2 t/m2 |
| 产排污情况 | 单位产品废水排放量 | 0.34 t/m2 | 0.15 t/m2 | 0.12 t/m2 |
| 单位产品COD排放量 | 0.027kg/m2 | 0.015 kg/m | 0.012 kg/m2 |

### 7建立物料平衡

**（1）水平衡**

根据2010年7月份的实测，企业总用水量为2649 t，其中电镀车间用水量为2302 t。计算可得当月企业平均每天用水量为2649 t/26 d=104 t/d，电镀车间每天平均用水量为2302 t/26 d=89 t/d。以上述数值作为水平衡图新鲜水使用量的参照数，结合各类废水管道的水表读数，得到2010年7月份电镀车间水平衡图，如下图所示。

**178**

焦铜/清洗

镀镍/清洗

酸活化/清洗

前处理/清洗

镀酸铜/清洗

镀铬/清洗

综合废水收集池

含镍废水处理系统

含铬废水处理系统

30.5

6.9

39.4

**自来水**

**89**

**逆流漂洗水**

化学沉淀

砂滤

中间水池

**0.5**

**0.6**

**0.1**

6

38

**达**

**标**

**排**

**放**

**86.7**

表示蒸发损耗

5.4

25.6

4

7

30.5

化学镍/清洗

1

**废水处理站蒸发**

**1**

注：2010年7月份公司平均入自来水89 t/d，总排水为87 t/d，平衡误差为2.25%，小于5%，在允许范围内。

粗化/清洗

2

含铜废水处理系统

10.9

**0.1**

57.2

图3-4 电镀车间水平衡图（t/d）

**（2）铜物料平衡**

建立铜的物料平衡如下：

**输入1898.6**

**产品上铜量1613.8**

**镀件带出量19.3**

**挂具上铜量12.25**

**槽内铜变化量63.35**

**滤芯损耗量70**

**镀 酸 铜**

**槽底铜渣量85.5**

图3-5 生产线酸铜缸（Cu）物料平衡图（单位：kg）

1）铜的利用率：1613.8（产品上铜量）÷1898.7（总输入量）×100%=85%；

由于使用的是低主盐浓度的镀液，并且镀槽后具有回收槽，因此铜的利用率能够达到国内先进水平。

2）平衡误差=（输入-输出）/输入×100% = 1.8%

平衡误差小于5%，测算数据可信。

**（3）镍物料平衡**

建立镍的物料平衡如下：

图3-6 生产线镍缸（Ni）物料平衡图（单位：kg）

**输入937.5**

**产品上镍量806.3**

**镀件带出量5.77**

**挂具上镍量4.62**

**槽内镍变化量26.64**

**滤芯损耗量37.58**

**镀 镍**

**槽底镍渣量32.2**

1）镍的利用率：806.3（产品上镍量）÷897.56（总输入量）×100%=86%；

由于镀镍没有在线回收装置，因此镍的利用率偏低。

2）平衡误差=（输入-输出）/输入×100% = 2.6%

平衡误差小于5%，测算数据可信。

**（4）铬物料平衡**

建立铬的物料平衡如下：

图3-7 2010年7月生产线铬缸（Cr）物料平衡图（单位：kg）

**输入897.56**

**产品上铬量190.3**

**镀件带出量541.66**

**挂具上铬量20.4**

**槽内铬变化量6.29**

**挥发铬量99.2**

**镀 铬**

1）铬的利用率：190.3（产品上铬量）÷937.5（总输入量）×100%=21.2%；

由于镀铬没有在线回收装置，因此铬的利用率偏低。应严格控制铬酐的浓度、温度和浸镀时间，减少跑冒滴漏，以提高铬的利用率。

2）平衡误差=（输入-输出）/输入×100% = 4.4%

平衡误差小于5%，测算数据可信。

### 8能耗、物耗以及废弃物产生原因分析

**（1）原辅材料和能源**

企业使用高浓度的硝酸或硫酸，在使用及添加时极易对工人造成伤害及污染环保；热水炉的燃料为煤，会产生一定的污染物。

**（2）生产工艺**

电镀清洗废水中金属离子浓度较高，部分重金属没有回收装置；洗水缸存在渗漏隐患，极易产生交叉污染；各车间自行添加电镀药剂，容易造成镀液不稳定。

**（3）设备**

电镀车间新旧不一，部分设备需要维修；设备的维护不够完善；挂具露天排放，挂具外层保护胶极易晒裂损坏。

**（4）过程控制**

缺乏电镀加工的过程控制措施，存在跑、冒、滴、露现象；镀液分析次数为每周二次，难以有效控制镀液质量。

**（5）产品**

产品种类多，工艺变化频繁，导致生产效率较低和产品不良率较高；缺乏产品生产批量控制的相关措施。

**（6）废物回收和循环利用**

废水中的重金属镍、铬没有回收，造成资源浪费；零件、化学药品的包装没有进行回收。

**（7）管理**

电镀操作没有规范的管理制度，上挂、下挂及电镀操作随意；没有订立年度环境、质量目标；没有完善的员工环保意识、节约意识培训制度。

**（8）员工**

多数员工的节约意识、成本意识和品质意识不强，普遍存在不规范生产操作和不遵守管理制度的现象。

### 9清洁生产方案的实施

企业通过实例教育、各类板报宣传和各种类型的座谈会、交流会，使员工了解如何从原辅材料及能源替代、技术工艺改造、设备维护和更新、过程优化控制、产品更改或改进、废物回收利用和循环使用、加强管理、提高员工素质以及积极性的激励等八个方面考虑清洁生产方案。通过组织工程技术人员广泛收集国内外同行业的先进技术，并结合企业的实际情况，企业全体员工提出各类合理化建议共43项。清洁生产审核小组和企业技术人员对各类建议进行分类汇总、筛选和研制，得到无/低费清洁生产方案32项，中/高费清洁生产方案11项。

#### 9.1无/低费方案实施情况汇总

列举部分无/低费方案的实施效果汇总如下：

表3-9 无/低费方案实施情况表

| **编号** | **方案名称** | **方案简介** | **投资****（万元）** | **环境效益** | **经济效益** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 使用低浓度低毒材料方案 | 尽可能使用低浓度盐酸、硫酸，其浓度低、气味小，减少对人体及环境的伤害及影响。 | 3 | 保护员工，减轻对环境的污染，降低运搬过程危险 | 年可节约成本14.4万元 |
| 2 | 电加热代替煤炉方案 | 将煤炉加温设备更换为电加热设备。 | 4.5 | 避免粉尘及煤灰等对环境的污染 | / |
| 3 | 除油槽保温和逆流方案 | 高温除油槽增加保温和逆流装置。 | 0.5 | 节约电能2.94 万kW·h/a | 年可节约成本2万元 |
| 4 | 改良产品清洗流程 | 前处理用低温除油剂清洗产品。 | 2.3 | 节省电能0.88 万kW·h/a | 年可节约成本6000元 |
| 5 | 照明路线和灯具的改造 | 卸下多余的光管，由设备组对照明线路进行改造。 | 2 | 节省电能1.47 万kW·h/a | 年可节约电费1万元 |
| 6 | 制定热水炉保养方案 | 每月制定热水炉保养制度。 | 0 | 节省电能1.18 万kW·h/a | 年可节约成本8000元 |
| 7 | 校正热水炉的温度显示计 | 校正热水炉温度显示计，能有效避免电能浪费。 | 0.05 | 节省电能0.15 万kW·h/a | 年可节约成本1000元 |
| 8 | 更换导流板 | 全面检查和更换损坏的导流板。 | 0.2 | 节约水300 m3/a | 年可节约成本1000元 |
| 9 | 检查整流器\镀缸的通电导线 | 制定电镀线的通电导线保养计划，定期检查维护，避免接触不良，减少电能的损耗。 | 0 | 节省电能0.22 万kW·h/a | 年可节约成本1500元 |
| 10 | 每天检查极杠清洁和导电情况 | 每天开工前进行极杠清洁、检查及更新。 | 0 | 节省电能0.74 万kW·h/a | 年可节约成本5000元 |
| 11 | 电镀挂具的全面检修 | 统一对电镀挂具进行全面检修，淘汰不能使用的挂具，并建立长效机制。 | 0 | 减少能源及化学品的浪费 | 年可节约成本3000元 |
| 12 | 线上更换废酸碱集中放置容器 | 集中收集废酸碱并用于污水处理中，利用效果有较大提高。 | 0.25 | 减少污染危害 | 年可节约成本1800元 |

#### 9.2中/高费方案实施情况汇总

**（1）部分方案可行性分析**

**1）镍在线回收系统方案**

**① 技术评估**

镍在线回收系统是在镀镍生产线上安装反渗透装置，利用膜的特殊功能分离和回收电镀漂洗水中的镍，从而有效提高镍的利用率。采用反渗透技术可以不改变漂洗水的相态，也不用添加大量的化学药剂，系统产生的膜浓缩液和膜透析液可进行回收利用。反渗透膜技术在电镀行业已获得逐步推广应用，其技术已相对较成熟。该设备占地面积小，可在生产线上切入，不需另外增加场地安装，技术上可行。



图3-8 镍回收系统工艺流程图

**② 环境评估**

利用反渗透技术将镀镍漂洗水浓缩分离，浓缩液补加到镀镍槽中，透过液在镀镍漂洗槽中循环使用，从而形成镀镍废水闭路循环系统。这样不仅回收了镍离子，同时减少含镍废水的排放量，减轻废水处理负荷，提高资源利用率，环境上可行。

**③ 经济评估**

电镀车间现场取样数据，每天排出的镍废水为6 t/d（以6 t计），镍离子的含量为0.93 g/l，一年以312天工作时间计算，该方案获得经济效益见表3-10和表3-11。由表可知，镍在线回收系统经济可行。

表3-10 年运行费用总节省金额

|  | **项目** | **金额（元/a）** | **合计** | **总节省金额** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统运行年收益 | 镍的回收效益 | 295963 | 306764.4元/a | 148364.4元/a |
| 节省自来水量 | 3032.6 |
| 减少排污成本 | 7768.8 |
| 系统运行年支出 | 电能消耗 | 106255  | 158400元/a |
| RO换膜成本 | 40000 |
| RO膜清洗费用 | 9600 |
| 精密预处理的维护费用 | 1200 |
| 系统日常维护费用 | 1345 |

**表3-11 经济评估表**

| **费用科目** | **费用明细** |
| --- | --- |
| 总投资费用 | 290000元 |
| 年运行费用总节省金额 | 148364.4元 |
| 贴现率 | 12% |
| 折旧年限 | 10 a |
| 投资偿还期 | 1.63 a |
| 净现值 | 71.23万元 |
| 内部收益率 | 15.5% |

**2）中水回用（反渗透RO膜）系统方案**

**① 技术评估**

含铬废水、含镍废水及焦铜废水经处理达标后全部汇入中间水池，随后由输料泵依次输送至砂滤池、活性炭过滤器、保安过滤器和UF膜设备，水中微小颗粒、胶体及大分子有机物得到有效去除。UF膜产水进入RO膜系统实现污染物的分离和浓缩。该系统水回收率为60%，即每天约有52 t高质量的膜透析液回用于生产。RO膜设备产生的浓缩液中含有重金属离子，经混凝沉淀处理后达标排放。该方案使用的技术已经发展成熟，技术上可行。

澄清池

砂滤池

活性炭过滤器

中间水池

保安过滤器

UF膜设备

浓缩液处理设施

达标排放

UF反洗水

UF产水罐

RO膜设备

还原剂、阻垢剂

回用水池

NaOH

浓缩液、洗水

图3-9 反渗透中水回用系统工艺流程图

**② 环境评估**

企业电镀生产线日产电镀废水87 t，RO膜处理系统投入使用后，每天可产生回用水52 t和膜浓缩液35 t，废水的回用率达到60%以上。膜浓缩液经混凝沉淀处理后可达标排放，环境上可行。

**（2）方案实施效果**

11项中/高费方案的实施效果如下：

表3-12 已实施的中高费方案效益表

| **编号** | **方案名称** | **起止时间** | **投资****（万元）** | **环境效益** | **经济效益** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | 生产线自动喷淋冲洗系统 | 2010.08-2010.09 | 5.1 | 节约水1000 t/a。 | 保持镀液稳定，改善产品品质，年可节约成本5000元。 |
| 6 | 镍在线回收系统 | 2010.09-2010.10 | 29 | 节约水1872 t /a，回收镍1740.96kg。 | 节约原材料，节省废水处理成本，每年可节省成本14.84万元 |
| 7 | 中水回用（反渗透RO膜）系统 | 2010.09-2010.11 | 76 | 每天可产生回用水52 t，节约水18096 t /a。 | / |
| 8 | 废水处理自动加药系统 | 2010.09-2010.09 | 12 | 提高废水处理效果。 | 降低废水处理的工作量，减少人工成本。每年可节约成本2万元。 |
| 9 | 电镀线抽风系统改造 | 2010.10-2010.10 | 8.3 | 减少污染产生。 | 保障员工良好的健康状况。 |
| 10 | 酸雾收集处理塔 | 2010.10-2010.10 | 9.8 | 减少污染物排放量。 | 回收大量的铬，每年可节约成本4万元。 |
| 11 | 安装挂具架 | 2010.08-2010.08 | 6.2 | 减少产品返工率。 | 增长挂具的生命周期，改善产品品质。每年可节约成本8万元。 |
| 12 | 生产车间环保空调方案 | 2010.09-2010.10 | 13 | 节约用电50266 kW•h/a。 | 每年可节约成本9.3万元（含节约的电费和产品合格率的提升）。 |
| 13 | 生产车间地面防腐 | 2010.09-2010.09 | 21 | 避免电镀废水下渗污染地下水。 | 改善环境， 确保生产的正常进行。 |
| 21 | 工厂环境改造 | 2010.06-2010.11 | 12 | 营造良好的生产环境。 | 给客户留下良好印象，有助于以后的合作。 |
| 31 | 热水能综合循环供生活热水方案 | 2010.10-2010.10 | 5.8 | 节约用电2.4万kW•h/a。 | 每年可节约成本7.2万元。 |

###

### 10企业清洁生产审核绩效

企业在本轮清洁生产审核期间，提出并实施了32项无/低费方案和11项中/高费方案，共计投入220万元，获得实际经济效益约为65万元/a，所达到的绩效总计如下：

减少废水排放2.1万t，COD减排1.46 t，重金属Ni减排6.3 kg，Cr减排8.4 kg，减少用电7.4万kW•h（折合标准煤9.1 tce），减少镍使用量1740.96 kg，减少铬酐使用量452 kg，减少危废产生量1.8 t。

清洁生产审核方案完成后，工作小组对我企业各项生产指标进行了统计分析，汇总结果见下表。经对照标准评估，企业的清洁生产水平达到了国内清洁生产先进水平。同时由下表可以得出，企业清洁生产目标得以全部完成。

表3-13 审核前后企业各生产指标的对比情况表

| **项目** | **单位** | **审核前（2010.1-7）** | **审核后（2010.11）** | **相对变化情况** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 产品合格率 | % | 96.8 | 97.4 | +0.6% |
| 单位产品用水量 | t/m2 | 0.34 | 0.13 | -62% |
| 单位产品用电量 | kW•h /m2 | 8.55 | 6.38 | -25% |
| 水重复利用率 | % | 30.7 | 39 | +27% |
| 中水回用率 | % | 0 | 71 | - |
| 铜的利用率 | % | 85 | 87 | +2.4% |
| 镍的利用率 | % | 86 | 97 | +12.8% |
| 铬（装饰铬）的利用率 | % | 21 | 24.7 | +17.6% |
| 铜的带出指标 | g/m2 | 2.1 | 1.8 | -14.3% |
| 镍的带出指标 | g/m2 | 0.63 | 0.58 | -7.9% |
| 铬的带出指标 | g/m2 | 3.9 | 3.8 | -2.6% |
| 单位产品废水排放量 | t/m2 | 0.34 | 0.14 | -59% |
| 单位产品COD排放量 | kg/m2 | 0.027 | 0.013 | -52% |

###

### 11持续清洁生产

为巩固已取得的清洁生产成果，并使清洁生产工作持续稳定地开展下去，本轮清洁生产审核成立的清洁生产审核领导小组和审核小组仍继续负责本企业今后的持续清洁生产工作，以期建立一个固定的机构、稳定的工作人员来组织、协调和推进持续清洁生产工作。每年度随人员变动，对审核领导小组和审核小组成员进行调整，并公布名单。

###

### 12总结

（1）取得领导重视。清洁生产审核涉及工艺、财务、环保、采购、品质等多个部门和生产的全过程，只有领导重视才能更好地调动各部门积极性，协调各部门之间的关系，使得全体员工都参与到清洁生产审核过程中来。

（2）必须加强清洁生产知识培训。聘请国家清洁生产审核师对审核小组成员进行清洁生产审核知识培训，使他们基本掌握清洁生产审核的方法和技能。

（3）邀请行业专家协助。行业专家经验丰富，且熟悉前沿发展技术，能在清洁生产审核中更全面的发现问题，并提出科学合理的解决方案。

**问题与建议**

企业虽然通过本轮清洁生产审核达到了清洁生产指标体系“清洁生产先进企业”水平，但尚有很多指标特别是铜镍铬的利用率指标和污染物带出指标仍需要和可以进一步提高，还存在很多清洁生产机会和潜力。例如，企业虽然安装了镍在线回收系统，但对铜和铬却没有在线回收装置。此外，企业目前还采用六价铬电镀工艺。对此，企业确定，继续保证科研投入，持续开展科技研发，更新生产设备，逐步实施替代六价铬电镀工艺。