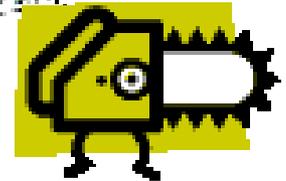
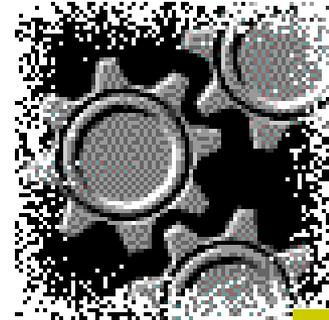


资源的高效利用与科学回收

一啤酒生产沼气脱硫和综合回收利用



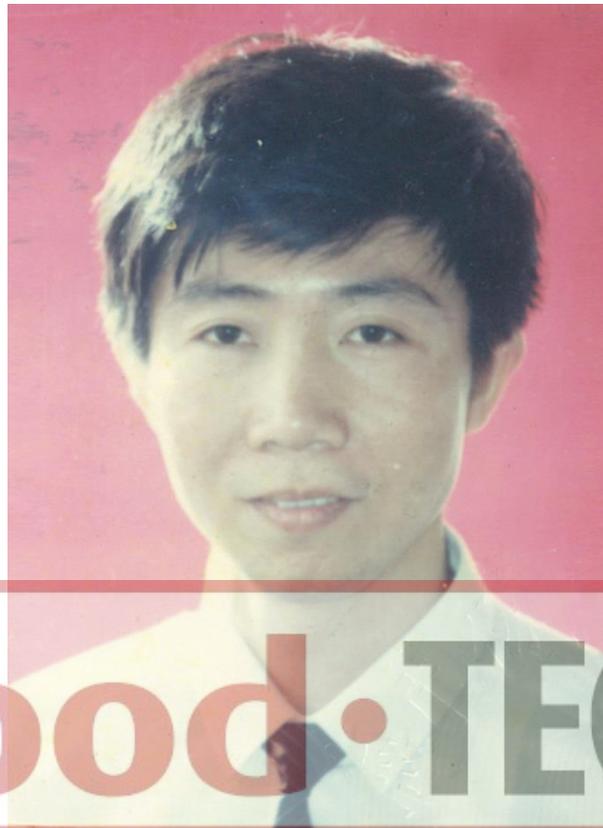
Food·TEC

食品工程

青岛啤酒上海闵行有限公司
设备工程部高级工程师 林 云

2016年11月10日

作者照片、联系方式



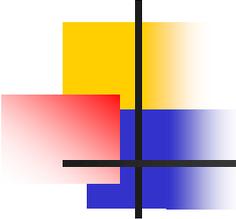
现任青岛啤酒上海闵行有限公司
设备工程部主管、高级工程师，国家级
设备状态监测诊断师。曾多次获国家医
药管理总局科技进步一、二等奖。有多
年化工、制药和食品饮料生产实际经验，
擅长工艺装备设计、过程控制管理和质
量监控把握

林云 18017809776

Linyun@tsingtao.com.cn

Linyun2468@163.com

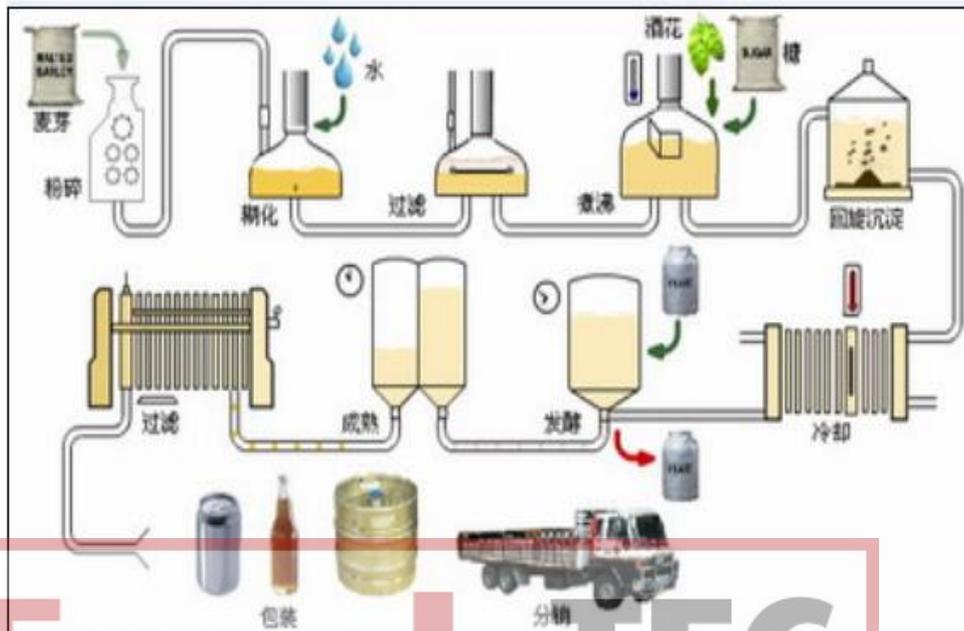
Food·TEC
食品工程



内容简介

- 1、啤酒厂概况
- 2、啤酒厂污水流程
- 3、污水处理运行现状
- 4、沼气排放情况现状
- 4、生物脱硫工艺流程介绍
- 5、生物脱硫方案比较和论证
- 6、锅炉与沼气系统控制和通讯原理
- 7、脱硫系统电气和通讯控制
- 8、脱硫系统异常控制
- 9、系统安全考虑
- 10、脱硫装置外形
- 11、沼气锅炉技术参数
- 12、系统安装标准和规范
- 13、经济效益分析

沼气脱硫和综合回收利用-概况



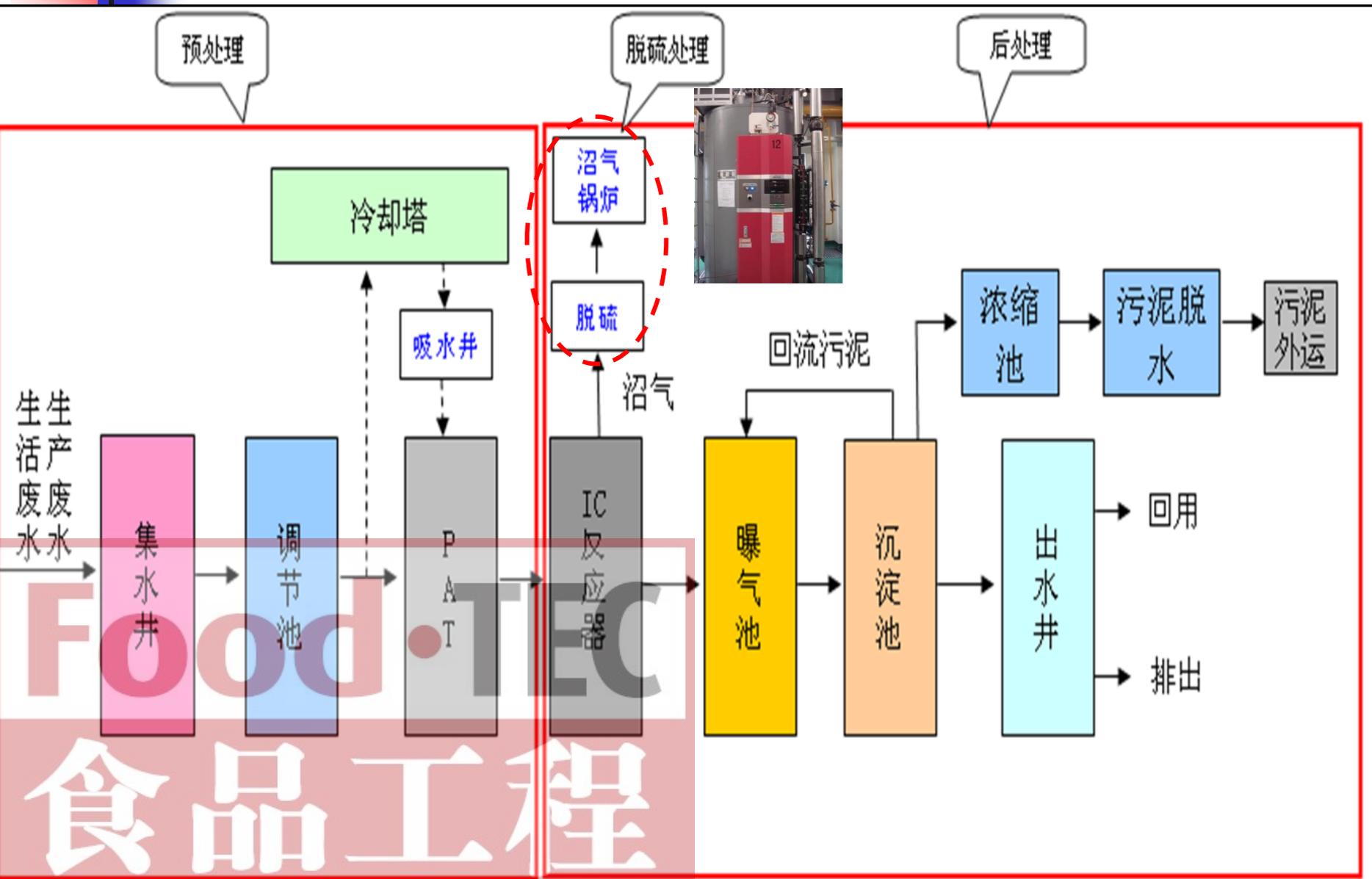
Food·TEC

酿造

食品工程

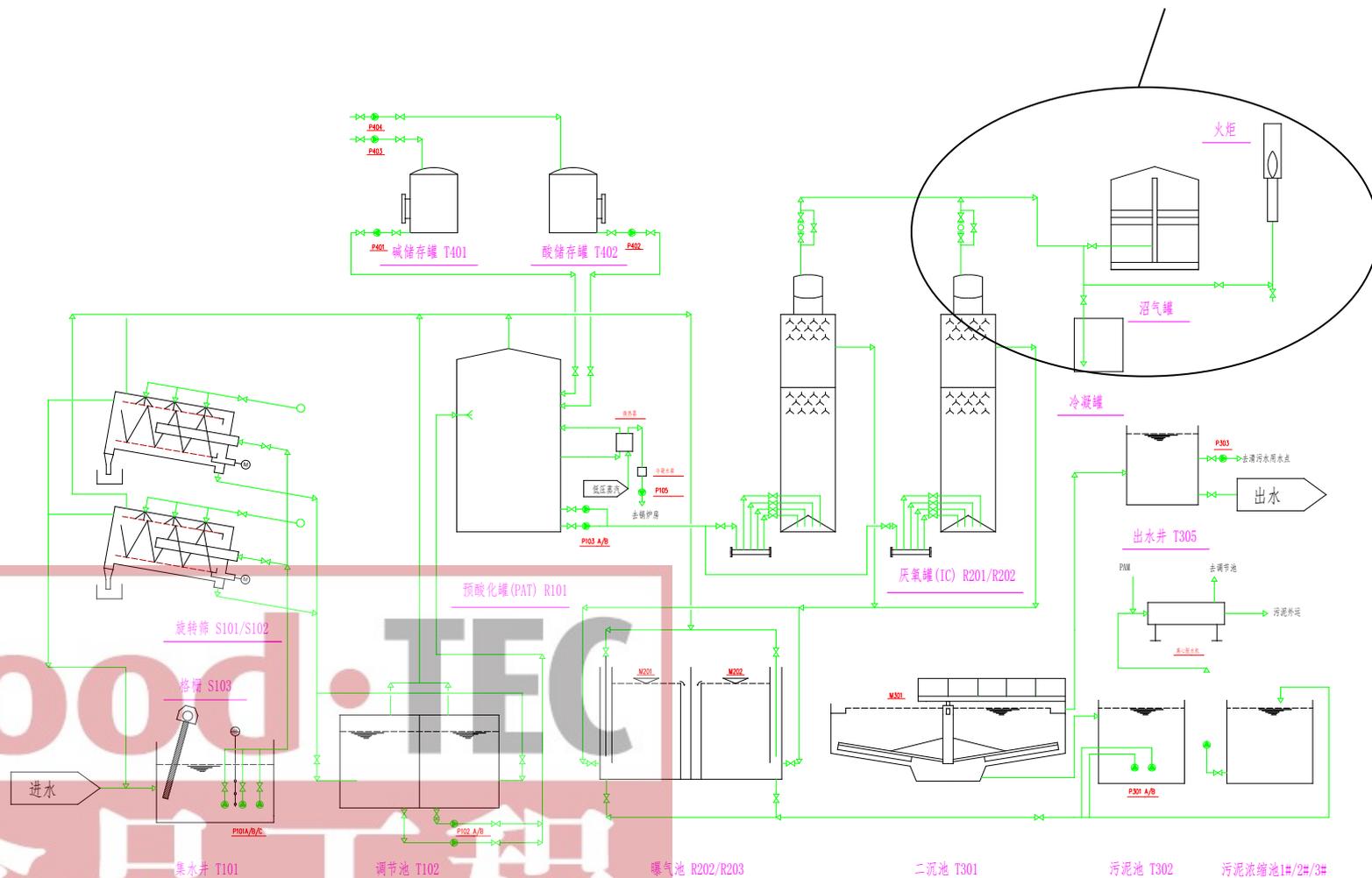
包装

污水处理沼气脱硫和回收利用-流程



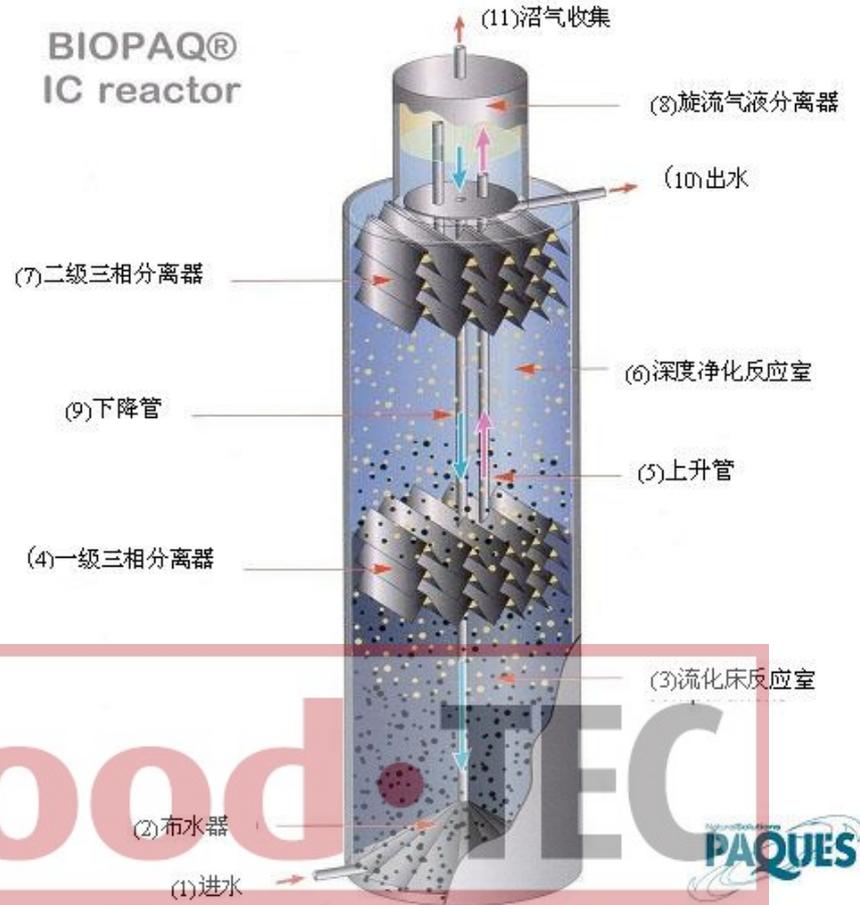
沼气脱硫和综合回收利用-现状

火炬燃烧



Food-TEC
食品工程

污水处理沼气脱硫和回收利用-组成



Food TEC

食品工程

现状分析

沼气是一种混合气体，主要成分是甲烷（ CH_4 , 65-75%），其次有二氧化碳（ CO_2 , 5-10%）、硫化氢（ H_2S , 5000ppm）、氮及其他。

- 其中硫化氢因具有腐蚀性，为避免影响设备正常使用，需在利用前去除。
- 5000ppm硫化氢燃烧产生的 SO_2 浓度高达4000mg/m³，未经脱硫无法达标。

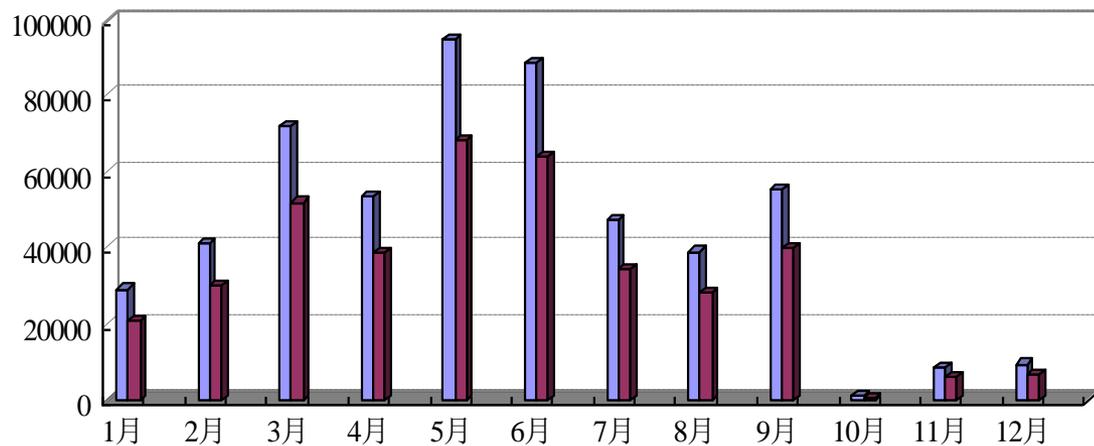
沼气热值约为6300大卡/m³（天然气约为8700大卡/m³）

Food·TEC

食品工程

现状分析

□ 沼气体积 ■ 折合天然气

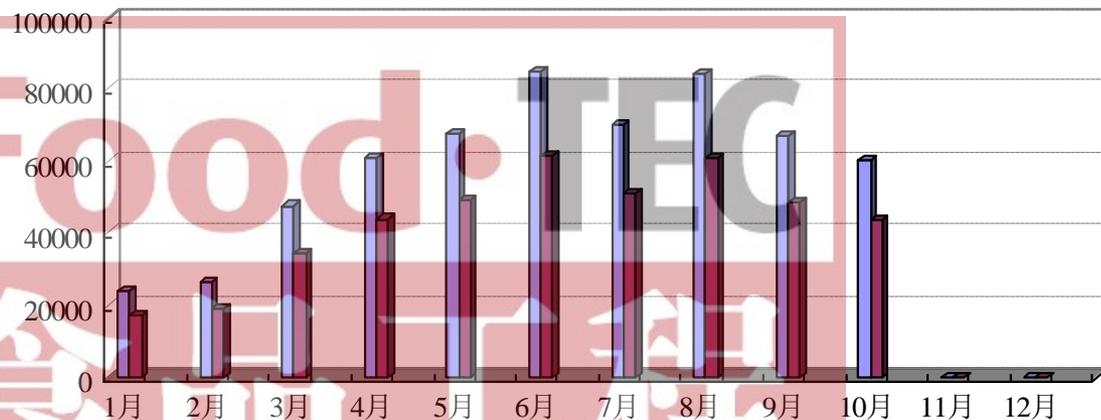


2009年

沼气体积 **541989 m³**

折合天然气 **392475 m³**

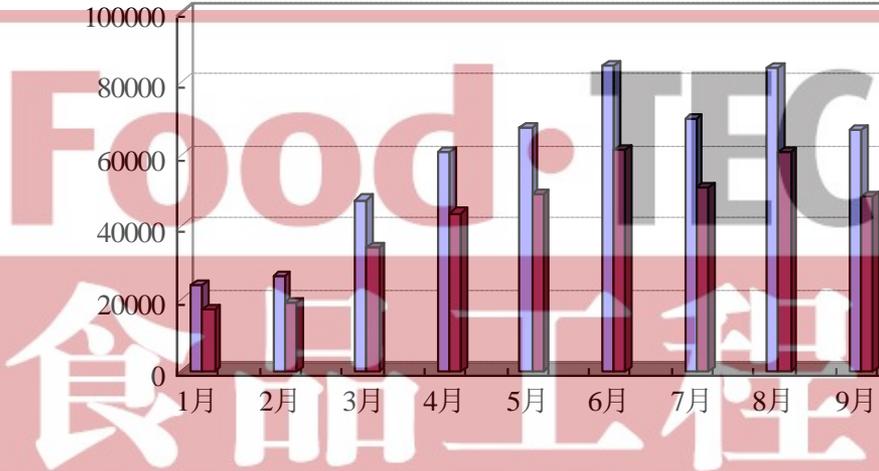
□ 沼气体积 ■ 折合天然气

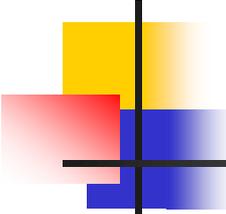


2010年1~10月

沼气体积 **594930 m³**

折合天然气 **430811 m³**





现状分析

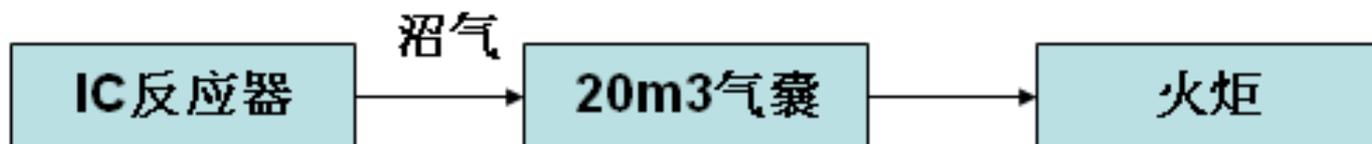
人们意识到以煤为主的能源消费格局是造成大气污染加剧、空气质量下降的主要原因。根据上海市颁布的《上海市锅炉大气污染物排放标准 (DB31/387-2007)》(表1), 从2009年开始燃煤锅炉的二氧化硫排放标准大幅提高, 燃煤锅炉必须安装脱硫装置才能满足排放要求, 公司的全部燃煤锅炉已改造为燃气锅炉

Food·TEC

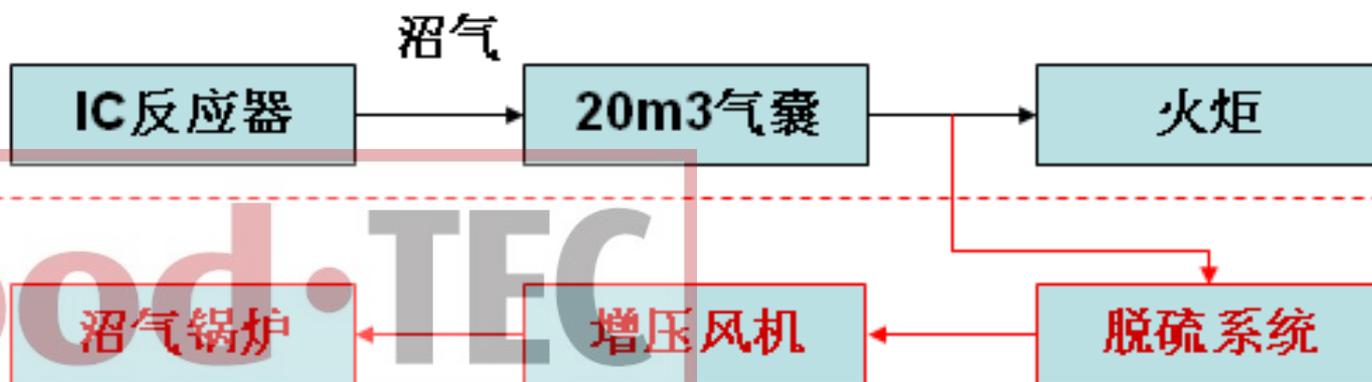
食品工程

生物脱硫介绍

原工艺流程



改造后工艺流程



Food·TEC

食品工程

生物脱硫工艺介绍

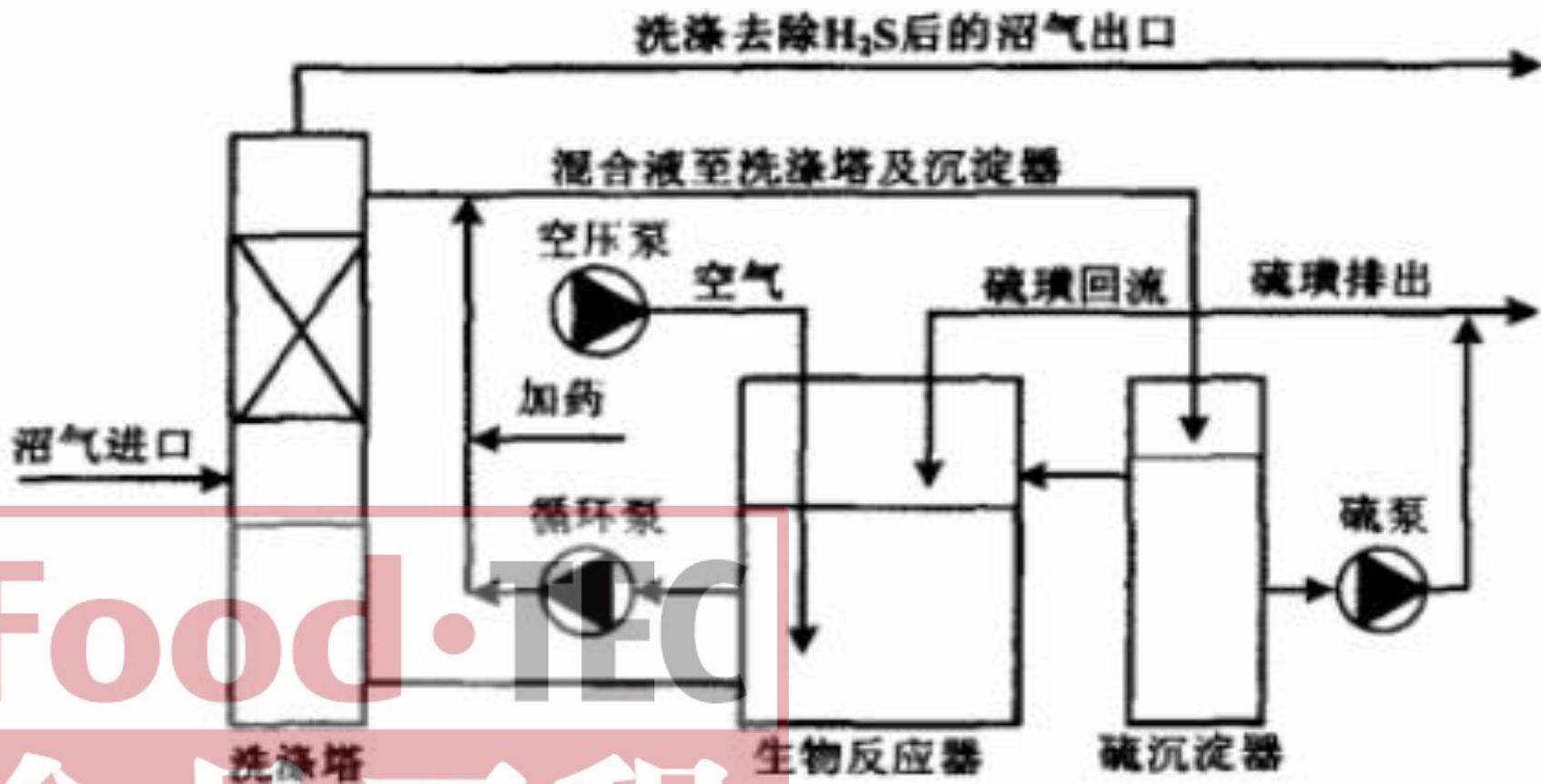
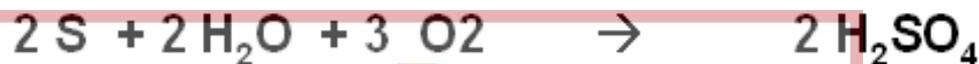


图1 沼气生物脱硫工艺流程图

生物脱硫介绍

生物脱硫是利用微生物的代谢作用将硫化物转化为单质硫或硫酸盐。因生物脱硫具有污染少、低能耗、高效率的特点，是替代干法、湿法脱硫的一种新技术，在国内外得到了越来越广泛地应用。

反应方式1

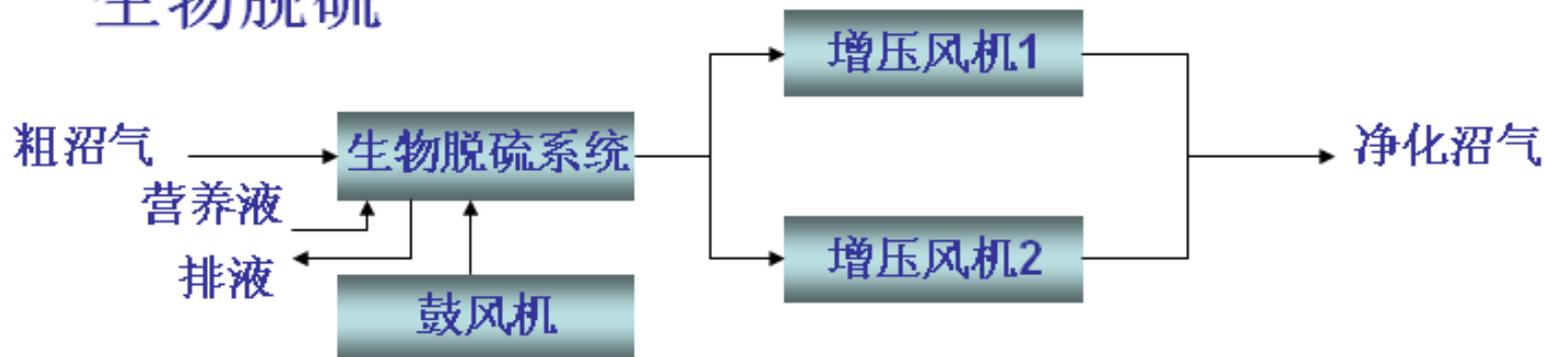


反应方式2



生物脱硫介绍

生物脱硫



主要设备参数

设备	参数	备注
洗涤塔	直径0.8m, 高8m	1台
生物反应器	直径2.4m, 高3.7m	1台
增压风机	1.687m*1m	2台, 1用1备
鼓风机	Q=100m ³ /h	1台

生物脱硫介绍

➤ 设备投资费用

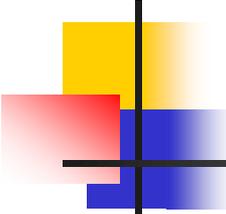
~200 万元

➤ 运行费用

项目	消耗量	单位	单价	费用
NaOH (30%)	24	Kg/d	1元/Kg	24
营养盐	0.7	L/d	25 元/L	17.5
水耗	4	t/d	5 元/t	20
电耗	278	KWh/d	0.62 元/KWh	172.4
合计				230 元/d

折合年运行费用: 4.5 万元

Food TEC
食品工程



生物脱硫介绍

生物脱硫

优点:

- 脱硫效率高，可达99%
- 运行成本低（约4.5万元/年）
- 自动化程度高，操作简便
- 不占用绿化，施工成本低（土建、管道连接）

缺点:

- 造价略高（~200万元）

Food·TEC
食品工程

方案比较论证

脱硫工艺方案比较：

方案	设备投资 (万元)	土建及管道费用 (万元)	锅炉及其他费用 (万元)	总投资 (万元)	运行成本 (万元/年)	脱硫效果	操作维护	初步结论
湿法+干法脱硫	150	50 (占用绿化, 增加管道)	100	300	27	99% 干法后期逐步降低	填料更换工作量大	×
湿法脱硫	120	30	100	250	30	99%	基本自动化, 碱液补充频繁	×
生物脱硫	170-200	30	100	300-330	4.5	99%	全自动	√

Food · TEC

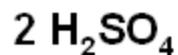
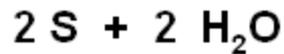
食品工程

方案比较论证

生物脱硫方案1:

生物脱硫（一体式）

将一定量的空气导入含有 H_2S 的沼气中，混合气体通过生物滤池以去除 H_2S 。在反应器内部安装塑料填料，营养液循环使填料保持潮湿状态，并补充脱硫细菌生长所需的营养。

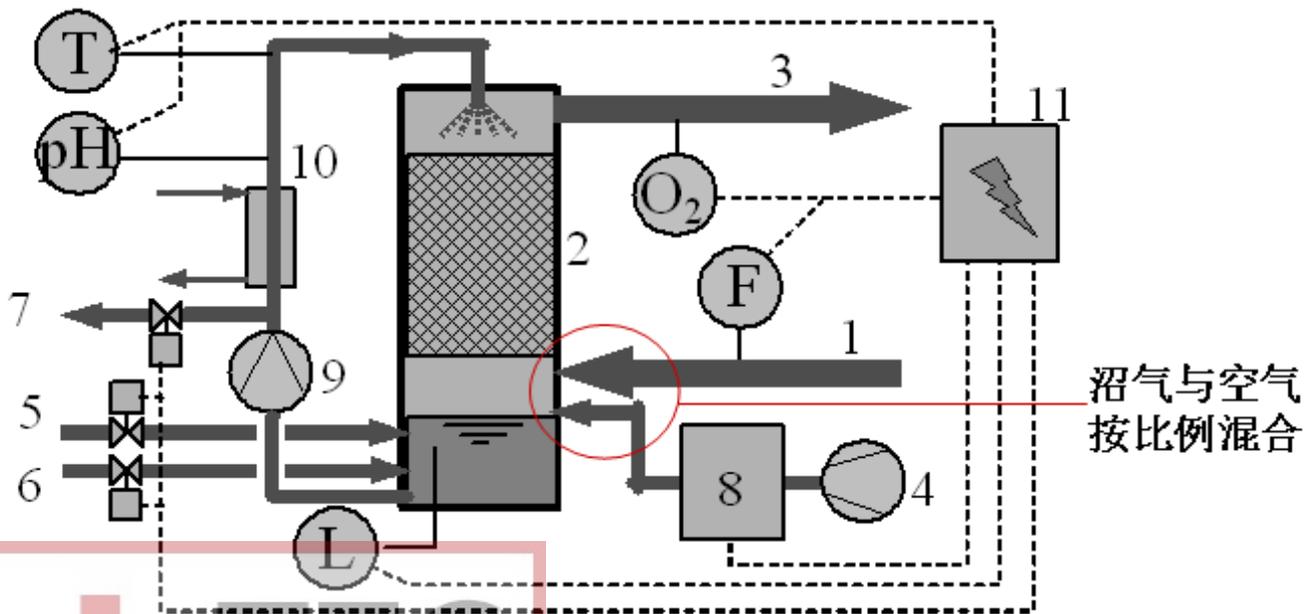


Food·TEC
食品工程

方案比较论证

生物脱硫方案1:

生物脱硫（一体式）工艺流程示意图



沼气与空气
按比例混合

- | | | |
|---------|-----------|---------|
| 1 气体入口 | 5 营养液 | 9 液体循环泵 |
| 2 填料反应塔 | 6 稀释冷却水 | 10 热交换器 |
| 3 气体出口 | 7 废液排放 | 11 控制板 |
| 4 空气供应 | 8 空气供应控制器 | |

食品工程

方案比较论证

生物脱硫方案1:

生物脱硫（一体式）

优点:

- 脱硫效率高，可达96-99%
- 运行成本低（约4.5万元/年）
- 自动化程度高，操作简便
- 造价较低（约170万元）

缺点:

- 填料易堵，影响处理效果、增加劳动强度
- 空气直接与沼气混合，一旦控制仪表发生故障，沼气极易达到爆炸极限（8.8-24.4%，标准沼气），安全风险高
- 运行控制精度过高（温度30-31℃/PH2.5-3.0），系统易失控



方案比较论证

生物脱硫方案2:

生物脱硫（分离式）

含H₂S的沼气气体首先进入生物洗涤塔，在塔内与混合液中碱反应从沼气中脱除绝大部分H₂S。

生物洗涤塔吸收液流至塔底，进入生物反应器。在反应器底部有空气分布系统，给微生物提供氧气，将反应器中的硫化物转化为单质硫。同时碱得到再生。

单质硫在分离器中分离。

从生物反应器出来的含有生物再生碱的混合液循环回流至生物洗涤塔。

洗涤塔（化学反应）



生化反应器（化学反应）

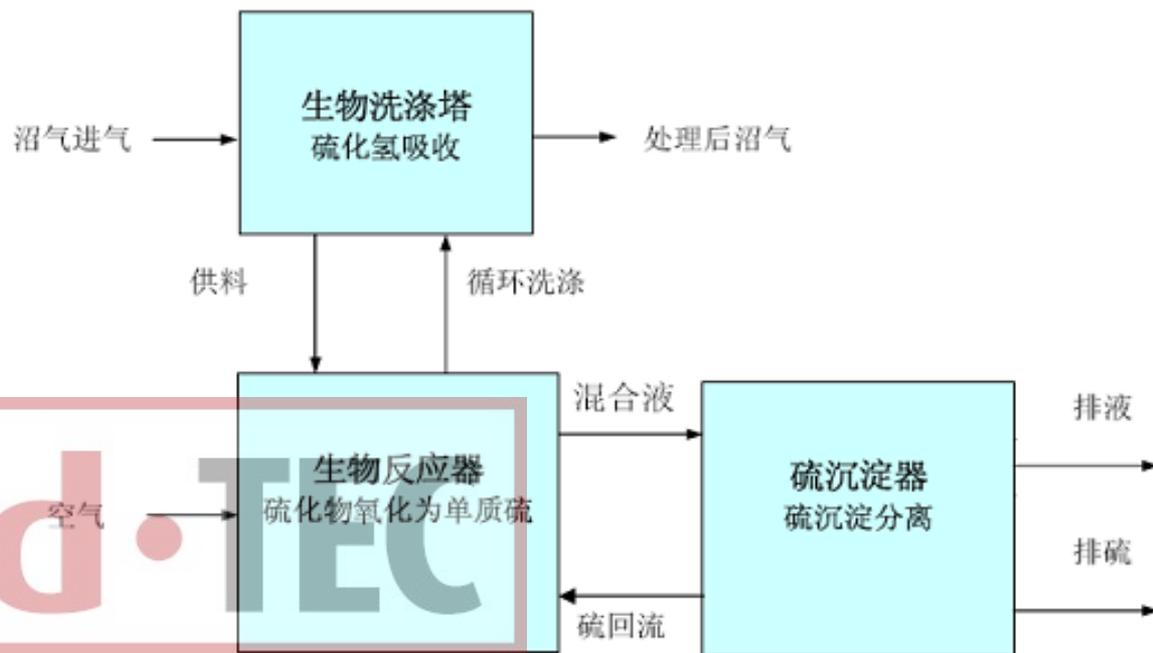


Food·IEC
食品工程

方案比较论证

生物脱硫方案2:

生物脱硫（分离式）工艺流程示意图



Food·TEC

食品工程

方案比较论证

生物脱硫方案2:

生物脱硫（分离式）

优点:

- 脱硫效率高，可达99%
- 运行成本低（约4.5万元/年）
- 自动化程度高，操作简便
- 沼气不与空气直接混合，安全风险低

缺点:

- 造价略高（约200万元）



Food-TEC

食品工程

方案比较论证

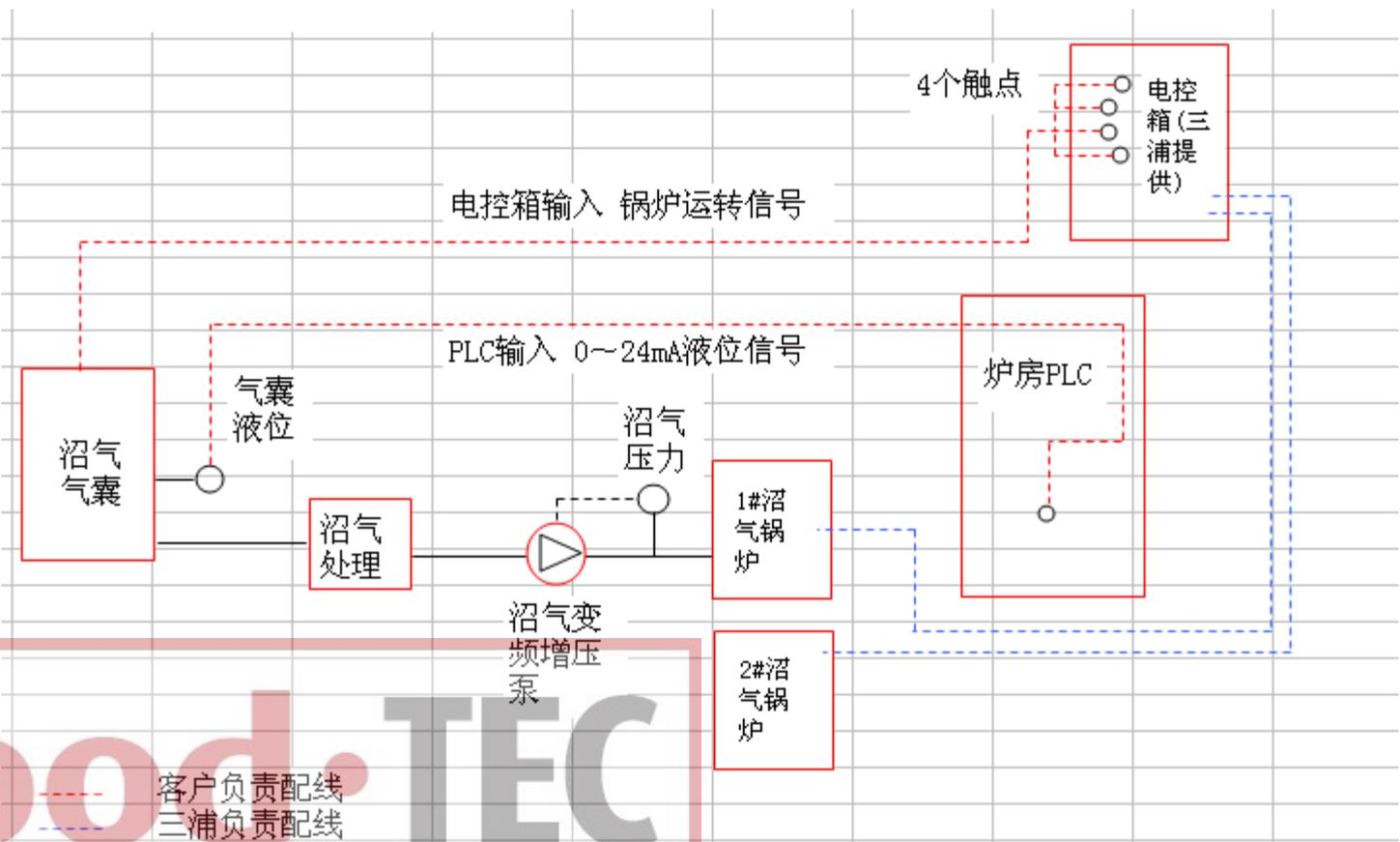
生物脱硫方案比较:

方案	设备投资 (万元)	土建及 管道费用 (万元)	锅炉及 其他费用 (万元)	总投资 (万元)	运行成本 (万元/年)	市场 占有率	技术 成熟度	脱硫 效果	初步 结论
生物脱硫 (一体式)	170	30	100	300	4.5	低(国内仅在天津污水厂有少数几个实施中项目,啤酒行业无项目)	中(从天津北仓污水厂了解,填料易堵,反冲效果不理想)	96-99%	×
生物脱硫 (分离式)	200	30	100	330	4.5	高(国内在珠江啤酒、宜兴协联等有17个项目,大多已实施)	高(从珠江啤酒了解,设备运行稳定)	99%	√

Food·TEC

食品工程

锅炉与沼气系统控制和通讯原理



Food·TEC

食品工程

脱硫系统电气和通讯控制

脱硫电气设备包括：循环泵、硫污泥泵、营养盐泵、碱泵、鼓风机、电控柜等。使用研华面板式工控机作为人机接口**HMI**用来监视和控制脱硫系统的运行，通过**Siemens SCADA**软件**Wincc**对工艺数据进行采集、记录和显示等，形成趋势图供工艺人员参考，分析系统运行状况。系统的硬件组成包括：通讯电缆（光缆、同心电缆或双绞线）、与**PLC**子站的通讯接口、上位机通讯接口以及工控机。本系统软件为组态人机界面



Food·TEC

食品工程

脱硫系统异常控制

- 生物反应器pH异常
- 生物反应器电导率异常
- 生物反应器氧化还原电位异常
- 沼气管道压力超高

满足前述
条件之一

沼气增压风机
停止运行

- ✓ 查找异常原因，排除故障
- ✓ 沼气储存罐液位上升，达到设定值后火炬燃烧

沼气锅炉停止运行

恢复正常运行

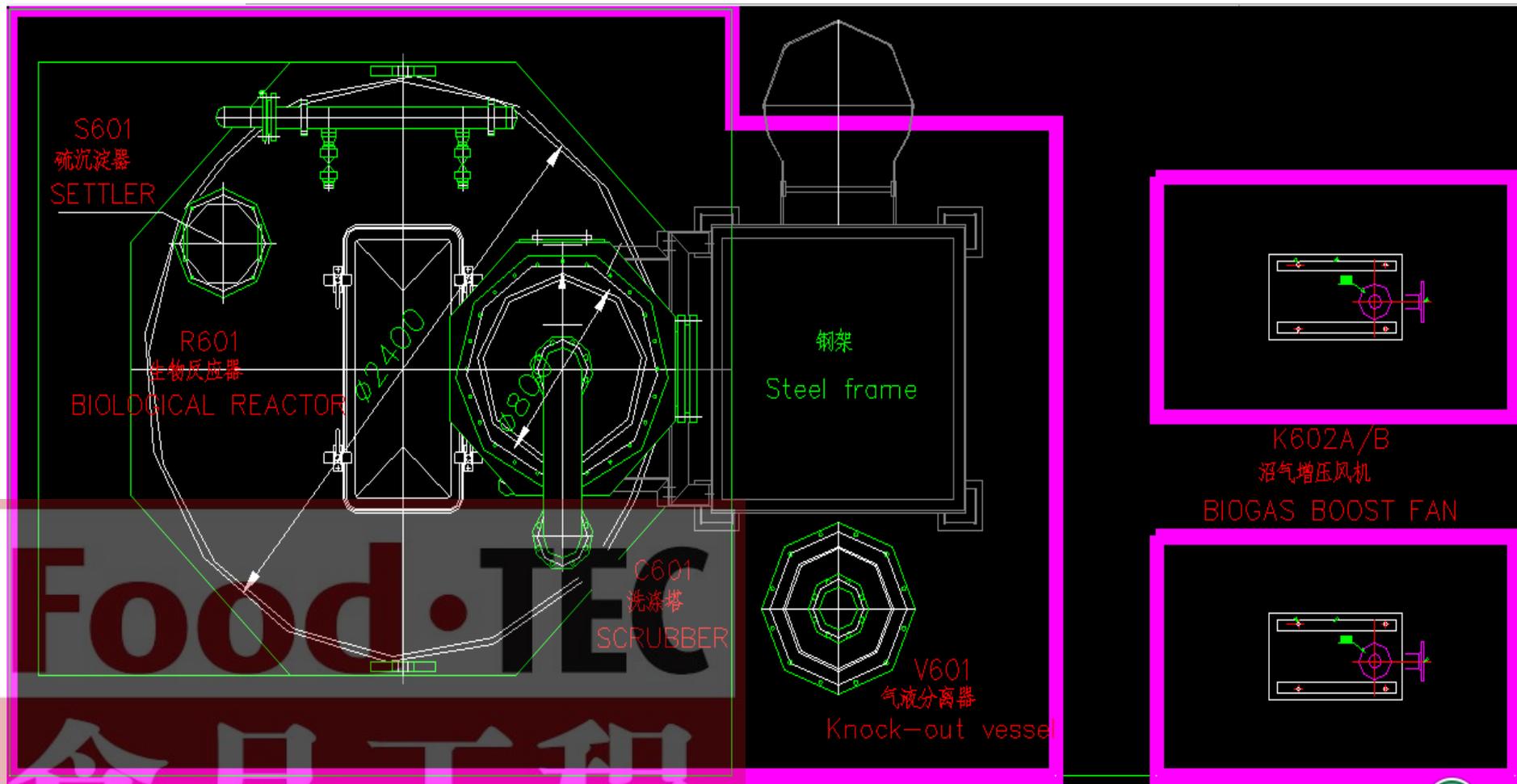
Food·TEC

食品工程

沼气系统安全考虑

- 沼气控制的关键为沼气储存罐液位，一旦液位信号失灵，整套沼气系统将无法运转，且存在安全隐患。在本项目中设置二套沼气液位计，防止液位计损坏及出现假液位信号。
- 沼气锅炉要求沼气来气压力维持在 $10\sim 20\text{KPa}$ ，在沼气风机出口加装变送器，通过沼气压力与风机实现联锁，防止出现沼气压力不稳，引起沼气锅炉不正常燃烧
- 沼气管路加装法兰，每副法兰处加搭接线。一旦需要管路维护，可通过法兰拆卸管路，排空管路残余沼气，保证施工安全

脱硫装置俯视



脱硫装置外形



Food • TEC
食品工程

沼气锅炉技术参数

2. 燃料的发热量使用下列的数值。

沼气	25.05 MJ/m ³ N {5,985 kcal/m ³ N}
甲烷(CH ₄):	70%
二氧化碳(CO ₂):	30%
硫化氢(H ₂ S):	10ppm 以下
不含其它杂质及腐蚀性成分	

※ 沼气成分以实测数据为准。

※ 燃气不可混有上述以外的燃气成分或水分。由于燃气其他成分或水分造成的管路、燃气设备、缶体以及其他与燃气接触部分的腐蚀、损害、故障等，弊公司难以进行补偿。

天然气	36.5 MJ/m ³ N {8700 kcal/m ³ N}
-----	---

3. 误差的许可范围如下所示。

锅炉效率的误差 ±1% , 燃烧量(输入)误差 ±3.5%

4. 额定蒸发量以给水温度 20℃、蒸汽压力 0.49MPa {5 kgf/cm²} 为基准。

5. 给水温度在 85℃ 以上之时、采用高温水规格。

6. 燃气供给压力请设定在下表范围之内。(停止时、运行时间)

	沼气	天然气
CZ I-1000GH	9.8~19.6kPa {1000~2000mmAq}	9.8~29.4kPa {600~3000mmAq}

沼气锅炉技术参数

型 式		C Z I - 1 0 0 0 G H		备注		
项 目		单 位				
本	锅炉种类	——		多管式贯流锅炉		
	最高压力	MPa		1.0	注9	
	相当蒸发量	kg/h		1,183		
	额定蒸发量	kg/h		1,000	注4	
	发热量	kW {kcal/h}		742 {637, 900}	注1	
	锅炉效率	%		90	注3	
	保有水量	L		187		
	燃料消耗量	沼气	m ³ N/h		118.4	注2
	使用电源	——		AC 380V 50Hz 3相		
	电源线径	mm ²		5.5	注7	
电源断路器容量	A		40	注8		
设备电功率	kW		6.1			
总电容量	kVA		8.88			
产品质量 (产品重量)	kg		1,910			
锅炉外形尺寸 (W×D×H)	mm		1,690×2,290×2,880			

Food·TEC
食品工程

系统安装标准和规范

一 主要设计规范

- 1) 室外排水设计规范 GB 50014-2006.
- 2) 建筑设计防火规范 GB 50016-2006.
- 3) 给排水工程管道结构设计规范 GB 50332-2002.
- 4) 给排水管道工程施工及验收规范 GB 50268-97.
- 5) 工业企业厂界噪声标准 GB12348-90.
- 6) 工业企业设计卫生标准 GBZ1-2002.

二 主要设计依据

- 1) 业主提供的处理场地等基础资料.
- 2) 业主提供的总平面图(电子版).
- 3) 业主提供的其它设计要点.
- 4) 脱硫设备供货商PAQUES公司提供的其它资料(包括设计过程中往来书面资料及口头认可等).
- 5) 给水排水工程相关规范及要求.

三 一般说明

- 1) 图中标高采用相对标高,相对标高±0.000相当于附近道路地坪标高.
- 2) 管道材质
PE:PE塑料管
20:碳钢管
304:不锈钢管
- 3) 所有外露架空碳钢管道、支架在除锈后红丹底漆两道、防锈面漆两道防腐.
- 4) 所有埋地及水池中碳钢管外壁除锈后红丹底漆两道、环氧沥青漆两道防腐.
- 5) 管道色标根据厂区习惯做法.
- 6) 图中管道标高除注明外均为管道中心标高.

四 管道、设备安装

- 1) 管道安装时应将流程图,管径平面、剖面布置图相互参照进行施工.
- 2) 阀门安装时应处于关闭状态,阀门高度及阀柄方向应以便于操作与安装为原则.
- 3) 管道安装时,事先应采用人工清除管内壁,安装完毕后采用压缩空气吹扫.
- 4) 机泵等设备安装及验收应根据GB50231-98标准进行.
- 5) 管道支架根据《给排水标准图集》(S161)制作.

五 其它

- 1) 脱硫设备为PAQUES公司成套供货设备.
- 2) 本工程主要物料为甲烷气,根据相关规范,“正常运行时不能释放易燃物质的法兰、连接件和管道接头”属于二级释放源,因此本工程脱硫塔、加压风机、冷凝水箱处均为二级释放源,相关法兰、连接件和管道接头处4.5米范围(水平方向与垂直方向)内为防爆区,防爆分区为2区
- 3) 管道保温采用EPS发泡材料(阻燃型),做法根据厂区习惯做法.
- 5) 增压风机出风管(曝气池至燃气锅炉)段除注明外,中间不能有U型弯头,如果需要增加U型弯头则需要相应增加冷凝水管及冷凝水箱.

经济效益分析

污水系统IC厌氧反应器年产生沼气约70万m³（综合2009年和2010年1-10月数据），按热值折天然气约50万m³。

➤经济产出约

$$4.12\text{元}/\text{m}^3 * 50\text{万m}^3/\text{年} = 206\text{万元}/\text{年}$$

➤运行成本约

$$4.5\text{万元}/\text{年}$$

➤收益约

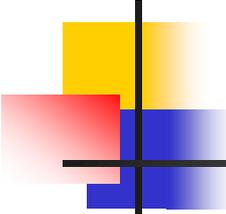
$$206 - 4.5 = 201.5\text{万元}/\text{年}$$

➤ROI（投资回收率）

$$201.5 / 330 = 61.06\%$$

➤投资回收期

$$330 / 201.5 = 1.64\text{年}$$

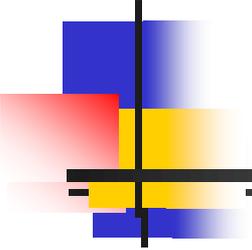


经济效益分析

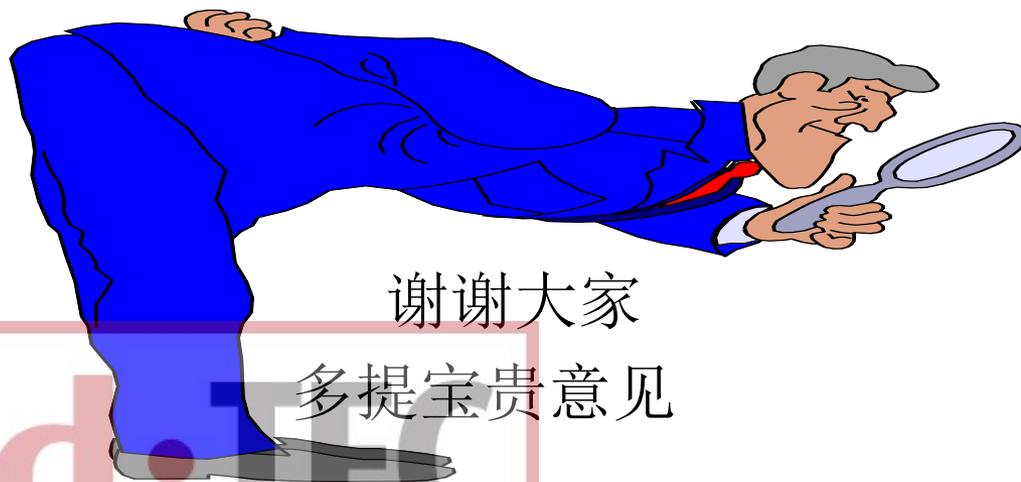
- 一体式生物脱硫，效率**99%**，运行费用**4.5万/年**，自控程度高，操作简便
- 每年回收沼气**2.5吨**，减少大气污染，环保效果显著，公司总天然消耗降低**10%**
- 2台**CZI-1000GH**型低压沼气锅炉（三浦工业设备（苏州）公司）
- 沼气总燃烧值： $6500 \times 750,000 = 4.875 \times 10^9$ kcal 沼气锅炉热效率：**93%**

Food·TEC

食品工程



END



谢谢大家
多提宝贵意见

Food • TEC

食品工程