

水玻璃旧砂短流程湿法 再生工艺与装备的应用前景

朱以松¹, 吴殿杰²

(1. 无锡锡南铸造机械有限公司, 江苏无锡 214142)

(2. 机械工业第九设计研究院有限公司, 吉林长春 130011)

摘要: 采用短流程湿法再生方式, 对浇注落砂后的水玻璃自硬砂废砂进行再生处理, 然后作为新砂使用, 笔者公司最新研发的合理利用资源节能降耗、降低铸造废品率, 提高综合社会效益的创新工艺和设备。本文重点阐述国内水玻璃旧砂再生状况及湿法创新理念及湿法再生设备的应用前景。

关键词: 水玻璃旧砂; 短流程湿法再生; 工程化

1 水玻璃旧砂短流程湿法再生项目

目前铸造企业均将铸件浇铸后的水玻璃废砂丢弃, 既污染环境, 又浪费资源。水玻璃铸造废砂的短流程湿法回收再利用既解决了废砂对土地、水资源的污染, 又可使硅砂得到循环利用, 减少资源开采, 有效地保护生态环境。使水玻璃铸造废砂的回用率达到 95%。水玻璃铸造废砂湿法再生回用, 砂系单一, 不仅降低铸造企业生产成本, 而且促使铸件良品率提高。自 2012 年以来, 无锡锡南铸造机械有限公司投入资金人力对水玻璃旧砂进行再生回用, 循环使用进行研制并投入试生产, 信息反馈良好, 受到厂家的欢迎和好评。现在, 笔者公司和大专院校产学研结合研制水玻璃旧砂湿法再生工艺, 采用短流程湿法处理新概念对废弃水玻璃旧砂处理建立再生生产线, 为整个江苏省及长三角地区水玻璃铸造废弃旧砂再生及资源再利用提供一个良好开端。

1.1 水玻璃旧砂再生现状

目前我国, 铸钢件年产量已达到 800 万 t^[1], 造型用砂主要采用水玻璃砂造型(芯), 其余为酯硬化碱酚醛和呋喃树脂砂等其它工艺。由于呋喃树脂砂用于铸钢件生产易产生裂纹倾向; 酯硬化水玻璃自硬砂已经被公认为最有可能实现铸钢生产绿色铸造的型砂工艺。它以其无色、无味、无毒, 在混砂、造型、浇注和落砂过程中没有刺激性气味和有毒气体产生, 对人体没有危害, 以及铸造性能好等特点, 在铸造业受到普遍认同。但唯一的缺点是其再生困难, 按照生产 1 吨合格铸件, 排放 4 吨废砂计算, 全国水玻璃铸造废砂的排放量也将达到 3200 多万吨, 这样大量的工业固体废弃物, 如果不处理、不综合利用, 会造成较大的固体污染。如果能解决水玻璃砂的再生等问题, 水玻璃砂型铸造将率先进入绿色铸造的行列。国内许多主要大中型铸钢件生产企业已采用推广新型有机酯水玻璃自硬砂造型及再生工艺。

我国是一个缺乏优质高硅砂的国家, 却是世界上生产铸件最多的国家。江苏本身没有铸造用砂资源, 所用造型原砂均源自福建、江西或北方地区。另外, 我国优质高硅砂的资源有限(平潭沿海和海南地区的硅砂都限制开采), 运输费用又高。而如上所说——废旧砂循环再生能减少原料型砂采购量的 70%~80%, 大大减少了硅砂资源的开采。

1.2 资源再利用目标及方式的提出

目前江苏省铸造协会《从我国铸造旧砂再生现状看我省产业发展的调研报告及建议》和多年从事造型材料市场调研结果, 决定投资建设水玻璃铸造型砂废旧砂短流程湿法再生循环资源再利用项目, 笔者公司根据长三角地区汽车铸造企业和铸钢生产废砂排放现状, 已经与江苏省 XXXX 铸造材

料有限公司合作共同投资 500 万元设立一条《水玻璃铸造废旧砂短流程湿法再生处理中心》。

1.3 再生处理中心再生线焙烧炉研发模块参数的确定

主要工序有：趁热落砂破碎、连续水洗擦磨再生、砂水分离、蒸汽烘干、污水综合处理回用。
该生产线主要技术经济指标：

- (1) 生产能力（废砂投入量）：约 15t/h。
- (2) 再生率>95%。
- (3) 污水处理零排放。
- (4) 再生砂粉尘含量<0.2%（200 目及以下的细粉含量）。
- (5) 再生砂的灼烧减量<0.1%。
- (6) 空气粉尘物排放，符合国家空气排放标准。

1.4 建设目标和方式

此项目属材料回收资源再生利用类型，是国家鼓励发展的高新技术产业。完全符合国家铸造废旧砂资源化再生循环处理产业政策，以及“建议政府以省内（乃至国内/外）有技术、有经验、有设备的科研机构或企业为推进产业发展的“技术或企业孵化器”（以下简称“孵化器”），分别在江苏省 13 个地市（当然首先可以试点）投/集资建设“中心”的设想。

1.5 生产试验基地设计方案数据（见表 1）

表 1 技术经济指标表

序号	项 目 名 称	单 位	数 据	备 注
1	厂区占地面积	m ²	2000	
2	车间生产线厂房	m ²	1000	
3	新增职工总人数	人	10	
4	主要新增设备	台	12	
	再生砂生产能力	t/a	90000	年时基数 6000h 生产率 ~15t/h
5	动能耗量：			
	电能	kW.h/年	100×10 ⁴	0.85 元/kWh
	自来水	km ³ /年	30	
	液化石油气	10 ⁴ m ³ / 年		烘干
6	设备投资	万元	500	含空压机站变压器投资
7	建设期	年	1	
8	投资回收期	年	0.5	达产 2015 年
9	销售额	万元	2700	达产 2015 年 300 元/t 再生砂
10	全年成本	万元	1448.5	
11	全年利润	万元	1251.5	2015 年

2 国内水玻璃铸造废砂再生利用现状

2.1 水玻璃铸造旧砂短流程湿法再生处理工艺及设备

2.1.1 水玻璃旧砂处理工艺发展

我国水玻璃铸造废砂的再生应用始于上世纪 60 年代,经过水爆清砂等工艺的回用砂一般作为铸钢背砂使用,但多数厂家采用露天日晒或丢弃。根据国家政策法规 2012 年 7 月提出的《铸造行业准入条件》,使用水玻璃砂铸造技术的旧砂回收标准应达 60%以上,这就使得大量原本采用传统水玻璃砂工艺的生产企业面临工艺改革的抉择。

2.1.2 水玻璃旧砂短流程湿法再生处理设备

目前随着水玻璃砂溃散性差等问题逐步解决以及水玻璃砂绿色铸造关键技术与装备的研制成功,使自硬砂旧砂中最难于再生的水玻璃旧砂的完全再生回用已成为可能。目前以水玻璃砂工艺为代表的自硬砂砂型浇注后落砂破碎技术环节复杂,设备接口多,实际生产过程中,设备控制多、维修量大、占地面积大、效率低。笔者公司最新研制并投入批量生产的智能化落砂破碎脱膜再生短流程砂处理技术,使传统的落砂工作简化为短流程砂再生系统。作为水玻璃等自硬旧砂再生的最具有亮点的高技术产品,它将落砂、破碎、再生、除尘、分选、输送集于一体,加上无管道除尘装置和智能式双罐密相气力输送装置,其占地少、效率高、节能、操作环境好等优点。为客户提供了“较短的工艺流程”、“较少的主机设备”和“较低的运行成本”。下面以传统水玻璃旧砂落砂再生工艺路线为例进行阐述,如图 1 红色圈注为水玻璃旧砂现有落砂破碎输送再生及热法再生流程。

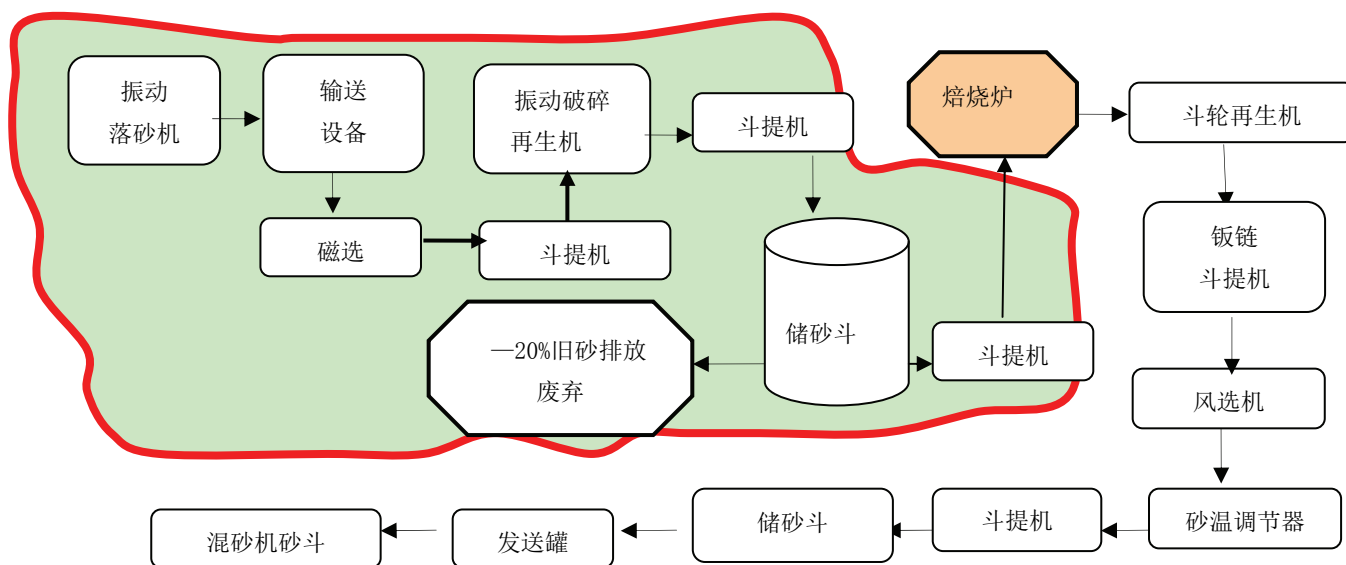


图 1 目前水玻璃旧砂落砂再生工艺路线

水玻璃短流程湿法旧砂技术开发项目使水玻璃旧砂再生循环利用生产工艺路线更加集约化、智能化、节能化和高效率,旧砂热法短流程再生工艺路线流程图 2 所示。

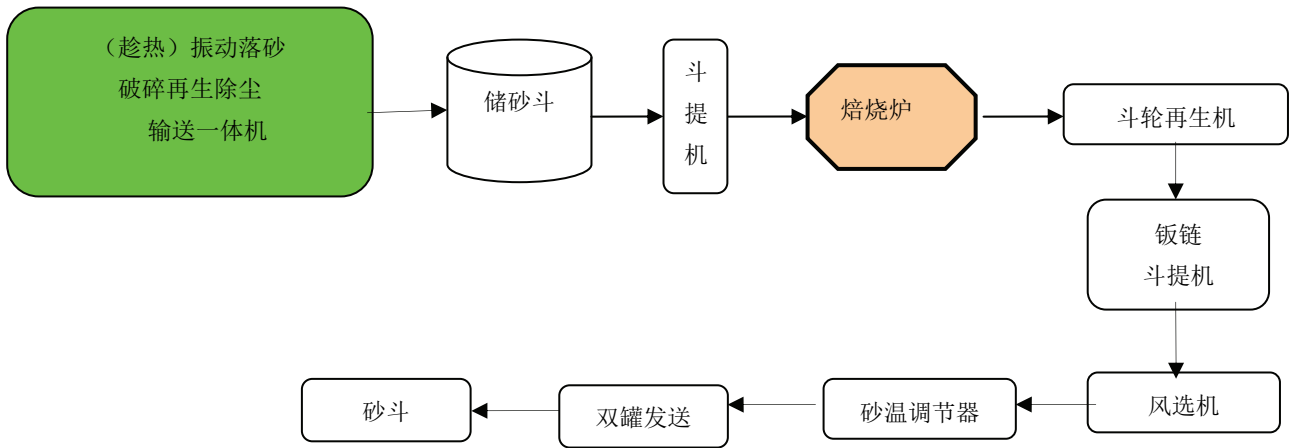


图2 水玻璃旧砂短流程热法再生技术工艺流程

我国目前已有部分铸钢企业水玻璃旧砂采用热干法等再生循环利用技术，但仍然摆脱不了复杂且能源偏紧或运行成本偏高的局面，往往需要多级繁杂的输送过程，这就增加很多生产运行成本。所以，水玻璃旧砂再生短流程生产技术开发研制成功，目的是能够为客户提供性价比优越的“短的工艺流程”、“少的主机设备”和“低的运行成本”理念。

2.1.3 水玻璃铸造旧砂短流程湿法旧砂再生技术

由笔者公司研制成功的自硬砂铸造旧砂再生短流程生产技术已经在科技成果转化方面投入大量人力资金并已在数家铸钢企业投入生产。

这种针对水玻璃铸钢行业在水玻璃旧砂热法再生技术成功运用基础上，创新研发的又一种水玻璃旧砂短流程湿法再生回收循环利用的处理系统。打破传统观念，采用适时化趁热打箱新思路。新研制的振动落砂破碎再生除尘输送一体机、斗轮搓擦再生机等新工艺装备以彻底解决水玻璃旧砂再生难题且使 20%以上废弃砂经湿法再生后作为新砂回用。

同时，可以采用趁热打箱后立即进入热水湿法浸泡、连续擦洗湿法去膜的湿法再生技术，并解决水玻璃砂型铸造废旧砂湿法再生耗水量大、 Na_2O 去除率低的问题，达到再生耗水量 100kg/t ， Na_2O 残留由热干法的 0.5%降低至 0.1%。

铸钢水玻璃旧砂再生短流程系统主机采用性能先进的短流程技术、斗轮擦磨技术、新型节能过滤技术以及智能化理念，主要突破与创新点：

(1) 振动落砂破碎再生除尘输送短流程技术。集落砂、破碎、再生、除尘、分选、输送于一体，解决了传统设备接口多，维修量大、占地面积大、效率低等问题，尤其是水玻璃旧砂趁热落砂破碎脱膜率由原来的 5%提升到 10%。

(2) 机械法斗轮搓擦脱膜再生技术。旧砂在高速旋转的斗轮搓擦锤片带动下相互的搓擦、碰撞，是短流程落砂破碎后趁热再生关键技术，脱膜效率达 20%。

(3) 无管道节能式粉尘过滤净化装置。粉尘、 SiO_2 和 Na_2O 碱性物质无害化回收利用技术的研发制造。解决了水玻璃砂型铸造废旧砂湿法再生耗水量大、 Na_2O 去除率低等难题。

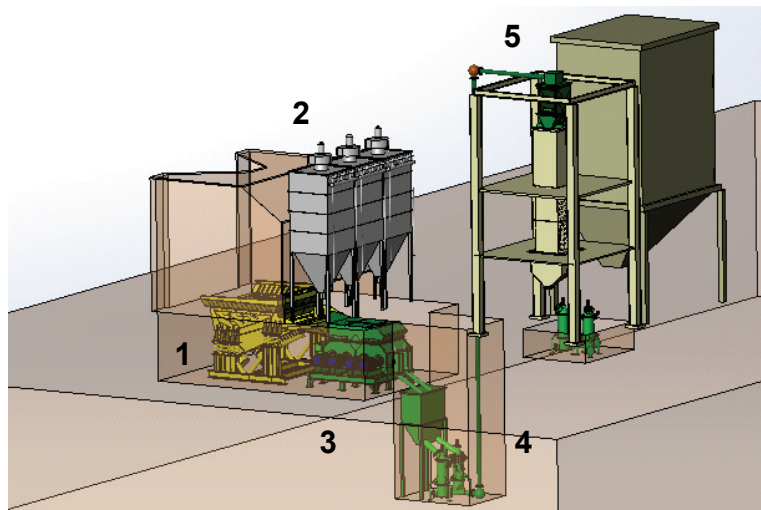
(4) 浸泡、连续水洗的水玻璃旧砂湿法再生及污水处理装置。提出了基于热水浸泡、高速水洗湿法再生工艺，研发了“带污水处理的高速水洗的玻璃旧砂湿法再生设备系统”，此湿法再生装置 Na_2O 残留率由原来的 0.5%降低至 0.1%，再生砂耗水量低于 100kg/t ，实现了污水处理的循环使用。再生砂可 100%替代新砂。

(5) 智能化控制技术。各种在线检测及数字化控制手段达到模拟仿真，确保铸造旧砂短流程再生技术的系统化、工程化、智能化、安全化。总之，由笔者公司开发的铸造旧砂短流程再生系统将原本多台设备的繁琐工艺流程简化为塔式的短流程再生工艺，实现了铸钢水玻璃工艺以及其它自硬

砂工艺旧砂再生工艺技术及工艺路线的突破。

(6) 铸造旧砂短流程再生系统组成。

①振动落砂破碎再生除尘输送短流程技术与特征。短流程砂再生装备由振动落砂破碎再生机除尘一体机、N 台无管道除尘装置、智能式脱膜率可调斗轮再生机、双罐气力发送罐及砂净化器组成。图 3 为智能式短流程落砂破碎再生输送除尘系统示意图。



1. 振动落砂破碎再生输送除尘一体机 2. 无管道除尘装置
3. 智能式脱膜率可调斗轮再生机 4. 双罐气力发送装置 5. 砂净化器

图 3 智能式短流程落砂破碎再生输送除尘系统示意图

砂块或带有铸件的砂箱首先趁热进入振动落砂破碎再生除尘一体机，铸件或砂箱由起重装置吊出后，剩余旧砂块开始振动破碎，虽然铁块及芯骨在一体机尾部定期排出，经过破碎初步再生的小于 1mm 的砂粒进入智能式脱膜率可调斗轮再生机。然后经过在线烧灼减量检测仪反馈后通过双罐发送装置送至具有气力撞击、风选、冷却、磁选功能的砂净化器然后送至砂斗或自硬砂混砂机使用。

落砂破碎再生机除尘一体机具有落砂、破碎、再生、除尘功能，多台单机除尘器与除尘罩采用无管道连接，密封性能好、功率消耗低。两个并联生产率可达 20~60t/h，可以灵活选择。

在斗轮再生机出料口并接一个再生砂酌减量在线监测仪，以达到通过变频技术调整斗轮再生机斗轮辊转速或调整出砂门的高度，通过擦磨仓内存砂量的多少变化砂擦磨压力，更改至适中的脱膜率。智能式脱膜率可调斗轮再生机，可以根据不同砂量、不同工艺选择斗轮辊的数量（3~8 辊），最大限度满足生产率要求。斗轮盘采用耐磨挖斗式斗轮，实现砂粒之间挤压搓磨再生。斗轮再生机斗轮碾磨锤片形式采用挖斗式，形成砂子和挖斗内砂子的对撞，属于软再生，由于砂子和砂子对撞，撞击概率比锤片式提高了 3~4 倍，大大提高再生效果，并且减少砂子和斗的直接撞击，防止斗轮磨损，挖斗寿命提高 3~4 倍。

双罐气力发送罐交替工作，单套可实现 10~30t/h 连续输送量，具有抗高温性能。

②水玻璃旧砂连续水洗回收湿法再生及污水处理装置

水玻璃旧砂连续水洗回收湿法再生及污水处理装置包括：安装在钢结构平台上的浸泡斗、砂水定量装置安装在浸泡斗下方，方便设备检修的连续式高速水洗装置，安装在高速水洗装置出砂口的脱水机采用了电机带动锥形转鼓高速运转，使砂水分离效果提高。蒸发器安装在脱水机下部，经过螺旋振动加热风使砂子水分烘干并排出。连续排泥机里的转鼓和螺旋经过了严格的动平衡，保证了机器运转的平稳性。

工作原理是：工作时，旧砂从储砂斗通过砂水定量进入连续式高速水洗装置，从第一道进水口处加入 pH 值为 7~9 的污水，旧砂经过刀把搅拌及高速的旋转推进，使砂粒在连续式高速水洗装置

内内混砂均匀并不断向前推进，污水通过出水口排到浮选法污水处理器进行处理，处理后的水排放到清水箱内，在第二道进水口加入经化学中和处理后 pH 值为 7~9 的循环水及部分补充净水，高速水洗装置内砂粒在挡水板处呈跳跃式前进，在出砂口处把脱模好的砂粒排放到离心脱水机，使砂和水分离出来，水洗脱模后的砂粒进入蒸发器，使砂得到烘干、去灰的效果。通过离心脱水机分离出来的水，进入到连续式高速水洗装置的第一个进水口，达到了水可以循环使用。通过浮选法污水处理器处理的污水进入到连续排泥机使其分离出的污水排放到污水箱内。图 4 为水玻璃铸造旧砂短流程湿法旧砂再生系统。

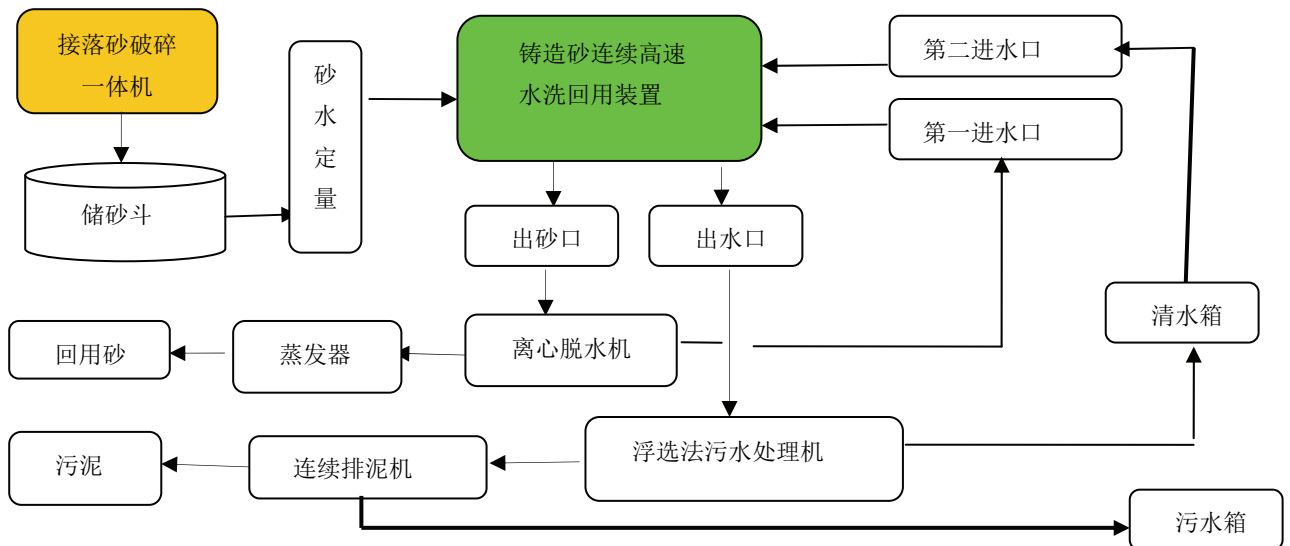


图 4 旧砂高速连续水洗回用及污水处理工艺路线

③灵活的应用范围

铸造旧砂短流程再生系统是一种集成化智能式短流程砂再生装置，它不仅可以灵活应用于水玻璃旧砂、碱酚醛树脂旧砂湿法再生，还可以应用于水玻璃等旧砂热法再生以及其它自硬砂铸造车间。我们知道在其它如呋喃树脂自硬砂等铸造车间落砂工段，往往采用的旧砂再生线包括振动落砂机以及胶带输送机、磁选机、斗式提升机、振动破碎机、振动输送机、除尘系统等多台设备，砂再生设备组合庞大，生产线复杂。制作安装时一般先将各台设备分别制造完毕后组成生产线再配以非标钢结构和电气控制管线及除尘管线。现在，集约型节能型智能化短流程高效再生系统，结构简单合理，自身重量较轻、占地空间节省，适合各类铸造厂自硬砂旧砂落砂破碎再生除尘发送风选、磁选、冷却等工序繁杂的问题，是一种智能化旧砂再生组合装置，再生流程简洁快捷，制作安装方便，安全可靠。为自硬砂铸造车间旧砂再生提供了模块化设计，表 2 为铸造旧砂短流程选配参数。

2.2 再生线市场需求

此次新建 15t/h 水玻璃旧砂短流程湿法再生项目的产品主要是为江苏省某一水玻璃砂铸钢车间废弃砂回收循环再生配套，其目的是减少新砂采购、合理利用资源。

表 2 铸造旧砂短流程选配

项目		酯硬化 水玻璃砂	酯硬化 碱酚醛	水玻璃 +碱酚醛	呋喃砂 等其它
生产率		5~60t/h			
年产铸件 t.a ⁻¹		2500~30000 (单班)			
再生 流程 选择	大批量	(趁热)短流程+焙烧(北方地区排放废砂 25%) 或湿法 (不排放废砂)	(趁热)短流程+湿法(南方地区) 或热法 (北方地区)	(趁热)短流程+湿法(南方地区) 或热法 (北方地区, 排放 20%废砂)	短流程
	中批量	(趁热)短流程+湿法不排砂			
	小批量	(趁热)短流程	(趁热)短流程	(趁热)短流程	
炉膛焙烧温度		热法焙烧 200℃左右, 水玻璃砂热法不产生二噁英; 湿法烘干 100~150℃;	<300℃产生二噁英 600~1000℃耗能大		

3 设计方案

3.1 生产纲领

再生砂处理纲领年 90000t。采用 3 班连续工作制, 工人年时基数 1800h, 设备年时基数 6000h。

3.2 主要设备汇总表(见表 3)

表 3 主要设备汇总表

序号	设备名称	规格型号	台数	功率 (kW)	备注
1	振动破碎再生除尘输送一	15t/h	1		
2	斗轮再生机	15t/h	1		
3	砂净化器		1		
4	双罐气力输送		1		
5	储砂斗	储砂 100m ³	1		
6	连续水洗回用装置	15t/h	1		或 5t/h×3 套
7	调节器过渡砂斗	储砂 20m ³ 钢材 2t	1		
8	双罐气力输送	15t/h	1		
9	成品砂砂斗	储砂 300m ³	1		
10	除尘器		2		
11	电气控制系统		2		
12	循环水系统		1		
13	闸板阀及料位计		1		
14	栏杆盖板梯子等		1		
15	钢结构及管路系统		1		
	合计		17	120kW	公用设施 80kW

4 结论与建议

(1) 水玻璃废旧砂短流程湿法再生线粉尘污染源点仅在振动落砂一体机处、由于采用无管道除尘装置更是环保节能减排的最佳选择。

(2) 水玻璃旧砂短流程再生技术在北方可以采用湿法和热法两种短流程再生方案，尤其是天然气供应充足情况下，热法再生也是较佳选择。

(3) 北方地区采用湿法再生回用工艺需保证厂房温度不低于 16℃。