



(21) 申请号 202310388450.1

(22) 申请日 2023.04.12

(71) 申请人 深圳碳中和生物燃气股份有限公司

地址 518000 广东省深圳市宝安区西乡街道福中福社区西乡金海路碧海中心区西乡商会大厦101单元810号

申请人 深圳前海碳中和锂业有限公司
伊春负碳排放技术有限公司
张文斌

(72) 发明人 张文斌 聂原宽 张家平 王建新
张金红 龙泽望 刘言甫 王玉云
陈洪浪

(74) 专利代理机构 广东灵顿知识产权代理事务所(普通合伙) 44558
专利代理师 梁鹤鸣

(51) Int. Cl.

C01F 7/0613 (2022.01)

C01F 7/441 (2022.01)

C01F 7/08 (2022.01)

C04B 2/10 (2006.01)

C01B 32/05 (2017.01)

C05D 9/00 (2006.01)

C05G 3/80 (2020.01)

C09K 17/02 (2006.01)

C10J 3/00 (2006.01)

C10J 3/72 (2006.01)

F23C 10/00 (2006.01)

C09K 101/00 (2006.01)

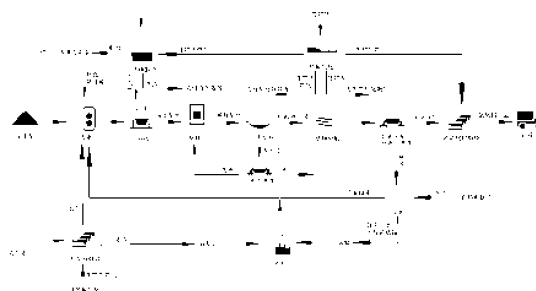
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法

(57) 摘要

本发明涉及碳排放处理领域,公开了一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法,包括以下步骤:(1)从农林生态系统获取生物质,将生物质进行热解气化产生生物质燃气和生物炭,所得生物炭通过生态系统工程碳循环返施于土壤中产生负碳排放;(2)从农林生态系统获取生物质,用生物质及步骤(1)得到的生物质燃气完全替代拜耳法氧化铝生产中的化石能源;(3)对拜耳法氧化铝生产价值链上的上游运输及厂内运输全部采用绿色运输工具;(4)通过所述步骤(2)及步骤(3)使拜耳法氧化铝生产碳排放趋于近零碳水平,用步骤(1)生物炭产生的负碳排放抵扣清除掉氧化铝生产剩余不可避免碳排放,实现氧化铝产品全生命周期碳中和。



1. 一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

(1) 从农林生态系统获取生物质, 将生物质进行热解气化产出生物质燃气和生物炭, 所得生物炭通过生态系统工程碳循环返施于土壤中产生负碳排放;

(2) 从农林生态系统获取生物质, 用生物质及所述步骤(1)得到的生物质燃气完全替代拜耳法氧化铝生产中的化石能源;

(3) 对拜耳法氧化铝生产价值链上的上游运输及厂内运输全部采用绿色运输工具;

(4) 通过所述步骤(2)及步骤(3)使拜耳法氧化铝生产碳排放趋于近零碳水平, 用所述步骤(1)生物炭产生的负碳排放抵扣清除掉氧化铝生产剩余不可避免碳排放, 实现氧化铝产品全生命周期碳中和。

2. 根据权利要求1所述的一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 所述步骤(2)中以生物质及生物质燃气完全替代拜耳法氧化铝生产中的化石能源, 包括以下几个方面:

(a) 以所述步骤(1)得到的生物质燃气替代且优先满足拜耳法氧化铝生产中石灰石煅烧、铝土矿预焙烧脱硫及氢氧化铝煅烧工艺的化石能源;

(b) 生物质及剩余生物质燃气替代氧化铝厂热电联产机组的化石能源。

3. 根据权利要求2所述的一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 所述热电联产机组包括生物质循环流化床锅炉。

4. 根据权利要求1或2所述的一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 所述方法采用一种满足氧化铝生产需求, 并同时满足抵扣氧化铝生产剩余不可避免碳排放的工艺模型进行调节, 具体如下:

生物质热解气化生物炭产率及生物质燃气产率可调, 且遵循此消彼长的动态调节机制, 生物炭产率的调节范围: 3%-40%;

(a) 依据步骤(1)、(2)和(3), 对氧化铝进行生命周期碳足迹汇算, 计算出氧化铝剩余不可避免碳排放总量, 热解气化所产生生物炭数量应不小于该值对应的生物炭数量;

(b) 统计氧化铝生产中石灰石煅烧、铝土矿预焙烧脱硫及氢氧化铝煅烧工艺能耗需求, 得到替代化石能源需求的生物质燃气数量;

若根据所述(a)中的生物炭数量和(b)生物燃气数量计算得到的生物炭产率在合理区间, 则生物炭产率据此确定;

若根据所述(a)中的生物炭数量和(b)生物燃气数量计算得到的气碳比及生物炭产率超出合理区间, 则修改气碳比, 降低生物炭产率, 同时增加热解气化的生物质数量使生物炭产率位于合理区间; 此时热解气化产生的生物质燃气将超出所述(b)生物燃气数量, 超出部分生物质燃气用于热电联产。

5. 根据权利要求1所述的一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 所述生物炭通过生态系统工程碳循环返施于土壤中产生负碳排放包括将所述生物炭用于还田培肥固碳或土壤污染修复。

6. 根据权利要求1所述的一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 所述上游运输, 包括以下内容:

(a) 铝土矿开采后运输到氧化铝厂大门;

(b) 生物质从农林业收集后运输到氧化铝厂大门；

(c) 石灰、石灰石、苛性钠等其他原料从上游供应商运输到氧化铝厂大门。

7. 根据权利要求1所述的一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 所述绿色运输工具包括使用绿电的电力运输工具或使用生物源燃料的运输工具。

8. 根据权利要求1所述的一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法, 其特征在于, 所述方法适用于烧结法和联合法氧化铝生产。

一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及碳排放技术领域,尤其涉及一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法。

背景技术

[0002] 应对气候变化是21世纪摆在人类面前的首要难题,解决气候问题的根本途径是实现碳中和。其中工业减碳是重中之重。目前除钢铁行业以外,铝工业是工业第二碳排放大户,其中氧化铝工业生产占原铝生产生命周期碳排放的很大比重,实现氧化铝工业生产碳中和具有重要意义。

[0003] 氧化铝生产是高能耗高排放行业,现有氧化铝生产过程中,其石灰石煅烧、铝土矿预焙烧、氢氧化铝煅烧及热电联产等工艺过程消耗大量化石能源,产生巨大排放;大幅降低氧化铝生产工艺碳排放,实现氧化铝生产碳中和,对应对气候变化具有重要意义。

[0004] 要实现氧化铝产品碳中和,有2个步骤:通过减碳手段使排放降到最低,即实现近零碳,然后对剩余不可避免碳排放用碳汇抵消。

[0005] 1.倪阳的《拜耳法生产氧化铝过程的碳排放核算》,按照《2006 年 IPCC 指南》缺省因子计算了某拜耳法工艺氧化铝企业的吨氧化铝排放为811.19kgCO₂。该值只计算了氧化铝生产企业组织边界内的直接排放以及外购电力、热力的间接排放,未考虑氧化铝生产的上游排放,并不能代表氧化铝产品碳排放的真实水平。考虑氧化铝产品上游排放核算的吨氧化铝产品碳排放一般在1.5tCO₂以上。

[0006] 2.工艺改进节能减碳幅度有限。齐东华的《减少氧化铝厂碳排放的工艺研究》,罗列了可以减少氧化铝能耗及排放的各种技术改进办法及先进工艺技术,即使这些措施全部用上,也仅能使吨氧化铝产品碳排放降低117kg。

[0007] 3.氢能行不通。程一步等的《中国氢能产业 2020 年发展综述及未来展望》中,理论上氢能对于石化、化工等“难以减排领域”被寄予厚望,目前的实际情况是,氢能的缺陷:目前以灰氢为主,而有减排功能的绿氢产业化运用仍旧遥远;氢能产业链的制、储、运、加各环节尚未完全打通。绿氢成本居高不下,盈利困难。现阶段乃至以后很长一段时间,氢能不具备运用于氧化铝工业生产能源的条件。

[0008] 4.CCS/CCUS行不通。美国能源经济与金融分析研究所(IEEFA)发表了一份有关CCS/CCUS的研究报告《The Carbon Capture Crux》,报告表示绝大多数ccs/ccus项目均以失败告终。CCS/CCUS存在成本、技术、能耗难题,占比80%以上的CCUS实际上并不能减少碳排放。CCS/CCUS不是一个减少氧化铝工业生产碳排放的合适选择。

[0009] 5.实现氧化铝碳中和需要负碳排放。

[0010] 以上措施均无法大幅削减氧化铝生产碳排放,更别说实现碳中和。由此可见,大幅减少氧化铝生产碳排放乃至实现氧化铝产品碳中和存在巨大困难。

发明内容

[0011] 为解决以上问题,本发明提供了一种基于生物质能源及生态系统工程负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法。

[0012] 本发明目的通过以下技术方案实现:

一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法,包括以下步骤:

(1) 从农林生态系统获取生物质,将生物质进行热解气化产出生物质燃气和生物炭,所得生物炭通过生态系统工程碳循环返施于土壤中产生负碳排放;

(2) 从农林生态系统获取生物质,用生物质及所述步骤(1)得到的生物质燃气完全替代拜耳法氧化铝生产中的化石能源;

(3) 对拜耳法氧化铝生产价值链上的上游运输及厂内运输全部采用绿色运输工具;

(4) 通过所述步骤(2)及步骤(3)使拜耳法氧化铝生产碳排放趋于近零碳水平,用所述步骤(1)生物炭产生的负碳排放抵扣清除掉氧化铝生产剩余不可避免碳排放,实现氧化铝产品全生命周期碳中和。

[0013] 进一步的,所述步骤(2)中以生物质及生物质燃气完全替代拜耳法氧化铝生产中的化石能源,包括以下几个方面:

(a) 以所述步骤(1)得到的生物质燃气替代且优先满足拜耳法氧化铝生产中石灰石煅烧、铝土矿预焙烧脱硫及氢氧化铝煅烧工艺的化石能源;

(b) 生物质及剩余生物质燃气替代氧化铝厂热电联产机组的化石能源。

[0014] 进一步的,所述热电联产机组包括生物质循环流化床锅炉。

[0015] 进一步的,所述方法采用一种满足氧化铝生产需求,并同时满足抵扣氧化铝生产剩余不可避免碳排放的工艺模型进行调节,具体如下:

生物质热解气化生物炭产率及生物质燃气产率可调,且遵循此消彼长的动态调节机制,生物炭产率的调节范围:3%-40%;

(a) 依据步骤(1)、(2)和(3),对氧化铝进行生命周期碳足迹汇算,计算出氧化铝剩余不可避免碳排放总量,热解气化所产生生物炭数量应不小于该值对应的生物炭数量;

(b) 统计氧化铝生产中石灰石煅烧、铝土矿预焙烧脱硫及氢氧化铝煅烧工艺能耗需求,得到替代化石能源需求的生物质燃气数量;

若根据所述(a)中的生物炭数量和(b)生物燃气数量计算得到的生物炭产率在合理区间,则生物炭产率据此确定;

若根据所述(a)中的生物炭数量和(b)生物燃气数量计算得到的气碳比及生物炭产率超出合理区间,则修改气碳比,降低生物炭产率,同时增加热解气化的生物质数量使生物炭产率位于合理区间;此时热解气化产生的生物质燃气将超出所述(b)生物燃气数量,超出部分生物质燃气用于热电联产。

[0016] 进一步的,所述生物炭通过生态系统工程碳循环返施于土壤中产生负碳排放包括将所述生物炭用于还田培肥固碳或土壤污染修复。

[0017] 进一步的,所述上游运输,包括以下内容:

(a) 铝土矿开采后运输到氧化铝厂大门;

(b) 生物质从农林业收集后运输到氧化铝厂大门;

(c)石灰、石灰石、苛性钠等其他原料从上游供应商运输到氧化铝厂大门。

[0018] 进一步的,所述绿色运输工具包括使用绿电的电力运输工具或使用生物源燃料的运输工具。

[0019] 进一步的,所述方法适用于烧结法和联合法氧化铝生产。

[0020] 本发明提供的技术方案具有以下有益效果:

(1)边界系统拓展:将生物质气化-生物炭生态系统工程与氧化铝生产过程融合,拓展了生产边界及产品边界。

[0021] (2)系统内产生负碳排放,而非外界的碳汇。本发明以发明系统本身所产生物炭所形成的负碳排放,即碳汇,抵扣清除掉剩余不可避免碳排放,最终实现氧化铝产品碳中和。

[0022] (3)大大降低了氧化铝生产排放,剩余不可避免排放降到了最低。并产生生物炭负碳排放,进而最终实现了氧化铝产品碳中和。

[0023] (4)采用的生物质热解气化、生物质热电联产、生物炭负碳排放等技术都是现有成熟技术,经济上、技术上可行。

[0024] (5)将生物能源、生物质生态型系统工程以热解气化技术为纽带和氧化铝生产有机结合,还为生物能源、生物质热解气化技术发展了新的应用场景。

附图说明

[0025] 图1为本发明碳中和氧化铝产品的生产工艺流程图;

图2为本发明氧化铝产品生命周期CFP归因系统图;

图3为本发明碳中和氧化铝产品 CFP 工艺归因构成图;

图4为本发明主要生产装置结构图。

具体实施方式

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0027] 本实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件;在本发明的描述中,需要理解的是,若有术语“上”、“下”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0028] 以下结合具体实施例对本发明的实现进行详细的描述。

[0029] 参照图1-4,一种基于生物质能源及负碳排放的氧化铝产品碳中和的方法,包括以下步骤:

(1)从农林生态系统获取生物质,将生物质进行热解气化产出生物质燃气和生物炭,所得生物炭通过生态系统工程碳循环返施于土壤中产生负碳排放;

(2)从农林生态系统获取生物质,用生物质及所述步骤(1)得到的生物质燃气完全替代拜耳法氧化铝生产中的化石能源;

(3) 对拜耳法氧化铝生产价值链上的上游运输及厂内运输全部采用绿色运输工具；

(4) 通过所述步骤(2)及步骤(3)使拜耳法氧化铝生产碳排放趋于近零碳水平,用所述步骤(1)生物炭产生的负碳排放抵扣清除掉氧化铝生产剩余不可避免碳排放,实现氧化铝产品全生命周期碳中和。

[0030] 本发明所述生态系统工程包括:(1)从农林业获取生物质,生物质获取不造成土地利用变化。(2)将获取的生物质运输到氧化铝厂进行热解气化,然后得到生物质燃气和生物炭。热解气化装置优选为热解气化或碳化炉。(3)生物质燃气用于氧化铝厂能源供应,生物炭通过获得负碳排放过程优选为,将生物炭制成生物炭基肥、土壤改良剂、污染修复剂,然后施于土壤中,由此产生负碳排放。

[0031] 本发明所述厂内运输指氧化铝厂系统边界内发生的全部运输过程。

[0032] 本发明所述氧化铝产品碳中和,核算方法依据的是产品生命周期碳足迹思想,根据归因过程将产品生命周期碳足迹相关的排放均纳入在内,同时对于符合截止标准的次要排放在实际计算时做了合理忽略。

[0033] 进一步的,所述步骤(2)中以生物质及生物质燃气完全替代拜耳法氧化铝生产中的化石能源,包括以下几个方面:

(a)以所述步骤(1)得到的生物质燃气替代且优先满足拜耳法氧化铝生产中石灰石煅烧、铝土矿预焙烧脱硫及氢氧化铝煅烧工艺的化石能源;

(b)生物质及剩余生物质燃气替代氧化铝厂热电联产机组的化石能源。

[0034] 进一步的,所述热电联产机组包括生物质循环流化床锅炉。

[0035] 进一步的,所述方法采用一种满足氧化铝生产需求,并同时满足抵扣氧化铝生产剩余不可避免碳排放的工艺模型进行调节,具体如下:

生物质热解气化生物炭产率及生物质燃气产率可调,且遵循此消彼长的动态调节机制,生物炭产率的调节范围:3%-40%;

(a)依据步骤(1)、(2)和(3),对氧化铝进行生命周期碳足迹汇算,计算出氧化铝剩余不可避免碳排放总量,热解气化所产生生物炭数量应不小于该值对应的生物炭数量;

(b)统计氧化铝生产中石灰石煅烧、铝土矿预焙烧脱硫及氢氧化铝煅烧工艺能耗需求,得到替代化石能源需求的生物质燃气数量;

若根据所述(a)中的生物炭数量和(b)生物燃气数量计算得到的生物炭产率在合理区间,则生物炭产率据此确定;

若根据所述(a)中的生物炭数量和(b)生物燃气数量计算得到的气碳比及生物炭产率超出合理区间,则修改气碳比,降低生物炭产率,同时增加热解气化的生物质数量使生物炭产率位于合理区间;此时热解气化产生的生物质燃气将超出所述(b)生物燃气数量,超出部分生物质燃气用于热电联产。

[0036] 进一步的,所述生物炭通过生态系统工程碳循环返施于土壤中产生负碳排放包括将所述生物炭用于还田培肥固碳或土壤污染修复。

[0037] 进一步的,所述上游运输,包括以下内容:

(a)铝土矿开采后运输到氧化铝厂大门;

(b)生物质从农林业收集后运输到氧化铝厂大门;

(c)石灰、石灰石、苛性钠等其他原料从上游供应商运输到氧化铝厂大门。

[0038] 进一步的,所述绿色运输工具包括使用绿电的电力运输工具或使用生物源燃料的运输工具。

[0039] 进一步的,所述方法适用于烧结法和联合法氧化铝生产。

[0040] 本发明所述氧化铝产品碳中和,参照了并适用于以下标准及生命周期温室气体清单碳足迹标准、指南及方法学:

联合国气候变化组织 IPCC 2006 温室气体清单指南:《IPCC2006 国家温室气体清单指南》,《2019 年对 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南的细化》。

[0041] 国际标准化组织 ISO 生命周期方法,标准如下:《ISO14064-1 组织层面温室气体排放量和清除量量化和报告指南规范》,《ISO14064-2 项目层面上量化、监测和报告温室气体减排或清除增强的指南规范》,《ISO14067 温室气体-产品碳足迹-量化要求和指南》,《IWA 42:净零指南》

英国标准协会(BSI)PAS2050 标准:《PAS2050 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》。

[0042] 美国世界资源研究所(WRI)温室气体核算体系:GHGProtocol《产品生命周期核算与报告标准》,《温室气体核算体系:企业核算与报告标准》,《温室气体核算体系:企业价值链(范围三)核算与报告标准》,《温室气体核算体系:土地利用、土地利用变化和林业温室气体项目核算指南》,《温室气体核算体系:项目核算与报告标准》。

[0043] 国际生物炭协会标准:IBI International Biochar Initiative:Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil.

欧洲生物炭碳证书标准:BEC European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar(European Biochar Foundation)

总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

(1)边界系统拓展:将生物质气化-生物炭生态系统工程与氧化铝生产过程融合,拓展了生产边界及产品边界。

[0044] (2)系统内产生负碳排放,而非外界的碳汇。本发明以发明系统本身所产生生物炭所形成的负碳排放,即碳汇,抵扣清除掉剩余不可避免碳排放,最终实现氧化铝产品碳中和。

[0045] (3)大大降低了氧化铝生产排放,剩余不可避免排放降到了最低。并产生生物炭负碳排放,进而最终实现了氧化铝产品碳中和。

[0046] (4)采用的生物质热解气化、生物质热电联产、生物炭负碳排放等技术都是现有成熟技术,经济上、技术上可行。

[0047] (5)将生物能源、生物质生态型系统工程以热解气化技术为纽带和氧化铝生产有机结合,还为生物能源、生物质热解气化技术发展了新的应用场景。

实施例

[0048] 某年产100万吨氧化铝项目,该氧化铝项目采用拜耳法工艺,工艺所需蒸汽、电力全部由配套的热电厂提供,对其氧化铝生产碳排放数据统计如下:

每吨氧化铝产品消耗

铝土矿1.924t,排放因子 $16.1\text{kgCO}_2/\text{t}$ (铝土矿开采),排放量 30.976kgCO_2 ;

石灰265kg,排放因子 $0.683\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 180.995kgCO_2 ;

液碱(42%NaOH) 241kg,排放因子 $0.82782\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 199.505kgCO_2 ;

自备热电厂用于热电联产的动力煤265.9kg,排放因子 $1.681\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 446.978kgCO_2 ;

煤气发生炉煤炭消耗161.9kg,排放因子 $2.345\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 379.656kgCO_2 ;

铝土矿预焙烧工艺热风炉煤粉消耗53.4kg,排放因子 $1.825\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 97.455kgCO_2 ;

石灰石煅烧煤粉消耗39.1kg,排放因子 $1.843\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 72.061kgCO_2 。

[0049] 每吨氧化铝产品排放总计 1407.626kgCO_2 。

[0050] 现依据本发明对该氧化铝项目进行技改,在氧化铝厂建设一座生物质热解气化系统装置,生产生物质燃气及生物炭,并对自备热电厂循环流化床锅炉进行技术改造,使其改用生物质作为燃料,且可掺烧生物质燃气。生物质燃气通过燃气管道输送至氢氧化铝煅烧、铝土矿预焙烧、石灰石煅烧等工段,替代其所消耗的全部燃煤。

[0051] 热解气化所产生物炭作为生物炭基肥或污染修复剂原料,随生态系统工程生态产品全部施入土壤长期培肥固碳。

[0052] 改造后排放包括如下:

铝土矿1.924t,排放因子 $16.1\text{kgCO}_2/\text{t}$ (铝土矿开采),排放量 30.976kgCO_2 ;

石灰265kg,排放因子 $0.683\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 180.995kgCO_2 ;

液碱(42%NaOH) 241kg,排放因子 $0.82782\text{kgCO}_2/\text{kg}$,排放量 199.505kgCO_2 。

[0053] 改造后总排放总计减少 996.150kgCO_2 ,其氧化铝生产的吨氧化铝碳排放变为 411.476kgCO_2 。

[0054] 用所产生物炭碳汇抵消吨氧化铝剩余不可避免碳排放,1吨生物炭产生1.9吨碳汇, 411.476kgCO_2 需要生物炭 216.566kg 。

[0055] (1)替代氢氧化铝煅烧、铝土矿预焙烧、石灰石煅烧需要的生物质燃气:

吨氧化铝产品,用于氢氧化铝煅烧的煤气发生炉煤炭消耗161.9kg,煤炭热值 6067.8kcal/kg ,煤气化的热效率为80%;

铝土矿预焙烧工艺热风炉煤粉消耗53.4kg,煤粉热值 4407.5kcal/kg ;

石灰石煅烧煤粉消耗39.1kg,煤粉热值 4407.5kcal/kg 。

[0056] 根据热值等效原则用生物质燃气替代,生物质燃气热值 1300kcal/Nm^3 ,则有生物质燃气数量 $\times$ 生物质燃气热值 $= (161.9 \times 6067.8 \times 80\% + 53.4 \times 4407.5 + 39.1 \times 4407.5)$,需要生物质燃气 918.15Nm^3 。

[0057] 1Nm^3 生物质燃气含碳183g, 918.15Nm^3 生物质燃气含碳 168.021kg ,生物炭含碳70%, 216.566kg 生物炭含碳 151.596kg ,生物质燃料含碳48%,假设当 1000kg 生物质燃料气化后产出 $m\text{kg}$ 含碳量为70%的生物炭,此时所产生物质燃气及生物炭恰好满足吨氧化铝产品生物质燃气及生物炭需求,则有 $0.7m/480 = 151.596 / (151.596 + 168.021)$,计算得 $m = 325.2$,即生物炭产率为32.52%。 $3\% < 32.52\% < 40\%$,生物炭产率在合理3%-40%范围内。

[0058] 则依据生物质燃气与生物炭碳元素总量守恒原理,计算得出理想的生物质燃气化

操作条件为:1吨含碳48%的生物质,通过气化-碳化系统进行气化-碳化反应后,产出热值为1,300kcal/Nm³的生物质燃气1379.0Nm³,产出含碳70%的生物炭325.2kg,生物炭产率为32.52%。

[0059] 由吨氧化铝热解气化需求生物质燃气918.15Nm³,得到吨氧化铝需要的用于热解气化的生物质数量为665.808kg

(2) 替代热电联产动力煤需要的生物质数量

吨氧化铝产品热电联产动力煤消耗265.9kg,动力煤热值4150.5kcal/kg,生物质热值3500kcal/kg,二者热值等效,则替代265.9kg动力煤需要生物质315.319kg,即吨氧化铝需要的用于热电联产的生物质数量为315.319kg。

[0060] 汇总(1)和(2)得到,1吨氧化铝产品需要生物质燃料981.127kg,该项目年产100万吨氧化铝,年消耗生物质燃料98.11万吨。

实施例

[0061] 某年产120万吨氧化铝项目,该氧化铝项目采用拜耳法工艺,工艺所需蒸汽、电力全部由配套的热电厂提供,工艺所用全部石灰外购,对其氧化铝生产碳排放数据统计如下:

每吨氧化铝产品消耗

铝土矿2.161t,排放因子16.1kgCO₂/t(铝土矿开采),排放量34.792kgCO₂;

石灰351kg,石灰煅烧过程排放因子0.683kgCO₂/kg,石灰煅烧过程消耗化石能源,排放因子修正为0.956kgCO₂/kg,排放量335.556kgCO₂;

液碱(42%NaOH)114kg,排放因子0.82782kgCO₂/kg,排放量94.371kgCO₂;

自备热电厂用于热电联产的动力煤630kg,排放因子1.162kgCO₂/kg,排放量732.060kgCO₂;

煤气发生炉煤炭消耗151.2kg,排放因子2.372kgCO₂/kg,排放量358.646kgCO₂;

每吨氧化铝产品排放总计1555.426kgCO₂。

[0062] 现依据本发明对该氧化铝项目进行技改,在氧化铝厂建设一座生物质热解气化系统装置,生产生物质燃气及生物炭;并对自备热电厂循环流化床锅炉进行技术改造,使其改用生物质作为燃料,且可掺烧生物质燃气。取消外购石灰,厂内配套建设石灰厂,以生物质燃气煅烧石灰石生产石灰。生物质燃气通过燃气管道输送至氢氧化铝煅烧、石灰石煅烧等工段。

[0063] 热解气化所产生物炭作为生物炭基肥或污染修复剂原料,随生态系统工程生态产品全部施入土壤长期培肥固碳。

[0064] 改造后排放包括如下:

铝土矿2.161t,排放因子16.1kgCO₂/t(铝土矿开采),排放量34.792kgCO₂;

石灰351kg,石灰煅烧过程排放因子0.683kgCO₂/kg,排放量239.733kgCO₂;

液碱(42%NaOH)114kg,排放因子0.82782kgCO₂/kg,排放量94.371kgCO₂;

改造后总排放总计减少1186.529kgCO₂,其氧化铝生产的吨氧化铝碳排放变为368.897kgCO₂。

[0065] 用所产生物炭碳汇抵消吨氧化铝剩余不可避免碳排放,1吨生物炭产生1.9吨碳汇,368.897kgCO₂需要生物炭194.156kg。

[0066] (1)用于氢氧化铝煅烧、石灰石煅烧需要的生物质燃气:

吨氧化铝产品,用于氢氧化铝煅烧的煤气发生炉煤炭消耗151.2kg,煤炭热值6179kcal/kg,煤气化的热效率为80%;根据热值等效原则用生物质燃气替代,生物质燃气热值1300kcal/Nm³,则有生物质燃气数量 $\times$ 生物质燃气热值=151.2 $\times$ 6179 $\times$ 0.8,需要生物质燃气574.2Nm³。

[0067] 石灰石煅烧,生产1吨石灰产品需消耗热值1300kcal的生物质燃气499.7Nm³,吨氧化铝消耗351kg石灰,则吨氧化铝石灰石煅烧的生物质燃气需求175.4Nm³。

[0068] 故生物质燃气需求总量为749.6Nm³。

[0069] 1Nm³生物质燃气含碳183g,749.6Nm³生物质燃气含碳137.177kg,生物炭含碳70%,194.156kg生物炭含碳135.909kg,生物质燃料含碳48%,假设当1000kg生物质燃料气化后产出mkg含碳量为70%的生物炭,此时所产生物质燃气及生物炭恰好满足吨氧化铝产品生物质燃气及生物炭需求,则有 $0.7m/480=135.909/(135.909+137.177)$,计算得 $m=341.3$,即生物炭产率为34.13%。 $3\%<34.13\%<40\%$,生物炭产率在合理范围内。

[0070] 则依据生物质燃气与生物炭碳元素总量守恒原理,计算得出理想的生物质燃气化操作条件为:1吨含碳48%的生物质,通过气化-碳化系统进行气化-碳化反应后,产出热值为1,300kcal/Nm³的生物质燃气1317.4Nm³,产出含碳70%的生物炭341.3kg,生物炭产率为34.13%。

[0071] 由吨氧化铝热解气化需求生物质燃气749.6Nm³,得到吨氧化铝需要的用于热解气化的生物质数量为569.0kg

(2)替代热电联产动力煤需要的生物质数量

吨氧化铝产品热电联产动力煤消耗630kg,动力煤热值2883.4kcal/kg,生物质热值3500kcal/kg,二者热值等效,则替代630kg动力煤需要生物质519.012kg,即吨氧化铝需要的用于热电联产的生物质数量为519.012kg。

[0072] 汇总(1)和(2)得到,1吨氧化铝产品需要生物质燃料1088.012kg,该项目年产120万吨氧化铝,年消耗生物质燃料130.56万吨。

[0073] 以上所述,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

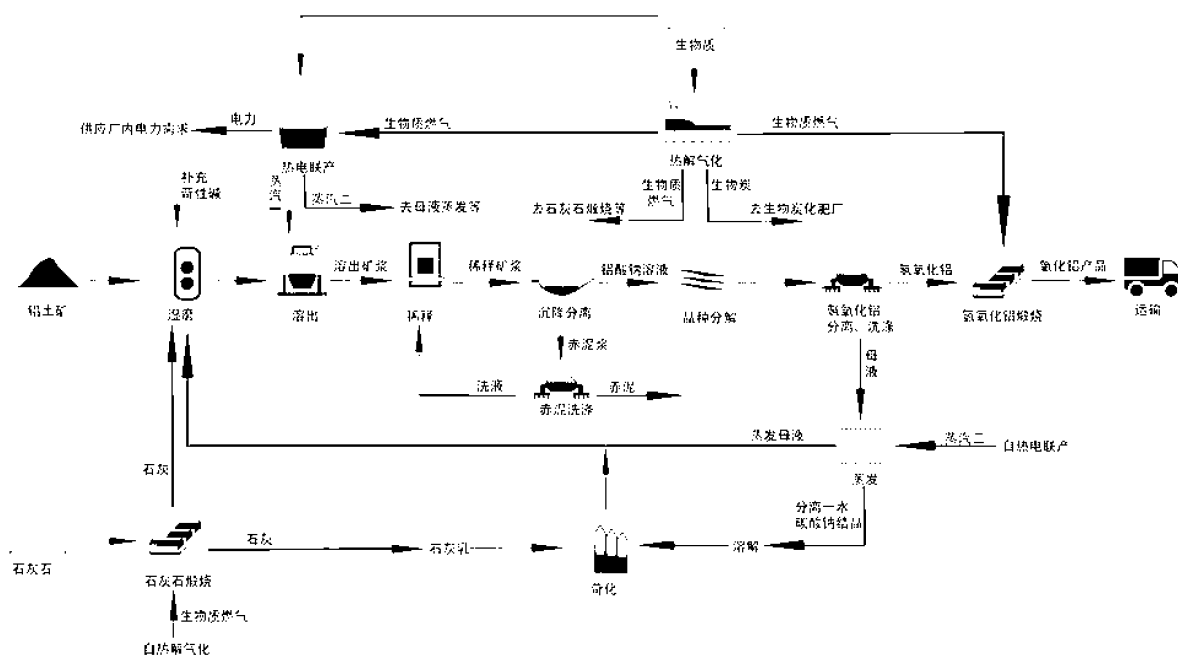


图 1

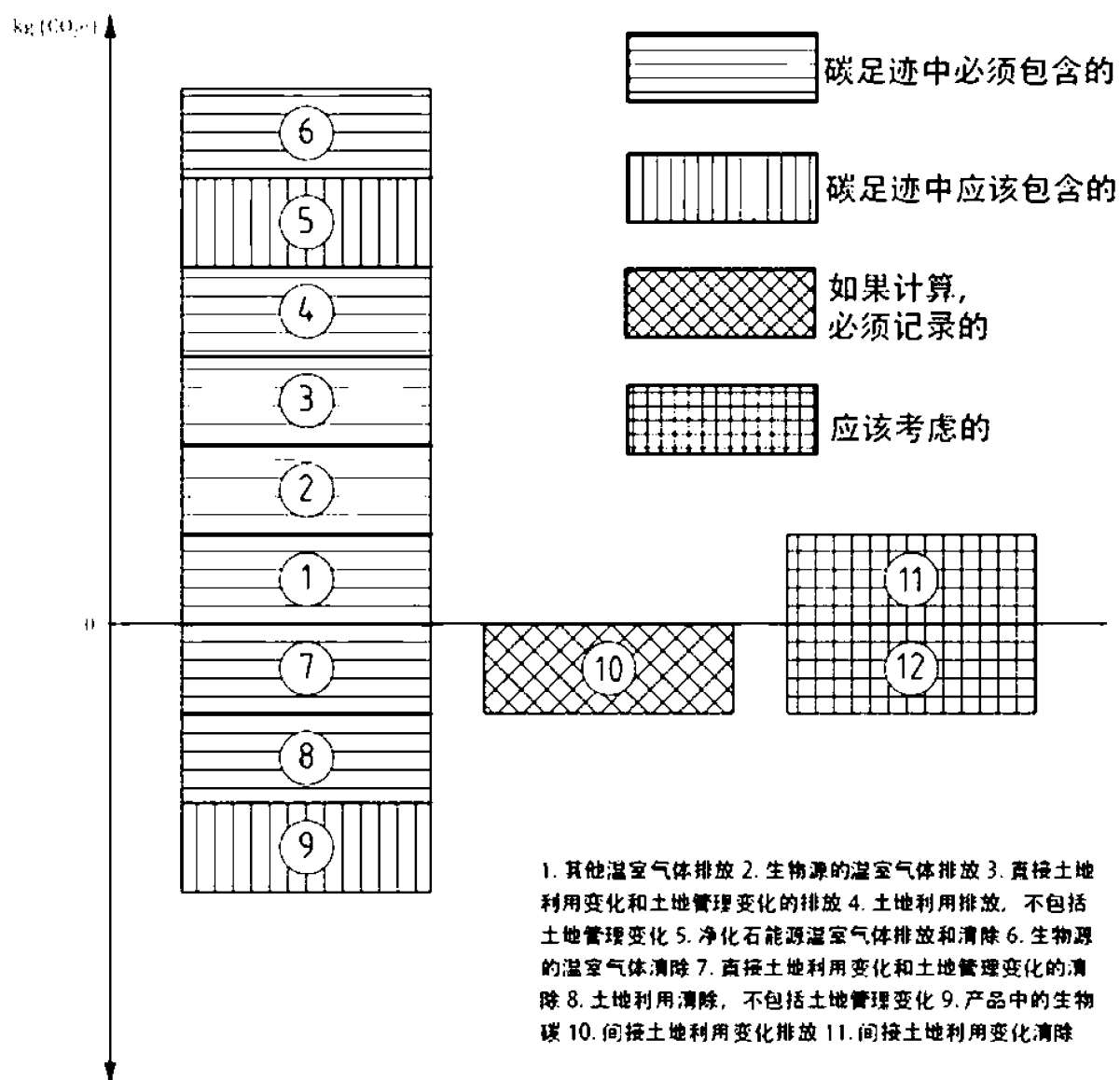


图 2

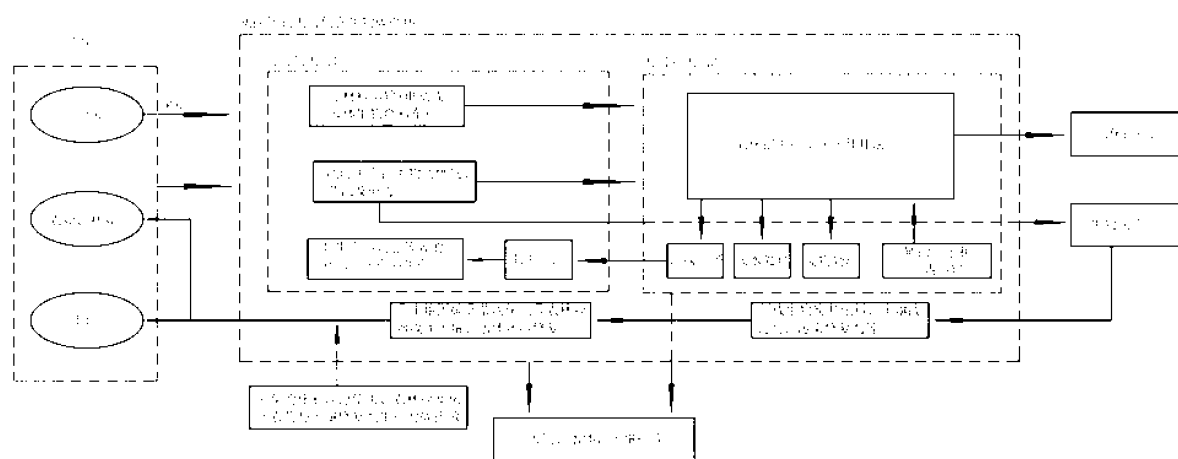


图 3

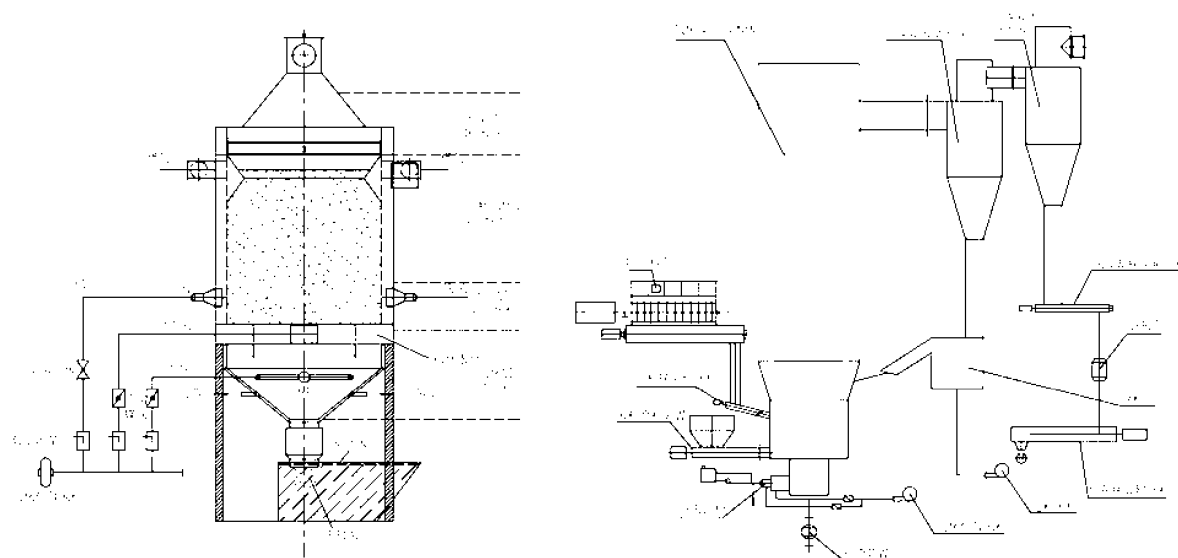


图 4