



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114525518 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 31

(21) 申请号 202011238747.2

C21B 13/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.09

C21B 5/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114525518 A

(56) 对比文件

CN 102424873 A, 2012.04.25

CN 105695655 A, 2016.06.22

(43) 申请公布日 2022.05.24

CN 104662177 A, 2015.05.27

(73) 专利权人 中国石油大学(北京)

CN 104087701 A, 2014.10.08

地址 102249 北京市昌平区府学路18号

CN 104662176 A, 2015.05.27

(72) 发明人 周红军 罗聘 孙晖 徐春明

US 2017298461 A1, 2017.10.19

WO 2014040997 A1, 2014.03.20

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

CN 101768651 A, 2010.07.07

FR 1168376 A, 1958.12.08

专利代理师 韩蕾 姚亮

CN 203159651 U, 2013.08.28

(51) Int.Cl.

审查员 陈玉娥

C25B 1/04 (2021.01)

C25B 9/65 (2021.01)

C25B 15/02 (2021.01)

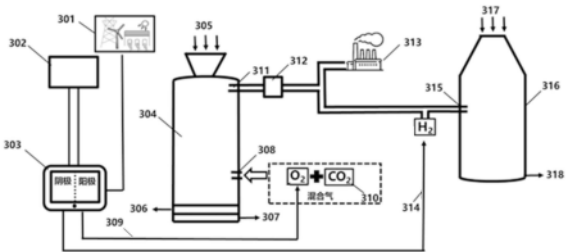
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种利用可再生能源电的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种利用可再生能源电的方法。该方法包括以下步骤:利用可再生能源电进行电解水生产氢气和氧气;所述氢气进入气基竖炉作为还原剂生产海绵铁;将氧气输入高炉以替代空气,获得低氮气浓度的高炉煤气;对高炉煤气进行脱硫处理,然后与电解水产生的氢气混合,输入气基竖炉生产海绵铁。本发明的创新性在于利用电解水制氢消纳大量绿电用于氢冶金,同时伴生大量氧气,创造性地利用副产的氧气与二氧化碳混合取代高炉用的空气。电解水产氧与二氧化碳构成的混合气进一步通入高炉与碳反应生成高炉煤气。上述高炉煤气净化后与电解水制氢气混合进入气基竖炉,用于生产高品质海绵铁。



1. 一种利用可再生能源电的方法,其包括以下步骤:
利用可再生能源电进行电解水生产氢气和氧气;
所述氢气进入气基竖炉作为还原剂生产海绵铁;
将氧气输入高炉以替代空气,获得低氮气浓度的高炉煤气;其中,所述低氮气浓度的高炉煤气是指氮含量不高于5% (v/v) 的高炉煤气;
对所述高炉煤气进行脱硫处理,然后与电解水产生的氢气混合,输入气基竖炉生产海绵铁。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述可再生能源电包括光伏发电、风力发电和水力发电所获得的电中的一种或两种以上的组合。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述电解水采用碱性电解水工艺、质子交换膜电解水工艺或固体氧化物电解水工艺。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述高炉煤气的氮含量为1% (v/v) 以下。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述高炉煤气的组成满足以下条件: $(\text{H}_2 + \text{CO}) / (\text{H}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2)$ 的摩尔比不小于0.90。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述脱硫处理是使高炉煤气的硫含量不高于30ppm。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述脱硫处理采用的脱硫剂的活性组分为铁、钴和/或镍,余量为氧化锌;以所述脱硫剂的总重量计,所述活性组分的含量为5-20%。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述脱硫处理的温度为300-350℃,压力为常压到1.0MPa,空速为500-3000h⁻¹。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,在电解水的过程中,通过向阴极和/或阳极引入气体的方式或者控制流量的方式平衡阴极和阳极的气体分压。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,在电解水的过程中,向阳极引入气体的方式包括:
阳极引入二氧化碳,以平衡阴极和阳极的气体分压。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述二氧化碳为气基竖炉生产海绵铁所产生的二氧化碳废气。
12. 根据权利要求10所述的方法,其中,阳极所产生的氧气与阳极引入的二氧化碳的体积比为1:1-1:2。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,阳极所产生的氧气与阳极引入的二氧化碳的体积比为1:1。
14. 根据权利要求9所述的方法,其中,将阳极所产生的氧气与二氧化碳的混合气输入高炉以替代空气,获得低氮气浓度的高炉煤气。
15. 根据权利要求1所述的方法,其中,输入气基竖炉生产海绵铁的经过脱硫处理的高炉煤气与电解水产生的氢气的混合气的压力为0.1-1MPa,温度为900-1100℃。

一种利用可再生能源电的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用可再生能源电的方法,属于电能利用技术领域。

背景技术

[0002] 二氧化碳大量排放及环境污染导致气候变暖和雾霾,威胁人类生存及民众健康,有效的解决途径是能源脱碳化和减少化石能源消耗,特别是煤炭的使用;同时开发利用可再生能源,尤其是光伏、风电和水电等绿色来源的电(简称:绿电)。

[0003] 电能不同于煤、石油、天然气等化石能源那样容易存储,必须实现生产、传输和利用同时在线,这一特点决定了电力作为能源必须考虑其时间维度的核心特性,协调好供电端、电能与消纳端三方的关系,力争做到同步,任何一方的脱节将影响电力的全局。

[0004] 目前,光伏、风电与水电等可再生能源发电的生产在空间上常与消纳端不匹配,从而产生绿电的生产、传输和消纳之间的矛盾,如中国的光伏、风电、水电资源主要分布在西北和西南地区,而能源消纳端集中在东部沿海经济发达地区,二者相距几千公里。通过长距离输送绿电是解决上述问题的方法之一,单长距离输出同样存在生产、传输和消纳三方协调问题,且存在输出波动及经济性不佳难以消纳等问题。因此西部产生的大量绿电既无法长距离输出至东部,在当地又没有适宜的消纳场景,造成大量弃风、弃水、弃光的现象。

[0005] 绿电生产必须有效解决本地消纳及可控负荷波动这两大难题。通过现场储能装置(如光伏电场配储能)只能解决调峰及可控负荷,仍难以解决消纳问题,况且目前的储能技术亦难以实现大规模电能的低成本储存。

[0006] 中国的钢铁产能已占世界50%,煤基高炉炼铁占主导地位,但其工艺产生的大量CO₂排放及环境污染,是中国雾霾主要污染源之一。考虑到中国天然气短缺,价格高,不能如中东、伊朗、俄罗斯、美国采用天然气制合成气生产海绵铁,限制了该技术的发展。

发明内容

[0007] 为解决上述技术问题,本发明的目的在于提供一种利用可再生能源电的方法,其是将利用可再生能源发的电用于气基竖炉炼铁工艺,实现电能的利用,并优化气基竖炉炼铁工艺。

[0008] 为达到上述目的,本发明提供了一种利用可再生能源电的方法,其包括以下步骤:

[0009] 利用可再生能源电进行电解水生产氢气和氧气;

[0010] 所述氢气进入气基竖炉作为还原剂生产海绵铁;

[0011] 将氧气输入高炉以替代空气,获得低氮气浓度的高炉煤气;

[0012] 对所述高炉煤气进行脱硫处理,然后输入气基竖炉生产海绵铁。

[0013] 本发明所提供的方法主要是针对可再生能源电,例如光伏风电等难用于存储、消纳利用电解水制氢和氧气,用于高炉、转炉,氢气和低氮气浓度的高炉煤气可以用于气基竖炉,从而实现减排和节能。随着中国可再生能源技术的进步,特别是光伏发电技术的突破,使得电力成本大幅度下降,特别是光伏生产技术进步,绿电价格快速下降,如中国一些预测

报告指出至2030年,中国光伏发电成本可降低0.1元/度,2020年世界一些地方的光伏发电上网电价已降低0.1元/度左右,如中东和巴西。利用电解水制氢和氧用于冶金极具经济性,为高炉炼铁及气基竖炉还原铁找到节能减排和减碳的突破口,例如利用电解水技术生产氧气和氢气,分别用于高炉取代空气,获得高品质高炉煤气,脱硫后与电解水制氢并用于气基竖炉生产海绵铁,将带来很好的经济效益及环境效益。

[0014] 根据本发明的具体实施方案,优选地,所述可再生能源电包括光伏发电、风力发电和水力发电所获得的电中的一种或两种以上的组合。

[0015] 根据本发明的具体实施方案,优选地,所述电解水采用碱性电解水工艺、质子交换膜电解水工艺或固体氧化物电解水工艺等。

[0016] 在现有的还原铁生产工艺中,由于空气中含有大量的氮气,最终生产之后得到的高炉煤气也会含有大量的氮气,只能作为燃料,无法实现高价值的利用。而现有的电解水工艺所产生的氧气也没有合适的用途,只能将其释放大气之中。本发明所提供的方法能够将电解水产生的氧气输入高炉替代空气来生产还原铁,从而降低所产生的高炉煤气中的氮含量(一般不高于5% (v/v),优选1% (v/v) 以下),获得高质量的高炉煤气,该高炉煤气又可以在经过适当的脱硫处理之后作为原料进入气基竖炉,与铁矿石反应最终得到高品质的海绵铁。该高炉煤气可以与氢气一同进入气基竖炉。炼铁剩余的高炉煤气则可以直接用于甲醇、乙醇、乙二醇等化学品的合成。

[0017] 根据本发明的具体实施方案,优选地,所述高炉煤气的组成满足以下条件: $(\text{H}_2 + \text{CO}) / (\text{H}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2)$ 的摩尔比不小于0.90;更优选满足以下条件: $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) / \text{烃碳}$ 摩尔比为1.1-1.5。

[0018] 根据本发明的具体实施方案,优选地,所述脱硫处理是使高炉煤气的硫含量不高于30ppm。

[0019] 根据本发明的具体实施方案,优选地,所述脱硫处理采用的脱硫剂的活性组分为铁、钴和/或镍,余量为氧化锌。其中,以所述脱硫剂的总重量计,所述活性组分的含量优选为5-20%。

[0020] 根据本发明的具体实施方案,优选地,所述脱硫处理的温度为300-350℃,压力为常压到1.0MPa,空速为500-3000h⁻¹。

[0021] 根据本发明的具体实施方案,优选地,输入气基竖炉生产海绵铁的“经过脱硫处理的高炉煤气与电解水产生的氢气的混合气”的压力为0.1-1MPa,温度为900-1100℃。

[0022] 根据本发明的具体实施方案,优选地,在电解水的过程中,通过向阴极和/或阳极引入气体的方式或者控制流量的方式平衡阴极和阳极的气体分压。

[0023] 根据本发明的具体实施方案,优选地,在电解水的过程中,向阳极引入气体的方式包括:阳极引入二氧化碳,以平衡阴极和阳极的气体分压。其中,引入的二氧化碳可以为气基竖炉生产海绵铁所产生的二氧化碳废气。阳极所产生的氧气与阳极引入的二氧化碳的体积比可以控制为1:1-1:2;当二者的体积比为1:1时可使电解水装置的阴极、阳极两端达到压力平衡,避免由阴极端氢气向阳极端氧气扩散所造成的安全问题。而且,通过控制上述体积比来控制所引入的二氧化碳的量,可以调节高炉煤气中的还原气氛的浓度,从而改善还原铁过程的动力学。

[0024] 由于电解水装置的阴极、阳极所产生的气体分压不同(阴极产生的氢气的体积是

阳极产生的氧气体积的两倍),因此,存在着一定的安全隐患,如何解决安全问题一直是非常重要的,然而现有技术中缺少合适的方式。本发明创新地提出采用向阳极引入气体,使阴极和阳极的气体分压达到平衡,同时通过控制引入气体的种类(二氧化碳),使阳极的混合气由氧气和二氧化碳组成,也能够输入高炉炼铁同时获得低氮气浓度的高炉煤气,或者也可以用于水煤浆气化反应,由此,既解决了电解水的安全问题,又为电解水产生的氧气(氧气与二氧化碳的混合气)找到了直接应用方案,能够取得极高的经济效益。

[0025] 根据本发明的具体实施方案,阳极所产生的氧气与二氧化碳的混合气也可以输入高炉以替代空气,获得低氮气浓度的高炉煤气。

[0026] 本发明的创新性在于利用电解水制氢消纳大量绿电用于氢冶金,同时伴生大量氧气,创造性地利用副产的氧气取代高炉用的空气,既防止了电解水生产氧气的排放,又使高炉煤气由于进高炉 O_2 代空气,而使高炉煤气其中 N_2 含量从50%左右下降至5%以下,可高值化用于气基竖炉还原铁,使高炉生产过程大幅减排和减碳成为可能。

[0027] 本发明提供的是一种有效消纳可再生能源电力实现低碳冶金的方法,主要包括可再生能源发电系统,电解水制氢系统和气基竖炉冶金系统。其中可再生能源发电可利用光伏、风电和水电等绿电供给供电端电网,电解水制氢系统可采用碱性电解水及隔膜电解水生产高纯度氢气和氧气,气基竖炉冶金是采用氢气竖炉直接还原炼铁技术,该工艺避免了传统高炉炼铁工艺对焦炭资源短缺的限制,且满足日益严峻的环保要求,同时可降低钢铁生产能耗。

[0028] 本发明的创新性在于利用电解水制氢消纳大量绿电用于氢冶金,同时伴生大量氧气,创造性地利用副产的氧气与二氧化碳混合取代高炉用的空气。二氧化碳的加入可以平衡电解水过程中氢气和氧气的压力差,避免由于氢气向氧气端扩散造成的安全隐患。电解水产氧与二氧化碳构成的混合气进一步通入高炉与碳反应生成高炉煤气,通过调控二氧化碳的比例可调节高炉煤气还原气氛的浓度,从而改善还原铁过程的动力学。上述高炉煤气净化后与电解水制氢气混合进入气基竖炉,用于生产高品质海绵铁。由于在制备高炉煤气过程中,本发明的技术方案可以利用电解水氧气与二氧化碳构成的混合气取代空气,从而使高炉煤气其中氮气含量从50%左右下降至0.1%以下,炼铁剩余的高炉煤气可直接用于甲醇、乙醇、乙二醇等化学品的合成。

附图说明

[0029] 图1为实施例1的消纳转化利用电能的冶金工艺的简化示意图。

[0030] 图2为实施例1的消纳转化利用电能的冶金工艺与传统煤基高炉冶金方法对比图。

[0031] 图3为实施例2的大规模消纳转化利用电能用于冶金的系统的结构示意图。

[0032] 图4为实施例3的大规模消纳转化利用电能用于冶金的系统的结构示意图。

[0033] 主要附图标号说明:

[0034] 101供电端电网、102电解水装置、103高炉炼铁装置、104脱硫装置、105储氢装置、106气基还原铁竖炉、107海绵铁、108化工设备

[0035] 301电网、302控制装置、303电解水装置、3031二氧化碳供气装置、304高炉、305高炉进料口、306出渣口、307出铁口、308高炉进气口、309氧气管线、310二氧化碳气源、311高炉气出气口、312气体增压净化装置、313化工设备、314氢气管线、315气基竖炉进气口、316

气基竖炉、317气基竖炉进料口、318气基竖炉出料口。

具体实施方式

[0036] 为了对本发明的技术特征、目的和有益效果有更加清楚的理解,现对本发明的技术方案进行以下详细说明,但不能理解为对本发明的可实施范围的限定。

[0037] 实施例1

[0038] 下面将通过与传统煤基高炉炼铁工艺对比(如图2所示),详细介绍本实施例的消纳转化利用电能的冶金工艺。其中,传统高炉炼铁工艺凭借其工艺简单、生产能力大、效率高优势仍旧是目前世界炼铁技术所采用的主要方法,但其系统能耗较高、环境污染严重、生成流程长,急需探索和研发出符合节能减排要求的新工艺技术。

[0039] 一、传统煤基高炉炼铁工艺

[0040] (1) 开采后的铁矿石进行处理后生成富含氧化铁的产品,制成10毫米的球团状产品,经过干燥、预热、烧结、冷却等处理后送至炼钢厂。

[0041] (2) 球团矿、燃料(焦炭、煤粉等)及其它原料(石灰石、白云石、锰矿等)按要求从高炉炉顶装入高炉,并由热风炉在高炉底部沿炉周的风口向高炉内鼓入热风,以助焦炭燃烧。此外,部分高炉也可选用重油、天然气等辅助燃料。

[0042] (3) 在高温下,焦炭同鼓入空气中的氧燃烧生成一氧化碳和氢气作为还原物质。

[0043] (4) 原料、燃料随炉内熔炼等过程的进行而下降,与上升的煤气发生传热、还原、融化、脱碳反应,产出生铁以铁水形式装入罐中,送至后续工艺。

[0044] (5) 反应会同时产生高炉煤气和炉渣两种副产品。高炉煤气从炉顶排出,经除尘后,可作为热风炉、加热炉、焦炉、锅炉等设备的燃料;炉渣是由铁矿石中的脉石、焦炭中的灰分与炉内石灰石等溶剂结合生成,从出渣口排出。

[0045] (6) 高炉炼铁所需能源78%是由碳素(焦炭和煤粉)燃烧提供,会产生大量二氧化碳温室气体,而且整个炼铁技术的其他工艺均造成不同程度的二氧化碳、二氧化硫等污染物排放,需要高成本纯化装置进行处理。

[0046] 二、本实施例的消纳转化利用电能的冶金工艺

[0047] 本实施例的冶金工艺使用氢气作为主要还原剂以生产铁,氢气与氧化铁反应产生水而非二氧化碳,符合炼铁节能减排、降低成本要求,其核心技术是在低于矿石融化温度下,通过富氢还原性气体将铁的氧化物还原为金属铁,更加符合日益严峻的环境保护要求,可降低钢铁生成能耗。

[0048] 该冶金工艺采用氢气竖炉直接还原工艺技术,简要流程为:原料处理→氧化球团→电解水制备氧气与二氧化碳混合与高炉中碳反应生成高炉煤气→脱硫处理→与电解水产生的氢气汇合→进入竖炉直接还原海绵铁。所生产的海绵铁产品纯净、质量稳定、冶金特性优良,已成为生成优质钢不可或缺的原料。其中,依托可再生能源发电(光伏发电)偶联电解水制氢技术来提供大规模的氢气。

[0049] 本实施例提供的冶金工艺具体包括以下步骤(如图1所示):

[0050] (1) 将来自供电段电网101的电输入电解水装置102,具体的电解水制氢技术采用碱性电解水工艺;在电解水过程中,在阳极产氧气端通入二氧化碳,二氧化碳与氧气的体积比控制为1:1;使阳极端与阴极端氢气压力平衡;

[0051] (2) 以电解水装置的阳极端产生的氧气与二氧化碳的混合气取代空气,进入高炉炼铁装置103中与碳反应,产生高品质的高炉煤气(氮气含量小于1% (v/v));氢气则进入储氢装置105;

[0052] (3) 使高炉煤气进入脱硫装置104(Ni/ZnO脱硫反应器)进行脱硫,出口总硫含量为30ppm,其中脱硫剂活性组分Ni含量为15%,余为氧化锌;脱硫工艺条件为温度为350℃,压力0.5MPa,空速为2000h⁻¹;脱硫后得到的高炉煤气的组成满足:(H₂+CO)/(H₂+CO+H₂O+CO₂)的摩尔比为1.5;

[0053] (4) 脱硫后的高炉煤气与电解水生产的氢气混合进入气基还原铁竖炉106生产海绵铁;在气基竖炉中,铁矿石从竖炉炉顶加入,自上而下运动;还原气体(脱硫后的高炉煤气和电解水制备的氢气的混合气)从竖炉底部还原段围管进入炉内,自下而上流动,还原气与所述氧化球团发生还原反应,以得到海绵铁107和炉顶气,主反应为:3H₂+Fe₂O₃=2Fe+3H₂O。上述过程无二氧化碳排放。

[0054] (5) 上述炉顶气可一次进行洗涤冷却处理、压缩处理和脱硫脱碳处理,从而得到未反应的还原气(即未反应的高炉煤气)。

[0055] 其中,脱硫净化后高炉煤气与电解水制备氢气的混合气在进入气基竖炉后温度控制为1000℃,可保证炉内温度和气流分布均匀,提高产品质量。

[0056] 步骤(5)中未反应的高炉煤气不含氮气,可直接供给化工设备108,制备工厂合成甲醇、乙醇、乙二醇等化学品。未用于炼铁的氢气也可以由储氢装置105输入化工设备108使用。

[0057] 与传统的高炉相比,二氧化碳减排30%以上,约500立方合成气生产1吨海绵铁。本实施例的技术方案可实现能源优化、节能减排等多功效;解决可再生能源电力消纳问题;实现清洁氢气的优质供应;降低钢铁工业能耗;减少二氧化碳排放;产出优质海绵铁炼钢原料,实现绿色冶金发展需求。

[0058] 实施例2

[0059] 本实施例提供了一种大规模消纳转化利用电能用于冶金的系统,其结构如图3所示。该系统包括电网301、控制装置302、电解水装置303、高炉304、气基竖炉316和化工设备313;其中:

[0060] 高炉304设有高炉进料口305、出渣口306、出铁口307、高炉进气口308、高炉气出气口311,其中,高炉进料口305用于输入铁矿石、还原剂等物料;出渣口306用于输出炉渣;出铁口307用于输出铁水;高炉气出气口311用于输出低氮浓度的高炉煤气;

[0061] 气基竖炉316设有气基竖炉进气口315、气基竖炉进料口317、气基竖炉出料口318,其中,气基竖炉进气口315位于气基竖炉316的中上部,其用于输入高炉煤气和氢气,气基竖炉进料口317用于输入球团矿等炼铁原料,气基竖炉出料口318用于输出生产的海绵铁;

[0062] 电网301为绿色能源发电厂所连接的电网,其与电解水装置303连接,用于向电解水装置303供电;

[0063] 电解水装置303与控制装置302连接,控制装置302用于控制电解水装置303的运行;

[0064] 电解水装置303的阳极设有氢气管线314,该氢气管线314连接至气基竖炉进气口315,用于将电解水产生的氢气输送到气基竖炉316用于生产海绵铁;

[0065] 电解水装置303的阴极设有氧气管线309,该氧气管线309连接至高炉进气口308,用于向高炉304中输入氧气以替代空气来炼铁;同时,可以通过额外设置的二氧化碳气源310来提供二氧化碳气体,与氧气混合进入高炉304;

[0066] 高炉气出气口311与气基竖炉进气口315连接,用于向气基竖炉316输送高炉煤气,并且二者的连接关系上设有用于对高炉煤气进行脱硫的气体增压净化装置312;同时,该高炉气出气口311还与化工设备313连接,用于向化工设备313输送高炉煤气,以用于合成甲醇、乙醇、乙二醇等化学品。

[0067] 本实施例提供了一种大规模消纳转化利用电能的工艺,其工艺流程如下:原料处理→氧化球团→电解水制备氧气与二氧化碳混合与高炉中碳反应生成高炉煤气→脱硫处理→与电解水产生的氢气汇合→进入竖炉直接还原海绵铁。其中,依托可再生能源发电(风力发电)偶联电解水制氢技术来提供大规模的氢气。

[0068] 该工艺采用上述系统进行,具体包括以下步骤:

[0069] (1)将来自供电端电网301的电输入电解水装置303,具体的电解水制氢技术采用碱性电解水工艺;在电解水过程中,在阳极产氧气端通入二氧化碳,二氧化碳与氧气的体积比控制为1:2;

[0070] (2)以电解水装置303的阳极端产生的氧气与二氧化碳的混合气取代空气,进入高炉304中与碳反应,产生高品质的高炉煤气(氮气含量小于1%(v/v));氢气则进入气基竖炉316用于生产海绵铁;

[0071] (3)使高炉煤气进入气体增压净化装置312(Ni/ZnO脱硫反应器)进行脱硫,出口总硫含量为30ppm,其中脱硫剂活性组分Ni含量为15%,余为氧化锌;脱硫工艺条件为温度为300℃,压力0.5MPa,空速为500h⁻¹;脱硫后得到的高炉煤气的组成满足:(H₂+CO)/(H₂+CO+H₂O+CO₂)的摩尔比为1.2;

[0072] (4)脱硫后的高炉煤气与电解水生产的氢气混合(二者的混合气温度控制为900℃,可保证炉内温度和气流分布均匀,提高产品质量)进入气基还原铁竖炉生产海绵铁;在气基竖炉316中,铁矿石以球团矿的形式从竖炉炉顶通过气基竖炉进料口317加入,自上而下运动;还原气体(脱硫后的高炉煤气和电解水制备的氢气的混合气)从气基竖炉316中部的竖炉进气口315进入炉内,还原气与球团矿发生还原反应,以得到海绵铁和炉顶气,主反应为:3H₂+Fe₂O₃=2Fe+3H₂O。上述过程无二氧化碳排放。上述炉顶气可一次进行洗涤冷却处理、压缩处理和脱硫脱碳处理,从而得到未反应的还原气(即未反应的高炉煤气)。

[0073] 由于步骤(5)中未反应的高炉煤气不含氮气,可直接供给化工设备313,合成甲醇、乙醇、乙二醇等化学品。未用于炼铁的氢气也可以由储氢装置输入化工设备使用。

[0074] 对于净化器、脱硫塔、换热器等实现整体工艺所需要的设备,均可采用所属领域的常规设备,未详细提及的工序条件如净化、脱硫、洗涤等可参照所属领域的现有技术进行操作,各设备及具体操作条件可实现本发明所述的功能及要求即可。

[0075] 实施例3

[0076] 本实施例提供了一种大规模消纳转化利用电能用于冶金的系统,其结构如图4所示。该系统与实施例2的系统,区别仅在于该系统的电解水装置303设有二氧化碳供气装置3031,电解水装置303的阳极与二氧化碳供气装置3031连接;

[0077] 在电解水过程中,通过二氧化碳供应装置3031向电解水装置303的阳极注入二氧

化碳,其中,阳极产生的氧气与注入的二氧化碳的体积比控制为1:1,使阴极和阳极的混合气分压达到平衡,保证装置的安全性;

[0078] 阳极产生的氧气与二氧化碳的混合气进入高炉304进行炼铁,并产生低氮气浓度的高炉煤气。

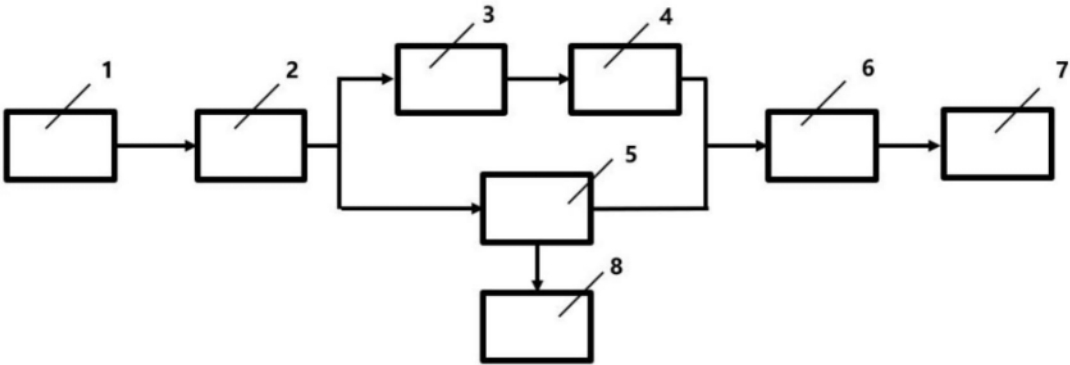


图1

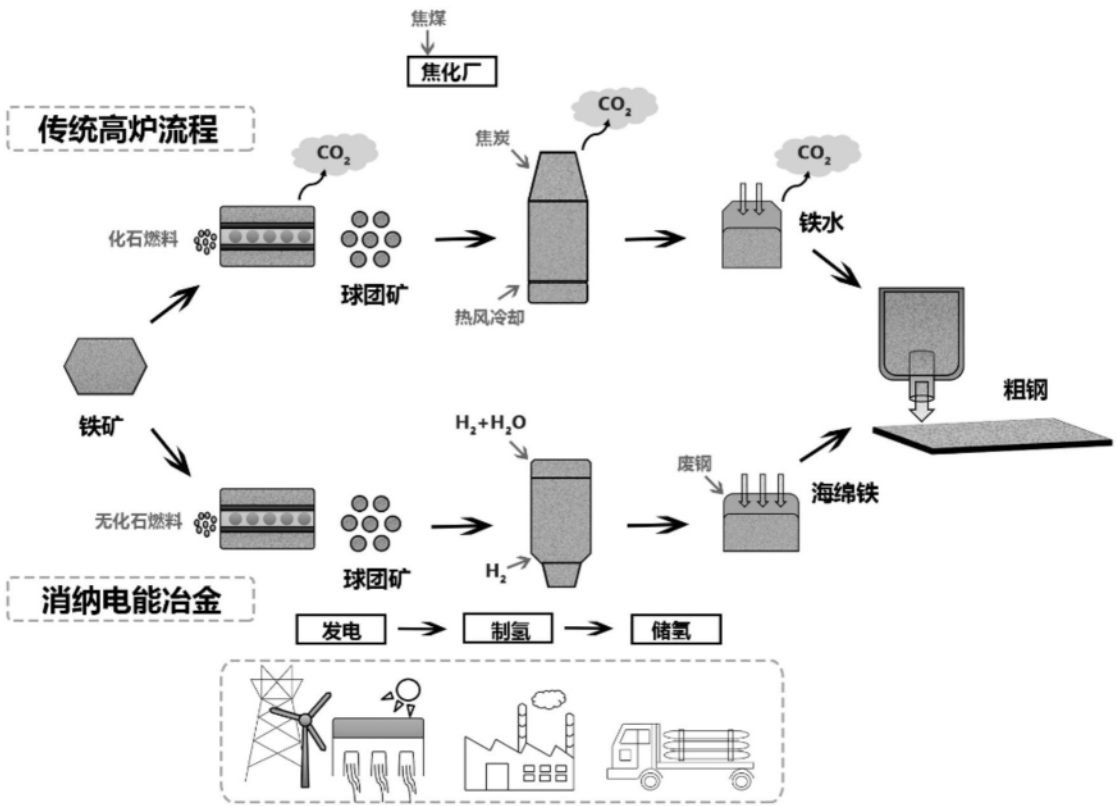


图2

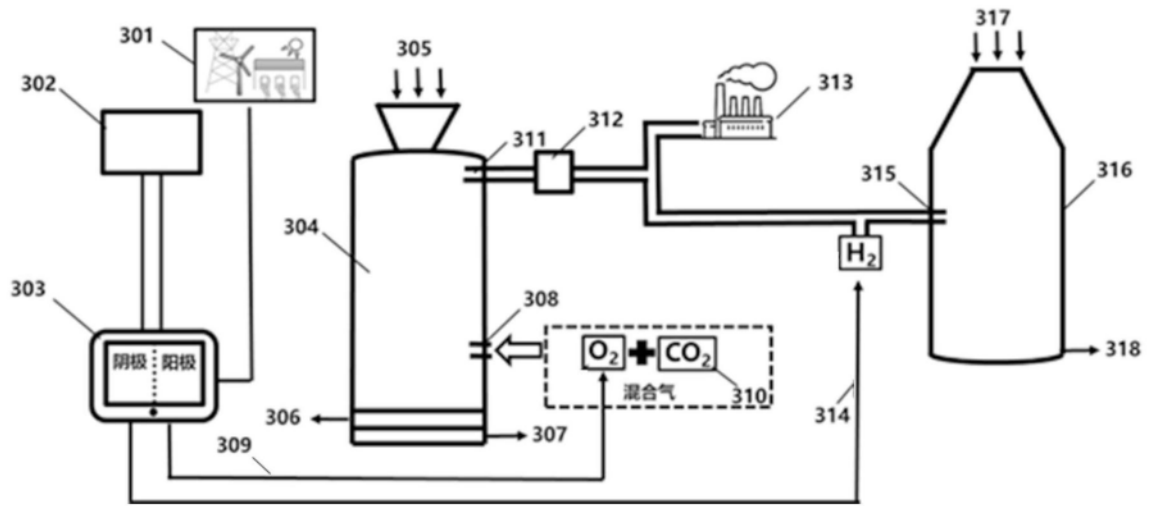


图3

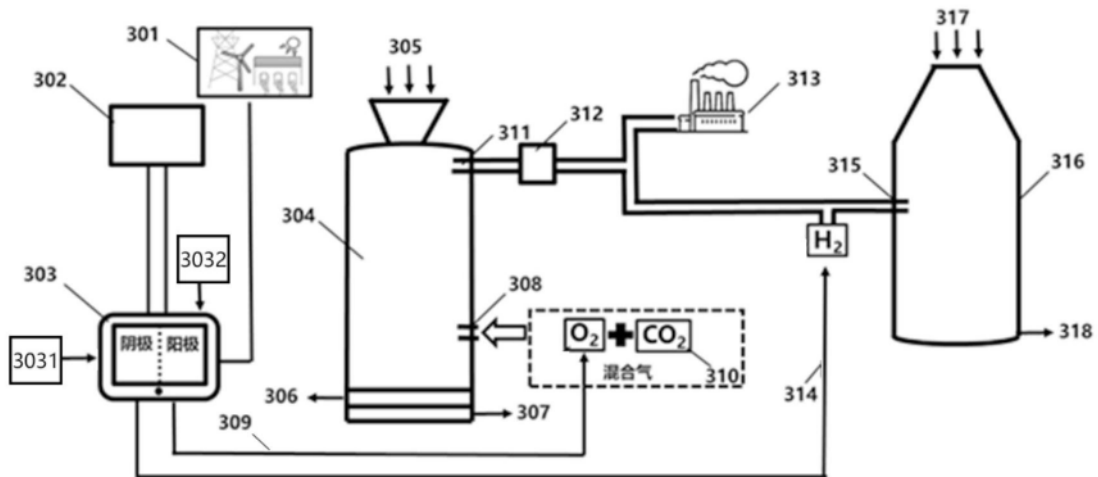


图4