

DOI:10.13228/j.boyuan.issn0449-749x.20180498

“三传一反”与“三环一网”——论现代高炉的再生

许志宏，王 志，公旭中，景晓东，罗世民，艾 菁

(中国科学院过程工程研究所，北京 100190)

摘 要：“三传一反”是过程工业和过程工程的学科基础，为过程工程研究和设计的现代化提供了重要的理论保障。近年来，由于中国过程工业发展特点，导致资源和环境问题突出。为了更好地解决能源和环境问题，提出了“三传一反”与“三环一网”互补、协同的思路，希望从根本上解决过程工业出现的资源、能源和环境问题。所谓三环是指新工艺新技术符合环境(一环)要求；物质和能量实现行业内、设备内的循环(二环)；资源和能量实现全社会、跨行业、跨地区的循环(三环)利用和匹配。一网是构建煤基清洁气体能源网络，实现清洁能源自给自足，确保中国能源安全。中国能源以煤为主，直接用煤出现了能源浪费、大气污染、水污染等问题。然而煤作为不得不用的能源，只有清洁高效转化才是根本。高炉是钢铁工业的重要装备，由于近年来粗钢产能过剩、废钢循环、基建投资还本困难等问题，部分高炉面临拆除的风险，势必导致固定资产的浪费，因此如何寻找大中型高炉出路是摆在钢铁工业面前的现实问题。除了炼铁之外，高炉的能源转换和固废转化功能，还没有发挥出来。为此，提出高炉改成造气炉，利用中国资源量丰富的非焦煤型煤在高炉内气化，再利用气体净化技术，余热回收技术，实现煤的清洁转化，最终形成清洁气体能源网路。希望借助“三传一反”与“三环一网”互补理念，帮助过程工业，特别是能源工业和重工业发展。使中国钢铁工业从产量第一，向设备功能提升、装备升级、产品结构拓展等方向发展，实现产业升级、突破行业壁垒，实现过剩钢铁向煤基清洁能源的转变，助力过程工业的“弯道超车”。

关键词：高炉；气化；合成气；型煤；三传一反；三环一网

文献标志码：A **文章编号：**0449-749X(2019)07-0001-07

Three transports one reaction and three circles one net
—Regeneration of modern blast furnaces

XU Zhi-hong, WANG Zhi, GONG Xu-zhong, JING Xiao-dong, LUO Shi-min, AI Jing
(Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: “Transference processes and reaction engineering” is the disciplinary basis of process industry and process engineering, which provides an important theoretical guarantee for the modernization of process engineering research and design. In recent years, due to the characteristics of China process industry, resource and environmental problems have become prominent. In order to solve the energy and environmental problems, the ideas of "transference processes and reaction engineering" and "three circle one net" with complementary and synergistic effects were put forward, hoping to fundamentally solve the resource, energy and environmental problems arising from the process industry. The so-called "three circle" refers to the new technology meets the environmental requirements (one circle); material and energy realize the circulation (two circles) within the industry and equipment; resources and energy realize the circulation (three circles) and matching of the whole society, cross-industry and cross-region. “one net” refers to the construction of coal-based clean gas energy network to achieve self-sufficiency of clean energy and ensure energy security in China. Coal is the main energy source in China. The direct utilization of coal has resulted in energy waste, air pollution and water pollution. Therefore, the clean and efficient conversion of coal, as a necessary energy source, coal is fundamentally to achieve clean and efficient transformation. Blast furnace is an important equipment in iron and steel industry. In recent years, some blast furnaces are facing the risk of demolition due to the problems of excess capacity of crude steel, scrap recycling and difficulty in repaying capital investment, which will inevitably lead to waste of fixed assets. Therefore, how to find a way out for large and medium-sized blast furnaces is a realistic problem in front of the iron and steel industry. Besides iron-making, the functions of energy conversion

and solid waste conversion of blast furnaces have not been brought into full play. Therefore, the blast furnace into a gasification furnace to coal gasification in the blast furnace were proposed to transform, and use gas purification technology and waste heat recovery technology to achieve clean conversion of coal, and finally form a clean gas energy network. The process industries, especially the energy industry and heavy industry, with the help of "transference processes and reaction engineering" and "three circle one net" concept were hoped to develop. To make China iron and steel industry develop from output first to equipment function upgrading, equipment upgrading and product structure expansion. To upgrade industry, break through industry barriers, realize the transformation of excess iron and steel to coal-based clean energy, and help the process industry "overtake in bends".

Key words: blast furnace; gasification; synthesis gas; briquette coal; transference processes and reaction engineering; three circle one net

20 世纪,过程工业发展很快,使得人们发现了过程工程学科中的一些规律,如:“三传(传热、传质、传动量)一反(物理、化学、生物反应)”。它主要是帮助过程工程研究、设计,实现了量化、数字化、科学化。从计算机角度来讲,就是计算机应用软件和数据库的积累和发展。近些年,中国从西方发达国家全套引进了不少硬件及软件,正在努力追赶世界先进水平。但是问题主要是交叉学科人才的缺乏,补足它需要时间。

目前中国重工业和能源工业,主要是产能过剩、资源浪费、环境污染,呆滞的基建装备债务不少。如果国家仅实行最严格的环保罚款机制,不少大中型的现代化高炉、直接燃煤电站可能需要关闭^[1]。从问题出发来看,也需要用科学方法解决很多技术上的难题。归纳起来就是需要采用“三环一网”的方法,大胆解放思想,采用新技术,指导过程工业的改造和清洁气体能源网络的建立。大量研究表明:中国近年来大部分地区的雾霾问题,起因于中国的能源结构,大量燃烧和利用高 C/H 的燃料,导致污染物的大量排放,超越了自然自净化的能力,进而导致污染物的二次化学反应、聚集,加之不利的扩散条件,从而导致了严重的大气问题^[2],解决这一问题的根本方法是调整能源结构,即使用清洁能源,代替大量化石能源转化过程的污染问题。所谓清洁能源是相对而言的,即利用 C/H 比较低的能源,代替煤、石油等高 C/H 的能源。因此,过程工业一直期待氢能时代的到来。而煤制气就是一种煤清洁转化过程,联产清洁气体,如 CO 和 H₂。

中国能源主要是以煤炭为主,天然气、页岩气、石油勘探、地质、开采等方面的技术相对落后。最近 20 年,高速度发展工业还是以煤为主来支撑,工业污染的主要源头是直接燃煤。同时,建立的垃圾焚烧炉也是一个大气污染源^[3]。其次,工业上众多的燃煤发电和小的煤造气炉,一般采用比较原始方法。

就是将常温的煤炭,直接加到高温的炉膛之中。这样必然会产生小于 PM2.5 颗粒的大气污染和雾霾。再次,发展重工业时提出“以钢为纲”,从学术上讲,不够全面。为了生产出高质量的铁水,需要建造一个庞大的原料准备体系,浪费了能源,也污染了环境。

中国是一个富煤、少油少气的国家,煤炭储量约 1.48 万亿 t。随着社会发展,近几年中国煤炭使用量超过了 35 亿 t。基于中国过程工业的特点,煤炭是钢铁工业的主要能源,在钢铁工业各个环节都要使用煤^[4],如炼焦、烧结、喷煤等。然而面对事实,中国的能源利用别无选择,只能发展以煤为基础的清洁能源产业,以满足社会发展对能源的需求,决不能完全指望国外进口的清洁能源。那么,摆在面前的道路只有如何高效、绿色、低碳方式利用煤炭资源,这才是未来发展的必然途径。也就是中国要发展,不利用煤这个基础能源是不可行的,但是如何利用需要更多的智慧和思考。

1 清洁能源是过程工业可持续发展的基石

各个行业之间,常有一个专业的无形鸿沟,有时甚至难于跨越。如果现代化的大中型钢铁企业打开思维界限,从问题出发,跨越行业内的单纯市场观点。产能剩余的大中型现代化高炉,将会生产一些种新的清洁气体能源(CO+H₂)。它既可以将现有的煤电转化能力提高约 10% 左右(即 40%~45%);又可以从网络上帮助供应成百上千合成工业厂使用,直接供应最纯净的原料气,如图 1 所示。

2 高炉功能转换是钢铁工业必然方向

钢铁工业是国民经济建设和发展的支柱产业,尤其是军事国防和基础建设领域。最近几年,中国粗钢产量快速增长,2018 年粗钢产量超过 9 亿 t,占

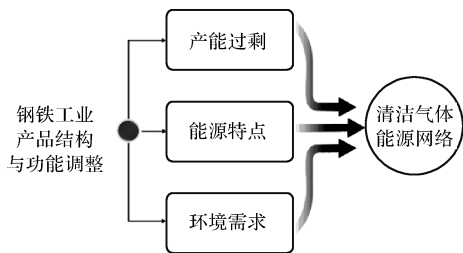


图 1 钢铁工业产品结构与功能调整示意图
Fig. 1 Schematic diagram of adjustment of product structure and function for iron and steel industry

世界钢产量的 50% 以上。然而中国钢铁工业产品结构极不合理,缺少高科技产品(各类特种功能钢材)^[5]。目前中国钢铁工业主要存在以下问题:(1)钢铁产量相对过剩。一方面,低级产品产量巨大(建筑),造成资源和能源的压力;另一方面,高端产品品种与数量相对较少,导致国防钢材供不应求,如航母和航空领域用钢的短缺。(2)钢铁行业对煤炭资源和进口铁矿资源依赖度高,从长远角度看是不利的。(3)由于产量的激增,导致了大量的环境问题,如钢铁企业附近污染的加剧。

50 多年前,叶渚沛院士根据“三高(高温、高压、高蒸汽)”理论和首钢 17.5 m³ 试验高炉的试验结果,提出在中国云南昆明,建立一座 350 m³ 高炉。它得到国家计委聂荣臻批准,并给中科院下达了工业化的任务。然而,由于文化大革命,中途停止。

根据作者的理解和讨论,当时叶渚沛院士对该项目的远景目标可能是,当国内氧气机制造业充分发展后,“三高(高压、高温、高蒸汽)”中的“一高”,富氧也可变为全氧。全氧“三高矮胖高炉”在当时是不敢想的,但是现在它有可能是一条康庄大道。全氧“三高矮胖高炉”应该是:(1)能炼铁;(2)能副产高温化学产品;(3)能实现煤造气(CO 和 H₂)。因此,能够实现当代高炉的 3 个主要功能——炼铁、能源转换、固废转化等功能^[6],如图 2 所示。而现代仅将其炼铁功能发挥到了极致,而其他两个功能并没有完全发挥或是根本没有发挥出来。一旦通过某种方法将能源转化和固废转化功能发挥出来^[7],将是中国煤炭利用过程中一个新的方向。

目前中国钢铁产能大量过剩,制氧机能力已经达到世界先进水平。利用它改造一少部分产能过剩的大中型现代化高炉,使之成为“规模化的、高热值煤气或氢气(CO+H₂)的供应网络系统”。这实际上也解决了过去冶金界关于赞成和反对“高蒸汽”的

一些争论。

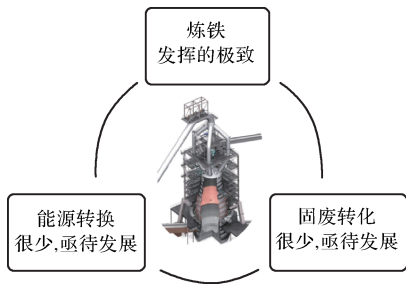


图 2 高炉功能发挥状况
Fig. 2 Status of function for blast furnace

3 煤制气设备大型化与网络化是发展趋势

高炉从原理上来看,有很多的优越性:(1)它的上部是一个气-固相很好的换热器和间接还原反应器;(2)中部是一个燃烧器、换热器和高温滴流反应器;(3)最下部是一个液态高温净化反应器。它的规模、体量、生产率都是很大的。但是从反应机理上看,也有它的缺点,那就是:(1)它的所有进料都需要事先加热处理,如烧结、炼焦、热风;(2)但是它又都是块状冷进料,其传热、传质速度都很慢,因而炉身需要增高,对焦炭强度品质要求,也进一步提高。

如果将高炉改造为超大型造气炉,一个 1 000 m³ 的高炉的产能或处理能力,相当于 40 个鲁奇气化炉的能力。以普通煤粉(不需要炼焦煤)与废聚合物粉(垃圾)压缩为块状冷进料,颗粒间的距离缩小了几千倍。那时,它的反应速度将成倍地加快。而废聚合物粉(垃圾)在低温(大约 200~300 ℃)熔化时,具有非牛顿流体性质,极为黏稠。它一方面会帮助其保持压块时的体型,一方面又成为黏接剂而不会导致悬料。实际上就是将低温焦化炉和造气炉两个过程,连接在一起,其副产物仅是低温煤焦油。

高炉改造成造气炉本质上是移动床的煤气化装置,与现代煤化工的气化装置相比,主要有以下几个优势:单台处理量大、气体产量大、物料来源广泛,不受煤种的限制,也可以加入有机固废,便于集中处理气体和液体产物。高炉改造成造气炉的原料可以是各类粉煤通过压制成型,或是各种有机固废压制成型的块料。高炉上部为热解区域,下部为气化区域,通过高炉顶部装置实现气液分离,再通过气体净化,获得清洁气体能源。也可通过深度冷却技术实现多种气体的分离与净化。高炉改造气炉分区如图 3 所示。

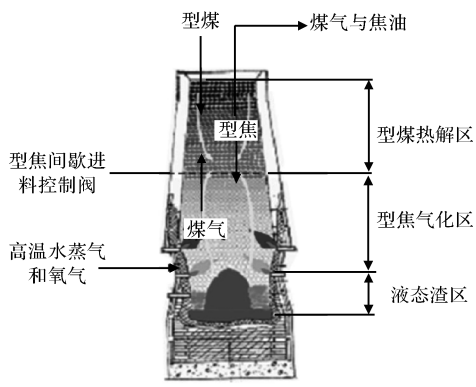


图 3 高炉改造气炉分区

Fig. 3 Partition for blast furnace changed into gasification furnace

高炉光能造气还不够，中国钢铁企业众多，高炉总量也很大，将多个高炉联接起来，构建一个清洁煤气网络，集煤气生产、净化、输送于一体的清洁煤气网络，就是一个清洁气体煤气网络供应系统。它将帮助中国的能源结构，从“以煤为主”的时代，逐步过渡到以“清洁气体”能源为主（天然气、页岩气、甲烷冰、合成气），直接使用燃煤发电，对大气的污染问题，可以得到彻底解决。

4 “三传一反”与“三环一网”互补是过程工业可持续发展动力

“三传一反”是化学工业的学科基础，传质、传热、动量传递及反应工程是近代化工发展基础科学问题。由此产生的单元操作，在化工、冶金、能源、煤炭、石油、有色、制药等行业广泛应用，如蒸馏、蒸发、萃取、干燥等。因此 20 世纪 50 年代国际学术界把工业中具备“三传一反”基础特征和化工基本单元操作的行业的统称为过程工业。过程工程是研究物质与能源通过物理、化学、生物等方法转化、转移的基本规律、工程设计、工艺集成规模化的工程学科^[8]。

“三环一网”中的“三环”是：(1) 高温过程工业，应该从目前的“小型煤造气工业”时代，发展为“网络化的过程工业时代”。那时就可以要求所有以煤为原料的工厂，都必须达到“环保”要求的标准，否则无条件关停；(2) 在氧气高炉造气的过程中，产生的有害物质(或少量副产品)，应在厂内收集，利用厂内氧气高炉区“再循环”，在超高温区内将其解决；(3) 工业中固废、物料、设备等需要逐步实现“社会大循环”，以节省资源，保护环境。

“一网”是：少部分产能过剩的大中型现代化高

炉，采用新技术，改造成为超大型的、质优价廉的合成气($\text{CO} + \text{H}_2$)生产炉。到那时，合成工业主要的关注点，不再是煤如何利用“小型造气炉”造气，而是如何利用质优价廉的网络合成气，进行新产品(药品、纺织品、新材料)的合成。

环境保护是美丽中国、生态环境保护的新要求；有害物质、副产品厂内循环是保障；工业大宗固废社会大循环是匹配和协调，重组的过程，是物质与能量的再组合。因此“三环”是过程工业物质流、能量流和信息流协同调控宏观表现形式^[9]，也是过程工业可持续发展的必然要求。一网是构建煤基清洁能源的高效、安全、可靠的必由之路。中国是煤炭大国，煤炭是中国的能源基础，只有充分利用煤炭才能保障中国能源安全。因此，构建煤基清洁气体能源是自主发展本土清洁能源的关键所在，既不会被西方发达国家卡脖子，又不会存在能源风险。“三传一反”到“三环一网”是基础到应用的延续与传承，是普遍规律到具体应用的结合，两者相辅相成，协同互补；体现了科学基础到具体实践理念的升华，因此两者互补协同是过程工业可持续发展的动力。

高炉改造成造气炉后，将多个“三高矮胖氧气高炉”联接起来，就是一个清洁气体合成气网络供应系统。它将帮助中国的能源结构，从“以煤为主”的时代，逐步过渡到以“清洁气体”能源为主。它可使直接燃煤发电对大气的污染问题得到彻底解决。它 will 比现在的煤电效率提高约 10%。使发电、化学、新材料等合成工业都得到大发展，如图 4 所示，使其具有世界级的竞争优势，使人类开始进入到以氢气为主的工业化时代。

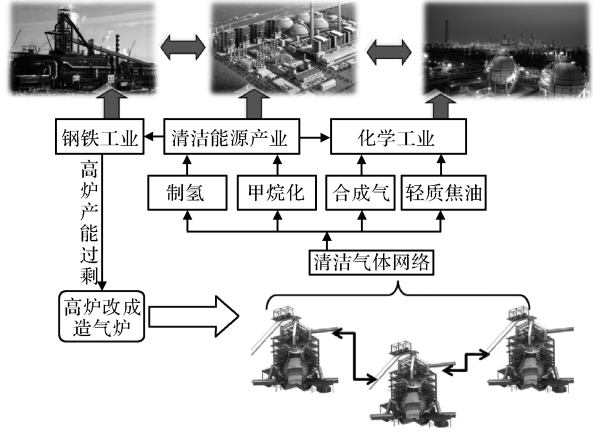


图 4 清洁气体能源网络模式

Fig. 4 Clean gas energy network model

实现这种过渡的必要性和可能性主要包括 3 个

方面:(1)从目前单位热能价格角度来看,目前中国发电的价格,要低于天然气几倍,所以燃煤的大型电站,完全改为天然气联合循环发电(热电总效率可达到 52%左右),经济上尚有困难^[10]; (2)采用新技术,利用普通煤粉、氧气、部分废聚合物粉(即垃圾)为原料,利用过剩产能的氧气高炉,进行超大规模的煤粉、垃圾粉“资源”的气化,从经济上看,它也将是一种有利的选择; (3)优质、廉价的合成气($\text{CO} + \text{H}_2$)的供应网络试点成功后,可以帮助建立起许多的合成工业园区。从上游彻底解决重工业、能源工业的污染源问题,从而构建了中国特色的清洁能源体系和结构。

5 高炉改造气炉的对策

5.1 非焦煤与有机固废共成型制备气化块料

高炉改造气功能本质上是大型移动床块煤气化过程,因此需要入炉物料必须是块料,因此如何制备高强度块料是首要问题。中国具有丰富的非焦煤资源,是很好的气化原料,但是这些煤没有很好的黏结

性,无法自身成焦,导致无法形成焦炭,进而很难制备成高强度块料;同时随着社会的发展,中国有机固废逐年增加,如有机废塑料、聚苯乙烯,聚乙烯、聚丙烯等。因此,可以采取煤粉与废塑料共成型制备复合型煤,通过热解强化型焦的热强度;也可以通过铁焦等形式实现块料的强度,不仅大量消纳非焦煤,同时大量消纳了社会上有有机固废,实现劣质资源与固废的协同的利用与转化。

传统冶金很多领域是通过烧结实现造块的,对于无机矿物而言烧结是很好的造块方式,然而对于有机体粉料,无法利用烧结实现造块,只能通过成焦,利用多种有儿组分之间的成焦特性,人造结焦热力学环境,进而使得多种粉体成型后保证较高的冷热强度,如已经开发出适合鲁奇炉气化的型煤和适合电石炉的氧化钙含碳球团^[11]。同时中科院过程所开发出适合 COREX 工艺要求的型煤, COREX 工艺开发的成型黏结剂用量与大同气煤型煤性能之间的关系见表 1,当添加 1%的黏结剂时,能够满足 COREX 工艺的基本要求。

表 1 大同气煤成型后强度与黏结剂用量的关系
Table 1 Relationship between strength and binder content for gas coal briquette(Datong)

项目	黏结剂比例/%			COREX 工艺要求
	1	2	4	
抗压强度/($\text{kg} \cdot \text{个}^{-1}$)	660	809	1 027	
成焦率/%	70.78	73.20	75.50	70
焦粒径大于 10 mm 比例/%	79.67	81.51	85.92	70
焦粒径小于 10 mm 比例/%	8.50	7.37	4.53	<5
热反应性 RI/%	55.5	59.2	65.5	<55

5.2 高炉气化全氧操作与炉温度控制机制

固定床块煤气化温度一般为 1 300~1 400 ℃,比高炉炼铁温度低,因此全氧高炉温度操作过程,现有耐火材料可以完全满足要求。高炉煤气化过程,全氧操作不仅可以升高炉温,保证气化速率,而且可以提高煤气热值,保证煤气质量。通过喷入过热水蒸气控制炉温,强调炉温与煤气化的匹配性,同时可以提高煤气中的氢含量。由于空分技术的发展,现在 10 万 m^3 的制氧机已经进入工业,因此设备和氧气已经不是限制环节。

5.3 高温尾渣余热回收与过热水蒸气协同控制

为了完成液态排渣,需要升高尾渣温度,同时喷入氧化钙粉料,大量 1 400 ℃以上的炉渣流出,势必带走大量显热^[12],为了回收这部分热源,可以通过

梯级水淬回收高温显热,不仅回收热量,而且也全氧操作的高炉提供过热水蒸气。但是过去在各个化工企业中的煤气化方法中,液态高温炉渣中热量,基本上都未利用,其原因是规模太小,所以煤中热进入煤气中仅为 70%左右。但是当用大中型高炉气化煤炭时,其规模比一般化工的气化炉,可能要大十倍甚至几十倍。如果液态炉渣中热量能进入到高位势地区(作为氧气调温剂),再加上煤气中热的回收,那么煤中热进入煤气的效率,可能提高到 80%~85%。

5.4 高炉气化产品分离与气体净化控制

煤炭气化本身也不是清洁过程,但是大规模的原位气化过程,经过多级分类净化后,液体产品和气体产品分别得到深度净化,实现了煤气化规模化、净

化过程规模化,进而实现了清洁气体能源产出,为社会提供的是清洁能源和清洁化学品。因此要保证煤基清洁能源的供应,最关键的一步是气液协同分离,梯级深度净化,一方面为清洁能源提供了保证,另一方面为不同行业对气体组成的需求提供了重要支撑。通过有机洗液给高温煤气降温洗涤,脱除其中的大分子有机物;通过超低温深冷技术,实现多种气体的高效分离与净化。

5.5 人机智能互动助力能源工业“弯道超车”

20 世纪初期,国际上大力发展了石油和天然气的地质开发技术。到 20 世纪晚期,美国又掌握了页岩气开发技术。截止 2018 年,世界多国都在探索甲烷冰的开发技术。每立方米的甲烷冰中,含有约 160 m³ 的甲烷气体,科学家预测和估计,它未来的储量可能为地球上化石能源总和的 50% 左右。

但中国对清洁气体能源的需求量极大^[13],在上述几种清洁气体能源技术大力开发的同时,还应该开创第三种清洁气体能源。这就是利用煤粉、废聚合物粉(垃圾)压块为原料,利用全氧矮胖高炉的思路,先在一座产能剩余高炉上,建立起合成气(CO+H₂)网络供应系统的试点厂,实现清洁气体能源开发的弯道超车。上述过程的实现,需要科研人员、一座大中型高炉技术人员、以及领导层和企业家的三结合。这样才能实现中国能源和重工业的“弯道超车”的启动,它的结果将是:使中国的过程工业,先进进入以 CO+H₂ 清洁气体为主要原料的时代;同时也部分解决剩余高炉产能的再利用。

借用高速发展的云计算和人工智能系统,高炉改造气炉可以首先在计算机上进行虚拟过程的开发,同时进行少量关键性技术的原理性试验^[14-15]。这样可以帮助人们走捷径,减少启动经费的开支,同时节省大量的时间。

以上思考和方法是中国能源清洁化、轻质化,实现“弯道超车”的可行途径。将钢铁企业的高炉剩余产能,向改善中国能源结构方向转化,尤其是调整高炉功能方面转化^[16]。其关键在于:现在具有剩余产能的冶金企业领导层的认识,需要勇于承担主要任务。将拟关闭的大中型现代化高炉,采用新技术,改造为全氧高炉造气炉,并以普通煤粉、废聚合物粉(垃圾)的混匀压块为进料。最后欢迎钢铁企业充分利用过剩高炉进行中试试验,完成高炉改造气炉的最后最后一公里。

感谢钢铁研究总院张春霞博士在思路、逻辑、格式方面细心指导。

参考文献:

[1] 李新创. 钢铁工业“十二五”回顾和未来发展思考[J]. 钢铁, 2016,51(11):1. (LI Xin-chuang. Review of steel industry in the 12th Five-Year Period and future development[J]. Iron and Steel,2016,51(11):1.)

[2] 中国环境与发展国际合作委员会. 中国经济发展方式的绿色转型[M]. 北京:中国环境科学出版社,2012. (The Editorial Board of China Council for International Cooperation on Environment and Development. The Green Transformation of Chinese Economical Development Mode[M]. Beijing: China Environmental Science Press,2012.)

[3] 赵沛,董鹏莉. 碳排放是中国钢铁业未来不容忽视的问题[J]. 钢铁,2018,53(8):1. (ZHAO Pei, DONG Peng-li. Carbon emission cannot be ignored in future of Chinese steel industry[J]. Iron and Steel,2018,53(8):1.)

[4] 中国金属学会,中国钢铁工业协会. 2011—2020 年中国钢铁工业科学与技术发展指南[M]. 北京:冶金工业出版社,2012. (The Chinese Society for Metals, China Iron and Steel Association. Technology Roadmap on Chinese Steel Industry 2011—2020[M]. Beijing: Mechanical Industry Press,2012.)

[5] 殷瑞钰,张寿荣,干勇,等. 黑色金属矿产资源的可持续开发和综合利用[R]. 北京:中国工程院咨询项目报告,2014. (YIN Rui-yu, ZHANG Shou-rong, GAN Yong, et al. Sustainable Exploitation and Utilization of Ferrous Metal Mineral Resources[R]. Beijing: Advisory Report for Chinese Academy of Engineering,2014.)

[6] 张春霞,王海风,张寿荣,等. 中国钢铁工业绿色发展工程科技战略及对策[J]. 钢铁,2015,10(5):1. (ZHANG Chun-xia, WANG Hai-feng, ZHANG Shou-rong, et al. Strategic study on green development of Chinese steel industry[J]. Iron and Steel, 2015,10(5):1.)

[7] 龙红明,魏汝飞,李宁,等. 高炉炼铁协同处理城市可燃固废[J]. 钢铁,2018,53(3):1. (LONG Hong-ming, WEI Ru-fei, LI Ning, et al. Disposal of city combustible solid waste by blast furnace[J]. Iron and Steel,2018,53(3):1.)

[8] 郭慕孙. 过程工程[J]. 过程工程学报,2001,1(1):2. (Mooson Kwauk. Process engineering[J]. The Chinese Journal of Process Engineering,2001,1(1):2.)

[9] 殷瑞钰. 冶金流程工程学[M]. 2 版. 北京:冶金工业出版社,2009. (YIN Rui-yu. Metallurgical Process Engineering[M]. 2nd ed. Beijing: Mechanical Industry Press,2009.)

[10] 李洪福,温燕明. 钢铁流程煤基能量高效转换与钢-电联产模式[J]. 钢铁,2018,53(10):95. (LI Hong-fu, WEN Yan-ming. Efficient conversion of coal-based energy in iron and steel process and steel-electric cogeneration mode[J]. Iron and Steel,2018,53(10):95.)

[11] 汪玉华,公旭中,王志,等. 一种褐煤粘结剂成型制备加压气化型煤的方法:中国,ZL201510790387. X[P]. 2018-10-19. (WANG Yu-hua, GONG Xu-zhong, WANG Zhi, et al. The Invention Relates to a Method for Preparing Pressurized Gasification Briquette by Forming Lignite Binder: China,

ZL201510790387. X[P]. 2018-10-19.)

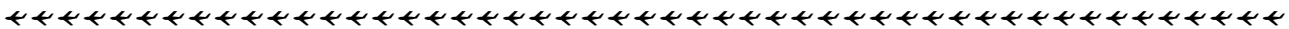
[12] 殷瑞钰,金涌,张寿荣,等. 流程工业与循环经济[R]. 北京:中国工程院咨询项目报告,2007. (YIN Rui-yu, JIN Yong, ZHANG Shou-rong, et al. Process Industry and Circular Economy[R]. Beijing: Advisory Report for Chinese Academy of Engineering, 2007.)

[13] 殷瑞钰. 过程工程与低碳经济[R]. 北京:中国工程院咨询项目报告,2011. (YIN Rui-yu. Process Engineering and Low Carbon Economy[R]. Beijing: Advisory Report for Chinese Academy of Engineering, 2011.)

[14] 王新东,田京雷,宋程远. 大型钢铁企业绿色制造创新实践与展望[J]. 钢铁, 2018, 53(2): 1. (WANG Xin-dong, TIAN Jing-lei, SONG Cheng-yuan. Innovative practice technology and outlook in large iron and steel enterprise green manufacturing[J]. Iron and Steel, 2018, 53(2): 1.)

[15] 毕学工,李九林,李鹏,等. 德国工业 4.0、中国制造 2025 与智能冶金浅议[J]. 钢铁, 2016, 51(3): 1. (BI Xue-gong, LI Jiulin, LI Peng, et al. Brief discussions on German industry 4.0, Chinese manufacture 2025 and intelligent metallurgy[J]. Iron and Steel, 2016, 51(3): 1.)

[16] 殷瑞钰,张寿荣,干勇,等. 黑色金属矿产资源的可持续开发和综合利用[R]. 北京:中国工程院咨询项目报告,2014. (YIN Rui-yu, ZHANG Shou-rong, GAN Yong, et al. Sustainable Exploitation and Utilization of Ferrous Metal Mineral Resources[R]. Beijing: Advisory Report for Chinese Academy of Engineering, 2014.)



2019 福禄克热像事业部新产品新闻发布会顺利举办

2019 年 5 月 23 日,世界电子测试工具生产、分销和服务的领导者——福禄克在北京丽亭华苑酒店隆重召开“2019 福禄克热像事业部新产品发布会”。本次新产品发布会邀请了广大媒体和来自各行业的工程师、技术人员、采购人员及合作伙伴与福禄克共同见证了福禄克 2019 年度新产品的隆重面世。

多年来,福禄克为各个工业领域提供了优质的测试和检测故障仪器、仪表产品。从工业控制系统的安装调试到过程仪表的校验维护,从实验室精密测量到计算机网络的故障诊断,福禄克的产品帮助各行各业的业务高效运转和不断发展。福禄克品牌以其便携、坚固、安全、易用和严谨的质量标准享誉中国市场,成为电子测试仪器市场中的领导者。伴随着中国经济的飞速发展,福禄克公司一贯秉承创新的传统,不断发展新技术,不断开发新产品。以优质可靠的产品和及时周到的服务满足着广大中国用户的需求。“此次发布会主要展示了福禄克全新推出的 PTi120 便携式口袋热像仪、Ti401 PRO 和 TiX501 热像仪以及 ii900 工业声学成像仪正是福禄克这几年的创新精神的体现。

1 Fluke PTi120 便携式口袋热像仪

Fluke PTi120 便携式口袋热像仪可以获得您需要的红外故障排除能力,其 Fluke Connect Asset Tagging 设备智能识别技术,帮助用户自动整理和归档热图像。该款产品可提供 120×90 红外分辨率(10800 像素)的细致测量数据,3.5" LCD 触摸显示屏,易于进行故障排除。

作为福禄克首款工业声学成像仪,ii900 主要针对冶金,石化,天然气等过程自动行业,使用户即使在嘈杂的环境中也可以快速准确地定位压缩空气系统中的空气、气体和真空泄漏。搭载 7 英寸 LCD 触摸屏可以帮助用户快速找到泄漏位置。简单直观的界面使用户能够辨识泄漏的声频,从而过滤掉较大的背景噪音。

福禄克红外热像事业部北方区经理王硕先生介绍了 ii900 工业声学成像仪(图 1)的工作原理:ii900 工业声学成像仪是一个全新概念的产品。声音成像在市场上是一个新的

概念,声学成像仪类似于把一个声学雷达加一个高清的可见光的探头集成到一起。在一个可见光的画面上来定位气体泄漏的位置,其中声学雷达是用了 64 个高端的麦克风阵列来定位气体泄漏的位置,所以说声音成像仪既可以找到现场上声音发出位置也就是泄漏的位置,同时也可以测量出声音的分贝的大小和波段。”

2 Fluke Ti401 PRO 热像仪

发布会上,福禄克还带来两款热像仪产品——Ti401 PRO(图 2)和 TiX501。Fluke Ti401 PRO 热像仪借助高达 640×480 分辨率的图像,能够查看图像中的小细节和更快地发现异常现象。

福禄克最新的口号是“把客户带进 640 时代”,因为福禄克大多数客户基本上用的都是 320 和 160 像素的成像仪产品,福禄克现在做出于非常大胆的举措,就是把全新的 640×480 的热像仪卖到原来 320 和 240 热像仪同样的价格,这样就可以帮助用户升级他们手里的红外成像仪产品,当像素提高了以后用户就可以检测更多的设备,可以帮助他们检测到他们手里的低端的产品无法检测到的安全隐患。”

3 Fluke 工业诊断内窥镜

福禄克现场还展示了工业诊断内窥镜,“福禄克一直致力于手持式的检测的仪器仪表,内窥镜正是充分体现了这种定位。首先,希望客户能直接拿着福禄克的内窥镜产品在现场就能发现和解决问题的,因此福禄克设计的内窥镜搭载了一款高清的屏幕,在同类产品中是最大的。同时为了能让用户在现场就可以发现问题,探头具有多种规格,包括直径为 3.8 ~ 8.5 mm 的摄像头和长达 20 m 的探头,包括微距成像的探头,为客户提供了全套的解决方案啊,所以这个是福禄克内窥镜的最大的特点。”

新产品发布会上,福禄克分享了热像事业部的业务概况、渠道政策、产品设计的创新理念。紧紧围绕福禄克热像技术的历史、发展和创新,展现了福禄克帮助工程技术人员共同迎接在研发和生产中所遇到的各种挑战的愿景。