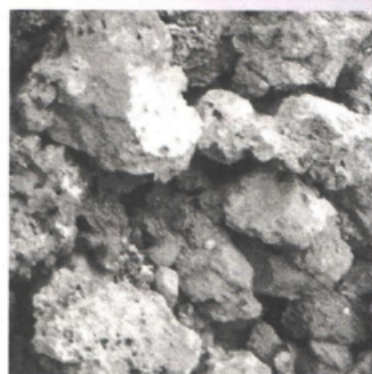


钢渣处理及资源化 利用技术



李灿华 向晓东 涂晓芊 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

钢渣处理及资源化利用技术

GANGZHA CHULI JI ZIYUANHUA LIYONG JISHU

李灿华 向晓东 涂晓芊 编著

 中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

钢渣处理及资源化利用技术/李灿华,向晓东,涂晓芊编著. —武汉:中国地质大学出版社,
2016.6

ISBN 978-7-5625-3848-6

I. ①钢…

II. ①李…②向…③涂…

III. ①钢渣处理②钢渣-综合利用

IV. ①TF341.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 149912 号

钢渣处理及资源化利用技术

李灿华 向晓东 涂晓芊 编著

责任编辑:阎娟

策划编辑:徐蕾蕾 张琰

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:390千字 印张:15.25

版次:2016年6月第1版

印次:2016年6月第1次印刷

印刷:武汉三新大洋数字出版技术有限公司

ISBN 978-7-5625-3848-6

定价:38.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

《钢渣处理及资源化利用技术》

编 委 会

编著者：李灿华 向晓东 涂晓芊

编 者：常玉锋 习嘉晨 秦显显

江新卫 庞华果 方红明

李 军

序 言

我国是世界上最大的产钢国,2013 年中国粗钢产量达到 7.79 亿 t,占世界粗钢市场份额的 48.5%。而作为炼钢的副产品钢渣也随之增加,2013 年达到 1.01 亿 t。钢渣是一种很好的“二次资源”,钢渣的利用开发是钢铁企业生产很重要的内容。随着民众环保意识的增强,钢渣资源化技术与应用得到了快速发展。武汉钢铁集团公司、中国冶金科工集团公司等单位先后对钢渣处理方式、加工工艺和利用途径进行了大量的研究,取得了许多成果,且被广泛地应用于实际生产,并取得了巨大的社会、经济与生态效益。

本书较全面深入地阐述了钢渣利用的环境及其资源属性、钢渣的形成与性质、钢渣的处理方式、钢渣的加工工艺、钢渣综合利用的技术、途径与前沿研究新进展,还介绍了钢渣利用的生态安全与生态工业园,钢渣利用标准化等最新研究成果。

本书力求能点面兼顾、深入浅出、理论结合实际,以期读者从中获益。由于本书内容涉及多学科交叉,加之笔者水平所限,书中难免有不妥或错误之处,敬请读者不吝指正。本书可以作为从事钢渣利用研究者和工程技术人员的参考书,也适合作为环境科学与工程和材料科学及工程的本科生或研究生教材。

编著者

2015 年 10 月于武汉

目 录

1 概 述	(1)
1.1 钢渣的资源属性	(1)
1.2 钢渣资源化利用的意义	(2)
1.3 钢渣资源化利用的现状 & 趋势分析	(4)
1.3.1 钢渣资源化利用现状	(4)
1.3.2 钢渣资源化利用前景展望	(6)
2 钢渣的形成、分类及基本性质	(9)
2.1 钢渣的形成 & 分类	(9)
2.1.1 钢渣的形成	(9)
2.1.2 钢渣的分类	(9)
2.2 钢渣的基本性质	(9)
2.2.1 钢渣的物理性质	(10)
2.2.2 钢渣的化学性能	(11)
2.2.3 钢渣的矿物学特征	(13)
2.2.4 钢渣的胶凝性能	(14)
3 液态钢渣的处理工艺	(18)
3.1 渣山冷弃法	(18)
3.2 浅盘热泼水淬法	(19)
3.3 渣箱热泼法	(19)
3.4 滚筒法(BSSF)	(20)
3.4.1 工艺流程	(20)
3.4.2 设备设施	(20)
3.4.3 有关技术指标	(23)
3.5 闷罐法	(24)
3.5.1 闷解后的钢渣粒度分析	(25)
3.5.2 技术经济指标	(26)

3.6	钢渣水淬法	(26)
3.6.1	水淬的工艺	(26)
3.6.2	钢渣水淬设备	(27)
3.6.3	应用水淬工艺的注意事项	(28)
3.6.4	结语	(28)
3.7	轮法粒化法	(28)
3.7.1	主要工艺流程	(28)
3.7.2	主要工艺参数	(29)
3.7.3	钢渣粒化法的特点	(30)
3.7.4	钢渣粒化法的优缺点	(30)
3.8	风淬粒化法	(30)
3.8.1	风淬粒化钢渣工艺	(31)
3.8.2	风淬渣工艺的特点	(31)
3.8.3	风淬渣生产中需注意的问题	(32)
3.8.4	马钢的风淬粒化装置简介	(32)
3.9	钢渣处理工艺的发展方向	(34)
3.9.1	钢渣处理工艺的发展轨迹	(34)
3.9.2	环保方面	(35)
3.9.3	处理后的炉渣和废钢回收率方面	(35)
3.10	转碟法	(35)
4	钢渣加工工艺	(38)
4.1	钢渣加工工艺选择	(38)
4.1.1	宝钢钢渣加工工艺及设备	(38)
4.1.2	首钢钢渣加工工艺及设备	(39)
4.1.3	鞍钢钢渣加工工艺及设备	(40)
4.1.4	武钢钢渣加工工艺及设备	(41)
4.1.5	唐钢钢渣加工工艺及设备	(42)
4.2	钢渣加工技术的发展方向	(43)
4.2.1	钢渣加工工艺的发展方向	(43)
4.2.2	钢渣加工原料场的设计	(44)
4.2.3	转炉渣时效处理技术的发展	(45)
4.3	钢渣破碎加工设备简介	(46)
4.3.1	钢渣综合利用新工艺	(46)
4.3.2	钢渣细碎的必要性	(46)

4.3.3 钢渣细碎设备特点及适用性分析	(47)
4.4 我国几大钢厂钢渣加工现状	(50)
4.5 钢渣高效渣铁解离细碎工艺及设备	(51)
4.6 废钢精磨专用设备	(52)
5 我国钢渣的资源化利用现状分析	(58)
5.1 日本钢渣综合利用情况	(58)
5.2 浦项钢铁公司钢渣综合利用情况	(60)
5.3 德国钢渣综合利用情况	(60)
5.4 美洲钢渣综合利用情况	(61)
5.5 我国钢渣利用情况概述	(61)
6 钢渣在冶金中的应用	(63)
6.1 选取钢渣中的含铁物质	(63)
6.2 用作冶金原料	(64)
6.2.1 用作高炉或化铁炉熔剂	(64)
6.2.2 炼钢助熔剂	(65)
6.2.3 造渣剂	(65)
6.2.4 用作钢水精炼脱磷剂	(65)
6.2.5 转炉溅渣护炉渣	(65)
6.2.6 钢包炉渣热态循环利用	(66)
6.2.7 脱磷渣循环富集	(66)
6.2.8 熔融渣再生循环处理工艺	(66)
6.3 富集和提取钢渣中的稀有元素	(67)
7 钢渣在水泥及混凝土中的应用	(69)
7.1 钢渣水泥	(69)
7.1.1 概述	(69)
7.1.2 钢渣预处理方法的研究与应用	(70)
7.1.3 钢渣水泥的发展历史	(71)
7.1.4 钢渣水泥的研制与生产现状	(74)
7.1.5 钢渣水泥的分类	(77)
7.1.6 含钢渣的特种水泥和胶凝材料	(77)
7.1.7 高标号钢渣水泥	(79)
7.1.8 钢渣水泥的膨胀与安定性	(80)

7.1.9 钢渣水泥的特殊性能	(82)
7.1.10 钢渣水泥配制混凝土的性能	(83)
7.2 钢渣微粉	(86)
7.2.1 概述	(86)
7.2.2 转炉钢渣在混凝土中应用受到的限制	(87)
7.2.3 转炉钢渣对混凝土工作性能的影响	(87)
7.2.4 转炉钢渣对混凝土抗压强度的影响	(88)
7.2.5 转炉钢渣对混凝土耐久性的影响	(88)
7.2.6 展望	(90)
8 钢渣沥青混凝土	(94)
8.1 钢渣集料	(94)
8.1.1 化学成分分析	(94)
8.1.2 物理、力学性能分析	(94)
8.1.3 钢渣与玄武岩、石灰岩的比较	(95)
8.1.4 钢渣集料及沥青混凝土水稳定性	(95)
8.2 钢渣沥青玛蹄脂碎石混凝土(SMA)混合料	(97)
8.2.1 沥青结合料	(98)
8.2.2 钢渣沥青混凝土试验段	(98)
8.2.3 结论	(101)
8.3 钢渣沥青级配碎石混合料(ATB)	(101)
8.3.1 集料	(101)
8.3.2 沥青结合料	(102)
8.3.3 试验方法	(102)
8.3.4 钢渣沥青混合料配合比设计	(103)
8.3.5 高温稳定性能研究	(104)
8.3.6 结论	(105)
8.4 AC-10C型钢渣细粒沥青砼	(106)
8.4.1 原材料	(106)
8.4.2 混合料矿料级配目标配合比设计	(107)
8.4.3 生产配合比验证	(108)
8.4.4 混合料性能测试	(109)
8.4.5 结论	(110)
8.5 钢渣 AC-20C 沥青混合料	(111)
8.5.1 原材料	(111)

8.5.2	混合料矿料级配目标配合比设计	(111)
8.5.3	生产配合比验证	(114)
8.5.4	结论	(115)
8.6	钢渣微表处混合料	(116)
8.6.1	原材料	(116)
8.6.2	钢渣微表处混合料设计	(117)
8.6.3	混合料制备及测试	(118)
8.6.4	结论	(120)
9	钢渣沥青混凝土新型路面结构研究	(123)
9.1	OGFC 钢渣沥青混凝土研究	(124)
9.1.1	OGFC 钢渣沥青混凝土组成设计	(124)
9.1.2	OGFC 钢渣沥青混凝土性能研究	(131)
9.2	ATPB 钢渣沥青混凝土研究	(133)
9.2.1	ATPB 合成级配选择	(133)
9.2.2	钢渣 ATPB 组成设计与性能分析	(133)
9.3	OGFC 和 ATPB 钢渣沥青混凝土施工特性	(136)
9.3.1	施工温度的控制	(136)
9.3.2	拌和	(136)
9.3.3	运输	(136)
9.3.4	摊铺	(137)
9.3.5	碾压	(137)
9.3.6	小结	(137)
10	钢渣基层材料应用技术研究	(140)
10.1	半刚性钢渣基层组成设计及性能研究	(141)
10.1.1	半刚性钢渣基层组成设计研究	(141)
10.1.2	半刚性钢渣基层性能研究	(143)
10.2	柔性钢渣基层组成设计及性能研究	(148)
10.2.1	柔性钢渣基层的材料组成设计研究	(148)
10.2.2	柔性钢渣基层的材料性能研究	(152)
10.3	钢渣半刚性基层和柔性基层对比研究	(155)
10.3.1	半刚性材料的破坏模式	(155)
10.3.2	柔性基层路面的破坏模式	(156)
10.4	半刚性钢渣基层与柔性基层施工特性研究	(157)

10.4.1	半刚性钢渣基层的施工注意要点	(157)
10.4.2	柔性钢渣基层的施工注意要点	(157)
10.4.3	小结	(157)
11	钢渣水泥混凝土及其应用研究	(160)
11.1	钢渣混凝土的研究意义	(160)
11.2	钢渣混凝土的研究现状	(160)
11.3	钢渣混凝土研究中应着重解决的问题	(162)
11.3.1	复合掺和料中配合比及掺量问题	(162)
11.3.2	钢渣钝化问题	(162)
11.3.3	安定性不良问题	(162)
11.3.4	钢渣的细度问题	(163)
11.4	钢渣细集料胶结材研究及应用	(163)
11.4.1	原材料组成及要求	(163)
11.4.2	沸煮稳定性	(164)
11.4.3	强度	(164)
11.4.4	颗粒级配	(167)
11.4.5	标准稠度用水量、凝结时间	(169)
11.4.6	稳定性	(171)
11.4.7	应用实例	(176)
11.5	钢渣桩	(178)
11.5.1	钢渣桩复合地基加固的机理	(178)
11.5.2	钢渣桩的施工及要求	(179)
11.5.3	填充材料特性及配比	(180)
11.5.4	结果分析	(181)
11.5.5	工程实例应用效果及评价	(183)
11.5.6	结论	(184)
12	钢渣混凝土制品	(187)
12.1	钢渣水泥彩色路面砖、瓦	(187)
12.1.1	原材料	(187)
12.1.2	物料配合比	(187)
12.1.3	生产工艺与砖成品性能	(188)
12.1.4	钢渣对彩色地面砖的强度影响机理分析	(188)
12.1.5	经济分析	(189)
12.1.6	结论	(189)

12.2	钢渣标准路沿石、侧平石	(189)
12.2.1	产品特点	(189)
12.2.2	技术指标	(189)
12.2.3	执行标准	(190)
12.2.4	适用范围	(190)
12.3	钢渣生态防浪块	(190)
12.3.1	产品特点	(190)
12.3.2	技术指标	(190)
12.3.3	执行标准	(191)
12.3.4	适用范围	(191)
12.4	钢渣可移动挡墙	(191)
12.4.1	产品特点	(191)
12.4.2	技术指标	(191)
12.4.3	执行标准	(191)
12.4.4	适用范围	(191)
12.5	人造型砂	(192)
12.5.1	用途及原理	(192)
12.5.2	技术指标	(192)
12.5.3	主要颗粒范围	(192)
12.5.4	适用范围	(193)
13	钢渣在农业生产中的应用	(194)
13.1	作为土壤改良剂	(194)
13.2	生产钢渣磷肥	(194)
13.3	生产硅肥	(194)
13.4	生产硅钾肥	(195)
13.5	生产微量元素肥料	(195)
13.6	施用钢渣肥料对耕种土壤环境的影响	(195)
13.6.1	对土壤 pH 值的影响	(195)
13.6.2	对土壤中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子影响	(195)
13.6.3	对土壤中 Pb、Cr 等重金属含量的影响	(196)
13.6.4	对土壤物理性质的影响	(196)
13.7	结 语	(196)
14	钢渣在水处理中的应用	(197)
14.1	钢渣吸附重金属离子	(197)

14.1.1	钢渣处理废水的机理	(197)
14.1.2	影响钢渣吸附性能的主要因素	(198)
14.1.3	钢渣处理废水的研究与应用实践	(199)
14.2	钢渣制备絮凝剂	(201)
14.2.1	钢渣制备絮凝剂的研究背景	(201)
14.2.2	应用实例	(201)
14.3	钢渣在生态治理方面的应用研究	(202)
14.3.1	在人工湿地水处理系统中的应用	(202)
14.3.2	钢渣在海洋工程中的应用	(203)
15	钢渣的生态安全及无害化应用	(206)
15.1	钢渣的基本性质	(206)
15.2	钢渣生态安全分析	(206)
15.2.1	钢渣的重金属离子浸出分析	(206)
15.2.2	钢渣的放射性分析	(208)
15.2.3	钢渣的其他安全性应用	(208)
15.3	钢渣无害化应用进展	(208)
15.3.1	重金属离子无害化处理	(208)
15.3.2	稳定化处理	(209)
16	钢渣生态园的构建及实践	(212)
16.1	生态工业园理论概述	(212)
16.1.1	生态工业园理论基础	(212)
16.1.2	生态工业园区的实践模式	(212)
16.2	钢渣生态工业园的设计	(213)
16.3	实例研究	(213)
16.3.1	清洁生产	(213)
16.3.2	生态工业群落体的设计	(213)
16.3.3	渣山的景观设计	(215)
附 录		(217)
附录 1	我国现行钢渣标准统计表	(217)
附录 2	关于印发《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》的通知	(219)

1 概 述

钢铁工业是耗能大户,也是资源消耗大户,除了需要高品位铁矿石外,还需要大量的辅助材料——煤、焦炭、水、电及熔剂等。生产过程中,钢铁行业更是废气、废水、废渣等污染物排放大户。在我国,钢铁工业年排废渣高达 5 亿 t 左右,排放量占全国总排放量的 14%。

高能耗、高污染的小钢铁厂一直得不到有效的约束和遏制,走入一个“产能扩大→产量增加→低价出口→遭遇制裁”的产业循环怪圈。发展经济,建立一国强大的工业发展体系,离不开钢铁工业,但必须有一个确切合理的定位。我国是一个人口大国,又是资源、能源短缺国,一切应从这个基本点出发去考虑。因此,内需是首要因素,一切必先从满足国内需求出发。我们没有条件和能力,为国际市场大量提供钢铁产品,我们也不应当成为世界钢铁产品的制造基地,更不应该以牺牲环保、能源和资源为代价,换取他国对钢铁产品的需要。我国的钢铁工业不能“两头对外”,一方面大量进口原料,另一方面大量出口初级产品,这样的产业局面如果继续下去,必将对我国钢铁工业的健康发展造成巨大的伤害。

1.1 钢渣的资源属性

钢渣是炼钢过程中产生的副产品,转炉炼钢产生钢渣的过程中将释放大量的热能。大部分钢渣处理方法都是将热态钢渣冷却后进行破碎—筛分—磁选加工,提取金属后再加以利用。而熔融钢渣从 1600℃ 冷却到常温,钢渣中含有的丰富热能都被浪费了,在冷却过程中又浪费大量的水,通过自然冷却的方法处理钢渣则需要大量占地并对周围环境造成污染。如能利用熔渣中的显热不但能减少污染,而且能节约大量能源。如何利用钢渣显热成为需要攻克的一个难题。

随着冶金工业的发展,钢铁渣的产生量随之增加,钢铁渣的“零排放”成为发展循环经济、保护生态环境、节能减排、加快建设节约型和环境友好型社会的一项紧迫任务。

资源是人类赖以生存的物质基础,人们从自然界获取物质资源,进行加工改造,创造社会财富,满足自身需要,不断地促进人类的进步。我们通常说的资源就是狭义的自然资源,自然资源是指一切为人类提供福利的、在自然生成演化中形成的各种物质形态,如水、空气、土壤、动植物、矿物、能源等。自然资源按其根本属性,一般分为气候资源、生物资源、水资源、土地资源、矿物资源五类。按其可利用性能,又可分为再生资源和非再生资源两类。

各类自然资源是一个有机的系统,该系统内各要素之间相互联系,相互制约,使系统具有特定的功能,一旦某一要素受到人为的破坏,必然影响其他要素性能的发挥,从而影响自然资源系统的整体功能。如生物资源中的森林资源受到严重的砍伐和破坏,导致流域面上的滞水和蓄水能力下降,若遇恶劣气候,风沙大起,会产生土地资源严重侵袭、洪涝灾害增多等恶性变化。作为一个系统,自然资源具有以下特性。

1) 整体性

任何系统都是由各要素构成的一个整体,其中任何一种资源条件发生变化,都会不同程度地引起其他资源条件的相应变化。若将钢渣看作一种资源,钢渣的堆放当然会影响到水循环等系统,钢渣的资源化利用也应着眼全局,综合规划,避免造成二次污染,注重经济效益、生态效益和社会效益的统一。

2) 区域性

自然资源的地理分布和自然组合因受到一些主要因素的影响,而呈现出区域性特点。这些影响因素主要有:地球与太阳相对位置及其变化规律所造成自然资源的区域性特征;人类生产活动造成自然资源的区域性差异。钢渣的资源化利用具有明显的区域性,这主要是源于钢渣比重大难以长距离运输以及钢渣成分复杂。

3) 有限性

有限性是指自然资源在一定时空条件下的有限存在和有限利用。即使是可再生资源,由于其所能提供的数量受到限制,或是再生能力有限,或是在重复利用过程中必然产生能量和物质损耗,因而不可能是取之不尽、用之不竭的。就目前来说,钢渣有限性不是主要特性,按照目前的粗钢生产规模,钢渣作为资源,其产出量远远超过了利用量。若以后找到钢渣资源利用的理想途径,钢渣作为资源数量也是有限的。

4) 多用途

任何自然资源都是由多种成分组成的,因而具有多种用途和多种利用方式。钢渣成分复杂,有的含有各种不同的元素,具有很多利用途径,从这点上来说,钢渣可以看作一种资源。这也就决定了钢渣资源化利用时要选择最佳成分、用途,进行最有效的开发,做到经济上合理,技术上先进,避免钢渣对自然环境的污染和对人类的危害。

综上所述,钢渣具有自然资源的整体性、区域性、有限性、多用途等特点。我们可以认为钢渣是一种资源,是一种放错了位置的资源。下面我们来分析它应该放在哪个位置? 该怎样资源化利用它?

1.2 钢渣资源化利用的意义

1) 保护环境,减少占地

据测算,每利用 1 万 t 钢铁渣可减少钢渣堆弃占用 1 亩(1 亩=666.7m²)土地。2009 年,全国粗钢产量达 56 784 万 t,钢渣、高炉渣和铁合金渣的总产量为 2.74 亿 t,利用钢铁渣 1.66 亿 t,综合利用率约为 60.45%,可节约占用土地 1.66 万亩。

2) 提高金属回收率

原来老工艺技术处理后钢渣尾渣中金属铁含量在 5%左右,采用新工艺后尾渣中的金属铁可达 2%以下,以处理 1000 万 t 钢渣计算,全国每年可多回收废钢 30 万 t。

3) 节约能源

钢铁渣回收金属后可用于生产钢铁渣粉,代替部分水泥做混凝土掺和料。钢渣粉和矿渣

粉的生产是将钢渣和矿渣磨细与添加剂复合即可,减少了水泥生产中的生料粉磨和熟料煅烧工序,因此可节约能源。

钢渣粉磨设备采用卧式辊磨,粒化高炉矿渣粉磨采用立磨,每生产 1t 渣粉的电耗比水泥节省 $60\text{kW}\cdot\text{h}$,节省煅烧所用标准煤 121kg。目前国内每年钢铁渣粉的生产量约为 6500 万 t,节省电耗 39 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,节省煤耗 786.5 万 t。钢渣粉可掺入水泥以减少水泥熟料使用,也可以代替部分水泥做混凝土掺和料,此两项用量约为 10%~30%。生产水泥时添加钢渣粉,可减少对应生料粉磨量和熟料煅烧工序,可节约能源,最重要的是减少了尾气热量排放。

4) 减少资源消耗

我国石灰石的储量不多,40 年以后石灰石资源将会短缺。钢铁渣粉代替水泥使用可以节省水泥生产所用的石灰石、黏土质原料,每生产 1t 水泥需要消耗 1.1t 石灰石和 0.18t 黏土质原料,每年钢铁渣粉的生产量约为 6500 万 t,可减少 7150 万 t 石灰石和 1170 万 t 黏土质原料的消耗。

5) 减排二氧化碳

据统计,生产 1t 钢渣粉,比生产 1t 水泥节约电能 $40\sim 70\text{kW}\cdot\text{h}$ 。特别是,生产 1t 水泥要消耗约 1t 以上的石灰石原料和约 0.2t 的黏土原料,这些原料煅烧时会导致大量的 CO_2 排放,另外煅烧时还要使用煤。煤的燃烧也会排放废气,总的来讲生产 1t 水泥需要排放约 0.8t 的 CO_2 。使用钢渣粉,则可以减少相应的废气排放,因此每利用 1t 钢渣粉,就可以减少 0.8t CO_2 的排放。

生产水泥或制作混凝土时,钢渣粉的添加比例,根据 10%~30% 的中值 20% 计算。2009 年,我国水泥总产量约 16.4 亿 t,如果水泥中掺加 20% 钢渣粉,由于钢渣的成分和水泥熟料相近,可减少煅烧等过程能源的消耗,则可节约近 3000 万 t 标准煤。按照每利用 1t 钢渣粉可减少 0.8t 的 CO_2 排放,则可实现减排 CO_2 13.2 亿 t。

从这里可以看出,仅在水泥生产和混凝土制造中综合利用钢渣,就可以节约大量的能源,减少大量的二氧化碳排放,另外还可以节省很多石灰石等原材料。可见,钢渣综合利用对节约能源、减少排放的意义非常重大,对国家节能减排目标的实现有重要贡献。

6) 经济效益

炼钢产生的熔融态钢渣在 1600°C 左右,含有大量热能。据实验测得,每千克钢渣含有热量 $2000\text{kJ}(1600^\circ\text{C})$ 。如全部回收,2009 年鞍钢产生的 300 万 t 钢渣所蕴含的总热量超过 $6\times 10^{12}\text{kJ}$ 。单从降低煤耗一点即可为企业每年节省上亿元。而全国每年产生约 8000 万 t 的钢渣,其热量值达 $1.6\times 10^{14}\text{kJ}$,相当于节省约 350 万 t 标准煤,省煤效益达到 28 亿元,如热量全部回收用于发电,经济效益超过 200 多亿元。

钢渣能源利用的战略意义主要体现在既节能减排,减少了能源的浪费,且在环境保护等方面有着重大综合效益,高品质、高效率的回收转炉熔渣显热也将成为钢铁企业降低综合能耗的重要手段,给企业带来巨大经济效益的同时,实现低碳经济。

1.3 钢渣资源化利用的现状与趋势分析

1.3.1 钢渣资源化利用现状

1) 钢渣的放置状态

我们说钢渣放错了位置,目前钢渣到底放在哪里呢? 钢渣作为炼钢过程中产生的一种副产品,钢渣的产生量与我国粗钢产量的增长是一致的,见表 1-1。随着我国钢企的不断扩张,钢渣产量剧增,目前我国年产钢渣 1 亿多吨。从表 1-1 中可以看出,20 年间,统计钢渣产生量达到 5.5 亿 t,实际利用钢渣不到 1 亿 t。目前全国钢渣累积堆存近 10 亿 t,综合利用率仅为 10%。

表 1-1 1995 年以来我国钢渣产生及利用情况统计

年份	粗钢产量(Mt)	钢渣产生量(Mt)	钢渣利用量(Mt)	钢渣利用率(%)
1995	95	13.94	5.85	42
1996	101	15.18	6.38	42
1997	109	16.13	6.77	42
1998	115	17.16	7.21	42
1999	124	18.55	7.42	40
2000	128.5	19.08	7.25	38
2001	151	22.83	5.94	26
2002	182	27.23	7.35	27
2003	195	33.35	3.34	10
2004	281	40.85	4.08	10
2005	349	51.09	4.85	9.5
2006	419	61.34	5.52	9.1
2007	489	71.68	8.56	12
2008	501	65.13	7.16	11
2009	565	73.45	17.49	22
2010	627	89.70	10.11	21
2011	684	93.60	19.89	22
2012	716	93.00	20.46	22
2013	779	101.27	25.32	25
2014	823	115.18	25.22	21.9

注:本表格数据由中国废钢铁协会提供,经作者整理而成。