

面向二十一世纪

钢铁技术十年回顾

冶金部信息标准研究院

面向二十一世纪—— 钢铁技术十年回顾

冶金部信息标准研究院

工 作 人 员

总 编：杨德泽

责任编辑：董雁鹏

资料编译：王凤林（炼铁）

闫 峰（炼钢）

贺秀芳（加工）

崔 苹（表面处理）

廖隆国（检测、控制和分析、实验技术）

盛桂浓（材料）

陈凤菊（前言和边缘领域）

图表编译：陆 岩、马续香、罗小燕

技术审校：杨金岱

封面设计：张仲华

附图处理：刘晓梅

文字校对：王燕京、刘 丹、刘晓梅

编者的话

近年我国钢铁工业取得了举世瞩目的发展,自1994年以来钢产量已居世界第二位。但我国大部分钢铁企业的装备水平、生产技术和劳动生产率还比较落后,产品的竞争力不强。为加速我国钢铁工业技术进步,提高我国钢铁产品在国内、外市场的竞争力,以适应“复关”后的激烈竞争形势,使我国从一个钢铁生产大国逐步发展成为钢铁强国,国家计划委员会和冶金工业部联合组织完成了“钢铁工业新技术应用及发展战略研究”课题,与该项研究相对应,我们搜集整理了国际钢铁专家对21世纪钢铁工业新工艺、新技术、新材料的应用及发展战略研究资料,主要是日本钢铁界专家在回顾近十年钢铁技术发展的基础上对21世纪钢铁生产新技术和新材料的发展及应用所做的展望。由此可以全面了解日本等钢铁工业发达国家在新技术、新工艺、新材料领域的发展现状及趋势,这对制订规划、开发和采用新技术有参考价值。

由于时间仓促、水平有限,疏漏、错误之处在所难免,殷切希望读者批评、指正。

编者

1996年8月

目 次

1. 前言—面向 21 世纪钢铁技术的发展方向	(1)
1.1 前言	(1)
1.2 第二个波动期的技术特点	(1)
1.3 追求新技术的时代	(5)
1.4 总结	(8)
2. 炼铁	(9)
2.1 炼铁技术最近 10 年的进步	(9)
2.2 高炉内的气固液粉体移动现象的理论研究	(15)
2.3 新炼焦技术的开发	(20)
2.4 劣质矿石的应用技术	(23)
2.5 提高烧结矿生产效率的技术	(29)
2.6 布料控制技术及高炉操作的精细化	(31)
2.7 大喷煤量技术的发展	(36)
2.8 扩大高炉的功能	(39)
2.9 环境对策和排出物的回收	(43)
2.10 延长炉体寿命	(49)
2.11 新炼铁方法的开发	(53)
3. 炼钢	(58)
3.1 炼钢领域最近 10 年的动向及课题	(58)
3.2 高质量钢生产技术的进步	(62)
3.3 努力降低成本确保国际竞争力和今后的课题	(73)
3.4 炼钢中自动化技术和检测技术的进步	(85)
3.5 适应环境问题的炼钢技术	(94)
3.6 下一代的炼钢方法和开发的课题	(103)
4. 加工	(115)
4.1 加工领域最近 10 年的发展动向及今后的课题	(115)
4.2 加工领域基础研究的进步	(117)
4.3 钢板轧制技术的进步	(117)
4.4 条钢轧制和钢管制造技术的进步	(133)

4.5	周边加工技术的进步	(153)
5.	检测、控制	(154)
5.1	关于检测、控制、系统领域的展望	(154)
5.2	范围更加广泛的信息系统	(155)
5.3	已扎根的 AI 技术	(163)
5.4	控制理论的实用化	(174)
5.5	质量检测的智能化	(178)
5.6	质量管理的信息化	(190)
6.	表面处理	(200)
6.1	10 年间的进步	(200)
6.2	制造技术的进步	(204)
6.3	新产品	(210)
6.4	应用技术的进步	(225)
6.5	今后展望	(232)
7.	分析、实验技术	(233)
7.1	近十年来分析、实验技术的进步	(233)
7.2	在材料的开发上起了重大作用的技术成果	(233)
7.3	对工艺管理做出贡献的技术成果	(233)
7.4	今后的展望	(240)
8.	材料	(242)
8.1	围绕钢铁材料的环境变化	(242)
8.2	支撑钢铁材料开发的科学技术的进步	(248)
8.3	不同需求领域钢铁材料的进步	(255)
8.4	展望	(283)
9.	边缘领域	(299)
9.1	开展新领域及十年历程	(299)
9.2	新材料及新工艺的进步和今后的发展	(299)

1. 前言

——面向 21 世纪钢铁技术的发展方向

1.1 前言

目前日本钢铁工业处在前所未有的困难之中。这种困境在过去也时有发生,但是,每当这时都是通过开发新技术,使之实用化而得以摆脱,然而,现在我们所面临的企业环境变化,在许多方面与过去是不同的。首先来看看其特点。

1.1.1 我们周围的环境变化

特点之一是起因于对外贸易收支的日元升值。其结果使日本制造业的国际竞争力一下子降下来,如何使其恢复是最大的课题。

其二是 1992 年召开环境和发展国际会议以后日见高涨的环境问题。与局部的公害问题不同,无国境的地球环境问题,必须通过视物体的诞生到重复利用为一个周期,形成与生态协调的生产、利用、回收系统来解决。钢铁工业的环境负荷很大,而铁适于再生利用因此回收非常实际。利用它的优点,减轻环境负荷,提高再生利用率的生产技术、产品技术的开发成为重要课题。

第三不是突然产生的变化,而是渐渐进行着的,即个人的欲望是多样化的。在人追求相同物品的时代,人得到统一的产品就会获得满足感。一旦这种需要得到满足,人就要追求某些新产品。对于这种愿望由于不能统一地予以满足,因此出现了满足个别需求的商品。其结果使产品的品种增多,生产批量变小,同时失去大量生产方式的长处。另一方面,价值观的多元化也可以从对劳动价值观的变化中看出。例如劳动时间的缩短,高温重体力劳动、夜间劳动等,再加上劳动力缺乏和人口高龄化问题。

为了适应这样的企业环境变化,有必要重新建立新技术的框架,在考察这个问题之前,让我们先来回顾一下迄今为止我们所积累的技术。

1.1.2 经济变化和技术积累

一桥大学的伊丹把日本的经济变化分为三个浪潮,艰险 1955~1973 年为第一浪潮,1973~1991 年为第二浪潮,1991 年开始为第三浪潮。首先,第一浪潮由于货源的障碍而崩溃,第二浪潮由于外部障碍(国际化)和内部障碍(组织、制度)而崩溃。指出巧妙地利用每一个波动期中积累的东西,在下一个波动中也能发展。

钢铁工业在第一个波动期留下的是现代化的大型生产设备和自有技术。由于该遗产,完成了向低增长过渡的钢铁工业的再生,形成可以适应多样化的需求结构。同时,在此期间,利用了显著发展的电子技术,因此,钢铁工业的智能化获得成功,克服了 1979 年的第二次石油危机、1985 年日元升值的冲击。

那么,第二个波动期间我们积累的遗产是什么。怎样利用这些遗产越过现在的困境,要结合进一步如何发展进行思考。

1.2 第二个波动期的技术特点

所谓制造业是把原材料转变为市场需求的東西的经营行为。在这种转变中;人、设备、资

本,还有把这些结合起来的技术就很必要。

技术是根据包围企业的环境条件而变化的。在高度增长期,以资本、劳动为中心产生了大量、高速生产技术等达到高生产率的技术。在资源制约成为问题的时期,以原料、能源为中心大量开发了节约资源型技术,能源单耗下降,提高了钢材成材率。与钢材用户企业经常保持密切合作关系,通过开发适应时代要求的必要材料,强化了我国制造业的国际竞争力。让我们考察一下如何获得这样的技术。

1.2.1 生产技术的确立

现代炼铁生产开始以来,我国引进了许多国外技术,然而引进的技术不能立即确定和发挥作用。当时引进的技术有许多是技术诀窍,阻碍了迅速地变为确定技术。也就是说没有理论支持的技术转化非常困难。到引进的技术确定为止,前人做出了不懈的努力。1955年以后日本经济进入真正的增长期,设备大型化、高速化、生产品种范围显著扩大。其结果,仅用过去的立足经验的技术是很难适应的,在企业内快速扩充研究开发体制,与生产直接相关的技术,即生产技术快速发展。

所谓生产技术如表 1.1 所示的那样,是由生产现场所必要的许多要素构成的。技术人员通过企业内教育及操作经验掌握这些要素。在需求超过供给,并且生产设备单纯、生产速度慢同时产品种类少的低级时代,技术人员没有必要掌握那么多技术要素。但是,在高度增长期,为了大量生产多品种产品,应尽量把现场操作人员每个人保有的好的生产方法,转化成普通的、能相互传授的技术上。在当初这仅限于作业的标准化方面,而在采用计算机的过程中,将每一个操作人员掌握的知识转变成通用知识的技术是很大的进步,形成了人工智能、计算科学的基础。

尽管如此,还是存在一些不可解释的现象。为了解释清楚而深入到基础领域,反复进行科学研究,对形成自主技术有很大贡献。

在此期间,大学里加速进行工程学的专业化产生了向基础工程学的转变。工程学体系一旦进行复杂的专业分工,就必须将它向有利于生产的形式改编。因此,在企业生产产品时,必要的科学、工程学、经验和直觉等作为融合技术,进一步与生产现场所必要的各种要素相结合建立生产技术,该关系示于图 1.1。

表 1.1 生 产 技 术 结 构

市场营销	• 改进质量 • 市场评估 • 市场形成 • 用户服务	成本管理	• 成本估计 • 成本改善
		全面质量管理	• 产品责任 • 质量保证
工艺设计	• 设备选择 • 流程布置 • 工艺路线的选择	生产计划	• 生产实践 • 可重复生产的产品设计 • 生产能力的提高
技术经济问题	• 环境 • 自然资源 • 劳动关系和安全	维修计划	
		训练和培养	

以下概括这期间的技术倾向。

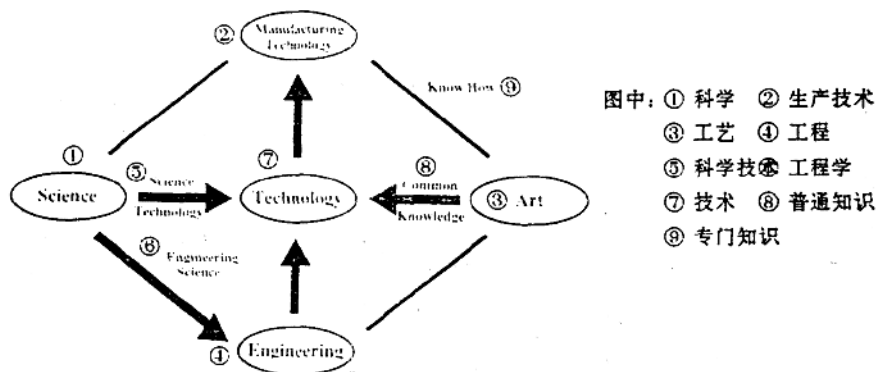


图 1.1 科学、工程、技术及工艺的关系图

1.2.2 从技术轨迹看技术的变化

关于先导技术的出现及其企业化、神户大学弘冈有其有趣的研究。弘冈将种种发现进行了时序系列整理，看到了积累后的企业化进展状况。将这种方法用于专利，示于图 1.2。在过去 5 年间的公开专利，集中于炼钢、表面处理二个领域，接着是炼铁、热轧领域。而且把厚板、条钢、不锈钢、电工钢加起来也不及炼钢领域。从炼钢领域过去 20 年来看，从图 1.3 明确表示凝固领域的专利特别显著。近终形连铸从 1980 年代开始增加，其专利件数超过了连铸。但从 1980 年代后半期其专利件数出现减少倾向。这表示技术的准备阶段逐步结束。同样，表面处理钢板的内容如图 1.4 所示。从积累来看，仅次于热浸镀锌的是电镀锌，而增长率高的是热镀，电镀的增长缓慢。

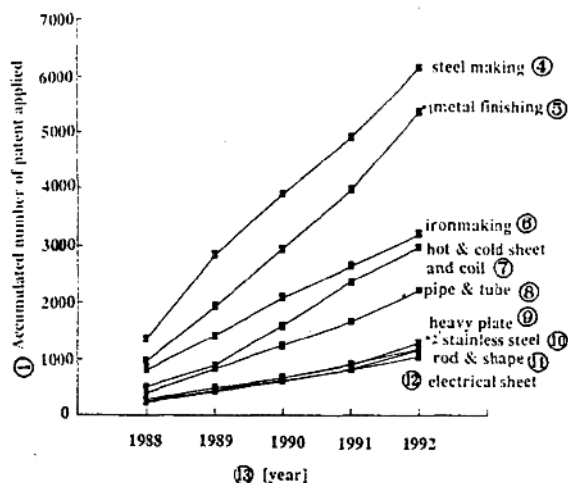
在其它的领域也可以反映出有趣的倾向，从先进的学会角度发出的情报看一看。

1.2.3 从学会角度看技术倾向

从学会发出的情报分为着眼于技术持有的社会性立场和着眼于科学性立场。在着眼于社会性立场的情报中，列举山本等的经济材料和高木·柳田等的智能物质来看一看。经济材料是考虑到与环境有关的材料，提出在选择材料时，应由寿命周期评定(LCA)的立场决定。根据 LCA 选择材料，在定电产业已经采用，在钢铁业尽早采用是一个课题。

智能物质是基于将追求效率性，大量生产性的过于复杂的技术体系引用到环境，自然体系中的考虑，是安全性高的结构材料，开发与生物体适应性良好的材料为出发点。作为结构材料的钢铁材料，能感觉从外部输入信号(如外部应力)，但不具备响应功能。是被动材料。如果将其向能对外部信号响应的能动材料发展，进一步使其感知外部信号、判断、响应的智能材料发展时，钢铁材料的用途将更广泛。例如对巨大地震的减振结构材料已经不断地实用化，而这样的功能材料的开发是重要课题。

- ② * 1: top six steel makers
③ * 2: top five plus three stainless



图中: ① 专利应用的累计数

② * 1: 六大钢铁企业

③ * 2: 五大钢铁企业加三个不锈钢厂

④ 炼钢

⑤ 金属加工

⑥ 炼铁

⑦ 热轧和冷轧板卷

⑧ 钢管

⑨ 厚板

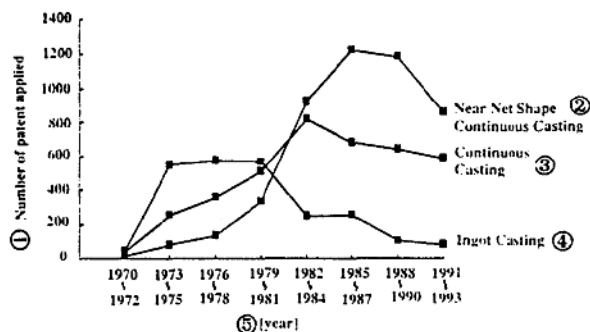
⑩ 不锈钢

⑪ 棒材和型钢

⑫ 电工钢

⑬ 年份

图 1.2 专利统计



图中: ① 专利应用数

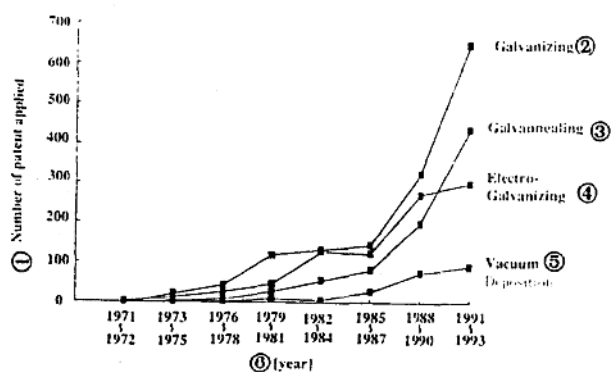
② 近终形连铸

③ 连铸

④ 模铸

⑤ 年份

图 1.3 专利统计(铸造)



图中: ① 专利应用数

② 镀锌

③ 镀锌层扩散退火处理

④ 电镀锌

⑤ 真空沉积

⑥ 年份

图 1.4 专利统计(金属加工)

从科学角度出发的信息中有氧化冶金、计算科学、中间材料,已经进入利用阶段。今后,炼钢和轧钢统一的材料设计、工艺设计等方面期待更大的发展。

计算科学由于高速计算机的普及,在物理性质领域和工艺领域都飞速进步。在物理性质领域中有材料设计、计算状态图、物理性能值预测等,在工艺领域,通过各种工艺模拟、现象解析、计算进行试验等,都得到广泛应用。

在中间领域,材料特性显示出与微领域不同的行为。目前,企业、政府和学校正在把中间材料作为共同的研究对象进行工作,可以说是今后引人注目的领域。

1.2.4 智能系统的建立

在该领域中的发展非常显著。当初是从帐票操作的合理化开始利用计算机,后来被扩大到生产设备的直接控制,进一步普及到设备检测,物流控制等。个人计算机带来了办公业务的革新。这些互相结合起来,形成了一个巨大的生产、销售、流通组织系统。此间软件的发展显著,特别是人工智能的进步对过程控制有很大贡献。

过去10年间积累的技术,和这以前比较,非常广泛和深入。并且这中间有很多可以认为是下世纪的预兆的东西。但另一方面,在考虑今后的环境变化时,在现在的延长线上考虑将来是否合适,这还是个疑问。下面就此进行考察。

1.3 追求新技术的时代

如开头论述的那样,已经建立起将科学、工程学、经验与感觉融合一体的与生产直接相关的生产技术,以及具有国际竞争力的钢铁工业。但是,由于社会环境的变化,不能仅仅依靠这样以生产为中心的技术,有必要创造一个与考虑到社会 and 人的社会技术共存的新技术。过去,技术是以可见的,可测的为对象。而看不见的和不可测的都被丢掉。技术本来是以为人和社会生产有用的东西为目的,同时在现实中也集中在作为数字、作为共轭可能的最大公约数有用的目的上。但是今后,如果不考虑那些看不见、不可测的社会技术,就很可能增加企业经营的困难。这里存在着技术人员的重要职责。下面就这个课题进行探讨。

1.3.1 今后研究开发的着眼点

孕育期很长的研究开发使命是,对外决定激烈变化的企业环境、关连科学技术动向,对内将其与短期的企业经营计划相结合加以实施。

这种关系如图1.5所示。这里特别要注意的是,企业战略和研究开发之间的知识变换过程。技术语言是难懂的。研究开发,应从事发送更容易懂的信息。反之,对于研究开发来说,非技术的情报是难理解的。必须制作能相互理解的情报进行发送。另一点要注意的是,经营计划和研究开发的关系。作为技术在本质上具有逻辑性,同时,它的成功与否也兼具不尝试就不明白的不确定性。踌躇实现其结果,很难在经营计划中加入研究开发的成果。研究费的回收取决于成果和开发周期。特别是缩短时间对于经营来说具有重要意义。研究开发方面应大胆地确定周期和成果,另外,经营也应对技术的两面性表示宽容。

在激烈变化的时代,预测长期经营是困难的。但是作为研究就应长期预见制定研究计划。在这个长期的意义上指导企业战略的是技术,希望具有很强的研究开发的意识。

1.3.2 科学和技术、大学和企业的关系

科学是以理解自然现象为目的,技术是以生产对人和社会有用的东西为目的。在生产现场有很多不可解决的现象,它的解决需要相当的基础研究。这样,带着特定的目的对现象进行解

释也称作科学。

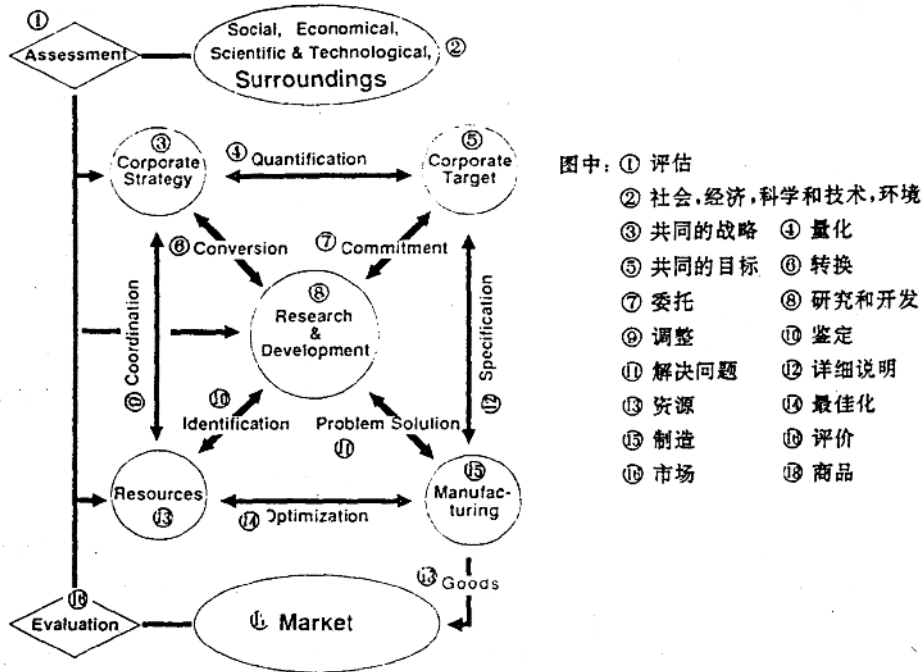


图 1.5 研究和开发的任务

近年积累了很多这样的基础技术,然而也存在需要反省的课题。科学地解释清楚是好的,但由于这种解释是与特定的目的密切相关,因此它不一定适用于同样科学原理中所产生的其它现象。即还没有到达科学所具有的普遍性领域。其结果,相同的析出现象,或者扩散现象。如果因对象品种不同而设定不同课题,会造成类似研究的浪费。比如说,结构件的强度、材料的变形、板坯的龟裂、所有的现象在以应力为中心的基本方程式阶段都是共同的。然而在处理这些的计算科学中,却是分别进行的。这不过是单独的事例研究,还没到记述普遍现象的阶段。

同样,也可以谈谈计算机领域。正如软件危机这个词所表示的那样,随着计算机能力的扩大软件开发的生产率下降,制作软件的软件开发非常紧迫。

今日所说的通用化技术的考虑方法得到提倡,但象该词暗示的那样,能解决大量课题的普遍性技术的建立是非常重要的。

如同在企业中的研究已扩大到基础领域一样,大学中的研究也分化为基础工程学和理论工程学。称为各种工程学的熔炉的钢铁领域,具有企业、大学和专门领域接连不断地分化的宿命。但是在现实生产中,一定要与各种专业统一起来生产产品的行为结合起来。现在最追求的是这个统一化理论,没有该理论,寻求大学和企业的连接点非常困难。大学和企业成为一体为追求这个连接点而努力,是赋予钢铁协会及其会员的使命。

1.3.3 灵活的生产体系

采用大型设备的生产体系对以低廉的成本生产均匀质量的产品做出了贡献,但另一方面,失去了灵活的生产体系。庆应大学的药师寺在日本工程学学会主办的第三届国际讨论会“技术转移和技术扩散”上作了有趣的报告。其讲演内容如图 1.6 所示。生产首先是从手工业(第 IV 象限)开始。第 I 象限是德国型,第 II 象限是美国型,第 III 象限是日本型。这说明德国产品虽然耐用,但价格普遍高,美国是大量生产、大量消费,日本是商品品种多寿命短。从图中凭直观很好理解。美国是少数厂家的自有发明和因此形成专利垄断型的市场,日本是多数厂家不断增加按用途有所区别商品、参与激烈的市场竞争。当然在第 III 象限的日本过分竞争,不得不生产功能过剩的产品。

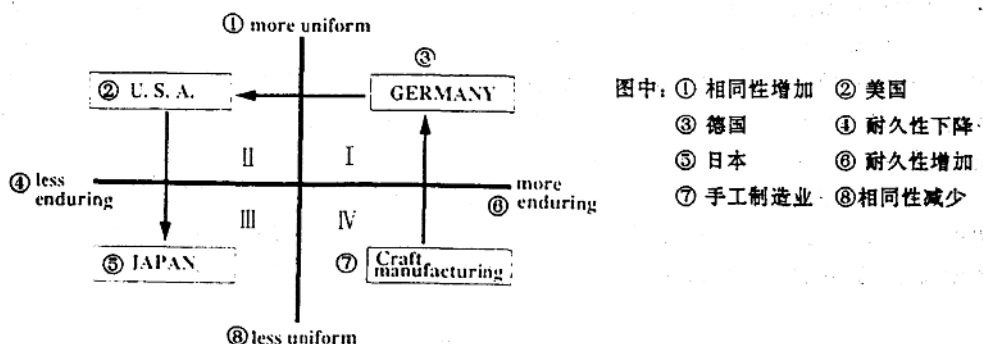


图 1.6 技术类型的不同

从有价证券报告书寻求 1973~1991 年间的生产成本的不同要素比率,材料费比率下降 10%,成品率提高,可以考虑日元升值的效果。含外部订货操作费在内的劳务费比率上升 5~6%,折旧费的比率与产量的下降无关,几乎不变。这意味着,为了生产高性能产品,生产及投资指向下游工序,不与降低成本或提高生产率相结合。这里有值得反省的地方。象药师寺指出的那样,在产业形态中,各国有其各自的传统和历史。但都应该开发适应需求停滞时代的、提高生产率、资本回收率的生产体系,同时,开发按用途区别的产品并不容易,应该考虑生产使用钢材产业真正需要的特性的材料。

大批量生产确实对降低成本有效。继续灵活利用这一特点很必要,然而最急的是开发能生产不断变化的各种产品的灵活生产体系。炉外精炼,近终形连铸均是其例子,但这还远远不够。阻碍缩短生产周期、灵活改变生产计划,产品各工序进行等的主要原因是什么。要注意到缺陷的发生、定期维修周期、轧辊寿命、耐火材料损耗等过去一直存在而未解决大量问题。这些都是谁都知道的并且解决起来困难的问题,因此存在至今,难道不应该更着眼于这样的基本问题吗?

1.3.4 提高智能性生产率

许多钢铁企业相继发表,通过精简组织结构、裁减白领的企业再生计划。现在对制造业来说假如考虑其内部必须保留的技术,就是关系到生产工程设计、产品设计、操作方式设计,研究开发这样的基干,可以说这些已成为连续化的综合部分,和特殊检测、设备诊断计划这样主作业的支援部分。这些都是优秀的智能部分。这些内部必须保留的技术不与依靠外部的技术分离,是阻碍提高白领生产率原因。进行这种分离的话,更大胆将业务向外部转移就成为可能。事

实上很多家电企业因为这种分离已向海外发展。为了提高这种智能型生产率,多次指出的普遍性技术的积累,久久存在的未解决问题的解决,通用化的方向等等是不可欠缺的。

1.4 总 结

回顾我们 10 年间积累的东西,展望我们今后必要的课题,以下是其基本方向。即,如果从企业周围的环境变化来看,应从以物体为中心的思考方式转到以人为中心的思考方式上,就技术而言应从解决现象形技术转到分析产生现象的原理形技术上。过去在原理上多少有些矛盾,尽管如此,我们在经济性的判断标准下进行了技术选择。其结果,没及时开发既忠实于原理、又满足经济性的技术。为了解决多种多样的现象,大量开发了普遍性很欠缺的技术。基结果,看来技术的储备增加了,而实际开发的技术即使对解决某特定问题的流程有作用,但作为多方面可以利用的储备却没起到作用,成了死储备。现在总是作为有用的技术储备来评价,这是事实。但是,一旦考虑到研究开发的效率时,就应作为普遍有作用的技术储备进行评价。当然,现场现象的观察是技术的始点,这是时代怎样想变也变不了的。但是仅仅抓住现象会失去本质。因此,从现象出发,回归原理的意义长存。

将以上的想法列入表 1.2。这些课题不仅仅在钢铁工业、或者日本发生、它们是企业和世界的共同课题,为此,要不断地解决包括适应经济性、社会性在内的与整体的协调性。赋予我们的使命是,考虑技术潜伏期的长短,努力使技术向不着眼于短期行为的方向前进。

表 1.2 新的技术发展方向

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 能够满足人和社会各种需要的生产系统• 从产品的生产到重复利用均与环境 and 资源相适应的商品工艺设计• 每一位工人均在人类友好的工作条件下从事劳动的生产车间• 与理论流程少有不一致的生产系统 |
|---|

2. 炼 铁

2.1 炼铁技术最近 10 年的进步

2.1.1 概况

在近 10 年间,日本的粗钢产量虽受国内外不稳定的经济形势的影响而变化,但基本上是在 1 亿吨左右波动。在此期间,炼铁部门从合理化的观点出发,开展了使设备向大型集约、提高生产效率等项改革。结果,1994 年 1 月,生产高炉的数量减少到 31 座,仅为高峰期的一半,烧结机、焦炉也相应停产。以往高炉寿命一般为 6~7 年,由于高炉长寿技术的进步,现在高炉寿命几乎都在 10 年以上。

近 10 年来,高炉操作的特点是,在原燃料大幅度变动的条件下,彻底实行经济化操作。第二次石油危机之后,高炉停止使用重油,转向全焦操作。其后,在各种代替重油的燃料中,人们十分重视煤粉的喷吹。从延长焦炉寿命的观点出发,也很需要采用喷煤操作,各公司纷纷扩大喷吹能力,增加喷煤量。此外,在原料方面,由于球团矿的价格比块矿和粉矿的高,所以各公司降低了高炉配料中的球团矿比率。1994 年前后,钢铁企业积极利用小粒度烧结矿和焦丁等小颗粒原燃料。

在烧结部门,采取了一系列降低成本的措施,如扩大球团矿返矿、含高结晶水的矿石等廉价原料的用量、提高成品率、节能以及低硅操作等。

在炼焦部门,人们预计到 21 世纪初,大型焦炉的寿命将超过 30 年,生产能力将急剧降低。为此,围绕着解决这些课题的对策进行了技术开发。

另外,以改善劳动环境的 3K(严酷、脏、危险)对策为基础,在炼铁部门的各个工序进行了自动化、省力化的改造。通过计算机的普及,应用人工智能(AI)的操作管理技术有了很大发展,对稳定高炉操作做出了积极贡献。以下就炼铁各工序最近 10 年的技术进步做概略介绍。表 2.1 及图 2.1 表示近 10 年间主要炼铁技术及操作技术的变化。

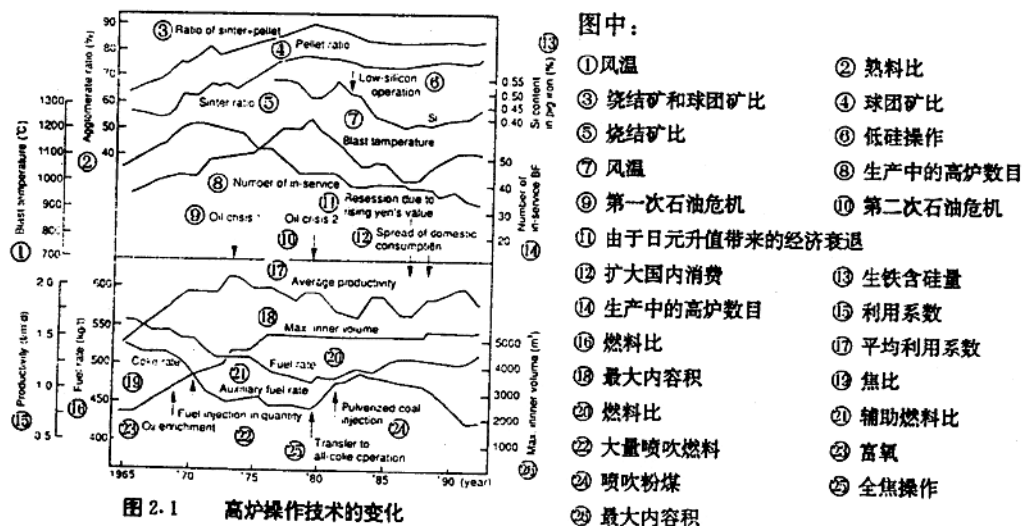


表 2.1

近 十 年 间 主 要 炼 铁 技 术

	1984~1988 年	1989~1993 年
整个炼铁部分的特点	① 高炉的无油操作 ② 喷煤粉 ③ 检测技术的进步 ④ 计算机硬件的开发	① 喷煤粉高炉的普及 ② 高炉长寿技术的进步 ③ 计算机系统的广泛使用 ④ 熔融还原示范设备的试验操作 ⑤ 为创造舒适的车间环境成立委员会 ⑥ 废料利用技术
炼焦	① 干熄焦设备的普及 ② 节能进步	① 焦炉寿命延长及修补技术的改进 ② 将人工智能用于配煤 ③ 开发煤湿度控制装置 ④ 机器的自动控制 ⑤ 开始考虑下一代焦炉的开发
原料和烧结技术	① 工业性 MPS 烧结机的投产 ② 开发 ISF ③ 提高生产率	① 开发连续卸料起重机 ② 废气循环技术的开发 ③ 针铁矿的使用技术 ④ 用 CT 对烧结块进行结构分析
高炉技术	① 采用人工智能 ② 热风炉自动控制系统 ③ 低硅操作 ④ 中心装焦技术 ⑤ 使用小块烧结矿和中等粒度的焦丁	① 高炉的短期操作 ② 采用大量喷煤的低焦比操作 ③ 热风控制阀的开发 ④ 铁水沟使用预混可浇注耐火材料 ⑤ 喷吹铁矿粉和煤粉

2.1.2 炼铁技术的进步

(1) 炼焦技术的进步

过去 10 年间炼焦技术开发的重点课题是:有效地使用现有设备,延长焦炉寿命,加强环保措施。同时,还积极开发面向 21 世纪的下一代焦炉。

首先,在提高现有设备的效率方面采取了以下措施,即通过设置预处理设备和后处理设备来节省炼焦能耗、积极使用廉价原料、提高焦炉的机械化及自动化水平等。炼焦原料的预处理设备即煤的调湿设备,在近 10 年内新建了 9 台,使干馏热量降低 7%,降到 2300MJ/t 煤的水平。此外,作为煤调湿技术的发展,新日本钢铁公司大分厂的 3.4 号焦炉于 1992 年采用了新型的煤调湿设备 DAPS(Drycleaned and Agglomerated Precompaction System)该设备将干燥煤的微粉部分压成块,以防止产生粉尘,这样做还可使入炉煤的水分降到 2%的水平。关于焦炉本体,日本已将自动燃烧管理系统作为标准装置进行了普及。为了进一步节能和提高焦炭质量,NKK 公司的福山厂、新日本钢铁公司的八幡厂在每座窑上都设置了干馏控制系统。干熄焦设备(CDQ)趋向大型化,近 10 年间日本新设置了 11 套干熄焦装置,可以说基本上作为标准设备定型了。各公司都在逐渐开展自动化及无人化操作,新日本钢铁公司大分厂的 3.4 号焦炉的所有移动机构均已实现了无人操作。另外,由于控制技术的进步,AI(人工智能)、专家系统等已在配煤、干熄焦等工序应用。

在延长焦炉寿命方面,现有焦炉的平均生产年数已达 25 年,各公司都在强化延长焦炉寿命的措施,如日常修补用的焦炉喷补装置已作为标准装备定下来了。此外,通过对热状态下更换炉衬的修补技术(特殊修补)的改进、以及将该技术与炉墙诊断系统结合起来使用,使焦炉寿命进一步延长,目前,各公司均将焦炉寿命目标定为 35~40 年。

在环保方面,采用密封性能良好的炉盖、高压水清洁装置及经济有效的水处理技术。新日本钢铁公司名古屋厂采用了 COD 溴氧分解处理等设备。结果,大大改善了劳动环境及地区的环境。NKK、川崎制铁、住友金属工业及神户制钢等 4 家公司在“创造舒适的工作环境”方面进行了开发,如上升管自动清扫装置等。

在基础研究领域,为了验证干馏机理,对炭化室急冷条件下的干馏过程进行了解析,从而搞清了干馏过程中软化熔融层的行为。另外,新日本钢铁公司开发了通过用 X 射线 CT 直接观察干馏行为,开发了推定炉内气孔率分布状况的模型。为了控制推焦阻力,关西热化学公司、川崎制铁公司及住友金属工业公司利用炉内干馏模型来估计煤的膨胀收缩量,并将其应用于操作管理上。

关于下一代焦炉的开发,自 1978 年至 1987 年的 9 年间,日本进行了国家项目“成型焦制造工艺(FCP)”的开发,其目的是对 200t/d 的成型焦示范设备的运转状况进行评价,并在高炉上进行成型焦的使用试验。FCP 是连续密闭式的工艺,是一种有利于环保的技术。在高炉上使用成型焦的结果表明,配 20~30% 的成型焦可以稳定地进行操作。

关于室式焦炉的重大改进技术,有以法国为中心现在正在进行开发的 JCR 技术(Jumbo Coking Reactor)。这项技术的特点是,单位炭化室的容积为原来的 6~7 倍,相对缩小了气封面,而且减少了装煤和推焦次数,从而可抑制烟尘产生量,这项成果引起人们的关注。

日本钢铁协会,利用特定基础研究会的场所,自 1990 年开始实施产学一体共同对下一代炼焦技术进行研究,其研究目标是:① 扩大炼焦用煤的自由度,确保对生产变化的适应性;② 比较彻底地解决环保问题和劳动问题;③ 大幅度降低设备投资。为了建立新炼焦工艺而提出了下述连续干馏方式,该方式是由① 急速加热到煤粉软化熔融之前的温度,② 在软化熔融温度范围内进行造块处理,③ 对半焦化状态的半成品进行均匀的低温加热等三步工序构成的。

(2) 烧结球团技术的进步

在烧结技术方面,除了积极采用节能技术、降低烧结矿的单位能耗外,在降低 SiO_2 含量、提高“JIS-RI”指标方面也有了显著进步。在近 10 年间,进行了提高烧结矿成品率、提高生产效率的技术开发,例如对原料预处理技术(目的是为了多使用廉价原料)、铺料方法的改进以及高烧成率、高生产率对应技术(烧结过程控制技术)的开发等;还进行了环境保护技术的开发,其目的是为了防止产生粉尘、减少排气量。这些技术对降低铁水成本做出了贡献。

大量使用廉价原料,因原料粒度细而使烧结料层的透气性恶化,为此,对小球烧结技术进行了一系列的开发。为了强化烧结前的原料预处理过程,采用艾里奇逆流式混料机、圆盘造球机之类的造粒机,这些造粒机已在工业中应用。值得一提的是 HPS 矿(烧结球团矿),这种矿是用圆盘造球机将全部原料造球之后再进行烧结而成的。NKK 公司福山厂将 5 号烧结机改造成了 HPS 矿烧结机,在烧结原料中使用 60% 的球团仍能保持生产效率,而且提高了 JIS-RI 指标、降低了焦粉单耗。此外,日本的烧结原料逐渐转向使用澳大利亚的马拉曼巴系、皮索莱特系之类的含高结晶水的矿石。为了适应这种情况,在烧结机上进行了大量使用上述高结晶水原料的试验研究,并研究出含高结晶水矿石的铺料烧结法,以及利用与蛇纹岩或高结晶水矿石进行