

用 为 中 洋

毛泽东

资料9

国外工业仪表与自动化近况及发展趋势

译文集(一)

(钢铁工业自动化)

一机部热工仪表科学研究所

一九七一年一月



編 者 的 话

在以毛主席为首、林副主席为副的党中央领导下，祖国工业飞跃发展，自动化水平不断提高，对工业仪表提出了更新、更高的要求。

可以相信，工业仪表将沿着“自力更生”的道路向前发展，我国的工业自动化水平定将发生质的飞跃。正如毛主席早就指出的那样：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”

要赶超世界先进水平，就必须“知己知彼”，方能“百战不殆”。为此，前些时候我们一机部西安仪表厂、工业自动化仪表研究所、仪表工艺研究所、仪表专用材料研究所和热工仪表研究所等五单位的部分情报人员协同一起，搜集了一些国外工业仪表与自动化方面的情况。在此基础上，经过初步综合分析，已汇编成一册情报资料——《国外工业仪表与自动化近况及发展趋势》。现又作为附件，将主要参考资料的译文汇编成《工业仪表与自动化近况及发展趋势译文集》。该专集分四册：第一集——《钢铁工业自动化》；第二集——《石油、化工、电力自动化》；第三、四集——《工业仪表》。

通过文化大革命中对修正主义情报路线的批判，我们深刻认识到搜集国外情报必须坚持毛主席教导的“洋为中用”的原则。

遵照伟大领袖毛主席的这一教导，我们这次在搜集国外资料之前，通过参观访问和其他形式，对国内的一些情况也作了概括性的了解，从工人老师傅和有关技术人员那里得到了不少寻找国外资料的线索。借此机会，谨向他们表示热忱的谢意。

但是由于我們活学活用毛主席著作还很不够，对国内情况尙缺乏了解，同时业务水平和时间都很有限，因而很可能只是抓住了一些非主流，非本质的东西，甚至有不少错误，請同志們批评、指正。

讓我們在以毛主席为首、林副主席为副的党中央领导下，乘着七十年代国内外一派大好形势的强劲东风，沿着毛主席的革命路线，为进一步提高我国的工业自动化水平，巩固无产阶级专政，而“团结起来，爭取更大的胜利。”

目 录

钢铁工业的自动化

钢铁工业的自动化	1
钢铁工业自控现状	20
钢铁工业中的检测器问题	28
钢铁工业过程中的故障及其对策	30

高炉过程的自动化

高炉过程的自动化	41
高炉用计算机的经验	47
油量调节作为高炉的代用燃料	50

炼钢过程的自动化

炼钢过程的自动化	56
转炉炼钢过程计算机	67
顶吹氧炼钢厂里的装料计算机	80
测量熔融金属温度的方法	81

轧钢过程的自动化

轧钢过程的自动化	82
坯料长度的最佳化	115
中钢板轧制线的自动化	117
带钢冷轧厂电气装备的现状	119
四轧机轧制线上轧缝的高精度直接测量	129
砂钢片带材测量装置	129

钢铁工业的自动化

(摘译自"Automation in the Iron and Steel Industry" Journal of the Iron and Steel Institute, Vol. 206, Part 6, June 1968 p.546~554)

自动化目的

此处勿须详述已知的，或人们所相信的自动化给予工业经济的许多不同的好处，但从钢厂的观点去考虑其中的几点会有助于评价在此工业部门中所做出的努力：

(1)在现代钢铁工业的绝大多数部门中，自动化对于生产能力的贡献并不大，这些部门已经是高度机械化了，但在附属生产，特别在精整部门中还仍然有所空白，那里要加工大量的产品，但常常一次只能搞一点点。

(2)引进自动控制的最主要的动机是它能使产品质量更为稳定。现在它仍然是一个主要的原因，因为对这方面的要求也和以往一样地强烈。它不但适用于最终的产品，同时还在中间阶段中，适用于生铁，粗制钢和半成品。并且，在提高产品质量方面还是大有用武之地的，而这种机会较有可能来自生产工艺的改变，因此自动控制的改进(生产过程最佳化)也就应增大优质产品的比例并按此法提高质量水平。

(3)钢铁工业自动化发展的另一主要动力是它对工厂生产力的影响。的确，情况常常是这样：在力求增加产量时，受到了人工操纵的限制，只有通过自动控制，才能使产量进一步显著上升。虽然这是以往钢铁工业自动化发展的两个主要动力之一，但是它的力量仍然一点也没有削弱。然而，在此路上的进一步发展要求有相当复杂并且较为昂贵的系统，这样就有了几种通过改进生产工艺来提高产量的办法。

(4)当上面的设想用于统一的生产过程控制系统时，从钢铁生产的复杂特性应能清楚看出，还须从工厂负载的最佳化的观点去大大改进生产过程与生产计划的配合，而人们已知，计算机控制可作出显

著的改进。通过较快速、较简易的生产而降低成本的必然结果，当然是更有效地为顾客服务，并随着质量的提高，就使得考虑这一因素变得更加重要了。

在提倡钢铁工业自动化的那些人的思想中，这些考虑中到底是哪一条占据主导地位，这大都取决于经济环境。在过去的十到十五年中，钢铁工业面临的主要问题是无法满足消费者的要求，因此有助于增加产量的所有措施都得到特别的重视。在今后十年中，因为现在世界钢铁工业的生产力过剩，着重点可能会有所改变。人们之所以要求自动化，是因为它能使生产具有更大的灵活性，能更快、更有效地为顾客服务。当然，降低成本在整个要求中始终是保持不变的，因为归根结底，钢就是因为比较便宜，才在各种材料中素享盛名。

发 展 现 状

在评论钢铁工业自动化现状时，建议将注意力集中在带钢生产上，这部分是因为整个生产流程比制造其他产品的要求得简单，部分因为它从数量上讲已成为最重要的产品，并且是在最现代的钢厂中制造出来的。

表1是主要的和附属的生产过程和工厂的流程图，以其中间产物划分类别。该图表粗略地指出了所达到的自动控制程度，仅用于一般评价目的，其所达到的实际状况下面将作更详尽论述。

炼 铁

炼铁的完全自动化还尚未达到。这部分因为，虽然高炉生产过程的基本状况人们已经了解了，但欲达到动态控制目的，所知道的东西是不够详尽的。最主要的是进入生产过程的材料是各不相同的，所受到的控制是不完全的，并且缺乏对于某些过程变量的传感器，因此也就还没有可能精确确定炉子里正在发生的情况。同时，整个炼铁生产是高度机械化的，它的许多单元过程是处于局部自动控制之下的。在几个国家里，正在作出很大的努力研究闭环控制。

毫无疑问，有效地进行高炉生产的一个关键是组成高炉负载的

原材料的均一性。为达到这一点，现在的铁矿石都是均匀化了的，并且因采用物理和化学的方法而受益不小。在通过碎矿和筛滤减少尺寸的可变性，通过选矿而减少化学成分的可变性这样的均匀化过程中，达到了相当程度的均一性，但仍然还大有改进的余地，在美国正探索将计算机用于此目的。

表1 钢铁生产流程表

产 品	生 产 过 程	工 厂	控 制*
矿 石	采矿和选矿		
	碎矿和筛滤	选矿厂	0
	烧结	烧结厂	1
生 铁	炼铁	高炉	1
	炼钢	如 LD 转炉	2
	铸锭		0
粗制(锭)钢	均热	均热炉	1
	粗热轧	粗轧机	2
	剪切	剪切机	0
	检验和嵌接		0
扁钢坯	加热	钢坯加热炉	2
	精热轧	带钢热轧机	2
	剪切和盘卷	带钢热轧机	2
热 带 钢	除锈和上油	连续酸洗线	1
	冷修正 (Cold reduction)	联轧机 (Tandem mill)	2
	清洗	连续清洗线	0
	光亮退火	如连续退火线	2
	回火轧制	回火轧机	0
	修整		0
	酸洗，镀，上油	如连续镀锌线	1
冷轧薄钢板	剪切和检验	剪切线	2
	包装和发货		0
白铁皮			

* 0 为人工操纵；1 为局部自动控制；2 为完全自动控制。

化学过程包括烧結和球化。烧結厂的自动控制工作在几个国家內正处于发展之中。混合原料的进料和比例保持的计算机控制已经得到解决，这是以连续原料分析和湿度测量为基础的。并且，炉座速度，调节燃烧过程所需的一个变量，也已实验性地由计算机进行控制。进一步进展到闭环控制的主要障碍基本上是：应用目前所能得到的仪表，要可靠地了解所发生的化学的，热工的和物理的变化仍然还有困难，并且还摸不准对于烧結成品的特性该怎么样确定才算合适。

将矿石还原成鉄主要是在高炉里进行的。这一生产要求控制包括将料填入炉中，将它们散布在炉身中，点燃空气預热炉，鼓风并通过一喷气管将它送进炉腰。

有些单元生产已经处于局部自动控制之下，联接这些和调节其他生产操作是通过参看一个中央仪表显示板而进行的；在某些情况下，所需的数据由一数据记录器打印出来。特别是，仓库和将原料填入炉中的起重机或傳送带系统处于程序控制之下，鼓风的温度和湿度处于以炉身下部热状况的测量为基础的计算机控制之下。同样地，控制由位于炉身壁中的温度傳感器驅動的傳送带填料机构，就能确保原料在炉身周边分布的均一性。

一个更先进的闭环控制系统已在德国的一座高炉上运转了一年。它是以作为热和氧的反向流交换器的炉子的静态模型为基础的，程序編好后输入——计算机中，并对排出的气体成分测量来不断加以更正。计算机要求改变鼓风以保持由热平衡公式計算出来的某一参数的稳定性，在某种条件下，这是与炼出的鉄的成分相互关联的。这里涉及到的高炉生产过程的操作条件是相对稳定的，在所述的炉子里，这种状况占时间的80%。

采用这一控制系统的結果是，所炼出的生鉄的硅含量在70%左右的产品中被保持在特定的容限之內，这就比人工操纵改进了50%，而且还可以更厉害地使用炉子而又勿须象往常一样冒出故障的危险。

修改数字模型以便能够应用动态控制的研究工作在各国都正在进展之中。

碱性氧气炼钢

碱性氧气转炉工艺，特别是LD工艺，正迅速地变成炼钢的主要方法。由于此法甚为快速（整个过程的完成用不了一个小时），因此在一开始研试时，自动控制就对它产生了兴趣。

虽然大多数现有的LD钢厂还都是人工操纵的，但用计算机进行数据记录以助于人工操纵，并且在几个例子中，用计算机进行加料和整个氧气流的静态控制，这样的情况正在逐渐增多。最近，第一个闭环控制系统已在美国的一个钢厂中开始运转。该系统除了对加料重量，熔池和盛钢桶加料的静态控制，还通过动态控制和最佳化的结合，自动控制氧气流量，并在吹氧阶段自动控制熔池中氧气吹管的位置。

控制系统的任务首先是设定最初的熔炼条件以获得所要求的温度和成品钢的化学成分，其次是将氧气流控制在固定的限度内以尽可能快地达到这一点。该系统的关键在于对排出气体的连续测量和分析，由此计算出热金属的碳含量随熔炼的进程而降低的速度。炉内温度并没有测量，而是通过连续计算热平衡推导出来的，由此可估计出为得到正确的钢水温度和化学成分所应采取的纠正措施。不断改变氧气吹管与熔炼物表面位置的相对高度和吹氧流量，是使化学反应加速而又不致使熔炼物倾斜，甚至爆炸的一个方法。

运转数月之后，这种新的控制的好处是非常显著的。已证实可以将吹氧量提高40%而又没有因化学反应速度过激而使熔炼物倾斜的危险，而最后的化学成分则更频繁地达到所要求的精度。出钢时已达到了所要求的钢水温度，并且常常是“一次成功”的，即勿须作矫正加料和吹氧以在过程之末使化学成分达到平衡。

铸 造

从钢水浇铸成单个钢锭是人工操作的，但现在已能连续指示盛钢桶内钢水的重量。这样就使操作者更好掌握结尾情况，以便控制没有注满的钢锭模的数目和浇注程度，从而获得可轧钢锭的最高数目。是否还需要更为复杂的控制方式，还是值得怀疑的。

在连续铸锭中，须得在浇铸过程中在结晶器中维持一稳定的钢水液面，并通过调节一精巧的冷却系统而控制钢的凝固。在最现代

的设备中，这些都处于闭环控制之下，由放射性同位素仪表测出钢水弯月面，并据此调节新钢水的浇注和拉坯速度。

均热炉

大多数均热炉是由操作人员操纵的，但已作出努力去设计一个计算机系统，它推算出该给哪个炉进料，什么时候进料，以将燃料损耗缩到最小而又符合缓冲贮存功能的要求。在英国的另一台设备是准备用直接数字控制的第一个钢厂。但是，进料和出料却仍然是操作人员操纵的。

粗轧机

越来越多的粗轧机正在受着程序控制。控制系统包括对将钢锭送入和送出轧辊的传送台和操纵装置的操纵和时序控制，对轧机主电机的反向和速度控制，以及为一次接一次的轧制重新设定轧辊间距。轧制程序是从由手工操作确立的轧制实践推导出来的。和预计的相反，程序控制的初轧厂的最大产量并不大于由最有技巧的操作人员操纵的初轧厂的最大产量，但其平均产量却是比较高的，因为轧制的协调性较好。

轧板机

大约有半打轧板机是由计算机控制的，包括在英国的一台；该系统包括从加热炉开始对扁坯的标识和跟踪，修剪和检验，轧机中的轧制顺序不是事先规定的，而是根据轧制过程的数学模型在线计算出来，再根据在第一次轧制中测量的轧制阻力反馈回来的钢坯状况加以改变，使轧制最佳化以获得最高产量并进行调节使最后生产出的钢板具有正确的宽度，厚度和弧度。对一两台轧板机在轧制期间还进行连续测厚控制。

带钢热轧机

这是现代钢铁企业中最完全自动化的装置。计算机控制正在全世界大约两打的轧机上运行，其中英国南威尔士的 Spencer 钢厂的 RTB 的轧机是第一台，而且是发展得最完全的。至今为止，控制系统包含由钢坯进入加热炉开始的整个轧机部分，但不包括对加热炉本身的控制，而其结尾是将轧成的，成卷的钢带由盘卷机送到轧机后边的冷却传送器上（图1）。第一套对加热炉的计算机控制设

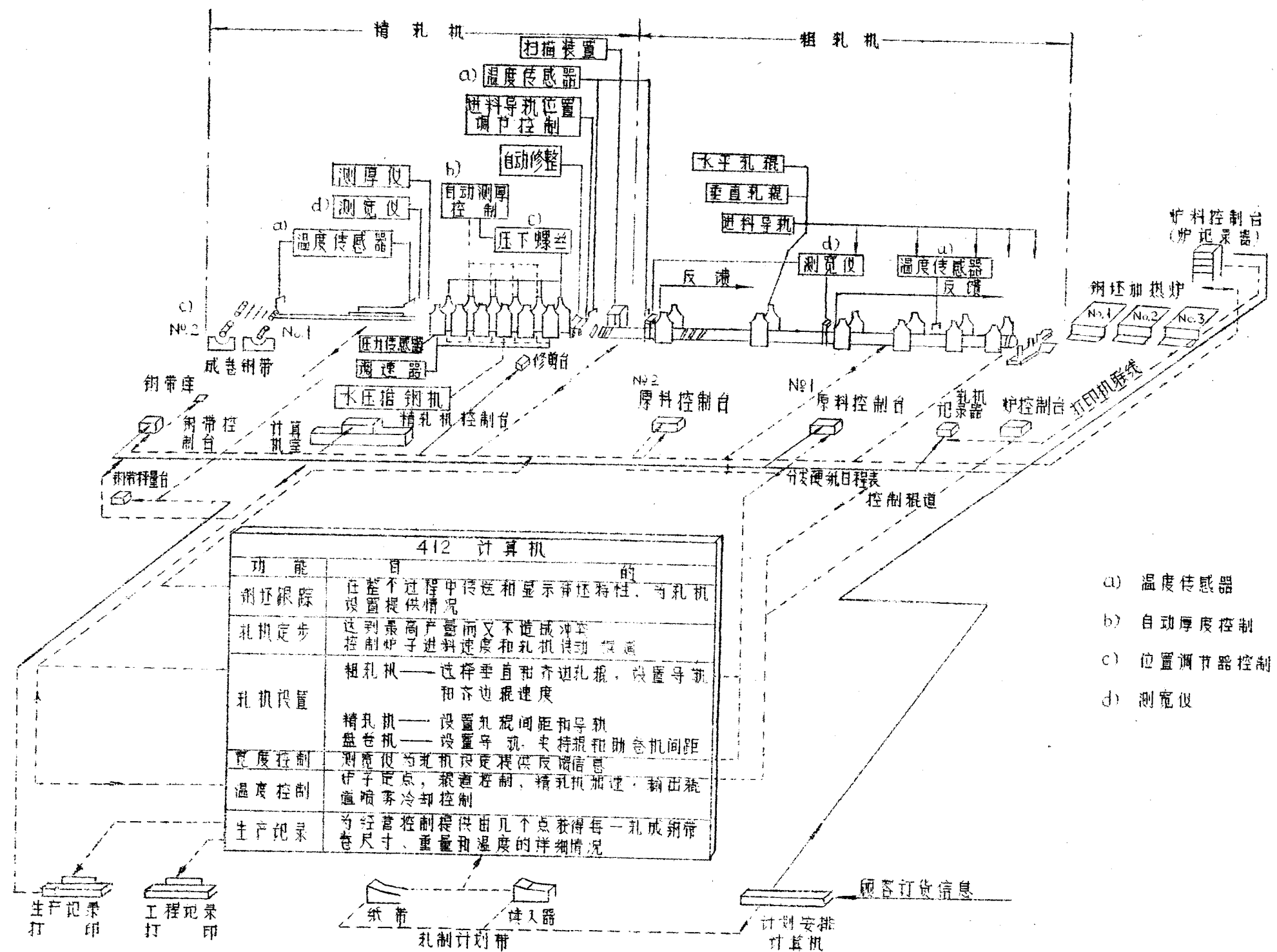


图1 带钢热轧机；生产过程控制计算机控制的应用

备正在 SPencer 钢厂轧机上进行安装。

轧机计算机有如下功能：

(1) 给钢坯以标识并在整个轧机区域中跟踪之，以便在它们按序由各个分系统加工时给所有分系统予正确的指令。

(2) 根据由轧制过程的适配数学模型的计算预先设置所有辊座来确定所需的轧辊间距和辊座速度，以在每个轧制阶段中获得正确的钢带厚度和温度。

(3) 根据钢带送出厚度设定盘卷机。

(4) 在轧机出口和盘卷机入口处对钢带进行温度反馈控制，以达到所要求的冶金质量，这是通过调节轧机终结速度和在钢带由轧机送至盘卷机时调节水冷却强度而达到的。

(5) 使轧机步调一致，即让钢锭以同样时间间隔顺序通过轧机，从而使产量达到最大而又不会发生冲突。

(6) 进行生产记录。

计算机还监督一系列自动控制分系统：

(1) 在精轧机部分之前运转的自动修剪机，它剪去与所需宽度有偏差的钢板的边角，不然不规则的形状就会妨碍后面的轧制和盘卷过程的顺畅操作。

(2) 轧机的精轧部分的自动测厚控制，其作用是在整条轧成的钢带上保持厚度的稳定，这是通过反馈调节控制某些或全部精轧辊座的轧辊间距的螺钉而进行的。

(3) 自动调节精轧部分的辊座速度以使钢带的座间张力保持稳定，以避免裂痕，块斑或宽度不一，特别在将精轧部分和盘卷机由穿钢带速度加速至全速时尤为如此。

(4) 轧机辅助传动装置的位置自动控制。

对推进式加热炉的控制设计得能调节炉中的火势以确保钢坯被加热至所要求的温度，并且一直到要进行轧制时尽可能近地保持在那个温度中，同时又须达到最小的燃料损耗。这一控制系以钢坯通过炉子时加热情况的数学模型为基础，它按照不同的钢锭出产率调节炉内各区的温度设定点。

计算机控制的带钢热轧机已运行了够长时间了，(这是因为这种

控制系统具有下面所談到的优点值得给予评价)，众所周知的是厚度和宽度控制分系统的效用，它大大提高了轧到正确厚度的钢带的比例。自动温度和速度控制减少了块斑现象，并且附带地，给根据不同类钢带能在轧机中轧制的顺序編制的生产计划带来了新的灵活性；同类相連已经不再是必要的了，在轧制設定中质量和尺寸大不相同的钢带可以連在一起轧制，而且又不会出现块斑。自动温度和速度控制不仅降低了质量不符合要求的钢带的比例，而且还使轧机得以按原先不能企望的速度工作。之所以如此，是因为只有当钢带已进入盘卷机后，用2500呎/分左右的速度轧制才是切实可行的，因此，只有在轧出了一些钢带后，轧机才能加快到更高的速度；这些控制机构确保钢带质量不受轧制速度的影响。

酸 洗

酸洗設備还是人工操纵的。但在比利时已研试了一个实验性的自动控制系统。测量通过自动酸洗线中位于每个酸洗槽头尾的电极之下的钢带的电阻，检测出锈垢清除的程度，而这一测量用来调节钢带通过酸洗线的速度，这种调节要么根据开关原理完全是自动的，要么作为操作者连续调节的指南。在前一种系统中，产量提高3%左右，酸洗过的钢带质量得到显著的改进；在后一类系统中，产量提高6%左右，但质量并没有相应得到改进。

冷 轧

钢铁制造业中自动控制的最早发展之一就是在这一工艺中出现的，即将自动测厚控制作为使整条钢条的轧成厚度保持稳定的方法。第一个成功的系统于1956年开始运行于一单座可逆冷轧机上，从那时起，其应用在全世界日趋广泛，已出现了用于串列式轧机和带钢热轧机的更复杂的系统。

参照钢带厚度测量或計算调节压下螺旋或钢带上的張力，或者将两者合起来，就实现了自动测厚控制。在串列式轧机中，除此之外还调节每个軋座的速度，以保持所要求的座间張力。采用这一控制系统立刻就提高了轧制厚度的稳定性，数年来使轧钢厂得以提供更好的产品。

自动厚度控制只有在经过了某一临界速度之后才开始运行，在

大多数轧机上，轧机的設置和穿錠 (Threading mill) 是人工操作的。威尔士钢铁公司已在一纵列式轧机上采用了一个计算机控制系统，它由存貯的关于轧机日程安排的程序自动設置轧机，并有一輔助設備添改存貯的日程安排。需要設定的变量包括所有軋座的軋軋間距和軋制速度，而这些都受到主傳动机特性和軋軋間距调节螺丝负载的限制。该系统还监视控制轧机由起始速度加快至全速的分系统。程序設置的添改要求根据生产过程和工厂的数学模型进行計算。

这一系统可以增大按規定厚度軋出的鋼帶的比例，減少由于設置不当而出现块斑的危險，在这些方面，此系统已被証实是前进了一步。在美国还有三台纵列式轧机已经或正在配用这种类型的计算机控制。

此外，据报道，在美国有一轧机采用自动穿錠，在法国有一轧机采用自动盘卷。

尽管有了这些发展，冷轧过程的操作人员监控却还不能完全取消，因为上面所述的控制系统并不适用于軋成平板的帶鋼。这一方面控制的发展工作正在进行之中。

退 火

现已出现了一台计算机控制的連續退火設備。控制的变量是退火鋼帶的硬度，它是由专为此目的研制的一个非接触式磁性仪表測量出来的。生产过程控制变量包括炉温和鋼帶速度。将这些与包括鋼帶尺寸，鋼成分和在此之前的制造经过的进料条件联系起来的数学模型被用于求出与出品硬度改变相应的生产过程变量的基准值。计算机还跟踪焊缝并记录生产数据。

回火軋制

这一阶段的重要性在于控制由軋制造成的压缩，而不是鋼帶的最后厚度，在原則上这可以用类似于自动測厚控制的系统来完成。但至今这尚未得到采用，主要是因为缺少一种检测鋼帶小的伸长的可靠的傳感器。

镀 涂

现在的镀涂层过程都是联机連續进行的，视需要对一些傳动机

构和处理部分进行的反馈控制。但尚未研制出什么会根据产品质量调节设备的总控制系统。这大部分因为，在目前，产品的许多缺陷是由视觉检查出的，它们的起因不尽相同，无法进行自动矫正。剪切线部分处于自动控制之下，即修整和剪切操作，镀层上针孔的检查，以及质量鉴别。

附属操作

钢铁制造包含着处理形状和式样不同的大量材料。当这些材料通过一系列制造过程时，它们须得被不断标识，称重，鉴别质量，运输和贮存。所包含的这些操作大部分仍然是人工搞的，但已出现了单独的发展（如下所述的），它们表现出，这些操作的大部分是可以实施自动化的。

就原料的标识而言，在烧结厂中已实验性地应用了自动取样和化学分析的装置。在炼钢车间里，人工收集的钢样品由冲击电流计自动传送并分析。在轧钢厂中，有一两个工厂由尺寸去辨别钢坯，但主要地是由操作者读出用机械方式印上或固定上的标志。事实上已有了能自动打上印记，还包括检验和读出的技术，但还没有研制出这样的系统，这是目前将生产控制完全统合的障碍之一。

称重对于钢铁制造过程控制和制造过程中的生产控制来说，都是一项重要的操作。在一个统合性钢厂中，共有259个称重点，包括发货部门。

对进来和出去的加料车的自动称重和打印正在一两个工厂中令人满意地运行。带有远距离指示的自动传送带称重机和称重台已在一些烧结厂，高炉，和LD转炉上运行。在一些铸钢设备上应用了对浇铸钢锭的盛钢桶的行车称重，在带钢热轧机上还装有台秤。目前一般都是用眼睛看出读数，还有余地来进行更自动的打印并将此数据包含在自动信息回路之中。

在制造过程的许多步骤中都要进行质量检查，原则上说它必须是过程自动控制的基础。到目前为止，仅在两个例子中是这种情况：一种是轧制控制以使带钢厚度达到要求，另一种是控制连续退火以使硬度达到要求。能想到全自动系统也只有两种。一种已经述及的，是带有自动检查镀层针孔的镀锡钢皮切剪线。另一种是钢条和小坯

段检查线，那里将具有表面或内部缺陷的材料留下来进行修整。涡流或超声探伤仪与标出缺陷部位并将缺陷太多的坏段挑出的标记设备联用。在另一些情况中，检查帮助人工操纵。在德国和法国的实验性设备中，在钢坯修剪阶段，由伽马射线或中子幅照检查气孔来告诉操作者该在什么地方修剪。在法国有一超声透片式检测器置于酸洗线之后以定出钢带的等级，但由操作者作出决定。在镀层生产线上，应用核子学技术或涡流技术在线测量涂层厚度，作为生产线控制的一个帮助。在其他方面的各个生产过程阶段中，缺陷还都只靠人眼进行检查。

在运输方面，据报道已有一台半自动的矿石吊车，有人描述过一台用吊车自动服务于坯段冷却器的实验性设备。在一些轧钢厂中整捆的坯段是自动拆开的，在冷却器中的坯段，钢板和钢坯是自动进出的。

尚无关于自动贮藏设备的报道。对成品的切剪、分类和捆扎大部分仍然是人工操作的。例外的是最近有一个包括有计算机的相当复杂的剪切控制系统投入运行。计算机对由一定速度轧制出来的长度和在轧机中发出的信号进行计算，选择能将切掉的废料数缩到最小的顾客所需的长度的总和。

生产控制

除了刚刚概略叙述的单元生产过程和附属操作方面控制的进展之外，在总的生产控制自动化方面正在取得重要的进展，这种生产控制使单元的过程控制联成一体。虽然还没有完全统合的控制系统投入运行，但在英国已有两个工厂朝着这一方面走了一段相当的路程了。

在Park Gate 钢铁公司的一个系统具有生产计划并控制从接受订货到发出成品的整个过程，为此目的按不同等级应用了一套计算机（图2）。第一个计算机处理刻写生产控制的所有方面，即整理收到的订货单和材料清单，编制工厂的生产日程表，然后将它作为打印的文件或穿孔带送发到炼钢、初轧和精轧各部门去。第二个计算机控制生产。在初轧部分，它辨识出按恰当次序由加热炉出来的每条钢锭，发出操作指导显示给操作者。它为了跟踪目的，接受

