



1999年的优质冶金

冶金工业出版社

76.041
743

1999年的优质冶金

〔苏〕 A. A. 维尔特曼 著

史 桦 柯 斌 译

31557/21

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书是根据苏联知识出版社1980年4月出版的《Качественная металлургия, год 1999》翻译的。原书著者为技术科学博士A.A.Вергман。该书为知识出版社出版的一套知识丛书中的一本。

这本小册子阐述了提高金属质量的方法——粉末和原子冶金、等离子冶金、电子束重熔、激光处理、压力浇注等等，并分析了二十一世纪初期冶金工业的发展前景。

本书可供冶金系统的干部、工人和技术人员阅读，对其他部门有兴趣了解二十一世纪冶金发展概况的读者也有参考价值。

1999年的优质冶金

〔苏〕A.A.维尔特曼 著

史 桦 柯 斌 译

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/32 印张 2 字数 41 千字

1982年4月第一版 1982年4月第一次印刷

印数00,001~2,000册

统一书号: 15062·3784 定价 0.18 元

目 录

是数量还是质量?	1
质量决定数量	10
冶炼优质钢的新工艺和新设备	12
现代粉末冶金	40
原子冶金	47

是数量还是质量？

黑色冶金的产品通常分为大批生产的普通钢和性能较高的优质钢。今后这种划分看来要逐渐消失。

长期以来满足工业对金属的需要，基本上是靠粗放地发展冶金的方法。这个倾向反映在所谓平均每人钢的消费量——一个国家的钢的年产量同人口数量的比值（以公斤计）——的增长上。世界上按人平均钢的消费量，在五十年代末为一百公斤左右，据认为到一九八五年将增加到二百三十一公斤。

不久前，苏联的钢产量超过了一亿五千万吨，超过了美国钢铁产量曾一度达到的最高水平，美国长期以来曾在这个工业领域里居领先地位。但是，按人平均钢的消费量苏联仍落后于日本和美国。这便自然产生了一个问题：将钢铁产量提高到什么限度是可能的和合理的呢？因为除了考虑国民经济的这一部门为了存在和发展需要巨额投资以外，还要考虑同地球资源枯竭和生物圈污染有关的另一个方面。

大家都知道，在当今世界上生态问题非常尖锐。解决这个问题是人类的重大而刻不容缓的任务，对于钢铁工业发展的战略和规模有直接的影响。根据预测，到2000年地球上的人口将有80~85%居住在城区。目前苏联住在城市里的大约有一亿六千万人（占人口的60%多）。发展钢铁工业同城市建设密切相关。经验表明，围绕一座现代冶金企业就要出现一个人口通常为50~60万的城市。

钢铁工业对居住环境的污染，尽管不是象动力工业和运

输业那样严重，但也是很严重的。钢铁工业所特有的生产的高度集中，是破坏生态环境的一个因素。现在苏联的大部分钢通常是在相距不远的十五家大企业中熔炼的。人们认为，到本世纪末，大部分钢铁将由年产量为2000~3000万吨（是现在企业的两倍）的工厂生产。同时，一家年产量仅为1000万吨的，具有完整生产过程的工厂，每昼夜排放出600吨灰尘、227吨硫化物、700吨一氧化碳。甚至在距污染源12公里以外的地方，75%的空气样都包含了有害物质。

多数冶金企业是分布在距居民区不到3~4公里的半径内。所以这些居民区的灰尘浓度往往是标准的10~14倍。因此使太阳辐射大大减少（减少达40%），紫外线辐射减少34%（在4公里半径内）。在3公里半径内一昼夜要降落大约4克/米²尘埃，而烧结厂在总的污染中占30%，发电厂占40%。净化系统（理论上）可以使每百万吨生产能力产生的灰尘，从一昼夜350吨降低到25吨，二氧化碳释放从200吨降低到65吨，一氧化碳从400吨降低到320吨。而实际上，由于无组织的排放（占25%）和许多净化设施效率低，向大气层排放的有害物质要比这多。某些组份的允许浓度极限尚未完全研究清楚（如氮的氧化物和细小的金属悬浮物）。

毫无疑问，形势要求采取根本的解决办法，因为一些工厂的年产量很快要接近1500~2000万吨。现在许多国家就已经以出售钢铁产品所得的款项的20%用来保护环境，日本即是一例。诚然，日本和一般拥有发达的海上交通线的国家所具备的条件，比大陆国家要有利些，在日本大量的企业是修建在远离居民区的人造岛屿上。

最近，对原料中的有害杂质，如硫的含量实行了严格的限制，并采取了极为强硬的行政措施。就以日本为例，冶金

企业必须将自己土地的25%绿化，并且还得将企业周围土地的25%绿化。在美国，污染生物圈的肇事者要罚款 25000美元，重犯者加倍。

苏联在保护生物圈方面进行着大量的工作。然而，生态学的要求对钢铁的允许产量不断地加以新的限制。看来在不远的将来冶金学家们就会照着动力学家样子行事，动力学家们由于生态学的考虑，已经把各固体燃料发电站的容量限制在3000~4000兆瓦。

应当注意到，现代规模的生产对生物圈的污染带有全球性质，冶金工厂的细小尘埃可以飘移几百、甚至几千公里以外，而且长时间地存留于空气之中。这与大气中二氧化碳浓度的增加一起促进了所谓“温室”效应的发展。燃烧的燃料日益增多，已经使大气中二氧化碳的浓度升高了10%（在一百年内）。人们认为，到2000年时，大气中二氧化碳比例将几乎增加一倍，达到0.052%，从而可能导致平均气温升高2~2.5℃。气温的这种骤增会产生灾难性的后果。发达国家在工业中使用的氧气也越来越多，这在工业废弃物对动植物群的抑制作用与日俱增的情况下，对全球的大气现象也有一定的作用。

特别应当指出，钢铁工业和采矿工业对水域的污染。举例来说，莱茵河（长1162公里）已经成了欧洲最脏的河流，它为2500万人供应饮水，实际上要为整个德意志联邦共和国的钢铁工业供应工业用水。二十年前，一吨钢耗水200米³。现在这个指数减少到30米³，而法国有一家工厂计划在最近的将来达到每吨1.05米³。理想的是在现代企业里所使用的水有95%是依靠再循环和污水的仔细净化后的水。但是，就是在这种最好的情况下有害物质的总排放量（考虑到产量）

也可能达到极大的值。只要提一提下面这一点就足够了：根据美国规定的标准，每吨污水中可以含油 5 公斤，含氰化物 2.5~3 克，含酚 2.5~3 克等等。

所以必须承认，生态学成了要求减少冶金工业粗放发展的主要因素之一。据此起码可以得出两点结论：或者是必须寻找钢铁的代用品，或者是大大改进质量，降低金属消耗。

现在我们来探讨一下前一个方向的可能性。那种能够保证可以降低金属产量的现实的钢的代用品真正存在吗？不久前人们对合成材料抱有极大希望。许多预言甚至指出了合成材料将排挤钢铁的具体日期。例如，有个预测说，到 1983 年塑料的生产应当同钢的生产在体积上相等，而到 2010 年将在重量上相等。合成材料生产的增长速度在技术上未曾有过相似现象。在 1980 年，大约将生产出 10500 万吨 (9100 万米^3)。如果现在对钢铁和合成材料的需要量占结构材料的总需要量

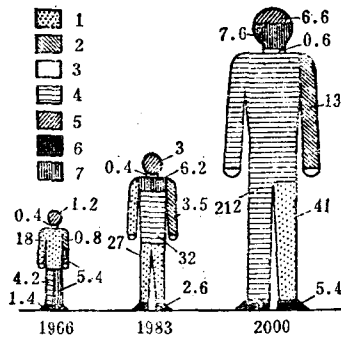


图 1 各种材料在每年按人平均总消费量中所占比例的变化情况

1—铁；2—铝；3—铜和锌；4—塑料；5—合成橡胶；6—合成纤维；7—天然橡胶和天然纤维

分别为60%和22%的话，那么到本世纪末，钢铁的比例可望缩减到19%，而合成材料的比例将增加到78%（见图1）。

对钢铁工业的发展作出否定的预见，已经不是第一次了。B.E. 帕顿院士不久前在《消息报》发表文章时曾经写道，“二十年前报刊上登载过一幅辛辣的漫画——在一辆马车前套着一匹强壮的马和一匹难看的皮包骨的劣马。在那匹壮马的肋下标明“化学”，而在劣马的身上则标着“冶金”字样。那时候许多人都觉得，冶金时代想必要完结了，合成材料的时代开始了。然而，生活给了人们一个严重的教训——低估冶金对科学技术进步的作用和意义。几年后变成了遗憾的错误和比例失调”。

预测世界钢铁产量所以有困难，常常同低估钢的性能有关，而明显地高估了某些代用品的能力。这从美国的钢同水泥的重量比例的变化中可以清楚地看出来。在1950年，这个比例是2.27，1960年—1.73，1965年—1.88，1970年—1.81，1974年—1.71。实际上在各发达国家里，最近25年来情况是大同小异的。事实证明，在建筑结构中水泥对金属的优越性被大大地夸大了，而金属结构重又排挤水泥和钢筋混凝土。

这在相当大的程度上取决于普通钢的强度（35~40公斤力/毫米²）同理论上的800~1000公斤力/毫米²的可能值有很大差距。强度增加而消耗相应下降的潜力，要数钢铁最大。例如现在已能大量生产这样的钢，其强度极限为80~250公斤力/毫米²，具有高韧性和良好可焊性。这可以节省30~40%的金属（就强度极限100公斤力/毫米²的金属而言）。用高强金属线（150~400公斤力/毫米²）来缠绕压力机的立柱和其他重负荷部件，所节省的金属还能更多，可达85~90%倍。

总的来说，可以断定，钢铁材料由于兼有依靠高强度与良好的工艺性以及相对来说成本低和能耗也极低，正在成功地抵抗新结构材料的冲击。况且钢铁材料的阵地近来已经加强了。大家都知道，在各发达国家能的消费量每八至十年便增加一倍，而且所消耗的首先是最宝贵的燃料——天然气与石油。人们认为在现有的消费速度下，世界石油资源必然不足以长期使用。石油和天然气短缺必定影响由这些产品制成的合成材料的价格。

加之，塑料的再循环系数极低，这导致废弃物堆积，造成额外的难题。而钢铁在这个指数方面仅次于铅，同时，只要合理组织废钢铁的收集和处理，就可以减少废钢铁造成的实际损失。相反地，塑料的处理则是现代严重的和尚未解决的问题之一。合成材料在各种使用条件下的寿命，比起金属来也大为逊色。

在金属材料中有可能成为钢的代用品的是铝，这种形势对冶金也比较有利。

铝及其合金已被广泛使用，不仅飞机制造业，而且电工技术、汽车和车辆制造业、建筑业、日用品生产、罐头工业等都在使用这种材料，到1980年世界铝产量可望达到1700~2200万吨。铝产量每十至十一年增加一倍。大家都知道，铝在地壳中的蕴藏量比铁多，但是，已探明标准铝土矿的储量目前是不足的。然而尽管铝土矿短缺，专家们还是估计铝的生产的发展前景是很肯定的，因为随着原子发电厂的修建，电的价格会降低，而铝的生产费用有20%是花在电力上。据A.И.采利科夫院士认为，将来铝生产的增长速度应当大大超过黑色冶金的增长速度，每年不低于8~10%。只有在这种情况下，才能改变铝-钢的比例。目前美国的这种

比例只是约35 : 1000, 到本世纪末所增不会超出一倍, 也就是说即使铝的生产猛增, 也不能大大缩减对钢铁的需要量。据联合国估计, 到本世纪末钢铁在结构材料总产量中所占的比例, 一共将减少百分之几。作出这种估计不是偶然的。

这样, 读者对整个形势的复杂性便了如指掌了。能够有效地代替钢的材料还不存在。在对钢铁的需求越来越增加的情况下, 生态学大大地限制冶金业的粗放发展。

在这种形势下只有两个战略方向是现实的。其中之一是要求研究出这样的金属生产和加工方法, 即它既能使金属的绝对消耗量锐减, 又能使单位消耗量急剧下降。这个方向正在积极地发展, 已经证明它不仅在生态上, 而且在经济上也是适宜的。从而发展钢铁工业的任务主要不是增加产量, 而是从根本上改进钢铁产品的质量及其结构。

第二个方向还刚刚诞生。这就是建立完全无废料和生态安全地制造钢铁的方法, 确保原料的综合加工。这方面的实践要求根本改变工艺和制造崭新的设备。然而, 未来恰恰是属于这种方法。

在第一种方向下, 主要的精力显然应当放在降低材料用量上, 因为由于生产的特殊性, 钢铁的特点是原料和其他材料消耗量大。降低铁及其熔炼所需相应原料的消耗, 有着特别的意义。冶金业中用于原料和基本材料的费用所占比例, 1955年为42%, 1970年为56.5%, 而如今这个数字又增加了, 因为获得原料的地质条件的改变导致价格上涨, 例如, 矿石的价格近几年来上涨了34%。而且年复一年地不得不改用不那么富的矿石, 以及使用更贵的焦煤。从而造成钢铁产品价格增加, 使开采出的84%以上的矿石得进行富集。需要富集的矿石增加, 不仅铁矿石, 还有其他原料也进行富集,

从而迫使机器制造业、动力技术和其他为原料工业服务的部门扩大生产能力。

苏联科学家И.Г.帕什科曾经指出，“在当前机器制造业主要是为原料部门工作，而它的相当大的一部分产品用于其他部门，只有8%用来满足居民需要”。

降低材料用量，首先降低一般是从深矿层矿开采的铁矿和炼焦煤的开采量，对于苏联的条件来说，具有特殊的意义，因为苏联的大部分冶金燃料是蕴藏在乌拉尔以东，而铁矿主要是蕴藏在库尔斯克异常磁区，从而必须进行远距离铁路运输。这样，一座拟修建在库尔斯克州旧奥斯科尔市的新冶金厂，将使用远在4200多公里外的库兹涅茨克矿区的炼焦煤。几千公里的远距离铁路运输，给钢铁工业的经济造成沉重的负担，使机器制造业要额外地制造车辆，以及使燃料和电力的消耗提高。日本法国和其他国家几乎所有的新冶金工厂都修建在沿海，这不是偶然的，由海路运输原料的费用在不断地下降，这是因为矿石船的载货量增加了，现在已经有了一次航行可以运输20~30万吨矿石的船舶。据计算，铁路运输矿石1860公里的费用，是海路运输矿石21800公里的费用两倍。有一件事情很有趣，那就是现在甚至在研究用两万吨以下载货量的帆船由巴西向欧洲运输矿石的方案，这可保证运输费用最低。

另一个方案是提高水力运输矿浆状原料的劳动生产率。一条长160公里的矿浆管道，其生产率为每小时4000吨，而且操作只需要几个工人即可。

引用这些事实是要想着重指出，在苏联的条件下，争取降低材料用量的斗争是何等的重要。因为自然条件严峻的大陆性国家，由于情况特殊，所需要的费用和劳力资源，比日

本或美国，以及最大的钢铁生产国都要超过许多。

众所周知，因其他获得钢的方法相比，高功率电弧炼钢炉的电冶炼所需的材料消耗和劳动量，是要少一些。电炉炼钢生产近些年来无疑是取得了出色的成绩。电炉钢的比例不断增加，在某些国家已接近20%。所谓金属拥有量的增长，即一个国家积累的金属数量的增长，对此也起了推动作用，苏联的金属拥有量在迅速增长，到1975年末达到了12亿吨。这样大的金属拥有量为发展电冶金的重熔方法建立了可靠的基础，可以降低对铁的需要量。但是，现在对电力的需要越来越多。诚然，由于修建了大型炉，冶炼一吨金属消耗的电力大大下降了，如今是每吨480~500度，然而电依旧在限制着这个进步方向的发展（尤其是在苏联的欧洲部分，它消耗的电几乎占全部发电量的75%）。这个状况在建造原子能发电厂的条件下可以彻底地改变。可以满怀信心地说，原子动力技术的发展会直接促进钢铁工业结构的最佳化、使钢铁材料用量和不良生态效应得以减少。

Б.Е.帕顿写道：“生活迫使把重心转到急剧提高钢和轧材的质量，转到大大扩大其品种上来”。因此发展黑色冶金的基本战略观念可以简单地作如下概括：“质量决定数量。”

质量决定数量

质量决定数量，苏联在1976~1980的五年计划中提出：

“大大改进金属产品质量、扩大其品种和在此基础上到1980年使国民经济节省500~600万吨金属。有效金属产品的产量增加50%至一倍。”改进产品质量问题早已成为注意中心，因此我们只来谈谈几个十分重要的事实。

材料费比重，在机器制造业为70%，而钢铁业则达到了80%。降低这两个部门的材料用量具有很大的国民经济效果。例如，依靠材料的质量好，一辆汽车的总量减轻100公斤，可节省一升燃料和相应数量的润滑材料。改进品种比简单地增加金属数量在经济上的好处要多两倍。

据И.Г.帕什科指出，近几年来涡轮机和内燃机车的材料用量下降得很多，达28~30%，新式耕作用拖拉机T-150和T-150K的单位材料用量是每马力44公斤，而同类产品T-74拖拉机是每马力75.5公斤。这样的事例以后还会增多，因为品种扩大了和经济轧材品种所占比例增大了，其中有冷轧板材、冷弯型材、控制轧制的轧材、管材等等。

此外，钢铁和机器制造业还有很大的潜力。现在苏联按人平均消耗的钢铁是美国的1.5倍（据И.Г.帕什科统计），而最后制成品在社会总产品中所占的比例，1960年为50.3%，1965年——48.3%，1970年——47.6%，1975年——46%左右。

А.И.采利科夫院士估计机器制造业每年节省钢铁的潜力可达1000万吨。而钢铁业的潜力更大，因为新的冶金过

程，诸如连续铸钢、炉外处理、经济合金钢的冶炼以及粉末冶金等，需要的投资比增加从矿石和煤到成品的生产量需要的投资要少三分之二。

减少铸件和锻件率也可以降低材料用量，因为这方面的合格率最低。此外，铸件和锻件主要参数值的偏差比轧件高许多。这迫使设计师要规定大的安全系数。因而限制了工艺能力，进行切削加工尤其如此。И.Г.帕什科在前面提到的他那部著作中举出了一个零件的例子来加以说明：制造这个零件所用坯料的重量是最后制成品的六倍。

据统计，金属利用系数，机器制造业是0.73，成品轧材是0.7，而美国则分别为0.85和0.83。这12%的金属损失在一定的程度上是因为目前在我国切削法比无废料工艺占优势，这种工艺包括挤压、滚压、旋压、冲压、熔接、钎焊、胶结等等。铁和钢铸件产量同成品轧材产量的比例，在苏联是27.5%，德意志联邦共和国是14%，日本是8.5%。同时，建立生产一吨钢铸件的能力其费用是750卢布；一吨铁铸件的能力——600卢布；一吨板材冲压制品的能力——400卢布。但是，尽管板材生产在苏联发展很快，但其在轧材生产中占的比例暂且只是38%。增加板材产量对于机器制造业特别重要，因为有了这一种金属产品，可使废料的数量大约下降50%。

总之，将来钢铁工业的一个基本课题是降低总的材料用量。在这种情况下，我们不仅可以最大限度地节省资金，而且可以缓和生态形势，保存原料、材料和生产资源。解决这些极重要课题的工艺，已经拥有和将会拥有什么样的手段呢？

冶炼优质钢的新工艺和新设备

可以有把握地说，现在运用的操作法，多数要保留到下一个世纪初。发生变化的只是各个方法在工业中的对比关系（即工业的结构）和机组的参数。但是应当指出，预测科学技术进步的方向和速度，一般说来是一个极为复杂的任务，而对于象钢铁工业这样多功能的体系来说更是如此。

例如，在1972年有人曾经认为世界炼钢生产对金属化球团的需要量，到1975年会超过1100万吨，实际上只生产了520万吨。几年前对于连续炼钢操作法的发展前景，也曾经作了很为乐观的预测。那时候（1960年）认为，利用年生产力为几百万吨的连续作业机组进行工业炼钢，到1975年就会实现；而事实推翻了这种预测。在我看来，有关钢铁生产的预测所以缺乏可靠性，多数主要是因为预测的人忽视了理论的成就，这方面的成就至少能够估计出这种或那种方法的最大可能性。正因为如此，我们下面要扼要地谈谈这样一些生产方法，即它们的水平还远未达到理论所确定的极限，但它们无疑是有发展前途的。

电弧炉冶炼优质钢 这种方法可以保证冶炼数量极大的优质钢，它在迅速发展。电炉炼钢的比例在资本主义国家1974年达到了19.4%（平均）。各发达国家钢的总量在1960~1974年增加了一倍半，而电炉钢增加了两倍半。

现在电冶炼工艺有两个基本特点：使用越来越大的变压器以及将精炼过程转移到专门的炉外机组。这种趋势今后还要保持下去。就在几年以前，人们还认为44兆瓦对于100吨

的炉子是足够的。实践证明单位容量可以增加到每吨760千瓦，甚至1000千瓦，从而使炉的生产能力翻了一翻。现在比较准确的炉子分类法，已经不是根据装料量，而是根据小时生产能力。

随着变压器功率的增加，电弧炉的容量也提高了。世界上两个最大的电炉容量各为360吨，配备了几台功率各为162兆瓦的变压器。在苏联运转的是200吨的炉子，已经制造出了125兆瓦的变压器。炉的电气参数有了巨大变化。大型炉的次级电压达到了850伏，看来会提高到1000伏。

大家都知道，电极是电冶金的“薄弱”环节，在最好的情况下其消耗量是每吨4.5~5.5公斤，而电流允许密度一共是20~25安培/厘米²。在大电炉里电极直径已达到700毫米，从而使结构复杂化了。但是，电极生产取得了巨大成就。制造出了可通过100千安培电流的电极。电极材料的能力还没有到达极限。

重要的是要强调指出，当代的技术装备水平可以制造600吨，甚至是800吨容量的电炉。西伯利亚电热工厂的专家肯定了这一点。但是需要这样大的炉子吗？世界上最大的360吨的电炉在消耗电量为480~500度的情况下，一昼夜可炼钢3000吨，也就是说，一年是100多万吨。800吨容量的炉子，一年可炼钢300~310万吨。为了使车间可靠地工作，起码得有三个炉子，也就是说，这类超容量炉的车间的生产力将接近1000万吨，而耗电量是 4.8×10^9 度。如果用煤气预先把废金属加热到800~1000°C的话，生产能力还可以再提高20~30%，国外有些企业正在这样做。

总之，现代技术装备水平原则上可以修建年生产能力为1000~1200万吨的大钢厂，在这样的工厂里所有的钢都是用