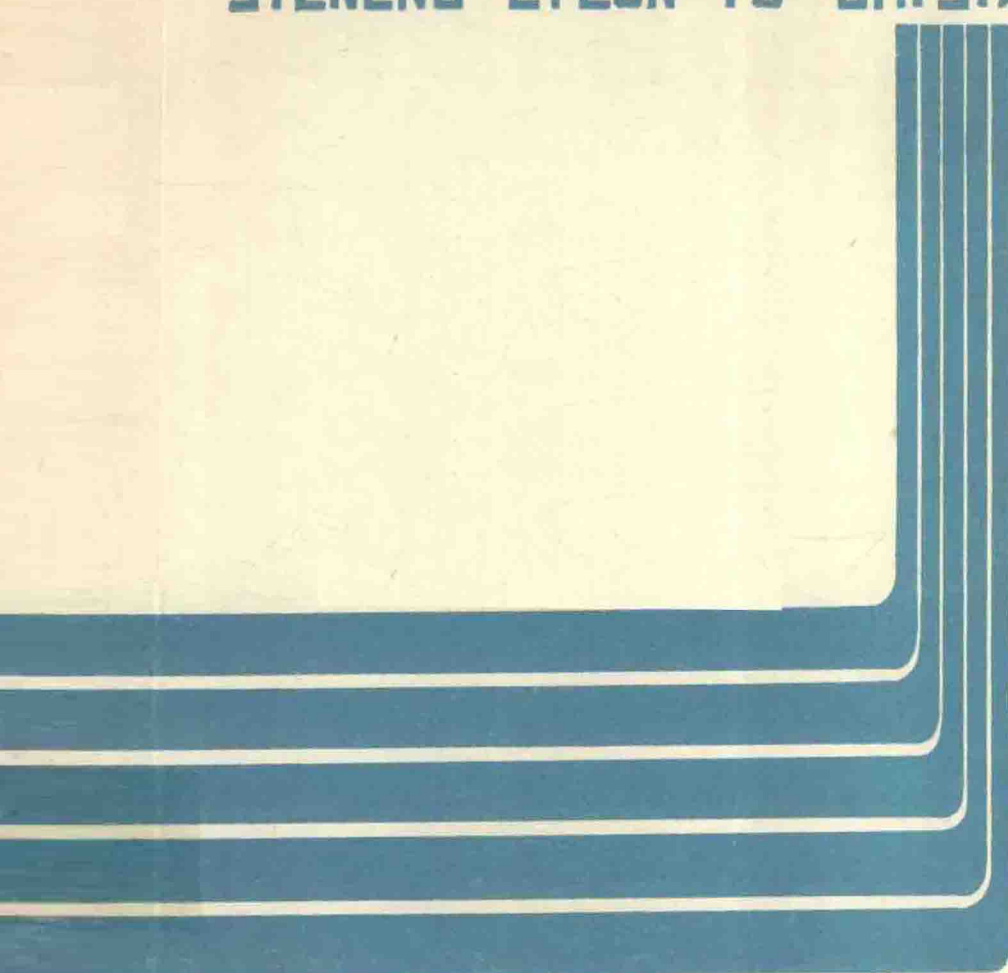




节能理论与实践

JIENENG LILUN YU SHI JIAN



北京能源学会

目 录

I、我国冶金、化工、电力和建材工业节能技术探讨.....	(1)
一、钢铁工业.....	(1)
(一) 我国钢铁工业的能耗.....	(1)
(二) 近、中期我国钢铁工业的节能技术.....	(1)
1. 干法熄焦.....	(1)
2. 限制土焦生产.....	(2)
3. “低碳厚料”操作.....	(2)
4. 高碱度烧结矿.....	(2)
5. 原料槽下过筛.....	(2)
6. 提高高炉热风温度.....	(3)
7. 高炉喷吹煤粉.....	(3)
8. 高炉无料钟炉顶.....	(3)
9. 高炉炉顶煤气余压发电.....	(4)
10. 回收和利用转炉煤气.....	(4)
11. 降低铁钢比.....	(5)
12. 提高废钢比.....	(5)
13. 大力发展连铸技术.....	(6)
14. 钢坯热装炉.....	(6)
15. 提高高炉平均炉容.....	(7)
16. 提高加热炉的热效率.....	(7)
17. 烧结矿冷却机散热的利用.....	(7)
18. 高炉脱湿鼓风.....	(7)
19. 电炉热能的回收.....	(8)
20. 板坯冷却锅炉.....	(8)
二、化学工业.....	(8)
(一) 我国化学工业的能耗问题.....	(8)
(二) 化肥工业节能技术.....	(9)
1. 减少氢气损失.....	(9)
2. 物理吸收法脱除二氧化碳.....	(10)
3. 采用新型催化剂.....	(10)
(三) 电石工业节能技术.....	(11)

(四) 氯碱工业节能措施.....	(11)
1. 抓紧改造蒸发工艺与设备.....	(12)
2. 加快试制先进的隔膜电解槽.....	(13)
3. 减少热损.....	(13)
4. 革新固碱生产工艺.....	(13)
三、电力工业.....	(13)
(一) 我国电力工业主要技术指标.....	(13)
(二) 电力工业节能技术.....	(14)
1. 发展联合电网, 采用高参数大容量火电机组.....	(14)
2. 淘汰和改造中低压凝汽机组.....	(16)
3. 因时因地的发展集中供热和热电厂.....	(17)
4. 降低厂用电率及线损.....	(18)
5. 合理调度水电站运行, 取得系统最大节能效果.....	(19)
6. 开发新型发电方式——燃气—蒸汽联合循环.....	(19)
四、建材工业.....	(20)
(一) 水泥工业节能技术.....	(20)
1. 发展以窑外分解技术为中心的新型干法工艺.....	(20)
2. 淘汰小回转窑, 改造立窑.....	(21)
3. 发展工业废料生产水泥.....	(21)
4. 大力推广混凝土外加剂.....	(21)
5. 大力开发低温烧成和新法烧成工艺.....	(21)
(二) 制砖工业节能技术.....	(21)
1. 发展空心砖.....	(22)
2. 淘汰土砖窑、推广轮窑和隧道窑.....	(22)
3. 推广普及内燃烧砖.....	(22)
4. 利用工业废渣和劣质燃料烧砖.....	(22)
5. 发展免烧压砖技术.....	(22)
(三) 建筑卫生陶瓷工业节能技术.....	(22)
1. 低温快速烧成工艺.....	(22)
2. 大力研究无匣钵烧成.....	(23)
3. 采用干法加工原料.....	(23)
4. 提高卫生陶瓷成型的泥浆浓度.....	(23)
5. 改进窑型、燃料和窑炉结构, 加强窑炉的隔热.....	(23)
(四) 大力发展新型轻质建材.....	(23)
(五) 玻璃工业节能技术.....	(23)
1. 加速发展浮法工艺, 熔窑向大型化发展.....	(24)

2. 发展中空玻璃.....	(24)
Ⅱ、浅析我国结构节能计算.....	(25)
一、结构节能量计算公式与计算实例.....	(25)
1. 统算与分算差数法.....	(26)
2. 比重法.....	(26)
3. 增长指数法.....	(27)
4. 总能耗需求法.....	(27)
5. 数量增加法.....	(27)
6. 增长水平比较法.....	(27)
二、工业中各层次结构节能量之间的数量关系.....	(28)
1. 假定的一个工业系统模型.....	(28)
2. 各层次内结构节能量之间的关系.....	(31)
三、几点意见.....	(31)
Ⅲ、关于我国能源发展战略的几个问题.....	(33)
Ⅳ、锅炉预期特性曲线.....	(65)

我国冶金、化工、电力和建材工业 节能技术探讨

贡光禹、梁士元、程凤程、李耀然、陈锦深、宋瑞雷

一、钢铁工业

三十多年来,我国钢铁工业取得了巨大的成就。1982年钢产量达3716万吨,与1952年的135万吨相比,平均每年增长速度为12.6%,比同期各工业发达国家的增长速度都快,日本为10.4%,苏联5.4%,西德3.7%美国0.6%。

但是,与上述国家比较,我国钢铁工业目前除在产量、品种、质量、技术装备、科学研究等方面差距较大外,能源消耗方面的差距也相当大。

(一) 我国钢铁工业的能耗

我国钢铁工业的能耗占重工业部门的首位。1980年钢铁工业能耗为7090万吨标准煤,占全国总能耗的12%。

近年来,我国钢铁工业节能成绩显著,吨钢综合能耗从1978年的2.52吨标准煤下降到1980年的2.04,1982年重点企业已由1.46降到1.40。但与各工业发达国家比较,我国单位产品的能耗仍然太高。1978年平均吨钢综合能耗,西德0.75,苏联0.96,美国0.90,日本0.68。我国钢产量相当于日本的30%,而能耗与日本相当。我国钢铁工业成材率低,如果按最终产品钢材计算,能耗差距就更大。

(二) 近、中期我国钢铁工业的节能技术

钢铁工业从高能耗向低能耗过渡,应抓住燃料比、钢铁比、废钢比、连铸比、材钢比等几项重要指标,除采取必要的政策

外,还要采用先进的技术和管理方法,降低燃料比和铁钢比,提高废钢比、连铸比和材钢比,才能使钢铁工业吨钢综合能耗由目前的2.04标准煤降到1985年的1.84(可比能耗1.2吨标准煤)、1990年的1.65(可比能耗1.1吨标准煤)、2000年的1.4(可比能耗1.0吨标准煤)吨标准煤以下。以确保到本世纪末我国钢产量达到7000~7500万吨。

根据我国能源和钢铁工业的情况,近期和中期建议采用的节能技术:

1. 干法熄焦

生产一吨生铁要消耗400~450公斤焦炭。炼焦炉生产出的赤热(1000°C)焦炭的显热相当于炼焦消耗热量的50%。用湿法熄焦时,赤热焦炭所含的大量热能以蒸汽状态排入大气而白白地浪费了,同时污染大气。

干法熄焦是把从焦炉推出来的赤热焦炭置于密闭的熄焦室内,通惰性气体熄焦,并用锅炉回收惰性气体所带热量,生产蒸汽。每吨焦炭可以回收0.4~0.5吨压力为40公斤/厘米²、温度约为440°C的蒸汽。干熄焦法的主要优点是改善焦炭质量、降低高炉焦比,获得比热电站成本低的蒸汽,且减少大气污染。设备投资可在4~5年内回收。

苏联1960年成功地使用了干法熄焦,把显热转化为蒸汽或电力加以回收。日本住友金属工业公司鹿岛厂采用苏联的

干法熄焦技术，于1981年底建成世界上最大的干熄焦设备，小时处理能力为120吨，每小时产生蒸汽54.5吨（压力100公斤/厘米²）。产生的蒸汽用于发电，一年可节约能源费用20亿日元。设炉投资45亿日元，两年半可以收回。

2. 限制土焦生产

我国因机焦生产能力不足，历年都生产大量土焦。据调查，每生产一吨土焦一般需要2吨焦煤，比生产机焦要多消耗半吨煤，以土焦产量最低的1981年为例，生产土焦660多万吨，多消耗炼焦煤330万吨，同时还跑掉焦炉煤气25亿米³（相当210万吨燃料煤）和75万吨焦化产品。此外，从能源利用角度看，生产一吨土焦的能源利用率比机焦低40%左右。因此，要千方百计地扩大机焦产量，限制土焦生产；提高焦化产品价格以调动生产机焦的积极性；鼓励在机焦能力不足的产煤省、区建设焦炉。

3. “低碳厚料”操作

厚料层烧结的优点是烧结过程中热交换较充分，促进粘结相的生成，提高烧结矿强度，改善烧结矿的高温和低温性能；料层加厚以后，热能利用好，有利于降低烧结过程的燃料消耗。

国外烧结厂料层厚度一般为400~500毫米。我国一般为200毫米。1978年首钢烧结厂将烧结料层厚度由220毫米左右加厚到280~300毫米，从而提高了烧结矿强度，粉末率由19%降到12%，氧化亚铁由21%降到16%，吨矿煤耗由80公斤降到70公斤，效果很好。1979年推广以来，重点企业大部分将烧结料层加厚到300毫米以上，吨矿煤耗1978年为89.2公斤；1979年为82.5公斤，当年节约燃料煤27万吨；1980年煤耗降到74.6公斤，又节约燃料煤35万

吨；1981年煤耗70公斤。1979~1981年共节约燃料74万吨标准煤。1982年重点烧结厂平均料层厚度325毫米，平均煤耗降到68公斤。目前首钢第二烧结厂料层厚度稳定在420毫米，武钢第三烧结厂达到400毫米。

1983~1985年重点烧结厂料层厚度要普遍加厚到350毫米以上，其中约有半数应达到400毫米以上。

4. 高碱度烧结矿

高碱度烧结矿与自熔性烧结矿相比，具有强度高、粉末少、氧化铁低、还原性好等特点。

1979年太钢把烧结矿碱度从1.0提高到1.6~1.8，使吨铁入炉石灰石从188~255公斤减到30公斤，焦比降低27公斤，产量增加7.5%。

1980年重点企业烧结矿碱度为1.42，1982年提高到1.48。1982年重点企业生产烧结矿4360万吨，产铁2600万吨，与1978年相比，烧结矿碱度提高0.21。由于碱度提高，高炉每吨铁的石灰石用量由70公斤下降到25公斤，全年高炉少加石灰石117万吨。

到1985年，重点烧结厂烧结矿平均碱度要达到1.5以上，实现高炉不加石灰石。

5. 原料槽下过筛

炉料中小于5毫米的粉末每减少1%，焦比可降低4~7公斤。日本、西德入炉原料粉末控制在5%以下，法国规定小于6毫米的不大于7%，美国规定小于6毫米的要筛除。

1980年我国重点企业中有70%的高炉没有槽下过筛设施，炉料含粉率平均达13~14%，含粉率小于5%的只有唐钢、本钢一铁厂、太钢3号高炉及首钢

新2号高炉。

原料槽下过筛技术推广很快，目前重点企业49%的高炉已采用。多数是在高炉矿槽下加筛子，有的是在矿石装入矿槽时在卸料小车上进行筛分。但多数筛分率不高，粉末率还没有大幅度降下来。应组织调查，查明原因，尽快采取措施。

6. 提高高炉热风温度

热风温度提高100度，可降低炼铁能耗15~20公斤。我国重点企业1978年平均风温917度。由于各企业普遍检修了损坏严重的热风炉，推广快速燃烧，缩短换炉时间，高炉操作运用固定风温调节喷煤量，风温逐年上升，1980年重点企业平均达到978度，1982年平均达到992度。其中鞍钢、武钢、马钢、首钢、重钢、上钢一厂和梅山铁厂风温都超过了1000度。首钢新2号高炉顶燃式热风炉风温达到1200度。

目前国外高炉高的风温在1300度以上，我国差距还较大，需要大力提高。

7. 高炉喷吹煤粉

高炉喷吹煤粉可改变燃料结构，提高高炉的调剂手段，对充分合理地利用煤炭资源，降低焦比，开辟了新途径。

国外采用喷煤粉技术较有经验的国家是苏联和美国。日本的新日铁、神户制钢及荷兰的霍戈文钢铁公司已从美国引进了喷煤粉技术。我国喷煤粉技术已较成熟。西德、法国、意大利、英国及澳大利亚的钢铁厂家对我国的喷煤粉技术颇感兴趣。

我国高炉喷煤粉技术有其特点。向高炉喷吹一吨煤粉可代替800公斤焦炭或670公斤重油。1980年重点企业平均吨铁喷煤粉39公斤，全年喷煤粉总量110万吨；1982年增加到48公斤，喷煤粉总量125万吨。由于喷煤粉量不断扩大，高炉喷油逐年减多，1978年吨铁喷油32.6公

斤，喷油总量80万吨，1982年实现了高炉不喷油。

近年我国喷煤粉技术又有新进展。首钢的喷煤技术已向国外输出。马钢等喷吹烟煤成功。首钢还在大高炉试喷了烟煤。鞍钢、太钢、本钢等也准备在大高炉上试喷了烟煤。据计算，喷煤粉系统设施和投资只相当于焦炉投资的20~30%，投资一般可在7~15个月收回。目前我国重点企业已有一半的以上的高炉采用了喷煤粉技术，如再投资几千万元，就可以在二、三年内使所有重点企业的高炉都喷煤粉。按每吨铁喷吹100公斤煤粉计，每年可代替焦炭250万吨，节约资金近亿元。另外，我国喷吹煤粉技术还需进一步提高装备水平，如计量仪表、自动控制装置等。

8. 高炉无料钟炉顶

高炉无料钟炉顶装置是一种新的装料装置，是对传统的双钟炉顶装料装置的一个根本性的变革。大力推广应用这项新技术，对改善高炉生产操作、提高技术经济指标、节约能源具有十分重要的意义。因此，高炉无料钟炉顶被公认为是现代大型高炉炉顶装料设备的发展方向。

高炉无料钟炉顶装料装置，是七十年代初由卢森堡PW公司首先成功地应用于1445米³高炉上，目前国外已有70余座高炉采用。无料钟炉顶比有料钟炉顶有如下优点：一是布料灵活、均匀、合理。当达到最佳布料时，可降低焦比30~40公斤/吨铁以上。西德汉堡4号高炉使用无料钟炉顶后，降低焦比20公斤/吨铁，增产生铁25%。二是密封、可靠。三是设备重量轻。一般无料钟炉顶装置比双钟式炉顶装置要轻三分之一左右。四是结构简单。制造、安装、维修方便，可在计划检修时间内顺便进行，而有料钟炉的大钟更

换则需要停炉休风4~6日。西德施魏尔根厂高炉无钟炉顶维修费用，每吨生铁是0.22西德马克，而双钟炉顶维修费用达0.74西德马克。双钟备件费用需320万西德马克，无钟备件费用只要180万西德马克。

使用无钟炉顶，可使高炉生产获得良好的经济效益。例如，首钢二号高炉采用无料钟炉顶，投产三年多来运行顺利，1982年利用系数达到2.04，焦比402公斤，综合焦比508公斤，在国内居领先地位。虽然首钢高炉还需进一步改进，但实践证明，采用无料钟炉顶装置确实是一项值得推广的新技术。

我国绝大多数高炉使用双钟装料装置，有三大缺点：一是炉料分布欠佳，煤气利用较差，焦比较高；二是难于维持较高的炉顶压力，高炉透气性变差，影响产量和焦比；三是大钟磨漏，寿命短，影响作业率和生产。

1981年首钢与卢森堡进行技术交流，引进了PW无钟炉顶技术。1980年以来包头钢铁设计院和包钢又研制出了新式传动机构的无料钟装置，中间试验已获成功。推广无料钟技术在我国已具备了充分的条件。

9. 高炉炉顶煤气余压发电

炉顶煤气余压发电技术于1969年首先在苏联切列波维茨钢铁厂3号高炉使用，到1975年拥有装置20套，总发电量为14亿度。1973年以后，相继在日本、法国、西德、英国及南朝鲜等主要产钢国家和地区的高炉上采用。日本用得最多，约有60%的生产高炉采用了，合计发电量可供150万人口的城市用电。在日本条件下，一套余压发电装置的投资可在两年内全部收回。

我国高炉炉顶煤气压力低，全国只有13座高炉炉顶压力在1公斤/厘米²以上。我国一些钢铁厂已经或准备采用煤气余压发电技术。据设计部门计算，如采用国产设备，一套发电装置的投资可在2~3年内收回。据推算，若我国高炉顶压在1公斤/厘米²以上的13座高炉都采用煤气余压发电技术，总发电量可达4~5万千瓦。建议进一步研究并完善，争取“七·五”期间广泛推广。

10. 回收和利用转炉煤气

在转炉炼钢过程中，每吨钢产生的烟气中潜热、显热之和达 250×10^3 千卡，是炼钢工序中节能潜力最大的环节，因此各国都积极回收和充分利用转炉煤气。回收转炉煤气主要有两种方法，一种是燃烧法，一种是未燃烧法（即OG法）。燃烧法建设和维修费用高，近年多采用OG法，OG法回收率可达70%。国外每吨钢实际回收的煤气量一般为50~60米³，1979年日本全国平均每吨钢回收煤气量为73.1米³，最高达132.5米³。近年来转炉煤气回收又有新进展，出现全封闭法排烟，解决了向厂房大量溢烟和二次烟气排出问题；在200~300吨的大炉子上实现了烟气、蒸汽同时回收。一座年产800万吨钢的转炉钢厂，年回收煤气、蒸汽量可达 1150×10^3 大卡，相当16.4万吨标准煤。最近国外不少工厂已正式将转炉煤气纳入工厂总的热平衡中，统一加以利用。如日本扇岛厂收集到的转炉煤气热量，已占工厂总热量的7~8%。

我国福建三明钢铁厂15吨转炉的煤气回收装置于1979年4月全面投产。一座15吨的转炉每天回收煤气量为1.8~2.54万米³，吨钢回收量为57米³，最高达105米³。三明钢厂回收的煤气中含CO50%、

O_2 0.47%，发热值为 1500 千卡/米³，无色、无味、干净，点火容易，操作环境良好，无严重污染现象。目前主要用于 300 吨混铁炉、铁水包及钢水包的烘烤热源。下一步准备用于合金烘烤，污泥的烘干碳化。上钢一厂第三转炉车间配备了煤气回收装置，每吨钢回收煤气 50~60 米³，每年回收的煤气折合标准煤 9.5 万吨。

11. 降低铁钢比

铁钢比高是我国钢铁工业能耗高的主要原因。1949~1979 年我国平均铁钢比为 1.09，1980 年为 1.024，相当于各工业发达国家在第一次世界大战前的水平（1914 年世界铁钢比在 1 以下）。仅此一项吨钢综合能耗就比日本多 2000 公斤标准煤。目前各国铁钢比都在逐步下降。

我国铁钢比高的原因：一是钢铁工业本身耗铁量大，主要是炼钢技术、生产管理和生铁质量有待提高。二是同国外比国情不同，如国家经济中金属总拥有量少，折旧报废回炉重熔的废钢铁量少，炼钢消耗生铁较多；机械制造工业用料不合理，采用铸铁件多，使用钢材少；生铁价格偏低，促使用户以生铁代钢材；钢材的产与需之间差距大，也迫使用户多用生铁。

在这些原因中，铸造铁用量过大是造成我国铁钢比高的主要原因。我国近几年产钢 3000 多万吨，铸造铁产量竟高达 1000 万吨，居世界第一位，比同期美国、日本、西德、法国、英国五国的总产量还多。日本、美国每年产钢一亿吨以上，铸造铁产量仅为 200 万吨左右。据三十多年的统计，我国铸造铁产量占生铁总量的 30% 以上（近两年有所下降），而日本不到 2%，美国不到 3%，西德不到 5%，苏联为 7~8%。

我国钢铁工业能耗的 20% 以上用于

铸造铁生产。因此降低铁钢比必须大力压低铸造铁的产量和用量。从钢铁工业用煤的现实性来说，大力压低铸造铁产量钢铁工业才能发展得快些。如按 1980 年铁钢比（1.024）推算，到 2000 年生产 7000 万吨钢，则要求生产近 7200 万吨铁，约需近 1.3 亿吨煤，将比目前实际耗煤量增加一倍。要达到这么大的需煤量，平均每年需增加用煤 400 多万吨。这在不能大量增加能源供应的条件下，显然是不现实的。如果能大力压低铸造铁用量，平均每年压低 35~40 万吨，到 2000 年将铸造铁用量控制在略高于目前日本、美国的水平是可能的。

压低铸造铁用量不单单是冶金部门的事情，涉及到其他一些行业。因此，需由国家统一组织，上下配合行动，调查现状，确定目标，规定任务，纳入计划，定出措施。

12. 提高废钢比

提高炼钢废钢比是降低钢铁生产能耗和成本的重要途径。炼钢时，多吃一吨废钢，可节约 0.88 吨标准煤、1.7 吨高品位铁矿石和 280 公斤石灰石。据国外研究，每炼 1000 吨钢，用废钢比用矿石（炼铁后再炼钢）节能 74%，节省原料 90%，节水 40%，还可大大减轻环境污染。1978 年国外综合废钢比为 30~50%（平炉 45~86%，氧气转炉 10~27%），近年来，国外不但继续提高废钢比，而且主要产钢国都拥有专业化的废钢加工厂。如日本现有专业化的废钢加工公司已达 800 多家，市场上出售的废钢 90% 以上经过加工处理，加工处理设备正向大型、高效、多用途发展，3150 吨的打包机、300 吨的大型剪断机等大型设备已广泛使用。

我国废钢资源也较丰富。据国家物资

局统计资料,我国1971~1980年每年回收的废钢量占当年钢产量的50%左右,1980年达1707万吨。另外,我国设备定期报废更新制度一直未能实施,尚有600亿元库存和积压的机电设备正在清理。但我国的实际废钢比却很低,综合废钢比为33.4%(平炉30%,转炉5~10%)。这是造成我国钢铁生产能耗和成本高重要因素之一。

我国的废钢比如能提高1%,按年产3400万吨钢计,一年可节约生铁30万吨,节约焦炭15~20万吨,节约石灰石10~15万吨,价值数千万元。为了逐步做到转炉平均吃废钢15吨,平炉50%,电炉90%以上,要大力加强废钢和含铁尘泥的回收加工;要优先把加工废钢必须的打包机、剪断机等设备配备起来,并进口部分废钢和拆进口旧船。此外还要抓紧进行金属化球团的试验。

13. 大力发展连铸技术

连铸与模铸相比,钢水成材率平均提高8~10%,吨坯节能50~80公斤标准煤。

七十年代钢铁工业发展的最大特点,是连铸技术的迅速发展和连铸比的迅速提高。1970年世界连铸设备共有300台,生产能力5500万吨,连铸比只有6%;1980年连铸设备增加到1000多台,生产能力超过2亿吨,连铸比达30%。日本连铸比1981年已达71.5%,估计到1985年将达90%。

据国际钢铁协会技术委员会最近对109个钢铁企业调查,连铸坯比模铸初轧坯的能耗降低15~35大卡/吨坯,成材率平均提高12.2%。连铸技术的经济效益,在日本和美国的钢铁生产中体现的非常充分。日本从发展连铸中获得的经济

效益十分显著。1970~1980年十年间,连铸比提高了53.9%,平均每年增加连铸坯500万吨。按每吨连铸坯节能25万大卡计算,每年节能18万吨标准煤。又由于连铸比的提高,成材率也随之提高,十年间成材率从81.2%提高到90.5%,平均每年增加热轧材70万吨,又可节能10万多吨标准煤。因此,日本的吨钢综合能耗(0.669吨标准煤)和成材率在国际上遥遥领先。而美国因为连铸技术发展较慢,1980年连铸比才20.3%,因而成材率仅为73%左右。也就是说,同样生产一亿吨钢,日本可生产9000万吨钢材,而美国只能生产7300万吨钢材。1974~1981年美国的钢产量均高于日本,可钢材产量却一直低于日本。由此可见,发展连铸技术确实是降低能耗,提高成材率最有效的措施。

我国连铸比到1982年只有7.9%,连铸机的作业率仅30~40%。这也是造成钢铁工业能耗高、钢材收得率低(73%)的重要原因。

到1982年底,我国已有7台小方坯连铸机建成投产,马钢等厂连铸机正在安装,有的厂正在进行施工准备。今后新厂建设和老厂改造,都应以连铸为主要发展方向,机型以全弧形和直结晶器带垂直段的弧形连铸机为主;重视提高连铸坯质量,增加铸钢品种,提高自动检测和控制水平;做好前后工序配合,以期获得最佳经济效益。

14. 钢坯热装炉

钢坯热装炉是将初轧后的热坯或连铸热坯直接装入加热炉。采用钢坯热装炉,因省略了钢坯冷却、缺陷清理工序,可节约能耗30~40%,加热时间可缩短一半,并可提高成材率。目前不少国家的钢铁厂

都已采用了钢坯热装炉，如日本到1979年3月已有13个钢铁厂的19个车间采用了。为便于进行热装炉操作，在热坯的运送和保温方面也采取了相应的措施，如利用特制的板坯保温台车将连铸板坯运送到热轧机加热炉；在加热炉前安装贮存槽保温板坯，以调节运送时间的波动。

我国目前钢坯采用热装炉方法较少，应该通过提高炼钢铸锭技术和加强前后工序的管理，推广钢坯热装炉技术。

15. 提高高炉平均炉容

我国炼铁高炉焦比高（全国重点企业1979年达553公斤，而日本、西德、意大利高炉焦比分别为429、490和459公斤），利用系数低（日本、苏联1978年分别为1.80和1.82）。重要原因之一是，我国高炉平均炉容小。据1978年底统计，冶金系统现有高炉887座，总容积85,399米³，平均炉容96.2米³，其中重点企业平均炉容705米³，300米³以下小高炉35座，占总数的44%，如果包括地方中小高炉则平均容积只有88.6米³，200米³以下的小高炉占总数的90%左右。由于高炉容积小，无法采用一系列先进技术，加之设备陈旧，技术水平落后，造成能耗高，经济效益差。

建议在一切有条件的企业和地区，结合设备大修进行技术改造，有步骤有计划地提高高炉平均炉容，尽可能采用国外七十年代行之有效的节能新技术，如实现超高压（1个大气压以上）炉顶压差发电、提高风温、采用脱温鼓风、加强矿石整粒混匀、吃精料、熟料、喷吹煤粉，采用无料钟炉顶等，以降低焦比，提高高炉利用系数。

日本从五十年代起实行高炉大型化、现代化，使高炉各项经济指标跃居世界首

位；苏联从七十年代起对300米³以下的小高炉实行逐步拆除的方法，这说明提高高炉平均容积对节能是重要的。

16. 提高加热炉的热效率

我国钢铁企业加热炉和均热炉的平均热效率小于30%，而国外先进指标都在60%以上，差距很大。为此，要重点研究高温绝热耐火材料的制造和应用技术、省能炉体新结构、窑炉热工制度、仪表与自动控制、提高炉底加热强度，使热效率提高到60%，接近七十年代世界水平。

17. 烧结矿冷却机散热的利用

灼热的烧结矿一般都是空冷，把热量放散到大气中，这种热气温度高达400°C，而且空气量很大（每吨烧结矿约需空气3000~4000米³）。这种热空气可送入点火炉作燃烧用。新日铁公司室兰钢铁厂于1976年就曾将这种热空气送往六号烧结机的点火炉使用。如果利用这种热产生蒸汽并以电力的形式回收热量，则可达到10%左右。日本钢管公司京滨钢铁厂已于1978年12月建成这种余热发电装置，每小时可回收350~400°C的热气48万米³，可产生14公斤/厘米²表压、270°C的蒸汽60吨。1979年4月住友金属公司和歌山钢铁厂也已建成类似设备，每小时回收蒸汽18吨。预计，今后几年日本各大钢铁厂将普及这种余热回收装置。

18. 高炉脱湿鼓风

高炉操作中的一个重要问题是要保持炉况稳定，而鼓风中的湿度变化是影响炉况稳定的一个主要原因。在气候干燥的冬季，每一米³空气中含水份3~6克，而在多雨的夏季，则可以多达25~30克。此外，白天和夜间，晴天或雨天，空气中的水份含量都有变化。

为了稳定高炉鼓风中的湿度，一般可

采用两种方法，一是吹入蒸汽的加湿鼓风，一是脱湿鼓风。据日本计算，鼓风中的湿度每降低10克/米³焦比可降低6~10公斤/吨铁，同时稳定炉况。

19. 电炉热能的回收

随着电炉用氧量的增加，烟气热能的损失也大量增加，电炉烟气的温度高达1000°C以上国外对这种热能的利用做了几种试验。

一种是利用两个炉壳的串联式电炉，当第一座炉子炼钢时，烟气通过第二座炉子，对废钢进行预热，而当第二座电炉插入电极炼钢时，烟气则通过第一座炉子预热废钢。这种方法可节能15~20%左右，并可缩短冶炼周期，提高产量。

另一种方法是英国布雷恩·博维公司发明的，已在5吨和36吨电炉上进行过试验。来自电炉的烟气通过一个内径1.8米、长13.36米、倾斜12.5度、每分钟转动一周的转筒体。筒内有一组筋条使废钢缓慢通过而获得较好的热传递，在筒体的一端设有天然气烧嘴，以增加对废钢的加热。

20. 板坯冷却锅炉

日本许多钢铁厂都建有利用板坯辐射热产生蒸汽的板坯冷却锅炉，每小时可产生蒸汽40吨。锅炉实质上是由两个方形通道组成，布置在板坯初轧机成品机架和冷库之间，通道内壁布置汽化管群，总传热面积约3000米²，板坯进入锅炉的温度平均约为1000°C，在炉内用步进机构传送板坯。这种板坯控制冷却方法也能对提高钢板质量提供较好的条件。

二、化学工业

化学工业是高能耗部门，工业原料政策就是它的能源政策；化工生产所需原料大多数是能源。能源有效利用率的高低在很大程度上决定了化学工业的发展速度，如何用最少的原料和能源来生产一定数量的化工产品是中国化学工业的发展方向。

(一) 我国化学工业的能耗问题

我国化学工业是仅次于冶金工业居第二位的耗能部门，1979年消耗7,200万吨标准煤，占全国总能耗量的12.6%。此外，我国化工能源的利用率低，一般只有国外的50~70%。我国与美国、日本的化工能源利用情况如下表所示：

国 别	化工能源总耗量 (万吨标准煤，包括动力)	化工总产值 (亿美元)	吨标准煤创造的 美元产值
中国 (1979)	7200	199.4	276.9
美国 (1973)	18229	650	361.9
日本 (1973)	6531	264	406

我国化工能耗存在如下几个问题：

①用作化工原料的能源比例比较低。工业发达国家的化工能耗中，用作化工原料的比例通常占40%以上，我国化工用于原料的能源虽缺详细数据，但从主要产品的能耗来看，用于原料的仅占30%。在

化工能耗中用作原料的比例低与用作燃料、动力的比例高，说明热能利用极其浪费。

②合成氨的能耗占化学工业能耗的一半。1953—1978年期间我国化肥投资占化学工业投资的一半，其中氮肥投资占化

肥投资的90%，但氮肥工业的产值仅占化工总产值的百分之十几。

③小企业多，生产技术落后，能源浪费严重。例如，1979年大、中型合成氨厂的综合能耗平均为2吨标准煤/吨氨，比历史较好水平的1966年下降了9.1%，但加上小合成氨厂的能耗，综合能耗上升为2.8吨标准煤/吨氨，比1966年增加了27.3%。与国外相比，合成氨的单位能耗为国外先进水平的2.1倍；烧碱为1.3倍；电石与黄磷为1.2倍。化工能源构成中，石油和天然气比重低。我国化工能源消费构成中石油占14%，天然气占6%，煤和焦炭占80%。化工的油、气消耗的比重尚未达到全国能源消耗构成中油气的比重。我国化学工业平均每年耗用600多万吨石油，占石油产量的6%，但其中用于化工生产的只有300多万吨。

另一方面，就本世纪末实现工农业总产值翻两番的要求来说，化学工业节能有重要意义。化学工业是基础工业，其发展速度一般是超前的。以2000年工业总产值2.166万亿元为基础，按现有化工产值占工业总产值的比例推算，2000年的化工产值平均为1895亿元，是1980年的4.6倍；如以工业平均增长速度推算，2000年化工产值应为1792亿元，为1980年的4.36倍。考虑以往三十年化工超前发展的经验，到2000年化工产值至少为1800亿元。即化工总产值要比目前增加1400~1500亿元。按目前每万元产值平均耗能18吨标准煤推算，则2000年化工生产共需能源3亿吨标准煤。若不投低能耗、节约能源，化学工业产值翻两番难以实现。

（二）化肥工业节能技术

我国化肥工业是以氨系列化肥产品为

主，而合成氨又是化工生产中耗能最大的产品之一（与电石、烧碱、炼油和黄磷形成五大耗能产品），其能耗占化工总能耗的56%。因此，合成氨的节能技术极为重要。

从理论上计算，吨氨的能耗为 5×10^6 千卡，目前国外大型氨厂的吨氨能耗为 $8.5 \sim 9.5 \times 10^6$ 千卡，估计到1985年先进流程的实际能耗可降到 $7 \sim 7.5 \times 10^6$ 千卡/吨氨，比目前约降低20%。国外合成氨节能所采取的措施：六十年代为回收工艺余热，产生动力蒸汽拖动机泵，使大合成氨装置的动力与工艺系统密切结合，合成氨生产的热能利用率从50年代的30%提高到60%以上；七十年代是将工艺装置与动力装置进一步结合，选择合理的工艺方法使能量减到最少；八十年代以来，是把合成氨生产工艺过程作为一个能量消耗过程的整体来考虑，即综合考虑能量平衡以及分级和多级利用能源。

1980年我国有1300个小氮肥厂，平均吨氨能耗为2290万大卡，为国际先进水平（以煤为原料）的1.91倍，是国内中型厂吨氨能耗的1.35倍。我国中型氨厂的氨能耗高达理论值的3~4倍，与国外相比，用同种原料制氨的能耗约为国外的一倍以上。我国中小型合成氨厂能耗高的原因是管理不善，能源浪费惊人；工艺技术和设备落后，难以回收利用余热。目前我国大中小型合成氨企业的能源有效利用率分别仅为47.6%，26.4%和19.9%；工厂布局不合理。

为使合成氨节能在短期内取得明显效果，除采取措施加强企业管理外，应重视发展如下几项节能技术：

1. 减少氢气损失。理论上生产吨氨只需1970立米氢气，而实际耗氢量高达

2650立米。国外采用分子筛变压吸附净化技术、选择性氧化一氧化碳、低温分离气体以及渗透膜分离氢气等技术，以取消二段转化炉、减少氢气净化过程生成的甲烷和随弛放气而带走的氢气损失。采用这些新技术可使氢气消耗减少6.5~10%。国内在减少氢气损失方面已取得成果有“变压吸附法回收氨厂弛放气中的氢”。该装置规模为1000标准立米³/时，可将回收纯度为98.5%的氢送回系统（回收率分别为75%和大于55%），回收的氢气可增产氨1500吨/年，相当于节煤（标准煤）3000吨。

2. 物理吸收法脱除二氧化碳。以往的气体净化过程多采用钾碱液或醇胺溶液，用化学吸收反应的原理脱除二氧化碳，此法在脱吸过程中消耗大量热能。80年代以来，国外均采用物理吸收法，如碳酸丙烯酯脱碳法，可使合成氨能耗降低7.5%。1979年我国已研究成功“用碳酸丙烯酯脱除合成氨厂变换气中的二氧化碳”。该法用于改造我国以煤为原料的合成氨的水洗过程，已获得如下经济效益：碳酸丙烯酯吸收二氧化碳的能力为水洗的4倍，吨氨可节电150~200度，氨气气体

的损失可减少一半，设备能力提高1~2倍。

3. 采用新型催化剂。改进催化剂是实现节能流程的关键之一。近年来，丹麦、英国、瑞士等国分别研制成功新型耐硫低温变换催化剂、铁-钴系氨合成催化剂与球型催化剂。近年来，我国对合成氨催化剂做了大量的研制工作，其中性能优异的有：

① B204型一氧化碳低温变换催化剂。该剂的活性已优于国外同类型催化剂K52-1，低温炉出口一氧化碳浓度比K52-1约降低0.12%，取得的效果为：沧州化肥厂（30万吨/年合成氨装置）规模的装置等于日增产合成氨13吨。

② A116-1型氨合成催化剂，可使合成塔生产提高能力5—10%，从而降低了能耗。

③ 规则（球型）氨合成催化剂。其性能既优于现有的无定型催化剂，也优于国外用粉末烧结法及熔融造粒法所试制成的球形催化剂。该催化剂可使合成塔生产能力提高10—15%。

此外，根据我国合成氨小企业多的特点，应该重视下述十一项节能技术成果的推广，以取得应有的经济效益：

项 目	主要内容	经济效益	吨氨节能 (万大卡)
1. 提高锅炉热效率	改造锅炉，减少各项损失	热效率60% 提高到70%	~100
2. 回收吹风气潜热	将各炉吹风气集中到一些 燃烧炉、燃烧后回收热量	吨氨节煤70公斤	~50
3. 回收吹风气及上行煤气显热	废热锅炉或蒸汽过热回收	吨氨节煤40公斤	~30
4. 过热蒸汽造气	提高入炉蒸汽焓	提高总蒸汽分解 率5~10%	~100
5. 变换段间换热	由原段间蒸汽冷激 改为段间间接换热	吨氨约可节约 蒸汽1吨	~50

6. 回收变换汽余热	回收热水塔出口 变换气显热	可使 8 吨/小时锅炉 给水升温 62°C	~30
7. 利用高效或球型触媒	/	提高氨净值 1-1.5% 减少放空气 100 标准米 ³	~60
8. 回收合成余热	利用热水循环加热再生 铜液	吨氨节约蒸气 0.6 吨	~30
9. 合成双塔并联	/	增加生产能力	
10. 变压吸附回收氢	回收合成工艺中的氢回到 制氮系统	增加产量 4 % 左右	~50
11. 提高进锅炉软水 水质	钠离子交换软水法前 增加石灰预处理	投低排污热损失	~100

我国中型合成氨厂应首先推广下列诸项节能技术:

1. 改进气化工工艺。以煤为原料制氨,我国煤耗为 1.4~1.7 吨氨;重油制氨,原料油耗为 900 公斤/吨氨。计算表明,原料消耗的节约潜力可达 7~23 %。目前我国采用添加硝酸钙来减少炭黑的生成。西德的“无炭黑气化”技术,其特点是生成的煤气不含炭黑,而且甲烷含量也降到 0.1 % 左右。煤气加蒸汽后可直接进入变换工序。

2. 改进气体净化工艺流程,兼用先进脱硫技术。如研制耐硫的中、低变触媒,实现中变串低变,简化净化流程等。

3. 合成弛放气回收氢等。

4. 采用规则外型催化剂。

5. 回收利用工艺余热。目前我国中型氨厂能耗高的重要原因之一是余热回收率低。国外回收工艺余热所产生的蒸汽约占合成氨蒸汽耗量的 70 %,而我国不到 30 %。

(三) 电石工业节能技术

我国现有电石生产厂点 322 个,拥有电石炉 435 台,生产能力共 240 万吨/年。我国电石工业的综合能耗很高:1980 年日本电石生产的综合能耗(折合成标准

煤)为 1.937 吨/吨电石,我国化工重点企业为 2.424 吨/吨电石;小型电石炉的综合能耗则高达 2.606 吨/吨电石。电石行业的节能措施主要有下述两方面:

(1) 采用低能耗电石生产工艺。引进 3—4 套低能耗电石生产工艺技术和关键设备(包括空心电极、炉气干法除尘、气烧石灰窑、出炉熔融电石显热利用、机械化电石出炉机、计算机生产控制等,并在电力资源充足地区的电石企业建设商品电石生产基地。

(2) 开敞式电石炉采取节能措施,逐步改造为半密闭电石炉。

根据引进技术关键设备建设 40 万吨/年电石生产装置和改造 50 万吨/年规模的估计,到 1990 年我国将有 90 万吨/年低能耗工艺的电石生产装置达到世界先进水平,与 1980 年相比能耗可降低 35.46~43.56 万吨标准煤。

(四) 氯碱工业节能措施

氯与烧碱属基本化工原料,产量在化工产品中仅次于化肥、硫酸。近年来,国外一些主要氯碱生产公司均研制和采用节能新工艺、新设备、新材料,以减少能耗。如隔膜法电解厂采用金属阳极、改良隔膜的电解槽,四效蒸发工艺以及提高生

产管理水平等,使总能耗下降了30%左右。从目前看,国外技术改进取得的节能

效果有以下几个方面:

项 目	技 术 改 进	节 能 效 率
隔膜电解槽	1. 石墨阳极改金属阳极(虎克电槽)	530度/吨碱
	2. 采用改良石棉隔膜(钻石电槽)	202 %
	3. 采用扩张金属阳极(同上)	128 %
	钻石电槽由石棉隔膜金属阳极改成改良石棉隔膜扩张金属阳极	330 %
	虎克电槽石棉隔膜改成改良石棉隔膜	150 %
	4. 电流效率提高1%	54 %
碱液蒸煮	1. 紫伦巴三效逆流改四效	0.53吨蒸气/吨碱
	2. 紫伦巴流程比斯文生四效	0.29 %
固 碱	大锅熬碱改降膜蒸煮	0.28吨标准燃料/吨碱
液 氯	间接冷冻改直接冷冻	20%

国外氯碱工业的节能动向如下:

1. 技术研究

①离子膜法生产氯碱兼有隔膜法与水银法的主要优点,能耗亦低。

②隔膜电解槽的铁阴极氢超及阳极液、隔膜电压降仍占槽电压的主要部分约25.5%。其他电压降只占9%。近年来各国均在降低铁阴极氢超的试验研究,可进一步降低槽电压和电耗。

2. 充分利用热量

采用可靠的设备与条件来保证能量的迅速传递与充分利用,以减少热损。例如,隔膜法碱液蒸发采用四效流程来充分地利用蒸汽的热量,减少热损,采用良好的保温材料等。

3. 发挥设计工作的作用

氯碱厂往往是同时生产氯产品的企

业,在生产过程中彼此都有要被抛弃的废物。因此在设计时要考虑互相利用,或循环使用,或转变成其他有用的化学品。

我国氯碱工业应重视推广下述几项节能技术与政策:

1. 抓紧改造蒸发工艺与设备

我国大中型氯碱厂多数采用三效顺流蒸发工艺间断操作生产30%的液碱。由于工艺、设备落后,材质差,每吨碱的蒸汽消耗平均约为6吨。比国外三效逆流带闪蒸的工艺设备生产50%的液碱汽耗量(2.8~3吨)高一倍,比四效蒸发汽耗(2吨)高二倍。1977年,我国隔膜碱产量约120万吨,浪费蒸汽约350~400万吨,折标准燃料50~55万吨。据计算,现在的三效顺流与三效逆流生产50%液碱相比,不但投资、不锈钢、镍材用量

多,而且浪费精盐、运输汽油与蒸汽。采用三效逆流,每吨碱的成本可下降7.5元。因此,应抓紧改造大中型厂的蒸发工艺、设备,同时将质量低劣的30%液碱改为50%的液碱。

2. 加快试制先进的隔膜电解槽

电耗是衡量电槽技术水平的标志之一,综合经济效益是企业选用电槽的准则。我国金属阳极电解槽相当于国外七十年代初期的水平。每吨碱的直流电耗比国外高70~140度。因此,必须加强新型电槽的设计、制造与试验,成立专门制造阳极和电槽的工厂或车间。

3. 减少热损

氯碱厂每生产一吨烧碱同时付产0.88吨氯气及100多立米氢气。这两种气体从电解槽出来时的温度为95°C,均需冷却到40°C以下才能应用。目前这些热量用冷却水、冷冻水将其排走,没有利用。经计算,付产氢气要带走相当0.34吨蒸汽的热量,氯气带走相当0.12吨蒸汽的热量,总计近0.45吨蒸汽的热量。氢气可作燃料,如果将每吨碱产生的氢气全部回收作燃料用,则可回收相当于1.1吨蒸汽的热能。这部分浪费的热能目前尚未引起氯碱厂的重视。

此外,氯碱厂应妥当安排变电整流设备及其导线,减少电阻。若导体接触不良,形成电阻,使电压损失0.1伏,则每生产1吨碱就要多耗70多度电。整流效率提高1%,每吨碱可节电30度。

4. 革新固碱生产工艺

我国生产固碱的比例比国外高。每吨固碱需消耗7~8吨蒸汽和450公斤标准煤(或270~290公斤);国外采用降膜蒸发器法制造固碱,仅消耗蒸汽2.8~3.0吨,标准煤0.15吨。每吨固碱的能耗比

我国低一半以上。为节约能源,我国应尽量少生产碱固,并采用先进的蒸发设备及降膜蒸发技术以减少能耗。

我国氯碱工业在现有条件下加强计量、核算,提高管理与操作水平,可使能耗下降10~20%;如进一步努力改进工艺与设备,可节能30~40%。即利用现有能源可多生产近一倍的烧碱。

三、电力工业

(一) 我国电力工业主要技术指标

电力工业是我国能源密集居第三位的能源开发工业,1980年电力工业耗能1.28亿吨标准煤,占全国总能耗的21%,其中自用能耗1,798万吨标准煤。我国发电能源构成(1981年)水电占21.2%,煤电占58.7%,油电占20.1%。因此我国电力工业以火电为主,煤炭是主要的发电燃料。

我国电力工业的增长速度高于整个能源工业的增长速度,即电力工业超前发展。1952—1982年期间,我国一次能源生产增长13.71倍。平均年增长率为9.1%;按发电量计算,整个电力工业增长44倍,平均年增长率为13.5%。1982年我国发电量3277亿度,装机容量7236万千瓦。

1980年我国500千瓦以上电站装机容量6,055万千瓦,其中25千瓦以上的大型电站的设备容量共3,054万千瓦,占总容量的50.4%;2.5~25万千瓦的中型电站的装机容量1930万千瓦,占31.9%;2.5万千瓦以下的电站占17.7%。水、火电站最大单机容量均为32万千瓦。1982年底,火电站的总装机容量为4,940万千瓦,其中容量在10万千瓦以上的机组共2069万千瓦,约占42%。

1980年我国已建成发电容量在10万千瓦以上的电网28个,其中100万千瓦以上的