中国河南省铝工业发展与节能减排

张 森
中国河南省有色金属行业协会
（2008年9月17日）

引 言

- 中国是世界第一产铝大国和铝的消费大国。河南省作为中国最大的铝工业基地，氧化铝产量占全国总量的1/3，电解铝的产量占全国的1/4。
- 铝工业的发展消耗大量的矿产资源和煤炭、电力、石油制品等，会排放出大量的有害气体CO_2、SO_2、全氟化碳和粉尘、灰渣、矿渣等固体废弃物，给生态环境和社会带来严重影响。
- **如何通过政策引导和技术支撑，推动铝工业节约发展、清洁发展、和谐发展，一直是我们关注的重要研究课题。**
- 下面着重介绍中国河南省铝工业依靠科技创新，推进节能减排，实现和谐发展的一些情况。

一、河南铝工业的发展现状

2000年以来，河南省铝工业进入快速发展期。

- 2007年，氧化铝、电解铝和铝加工材的产量分别达到750万吨、306万吨和216万吨，与2000年相比，分别增长4.38倍、6.46 倍和 11.78倍。
- 氧化铝的产量占全国总量的38.5%，电解铝占24.4%，铝加工材占18.4%。
- 目前的发展态势依然强劲，预计到2010年氧化铝、电解铝和铝加工材的生产能力将分别达到1200万t/a、500万t/a和350万t/a。

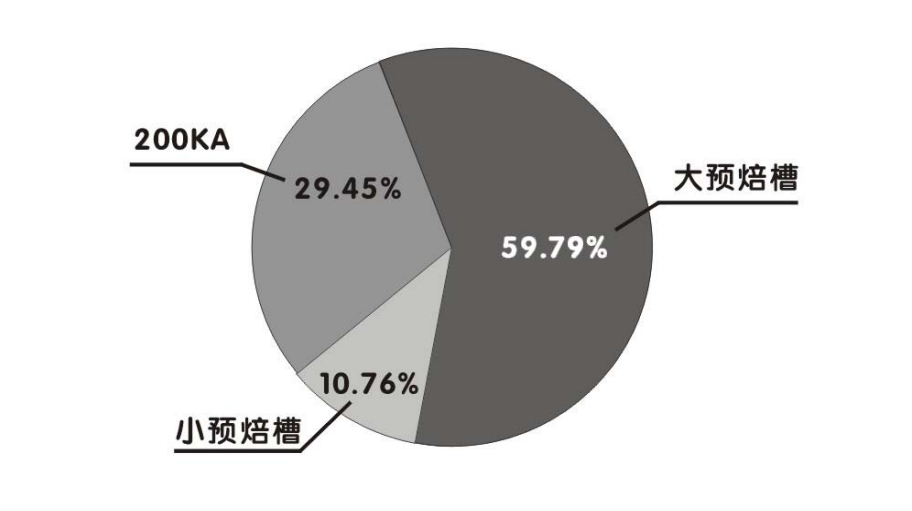
▲2007年底全省氧化铝企业共9家，生产工艺有混联法、烧结法、拜耳法、选矿拜耳法和石灰拜耳法等5种，总产能835万t/a，综合能耗平均值830kgce/t-Ao。

各种工艺的生产能力和综合能耗

工 艺	总产能（万t/a）	占有比例（%）	综合能耗 kgce/t-Ao
混联法	165	19.76	950
烧结法	130	15.57	1150
选矿拜耳法	80	9.58	550
石灰拜耳法	70	8.38	580
拜耳法	390	46.71	590

▲全省电解铝企业17家，总产能330.8万t/a，按槽型分，300KA大型预焙槽（包括300KA、280KA、320KA和350KA）产能109万t/a；200KA预焙槽（包括200KA和160KA）产能98万t/a；80KA小预焙槽35.8万t/a。平均综合交流电耗14140 kwh/t-AL。2010年小预焙槽将被全部淘汰，综合交流电耗降至14000 kwh/t-AL以下。

下图为各种槽型产能所占比例。



▲铝加工企业118家，铝加工材的总产能250万t/a左右。 综合能耗的平均值为590kgce/t，在全国不算落后。主要是我们的产品中粗加工产品和中低档产品多，又利用了很大一部分电解铝液，能耗相对低。

根据2007年的数据测算，全省铝工业主要产品（氧化铝、电解铝和铝加工材）总能耗达到1296.6万t标准煤。

2007年河南省铝工业主要产品能耗表

产品名称	产品产量（万t）	平均单耗（kgce/t）	总耗能量（万t）	所占比例（%）
氧化铝	750	830	622.5	48.01
电解铝	306	1790	544.7	42.01
铝 材	216	590	129.4	9.98
合 计			1296.6	100

二、河南省铝工业节能减排工作的进展

- 铝工业是高耗能、高排放、资源依赖型产业，节能减排是当务之急。
- 中国河南省高度重视节能减排工作，把节能减排纳入铝工业发展的整体计划之中，进行精心管理。采取了大量措施（包括政策层面和技术层面两部分），并取得显著的效果。

1、积极贯彻国家层面的产业技术政策，节能减排的政策、法规、标准和规范，采用先进的工艺技术，进行产业结构、产品结构和技术结构调整，推进铝工业的节能减排。主要实施了以下七项政策措施。

（一）严格控制氧化铝工艺技术方案选择，明确规定新建氧化铝项目都必须选择拜耳法生产工艺，都必须选择节能型技术装备。

选择拜耳法工艺（包括选矿拜耳法、石灰拜耳法）虽然矿耗、碱耗偏高，但是能耗却低40-50%，温室气体排放相应降低40-50%，况且可挖掘的节能减排潜力很大。

2000年以来我们建设的氧化铝项目全部为拜耳法工艺（包括选矿拜耳法和石灰拜耳法）。

三种工艺流程的主要消耗指标对比

(表中数据均按铝矿品位A/S 6-7计算)

项目	选矿拜耳法	石灰拜耳法	混联法	拜耳法
矿石量t/t-Ao	2.13	2.16	1.69	2.15
碱耗kg/t-Ao	120	106	95	120
综合能耗kgct/t-Ao	550	560	955	590
Al_2O_3收率%	72	71	91	78

- **（二）加强铝土矿资源管理，按照企业的优势条件合理配置资源。**促进企业合理开采利用矿产资源，保证产业持续稳定发展。
- **（三）加快铝电解槽自焙改预焙的进程，全部淘汰自焙槽工艺。**2000年之前河南省电解铝工业以自焙槽工艺为主，能耗高，烟气难以治理，生产成本高。2002年全部改造完备，较好地解决了烟气净化问题，使电解铝的平均综合交流电耗降到15000kwh/t/Al左右。
- **（四）采用300KA（包括280KA、320KA、300KA和350KA）大型预焙槽铝电解生产技术，推动电解铝工业快速发展。**使全省电解铝的生产能力超过300万t/a，平均综合交流电耗达到14200kwh/t/Al，烟气净化和温室气体排放完全达到中国环保标准的要求。

- **（五）推广煤—电—氧化铝—电解铝—铝加工联合发展模式。**这种模式有利于发挥产业链的优势，发展循环经济；有利于聚集资本，发挥产业的联合优势，整合资源，做大做强，形成了强势集团。
- 基本模式：①煤—电—铝—铝加工，②煤—电—氧化铝—铝—铝加工。
- 目前全省已形成了伊川电力、新安电力、预联能源、神火、永煤、商电和中铝河南企业集团等。总产能：铝土矿采选2000万t/a、氧化铝900万t/a、电解铝350万t/a、铝加工材250万t/a。
- **（六）落实国家层面节能减排的政策、法规、标准和规范，制订先进的地方标准和考核指标，进行严格考核。**新建项目不符合准入条件的一律不准建设。已有的生产项目都必须参加对标活动，不达标，要限期治理改进，并设立专项资金，考核优秀者进行奖励。
- **（七）设立科技专项资金，鼓励和支持企业建设科技创新平台**（企业技术中心和省级工程技术研究中心），**进行科技创新活动。**提高企业自主创新能力，完成研发和推广节能减排新技术，提高工艺装备和产品技术水平。

2、已经实现的技术层面的节能减排措施共九项

- （一）铝土矿选矿拜耳法和石灰拜耳法氧化铝生产工艺技术的开发与应用。为中低品位铝土矿的应用开辟了节能型道路。
- （二）拜耳法氧化铝生产工艺的创新改造—一水硬铝石管道化溶出技术，强化脱硅和强化溶出技术，母液隔膜蒸发技术等的开发和应用。使拜耳法氧化铝生产工艺的能耗进一步降低，氧化铝的收率进一步提高。
- （三）烧结法氧化铝生产工艺的节能改造—强化烧结法工艺的开发与应用。提高了产能，降低了烧结法的能耗。
- （四）300KA级（含300KA、320KA、350KA和280KA）大型预焙槽铝电解生产技术的开发与推广。提升了电解铝生产技术，能耗大幅下降，企业效益显著提高。

- **（五）电解铝生产操作节能减排新技术开发与应用。**
- **供电系统综合控制技术及大电流数字化稳流技术。通过直流电流高精度控制，实现恒定直流供电，达到稳定槽况，节约电能的目的。**目前全省大型预焙槽企业已全部采用了这些技术，并取得良好的效果。
- **电解槽操作综合控制技术。包括低氧化铝浓度控制，稳定的过热度控制，生产数据多维分析和计算机自适应模糊专家系统等。**目前已在300KA大型槽推广应用，并取得直流电耗降到13000Kwh/tAL以下，阳极效应系数降到0.08个/槽·日的效果。不仅节能，而且减少了CF_4和C_2F_6的排放。
- **氧化铝超浓相输送和含F烟气逆向吸收技术。**经过不断优化和提高，各企业普遍达到集气效率≥98%，氟化物净化效率≥98%。减少了污染，节约了资源。

- **（六）大型预焙槽用优质炭阳极开发与应用。**通过改进阳极制备工艺（包括底部开槽）和配方，提高阳极质量，降低制备能耗，300KA预焙企业应用的结果，不产生炭渣，降低了阳极消耗。延长了阳极更换周期，减少阳极效应。
- **（七）电解铝液直接配料生产铝加工用铝合金坯料和铝合金铸件工艺技术开发与应用。**缩短了工艺流程，节约了能源，减少了金属烧损和CO_2排放。已应用范围包括：
- **电解铝液合金化—保温—净化—直冷铸造铝合金扁锭和圆铝。**
  - 二辊铸轧技术生产6-12mm铸轧卷；
  - 连铸连轧技术（哈兹利特技术）生产1-3mm热轧卷；
  - 压铸和模铸生产铝合金铸件。
- **（八）推广节能型炉窑，提高炉窑的热效率和能源利用率。**
- **（九）加强废旧铝回收，研究废铝再生处理技术，提高铝加工材和铝合金铸件的废铝利用率。**

3、节能减排工作存在的主要问题

（一）主要能耗指标差距仍然很大。

▲**氧化铝**以拜耳法为例，无论是选矿拜耳法，石灰拜耳法，或是拜耳法，其综合能耗指标比国内外先进水平都有很大差距。

河南省拜耳法与国内外先进企业能耗对比表

项目名称	选矿拜耳法	石灰拜耳法	拜耳法	广西分公司	世界先进水平
综合能耗 kgce/t-Ao	550	560	59	449	400
氧化铝收率%	72	71	75	83	——

- ▲**电解铝**综合交流电耗平均值14140Kwh/t-AL，比世界先进水平和国家发改委制订的新建项目能耗强制标准13800kwh/t-AL高出340kwh/t-AL，比国内领先水平13600kwh/t-AL高出540kwh/t-AL。
- ▲**铝加工材**综合能耗平均值590kgce/t，与国际先进水平470-550kgce/t 仍有差距。
- 各企业由于工艺技术、生产操作和管理水平，科技创新能力得不同，节能减排工作进展情况也有很大差距。以电解铝为例，综合交流电耗最好的13900kwh/t-AL，最差的14730kwh/t-AL，甚至超过15000kwh/t-AL（小预焙）。

（二）工艺技术层面的问题仍然很多。突出的有七个问题。

- 铝土矿供给品位不断下降，造成氧化铝生产矿耗、热耗和碱耗上升，排放的赤泥和CO_2增加，生产成本显著提高。
- 赤泥处理问题日益突出。随着氧化铝产量的提高，排出的赤泥量同步增长，进行处理难度越来越大，给环境和安全造成的隐患也日益增加。
- 氧化铝生产热能利用率不高，浪费了大量余热资源。
- 铝电解阳极效应的控制和降低遇到了困难。尽管各企业都在积极采取措施，降低阳极效应系数，但是阳极效应的预测技术、控制技术和降低的操作技术等尚未很好解决，所以取得的效果尚不显著。
- 电解铝生产产生的固体废弃物目前的处理和利用技术落后，污染严重。
- 废铝回收处理和再生利用规模小，能力分散，技术落后，污染严重，金属回收率低。
- 部分用电设备老化，缺乏节电改造，不符合节能的要求。

三、河南省铝工业节能减排的新计划（2008 -- 2012）

1、新目标

氧化铝

工艺、产能 (万t/a)	综合能耗 (kgce/t-A0)	碱、耗 (kg/t-Ao)	氧化铝回收率 (%)
混联法 165	900	90	90--95
烧结法 130	1000	——	——
拜耳法 1000	500	120	72-82

电解铝

产能 万t/a	综合交流电耗 kwh/tAL	电流效率 %	阳极单耗 Kg/tAL	氟化盐单耗 Kg/tAL	氧化铝单耗 Kg/tAL
450-500	13800	94	500	22	1910

铝加工

产能（万t/a）	综合能耗 (kgce/t)	综合成材率 (%)	金属单耗 t/t
300-350	470	75%	1.015

2 新措施

- **氧化铝 – 五项措施**
- **（一）扩大低品位铝土矿选矿能力工程。**提升铝土矿品位，解决氧化铝生产能耗和碱耗升高、成本上升的问题。
- **（二）拜耳法管道化溶出后加矿增浓溶出提产节能工程。**充分利用高温溶出后余热量大和三水铝石铝土矿溶出温度低的条件，增产10%以上，节能效果显著，技术成熟。拟购进三水铝石矿在全部拜耳法项目中实施。
- **（三）工艺余热回收利用工程。**重点回收高压溶出系统等的乏汽余热，用于相关工艺环节，炉窑余热回收利用和热力系统降耗提效等项目。
- **（四）电机（泵、风机等）节电工程。**
- **（五）综合利用赤泥，发展建材工程。**重点突破用赤泥替代水泥熟料生产水泥技术，进行产业化推广。

- **电解铝 – 五项措施**
- **（一）电解铝液直接配料合金化，生产铝加工用合金坯料和铝合金铸件工程。**发挥电解铝厂铝液和能源优势与铝加工市场结合，生产铝合金铸轧卷，铝合金扁锭和圆锭、铝合金铸棒、铝杆、铝盘条及合金铸件等。需要协调好产品的质量标准和加工废料返回等问题。
- **（二）铝电解生产产出的固体废弃物无害化处理综合利用工程。**固体废物主要包括拆槽子下来的耐火材料、保温材料、防渗料、阴极炭块、碳化硅砖等含携氟化物和氰化物的物质，数量很大，不进行科学处理，会给环境和社会带来严重污染和社会问题。目前已列入国家重要科技攻关计划，拟在项目完成后，拟在全省建设相关的产业中心，进行相对集中处理，分类进行利用。
- **（三）非铝土矿资源（高岭土、粉煤灰、尾矿渣、煤矸石、低品位铝土矿等）矿热熔炼法生产铝硅合金（铝硅合金、铝硅钛合金等）技术开发与推广应用。**技术开发已完成，拟扩大规模（20万吨/a）进行产业化示范，而后再有计划地进行推广。该技术替代原铝与金属硅进行熔配生产铝硅合金的方法，可以显著节约能源，合理利用资源，减少污染。

- **（四）全石墨化阴极和新型氮化硅结合碳化硅砖的开发和推广。**进一步提高300KA预焙槽衬寿命，降低能耗，并推广应用于400KA和450KA的槽衬上。
- **（五）实施PFC减排项目，推行清洁发展（CDM）机制。**
- **电解铝生产中发生的阳极效应是全氟化碳（CF4和C2F6）的主要来源（**在温室气体中，全氟化碳的影响很大，CF_4和C_2F_6分别相当6500倍和9200倍的CO_2）**降低阳极效应，可有效地减少温室气体排放。**当前的关键问题要解决效应预测，控制和效应降低的技术开发与应用，人员培训和管理等问题。伊川电力集团正在按照亚太六国APP铝工业PFC减排工作计划实施该项目，河南省拟进行全面推广。力争使阳极效应系数全部减少到0.03--0.08个/槽日，效应时间降到30-50秒/次以内。

- 铝加工 – 三项措施
- （一）进一步优化产品结构，发展高效节能型产品，实施专业化和精品化生产。
- （二）继续推广短流程工艺，将熔铸和热加工工序向冶炼厂移近，充分利用电解铝液的余能，减少烧损，提高成材率，减少CO_2排放。
- （三）继续推广节电技术—电机、电炉高效节电产品和高效节电新技术。

- 河南省铝工业的节能减排工作已取得很大进展。但是要达到高标准的要求，还有很多工作要做。需要政府和国际社会的支持和援助。
- 我们希望参与国际合作，参与相关行动计划，希望在技术和资金方面得到援助。

谢　谢　！