

合成氨行业能效“领跑者”企业典型经验与实践案例

一、河南心连心化学工业集团股份有限公司

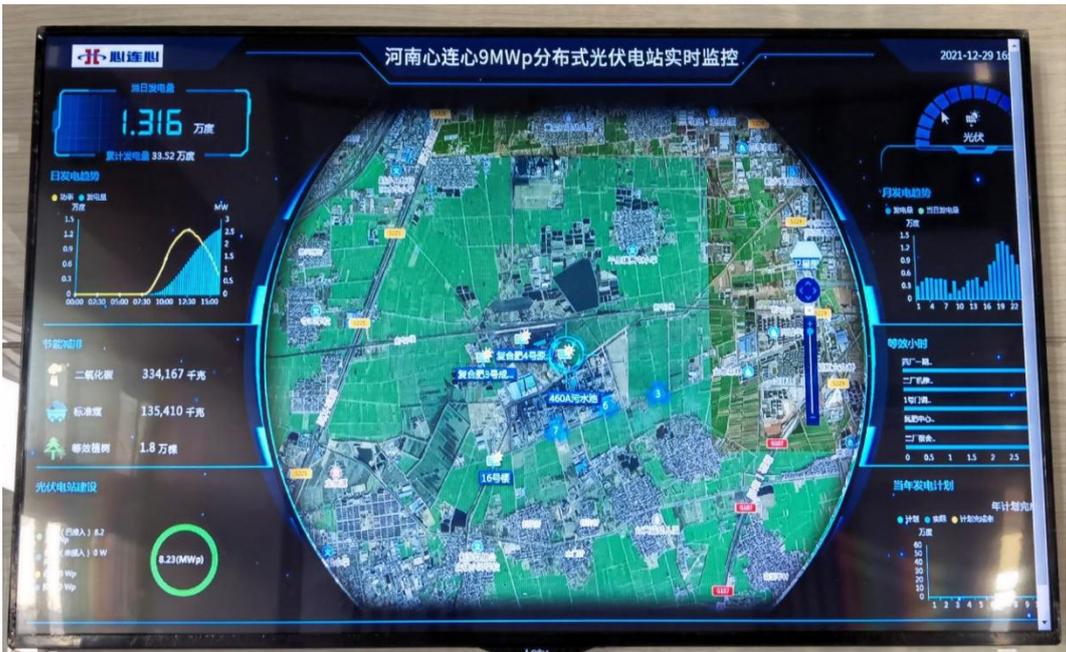
河南心连心化学工业集团股份有限公司拥有 45 万吨/年合成氨生产能力。2021 年，生产合成氨 61.61 万吨，单位产品综合能耗为 1182.6 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 12.4%。主要做法有：

（一）采用四喷嘴水煤浆加压气化、“相变移热等温变换”等先进工艺技术。采用四喷嘴水煤浆加压气化技术替代固定床气化技术，实现连续制气，煤炭转化率提升至 99.7% 以上。煤气化合成氨装置变换工艺采用“相变移热等温变换”工艺技术，变换反应温度低，反应推动力大，变换率超过 98.5%，同时副产 2.5 兆帕蒸汽，年节约 1.4 万吨标准煤。气体净化工艺升级为先进的等温变换、低温甲醇洗等工艺，空分采用带增压透平机的分子筛流程及规整填料塔与全精馏制氩技术、液氧泵内压缩技术，相对于外压缩流程，装置能耗下降超过 35%。采用双塔精馏代替传统精馏吸附+催化氧化生产工艺，装置占地面积减少 50%，产品单耗降至 135 千瓦时/小时以下。



四喷嘴对置式水煤浆气化工艺装置

(二) 建设屋顶分布式光伏发电系统。利用屋顶建设光伏发电设施，一期 9 兆瓦分布式光伏发电项目年发电 1000 万千瓦时，节约标煤 3500 吨，减排二氧化碳 7800 吨、二氧化硫 300 吨。



屋顶光伏发电项目

（三）实施能源管理数字化改造。建设“工信部工业企业能源管理中心示范项目”、“能耗在线监测信息平台”，实现能源全程、集中、可视化管理，建设设备管理系统、视频监控系统，实现对重点用能设备运行状态的实时监控，年节约2万吨

标准煤。



能源管理中心

二、福建合盛气体有限公司

福建合盛气体有限公司拥有 30 万吨/年合成氨产能。2021 年生产 31.1 万吨合成氨，单位产品综合能耗为 1183.57 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 12.33%。主要做法有：

（一）实施风机变频改造。循环风机进行变频改造，改造后较改造前风机电流降低 10A，年节约 521 吨标准煤。

（二）回收生产过程中放空的二氧化碳。建设一条食品级液体二氧化碳生产线，回收低温甲醇洗分离出的部分放空二氧化碳，年产 5 万吨液体二氧化碳。



低温甲醇洗装置



二氧化碳装置

（三）建设能耗在线监测系统。具有能源监控、统计分析等功能，为节能技改、提升能效奠定数据基础。

三、山东联盟化工股份有限公司

山东联盟化工股份有限公司拥有 70 万吨/年合成氨、90 万吨/年尿素生产能力。2021 年生产 68.72 万吨合成氨，单位产品综合能耗为 1279 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 5.26%。主要做法有：

（一）应用先进的数字化工艺控制技术。采用中国航天院的航天气化炉和霍尼韦尔公司的先进数字化工艺控制技术，实现原料由劣质煤替代、生产过程数字化控制，煤炭转化率达到 100%，煤炭利用率提高 3%，达到 99.8%。

（二）回收液氮洗燃料气，实施蒸汽拖动改造。回收液氮洗燃料气进入燃料气管网，年节约 5416.8 吨标准煤。在冷冻工段氨压缩机、造气工段风机上实现蒸汽拖动。



液氮洗燃料气回收

（三）建设 10.38 兆瓦光伏发电系统。年发电 905.53 兆瓦，

约占企业用电总量的 3%，减少二氧化碳排放 5200 余吨。



光伏发电系统

甲醇行业能效“领跑者”企业典型经验与实践案例

一、安徽华谊化工有限公司

安徽华谊化工有限公司具有年产 66 万吨煤制甲醇、50 万吨醋酸、30 万吨醋酸乙酯生产能力。2021 年生产甲醇 64.12 万吨，单位产品综合能耗为 1318 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 5.86%。主要做法有：

（一）实施低温甲醇洗中压系统、回收低压闪蒸汽余热改造。实施低温甲醇洗中压系统改造，年节约 1500 吨标准煤。回收低压闪蒸汽余热加热空预器常温空气，节约 2322 吨标准煤。回收利用低压闪蒸汽余热、生产反应余热发电，年发电 575 万千瓦时。



低温甲醇洗中压系统改造



余热发电装置

(二) 搭建 APC 先进过程控制系统。在原有 DCS 基础上增设气化炉、锅炉 APC 先进过程控制系统，提升装置的运行效率和稳定性，年节约 6000 吨标准煤。

二、安徽昊源化工集团有限公司

安徽昊源化工集团有限公司拥有年产 260 万吨总氨、120 万吨尿素、70 万吨甲醇、30 万吨乙二醇、26 万吨苯乙烯、20 万吨聚苯乙烯、30 万吨双氧水、2 万吨吗啉、3 万吨异丙胺、6000 吨二甘醇胺、6000 吨氮甲基氧化吗啉等生产能力。2021 年生产甲醇 51.68 万吨，单位产品综合能耗为 1327 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 5.21%。主要做法有：

(一) 使用国内先进的航天炉粉煤加压气化等生产工艺。气化采用航天炉粉煤加压气化技术，变换采用等温耐硫变换，净化采用低温甲醇洗工艺，甲醇合成采用低温法合成甲醇工艺，

甲醇精馏采用三塔双效精馏，硫回收采用湿法制硫酸技术。



甲醇合成装置

（二）实施合成塔内件结构等节能技术改造。改造合成塔内件结构，合成塔由径向塔改为轴向塔，降低蒸汽消耗，节约 9889 吨标煤。利用变换汽提塔塔底冷凝液热量提高加压塔入料温度，降低精醇汽耗，折标煤约 6773 吨。回收污泥中含有的有机质能量，污泥含水率降低至 40% 以下，达到锅炉掺烧条件，年节约标煤 550 吨。

三、安徽晋煤中能化工股份有限公司

安徽晋煤中能化工股份有限公司拥有年产 150 万吨氨醇、180 万吨尿素、45 万吨甲醇、60 万吨双氧水、25 万吨复合肥生产能力。2021 年生产甲醇 50.2 万吨，单位产品综合能耗为 1330 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 5%。主要做法有：

（一）实施合成氨原料调整、高温高压锅炉等节能技改。实施 60 万吨/年合成氨原料调整改造项目，以粉煤为原料，采

用 HT—L 粉煤加压气化技术代替固定床造气技术，气体净化技术代替变换、脱硫、脱碳、气体精制，低压合成工艺代替高压醇烷化、氨合成工艺，年节约 4500 吨标准煤。实施高温高压锅炉替代循环流化床锅炉改造，年节约 2.5 万吨标准煤。实施合成氨系统升级改造，将中压联醇工艺改造为低压联醇工艺，实现两级低压联醇串联运行。新建醇烷化装置替代合成氨系统铜洗工艺、甲醇三塔精馏改五塔精馏、低压绝热变换改中压等温变换，年节约 3.5 万吨标准煤。



生产装置

（二）实施资源循环利用项目。实施锅炉烟气脱硫脱硝、煤场粉尘治理、尿素造粒塔粉尘洗涤回收、尿素成品冷却筛分包装楼粉尘回收、余热锅炉升级、驰放气深冷分离提取 LNG、驰放气经低温精馏提氢生产双氧水、工业废水深度处理工程等资源循环利用项目，年节电 3707 兆瓦时，折标煤约 455.63 吨。

（三）建设能源管理中心。实现能耗数据在线采集、实时监测，监督和控制能源的消耗、调配，形成以能源管理中心和DCS控制为核心的生产安全协同控制体系。



能源管理中心

四、河北金牛旭阳化工有限公司

河北金牛旭阳化工有限公司拥有年产 20 万吨甲醇生产能力。2021 年生产甲醇 21.59 万吨，单位产品综合能耗 1168.73 千克标准煤/吨，比标准先进值提升 10.1%。主要做法有：

锅炉煤改气，改造后较改造前吨蒸汽耗能降低 21.26 千克标准煤/吨，年节约 7653.6 吨标准煤。增设 20 立方催化剂合成塔，与原 40 立方催化剂合成塔并联使用，系统压力由 6.9 兆帕降至 5.5—6.0 兆帕，焦炉气压缩机的压力降低 0.1—0.2 兆帕，甲醇日产量由 600—640 吨提高到 660—700 吨，吨甲醇电耗由 600—650 千瓦时，降低至 540—580 千瓦时，吨甲醇焦炉气消耗由 2400 立方米降低至 2200 立方米，年节约标煤 1351.9 吨。蒸发式空冷器改造，年节约 358.95 吨标准煤。空分汽改电，年节约标准煤 18906.56 吨。



合成塔



蒸发式空冷器

电石行业能效“领跑者”企业典型经验与实践案例

一、新疆中泰矿冶有限公司

新疆中泰矿冶有限公司拥有 168 万吨/年电石生产能力。2021 年生产电石 150.28 万吨，单位产品综合能耗 803 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 0.25%。主要做法有：

（一）应用全密闭电石炉、智能出炉机器人等先进节能技术装备。采用全密闭电石炉、麦尔兹双膛石灰窑、立式烘干窑、箱式烘干窑等新型节能技术装备。采用节能环保气浮输送机，实现物料全封闭无尘输送。研发应用智能出炉机器人，实现全自动出炉操作。搭建电石炉全数字智能冶炼数据系统，年节约 1700 吨标准煤。升级改造电石生产烘干装置，提高系统热能利用率，炭材破损率由 10%以上降至 1%以内。



智能出炉机器人



节能环保气浮输送机

(二) 回收电石炉净化灰、除尘灰。回收电石炉净化灰焚烧用于炭材烘干，年焚烧净化灰约 7.2 万吨，节约 2.3 万吨碳粉消耗。回收电石烘干除尘灰用于电厂焦煤掺混焚烧，年回收烘干除尘灰约 8.64 万吨，节约焦煤约 8.64 万吨。

(三) 建设能源管理中心。采用先进的自动控制系统，以数据采集与监控系统为核心构建能源管理系统，包括过程监控系统软硬件平台、调度中心监控软件、在线调度工具等。



能源管理中心

烧碱行业能效“领跑者”企业典型经验与实践案例

一、青岛海湾化学股份有限公司

青岛海湾化学股份有限公司拥有年产 55.5 万吨烧碱、80 万吨 VCM、85 万吨 PVC、50 万吨苯乙烯、16 万吨偏硅酸钠、20 万吨聚苯乙烯的能力。2021 年生产烧碱 69.01 万吨，单位产品综合能耗为 287.27 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 8.8%。主要做法有：

（一）稳定控制电解槽进出槽盐水和碱液浓度等。稳定控制进出槽盐水和碱液浓度、进槽盐水质量、槽温、氯气和氢气吸力，减少电解槽停开车次数等，保持电解槽平稳高效运行，电解槽运行电流维持在 18kA，电流效率高于 96%。



电解槽

（二）回收氯化氢合成炉余热、副产氢气等。回收氯化氢合成炉废热蒸汽送至电解单元预热一次盐水、加热循环碱等，

年节约 65 吨标准煤。建设投用溴化锂制冷机组，回收利用各装置余热，制 5°C 冷冻水，供各装置使用，年节约 744 吨标准煤。建设投用 50 吨/小时氢气锅炉装置，利用副产氢气制蒸汽，年产 1 兆帕蒸汽 40 万吨，年节约 43427.5 吨标准煤。



50t/h 氢气锅炉

二、滨化集团股份有限公司

滨化集团股份有限公司拥有年产 65 万吨烧碱、28 万吨环氧丙烷、8 万吨三氯乙烯、20 万吨粒碱、20 万吨片碱、7.5 万吨氯丙烯、3 万吨过氧化氢、8 万吨四氯乙烯、6 万吨聚丙烯、8 万吨聚醚多元醇等能力。2021 年烧碱产量 75.39 万吨，单位产品综合能耗为 287.51 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 8.73%。主要做法有：

（一）采用零极距电解槽、氧阴极技术等先进节能技术。

实施自然循环复极式电解槽升级零极距电解槽改造，吨碱交流电耗降低超 108 千瓦时。引进先进的氧阴极技术，建成投产氧阴极电解装置，单位产品交流电耗约 1598 千瓦时/吨，吨碱电耗降低超 600 千瓦时，节能率 30%。自主研发电解槽电压实时采集方法及采集装置，并开发电解槽管理和后台数据处理系统，提升电解槽运行质量，降低能耗水平。



零极距电解槽

(二) 回收氯化氢合成余热。氯化氢合成工序引进法国罗兰公司合成炉，利用氯化氢合成余热副产 0.1 兆帕蒸汽。盐酸合成炉副产热水，夏季供溴化锂制冷机组，冬季向厂区供暖。在氯气液化、汽化过程中，实现冷热平衡，利用氯气及淡盐水的高温显热加热精制二次盐水。

三、万华化学（宁波）氯碱有限公司

万华化学（宁波）氯碱有限公司是拥有年产 55 万吨烧碱生产能力，主要产品有烧碱、液氯、盐酸、氢气、次氯酸钠等。2021 年生产烧碱 60.7 万吨，单位产品综合能耗为 289.19 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 8.19%。主要做法有：

（一）应用先进 APC 控制技术。其中一套电解槽应用先进 APC 控制技术提高蒸发和液氯汽化装置自动化水平，提高产能和最终产品收率，年节约 100 吨标准煤。



离子膜零极距电解槽

（二）实施电机节能技术改造。持续开展节能电机改造，2021 年共改造节能电机约 37 台，年节电 10 万千瓦时。

四、唐山三友氯碱有限责任公司

唐山三友氯碱有限责任公司拥有年产 53 万吨烧碱、43.5

万吨聚氯乙烯树脂、7万吨聚氯乙烯专用树脂的生产能力。2021年生产烧碱49万吨，单位产品综合能耗为296.9千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升5.75%。主要做法有：

增加阴极弹性网，延长出口软管，增设槽间隔离器，缩小电解槽两极距的距离，减少电压降，4台电解槽节约1568吨标准煤。将旧电解槽全部改造为零极距电解槽，吨碱电耗降低225千瓦时。氯化氢合成工序热水式合成炉副产90℃热水全部供给溴化锂机组，代替电制冷机组制备5℃冷冻水。蒸汽式合成炉副产0.4兆帕低压蒸汽，用于一次盐水升温、氯乙烯汽提、聚氯乙烯干燥、盐酸脱析等，代替外网蒸汽约20吨/小时。双效蒸发工艺改造为三效蒸发工艺，年节约2365吨标准煤。流化床替代原有的旋风干燥床，节约标准煤7423吨。采用溢流堰式汽提塔替代穿流式筛板塔，节约1840吨标准煤。



电解槽

纯碱行业能效“领跑者”企业典型经验与实践案例

一、唐山三友化工股份有限公司

唐山三友化工股份有限公司纯碱产能 230 万吨/年，产品包括轻质纯碱（包括食品碱）和重质纯碱。2021 年氨碱法生产轻质纯碱 218.08 万吨、重质纯碱 138.96 万吨，单位产品综合能耗分别为 292.78 千克标准煤/吨、324.72 千克标准煤/吨，比能效标杆水平分别提升 8.51%、16.74%。主要做法有：



生产装置

（一）回收废弃电石渣、制氮富氧尾气，采用富氧空气助燃技术、三级闪发回收技术等。利用氯碱公司废弃电石渣在氨碱法纯碱生产中替代石灰乳，年回收利用氯碱电石渣浆 247 万立方，节约石灰石用量 45 万吨，降低石灰石煅烧焦炭消耗。自主研发石灰石煅烧富氧空气助燃技术，回收利用集团氯碱公司、硅业公司的制氮富氧尾气用于纯碱生产石灰石煅烧助燃，

节省焦炭用量。纯碱生产煅烧冷凝水系统使用三级闪发回收技术，降低蒸馏汽耗 40 千克/吨碱。高真空控制淡液蒸馏系统，利用蒸馏废液二闪回收的低位热能作为淡液蒸馏的热源，蒸馏出液温度降至 85℃，蒸馏汽耗降低 150 千克/吨碱。

（二）回收利用反应热、低品位热能提升蒸氨废液氯化钙浓度。回收利用石灰乳消化反应热、重灰炉炉气低品位热能、蒸氨废液余热，通过母液浓缩、干法蒸馏技术，将蒸氨废液氯化钙浓度由 9.5% 提升至 25% 左右，降低蒸汽消耗 679 千克/吨氯化钙。

（三）使用先进的石灰窑智能控制、轻灰煅烧工序控制系统。研发使用石灰窑智能控制系统，提高窑气利用率，降低焦炭消耗 0.5 千克/吨碱。开发使用轻灰煅烧工序先进控制系统，实现装置智能控制和“卡边”优化，节约标准蒸汽 5 千克/吨碱。

二、中盐安徽红四方股份有限公司

中盐安徽红四方股份有限公司主要产品有纯碱、烧碱、乙二醇、合成氨、尿素、氯化铵、液氯、盐酸、次氯酸钠、焦亚硫酸钠等，拥有纯碱 30 万吨/年产能。2021 年联碱法生产轻质纯碱 31.16 万吨，单位产品综合能耗为 149.06 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 6.84%。主要做法有：

单套结晶器生产能力达年产 30 万吨纯碱，减少多套结晶器运行所造成的能耗升高，年节电 396 万千瓦时。母液换热设备大量采用钛材，提高换热效果，减少冷却水使用量，年节电

443.5 万千瓦时。建设低压蒸汽 ORC 发电装置，回收利用富余的低压蒸汽发电，年节约 2572 吨标准煤。



ORC 发电装置

轮胎行业能效“领跑者”企业典型经验与实践案例

一、中策橡胶集团股份有限公司

中策橡胶集团股份有限公司拥有 4300 万套/年半钢子午线轮胎、1700 万套/年全钢子午线轮胎生产能力。2021 年半钢子午线轮胎 4054.87 万套、全钢子午线轮胎 1018.43 万套，单位产品综合能耗分别为 204.94 千克标准煤/吨、128.77 千克标准煤/吨，比标准先进值提升 46.07%、54.82%。主要做法有：

（一）减少胶料重碱传递环节，采用低温一次法混炼生产、高温蒸汽+氮气硫化工艺。减少胶料重碱传递环节，使原材料转化为混炼胶的时间由 12 小时缩短为 30 分钟，实现吨胶耗电降低 20%左右。将传统混炼生产线改造为低温一次法混炼生产线。硫化工艺由高温蒸汽+低温蒸汽硫化转变为高温蒸汽+氮气硫化，节约蒸汽 12.1%。



高压锅炉



液压硫化机



离心式空压机

(二)实施循环流化床、空压机节能技改。5.3兆帕、485℃循环流化床锅炉改造为9.8兆帕、540℃循环流化床锅炉，锅炉热效率、汽轮机热效率分别提升3%、1.5%。螺杆空压机改离心式空压机，年节电426万千瓦时。

(三)建设55.46兆瓦光伏发电系统。2021年投运一期1.18兆瓦光伏发电系统，年发电约119万千瓦时。2022年投运二期54.28兆瓦光伏发电系统，年可发电4200万千瓦时。



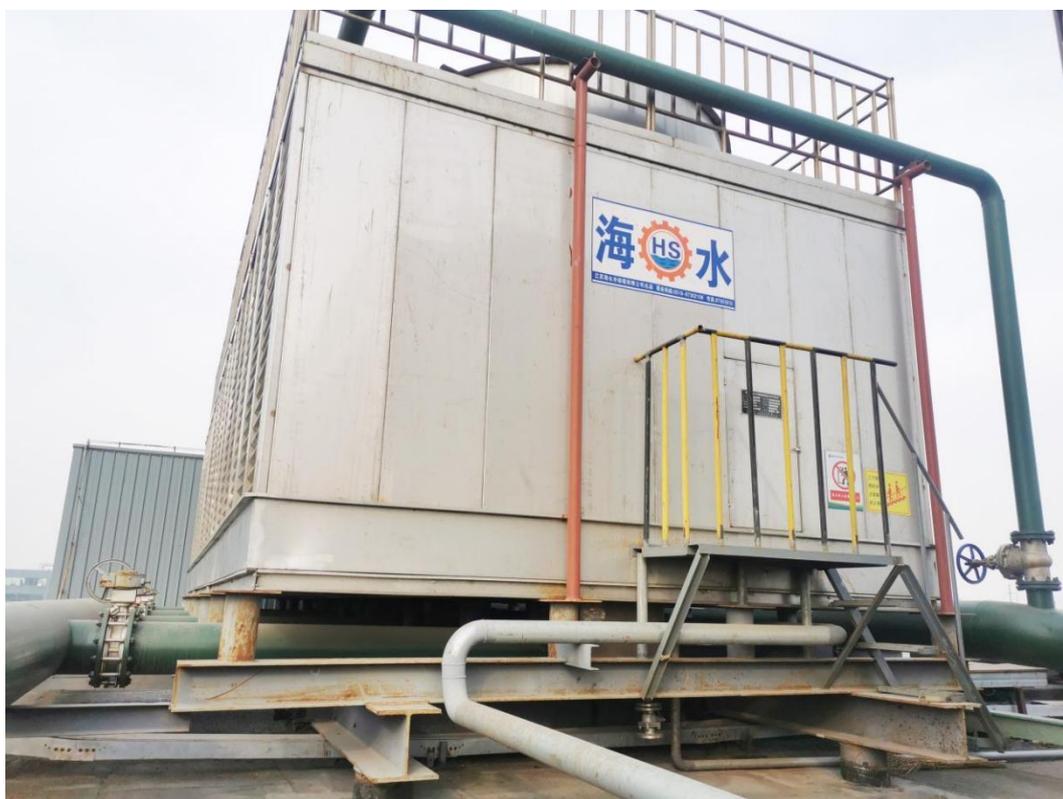
光伏发电系统

二、山东金宇轮胎有限公司

山东金宇轮胎有限公司拥有320万套/年全钢子午线轮胎生产能力。2021年生产356万套全钢子午线轮胎，单位产品综合能耗为178.07千克标准煤/吨，比标准先进值提升37.52%，

主要做法有：

（一）回收乏汽热。乏汽在夏季时给废汽制冷机提供热源，制备冷水，为车间工艺水降温；在冬季时给采暖和烘胶使用。



冷凝水回收用高温冷却塔

（二）搭建能源管理数字化系统。将公司各类用能单元的用能情况进行实时传递、汇总、存储，并对各个用能统计单元工作状态进行实时监控、数据分析。



能源管理数字化系统

(三) 建设 21.8 兆瓦分布式光伏发电站。在约 20 万平方米的厂房屋顶安装光伏发电系统，年可发电 2454 万千瓦时，约占企业电耗总量的 15%。

黄磷行业能效“领跑者”企业典型经验与实践案例

一、湖北兴发化工集团股份有限公司

湖北兴发化工集团股份有限公司拥有 4.75 万吨/年黄磷生产能力。2021 年生产黄磷 4.6 万吨，单位产品综合能耗为 2111 千克标准煤/吨，比能效标杆水平提升 8.7%。主要做法有：

（一）高效利用磷矿资源，回收利用黄磷尾气、磷渣等。

中低品位磷矿采用浮选+色选矿技术，将磷矿分类分质用于黄磷电炉生产及湿法、热法磷酸生产，实现磷矿资源的高效利用。回收黄磷尾气，将尾气过滤、净化后用于生产三聚磷酸钠、六偏聚磷酸钠、次磷酸钠、发电等，年节约 5 万吨标准煤。利用黄磷副产磷渣制造水泥。污水循环利用、磷泥无害化处理。采用自主研发的“预沉调节+叠螺脱水+斜板沉降+磷泥无害化处理”工艺，电炉含磷污水经过预沉、絮凝、叠螺脱水后返回电炉生产工序使用，贫磷泥泵送至烧酸或蒸磷装置进行无害化处理，产生的废渣作为磷肥原料外售。

（二）实施余热回收、电机变频等节能技改。不断提高反应热利用率，建设余热锅炉、燃气蒸发器等装置，回收热能供下游使用。优化工艺生产过程和应用变频电机等，降低系统能耗和动力消耗。



黄磷电炉



集中控制室



酯化蒸汽余热发电机组

（四）实施空压机节能技术改造。将原有活塞式空压机更换为阿特拉斯离心式空压机，并根据用气现状，调整空压机额定压力和产气量，减少空压机电耗及压缩空气浪费。将加弹机上原有异步电机更换成永磁同步电机，并配备变频器，单台加弹机电耗下降超过 5%。



空压机改造

（五）建设能源数字化管理平台。具有能耗数据跟踪、重点用能设备建模、主要用能指标分析、用能异常预警和反馈等功能，实现能耗数据的全方位展示、实时跟踪分析、预警反馈等。