
专供中国电石工业协会会员单位阅读

(内部材料注意保密未经许可不得公开引用)



电石内参

第 52 期 (总 67 期)

中国电石工业协会信息部主办 (2024 年 12 月 30 日)

要 目

【产业政策】

我国拟立法加强危化品全链条各环节安全管理

【市场观察】

近期电石、PVC、EDC/VCM、原盐、烧碱市场状况

【学习园地】

81000kVA 电石炉新开炉工艺的改进与效果

生物法合成 1,4-丁二醇工艺研究进展

【行业资讯】

中国化工报记者靳雅洁：业界探索电石行业健康发展路径

中泰集团传达“第十六届全国电石行业健康发展大会”精神

发改委开通民营经济发展综合服务平台



江苏金汉德 机械科技有限公司

PRODUCT

overview 产品概述

电石炉改造效益分析

- 原系统的耗电量:1个电机功率5.5KW,1套系统功率电石炉改造效果分析,原系统的耗电量:1个电机功率5.5KW,1套系统功率22KW,一套系统一天耗电量为528KW.h,一年耗电量为192720kw.h。
平均1度电为0.5元,一年的电费为96360元。
改造后系统的耗电量:1.15小时/天*18.5KW*365天=7765KW.h
一年的电费为3882元。一年可节省92478元。

1、原系统油泵电机24小时运转,油泵使用寿命较短,平均每3个月到半年,4个油泵要更换一遍,更换的直接费用大致为6000元-8000元,不包括停机带来的间接影响。

2、改造后的系统油泵电机采用的间断性工作,一年工作的时间是原系统的4.7%,备件损坏小。蓄能器采用的是皮囊,结构简单、寿命基本上可达到8-10年,一年期定时检测一下气压,低于7Mpa的补充一下氮气就可以了。综上所述,改造后的系统一年可节省10万元以上。

SPIRIT OF ENTERPRISE
Being realistic, innovative,
striving and surpassing.

我们的企业精神
求实、创新、拼搏、超越

WIN-WIN CONCEPT
Honesty, cooperation, refinement
and satisfaction

我们的共赢理念
守诚,合作,求精,满意

联系我们
朱经理:13801448966
江苏省扬州市高邮汤庄镇
<http://jsjhd.zybskq.cn/>

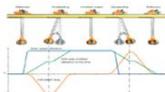
行业第一家 远程智能起重机

电石冷破车间 远程智能起重机



有效推进行业减员增效

促进电石行业自动化、信息化



主要优势

专业系统设计，针对电石行业高温粉尘设计；
经过实践验证，已有上百台设备现场运行；
具备数据接口，与MES系统可顺利连接；
不同的专用吊具，具备实现自动运行功能；
降低员工操作的安全风险和劳动强度，提升员工幸福感。



主要功能

远程操作；集控室通过无线通讯实现远程操作；现场运行视频无线传输至集控室
自动定位运行；小车、大车机构实时位置检测；实时启动、停止、速度控制；
吊钩防摇控制；自动定位运行过程中，系统防摇控制算法实现吊钩摆动最小
专业设计吊具；现场无人操作
信息数据采集记录；实时数据采集传输记录历史数据分析。

地址：长垣市国贸中心B座9楼
邮箱：zwjsyxgs@163.com
电话：0373-8646888 0373-8081688



【产业政策】

我国拟立法加强危化品全链条各环节安全管理

危险化学品安全法草案21日提请十四届全国人大常委会第十三次会议审议，旨在加强危险化学品全链条、各环节的安全管理。这是该草案首次提请全国人大常委会会议审议。

危险化学品具有易燃易爆、有毒有害等危险特性，发生事故容易引发严重后果。我国是危险化学品生产、使用、进出口和消费大国，危险化学品产业规模大、涉及行业领域多、分布区域范围广、安全管理链条长。随着经济社会快速发展，危险化学品安全生产形势日益严峻，亟需立法予以应对。制定危险化学品安全法，将为加快提高危险化学品安全治理体系和治理能力现代化水平提供重要法治保障。

草案共9章124条，主要内容包括坚持安全第一、预防为主、综合治理的方针，实行管行业必须管安全、管业务必须管安全、管生产经营必须管安全；明确应急管理、公安、市场监管、生态环境、交通运输等负有危险化学品安全监督管理职责的部门分工；为适应新兴行业、领域发展，规定安全监管职责不明确的，由县级以上人民政府按照业务相近的原则确定监管部门；明确化工园区由省级政府或其授权的机构认定公布，新建化工园区由省级政府组织开展安全风险评估；明确化工园区应当定期进行整体性安全风险评估，并对进出园区的所有危险化学品实行动态监管。

草案主要内容还包括要求生产、储存危险化学品的企业加强过程安全管理，在作业场所设置相应安全设施、设备，对本企业每三年进行一次安全评价；明确个人不得购买剧毒化学品、易制爆危险化学品，禁止通过互联网销售、购买剧毒化学品、易制爆危险化学品；明确国家实行危险化学品登记制度，为危险化学品

安全管理以及危险化学品事故预防和应急救援提供技术、信息支撑；明确作业现场代班人员、班组长、调度人员在发生紧急情况时，有权下令停产撤人等。

此外，草案针对危险化学品单位违反危险化学品安全管理要求，以及地方人民政府、有关部门及其工作人员相关违法行为，规定了严格的法律责任。（来源：新华社）

【市场观察】

近期电石、PVC、EDC/VCM、原盐、烧碱市场状况

上周观察，由于西北外销有所增加，电石市场供需关系出现小幅调整。分析来看，近期西北地区电石装置开工负荷提升，外销至华中、华北地区的货源有所增加，下游氯碱企业储备库存后仍有部分出现压车卸货的现象，国内电石市场供需关系出现一定调整。

近期，国内 PVC 市场走势较为震荡，行情波动频繁。下游企业开工下降，提前停工放假现象增多，市场实际需求有限，期货主力合约在 12 月初跌至近几年低点，现货行情下行幅度有所加大，其运行特点及影响因素概括如下：

1、PVC 装置开工略有下降。11 月底开始，由于行情持续下行，华中、华北等地部分电石法 PVC 装置出现降负减产现象，进入 12 月，沿海乙烯法企业开工下降，内蒙古部分区域由于电力供应不稳定，也导致个别电石法 PVC 装置减产，国内 PVC 综合开工略有下降。

2、下游需求不足，库存消化缓慢。虽然 PVC 装置开工略有下降，但需求淡季下游开工难有提升，山东、江苏和浙江等主要需求地陆续有塑料加工企业提前停工放假，在产企业也维持较低负荷，厂家、贸易商和下游客库存量均处于较高水平。

3、原料行情走势不一。近期内蒙古、宁夏等地绿电供应不足，导致火电补

充给绿电使用企业的情况较为普遍，也受此影响，使用火电较多的当地电石炉开工受限或停车，电石货源供应出现较为明显的减少，出厂行情连续上涨，消费地 PVC 企业待卸车基本消化，采购行情也相应走高。东北亚乙烯价格涨后回落，波动幅度不大，截至目前，东北亚乙烯 CFR 均价 870 美元/吨，较上月同期下跌 20 美元/吨。

4、外贸出口小幅回暖。海外需求有所恢复，国内生产商积极寻求出口订单以缓解库存压力，特别是沿海乙烯法企业，出口较上月增加明显。近期来自印度的订单有所增多，印度当地客户对 BIS 认证再度延期的预期增加，但至今仍无确定延期的正式文件发布。

未来 PVC 市场主要影响因素：

1、随着检修企业陆续恢复，加上部分新建装置计划试车，国内 PVC 市场供应量将有所回升；

2、春节前后下游制品企业开工将再度下调，PVC 市场需求难有好转；

3、美国 PVC 装置扩产，我国外贸出口面临的竞争将有所加剧；

4、PVC 期货市场的影响仍将持续。

PVC 进出口情况：近期，美国地区 PVC 装置整体开工平稳，同时区域内物流延误导致产品交付时间重叠，下游厂商购买节奏放缓，再加上圣诞节放假，海外需求再度回落，美国 PVC 出口市场呈现下行。西北欧地区下游厂商在圣诞节前以严格控制库存为主，购买情绪不高，PVC 出口市场交易活动较前期减少，市场行情呈现下调。东南亚地区 PVC 下游需求无明显变化，市场行情以稳为主。随着海运费上涨，印度地区 PVC 价格呈现上调，下游厂商需求尚好，市场有一定数量的签单达成，后市需更多关注政策调整。国内方面，我国 PVC 出口市场成交氛围呈现好转，签单量环比增加。近期，印度下游厂商增加从中国的采购，同时在有利的汇率市场环境下，国内生产企业参与出口市场的积极性增加。与电

石法 PVC 出口情况相比，国内乙烯法 PVC 出口签单情况较好，业内人士多持积极态度。

EDC/VCM: 近期，美国地区 EDC 装置整体开工正常，由于圣诞假期，当地市场成交活动略显清淡，同时 EDC 出口市场暂无明显变化。西北欧地区 EDC 出口行情走势平稳，近期海外需求相对平淡，下游多持观望态度。东南亚地区下游需求支撑不足，市场行情呈现回落。东北亚地区 EDC 装置开工率保持在较高水平，下游需求平稳，市场成交节奏正常。国内方面，华东地区 EDC 装置开工率较高，市场货源供应充足，目前正值需求淡季，EDC 市场价格较前期略有下调，下游客户以刚需采购为主。

近期，美国地区 VCM 出口市场走势平稳，下游需求暂无明显变化。圣诞节前，西北欧地区 VCM 出口市场商谈气氛清淡，出口报价维持在前期水平不变。受海外下游需求不振的影响，东南亚地区 VCM 市场呈现下行。此外，受下游市场影响，东北亚地区 VCM 报价下调，整体看，区域内 VCM 市场供过于求的局面仍将持续。国内方面，华东地区 VCM 装置整体开工稳定，市场货源供应充足。受下游 PVC 市场影响，区域内 VCM 报价呈现下调，成交情况较前期变化不大。

原盐。近期，国内原盐市场行情下滑。北方海盐产区产盐结束，盐企以供应库存盐为主，随着低价进口盐供应量增加，海盐市场价格下滑。井矿盐企业大多开工负荷较高，产量平稳，货源供应量充足，部分井矿盐企业库存压力增加，出厂价格小幅下调。西北湖盐产区产盐基本结束，市场供需相对平稳，成交价格保持稳定。

烧碱。近期，国内液碱市场表现温和，局部地区成交价格持续下滑。生产方面，除个别液碱装置处于停车检修外，其他企业保持较高负荷生产，液碱整体产量处于相对高位，市场货源供应充足，企业库存压力较前期有所增加。下游方面，国内氧化铝装置生产正常，对液碱消化能力稳定，但由于其市场价格持续下滑，

采购液碱价格出现下调，本月河南、山西和广西地区氧化铝企业采购烧碱折百价格分别下调 350 元/吨、390 元/吨和 150 元/吨。山东地区氧化铝企业采购 32%液碱累计下调 105 元/吨，对当地及周边地区液碱市场形成一定利空影响。造纸和化纤行业生产基本正常，采购液碱以刚需为主。印染行业生产负荷下调，对液碱需求减弱。其他方面，液氯市场持续低位运行，烧碱企业运营压力加大。

【学习园地】

81000kVA 电石炉新开炉工艺的改进与效果

原创 李志军、邬子峰

电石炉的新开炉分为新炉开炉和旧炉清炉后重新开炉两种，两者之间的区别在于新炉开炉需先焙烧新的工作电极，而旧炉新开炉则可以利用原有的旧工作电极。无论哪种开炉法，首先都得焙烧好足够长度的电极，只是新炉开炉焙烧电极的时间适当长一些。内蒙古君正能源化工有限公司(简称君正公司)4×81000kVA 密闭电石炉建成于 2012 年，首次点炉于 2012 年 8 月 19 日。在当时，该炉型属于新型密闭炉，采用德国西马克公司的技术，没有成熟的工艺资料可参考，所以开炉过程由德国西马克公司指导进行，其开炉过程较保守，耗时较长。从 2012 年点炉至今，4×81000kVA 电石炉经历过新炉开炉与清炉后开炉，在后期旧炉新开炉中，君正公司对原有西马克开炉工艺技术做出了优化改进，并取得了较大的成效。本文就原有开炉工艺和改进后的开炉工艺进行介绍，以供参考。

1 西马克开炉工艺过程

西马克公司采用分步开炉法，分为片柴烘炉、焙烧电极、装料升温三步，点炉前要做好安全准备工作。

1.1 开炉前准备工作

开炉前对电石炉所有设备进行冷功能测试，包括信号的输入输出、部件功能、各系统功能、各联锁功能等测试，现场安全应急处置措施确认，操作工的上岗技能确认，各通讯工具的完好确认，雨水天气的预防措施等。开炉所用的原材料、工器具等都按要求备好，启动缸焊接完好并充装完毕，炉底焦粒按要求铺设完毕。所有准备工作都到位后，执行开炉操作。

1.2 开炉过程

先将大量片柴置于炉内点燃进行烘炉，对炉内的耐材预焙烧，将其水分烘出。片柴烘炉结束后，正式启动电极焙烧程序。电极焙烧过程较慢，这也是后期开炉过程中的一个重点改进的工艺环节。西马克开炉升负荷方案趋势图见图 1。

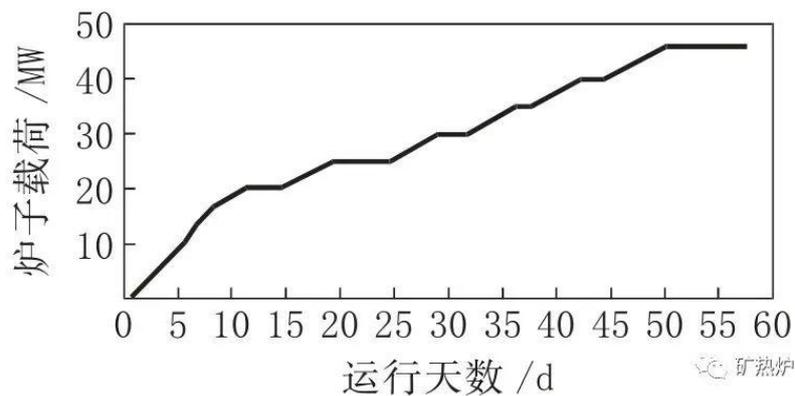


图 1 西马克开炉升负荷方案趋势图

开炉时，以星形接法(简称星接)起动电流 10kA 稳定运行 1h 后，采用间断停送电操作，从“运行 5min、停炉 30min”逐步过渡到“运行 25min、停炉 5min”，最后连续送电运行，该过程用时 79h。连续运行时电流达到 40kA~45kA，均匀升电流至 95kA，负荷约 20MW，此时总用时 265h(即星接约 11d)，变压器改为三角形接法(简称角接)运行。角接 20MW 保持运行 3d~5d，之后以每 3d~5d 增加 5MW 的负荷梯度增加，直至达到 46MW。送电到升至满负荷整个过程耗时约 50d。开炉期间，电极容易发生硬断事故。

1.3 炉料配比及炉内料位控制

开炉时采用的炭材全部为兰炭，炉料配比为兰炭与白灰质量比为 54：100。炉内填充炉料，电石出炉前，料位充装到炉膛深度的二分之一处，开始出炉后的第一天料位填充到三分之二处，第二天料位填充到四分之三处，第三天料位全部加满并持续放料(即料管闭料阀全部打开，炉料靠自重下沉到炉内)。

1.4 出炉时间控制

首次出炉在负荷升至 8MW~9MW 时，根据电极电流波动情况进行出炉，时间大约在电炉送电的一周后。开始出炉的前几天，电石发气量较低，基本都为等外品。西马克开炉工艺整个开炉过程较保守，且分步开炉法造成了电能的极大浪费；低配比开炉不利于炉温的提升与电石质量的稳定，同时达标达产耗时太长；而且开炉过程中因星接时间过长，电极焙烧过干，三相电极均发生了断裂事故，对生产效益造成很大影响。

2 优化后的开炉工艺

君正公司经过多年的实践和摸索，对传统新开炉工艺进行了改进优化，总结出同时进行烘炉、焙烧电极、升温的一步法新开炉工艺。

2.1 开炉焙烧电极过程的改进

开炉过程中，重点是要把握好电极焙烧，电极不出事故，整个开炉过程就会很顺利。根据温度和部位，可将电极焙烧分为三个阶段。(1)软化阶段。电极糊温度由常温逐渐上升至 120℃~200℃，固态电极糊逐渐熔化呈液态，位置在铜瓦上约 500mm 处。(2)挥发阶段。电极糊充分熔化，在电极壳内流动、充填空隙。该阶段温度由 120℃~200℃上升至 600℃~750℃，位于铜瓦下接近底环部位。(3)烧结阶段。该阶段少量挥发物继续挥发，电极进一步烧结，成为坚硬整体。电极完全烧结的温度在 900℃~1000℃。

电极焙烧过程的热平衡见式(1)：

$$Q_{供} = Q_{导} + Q_{损}^{[1]}$$

还可表示为式 (2)

$$Q_{\text{导}} + Q_{\text{阻1}} + Q_{\text{阻2}} + Q_{\text{辐}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

式中：Q 供是提供给电极的热量，J；Q 损是损失掉的热量，J；Q 导是熔池传导热，J；Q 阻 1 是料面以上电极电阻热，J；Q 阻 2 是铜瓦与电极接触电阻热，J；Q 辐是炉面辐射热，J；q1 是电极糊挥发分开始分解所需热量，J；q2 是黏接剂成焦热，J；q3 是铜瓦以上电极的散热，J；q4 是铜瓦下至料面间电极的辐射热，J；q5 是铜瓦冷却水带走的热量，J。由式(1)可知，为进行良好的电极焙烧，要设法增大 Q 供，减少 Q 损。焙烧期间，Q 损主要为铜瓦冷却水带走的热量 q5。当电石炉的工艺、电气参数、设备、原料确定之后，Q 阻、Q 辐、q3、q4、q5 可视为恒量。因君正公司电石炉铜瓦冷却水的支路阀门可调节大小，即铜瓦冷却水流量可调节，因此 q5 可作为变量来调节。为此，新开炉送电焙烧电极期间，将三相电极的所有铜瓦冷却水路阀门关闭三分之二，减少其流量，从而减少其带走的热量 q5，如此可更好地促进电极焙烧。对电极升温过程也进行了较大的调整改进。式(1)可进一步转化为式(3)：

$$q_1 + q_2 = Q_{\text{导}} + Q_{\text{阻1}} + K = \frac{\lambda E \Delta t}{h} + 0.24 I^2 r + K^{[1]}$$

式中：λ 是电极的导热系数，W/(m·K)；E 是电极的截面积，m²；r 是电极电阻，Ω；Δt 是电极端与烧结区温度差，K；h 是电极端至烧结区长度，m；K 是常数；I 是电极电流，A。其中，λ 和 r 与电极糊本身的指标有关，E 为定值，从控制电极电流 I 的增加速度着手，在西马克公司提供的升温曲线基础上，作出以下改进：电石炉送电后 0—83h 采用间断停送电，该过程基本与西马克公司工艺相同。电流达到 40kA~45kA 后，也就是电石炉连续运行阶段，适当加快电流的增加速度，因为电极底部的铁皮已经熔化，电极糊已经烧结成型。电流达到 95kA、负荷达到 20MW 总用时 170h，但此时并没有倒换成角接，继续增加电流

至 105kA、档位 2 档后倒换成角接,如此将星接状态升到了最高档位,总用时 182h。星接运行时间较原有工艺缩减约 80h,此目的是避免电极因过长时间的星接而焙烧过干,导致强度下降。电石炉进入角接状态后,以每 4h 为一阶梯,每 2h 升 1 档、每档 1.5kA 的速度增加电流,每升 2 档后稳定运行 8h~10h;当电流到 115kA 后,电极焙烧完成,后续升负荷以每 4h 升 1 档、每档 1.5kA 的速度增加电流,每 8h 为一阶梯,每升 2 档后稳定运行 10h,直到负荷升至满负荷 46MW。这样的升负荷方式在保证电极焙烧充分的情况下,可以较快的提升炉温、扩大三相熔池。

2.2 开炉炉料配比的改进

开炉使用的炭材由全兰炭改为兰炭与焦粒按比例掺配使用,配比从低配比 54 : 100 改为高配比 63 : 100。这是因为焦粒导电性能好,焙烧电极、烘炉期升温快且稳定;焦粒反应活性好,单位时间生产效率高且反应较为充分;焦粒在高温下不自燃,抗热爆性能好,高温下不易爆裂,利于配比稳定、炉内灰分不会二次增加、物料透气性好,炉况相对稳定。高配比开炉有利于初期熔池快速形成并连通,利于提高首次产品质量且后续质量稳定,炉温上升快且出炉难度降低,出炉顺畅,不易出现翻电石现象[2]。

2.3 放料方式的改进

开炉升温过程中采用间断性放料、勤放少放的方式,以炉内通水设备温度及烟气温度情况来决定是否放料。该放料方式的优点在于使炉内耐材水汽顺畅排出,同时也减少了物料因吸水而粉化的量;可以持续不断地对炉内耐材进行辐射加温,使得耐材按照既定升温曲线升温;可以使物料得到充分预热,利于熔池形成并减少电能浪费;勤放少放可避免炉内因局部过热而烧损设备或破坏耐材。

3 开炉工艺优化后的经济效益

新开炉工艺整个开炉过程总用时约 11d, 较原西马克开炉工艺用时缩短约 40d, 使电石炉尽快转入正常生产。以满负荷运行较之前多 20d 计算, 每天多产电石约 50t~100t, 20d 多产电石 1000t~2000t, 以每吨电石利润 100 元计算, 每次开炉可增收 10 万元~20 万元。改进后的新开炉工艺实现了一步法开炉, 将烘炉、焙烧电极、升温同时进行, 热利用率高, 经济效益好, 在之后各台炉的开炉中也得到了反复应用。文章来源:《煤化工》(内蒙古君正能源化工有限公司)

生物法合成 1,4-丁二醇工艺研究进展

曾庆亮, 李积德, 柴生勇

生物法合成 BDO 的技术路线主要有两类: 一类是糖类直接发酵生产 BDO; 另一类是糖类先发酵生产丁二酸、糠醛等中间体, 提纯后通过化学催化工序转化为 BDO。与传统的化石原料制 BDO 方法相比, 生物法制 BDO 条件更加温和, 能耗和碳排放大幅降低, 更具可持续发展应用前景。

(1) 糖类直接转化合成 1,4-丁二醇

糖类物质经微生物发酵可以转化为 BDO, 该生产工艺最早由美国生物技术公司 Genomatica 开发。BDO 生产过程中主要包含发酵和分离提纯两个过程,

发酵过程: 将糖类物质、微生物、水和无机盐等按一定比例混合制成发酵液, 利用微生物中编码过的外源核酸来表达特定的酶, 使糖类物质转化为 BDO, 转化完成后对发酵液中的微生物细胞团进行分离, 形成初级形态的 BDO;

分离提纯过程: 将发酵完毕富含 BDO 的发酵液进行过滤、蒸发结晶、离子交换等步骤去除无机盐, 然后蒸发去除水分, 最后蒸馏得到 BDO。

Genomatica 公司在 2009 年首先公开了一种基于微生物合成 1,4-丁二醇的方法。该方法将外源核酸进行编码重组到大肠杆菌当中, 使其能够表达特定的酶(4-羟基丁酸脱氢酶、琥珀酰 CoA 合成酶、CoA 依赖性琥珀酸半醛脱氢酶、CoA 转

移酶、4-丁酸激酶、磷酸转丁酰酶、 α -酮戊二酸脱羧酶、醛脱氢酶、醇脱氢酶或醛/醇脱氢酶等一种或多种), 从而将糖类转化为足量的 BDO 分泌到发酵液中。2014 年, 该公司继续通过在大肠杆菌中增加 α -酮戊二酸脱羧酶表达的基因修饰, 使葡萄糖培养基中的大肠杆菌能够特异性表达 α -酮戊二酸脱羧酶, 从而将糖类通过 α -酮戊二酸到琥珀酸半醛的途径转化为 BDO。Yim 等通过计算模型验证了上述两种异源途径生产 BDO 的方法(如图 2 所示), 并利用大肠杆菌进行了实验验证。在该计算模型中, 使用的是 Genomatica 公司内部的 SimPheny 计算平台

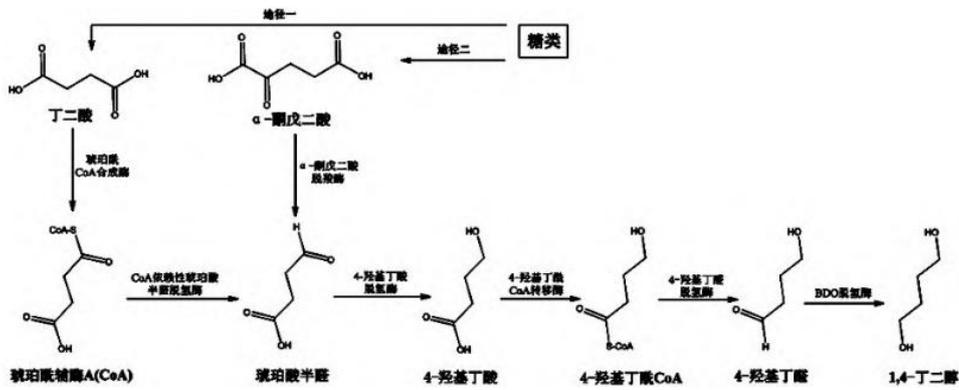


图 2 糖类发酵制 BDO 两个途径
Fig.2 Two ways to produce BDO by saccharide fermentation

Liu 等报道了一种 D-木糖生产 BDO 的方法。将商购的大肠杆菌 W3110 敲除 xylA、yagE 和 yjhH 基因, 质粒 pKD46 用为重组酶的表达载体, 然后在摇瓶中对菌株进行培养, 当 BDO 充分转化后, 离心除去细胞并浓缩干燥培养液获得 BDO 粗品。该转化过程中, D-木糖首先被 D-木糖脱氢酶氧化成 D 木糖酸; 然后 D-木糖酸脱水酶将 D-木糖酸转化为 2-脱氢-3-脱氧-D-木糖酸, 继而脱水转化为 α -酮戊二酸半醛; 随后, α 酮戊二酸半醛被脱氢酶还原为 5-羟基-酮戊二酸; 之后, 酮酸脱羧酶将 5-羟基-酮戊二酸转化为 4-羟基丁醛; 最终 4-羟基丁醛经乙醇脱氢酶还原为 BDO(如图 3 所示)。

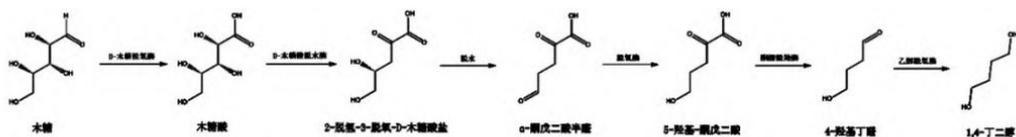


图 3 木糖发酵制 BDO 途径
Fig.3 BDO production by xylose fermentation

(2) 丁二酸转化合成 1,4-丁二醇

丁二酸又名琥珀酸，是重要的 C4 平台化合物，被美国能源部列入“12 大生物基平台化合物”名单。目前丁二酸的工业化生产主要通过化石原料正丁烷催化合成而来，随着微生物发酵丁二酸工艺的逐渐成熟，商业化的生物基丁二酸如果能克服成本劣势有望取代石化基丁二酸。如今，国际可再生化学品企业 Revedia 公司(荷兰 DSM 和法国 Roquette 公司联合成立)、Bioamber 公司、Myriant 公司(现为 GCInnovationAmerica)和 Succurity(德国 BASF/荷兰 CorbionPurac 公司联合成立)已分别建立生产线采用发酵工艺生产丁二酸。国内山东兰典生物科技有限公司购买中科院专利技术也建立了生物发酵法制丁二酸生产线。

丁二酸合成 BDO 主要有两种方式：一种是丁二酸直接氢化合成，通过过渡金属先将丁二酸催化加氢生成中间体 γ -丁内酯(GBL)，然后 GBL 继续催化加氢生成 BDO；另一种是丁二酸先与甲醇进行酯化反应生成丁二酸二甲酯(DMS)，然后再通过特定金属催化加氢生成 BDO，该法与石化路线顺酐酯化法加氢合成 BDO 具有相似的工艺(如图 4 所示)。

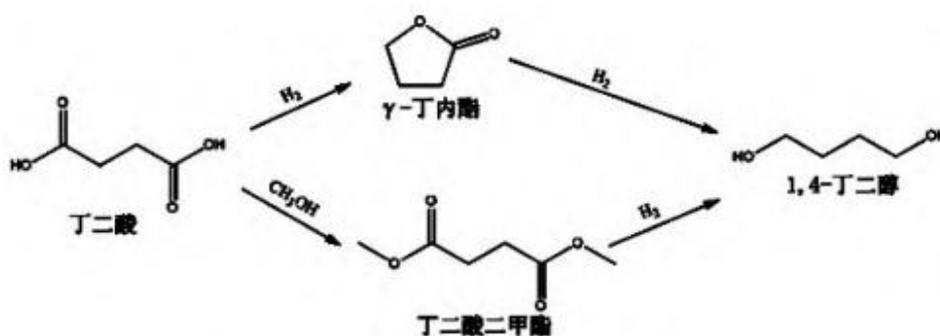


图 4 丁二酸制 BDO 合成路线

Fig.4 Synthesis route of succinic acid to BDO

Minh 等报道了使用负载型双金属催化剂 Re-Pd/C 和 Re-Ru/C 将生物基丁二酸水相加氢制备 BDO，在 4wt% 的贵金属 Re 的促进下，丁二酸能在 2wt%Pd/C 上有效氢化，BDO 的产率和选择性在 62%~66% 范围内，并且选择性不会损失。

Benoit 等通过改变前提盐性质等,制备了一系列单金属催化剂 Pd/TiO₂,在 160°C、150bar 的条件下将丁二酸水溶液催化加氢制备 BDO,结果表明: Pd 催化生成的首个氢化产物 GBL 具有很好的选择性,而丁二酸的转化率与 Pd 的分散效果和制备方法有关。Kang 等[20]采用不同金属含量的 Re-Ru 双金属负载在介孔碳上制备了一系列(0.6-x)Re-xRu/MC 催化剂,并应用于丁二酸液相加氢制 BDO,结果表明:催化剂 0.3Re-0.3Ru/MC 的弱氢结合位点最多,并且能够稳定、重复地催化丁二酸选择性的生成 BDO。

田保亮等公开了一种由生物基丁二酸制备丁二醇的催化剂及其制备方法和应用,通过大孔酸性树脂将丁二酸与甲醇发生酯化反应生成丁二酸二甲酯,然后制备含有金属 Cu-Zn-Bi/Sn 的催化剂进行加氢反应合成 BDO,加氢催化剂表现出良好的加氢选择性,并且能抵挡生物基丁二酸中的各类杂质。

美国 Myriant 和英国 JMDavy 公司合作开发了一种生产生物基 BDO 的工艺,该工艺结合 Myriant 的生物基丁二酸发酵技术和 JMDavy 的顺酐酯化加氢生产技术,生产出的 BDO 性能与石化路线相当,并且碳效率优于直接发酵法生产生物基 BDO。

(3) 糠醛转化合成 1,4-丁二醇

糠醛是一种基于生物质原料催化得到的高附加值平台化合物,由戊糖脱水环化形成,工业生产上将富含戊聚糖的生物质如玉米芯、燕麦壳和甘蔗渣等通过酸水解和脱水过程制备。糠醛可通过氧化和氢化两个过程过程合成 BDO(如图 5 所示)。



图 5 糠醛制 BDO 合成路线

Fig.5 Synthesis route of furfural to BDO

Tachibana 等报道了糠醛两步法合成 BDO。首先糠醛经氯酸钠和五氧化二钒氧化成富马酸，然后富马酸在高压(13MPa)下用 Pd-Re/C 催化剂氢化得到 BDO。

Li 等报道了一锅法反应生成 BDO 的工艺，该反应包含两个连续的过程：糠醛先经 H₂O₂ 和甲酸处理被催化剂 Pt/TiO₂-ZrO₂ 选择性氧化为 2(5H)-呋喃酮及其异构体 2(3H)-呋喃酮，残留的过氧化物通过负载在 Pt 催化剂上自分解而被除去；然后呋喃酮在甲酸的促进下开环加氢转化成 BDO。

(4) 1,3-丙二醇转化合成 1,4-丁二醇

1,3-丙二醇是一种重要的化工原料，能够通过甘油或葡萄糖等生物质原料经微生物发酵制备，美国 DuPont 和 Genencor 公司通过微生物发酵工艺实现生物基 1,3-丙二醇的规模化生产。

美国 Myriant 公司 2016 年公开了一种由生物基 1,3-丙二醇合成 BDO 的工艺方法。该工艺分为两个阶段，第一阶段利用微生物将可再碳源如葡萄糖、蔗糖、甘油和纤维素水解物等发酵生产 1,3-丙二醇；第二阶段将获得的生物基 1,3-丙二醇脱水生成烯丙醇，然后利用铑-磷催化剂和合成气进行氢甲酰化反应，将生物基烯丙醇转化为 4-羟基丁醛，最后通过 Raney-Ni 加氢获得生物基 BDO(如图 6 所示)。

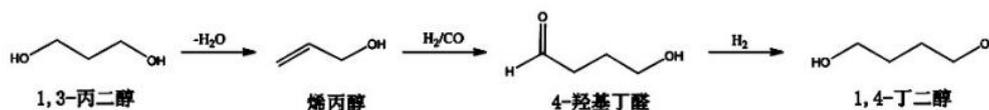


图 6 1,3-丙二醇制 BDO 合成路线
Fig.6 Synthesis route of 1,3-propylene glycol to BDO

(5) O-琥珀酰-L-高丝氨酸转化合成 1,4-丁二醇

O-琥珀酰-L-高丝氨酸是大多数微生物合成甲硫氨酸的重要中间体，对 C₄ 化学品的工业化生产起着重要作用。2010 年，韩国 CJ 第一制糖工业株式会社梁荣烈等人公开了一种由微生物产生的 O-琥珀酰基-L-高丝氨酸生产生物基高丝氨酸

内酯和生物基有机酸的方法，并利用高丝氨酸内酯制备 BDO。该方法首先利用微生物发酵生产 O-琥珀酰-L-高丝氨酸，然后在浓盐酸的条件下水解成高丝氨酸内酯盐酸盐，继而利用负载金属催化剂在氢气氛围下将高丝氨酸内酯通过加氢脱氮反应进行脱氨基化来制备γ-丁内酯，最后γ-丁内酯通过钌金属和咪唑配体加氢制备 BDO。

Hong 等报道了使用重组大肠杆菌发酵获得的 O-琥珀酰-L-高丝氨酸来合成 BDO 的方法。同样是将发酵得到的 O-琥珀酰-L-高丝氨酸通过盐酸水解形成高丝氨酸内酯盐酸盐，继而通过一氧化氮和空气催化脱氮和氢化反应作用合成 BDO(如图 7 所示)。

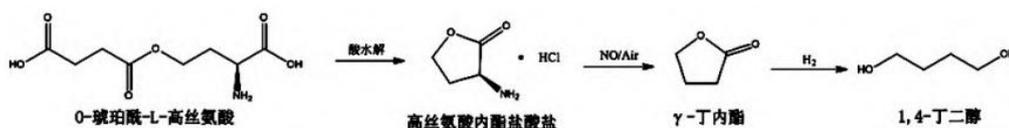


图 7 O-琥珀酰-L-高丝氨酸制 BDO 合成路线
Fig.7 Synthesis route of O-succinyl-L-homoserine to BDO

(来源：BDO 研究院)

【行业资讯】

业界探索电石行业健康发展路径

(中国化工报记者靳雅洁) 12月12日，第十六届全国电石工业健康发展大会在海口举行。200余位业内专家齐聚一堂，交流分享电石产业转型升级的经验，探索电石行业未来健康发展路径，并为即将到来的“十五五”编制规划、奠定基础。

受中国石油和化学工业联合会(以下简称石化联合会)副会长孙伟善委托，中国电石工业协会秘书长杨传玮介绍了我国石化行业运行情况及“十五五”发展思考。他表示，2024年电石等基础化学品市场保持了稳中向好态势，但行业仍面

面临着困难与挑战。一是需求支撑乏力，库存消化压力较大；二是能源、原材料等成本高企；三是税收等政策预期不稳；四是贸易摩擦增多，外部压力增大。在谈到石化行业“十五五”发展时，他指出未来石化行业要重点为新兴产业、未来产业提供原材料保障，化工新材料、精细化工、生物化工将成为行业新的增长点和发展方向。

“大家看到当前经济转型和需求下降对行业生产运行造成困难局面的同时，也要看到我国煤炭和能源资源供给充分，专业人才数量众多，下游电石需求稳定等有利条件，我国产业门类齐全，消费市场广阔，经济韧性强、发展空间大的基本面没有发生根本改变。”中国电石工业协会（以下简称电石协会）理事长张玉在致辞中表示，企业应当持续开展技术改造升级，不断降低消耗与成本，提高生存能力和发展能力。同时，积极响应协会号召，抱团取暖，避免“内卷式”恶性竞争，推动市场平稳运行、行业有序发展。

电石协会副秘书长蒋顺平呼吁，应从5个方面对电石行业健康发展形成政策支撑。一是有关部门对电石新增产能进行审批或备案时，要严格按照《产业结构调整指导目录》要求，认真审核用于置换的电石产能，并要求其产品不得作为商品电石进行销售；二是要积极化解僵尸产能，使其有序退出；三是按照现有法律法规、政策、标准等要求，对现有电石装置的环保、安全、能耗等条件进行审核，推动不达标企业和年产能10万吨以下企业退出市场；四是适度降低电石等高耗能产业的用电价格；五是加强行业自律，避免恶性竞争，维持市场平衡规则。

会上，中国氯碱工业协会副秘书长张守特、中国石油和化学工业联合会化工新材料专委会副秘书长邓会昌、陕西省冶金设计院有限公司副总经理赵杰分别分析了氯碱、BDO、兰炭等电石上下游产业的现状及未来发展情况。来自山东华东风机有限公司、河北荣晟玮业环保工程有限公司、山西三鼎科技股份有限公司、郑州利孚新材料有限公司、江苏克莱德物料输送设备有限公司、聊城研聚新材料有限公司、新疆中泰矿冶有限公司、陕西金泰化学神木电石有限公司、陕西煤业

化工集团神木能源发展有限公司、陕西煤业化工集团神木电化发展有限公司、四川岷江电化有限公司、新疆中泰化学股份有限公司等多家企业的代表则分享了电石生产绿色转型与高质量发展的实践经验。

会议由中国石油和化学工业联合会指导，电石协会主办。电石协会秘书长杨传玮主持会议。

中泰集团传达“第十六届全国电石行业健康发展大会”精神

12月19日，中泰集团召开电石产业科技创新研讨交流会，传达“第十六届全国电石行业健康发展大会”精神，探讨企业电石产业创新发展新路径。中泰集团党委委员、副总经理肖军参加会议并讲话。

会议紧紧围绕“第十六届全国电石行业健康发展大会”关于“八大新型产业”“九大未来产业”相关要求，结合集团公司各电石生产企业实际情况，深入讨论了“石灰窑尾气综合利用”“密闭循环水节水应用”“智能控制”等创新技术。

会议要求，集团公司要完善科技成果转化机制，统筹协调各园区，组建科技创新联合小组，汇聚优秀技术人才，联合开展技术创新活动，着力解决制约企业发展瓶颈的共性技术难题。电石产业技术人员要善于学习，加强与同行业优秀技术人员交流，认真思考新质生产力在电石产业中的具体应用，不断攻克制约行业发展的共性技术难题，为今后电石产业创新发展奠定坚实基础，推动“新中泰再出发”。

中泰集团高级管理人员赵永禄，安生部、科智部、中泰化学相关负责人参加会议。

发改委开通民营经济发展综合服务平台

12月20日，为深入贯彻党中央、国务院决策部署，认真落实中央经济工作会议精神和《中共中央国务院关于促进民营经济发展壮大的意见》有关要求，近

日，国家发改委依托其门户网站正式开通民营经济发展综合服务平台。

民营经济发展综合服务平台是国家发改委组织建设并运营的综合在线服务平台，设置惠企政策直达、发展形势及监测评估、诉求和建议、民间投资发展、融资对接合作、学习培训、经验交流等7个一级栏目，集中展示宣传涉民营经济政策和信息，集成项目推介、银企对接、问题收集与解决等功能作用。

目前，国家发改委已建立国家、省、市、县多层次与民营企业常态化沟通交流和解决问题机制。民营经济发展综合服务平台上线运行后，将进一步畅通与民营企业沟通渠道，更加高效实现问题收集—办理—反馈—跟踪回访的闭环流程，不断提升民营经济服务质效。

下一步，国家发改委将会同有关方面不断优化完善民营经济发展综合服务平台，认真听取意见建议，扎实帮助解决实际困难问题，着力推动民营经济高质量发展。（来源：中国化工报）

联系人：郭永明 刘怡 蒋顺平 联系电话：010--84885707

投稿邮箱：ccia07@126.com ccia03@126.com