

基于专利分析的天然气部分氧化制乙炔技术研究——以 BASF 公司为例

周泽乾*

(国家知识产权局专利局专利审查协作四川中心, 四川 成都 610213)

摘要:分析了 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术的专利申请趋势、有效性、技术构成、地域布局等信息,并对重点专利进行解读,分析技术发展路线,并对相关创新主体的专利布局策略提出建议。

关键词:天然气;乙炔;专利分析;BASF

中图分类号:G306;TQ221

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2026)S1-0013-06

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2026.S1.003

Research on acetylene production technology via natural gas partial oxidation based on patent analysis—A case study of BASF

ZHOU Ze-qian*

(Patent Examination Cooperation Sichuan Center of the Patent Office, CNIPA, Chengdu 610213, China)

Abstract:The patent application trends, validity, technical composition, geographical layout and other information of BASF's natural gas partial oxidation technology for acetylene production were analyzed. Key patents were interpreted, the technical development route was clarified, and suggestions were put forward for the patent layout strategies of relevant innovation entities.

Key words:natural gas; acetylene; patent information analysis; BASF

乙炔是生产氯乙烯、醋酸乙烯、1,4-丁二醇等产品的原料,其下游产品包括聚氯乙烯、聚乙烯醇、聚四氢呋喃、维尼纶纤维、氨纶纤维等,因此在有机化学工业中占有十分重要的地位。天然气部分氧化制乙炔技术是在非催化条件下,靠燃烧部分天然气提供的热量使甲烷发生裂解反应生成乙炔和合成气的技术^[1]。20 世纪 20 年代, BASF 公司就开发出炔类部分氧化制乙炔工艺,并于 1945 年在德国首次实现了工业化,此工艺于 20 世纪 50 年代早期传入美国并迅速成为生产乙炔的重要方法^[2]。在我国,分别有川维、青海盐湖、四川天华、重庆弛源等企业采用天然气部分氧化制乙炔技术进行生产^[1]。

BASF 公司作为该项技术的开创者,在全球进行了大量的专利布局。对 BASF 公司进行专利分析,有利于了解该工业技术发展的来龙去脉,有利于了解 BASF 公司在不同年代的专利布局策略,有利于判断该技术的未来发展方向,对我国的创新主体具有参考价值。

本文以天然气、乙炔、部分氧化、BASF 为基本检索要素,并结合分类号,在 Incopat 数据库中进行检索,检索截止日期为 2025 年 12 月 22 日,通过筛

分标引得到共计 214 件专利申请作为本文分析样本。

1 专利申请基本情况分析

1.1 申请趋势

BASF 公司天然气部分氧化制乙炔技术第一件专利申请始于 1936 年。由于年代久远,将每 5 年申请量之和进行作图,申请趋势见图 1。从图 1 可以看出,20 世纪 50—60 年代,申请量达到了一个高峰,之后,本世纪前 20 年又有一个高峰。

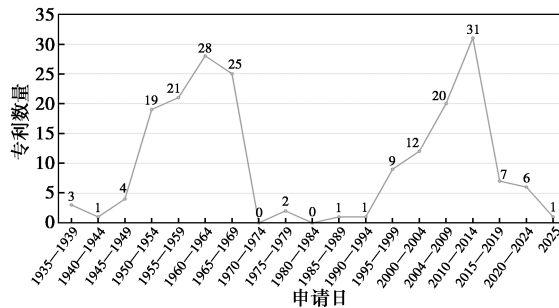


图 1 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术的专利申请趋势

1.2 有效性

BASF 公司天然气部分氧化制乙炔技术由于历

史久远,大部分专利都处于失效状态,但是,目前还是有一些核心专利或关键专利处于有效状态,在 36 件有效专利中有 22 件是关于工艺(或方法)的,对其核心技术领域起到战略性保护作用(图 2)。

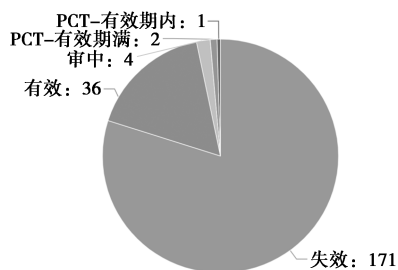


图 2 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术的专利有效性

1.3 技术构成

从技术构成来看,BASF 公司天然气部分氧化制乙炔专利技术中,在分类号 C07C 项下的专利申请高达 164 件,占比 76.6%,其次是 C01B、B01J (图 3)。可见,专利申请主要内容是涉及天然气制乙炔的工艺方法、相关设备。此外,分类号为 F23D、F23C 专利申请主要涉及乙炔炉。

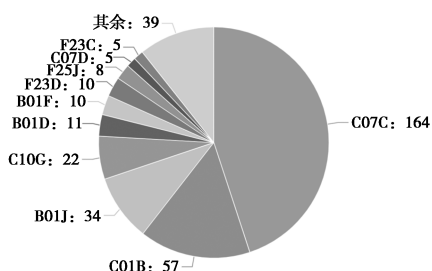


图 3 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术的专利技术构成

1.4 全球地域排名

图 4 示出了 BASF 公司天然气部分氧化制乙炔专利申请在世界范围内的排名,第 1 位是在德国,申请量为 80 件,德国是 BASF 公司总部所在地,可能也是研发集中地;第 2~4 位分别是中国、美国、加拿大,申请量分别为 28 件、23 件、23 件,中国、美国是

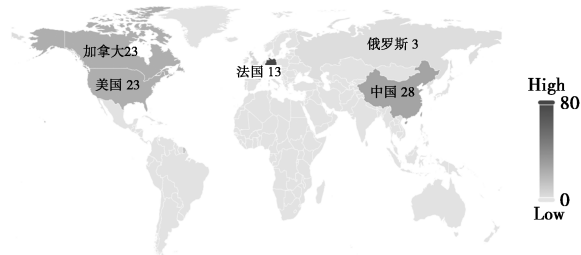


图 4 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术的专利地域排名

世界上最有影响力的市场,加拿大 2024 年天然气产量位居世界第 5 位^[3],是世界上最主要的天然气生产国之一;第 5~7 位分别是欧洲专利局、法国、海湾阿拉伯国家合作委员会专利局,申请量分别为 14 件、13 件、12 件,可见 BASF 公司不光重视欧洲市场,也开始在中东进行专利布局,中东也是主要的天然气生产地区。

1.5 中国专利有效性

从 BASF 公司在中国布局的情况看,在中国共计 28 件专利申请,专利有效性见图 5,有效 9 件、审中 1 件、失效 18 件;进一步查看其法律状态,在失效的 18 件专利中,期限届满有 5 件,未缴年费失效 12 件,撤回 1 件。可见,BASF 的专利申请质量是非常高的,基本上都得到了授权。

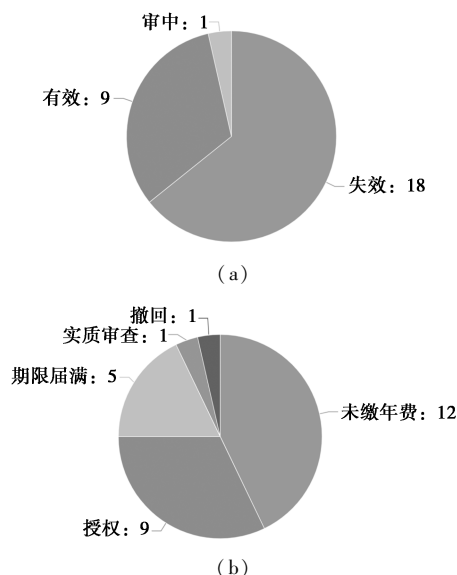


图 5 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术的中国专利有效性

1.6 中国专利维持时间

从中国专利维持时间来看,如图 6 所示,15~20 年达 13 件,10~15 年 9 件,5~10 年 4 件,0~5 年 0 件。可见,BASF 公司在中国的专利布局非常有针对性,维持时间也比较长。

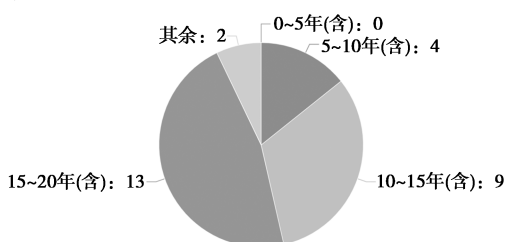


图 6 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术的中国专利维持时间

2 专利布局策略

通过阅读 BASF 专利申请的标题、摘要、权利要求,并对其主题进行标引,标引内容既尊重专利文献的特点,又力求贴近行业和企业习惯,并对各专利申请主题的数量进行统计分析,结果如表 1 所示。

表 1 专利申请主题分布

专利申请主题	专利申请数量/件	专利申请主题	专利申请数量/件
工艺(或方法)	105	炭黑分离	3
工艺和装置	32	溶剂选择	2
提浓单元	22	乙炔净化	2
装置	20	压缩单元	1
反应器	13	安全	1
溶剂回收	7	阻聚剂	1
溶剂处理	5		

从表 1 可以看出,BASF 的专利大部分布局在工艺(或方法)上,共计 105 件,占比 49%,这体现了作为该工业技术发明者的布局重点。当然,在工艺(或方法)方面的布局,主要是关于部分氧化反应的,也包括淬冷介质技术参数、防止早期着火方法、

监控早期着火方法等。

核心设备反应器也是专利布局重点。20 件主题为“装置”的专利申请,申请年代大致在 50 年代—60 年代,实际上就是关于反应器的发明;2000 年以后,有 13 件以反应器或反应器部件为主题的申请。同时,对于天然气制乙炔工厂的重要工序也进行了布局,比如提浓单元、溶剂回收、溶剂处理、炭黑分离等。

从专利布局时间来看,BASF 注重“产品未动,专利先行”,比如,约 40 年代 BASF 在德国建立天然气部分氧化制乙炔工厂,但在 1936 年已经布局了部分氧化反应的基础专利 DE875198C;在 21 世纪初向青海盐湖集团转让密闭水淬冷工艺技术,但在 1996 年已经在我国布局了该技术的申请 CN1155532A。

3 重点专利解读

一般而言,被引频次较高的专利可能在产业链中所处位置较关键,可能是竞争对手不能回避的^[4]。此外,专利申请人如果认为比较重要的发明,常会考虑在多个国家或地区进行专利布局。本文综合考虑被引证次数和同族情况,并通过阅读专利内容筛选出较为重要的专利文献,见表 2。

表 2 重要专利列表

序号	专利公开号	标题	申请年	被引证次数/次	同族国家/地区
1	DE875198C	Method and apparatus for the production of acetylene	1936	41	DE
2	DE874773C	Process for the extraction of acetylene from acetylene-containing gases	1950		DE,GB,FR,US
3	US2664450A	Process for the production of acetylene by incomplete combustion of hydrocarbons	1950	17	US
4	US2719184A	Production of acetylene	1950	16	US
5	US2862984A	Process of interacting hydrocarbons with oxygen	1955	6	US
6	DE1051845B	Method for the production of acetylene by thermal decomposition, especially through-partial oxidation of hydrocarbons	1957	27	CH,DE,US
7	DE1057094B	Method and apparatus for the production of acetylene by partial oxidation gaseous or vaporized hydrocarbons	1957	27	CH,DE
8	DE1126858B	Apparatus for the production of acetylene by incomplete combustion of hydrocarbons	1960	4	DE,CH,GB,US
9	DE1418664A1	Method for the production of acetylene	1961	5	DE,BE,GB,FR,NL,US
10	DE1184335B	Method for the production of acetylene from gas mixtures	1963		DE,AT,BE,GB,FR,NL,US
11	DE1185174B	Method for the production of acetylene	1963		DE,AT,BE,GB,NL,US
12	DE1199758B	Processes for the production of acetylene-containing gases	1963	2	DE,AT,BE,GB,FR,NL,US
13	DE1618163A1	Method for monitoring of the production of acetylene by combustion of hydrocarbons with oxygen incomplete	1967		GB,DE,BE,FR
14	US3542894A	Production of acetylene	1968	18	US

续表

序号	专利公开号	标题	申请年	被引证 次数/次	同族国家/地区
15	DE1916301A1	Method for the regeneration of soot-containing oils	1969		DE, AT, BE, GB, FR, ES, NL
16	DE4422815A1	Method for the production of acetylene and synthesis gas	1994	49	CA, CN, DE, EP, NO, US
17	US5824834A	Process for the production of acetylene and synthesis gas	1995	93	CN, FR, IT, RU, UA, US
18	DE19914226A1	Method for the production of acetylene and synthesis gas	1999	3	DE, RU, JP, EP, CN, US
19	CN101421207B	通过烃的部分氧化制备乙炔的方法	2007	5	DE, RU, AT, WO, CN, EP, US
20	EP2861527B1	Method for producing acetylene and synthesis gas	2013	3	AT, RU, WO, EP, DE, CN
21	US20230356171A1	Thermal integration of an electrically heated reactor	2021	3	CA, CN, EP, IN, JP, KR, SA, US, WO
22	EP4620937A1	Electrolysis oxygen for sustainable acetylene chemistry	2024		EP, WO

以下对重点专利进行解读。

(1) DE875198C(乙炔的生产方法和装置)

该发明是天然气部分氧化制乙炔技术关于部分氧化反应的基础专利,于 1936 年申请、1953 年公开,被引证次数高达 41 次,发明人是 Hans Sachsse 博士。该专利共有 3 项权利要求,权利要求 1 为“一种通过烃类或含烃的气体混合物的不完全燃烧来制备乙炔的方法,特别是甲烷及其同系物,与氧气或空气反应,其中将待反应的烃类与氧气或空气的混合物以高于火焰传播速度的流速引入反应空间的部位,在该处由两者速度相等而形成的火焰点燃混合物,其特征在于,在火焰点燃后,使主要呈层流的烃类与氧气或空气的混合物获得等于或低于火焰传播速度的流速”^[5]。该权利要求 1 通过含烃气体混合物的流速或流动状态进行限定,包含了很大的保护范围,这是基础专利的特点。该专利与提浓基础专利 DE874773C 一起构成了天然气部分氧化制乙炔技术的基础专利,由于 DE874773C 的发明人是 Ernst Bartholomé 博士,因此该方法也被称作 Sachsse- Bartholomé 法(萨克塞-巴索罗梅法)。

(2) DE874773C(含乙炔气体中乙炔的提取工艺)

该发明是关于乙炔提浓的基础专利,于 1950 年申请、1953 年公开,同族国家包括德国、英国、法国、美国,主要发明人是 Ernst Bartholomé 博士。该专利有 4 项权利要求,权利要求 1 为“一种从含乙炔气体中回收乙炔的方法,通过用有机液体洗涤并通过施加负压或提高温度或两者兼施从中提取乙炔,其特征在于,使用的洗涤液除了水以外,还含有超过 50% 的有机溶剂,该溶剂能很好地溶解乙炔、可与水混溶,并且沸点高于水”^[6]。该权利要求既没有限定有机溶剂的具体类型,也没有限定具体的工艺流程,仅限定方法是“施加负压或提高温度或两者兼

施”,所以包含的保护范围也比较大。

(3) DE1418664A1(乙炔的生产方法)

该发明是油淬冷工艺的核心专利,是天然气部分氧化制乙炔技术里程碑式发明,于 1961 年申请、1968 年公开,同族国家包括德国、比利时、英国、法国、荷兰、美国。该专利有 4 项权利要求,权利要求 1 为“一种在高温作用下从烃类制备乙炔的方法,通过冷却高温气体并从气体中分离炭黑,其特征在于,将高温气体在一个步骤中与高沸点烃油,特别是高沸点芳香族烃油进行冷却,其中烃油与气体的体积比至少为 1:100,并将含炭黑的高温烃油与气体分离”^[7]。该权利要求限定了淬冷油是高沸点烃油,还限定了烃油与气体的体积比范围。在以前的技术中,天然气部分氧化反应采用水进行淬冷来终止反应,但是这样造成大量的反应热白白浪费,该发明通过烃油淬冷,可以将烃油吸收的热量用于产生饱和蒸汽来回收热量,达到节能减排的效果。

(4) US5824834A(乙炔和合成气的生产工艺)

该发明是关于密闭水淬冷工艺的核心专利,也是天然气部分氧化制乙炔技术里程碑式发明,于 1995 年申请、1998 年公开,被引证次数高达 93 次,同族国家包括美国、中国、俄罗斯、法国、意大利、乌克兰。青海盐湖集团引进的 BASF 天然气部分氧化制乙炔技术就采用了密闭水淬冷工艺。该专利有 26 项权利要求,权利要求 1 为“一种通过烃与氧的部分氧化生产乙炔和合成气的工艺,该工艺包括分别对含有烃和氧的气态反应物进行预加热,其中氧原子与烃中碳原子的原子比至少为 1.05;在混合区将预加热的气态反应物充分混合;在通过燃烧器组后使充分混合的气态反应物反应,其中燃烧器组的乙炔产能未被完全使用;反应后用水性淬灭介质快速淬灭;并在封闭系统中循环使用水性淬灭介

从技术发展路线来看,首先是基础专利(DE875198C、DE874773C)奠定了该工业技术的技术起点,天然气部分氧化制乙炔技术是由天然气与氧气混合后点燃,一部分天然气燃烧产生的热量使另一部分天然气裂解生成含乙炔的混合气,并通过以 *N*-甲基吡咯烷酮为代表的有机溶剂吸收、解吸,提浓成粗乙炔。随着工业化实践,此项技术也在不断完善,包括通过反应器结构和材料的改进、防止早期着火的方法、淬冷水技术要求、提高火焰稳定性等方面来提高工厂运行的连续性、防止反应器的损伤、提高乙炔的产率。但是,该项技术还是存在着反应热不能回收的难题。于是,BASF 开发出油淬冷工艺(DE148664A1),采用烃油为冷却介质进行淬冷,同时吸收反应热,这样可以用高温烃油生产高压蒸汽以回收部分热量。60 年代,又从淬冷油技术参数、辅氧技术参数等方面对该项技术不断改进完善。当时间来到 90 年代,环保问题越来越受到各国政府的重视,法律法规对化工项目污染物排放的要求越来越高。BASF 开发出密闭淬冷水系统(US5824834A),大幅降低了苯系物和烃类的排放。紧接着,于 1999 年申请了新一代乙炔生产工艺的专利技术(DE19914226A1),虽然该发明描述的技术信息不太详细,没有太多的技术细节,但是从专利中还是可以获知新一代技术拥有很多优点,比如:反应温度较低,降低了能耗;反应产物被间接冷却,可以产生高压蒸汽,使热量得到有效回收;较低的反应温度也降低了副产物炭黑的量。2000 年以后,还开发出更高级模型支持的预测控制器,通过复杂控制技术稳定压缩单元入口的压力,从而省去裂解气气柜,节省了投资;淬冷水在单级闪蒸罐中蒸发,进一步减少污染物排放,更加环境友好。近年来,BASF 还在为乙炔化学工业的未来进行专利布局(US20230356171A1、EP4620937A1),BASF 敏锐地预测到随着未来可再生能源的大力发展,可能会导致绿电、绿氧(绿氢的副产品)经济性变得可承受,能够满足化学工业的要求,同时还可以降低工厂的碳排放。

5 结语

天然气部分氧化制乙炔技术是典型的有机化工技术,具有基础性研究投入多、技术更新换代慢、改进型技术多等特点^[12]。BASF 的战略启示我们,真

正的行业领导者将专利视为系统化的竞争工具。对我国相关创新主体而言,其借鉴意义如下。

(1)核心技术迭代与壁垒构建应同步进行。BASF 的研发是围绕核心工艺持续迭代,并通过专利组合覆盖其工艺改进、设备优化等各方面。这启示我们,研发投入应有连贯性,每一次技术升级都应及时转化为覆盖更广、权利要求更严密的专利保护网,形成竞争对手难以轻易绕行的“复合型”壁垒。

(2)专利布局应具备前瞻性与战略性。BASF 专利申请常领先于市场需求,并在全球关键市场与潜在技术路线上进行系统占位。这要求创新主体,布局时需超越当前产品,基于技术发展路线图,对未来应用场景、行业标准及替代技术进行预见性申请,将专利布局提升至战略层面进行规划。

(3)应强化基础研究对工业技术的源头支撑。BASF 深厚的化学基础研究是其应用型专利持续涌现的根基。应加大对底层原理、新材料及新方法的投入,积极将人工智能技术与化学工业深度融合,将基础研究的突破作为构筑高端专利壁垒的基石,从而在产业链获得长期竞争优势。

参考文献

- [1] 周泽乾, 巴特, 关淑红. 天然气部分氧化制乙炔技术专利分析[J]. 现代化工, 2021, (6): 22-26.
- [2] 周泽乾, 李莹珂. 天然气部分氧化制乙炔技术的比较[J]. 天然气化工, 2011, (2): 39-41.
- [3] Energy Institute. 世界能源统计年鉴 2025[R]. 2025: 37.
- [4] 杨铁军. 专利分析实务手册[M]. 北京: 知识产权出版社, 2012.
- [5] Sachsse H. Method and apparatus for the production of acetylene: DE 875198C[P]. 1953-04-30.
- [6] Ernst B, Erwin L, Lothar L. Process for the extraction of acetylene from acetylene-containing gases: DE 874773C[P]. 1953-04-27.
- [7] Danz W, Frey O. Method for the production of acetylene: DE 1418664A1[P]. 1968-11-07.
- [8] Bachtler M, Schnur R R, Passler P, et al. Process for the production of acetylene and synthesis gas: US 5824834A[P]. 1998-10-20.
- [9] Dieter S, Peter P. Method for the production of acetylene and synthesis gas: DE 19914226A1[P]. 2000-10-05.
- [10] Eric J, Kochendoerfer K A, Andrey S. Thermal integration of an electrically heated reactor: US 20230356171A1[P]. 2023-11-09.
- [11] Marco K, Stephan H, Christian W, et al. Electrolysis oxygen for sustainable acetylene chemistry: EP 4620937A1[P]. 2025-09-24.
- [12] 马天旗. 专利布局(第 2 版)[M]. 北京: 知识产权出版社, 2020: 295-296. ■