

安德里茨凯撒： 深耕金属双极板与定转子冲压

► 文 | 刘明星

2025年5月，MFC《金属成形智造》杂志对安德里茨凯撒董事总经理斯蒂芬·凯撒 (Stefan Kaiser) 先生和该公司的中国区首席销售代表佛山湾域技术有限公司的王高宏总经理进行了专访。我们得以洞悉这家百年德国企业如何在新能源浪潮下，凭借其卓越的技术实力和前瞻性的战略布局，特别是在金属双极板和电机定转子冲压这两大核心领域取得的突破性进展。



TOP-LINE KSH2 整线

百年传承，精益求精

安德里茨凯撒有限公司 (ANDRITZ Kaiser GmbH) 的历史可以追溯到 1945 年 11 月，于 2004 年正式并入国际知名的安德里茨集团 (ANDRITZ AG)，成为其金属事业部 (ANDRITZ Metals) 的重要一员。

目前，位于德国布雷滕的安德里茨凯撒拥有 150 多名高素质员工，专注于冲压和成形设备及自动化行业，提供从单机到完整生产线的全套解决方案。

迄今为止，安德里茨凯撒已向全球客户累计交付了超过 8000 多台自动化的冲压和成形压力机，广泛应用于汽车主机厂及其供应商、白色家电、电子电气、电机制造、建筑和消费品等行业的头部企业，用于稳定生产高质量的冲压件。

对于中国市场，安德里茨凯撒有着长期的关注和投入。董事总经理 Stefan Kaiser 先生自 1993 年起便定期访问中国。他提到：“近年来，我们向中国交付了很多机器，大多是由德国或欧洲的公司订购，在中国使用，以达到和欧洲工厂一样高标准的生产水平。” 凭借其 KSEV 和 KSH2 系列压力机等先进产品，凯撒的客户群已覆盖中国电动汽车动力电池、驱动电机和电控领域的顶尖冲压企业。

王高宏先生在采访中对公司情况进行了更详细的介绍：“凯撒代表着金属成形技术的高端品质，尤其在氢能装备金属双极板（不锈钢和钛合金）及大型能源电机定转子冲压成形领域，凯撒是绝对的技术领跑者，已为世界多家能源设备巨头提供多套生产装备。迄今为止，凯撒公司已经为中国 30

多家客户提供超过 100 多套冲压设备。越来越多中国本土的客户在接触考虑采用凯撒的设备和产线。”

深耕氢能：安德里茨凯撒金属双极板冲压解决方案

在全球能源转型和“碳中和”目标驱动下，氢能产业正迎来前所未有的发展机遇。利用风能、太阳能等可再生能源电解水制取“绿氢”，不仅是实现深度脱碳的关键路径，也催生了对高效储能和氢燃料电池技术的巨大需求。氢燃料电池因其能量密度高、零排放、跨季节储能等优点，在商用车、重型卡车、船舶乃至未来航空等领域的应用前景广阔。而金属双极板，作为 PEM（质子交换膜）燃料电池和 PEM 电解槽中的核心组件，其性能、成本和生产效率直接关系到氢能技术的商业化进程。

Stefan Kaiser 先生在采访中引用了德国弗劳恩霍夫协会 (Fraunhofer) 和吕登沙伊德大学 (Luedenscheid University) Andreas Roessler 博士教授的预测：“他预计 2030 年大约有 1300 万辆车用燃料电池驱动，以每辆车需要三个电堆，每个燃料电堆需要 300 ~ 400 片双极板（即 600 ~ 800 片单极板）计算，取中值 700 片单极板，那么整个行业的年需求量将达到惊人的 273 亿片。在这样的数量级下，金属双极板将是主流的双极板。”

安德里茨凯撒敏锐地洞察到这一趋势，将新能源汽车行业，特别是氢燃料电池金属双极板的精密成形，确立为公司重要的战略研发方向。

技术挑战与攻坚：金属双极板成形的“高精尖”要求

金属双极板的制造工艺复杂，对冲压设备提出了极高的要求。通常，金属双极板采用厚度小于 0.1 毫米（例如 0.075 毫米）的超薄不锈钢或钛合金带材。其表面的流道 (Flow Channel) 和边缘的密封珠 (Bead) 结构非常精细，且相对于板材厚度而言，流道深度较大。这就要求压力机不仅仅提供巨大的冲压力，更关键的是必须具备超凡的刚性和精度，以确保在冲压过程中超薄板材的均匀受力、精确成形，避免破裂、起皱或回弹等缺陷。传统的冲压设备往往难以满足如此苛刻的工艺条件。

凯撒的王牌：TOP-LINE KSH2 系列压力机详解

Stefan Kaiser 先生强调：“自 2021 年开始，我们决定根据 TOP-LINE 系列的成熟机型进一步开发这种全新应用的机械压力机，该系列压力机的冲压力范围覆盖 900 吨至 1900 吨，是专为氢能技术行业应用而设计的冲压成形设备。” TOP-LINE KSH2 系列压力机凭借以下关键技术优势，确保了金属双极板的高质量、高效率生产：

· 伺服电机控制与精确压力输出：

采用伺服电机精确控制滑块的运动曲线，能够实现缓慢而稳定的压下过程。尤为重要的一点是，即使在缓慢的压下运动中，压力机也能够输出全部的公称压力，这对于超薄材料的精细成形至关重要。

· 超高刚性结构设计：

机身采用高刚性结构设计，确保在巨大冲



凯撒 TOP-LINE KSH2 16000kN 压力机, 专为金属双极板生产设计 (凯撒 KSH2 产品手册)

压力作用下, 机身的挠度形变小于 0.04mm/m。这种卓越的刚性是实现微米级成形精度的基础。

· **剪切式压机设计理念与分体安装:** 压力机设计为剪切式压机, 其工作系统 (如液压、润滑、电气控制等) 采用钣金柜分体安装方式, 可与压力机主机拆分。这种设计不仅便于维护, 也有利于减少振动传递, 提高系统稳定性。

· **精确的压力控制与过程监控:** 集成了先进的压力控制和过程监控系统, 能够实时监测冲压过程中的各项参数, 确保每一片双极板的质量一致性, 并为工艺优化提供数据支持。

· **Ram-Tilt-Compensation-Control (立柱传感压力补偿):** 这是一项针对超薄板材在宽工作台上冲压的特殊功能。通过在立柱上安装传感器, 实时监测并补偿滑块可能出现的微小倾斜, 确保在长达 3 米多宽的工作台上冲压厚度仅为 0.075mm 的金

属板材时, 仍能获得均匀的压力分布和优异的成形效果。Kaiser 先生提到:

“迄今为止, 交付给双极板这一市场领域的所有机器是铸造的机身, 都配备了这种用于压力补偿调整的装置。”

· **环保与可持续性:** 顺应全球绿色制造趋势, KSH2 系列压力机系统均使用生物可降解的润滑油和液压油。驱动系统也采用优化节能设计, 降低能耗。

· **智能化与便捷性:** 配备 SCR (智能速联) 系统, 可以将压力机的运行状态、生产数据等信息轻松传送到用户端的掌上平板电脑, 方便远程监控和管理。

· **降噪设计:** 采用特殊的隔音覆盖物, 有效减少了设备运行时的噪音排放, 改善了工作环境。

王高宏先生说: “TOP-Line KSH2 将压力机、送料、传送、润滑、模具、集料及过程监控等子系统进行完美整合, 造就了该新型压力机

系统卓越的工作性能与显著的经济效益。其非凡设计灵感源自久经考验的自然仿生形态学原理。安德里茨凯撒双极板冲压设备的第一个客户, 也是欧洲金属双极板的领袖企业, 以前的压机产线生产的双极板每分钟 33 片, 大约 65% 左右的合格率。自从安装使用了 KSH2 压机产线, 半年内就将双极板的生产提升到每分钟 48 片, 100% 的合格率。”

对于凯撒设备能够保证 100% 合格率的底气, 王高宏先生从三个方面进行了解析: “首先我们拥有百年冲床的制造历史, 验证了铸铁结构是冲压机身的最优选择, 凯撒的床身是在欧洲顶级的大型铸造厂铸造, 这是制约交货期的核心原因, 但是用户会发现略显漫长的等待是值得的。不同于焊接结构, 铸铁结构具备良好的吸震和材料均质的性能, 可以使得冲压设备在高频次的冲击下仍然保持优秀的性能表现和长久的精密性能。借助于铸铁式床身加持, 加上我们特殊设计的传动箱体和工作平台交叉式支撑结构, 使得我们的双极板压机即便在全力压下时也仅仅只有 0.04 毫米 / 米的挠度变形, 换算到我们长 3 米的大尺寸工作平台的下死点精度达到很高的精确度。这个是保证实现双极板平面度 (仅 0.01mm) 精度要求的基础。”

“此外, 我们采用多组精密测距传感器对每个冲程进行测距反馈, 高速伺服油缸能迅速微调冲程距离, 补偿滑块倾动造成的精度误差。这种措施可以有效控制双极板在印压工位时的槽深误差和压力不均产生的内应力, 避免双极板产生翘曲变形。”



由安德里茨凯撒设备成形的金属双极板样品

高效集成：金属双极板连续冲压焊接生产线

金属双极板的制造并非单一的冲压工序，而是涉及冲压、切边、激光焊接（将两片单极板焊接成一片双极板）、清洗、涂层镀膜、封装以及最终的电阻和气密性检测等一系列复杂工艺。安德里茨凯撒不仅提供高性能的冲压主机，更致力于提供高效的集成生产线解决方案。

安德里茨凯撒与同属安德里茨集团的激光焊接专家苏泰克 (ANDRITZ Soutec) 紧密合作，打造了金属双极板连续冲压焊接生产线。Stefan Kaiser 先生自豪地介绍：“凯撒冲压和苏泰克联合组成的连续冲压焊接生产线，冲压单极板完成之后，可以做到一秒钟焊接一片，这是全世界最快的生产效率。我们的生产线能做到以 100% 合格率每分钟稳定生产六十片双极板。”

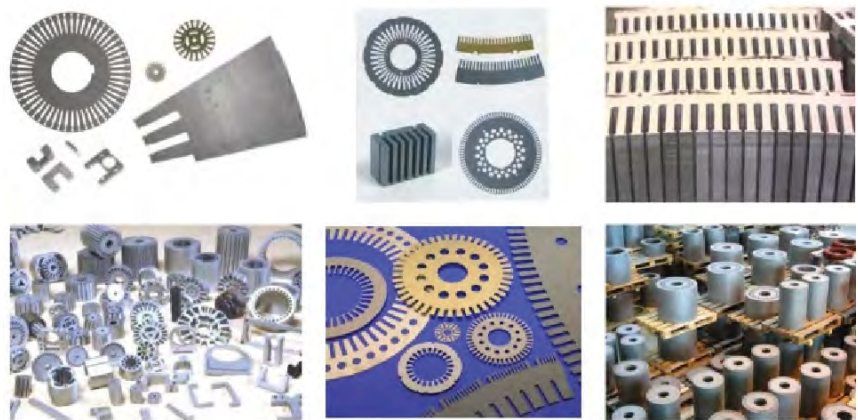
赋能电动出行：安德里茨凯撒高精定转子冲压解决方案

在新能源汽车的另一条主要赛道——锂电池驱动的电动汽车中，驱动电机扮演着“心脏”的角色。随着电动汽车性能的不不断提升和市场的快速扩张，对高性能、高效率驱动电机及其核心部件一定子和转子叠片的需求也日益旺盛。这些定转子叠片通常由厚度小于 0.3 毫米的新型薄电工钢冲

压而成，其冲压成形工艺同样面临诸多挑战。

电动汽车驱动电机的定转子冲压，对压力机提出了全新的要求。Stefan Kaiser 先生指出：“这个行业最大的痛点都是冲压薄钢片速度特别快，材料反弹很厉害，对机床的刚性和精度要求极高，一般的机床难以胜任。”具体而言，挑战主要体现在：

- 材料特性：新型薄电工钢（厚



由安德里茨凯撒设备冲压成形的电机定转子叠片

度常小于 0.3mm) 在冲压过程中容易产生回弹, 影响叠片精度。

- **精度要求:** 切削间隙极小, 通常小于 0.02 毫米。

- **模具复杂性:** 常采用 2 排或 3 排连续模的生产方式, 这对压力机床身的尺寸和稳定性提出了更高要求。

- **高速度与高刚性:** 生产定转子叠片需要压力机具备非常高的冲压速度 (最高可达 380 次 / 分钟), 同时必须保持极高的精度和刚度。

为满足电动汽车驱动电机定转子的高精密、高效率冲压需求, 安德里茨凯撒基于其 TOP-LINE 系列压力机的原理, 并结合仿生学和增材制造等先进技术, 开发了全新的 TOP-LINE KSEV 系列高速冲压机。该系列压力机的压力范围为 330 吨至 600 吨, 工作台长度可达 4500 毫米, 专为生产高精度电机铁芯而设计。

TOP-LINE KSEV 系列压力机具备以下显著技术优势

- **高刚性与高精度:** 机床工作台完全采用球墨铸铁整体铸造结构, 确保了极高的刚性, 受压时的挠度形变小于 0.04mm/m。这为实现微小切削间隙和高精度冲压提供了坚实基础。

- **卓越的稳定性设计:** 采用 4 杆螺旋连接设计, 有效增加了滑块的运行稳定性。配备重型滑轨导向系统, 采用无间隙和预应力直线轴承, 可有效防止滑块在高速非中心负载下的倾翻和振动。

- **智能化与环保特性:** 集成了精确的压力控制和过程监控系统, 确保冲压质量。同样配备 SCR(智能速联) 系统, 方便生产信息传输。为顺应环



凯撒 TOP-LINE KSH2 压力机压力机内部设计的仿生结构细节

保趋势, 压机采用生物润滑油和液压油, 驱动系统也经过优化, 实现节能运行。

- **其他优化设计:** 采用分体结构设计, 各工作系统 (如润滑、液压、气动等) 采用钣金柜独立安装在床身侧面, 可与压力机主机拆分, 便于维护和布局。同时, 采用特殊覆盖物进行隔音处理, 减少了噪音排放。

Stefan Kaiser 先生表示: “我们和模具制造商一起合作, 在高端电机冲压领域已经有了很多客户, 包括中国的一些电机上市公司。”

凯撒压力机的独特竞争力

基于持续的创新和独特的设计哲学, 除了前面提到的高刚性之外, 安德里茨凯撒的压力机形成了多方面的技术竞争力, 这也是其能够在金属双极板和定转子冲压全球高端市场保持领先的关键:

- **重型机械偏心轴刚性驱动设计理念:** 确保驱动系统能够稳定、可靠地传递巨大的冲压力。

- **灵活的驱动系统选择:** 根据客户的具体工艺需求, 可提供直驱式、行星齿轮式、机械连杆 (曲柄驱动) 或先进的伺服驱动等多种驱动方式。

- **非凡的压下精度:** 通过精密的

滑块导向系统保证,例如采用无游隙、预紧的无摩擦线性导轨导向系统,确保滑块在整个行程中的精确定位。

· **铸造床身的优势:**相较于传统的焊接床身(钢板和焊接区域的材料应力差别巨大,焊接部位容易产生金属疲劳),凯撒更倾向于采用仿生学优化的铸件床身。铸件材料均匀一致,虽然在减小可接受的材料应力的同时,相关床身部件的重量可能会增加约15%,但换来的是更高的整体稳定性和抗疲劳性能。

· **多壁工作台设计:**承载模具的工作台采用4壁或6壁设计(相对于传统的2壁设计),提供了更多的壁体来承担和分散应力,使得每个焊接区域的应力负荷更小,从而提升了工作台的承载能力和使用寿命。

设备使用寿命久,生产效率高,可靠性值得信赖,这些综合优势最终转化为客户的实际价值。

正如Stefan Kaiser先生所总结:“作为一家德国机器制造商,我们没法去比拼价格,只能通过特殊的解决方案来得分——特别是转子定子组件和双极板的生产线的高效率、高精度、高稳定性的能力是我们提供给客户最大的价值。”

立足中国,展望未来

中国作为全球最大的汽车市场和新能源产业发展最为迅猛的国家之一,对安德里茨凯撒而言,无疑具有举足轻重的战略意义。Stefan Kaiser先生在访谈中多次表达了对中国市场的积极看法和长远承诺。

他特别提到了近年来在中国参加的众多氢能展会和会议,以及与氢燃

料电池电堆上市公司的深入交流,很多企业都在默默地为可能爆发的市场做技术研发储备。

对此,王高宏先生作为长期一直跑在一线的专家,也给出了他的市场观察:“据我了解到的数据,国内市场冲压装备的需求是趋于增长的。比如国内冲压行业的龙头——济南二机,冲压设备的销量基本是稳步增长的。随着国内制造业产业的结构升级,尤其是电动汽车的定转子冲压,半导体、人形机器人和低空飞行器等新型市场的需求,当然还有我们目前非常关注的氢能制造行业,主要在燃料电池双极板和电解槽双极板等领域市场需求在持续增长,高端冲压装备将有着非常乐观的市场前景。”

然而,对于中国客户特别在意的价格问题,王高宏先生说:“国内各行业卷严重,企业更注重成本效益和大规模生产,而国外可能更注重技术标准和产品质量。国内外市场需求的这种差异,体现在我们的设备销售上,我们的双极板压机在欧美市场已经取得多套设备订单,在主要的欧美双极板制造企业的工厂都会看到我们凯撒的压机产品。我们的设备在国内市场目前还处于金字塔尖的位置,观望接触的企业很多,要想大规模应用,还要等待市场大爆发。”

面对这种情况,安德里茨凯撒正在采取积极的本土化策略,王高宏先生解释道:“在不降低产品品质的前提下,我们也在积极利用国内低成本的制造优势,进行凯撒冲压床部分国产化。除了铸铁等机械部件外,核心的配套零部件我们还是坚持使用国外进口的高质量配套零部件,比如伺服电

机仍然采用西门子德国工厂产的电机,滑动导轨依旧使用舍弗勒德国工厂产的INA导轨,液压站及阀块等采用力士乐德国工厂的部件,传感器仍然使用德国易福门和巴鲁夫的产品。我们希望这种国产化措施在满足国内追求较为平易的价格和更快的交货期外,依然保持我们凯撒一贯追求的精密,可靠,耐用等德国制造的品质。”

安德里茨凯撒第一条金属双极板产线已经在中国落地

在谈及具体客户和项目时,Kaiser先生表示,由于保密协议的限制,不便详细讨论。但他再次强调:“特别是对于金属双极板的生产,我们拥有业内最多的成熟的冲压案例,可以使用凯撒的机器和系统以最高质量水平生产这些组件。”

值得一提的是,王高宏先生在采访的最后分享了一个激动人心的消息:“我们在国内的第一条金属双极板压机产线已于2025年3月底顺利通过客户验收,今年四月中正式投产。”

展望未来,安德里茨凯撒将继续深耕中国市场,凭借其在金属双极板、高精定转子冲压以及伺服压力机等领域的技术优势,与中国客户携手,共同推动新能源产业的高质量发展,为实现更加绿色、智能的未来出行贡献力量。MFC