

# 内置隔离断口柱上开关发展特性浅谈

任 璐 李守业

**摘 要：**在探讨柱上开关领域的技术进步时，我们不得不提及它对电力系统稳定性与高效运行的至关重要性，以及对全球能源结构优化与可持续发展的深远影响。观察全球柱上开关市场的动态，我们不难发现其稳步增长的态势，这背后正是技术创新的强大驱动力，引领着环保、高防护及模块化柱上开关技术的革新与应用，为整个行业带来了前所未有的突破。

**关键词：**内置隔离；柱上开关

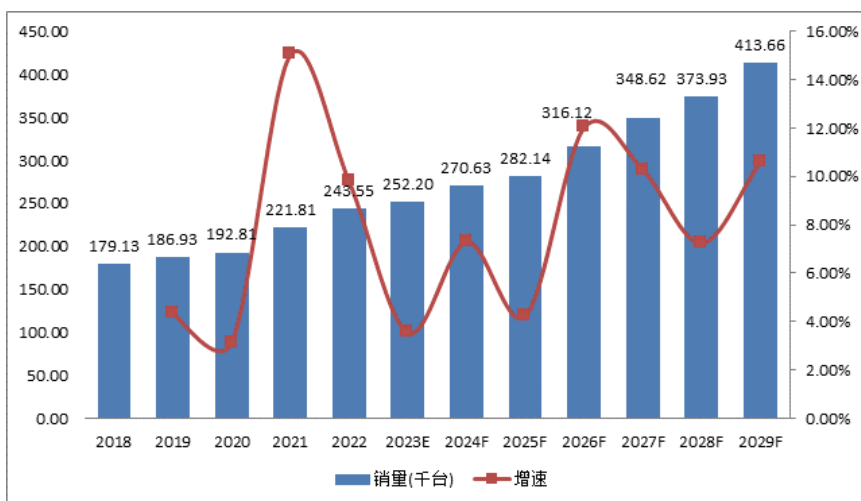


图1 柱上开关发展态势

（资料来源：第三方资料、新闻报道、业内专家采访及QYResearch整理研究，2023年）

现有柱上开关主要类型有：SF<sub>6</sub>柱上断路器、共箱式柱上断路器、支柱式柱上断路器、内置隔离共箱式柱上断路器等。这些不同类型的柱上开关各有其特点和应用场景，共同推动了柱上开关领域的发展。

随着科技的进步、市场需求的增加、政策导向的支持以及环保要求的提高，电力系统和智能电网的快速发展，柱上开关领域将不断发展壮大。影响柱上开关领域的发展特性：



图2 柱上开关主要类型

**作者简介：**

- 任璐（1992.07——）女，汉族，本科学历，中级工程师，主要从事高压开关设备、户外柱上开关、一二次融合技术方面的研究工作。
- 李守业（1986.06——）男，汉族，本科学历，中级工程师，主要从事高压柱上开关产品研发方面的研究工作。

### 一、环保特性

随着工业革命的步伐，温室气体排放急剧增加，尤其是含氟气体，其强大的温室效应对地球气候构成了严峻挑战。在此背景下，“碳达峰，碳中和”的“3060”目标应运而生，为配电网的发展指明了绿色低碳的道路。2023年，国家电网公司提出全面应用环保型配电开关，实现配网SF<sub>6</sub>气体使用量“零新增”。这一趋势不仅体现在政策层面，更在实际操作中得到了广泛推广，如《10kV户外柱上断路器标准化设计方案（2023版）》。2024年2月6日国家发展改革委、国家能源局发布《关于新形势下配电网高质量发展的指导意见》（发改能源〔2024〕187号），要求持续推进设备标准化建设，全面应用典型设计和标准物料，积极推广高可靠、一体化、低能耗、环保型、一二次融合设备。

### 二、市场需求

从市场规模来看，全球一二次融合设备市场持

续扩张，预示着柱上开关行业的巨大潜力。特别是在“十四五”规划之后，预计到2028年，全球柱上开关市场规模将达到2,346.74百万美元，为行业发展提供了广阔的空间。面对如此庞大的市场需求，行业内领先企业如Eaton、Schneider Electric、ABB及宏力达等，正通过提升产品性能，抢占市场先机。

### 三、产品可靠性

尽管市场前景广阔，但当前配网产品仍面临诸多挑战，如隔离开关外置导致的机械故障、分体安装带来的安全隐患、安装方式不灵活及密封性能差等问题。为解决这些问题，开发满足新型电力系统建设需求的封闭式户外高压交流真空断路器显得尤为重要。产品研发应聚焦于无SF<sub>6</sub>绿色环保、隔离断口内置、优异密封性能及模块化深度融合等方面，旨在通过技术创新提升产品的整体性能与可靠性。



图3 柱上开关现存问题

### 四、线路全绝缘

电网线路全绝缘技术具有广阔的应用前景和发展趋势。随着电力系统的不断发展和对安全性、可靠性要求的不断提高，全绝缘技术将在更多领域得到应用和推广。同时，随着新材料、新技术的不断涌现和成熟应用，全绝缘技术也将不断得到改进和完善，为电力系统的安全稳定运行提供更加坚实的保障。

根据以上特性，产品研制发展方向主要有：

1. 无SF<sub>6</sub>绿色环保：采用真空灭弧室作为主开断元件，结合纯干燥空气绝缘技术，彻底摒弃SF<sub>6</sub>气体的使用与排放，实现零温室效应指数（GWP），完美契合“双碳目标”理念。
2. 隔离断口内置：内置真空灭弧串联隔离设计，有效解决外置隔离产品的锈蚀与通断问题，提升产品的安全可靠性。
3. 优异密封性能：采用先进材料与技术，确保开关密封防护等级达到IP67标准，适应各种恶劣户外环境，保障设备的稳定运行与使用安全。

4. 模块化深度融合：开关设计模块化，结构简单可靠，生产周期短效率高。同时集成多种传感器与供电系统，实现保护、测量、计量采样等功能的深度融合。

综上所述，新型环保型户外高压交流真空断路器应具备卓越的绝缘性能、环保特性、高可靠性及免维护等优点，对于推动全球能源结构的优化与可持续发展具有重要作用。本篇着重探讨隔离开关内置对于断路器性能提升的意义。

首先，隔离开关外置确实会面临不少环境挑战。目前市面上常规应用量较大的柱上开关设备隔离断口均为外置，外置单体隔离简单集成在断路器本体上，很难适应户外严酷的环境考验。外置隔离断口距离的一般在200mm以上，才能保证电气绝缘要求和线路安全。由于直接暴露在外界环境中，长时间的风吹雨打、日晒雨淋，很容易引发锈蚀问题。这种锈蚀不仅会影响隔离开关的外观，更重要的是，它会导致机械部件的灵活性和精确度下降，从而增加机械故障的风险。一旦发生故障，不仅会影响电力设备的正常运行，还可能对周边环境和人

员安全造成威胁。

再者，外置隔离断口与国网全线绝缘技术方向的不符也是一个不容忽视的问题。在电力系统中，绝缘技术的发展对于提高电网的安全性和可靠性至关重要。随着电力系统的不断发展，对电网线路的安全性和可靠性要求越来越高。传统的电网线路由于存在裸露部分，容易受到外界环境的影响，如风雨、雷电、污秽等，导致线路故障频发。而电网线路全绝缘技术则通过对线路进行全面绝缘处理，减少或消除外界环境对线路的影响，从而提高线路的安全性和可靠性。外置隔离断口的存在，可能会破坏整体的绝缘体系，增加电力泄漏和短路的风险。

相比之下，隔离断口内置的优势就很明显。内置设计可以大大提升箱体内部的空间利用率。这意味着在相同大小的箱体中，我们可以安装更多的设备或部件，从而增强整个电力设备的集成度和功能性。同时，内置设计还可以有效隔绝外界环境的干扰，减少锈蚀等问题的发生，提高设备的可靠性和使用寿命。更重要的是，直动式内置隔离为线路全绝缘技术方向提供了探索的可能性。通过内置隔离的设计，我们可以更好地控制电力设备的绝缘性能，降低电力泄漏和短路的风险。同时，这种设计也为未来电力系统的发展和创新留下了更多的空间。

内置隔离断口，在干燥空气条件下经分析验证，如图17为断口电场仿真，断口需求大于75mm，需要较大空间。隔离断口的内置设计展现出丰富的多样性，涵盖了刀闸式、摇臂式与直动式等多种结构，每种设计均独具特色与优势。内置隔离断口，在干燥空气条件下经分析验证，断口需求大于75mm。为了保障隔离断口距离，隔离导电杆分合闸行程需达到 $\geq 150\text{mm}$ ，需要较大空间。通过对隔离结构设计，在有限空间内既要布置断路器真空断口又要串联内置隔离，提高断口绝缘的安全性和开关可靠性，这既是一个创新点，又是最大的技术难点。在现有隔离断口内置方案中，内置旋转式刀闸及摇臂传动式刀闸，由于其传动机制对空间需求较大，特别在考虑到绝缘性能等关键因素时，对箱体的尺寸设计以及主回路的精细布局提出了更为严苛的要求。相比之下，直动式隔离刀闸以其更为精简高效的传动系统脱颖而出，它不仅显著减少了所需的空间占用，还确保了传动的精准无误，这一特性使得直动式隔离刀闸成为了当前业界广泛认可并优先采用的传动形式。

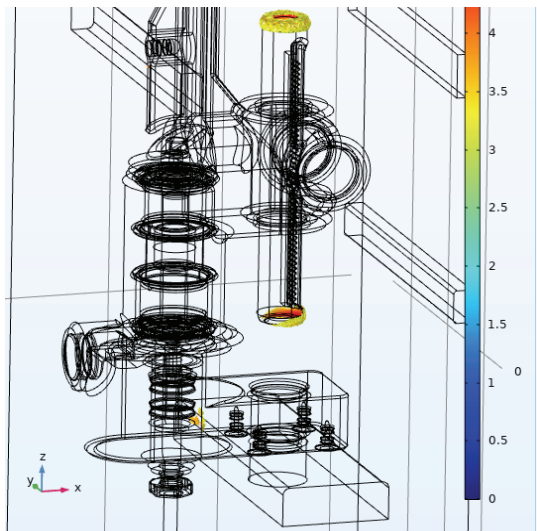


图4 断口电场仿真

总体而言，内置隔离设计是一项既顺应技术演进潮流又极具实践价值的战略举措。它不仅能够有效应对外置隔离开关所面临的多重挑战与问题，还显著增强了电力系统的安全屏障与运行可靠性，为电网的稳定运行保驾护航。针对电网安全规程中对于隔离断口必须清晰可视的要求，经过详尽查阅相关规范文件，我们得知，只要隔离断口具备两种或以上的明确指示方式，即能满足电网安全规范的相关标准。因此，内置隔离断口的设计无疑是对电网安全规定的一次精准契合，展现了其高度的合规性与前瞻性。

相信在未来，通过加强技术研发和创新、完善施工管理和质量控制、建立监测和维护体系以及加强与其他相关技术的协调配合等措施的实施和推广，可以推动内置隔离断口断路器的不断发展和完善，为电力系统的安全稳定运行提供更加坚实的保障。

#### 参考文献

- [1] 蒋兵, 冯再均, 刘万里, 等. 基于SolidWorks的单柱水平旋转片式隔离开关改造分析[J]. 光源与照明, 2022(11): 98-100.
- [2] 熊晋树, 张成, 李轶, 等. 三相联动双断口户外高压隔离负荷开关的研究[J]. 上海电力大学学报, 2023, 39(6): 599-602.
- [3] 冯奕钧, 何嘉成. 110kV 隔离开关折叠式新型检修踏板的研制[J]. 机电信息, 2022(000-007).