



国家电网  
STATE GRID

# 12kV固体绝缘环网柜 生产应用与市场研究报告

## 解读

2014年06月

# 目 录



国家电网  
STATE GRID

1、概述

2、固体绝缘环网柜发展现状

3、产品典型结构分析

4、生产工艺条件状况

5、市场调研信息汇总

# 一、概 述



国家电网  
STATE GRID

## 1、目的

通过调研固体绝缘环网柜生产技术现状、应用现状、发展趋势及存在的问题,对国内外固体绝缘环网柜的技术、争议、市场进行分析梳理,对产品技术、市场需求和产能做全面的信息分析,阐述来自不同层面专家、运行单位、设备生产企业对固体绝缘环网柜的不同看法与观点,使运行单位和制造企业全面了解固体绝缘环网柜的技术现状、生产企业现状、应用现状,为运行单位采购及制造企业研发、生产提供全面的参考,使固体绝缘环网柜的技术创新能力、生产制造能力和应用水平得以提高,进一步推动固体绝缘环网柜进入大规模应用,为固体绝缘环网柜的发展指明方向。

# 一、概 述



国家电网  
STATE GRID

## 2、报告构架

报告共分八个部分，分别从研究背景、目的、范围及方法、发展现状、主要制造企业情况、国内应用情况、市场调研情况和发展存在的问题及建议。

其中，主要部分为发展现状的阐述和市场调研情况的汇总；详细介绍了国内外该产品的现状、现有技术分析、典型产品结构、技术优势、存在的不足和亟待解决的问题等内容。对在固体绝缘环网柜的标准制定、技术发展过程中争议较多问题可以通过市场调研情况的汇总看到来至用户和企业的观点。

# 一、概 述



国家电网  
STATE GRID

## 3、资料来源

本次研究的范围主要在固体绝缘环网柜专业委员的会员单位和用户系统展开。

主要是通过专委会召开的各种会议，固体绝缘环网柜专业委员会官方网站，走访调研设备制造企业、设计院、省网公司和系统外用户，采集来自各方面的信息和国家电网公司、南方电网公司的相关发展规划与政策及高压开关分会2012年统计资料

# 目 录



国家电网  
STATE GRID

1、概述

2、固体绝缘环网柜发展现状

3、产品典型结构分析

4、生产工艺条件状况

5、市场调研信息汇总

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 1、国外固体柜发展技术

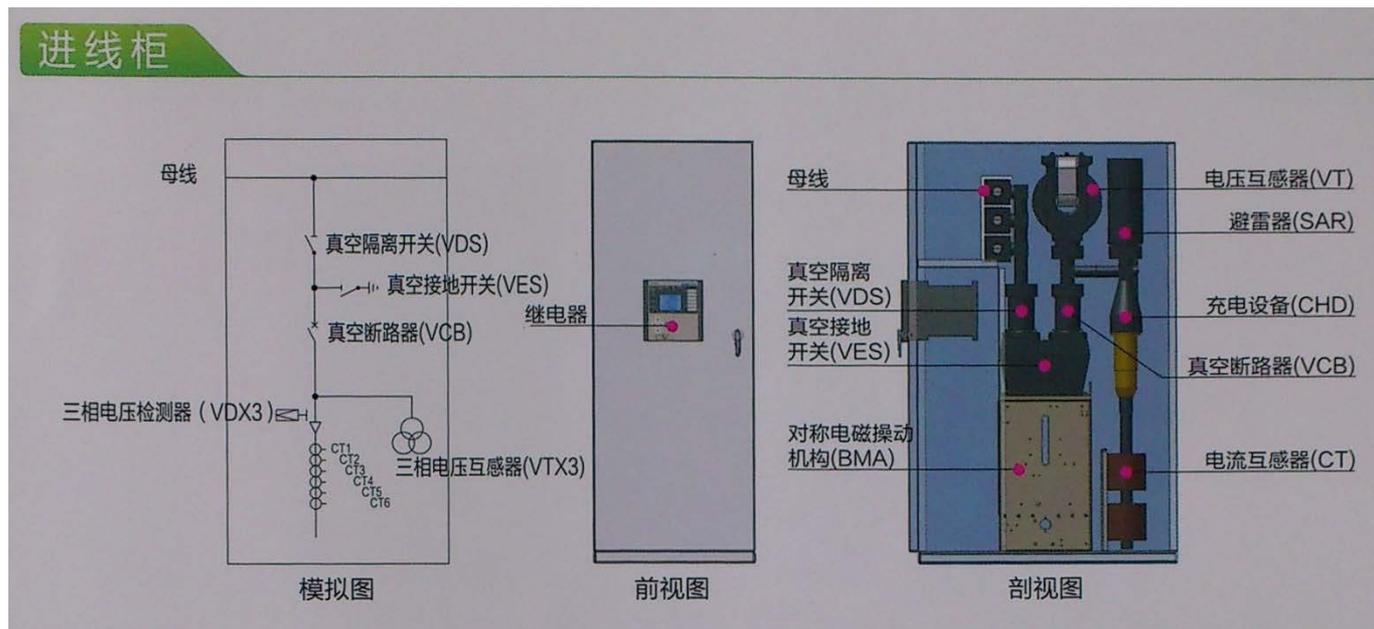
国外固体绝缘环网柜以日本东芝和美国伊顿的技术为代表，早在1999年就开始研究，并不断有产品推出市场。另外，韩国、施耐德、维益埃等公司也在中国市场推出了自己的产品。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 1.1 日本东芝公司



日本东芝公司于1999年研发出高性能环氧树脂及高效率的环氧树脂浇注技术，并于2002年开发出24kV固体绝缘开关柜（SIS）。之后又进行了系列化，与2005年开发出36kV（SIS），现又进行更高电压等级72kV及84kV（SIS），额定电流最大2000A、开断电流31.5kA。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 日本东芝公司SIS产品特点

- (1) 对真空灭弧室采用相柱固封技术；
- (2) 采用真空断路器、真空隔离开关、真空接地开关；
- (3) 采用永磁操动机构。
- (4) 额定电压：12~40.5kV；额定电流：630~2000A

外形尺寸mm（宽×深×高）：800 ×1460×2100



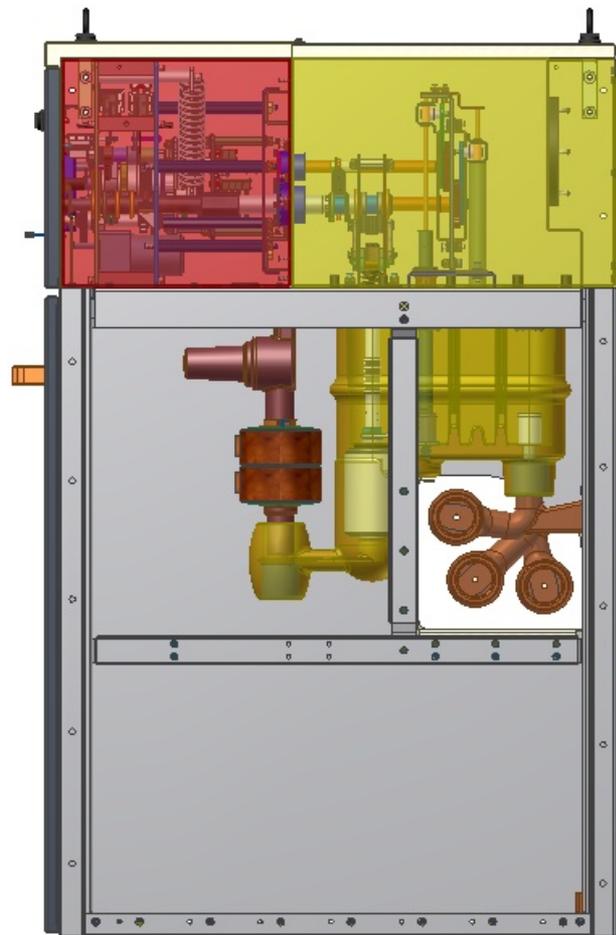
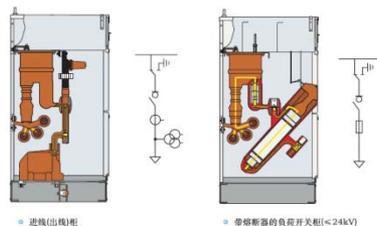
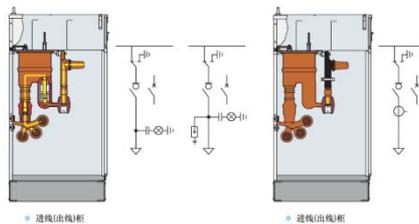
## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 1.2 美国伊顿公司

2008年EATON公司研制的SVS型。  
产品尺寸最小，额定电流630A，  
开断电流25kA；空气绝缘的隔离  
接地开关，不具备双侧隔离和能  
关合短路电流的接地开关。



## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 1.3 法国施耐德公司

2012年施耐德公司在中国市场推出的  
固体绝缘环网柜。375X900X1350

主要技术参数

额定电流：630A、1250A \*

开断性能：20kA、25kA

短时耐受：25kA 3s / 20kA 4s

机械寿命：10000

内燃弧水平：25kA 0.5s / 20kA 1s



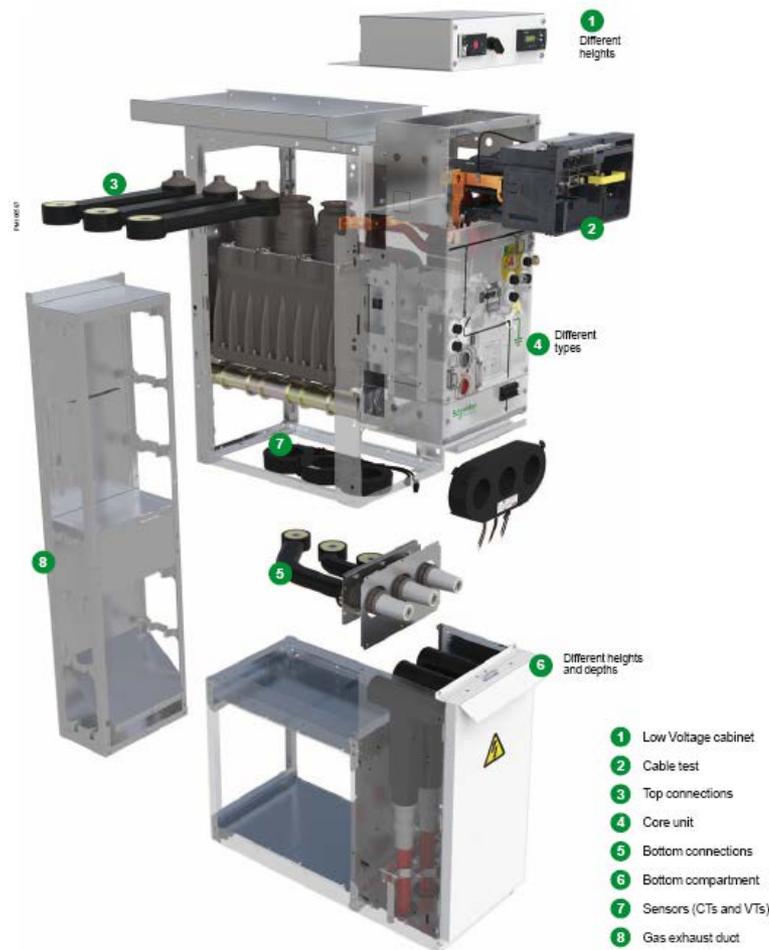
## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 法国施耐德公司产品特点

- ★ 三相独立式共箱结构
- ★ 真空灭弧
- ★ 真空隔离开关
- ★ 接地开关断口可视，具备短路关合能力
- ★ 绝缘模块表面可靠接地、可触摸
- ★ 绝缘模块全密封结构设计，与SF6气箱同等



## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 1.4 韩国固体柜技术



### 三、产品技术状况



国家电网  
STATE GRID

## 2、国内固体柜发展情况

国内固体绝缘环网柜的发展按时间段可分为二个阶段

### 第一阶段是从2005年-2010年

该阶段是固体绝缘环网柜的起步阶段，开展产品技术研究和生产的企业不多，主要以北京双杰电气股份有限公司、扬州新概念电气有限公司、广西北海银河开关设备有限公司、沈阳昊诚电气股份有限公司、北京电研华源电力技术有限公司为主，产品结构复杂，工艺水平不高。

### 第二阶段是从2011年-2014年

该阶段是国内固体绝缘环网柜快速发展的时期，制造企业、产品工艺、技术水平、外部环境都发生了很大的改变。主要特点有以下几方面：

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 第二阶段主要特点

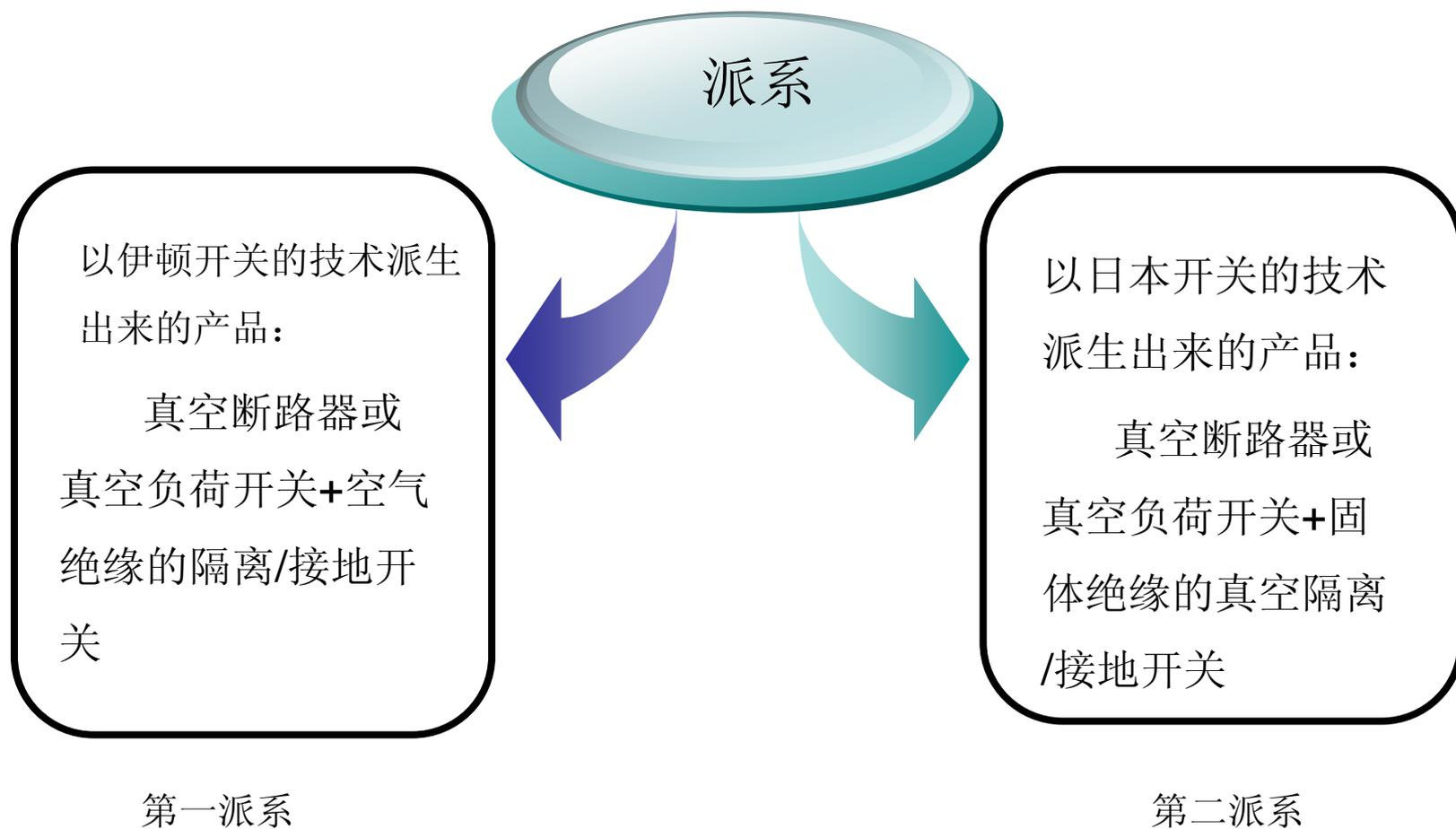
- (1) 生产企业显著增多，市场竞争加剧；由原来的5家增加到40多家，但具有自主研发能力的企业不多，大部分企业是靠技术转让或联合设计获得产品技术。
- (2) 产品结构、工艺彻底发生改变；第一阶段企业研制的产品根据技术发展和工艺水平提高，产品由第一代升级到第二代或第三代，产品工艺水平和可靠性显著提高。
- (3) 企业间的联合研制体增多；西安森源开关技术研究所牵头组织上海雷博司、成都旭光、余姚舜利开发了GSS3-12系列产品，杭州曙光联合西安西能电器开发三相共箱结构的固体绝缘环网柜。
- (4) 新技术在产品中的应用增多；三工位真空隔离/接地开关技术、真空灭弧室真空度在线监测和温度、局放在线监测技术、绝缘模块表面金属化技术在产品中得以实施，并有相关产品挂网运行。
- (5) 外部发展环境的变化。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 2.1、国内固体柜种类

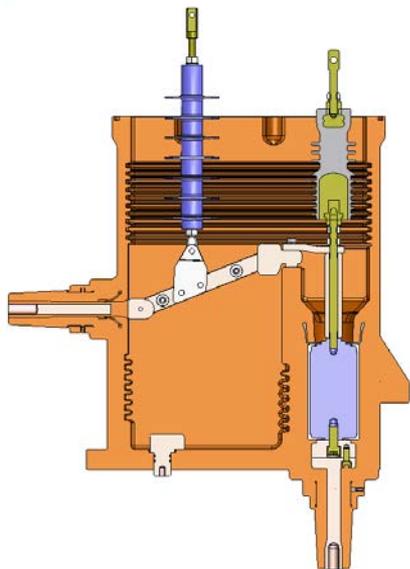


## 二、固体绝缘环网柜发展现状

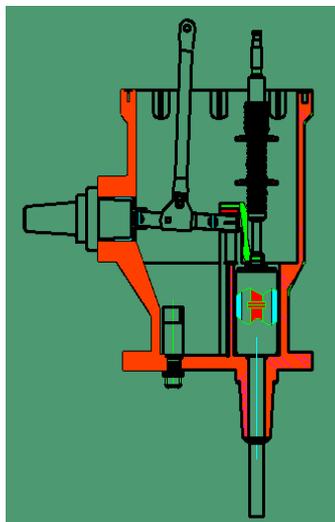


国家电网  
STATE GRID

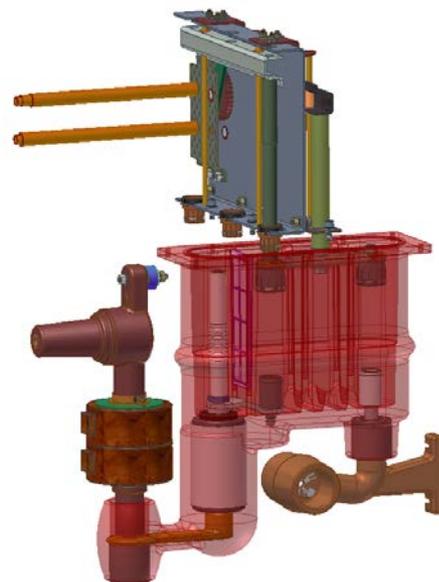
### 第一派系 空气绝缘的隔离和接地方案



真空管+空气绝缘  
三工位隔离和接  
地方式



真空管+空气绝缘  
二工位隔离和接  
地方式



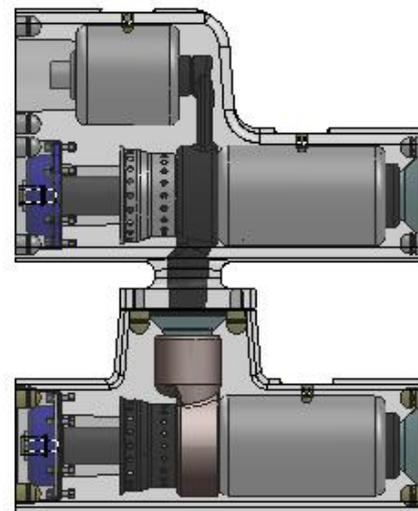
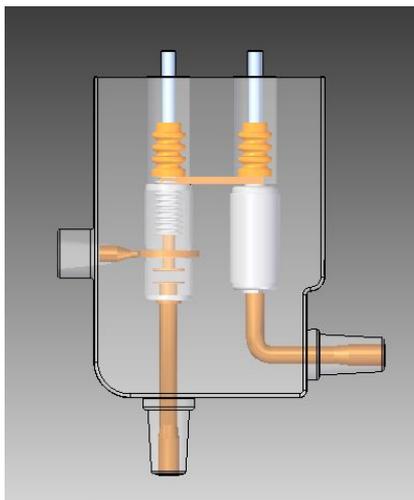
真空管+空气绝缘  
直线运动三工位  
隔离和接地方式

## 二、固体绝缘环网柜发展现状

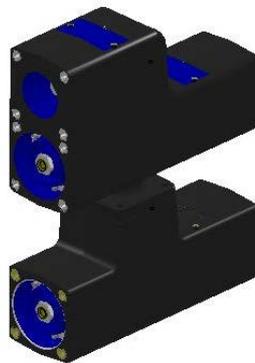


国家电网  
STATE GRID

第二派系 真空绝缘的隔离/接地开关技术



三工位真空隔离接地开关技术



独立的真空隔离和接地开关技术

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 2.2 两大派系的主要区别

主要区别在隔离开关

1

真空开关加刀闸式  
隔离开关的方式

2

真空开关加直线式  
隔离开关的方式

3

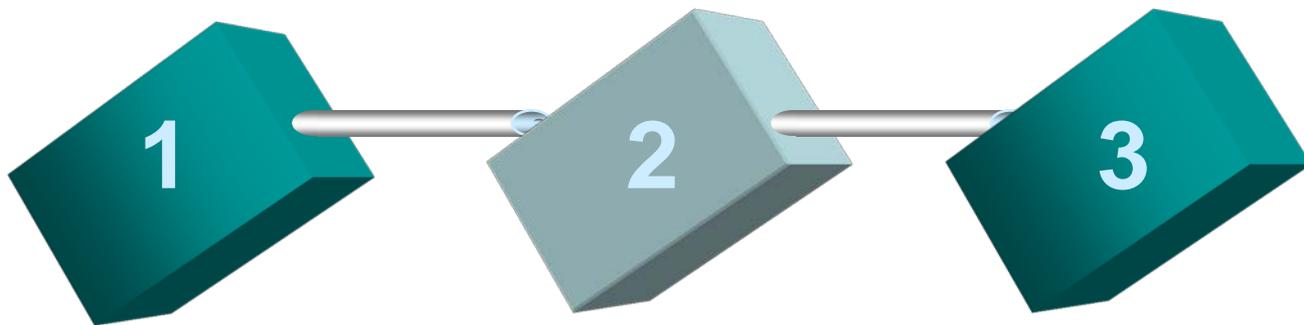
真空开关加真空隔  
离开关的方式

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 2.3 两大派系产品的特点比较



真空开关+刀闸式  
隔离开关的方式，  
结构复杂，隔离开  
关为空气绝缘，受  
外界环境影响较大，  
接地开关具备关合  
能力

真空开关+直线  
运动离开关的方式，  
结构较复杂，  
隔离开关为空气  
绝缘，受外界环  
境影响较大，接  
地开关不具备关  
合能力

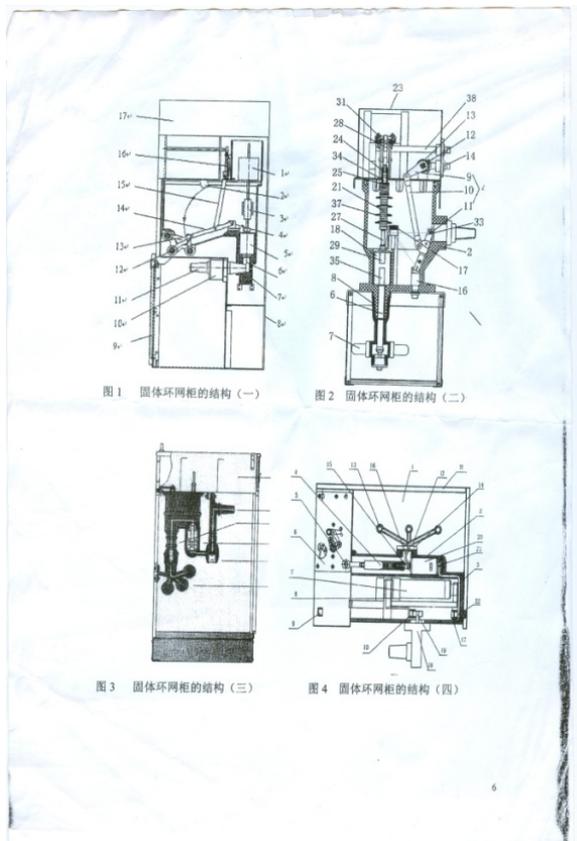
真空开关  
+真空绝缘  
隔离开关的  
方式结构  
简单，  
机构复杂  
成本高  
不受各种环  
境影响

## 二、固体绝缘环网柜发展现状

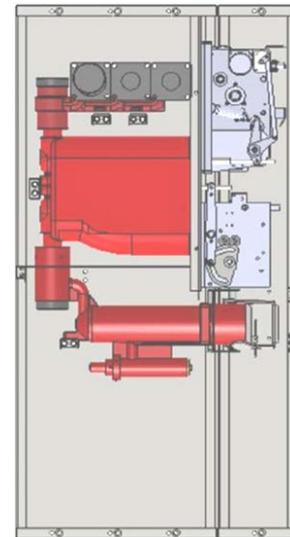
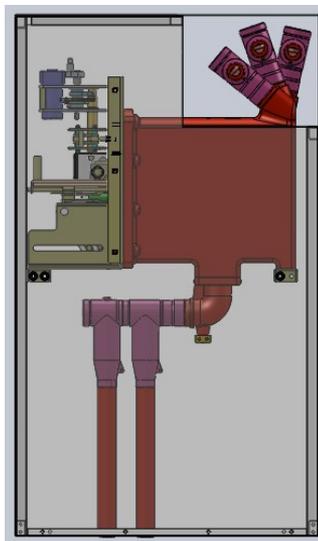


国家电网  
STATE GRID

### 2.4 结构布置形式



第一阶段产品结构布置



第二阶段产品结构布置

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 3 存在的不足

- (1) 屏蔽与绝缘模块表面涂覆导电或半导体层
- (2) 结构优化与环境适应性设计
- (3) 对于“假断口”的认识
- (4) 运行维护经验不足
- (5) 规模化生产工艺与成本
- (6) 标准的宣贯与统一

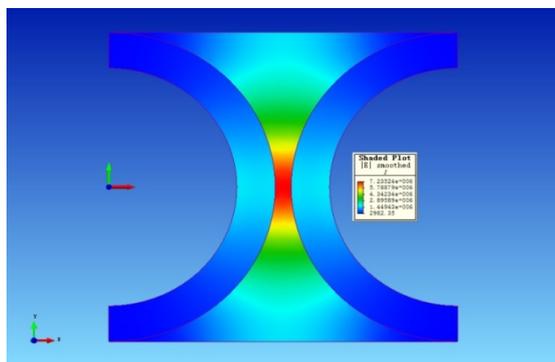
## 二、固体绝缘环网柜发展现状



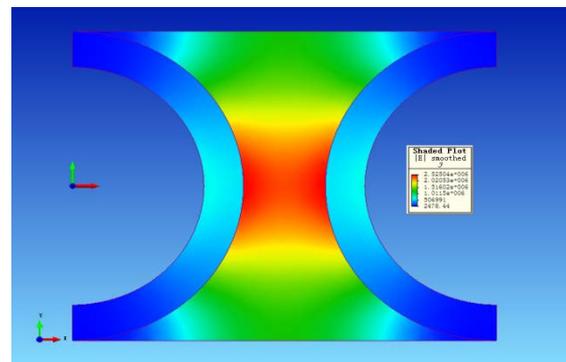
国家电网  
STATE GRID

### 3.1 屏蔽与绝缘模块表面涂覆导电或半导体层

绝缘件表面金属接地层的作用



5mm, 最大值7.2kV/mm



25mm, 最大值2.52kV/mm

- 绝缘模块表面不处理，相间模块不能紧靠安装，不利于小型化的实现。
- 控制表面电阻值，减小表面感应电压和感应电流，保证安全的同时减小损耗。
- 所有模块表面喷涂半导体层，并可靠接地，杜绝内部燃弧发生。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 3.2 结构优化与环境适应性设计



## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 3.3 对“假断口”的认识

首先看看国标GB1985-2004中对隔离开关隔离断口的要求：

为了安全，隔离开关的设计应使得从其一侧的端子到另一侧任一端子不会流过危险的泄漏电流。当运行中使用可靠的接地回路将所有泄漏电流引入地下或所用的绝缘材料能有效地防止污秽时，则这一安全要求已经满足。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 3.4 运行维护经验不足

固体绝缘环网柜是近几年推出的新技术产品，由于前期没有对挂网试运行进行科学合理的布局设计，使得目前挂网运行的数量还不是很多，运行累计时间也比较短，特别是挂网运行的区域不够全面。如：高温地区、高寒地区、高海拔地区、沿海地区、多雨和温差变化大的地区等，要积累不同地区的运行经验，根据运行中出现的问题，有针对性对固体绝缘环网柜进行改进，才能实现产品安全、稳定的可靠性。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 3.5 规模化生产工艺与成本

对于用户来说，尽管非常看重固体绝缘环网柜的紧凑尺寸、良好安全性能、免维护等，但是较高的价格使其放弃固体绝缘环网柜而采用SF6气体绝缘环网柜，因此，结构优化、标准化、批量化、工业化生产是降低制造成本的前提条件，这样可能实现大规模的应用。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 3.6 标准的宣贯和统一

电网运行安全是第一位，新的产品用户需要一个认识和熟练的过程，需要做大量的对运行技术人员的培训工作。行业标准需要加快推进，在产品本身的标准化上还需要做更多的工作，如接地的问题、隔离开关的位置问题等都需要统一的标准。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 4 亟待解决的问题

通过近几年的共同努力，固体绝缘环网柜使用量逐步扩大，目前已超过环网柜使用总量的5%。虽然固体绝缘环网柜的得到越来越多的用户广泛认可，但从产业的长期发展和设备运行可靠性方面考虑，还有一些问题需要面对和在今后的研发中解决，具体体现在以下方面：

- (1) 绿色材料设计
- (2) 模块化、标准化设计
- (3) 面向制造和装配的工艺设计
- (4) 均衡的长寿命设计
- (5) 可拆卸性和可回收性设计
- (6) 计算机辅助设计技术的运用

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 4.1 绿色材料设计

由于目前材料的生产成形技术和工艺水平已经相当成熟，各种先进的制造技术和新材料的也已完全能够满足高压电器产品各方面的要求。因此，选择材料上应注意以下几点：

(1) 在设计过程中应尽量减少所用材料的种类，类似的或等效的材料在满足产品功能的情况下尽量统一，这样不仅可以降低原材料的采购储存成本，减少废弃后的回收处理成本，也可以提高产品的标准化程度，增强同一类型、不同规格产品零件的互换性。

(2) 优先使用可回收、易分解、可循环利用、低污染的材料。

(3) 由于任何产品都不可能可以无限期的使用，因此为了产品完成使命后便于回收，在产品的设计过程中，要注明其材料的型号、规格、种类以及所采用的填料等相关内容，特别是作为高压电器产品绝缘材料广泛应用的树脂、塑料等绝缘材料。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 4.2 模块化、标准化设计

模块化、标准化设计是指在一定范围内，在对不同类型、不同规格的产品进行功能分析的基础上，划分并设计出一系列的功能模块，通过模块的不同组合可以构成不同的产品，以满足市场的不同需要，如固体绝缘环网柜的固体绝缘母线、绝缘箱、操作机构等。模块化、标准化的结构不仅有利于产品的制造和装配，更有利于产品的维护和工业化生产。因此，我们在进行高压电器产品设计时，也应尽可能将各部件设计成相对独立的功能模块，这样绿色设计和模块化的结合，就可以满足电力市场对固体绝缘环网柜功能属性和环境属性的要求。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 4.3 面向制造和装配的工艺设计

(1) 采用合理的新型加工方法（如激光加工、少/无切削加工、激光焊接、超声波焊接、快速成形技术等等），优化工艺设计方案，避免不必要的二次加工，降低原材料的消耗，减少废料；

(2) 进行高压电器行业资源的整合，提高零配件的标准化程度，鼓励和提倡由专门企业实现对高压电器产品专用零配件的生产，减少废次品，提高产品合格率，节约成本，降低能耗，实现了部件的市场化；

(3) 生产过程中应尽量减少使用对环境或操作者有影响或危害的物质，促进人类与环境，经济与环境的和谐共存；

(4) 对于差别不大、功能相似的零部件，在不影响其性能的情况，可以考虑设计成相同的结构，不仅可以提高产品的标准化程度，更有利于产品的装配。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 4.4 均衡的长寿命设计

实现产品各部件使用寿命的均衡是绿色设计的一项基本原则。虽然在我们固体绝缘环网柜的设计或制造过程中，使所有元件或部件达到完全相同或相似的长寿命是不可能的，但在设计时可以考虑使一些重要元件模块具有较长的寿命，而使易损坏、寿命相对较短的模块易于更换，同时对一些关键的模块可以考虑设计成易于检测和维修的结构；同时应在充分调研的基础上，采用各种先进的设计理论和产品技术预测，使设计出的产品能满足当前和相当一段时间内的市场需求，最大限度减少产品过时，进而节约资源。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 4.5 可拆卸性和可回收性设计

可拆卸性、可回收性的设计是指在产品的设计过程中，我们都要考虑到设计的产品应易于拆卸，使用不同材料的零件应可以方便的分离开来，以利于产品的循环再用、回收再生和降解。其原则就是鼓励企业减少材料种类，提高材料和零件的兼容性，允许使用可重复使用的零部件，使用不需要特殊工具连接的连接件，鼓励用户进行循环利用等，以降低成本，减少资源浪费。

## 二、固体绝缘环网柜发展现状



国家电网  
STATE GRID

### 4.6 计算机辅助设计技术的运用

随着计算机技术的快速发展，计算机辅助设计技术在高压电器产品的设计过程得以广泛运用，利用PRO/E等三维建模技术可以大大缩短产品的设计周期，极大程度地减少设计反复；利用ANSYS等有限元分析软件给产品的设计提供了有利的保障，解决了仅仅依靠人工计算无法解决的一系列问题，如高压电场、磁场、温度场分布、零件的机械强度等问题。通过以上几个方面的设计运用，固体绝缘环网柜产品整个生产周期将会形成一个绿色的闭环系统，对环境的负面影响也将达到最低。

# 目 录



国家电网  
STATE GRID

1、概述

2、固体绝缘环网柜发展现状

3、产品典型结构分析

4、生产工艺条件状况

5、市场调研信息汇总

### 三、产品典型结构分析



国家电网  
STATE GRID

五张图片分别代表五种不同结构的典型产品

- (1) 三工位真空隔离/接地技术产品
- (2) 独立的真空隔离/接地技术产品
- (3) 空气绝缘的三工位隔离/接地技术产品
- (4) 空气绝缘的二工位隔离/接地技术产品
- (5) 空气绝缘直线运动的隔离/接地技术产品



(1)



## 三、产品典型结构分析

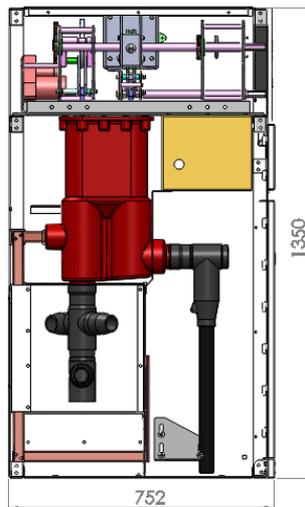


国家电网  
STATE GRID

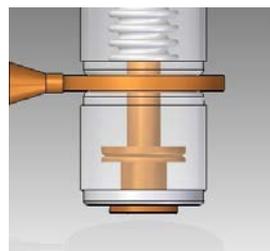
### 3.1 三工位真空隔离/接地技术产品



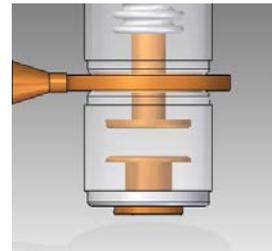
外形



结构布置



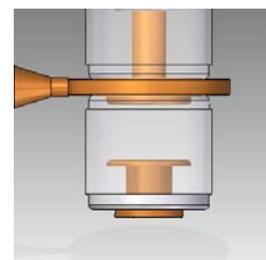
合闸位置



分闸位置



永磁机构



接地位置

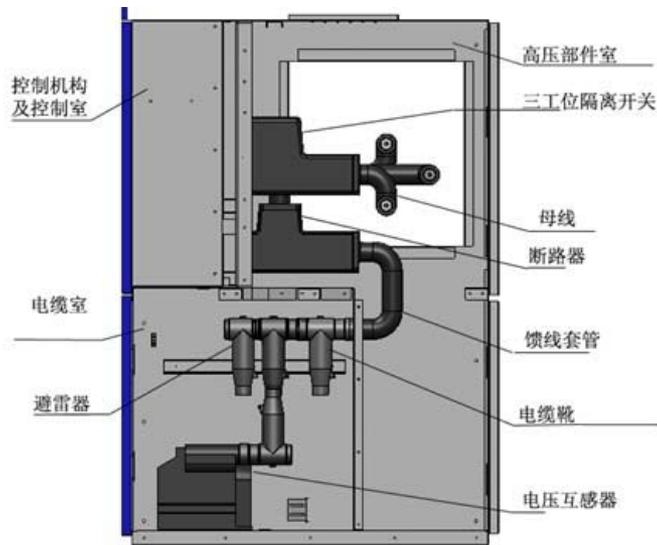
- (1) 三工位真空绝缘隔离/接地开关；
- (2) 主开关永磁操作机构，隔离/接地开关弹簧机构；
- (3) 绝缘箱全密封工艺设计；
- (4) 绝缘模块表面喷涂导电层，可靠接地，可触摸。

## 三、产品典型结构分析

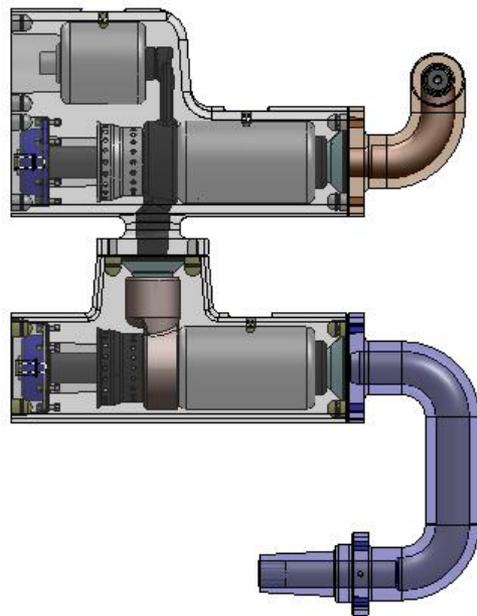


国家电网  
STATE GRID

### 3.2 独立的真空隔离/接地技术产品



结构布置



核心部件

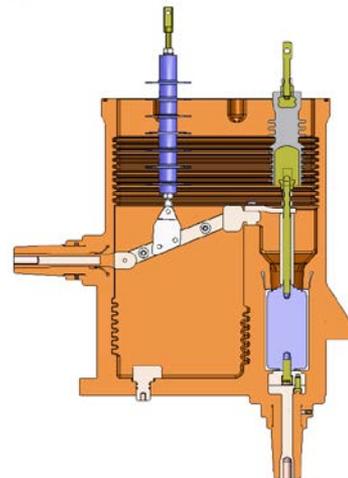
- (1) 独立的断路器、隔离开关、接地开关真空灭弧室；
- (2) 主开关弹簧操作机构，隔离/接地开关共用弹簧机构；
- (3) 绝缘箱全密封工艺设计；
- (4) 绝缘模块表面喷涂导电层，可靠接地，可触摸。

## 三、产品典型结构分析



国家电网  
STATE GRID

### 3.3 空气绝缘的三工位隔离/接地技术产品



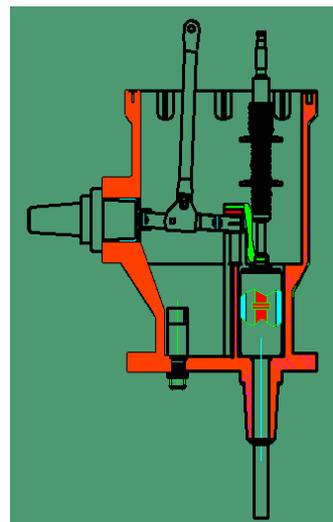
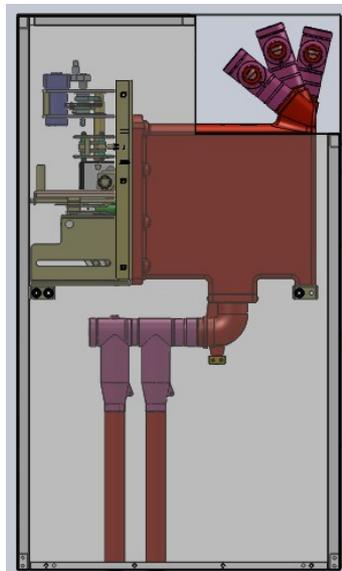
- (1) 主开关采用真空灭弧室灭弧，固封绝缘；
- (2) 隔离开关旋转运动，具有合闸、分闸、接地三个位置；
- (3) 接地开关具备接地短路关合能力；
- (4) 绝缘模块表面喷涂导电层，可靠接地，可触摸；
- (5) 绝缘模块及传动部分全密封结构设计。

## 三、产品典型结构分析



国家电网  
STATE GRID

### 3.4 空气绝缘的二工位隔离/接地技术产品



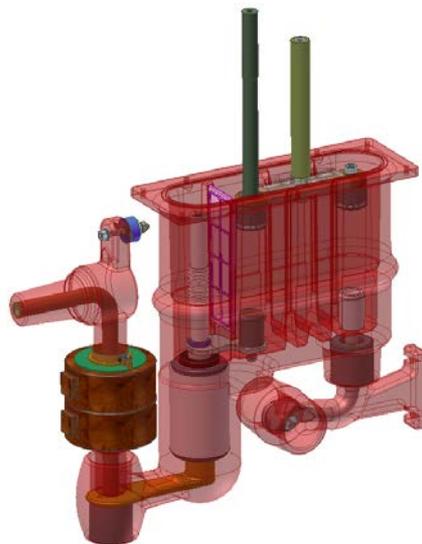
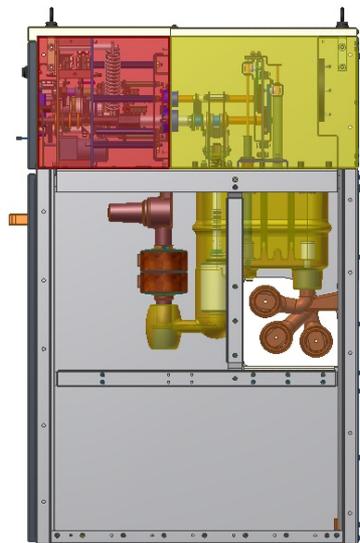
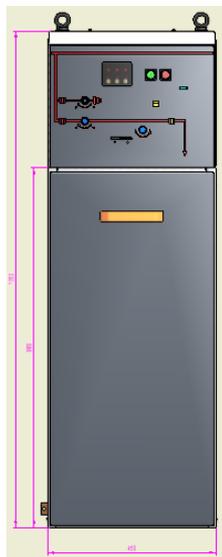
- (1) 主开关采用真空灭弧室灭弧，固封绝缘；
- (2) 隔离开关旋转运动，具有合闸、接地二个位置；
- (3) 接地开关具备接地短路关合能力；
- (4) 绝缘模块表面未喷涂导电层，不可靠接地，不可触摸；
- (5) 绝缘模块全密封结构设计。

## 三、产品典型结构分析



国家电网  
STATE GRID

### 3.5 空气绝缘直线运动的隔离/接地技术产品



- (1) 主开关采用真空灭弧室灭弧，固封绝缘；
- (2) 隔离开关直线运动，具有合闸、分闸二个位置；
- (3) 接地开关直线运动，具有接地、分闸位置，不具备接地短路关合能力；
- (4) 绝缘模块表面未喷涂导电层，不可靠接地，不可触摸；
- (5) 绝缘模块全密封结构设计。

# 目 录



国家电网  
STATE GRID

1、概述

2、固体绝缘环网柜发展现状

3、产品典型结构分析

4、生产工艺条件状况

5、市场调研信息汇总

## 四、生产制造工艺条件



国家电网  
STATE GRID

### 1、自动化生产线及生产设备



国网电力科学研究院  
STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 四、生产制造工艺条件



国家电网  
STATE GRID

### 2、自动化生产设备



德国HEDRICH公司的全自动数控环氧树脂真空混料/压力成型系统生产



瑞士VOGEL公司的全自动数控硅橡胶混料/压力成型系统生产。

## 四、生产制造工艺条件



国家电网  
STATE GRID

### 3、试验设备



特性测试



终端测试



耐压测试



局放测试



单元柜磨合室



# 目 录



国家电网  
STATE GRID

1、概述

2、固体绝缘环网柜发展现状

3、产品典型结构分析

4、生产工艺条件状况

5、市场调研信息汇总

# 五、市场调研信息汇总



国家电网  
STATE GRID

## 1、使用单位信息汇总

	新疆乌鲁木齐电业局	青海海北供电公司	内蒙鄂尔多斯电业局	山西太原供电公司	浙江金华供电公司	深圳供电局
SF6气体柜使用情况	大量使用，漏气、液化	大量使用	大量使用，漏气、液化	大量使用	大量使用	大量使用
固体柜使用情况	使用1500单元左右	部分使用	2009年开始使用，使用量较多	2013年部分使用	2008年部分使用	2011年开始使用，量较多
低温对可靠性的影响	漏气、液化没有影响	电缆头故障后二次受损	绝缘件未出现问题，机构卡滞	没有影响	没有影响	没有影响
固体柜组合电器方案看法	成本高、不方便操作，未使用	变电站未使用	未使用	未使用	少量使用	未使用
真空隔离断口看法	距离短，不可靠，暂时不能接受	绝缘试验不方便	不考虑	未发表意见	不安全，不推荐使用	不安全，不推荐使用
可见隔离断口看法	要求可见		要求可见	最好有，不强制要求	要求可见	要求可见
表面喷涂导电层	未做研究，使用也未出问题		进一步观察技术进步情况	未研究	应喷涂	应喷涂
出现的问题	二次元件问题较多		机构卡滞	机构卡滞 部分设备运行有响声	绝缘材料不阻燃，操作力大，发热，锈蚀	套管有损坏
改进建议	结构工艺进步优化使用不锈钢材料		考虑使用方便性，标准统一，考虑材料回收	做好防凝露措施	做好防凝露措施和人性化设计	应使用三工位隔离开关，地刀与主开关加电气闭锁

## 五、市场调研信息汇总



国家电网  
STATE GRID

### 2、制造单位信息汇总

	北京双杰	扬州新概念	沈阳昊诚	北海银河
现有技术与新产品开发	开发第三代和第四代产品	12kV\24kV\40.5kV 通过试验, 630A、1250A、1600A、 20kA\25kA	开发可回收绝缘材料和永磁机构产品	屏蔽及接地技术措施效果好、局放低
团队、生产工艺、检测手段	15人 自动化生产线一条,产能30000单元,检测设备齐全	22人 自动化生产线一条,产能12000单元,检测设备齐全	18人 自动化生产线一条,检测设备齐全	30人 自动化生产线一条,产能20000单元,检测设备齐全
组合方案优化	方案齐全	断路器方案	方案齐全	方案齐全
表面喷涂请况	可实现	未实施	可实现	可实现
可视断口情况	可见	可见	可见	可见
关键技术	多项发明专利	永磁机构	脱扣式隔离操动机构,铝合金型材框架	三工位隔离开关,表面喷涂半导体层后局放小于5pC
意见	无	使用上隔离方案 用真空灭弧室做接地刀	无	无

## 结束语



国家电网  
STATE GRID

总之，经过科研人员的研制，产品结构与性能逐渐得到了发展与提升，可靠性和安全性得到了改善，但市场竞争已显激烈。国内企业基础性技术研究资源匮乏，企业规模小、技术力量分散，显的竞争力不足。国外各大电气设备制造公司都在研制或进一步完善，不久后将逐步推向市场，产品技术方向将会发生转变。



国家电网  
STATE GRID

# 汇报完毕

欢迎各位专家批评指正！