

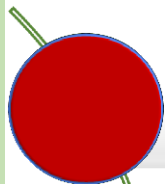


# 特高压交直流混联受端电网 继电保护整定计算研究

国网山东省电力公司 李磊

2018年11月

# 目录 ▶▶



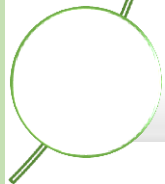
**形势和问题**



整定方案



方案评估



结论及展望

# 一、形势和问题 —— 特高压全面入鲁

## 山东电网

已形成特-超高压交直流混联受端大电网，2018年具备接纳外电2200万千瓦的能力。（昭沂700+鲁固400+银东400+交流700）

电压等级	换流/变电站（座）	线路（条）	备注
±800kV	2	2	广固、沂南、（规划中外电入鲁）
1000kV	3	10	泉城、昌乐、高乡、（枣庄、东明）
±660kV	1	2	胶东
500kV	44	127	
220kV	429	1193	

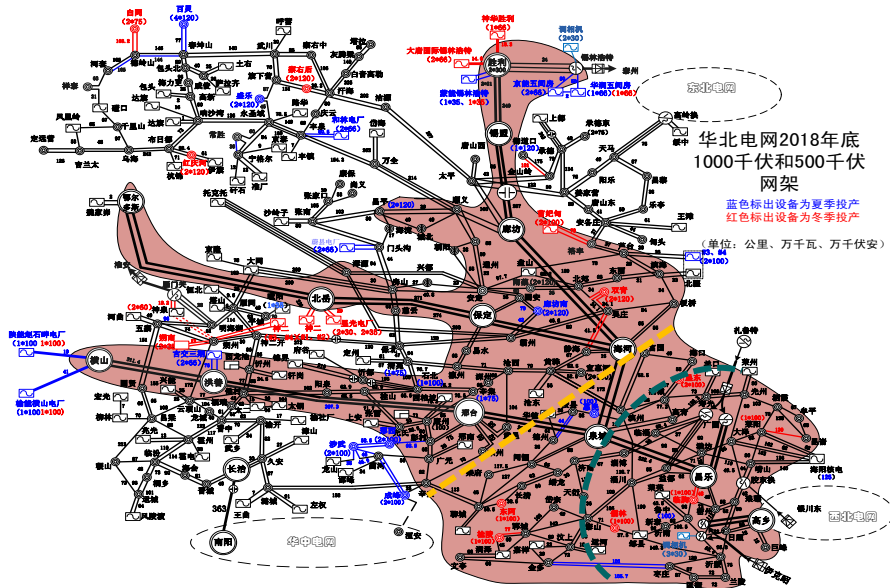
## 交直混联

交直流系统相互影响进一步加剧，设备电力电子化、电网故障全局化特征日益明显。

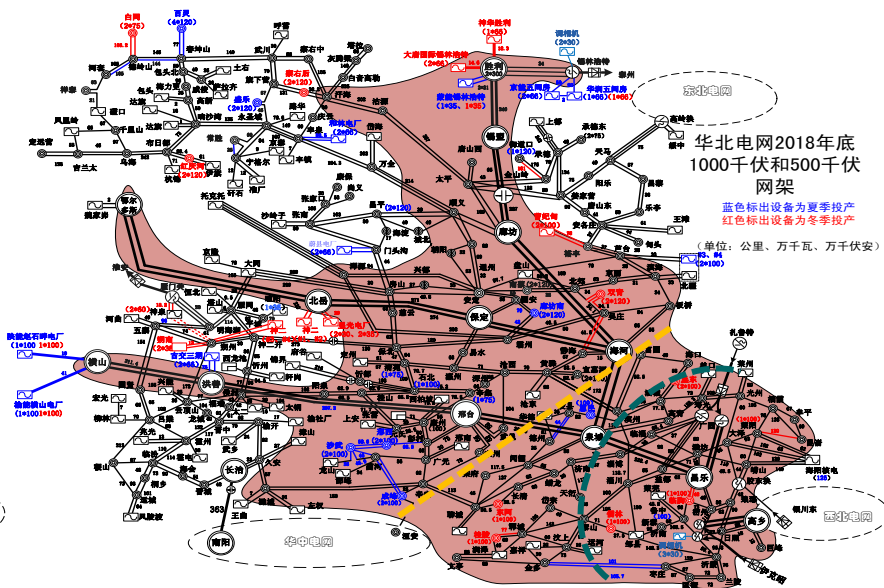
# 交流系统故障导致特高压直流群换相失败校核结果

## 方式校核

山东电网**所有500千伏线路**、直流落点附近相当数量的220千伏线路故障均可能引起**三回直流同时换相失败**。



导致山东三回直流同时换相失败的单永故障范围



导致山东三回直流同时换相失败的三永故障范围

# ±660千伏银东直流换相失败运行经验

电压等级	线路	至胶东最近路径	途经厂站数量
500kV	济淄Ⅰ线	济南-淄博-临淄-潍坊-大泽（崂山）-胶东	6
	川泰Ⅱ线	泰山-淄川-益都-潍坊-大泽（崂山）-胶东	6
	邹川线	邹县电厂-淄川-益都-潍坊-大泽（崂山）-胶东	6
220kV	阳发Ⅰ、Ⅱ线（烟台）	海发-莱阳-大泽-胶东	4
	密栗线（潍坊）	栗行-密州-琅琊-胶东	4
	密怡Ⅰ线（潍坊）	怡明-密州-琅琊-胶东	4
	寿平Ⅱ线（潍坊）	平安-寿光-光州-大泽-胶东	5
	金北Ⅰ线（烟台）	金都-北马-蚕庄-路宿-光州-大泽-胶东	7

## 运行经验

- 直流落点近区的交流220千伏及以上系统故障会引发直流换相失败。
- 引发直流换相失败的范围大约是距换流站6~7个站的范围。
- 110千伏及以下系统故障未曾引发直流换相失败。

### 直流闭锁

- 导致特高压直流双极闭锁的换相失败时长：
  - $\pm 800\text{kV}$ 鲁固、昭沂直流均要求在 **800ms以内**

### 要求交流

- **快速**切除高压交流系统所有故障，避免交流故障导致直流闭锁

### 重新审视

- 目前特高压交直流混联受端电网的继电保护能否胜任？
- 以下从**保护功能**与**动作时间**两方面进行分析

# 一、形势和问题 —— 分析一：保护功能

目前交流主网保护体系以主保护为基础（首选差动保护）

- 因具备高度的**快速性**和精准的**选择性**，目前主电网大量采用基于差动原理的主保护
- 实际情况表明：绝大多数故障均由差动保护切除，不会对直流运行造成破坏
- 在很多地区电网，后备保护多年来一直未动过，受重视程度逐渐下降

山东电网220kV及以上线路保护

- 单套差动配置率为 98.5%
- 双套差动配置率为 93.4%

但是，主保护也有弱点。以线路纵联差动保护为例：

- 对**电流**同步采集。一旦某侧的装置或回路出现问题，主保护功能将失去
- 对**通道**高度依赖。一旦通道及设备出现问题，主保护功能将失去
- 对**管理**要求较高。一旦运行或检修管理出现问题，主保护功能将失去

山东电网220kV及以上线路故障

- 差动保护平均切除时间为 55ms
- 方向保护平均切除时间为 70ms

导致主保护拒动的安全隐患始终存在，例如：

- 失去通信、站内直流或压板投退错误导致的主保护拒动
- CT一次装反（二次不交叉）、CT绕组共用因安措不到位可能导致主保护拒动
- 220kV及以上发电厂、新能源场站、电铁站、用户站，因设备或管理原因导致主保护拒动

# 一、形势和问题 —— 分析一：保护功能

## 后备保护（距离+零序）的优势

- 后备保护仅需采集单侧的电气量
  - 当保护通道或对侧厂站出问题时，本侧的后备保护功能均不受影响
  - 特别是距离保护，对于本线路及对侧厂站母线故障，其动作行为不受方式变化、故障类型影响，只要有适当灵敏度，能够可靠解决上述主保护拒动的问题（包括本线路末端以及对侧站内母线）

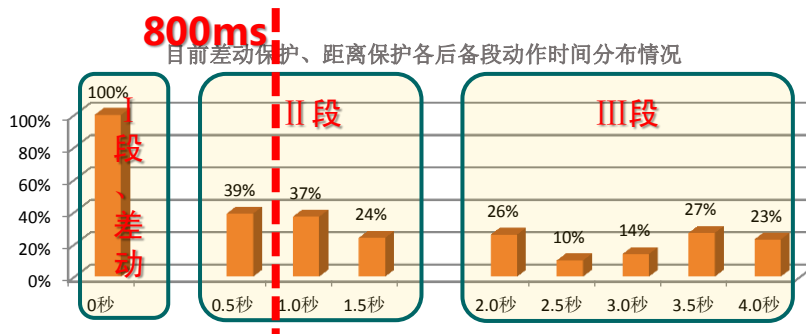
## 小结：

- 采集多侧量的差动保护与采集单侧量的后备保护，在保护范围和可靠性上形成良好互补，构成相对完备的**交流电网**保护体系。
- 后备保护的作用不应被忽视，在失去站内直流、通信或运维管理不善等（可能导致主保护拒动的）场景中具有不可替代的作用。



# 一、形势和问题 —— 分析二：动作时间

## 传统的距离保护整定方案：



### 风险

- 以切除本线路末端故障的距离II段为例：传统整定的方案中，仅**39%**的II段可在800ms以内动作。
  - 即发生本线路末端或对侧母线故障时，若主保护不能快速切除故障，存在**高于80%**的几率引发直流连续换相失败，极大概率会导致多直流同时闭锁，由此引发的后果难以设想。

### 成因

- 现状方案对高压交流系统距离保护的整定中，以**选择性是否满足**作为**主要考量及评价**因素，一旦发生某段保护超出下级保护范围的情况（即失配），基本以延长该段保护时间方式解决，导致整体动作时间偏长。
- 该方法沿用多年，在各电压等级的距离保护整定计算中广泛使用。

# 一、形势和问题 —— 分析二：动作时间

## 问题要害

- 整定方案仅考虑了**交流系统内部**的配合，没有考虑**交流系统与直流系统**的配合（见技术规程4.7.1）。
- 特高压直流系统闭锁对整个**受端电网**的危害更大，应该作为**主要考虑**的因素（见技术规程4.6）。
- 特高压交直流混联受端电网**220kV及以上系统**往往结构紧密、助增明显、保护双重配置，与**110kV及以下电网**差异巨大，采用相同的“后-后”配合原则是否合理值得商榷。

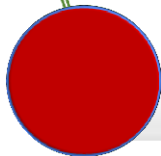
## 小结：特高压交直流混联受端电网高压系统整定计算

- 面临的主要矛盾：**防交流电网的安全稳定破坏 + 防交直流混联受端电网的多直流闭锁**
- 主要任务：坚决杜绝因**本元件故障**导致的**多直流闭锁**，重新明确后备保护功能定位。
- 解决思路：
  - 1) 扬距离保护之长，补主保护之短
  - 2) 将动作时间作为高压保护整定计算的**必备制约因素**，防主保护拒动时的多直流闭锁
  - 3) 利用受端电网特征，探索**兼顾快速性与选择性**的距离保护整定方法

# 目录 ▶▶



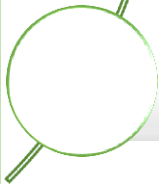
形势和问题



**整定方案**



方案评估



结论及展望

## 二、整定方案 —— 指导思想



- 按照“下级电网服从上级电网”以及风险管控的原则，充分考虑交流高压电网故障对特高压直流系统的影响，强化主保护与调整整定方案并重，有效降低交直流混联受端电网的整体安全风险。

## 二、整定方案 —— 研究路线

研究路线：

- 遵循传统“初步方案—风险防控—方案确定—运行说明”的技术路线
- 按照“可总结、可复制、可推广”的原则
- 明确不同电网形态下后备保护功能定位
- 优化整定计算技术体系、工作体系、管理体系



## 二、整定方案 —— 整定原则

### 原则(一) 保特高压直流，防交流影响直流

- 特高压近区220kV及全部500kV系统Ⅱ段时间不超过0.5秒

### 原则(二) 躲主变中低压侧，防下级影响上级

- 500kV与220kV系统Ⅱ段时间应有配合
- 220kV与110kV、35kV、10kV系统Ⅱ段时间应有配合

### 原则(三) 压短线路时间，防长线超越短线

- 考虑同一电压等级长短相邻线路逐渐增多趋势，长短线路相差0.1秒 (0.5s→0.4s→0.3s)

### 原则(四) 提短线路灵敏度，防

- 考虑到220kV系统5km以下的短

#### 0.1秒的时间级差基于：

- 保护动作时间不大于30毫秒，开关熄弧时间不大于60毫秒
- 统计表明，220kV及以上电网故障切除时间基本在100毫秒内
- 参考站域死区失灵保护相关作法

# 目录 ▶▶

形势和问题

整定方案

**方案评估**

结论及展望

## 三、方案评估 —— 评估方法

### 评估标准

- 继电保护“四性”是检验、评价方案优劣的**唯一标准**

### “选择性” 优劣是评估重点

- 可靠性：均依赖于装置本身
- 快速性：新方案远优于传统方案
- 灵敏性：两个方案均满足规程规定要求
- **选择性：两个方案失配数量无法直观判断**

### “选择性” 评价准则

- 通过失配率高低比较“选择性” 优劣
- 失配率：失配关系数量占（前后级）配合关系总数的比例
- 失配率越低，说明失去选择性的风险越低，方案的“选择性” 越优；反之亦然



## 三、方案评估 —— 评估工具

为此，专门开发了一个风险评估模块

- 计算过程：通过相关厂站方式轮变（最多N-2）的方法，全面校验距离保护定值在**各种电网运行方式**（即正常方式，含各种检修方式）下的灵敏度与选择性

为得出客观结论

- 评估前**删除**整定方案中已有的所有**排除条件**

重点评估三类“选择性”风险

- ① **I 段超越线末**（防参数未及时调整）
- ② **II段超越下级 I 段**（防同电压等级超越）
- ③ **II段超越下级主变**（防跨电压等级超越）

### 三、方案评估——方案比较

应用定值风险评估模块，分别对山东500kV电网的传统整定方案与新整定方案进行了风险扫描（均不考虑任何排除条件），扫描结果如下：

#### 传统距离保护计算方案

类型	等级	个数	合计	
选择性风险	特 I	44	87	87
	I	43		
灵敏度风险	I	0	0	
风险厂站 个数	24			

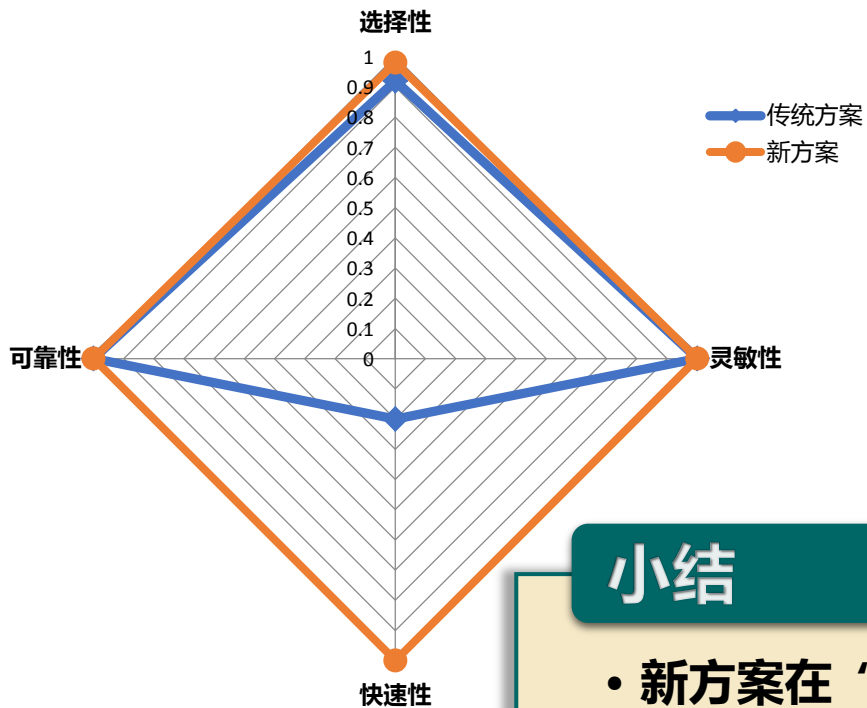
VS

#### 新距离保护计算方案

类型	等级	个数	合计	
选择性风险	特 I	22	48	48
	I	26		
灵敏度风险	I	0	0	
风险厂站 个数	14			

I 级：表示存在风险，特 I 级表示风险更严重  
II 级：表示警告，仅需要关注

### 三、方案评估——方案比较



#### 小结

- 新方案在“四性”方面整体优于传统方案

# 目录 ▶

○ 形势和问题

○ 整定方案

○ 方案评估

● 结论及展望

## 四、结论及展望 —— ① 整定技术体系

### 特高压交直流混联受端电网的整定计算技术体系：

#### 220kV及以上主网可采用**新型**整定方案

- 距离保护整定以快速切除本线路各种类型故障为原则
- 零序保护整定采用反时限特性

#### 110kV及以下电网继续采用**传统**整定方案

- 后备保护整定遵循传统配合原则，以保证选择性。

## 四、结论及展望 —— ②应用效益分析

### 性能更优

- 针对特高压混联受端电网的防风险需要，提供了满足“四性”要求的距离保护整定方案

### 管理更易

- **原则标准**：整定原则优化、统一，利于技术标准化
- **配合解耦**：主要关注本元件参数变化，与电网结构和运行方式“解耦”
- **风险可控**：风险可知、可控，能控、在控
- **成本低廉**：无需对现有装置开展升级、改造工作，实施快速、成本低廉

## 四、结论及展望 —— ③ 技术发展趋势

### 技术发展趋势展望

- 随着特高压战略的不断推进，交直流混联受端电网将对故障快速切除提出更高要求，传统整定配合方案**快速性不足**的弊端将日趋明显
- 电网网架结构的不断完善，保护配置的不断增强，专业管理的不断深化，对保护**运行风险分析**的需求将不断提高
- 继电保护“四性”是检验、评价**技术方案优劣**的唯一标准，是继电保护专业必须长期坚持的技术原则
- 总有一个平衡点，当电网发展、保护配置高于此**平衡点**后，新方案对“四性”的满足程度将优于传统方案

谢谢!

