

# 关于机柜结构的垂直度问题

天水长城控制电器厂 李彦士

## 一、在做机柜结构设计时，经常遇到的一个问题

机柜结构设计中，在结构的整体外形和面积较大的零件（如门、面板、侧板和盖板）外形垂直偏差的标注上，现有两种方法：

一种是在JB862—66“电力传动控制装置分等规定”（电质分等035）中，对结构的整体外形，规定采用竖直面对地面的垂直度偏差。

另一种是在低压配电装置产品制造质量定等规定中，规定采用壳体立体座标平面的对角线之差的绝对值。

究竟哪种标注方法好？哪种标注方法对结构要求严？哪种标注方法有利于提高产品质量？这两种偏差值之间有什么样的数量关系？

这个问题，以前没有深入探讨过。为了使结构设计更加合理，提高设计质量，有必要对两种标注方法作一分析、比较。

由于条件的限制，以上分析是相当肤浅和保守的。当然，提高经济效益在其它方面的措施还不少，如在元器件安装板上套冲有关小的构件等。但从表4中的数据可以说明，在机柜的结构设计中，根据装置的实际使用情况，选择合适的结构形式，对直接降低原材料消耗，提高经济效益效果是十分明显的，以每万元产值消耗0.5吨钢材（1000元/吨）的经验数据计算，只要在设计中降低0.1吨钢材消耗，那么年产值1000万元的企业，单设计一项就可以创造直接的经济效益10万元。全国有几百家类似企业，如果稍加重视的话，可以预想，其经济效果是很可观的。

## 参考文献

1. IEC出版物529，1976第一版IEC标准，电气控制设备（专辑），机械部天津电气传动设计研究所，1980。
2. 《机械工程手册》机械电机工程手册编辑委员会，机械工业出版社，1982，3。
3. 机械技术手册，日本机械学会编，机械工业出版社，1984。
4. 在弯板机上加工薄板件起伏图形，吴伯成，《机械制造》1986，6。
5. 《英国工厂物料贮存与搬运设备》机械部第二设计研究院编，1980，6。

## 二、垂直度偏差与对角线偏差的分析比较

考核机柜结构的制造质量时,在对外形的倾斜度检验中有两种方法:一种是按“垂直度偏差”考核。另一种是按对角线之差值来考核,简称“对角线偏差”。

因为有两种考核结构倾斜度的标准,因而设计时也有两种标注,国内对这两种标注有所争议,现在加以分析、比较。

### 1. 垂直度偏差与对角线偏差的分析

所谓“垂直度偏差”——即在结构外形的任一垂直平面内,结构的高度与给定的百分数的乘积,为该结构的垂直度偏差。

现以柜为例,设柜高为 $H$ ,柜宽为 $B$ ,柜正面对角线长度分别为 $L_1$ 和 $L_2$ ,垂直度偏差为 $\Delta B$ ,柜的正面投影如图1所示。

设柜右侧倾斜,左侧不倾斜。

由定义得到:  $\Delta B = K \cdot H$

其中 $K$ —规定的百分数,由上式得:  $K = \frac{\Delta B}{H}$

$K$ 是由于侧边倾斜而出现的倾斜角 $\alpha$ 的正切值。所以 $K$ 实际上是倾斜后的侧边的倾斜率,它准确地反映了侧边的倾斜程度。机柜越倾斜,侧边的斜率 $K$ 越大,柜完全垂直时,  $K = 0$ 。

所谓“对角线偏差”——即结构外形的任一平面内两条对角线长度之差的绝对值:

$\Delta L = |L_2 - L_1|$ , 其中 $\Delta L$ —对角线偏差。

当柜倾斜成图1时,则 $L_2$ 实际上变为 $L'_2$ ,此时  $\Delta L = |L'_2 - L_1|$ 。柜越倾斜时,则 $\Delta L$ 越大。当柜完全垂直时,则 $\Delta L = 0$ 。

### 2. 垂直度偏差与对角线偏差的宏观比较

由图1看出垂直度偏差有下列优点:

- (1) 它能鲜明而准确地反映机柜的倾斜程度,直观性强。只要知道柜高,可以很快算出垂直度偏差值。
- (2) 知道垂直度偏差值,柜子的倾斜程度便有了确切的数量概念。这对计算柜与门,门与门和柜与柜间的缝隙提供了依据。
- (3) 柜的外形尺寸公差变化时,对偏差值的影响因素较少,偏差值比较稳定。
- (4) 在检验柜的倾斜度时,得出的偏差值结果比较准确。因为不论机柜是焊装式或组装式,都是在平台上进行,这时只要用大直角尺往正面或侧面一靠,垂直度偏差值即醒目而准确地看出来,可以准确到0.5mm左右。不过,在零件的加工和结构组装时,需要改进加工设备和增加量具。在弯板机上需要加装比较准确的前定位,用以保证门、侧板等零件在长、

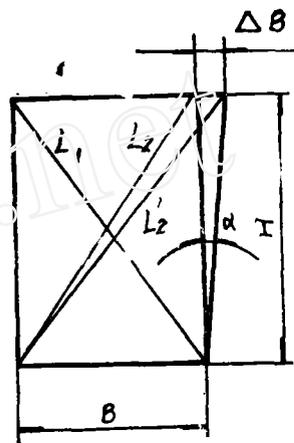


图1 柜正面投影图

宽方向的有效尺寸。相邻边的垂直度要靠剪板机上比较准确的侧向定位机构来保证, 组装时需要有比较精确的直角尺和平台, 虽然这对设备和量具的制造精度要求高, 但经努力是可以实现的。

对角线偏差的优点:

在结构组装时不需要增加特殊的测量工具和平台, 在零件的加工、测量和结构组装时, 用钢卷尺就可以测量出零件的尺寸和结构整体的外形尺寸, 并通过对角线偏差来检验结构的倾斜度。

缺点:

- (1) 知道高度不能马上算出结构的倾斜度, 而要通过对角线偏差来间接地反映结构的倾斜度, 直观性差。
- (2) 知道对角线偏差, 仍然不知道结构倾斜度的确切数值, 不能提供计算门的缝隙和柜间缝隙所需要的确切数据。
- (3) 结构外形尺寸变化时, 各平面的形状变化很多, 影响对角线长度变化的因素也多, 偏差值变化的差异也大。相对来说, 偏差值的稳定性差。
- (4) 检验结构的倾斜度时, 测量结果不太准确, 误差也大, 尤其是焊装式柜, 对部分要焊的四角, 焊后是圆弧形, 圆弧半径有大有小, 遇大圆弧时测量的对角线短, 遇小圆弧时, 测量的对角线长, 误差可达  $3 \sim 4 \text{ mm}$ 。

由以上宏观比较来看, 垂直度偏差直观性强, 能直接而准确地反映结构的倾斜程度, 能为计算柜与门、门与门和柜与柜的缝隙提供确切数据, 能准确地算出缝隙值, 有利于提高产品质量。所以垂直度偏差优于对角线偏差。

### 3. 垂直度偏差与对角线偏差的微观比较。

#### 1) 对角线长度的变化类型:

对角线长度的变化, 取决于结构外形尺寸(高、宽、深)的变化, 为了简化, 取柜子的正面(如图1)加以分析, 外形尺寸偏差取“电质分等035”中的允许偏差。由于加工误差使H和B的尺寸将产生变化, 现设标准柜高、柜宽分别为H和B, 变化后的左右侧高度分别为 $H_{左}$ 、 $H_{右}$ , 变化后的上、下柜宽分别为 $B_{上}$ 、 $B_{下}$ , 取 $H = 1500 \text{ mm}$ ,  $B = 500 \text{ mm}$ 。由于加工误差而引起柜外形的倾斜, 使柜正面的形状变化很多, 因而对角线长度变化很大, 但归纳起来有下列几种类型:

(一) 当H、 $B_{下}$ 不变( $B_{下} = B$ )时:

1.  $B_{上} = B_0 = B$ : 两侧倾斜度最大、且相等, 图形为标准的平行四边形, 如图2。
2.  $B_{上} = B_{下} \neq B$ : 两侧向里倾斜, 其中一边倾斜度最大, 另一边倾斜度小, 图形为不等腰梯形, 如图3。
3.  $B_{上} = B_{下} = B$ : 两侧倾斜度等于0, 图形为标准长方形, 如图4。
4.  $B_{上} = B_{下} \neq B$ : 两侧向里倾斜且倾斜度相等, 图形为等腰梯形, 如图5所示。
6.  $B_{上} = B_{下} \neq B$ : 一侧倾斜度等于0, 另一侧倾斜度最大, 图形为直角梯形如图6。

柜正面对角线长度变化图。

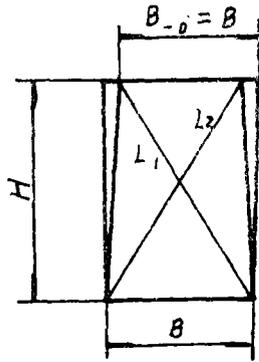


图2  $\Delta L$ 最大

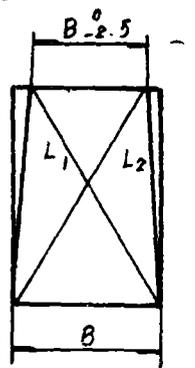


图3  $\Delta L$ 最小

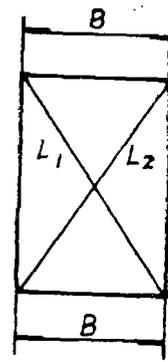


图4  $\Delta L = 0$

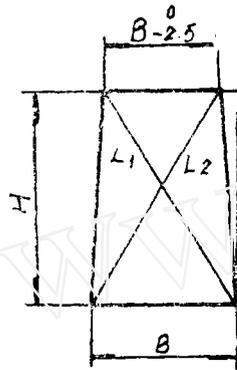


图5  $\Delta L = 0$



图6  $\Delta L$ 较小

在上述5种情况下,当 $B_T$ 也为负公差时,对图2来说有两种情况,其一是 $\Delta L$ 小于原来值,其二是 $\Delta L$ 超过允 许值。对图3~图6来说,除图6有可能 $\Delta L$ 值与图2相等,其余 $\Delta L$ 值均小于图2。

(二)、当 $B$ 固定不变时,有两种情况。

1.  $H$ 右不变,有四种极限情况:

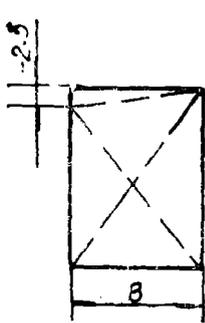


图7

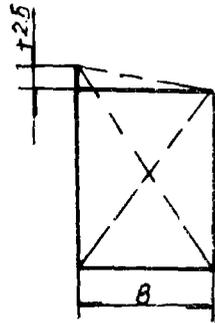


图8

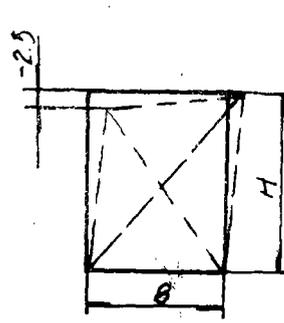


图9

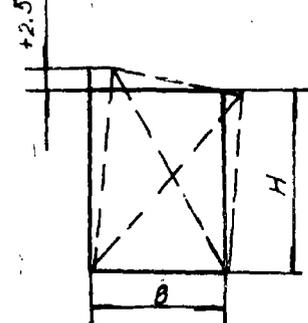


图10

柜正面对角线长度变化图

- 1)  $H_{左} = H_{-2.5}^0$  左、右侧倾斜度都 = 0, 如图 7。
  - 2)  $H_{左} = H_0^{+2.5}$  左、右倾斜度都 = 0 如图 8。
  - 3)  $H_{左} = H_{-2.5}^0$  左、右倾斜度最大且相等, 如图 9。
  - 4)  $H_{左} = H_0^{+2.5}$  左、右倾斜度最大且相等如图 10。
2.  $H_{左}$  和  $H_{右}$  均变化时: 有两种极限情况。
- 1)  $H_{左} = H_{-2.5}^0$ ,  $H_{右} = H_0^{+2.5}$ , 左、右侧倾斜度均 = 0, 如图 11。
  - 2)  $H_{左} = H_{-2.5}^0$ ,  $H_{右} = H_0^{+2.5}$ , 左、右侧倾斜度最大且相等, 如图 12。

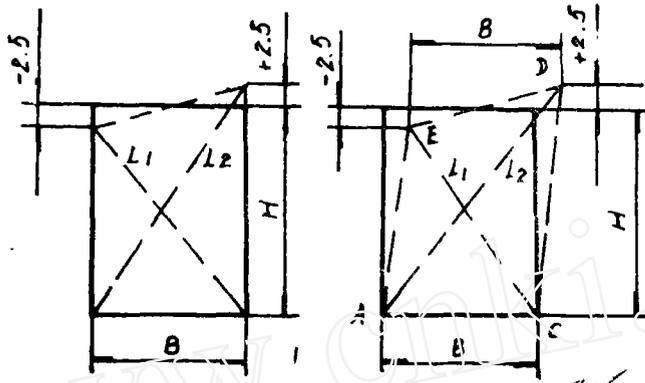


图 11

图 12

柜正面对角线长度变化图

(三) 当  $B_{下}$  固定,  $H_{右}$  固定—— $B_{上}$  和  $H_{左}$  变化, 有四种情况:

- 1)  $H_{左} = H_{-2.5}^0$ ,  $B_{上} = B_{-2.5}^0$ , 右侧倾斜, 如图 13。
- 2)  $H_{左} = H_0^{+2.5}$ ,  $B_{上} = B_{-2.5}^0$ , 右侧倾斜, 如图 14。
- 3)  $H_{左} = H_{-2.5}^0$ ,  $B_{上} = B_0^0$ , 左侧倾斜, 如图 15。
- 4)  $H_{左} = H_0^{+2.5}$ ,  $B_{上} = B_{-2.5}^0$ , 左侧倾斜, 如图 16。

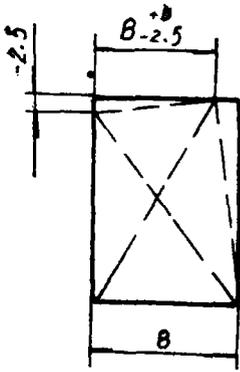


图 13

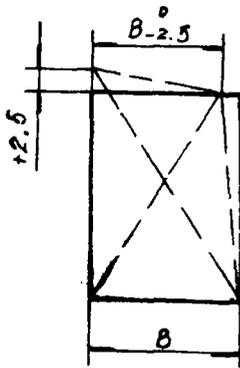


图 14

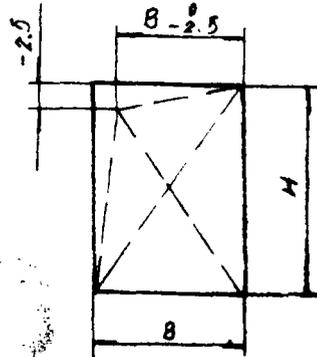


图 15

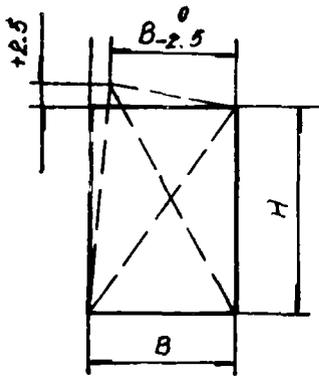


图 16

柜正面对角线长度变化图

可见，由于加工和组装误差，使柜子发生倾斜时，在公差范围内，对角线长度之差的绝对值最大者发生在图12的情况中。它是柜子倾斜最恶劣的情况，也是最大偏差值出现的场合。所以只要把图12的对角线偏差值限制在标准值范围内，那么其它任何情况下，对角线偏差都不会超过标准值。

2) 垂直度偏差与对角线偏差之间的数量关系

根据检验标准中给定的垂直度偏差值和外形尺寸偏差值来计算不同外形尺寸下的对角线偏差值，列出计算表，画出变化曲线，寻找变化规律。

对于低压配电装置的定等规定，因为没有给出垂直度偏差值，所以采用假设的垂直度偏差值来计算对角线偏差值，再与标准值对照，若其值接近标准值，则假设基本合理。

现仍以图12为例按两种标准分别计算对角线偏差值，

计算时按两种情况：

第一种：当宽度B一定时，对角线偏差  $\Delta L$  随高度H的变化关系。

第二种：当高度H一定时，对角线偏差  $\Delta L$  随宽度B的变化关系。

根据计算结果画出下列图象

按“电质分等035”计算结果，画出的  $\Delta L$  值随H变化的图象，如图17

$\Delta L$  值随B变化的图象如图18

(从图1~图16看出，只有图12中的  $\Delta L$  值为最大)

(四) 当H和B同时变化：

H和B同时变化时，往往出现两种情况，其一是  $\Delta L$  值反而减小。其二是  $\Delta L$  虽然增大，但倾斜度相应增大，超出了标准允许值，现以图12为例来分析：图中  $H_{左}$  和  $H_{右}$  均已变化，且倾斜度已达到最大值。当  $B_{上}$  (或  $B_{下}$ ) 尺寸减小时，若C、E点不动，D点(或A点)往里移动，则  $\Delta L$  值减小，而且小于图12，若A、D点、E点(或C点)往里移动， $\Delta L$  值虽然增大，但倾斜度已超出最大允许值。

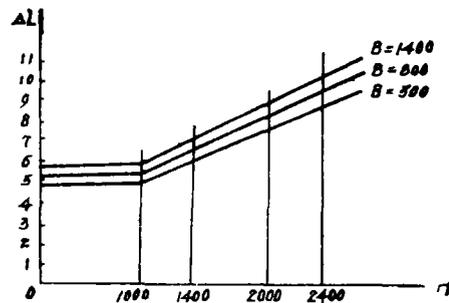


图17 对角线偏差随高度变化关系图



图18 对角线偏差随宽度变化关系图

$\Delta L$ 值随  $\Delta B$ 变化的图象如图19

按低压配电装置制造质量定等规定计算结果，画出  $\Delta L$ 随H变化的图象如图20。

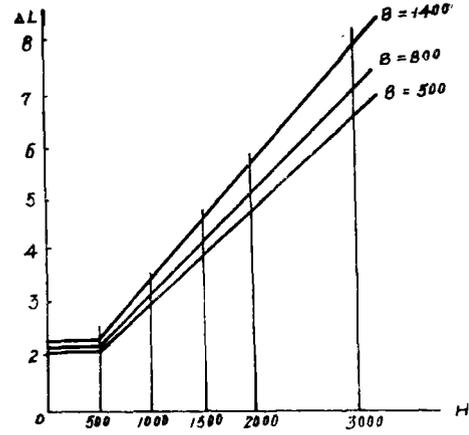
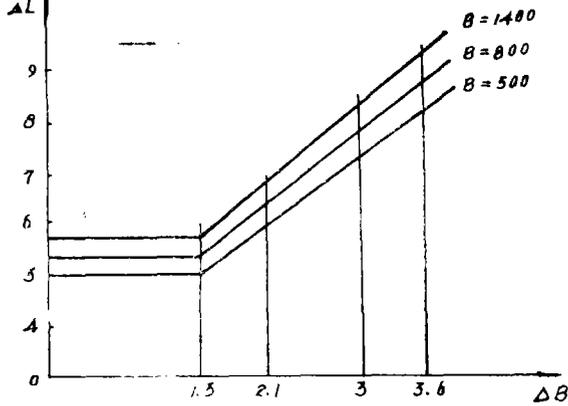


图19 对角线偏差随垂直度偏差变化关系图

图20 对角线偏差随高度变化关系图

$\Delta L$ 随B变化的图象如图21  $\Delta L$ 随  $\Delta B$ 变化的图象如图22

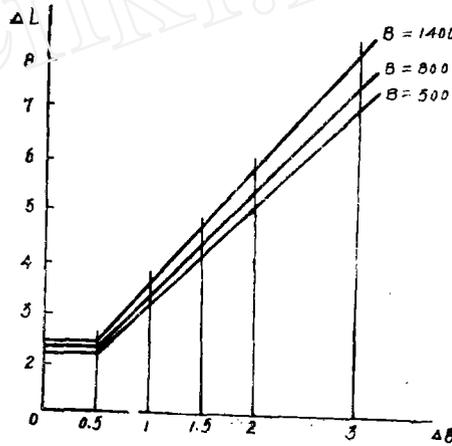
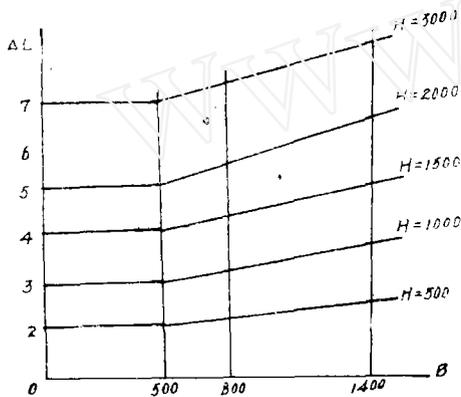


图21 对角线偏差随宽度变化关系图

图22 对角线偏差随垂直度偏差变化关系图

从图19和图22中的图象，可以看出对角线偏差与垂直度偏差有下列关系：

- (1) 当柜宽一定时，对角线偏差随垂直度偏差的增加而增大，其关系是线性变化，是一条向上倾斜的直线。
- (2) 当柜宽增加时，对角线偏差也越大，直线越倾斜，但倾斜度不大。可见，当柜宽增加时，对角线偏差虽然增大，但增大幅度很小。

再看对角线偏差与垂直度偏差之间的数量关系：

- (1) 对角线偏差随垂直度偏差的增加而增大。
- (2) 虽然对角线偏差随垂直度偏差的增加而增大，但前者的增加幅度总是小于后者。前者的增加幅度只有后者的50~55%。

(3) 随着垂直度偏差的增加, 对角线偏差与垂直度偏差之比值逐渐减小, 其减小量可达12%~42%。

从计算结果经分析, 归纳得知:

对柜来说, 在极限情况下, 对角线偏差大约为垂直度偏差的2.46~2.98倍。

对箱或台来说, 在极限情况下, 对角线偏差大约为垂直度偏差的4倍左右。

当垂直度偏差在标准范围时, 一般来说对角线偏差不会超出标准范围(极限情况除外)。反过来, 当对角线偏差在标准范围内时, 垂直度偏差不一定在标准范围内。有时甚至大大超过标准范围。可见, 垂直度偏差比对角线偏差更科学, 采用垂直度偏差有利于提高产品质量。

### 三、初步结论

1. 通过对两种检验结构倾斜度标准的分析、比较, 可以看出垂直度偏差优于对角线偏差。垂直度偏差能够直接而准确地反映结构的倾斜程度。而且能很快地算出倾斜度的数值, 能为计算柜与门、柜与柜之间的缝隙提供依据。限制住垂直度偏差可以控制住缝隙, 有利于提高产品质量。

虽然采用垂直度偏差在加工手段和测量手段上要求高, 但经过努力, 是可以实现的, 建议采用垂直度偏差。

2. 随着垂直度偏差的增加, 对角线偏差相应增大, 但对角线偏差与垂直度偏差之比逐渐减小。

3. 当高度公差越大时, 对角线偏差越大。

### 高压输电线路继电保护“四统一”产品设计简介

随着我国电力事业的迅速发展, 系统容量的不断增加; 线路的不断增长; 电压等级不断升高; 电网结构日趋复杂, 对稳定程度要求愈来愈高, 从而对继电保护提出许多新的要求, 而国内各生产厂家原有的产品无论从性能上和指标上都显得与此形势不相适应, 尤其是各厂家产品品种规格繁杂, 给运行、维护部门带来许多不便。为适应四化建设的需要, 根据一九八二年七月水电部和原机械部联合发文的要求, 由华东电力设计院、水电部电科院、许昌继电器研究所等单位组成了高压线路继电保护统一设计联合工作组。此工作组根据统一的技术条件; 统一的原理接线; 统一图形符号; 统一端子排布置的四统一原则, 经多次商讨、研究、征求各大网运行部门的意见, 考虑了近年来电力工业发展情况以及复杂电网对继电保护提出的要求, 在一九八三年完成了高压线路“四统一”继电保护装置的原理接线设计和主要技术条件的编制并通过各部门的审查。

许昌继电器厂按两部工作组的要求, 于一九八四年十月做出各套保护装置样机, 并经过五个月的动模试验, 性能完全达到“四统一”设计要求, 阿城、上海、南京, 长征、保定及许昌等继电器制造厂按此“四统一”设计要求研制成功的55套高压线路保护产品已于一九八七年十月全部通过两部委的技术鉴定。

“四统一”设计主要研究的内容是: 相间距离保护, 零序电流方向保护, 综合重合闸, 操作箱, 三相一次重合闸, 相差动高频保护, 收发信机, 高频闭锁距离, 零序保护, 高压切换, 失灵启动等。利用这些装置统一组屏, 组成PXH—1000系列(整流型)或PXH—2000系列(晶体管型)高压线路保护定型屏, 共计29种。

“四统一”产品的研制成功, 将对我国电力系统安全、可靠运行提供特性优良的继电保护, 将进一步推动电力事业的迅速发展。