

# 三相平衡对于配电网络的积极意义

深圳市友邦怡电气技术有限公司



# 相关理论

# 线损

- 线损指的是以热能形式散发的能量损失。配电网的损耗分为**管理线损**和**技术线损**
- **管理线损**通过科学的管理方法来降低
- **技术线损**主要采取技术措施来降低，包括对电网进行技术改造和改善电网运行方式等措施

# 降损措施

- 合理选择配电变压器
- 改善低压供电网网架结构
- 改造老旧低压计量装置
- 保持变压器低压三相负荷平衡运行
- 加大无功补偿力度
- 改善供电电压水平
- 降损的管理措施

# 三相不平衡

- 定义：是指在电力系统中三相电流（或电压）幅值不一致，且幅值差超过规定范围。
- 由各相电源所加的负荷不均衡所致。发生三相不平衡既与用户负荷特性有关，同时与电力系统的规划、负荷分配也有关。

## 三相不平衡对于线损的影响

- 低压电网中，三相负荷往往很不平衡，使得变压器和低压线路中产生的损耗大幅增加
- 在输送相同功率的情况下，三相负载不对称造成的变压器和线路的损耗比对称运行要高许多
- 如果三相负荷电流不平衡率在20%以上时，线损率将升高2% ~ 3%

# 三相不平衡的危害

## 1. 增加线路的电能损耗。

当低压电网以三相四线制供电时，由于有单相负载存在，造成三相负载不平衡在所难免。当三相负载不平衡运行时，中性线即有电流通过。这样不但相线有损耗，而且中性线也产生损耗，从而增加了电网线路的损耗。

三相四线制接线方式，当三相负荷平衡时线损最小；当三相负荷不平衡时，无论何种负荷分配情况，电流不平衡度越大，线损增量也越大。

# 三相不平衡的危害

## 2. 增加配电变压器的电能损耗

配电变压器的功率损耗是随负载的不平衡度而变化的。

配变在三相负载不平衡工况下运行时，将会造成配变损耗的增加(包括空载损耗和负载损耗)。

根据变压器运行规程规定，**在运行中的变压器中性线电流不得超过变压器低压侧额定电流的25%**。此外，三相负载不平衡运行会造成变压器零序电流过大，局部金属件升温增高，甚至会导致变压器烧毁。

# 三相不平衡的危害

## 3 . 配变出力减少

配变出力减少程度与三相负载的不平衡度有关。**三相负载不平衡越大，配变出力减少情况越严重。**为此，配变在三相负载不平衡时运行，其输出的容量就无法达到额定值，其备用容量亦相应减少，过载能力也降低。假如配变在过载工况下运行，即极易引发配变发热，严重时甚至会造成配变烧损。

# 三相不平衡的危害

## 4 . 影响用电设备的安全运行

三相负载不平衡运行时，将严重危及用电设备的安全运行。

各相之间的不平衡会导致用电设备使用寿命缩短，加速设备部件更换频率，增加设备维护的成本。

中性线中流入过大的不平衡电流，导致中性线过热。

# 三相不平衡的危害

## 5 . 电机效率降低

配变在三相负载不平衡工况下运行，将引起输出电压三相不平衡。引起电动机输出功率减少，从而导致电动机效率降低。

同时，电动机的温升和无功损耗，也将随三相不平衡度而增大。所以电动机在三相电压不平衡状况下运行，是非常不经济和不安全的。

# 配电网现状

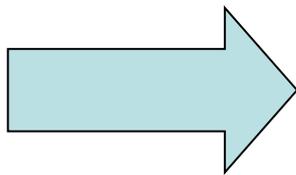
- SD-292 《架空配电线路及设备运行规程》第7.5.2条规定：  
变压器的三相负荷应力求平衡，不平衡度不应大于15%。
- 当前供电部门采用的方法是通过人工调相对负荷网络进行功率调整，这样的方法费时费力，而且效果不佳。
- 现在的无功补偿装置只能补偿无功功率，却无法处理三相负荷不平衡的问题。



# 无功补偿技术的革新历程

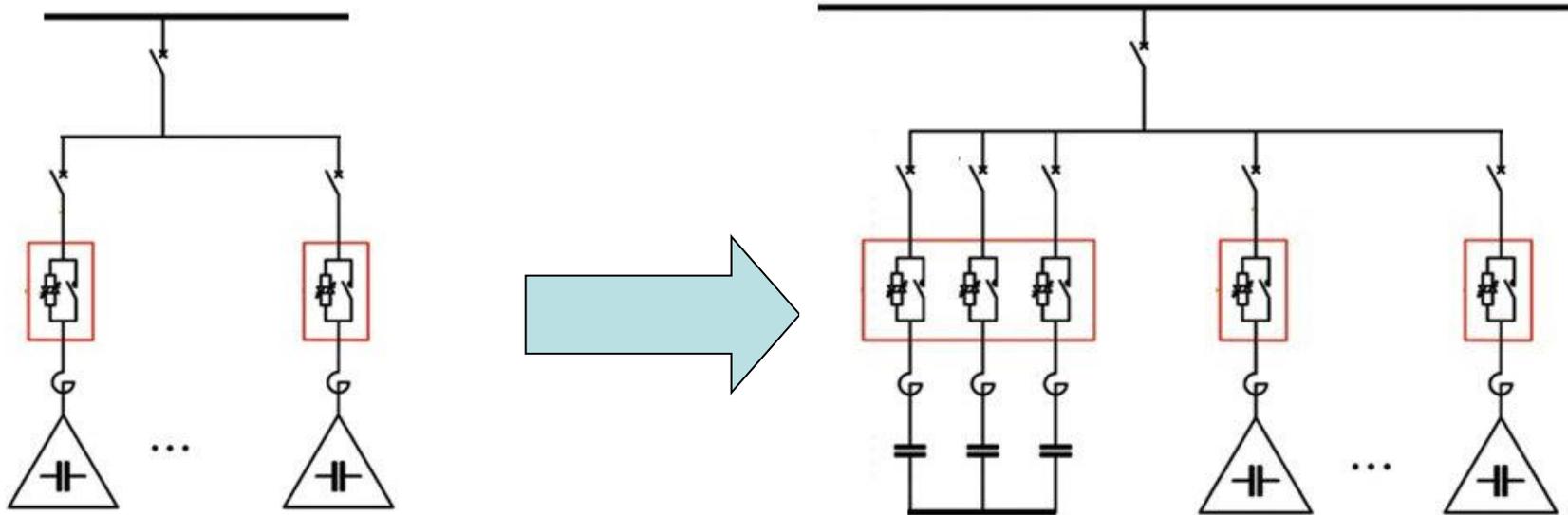
# 第一次技术革新

**由静态无功补偿到动态无功补偿的技术革新。**动态无功补偿技术动作响应速度快，克服了静态无功补偿中触点易烧毁、电容电流冲击大等缺点。对冲击负荷等工业场合有较强的适应性。



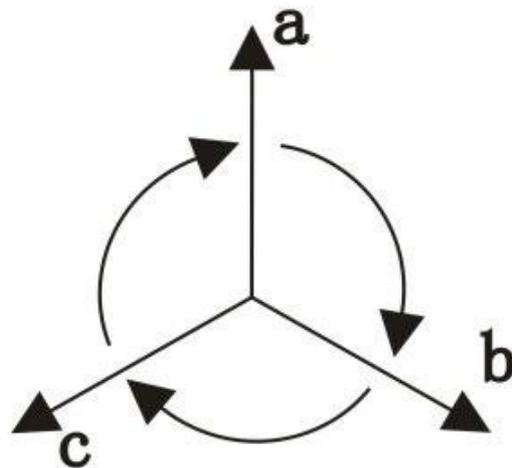
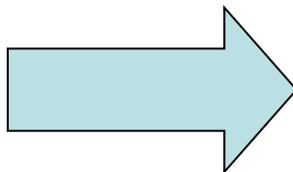
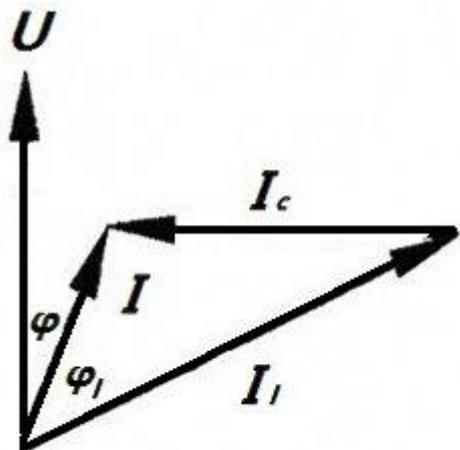
# 第二次技术革新

**由三相共补到混合补偿的技术革新**，在以单相负荷为主的低压供配电系统中，充分发挥了电力电容器组的补偿作用。



# 功率补偿装置迎来了第三次技术革新

由传统的电容补偿到**功率平衡无功补偿**的技术革新。





# 新型无功补偿装置

# 智能功率平衡无功补偿装置

智能功率平衡无功补偿装置能很好的解决低压配电网普遍处于三相不平衡运行状态的难题。

该装置能实时监测电网负荷变化，动态调节相间功率、平衡三相电流，同时补偿无功，**提高功率因数，保证配电系统在三相功率平衡状态下运行**。大大降低送变电系统的运行损耗，提升系统智能化，让设备运行更加安全可靠。

# 基本工作原理

- 一、装置运行后会自动检测系统三相有功功率和无功功率
- 二、微处理器计算三相间有功功率之差
- 三、控制单元根据有功功率差投入相应大小的功率转移发生器
- 四、功率转移发生器将部分有功功率由较大一相转移到较小一相，最终使得三相有功功率平衡。达到三相电流不平衡度 $<10\%$
- 五、平衡三相有功后，再根据检测到的无功量，投入相应的电容量，补偿无功，达到功率因素0.95以上

# 外观及型号说明



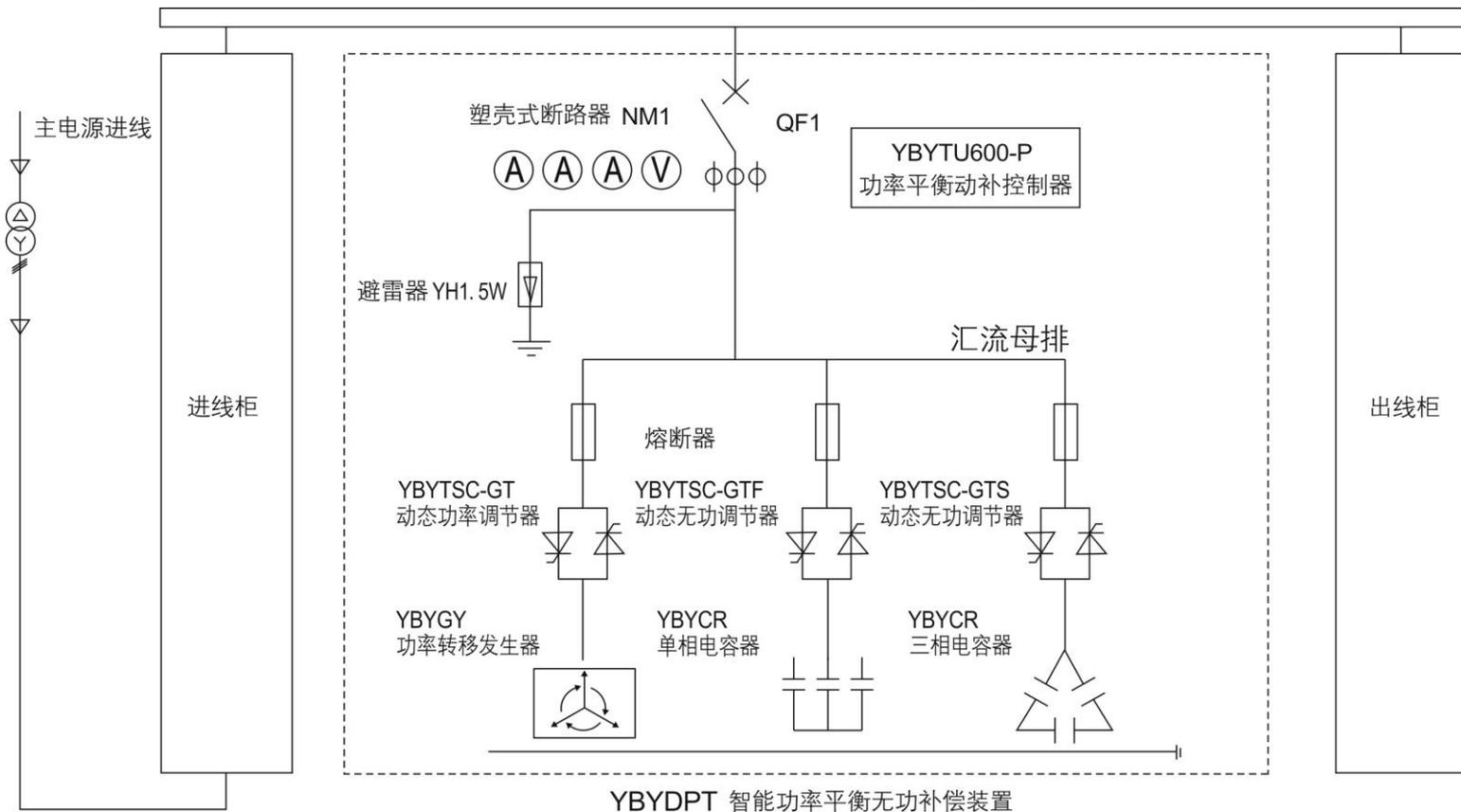
YBYDPT - 3 x  +

柜体内元件形式 T为柜体内采用一体化智能电容  
无此项为柜体内采用分立元件

补偿无功 (Kvar)

平衡功率 (KW)

# 系统原理图



# 产品特点

## 一、功能多

本装置不但具备无功补偿功能，还增加了平衡三相有功电流的功能。

## 二、提升变压器输出功率高达30%

能自动调整变压器三相平衡供电，同时补偿功率因数可达0.98，提高变压器的出力，可确保变压器三相负荷不平衡度 $<10\%$ ，满足国家相关规定。

## 三、节能降损效果更佳

有效降低变压器运行损耗，其节能效果，降低线损效果都比普通电容柜好。

## 四、保护功能

能防止变压器由于三相负载严重不平衡致使零线电流过大，造成零线过热引发火灾事故。

## 五、运行安全稳定

实现两种功能只需一台设备，减少故障点和维护量；使用维护与无功补偿装置相同。

# 应用受益行业

## 功率平衡无功补偿技术最大受益者是各地供电公司

- a、可进一步降低变压器损耗和线路损耗，稳定电压，提升功率因素，改善供电质量。
- b、降低运维成本，减少送配电用工人员。原来三相负荷严重不平衡时，需由人工改线，调整负荷。采用功率平衡技术后，可自动跟踪调平衡，提升了智能化水平。
- c、提升本企业的技术水平。

## 箱变及电容柜

- a、防止变压器零线电流过大引发的火灾事故的发生。
- b、提升了变压器的输出功率，降低变压器过载发热的几率，有效稳定箱变运行，延长设备使用寿命。

## 城镇化项目

城镇化项目中大量是住宅，商业楼类单相负载，可有效平衡供电，稳定电压。



# 案例效果分析

# 现场解决方案

某供电局下辖台区主要负荷为居民用电，由于用户用电随机性，导致三相有功电流不平衡。我司分析现场数据，提供智能功率平衡无功补偿解决方案，方案如下：

设计配置总补偿容量86kvar，拟用功率转移发生器平衡相间有功功率差5-8kw。同时可补偿32kvar无功功率。电容器补偿容量50-60kvar。拟采用分立元件结构。

- 1.三相功率平衡控制器一台；
- 2.功率转移发生器两台，最大可平衡两相间有功功率差7.5kw；
- 3.共补电容器一台，补偿无功功率30kvar；
- 4.分补电容器一台，单相最大可补偿6.67kvar；
- 5.功率分断元件四台；

### 台区功率平衡监测数据

测试时间	电压 V			电流 A			有功功率 W			无功功率 Var			功率因数
	A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	
05.06 15:50:00	232.226	231.628	232.611	90.0289	86.0982	87.2743	19026.3	18079.9	18693.2	8429.26	8065.89	7904.8	0.916231
05.06 15:51:00	232.434	231.727	232.682	84.7482	84.7958	87.6346	18107.9	17884	18784.3	7430.83	7792.88	7912.24	0.9212
05.06 15:52:00	232.23	231.486	232.594	87.237	83.9066	87.6307	18063.4	16931.1	18663.8	9028.74	9411.45	8176.56	0.895841
05.06 15:53:00	232.225	231.431	232.49	89.7684	83.7139	91.7027	18502.6	16677.7	19657.3	9514.41	9855.11	8209.09	0.893383
05.06 15:54:00	232.278	231.482	232.5	88.0066	86.0512	94.2545	18132.7	17371.1	20221.8	9343.44	9730.44	8397.78	0.896931
05.06 15:55:00	232.414	231.673	232.761	93.2644	92.0551	92.6609	19748	18879.6	19775	8903.35	9912.08	8576.47	0.905365
05.06 15:56:00	231.881	231.129	232.262	116.051	112.408	112.314	24095.2	22667.4	23520	11686.1	12413.9	11001.6	0.894629
05.06 15:57:00	231.846	231.15	232.384	123.709	119.426	111.017	25755.9	24116.9	22956.2	12617.3	13395.2	11748	0.887768
05.06 15:58:00	231.898	231.34	232.496	130.774	113.341	114.171	27012.7	22546	23813.5	13717	13376.9	11647.7	0.884299
05.06 15:59:00	231.84	231.398	232.439	133.365	107.233	120.643	27398.5	20822.6	25426.5	14295.6	13493.1	11819.2	0.880713
05.06 16:00:00	231.944	231.467	232.388	128.102	108.169	124.309	26641.2	21097.2	26161.4	13139.9	13478.3	12237.9	0.885108
05.06 16:01:00	231.962	231.374	232.28	127.758	109.954	124.47	26550.6	21341.3	25966.4	13158.6	13838	12704.8	0.880812
05.06 16:02:00	231.932	231.257	232.235	122.297	110.625	125.017	25150.9	21585.2	26046.5	13100.9	13729.2	12776.1	0.878369
05.06 16:03:00	232.113	231.349	232.336	120.441	110.676	129.004	24681.9	21567.4	27292.2	13123.9	13791.2	12371.4	0.882032
05.06 16:04:00	231.061	230.364	231.375	117.222	103.221	117.613	24136.6	19927.3	24815.5	12007	12801.7	10766.9	0.88849
05.06 16:05:00	231.053	230.36	231.403	104.138	92.9481	102.618	21502.4	17730.6	21753.4	10792.4	11991.6	9509.1	0.883751

### 投入YBYDPT后

05.06 16:06:00	231.411	230.62	231.619	98.1638	94.1144	95.4781	21421.9	19725	20752.8	6532	8504.53	7309.57	0.940586
05.06 16:07:00	231.795	231.039	231.978	89.8446	87.9552	88.1012	20660.7	19783.3	19990.8	2209.12	3620.3	3487.63	0.988324
05.06 16:08:00	232.241	231.747	232.52	84.4932	81.1091	82.1381	19614	18772.3	19075.7	544.477	-868.27	565.92	0.999991
05.06 16:09:00	232.714	232.238	232.879	85.6203	83.0291	86.0315	19900	19222.4	19986.1	333.331	-1225.9	1276.24	0.999979
05.06 16:10:00	233.058	232.627	233.363	83.9726	79.387	86.6357	19434.8	18356.2	20189.1	1371.99	-455.87	845.988	0.999538
05.06 16:11:00	233.183	232.64	233.377	82.1011	77.8217	89.5921	18966	17983.9	20859.1	1340.98	-463.08	855.556	0.999551
05.06 16:12:00	233.287	232.779	233.536	84.7686	77.2632	85.1024	19594.9	17877.7	19691.4	-1148.2	-1866	-965.69	0.997585
05.06 16:13:00	233.069	232.646	233.333	82.6039	82.8469	83.5074	19099	19170.9	19394.6	1242.38	-1361.5	1126.04	0.999848
05.06 16:14:00	233.391	233.129	233.897	85.2845	81.0367	86.3152	19783.4	18552.7	19944.5	1427.8	-1835.5	-1193.4	0.999623
05.06 16:15:00	233.302	232.578	233.643	102.253	96.7484	103.56	23774.3	22388	24190.1	1509.37	2234.42	-15.703	0.998599
05.06 16:16:00	233.231	232.476	233.537	103.513	96.6601	104.933	24110.5	22269.4	24463.8	1175.9	2787.49	-20.284	0.998455
05.06 16:17:00	233.393	232.38	233.626	101.206	103.793	98.5356	23448.9	23047.6	22770	2181.99	6310.02	2596.68	0.987427
05.06 16:18:00	233.376	232.262	233.753	106.534	109.943	99.6454	24464.5	23825	23005.7	4263.4	9085.18	3451.98	0.97334
05.06 16:19:00	233.291	232.363	233.819	111.584	107.824	103.041	25607.9	23674.9	23946.6	4470.07	7823.99	2485.86	0.998234
05.06 16:20:00	233.439	232.917	233.732	105.092	103.965	103.75	24493.5	24172.1	24179.3	827.342	901.417	1765.16	0.988852
05.06 16:21:00	233.534	232.971	233.826	106.112	104.198	105.943	24682.8	24183.6	24688.7	1642.08	1342.68	1849.45	0.997844

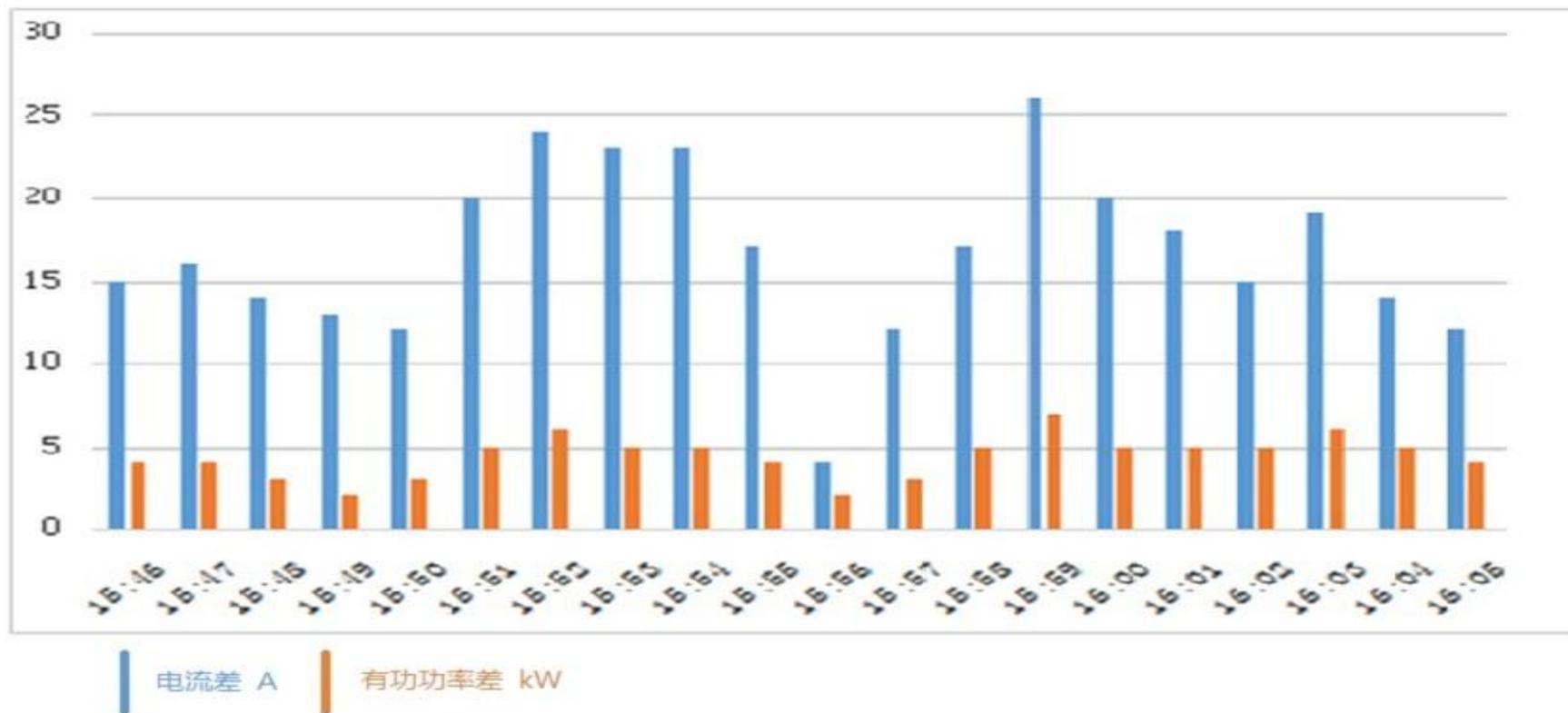
# 补偿前数据分析

- 智能功率平衡无功补偿装置运行前，三相电流差大部分时间在10A以上，占监测总时长的四分之三。
- 相间电流差值在20A以上的时间，占监测总时长的四分之一。
- 从有功功率上看，设备运行前，相间有功功率差值在3至5kw以上。平均功率因数为0.88。

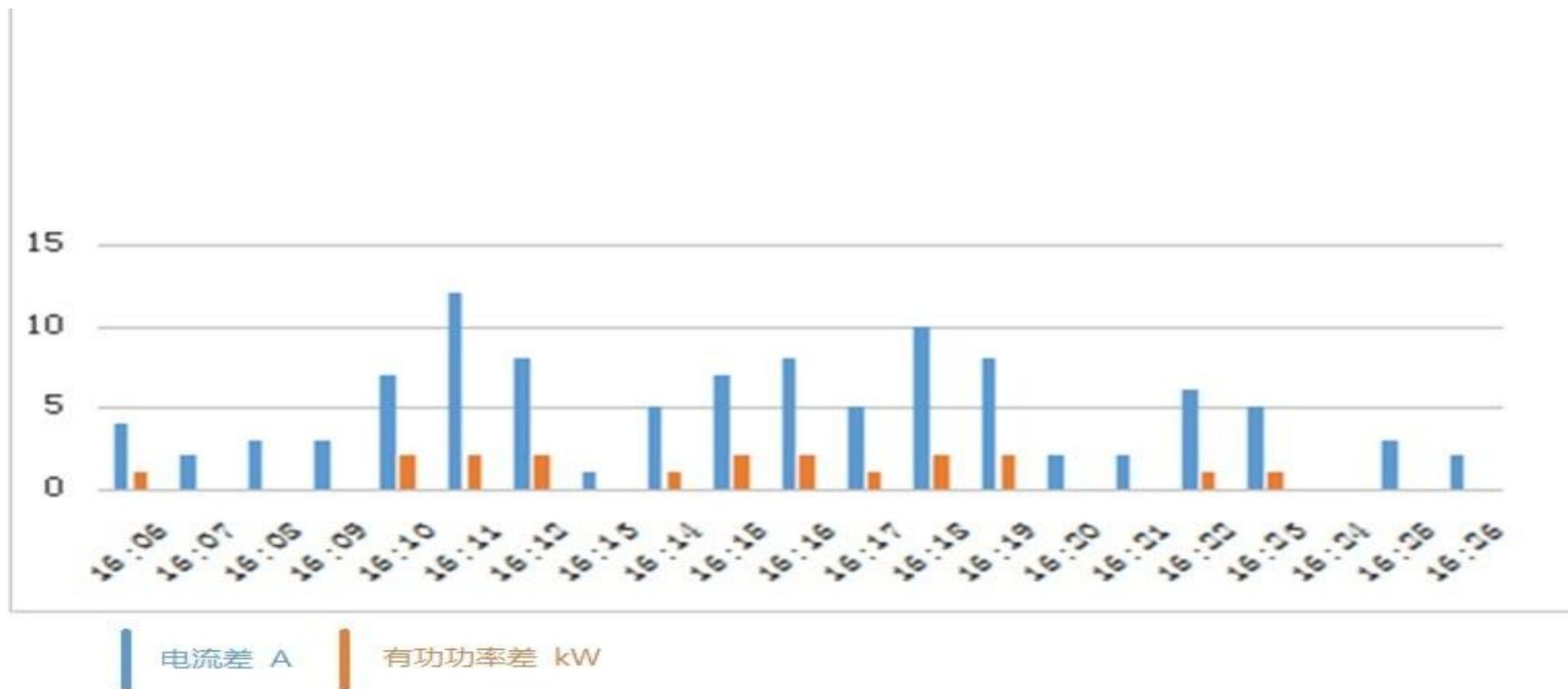
# 补偿后数据分析

- 智能功率平衡无功补偿装置投运后，平均功率因数由0.88提高到0.98以上；
- 变压器二次侧电压平均值由231V提高为233V；
- 三相功率平衡度显著提高，相间最大差值由5kw减少至1kw左右；
- 三相电流平衡度也随之提高，相间最大电流差由20A减小为5A左右，效果明显。

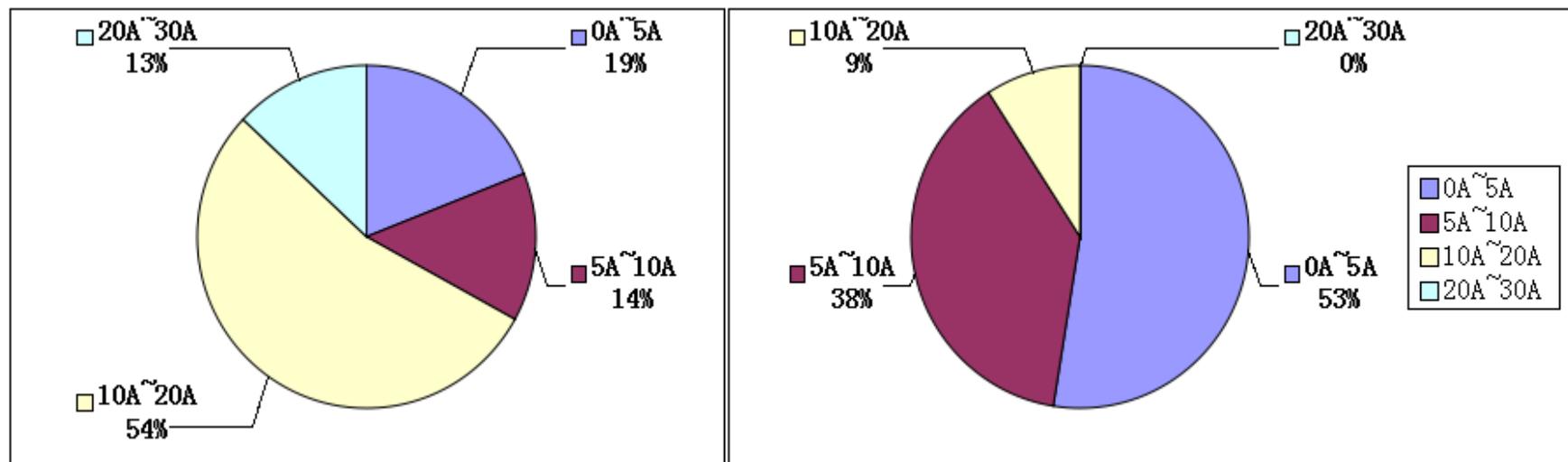
# 补偿前电流和功率



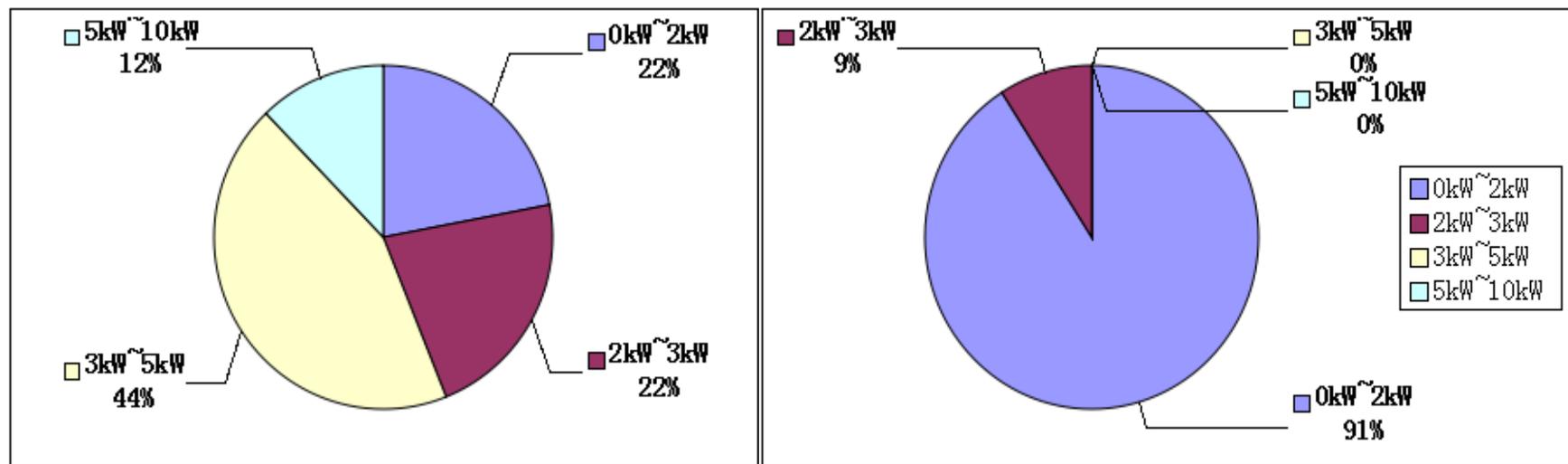
# 补偿后电流及功率



# 相间电流差对比



# 相间有功功率差对比



# 结论

运行状态	补偿前	补偿后
功率因数	0.88	0.99
有功差最大值	5kw	1kw
电流差最大值	20A	5A
平均电压	231V	233V

由此可见该现场在功率因数提高的同时三相不平衡现象也得到极大改善。



深圳市友邦怡电气技术有限公司

# 企业简介

- **深圳总部 产品研发与制造中心**
- **全国 七个办事处，服务覆盖全国主要省份**
- **专注无功补偿控制技术十余年**
- **产品覆盖制造业、冶金、电力、石化、造船、建筑等领域**
- **深圳经济特区高新技术企业**
- **ISO9001:2008质量管理体系认证**
- **拥有九项国家专利**



公司办公楼外景



# 合作伙伴/主要用户





**THE END**