

TBBZ柱上式自动投切高压并联电容器装置

1 概述

TBBZ系列柱上式自动投切高压并联电容器装置(以下简称装置)适用于额定电压10kV或6kV高压配电线路中,作提高功率因数、降低线路损耗、改善电压质量之用。

本装置由全膜高压并联电容器、户外式投切电容器专用高压六氟化硫负荷开关(内装电流互感器)、控制电源变压器、氧化锌避雷器、跌落式熔断器、无功补偿自动控制器、户外高压电流互感器及安装金具组成。配置齐全、结构紧凑、安装方便。

本装置可以根据线路实际需要,经用户预先设定,由微电脑控制实现并联电容器的自动投切,使线路功率因数达到预定值范围。同时具有短路、过电流、过电压、欠压、失压、防止电容器带电荷合闸、缺相、故障闭锁、自诊断等保护功能。而且,各种参数可以随时进行更改。

本装置所采用的FLW(B)户外式交流高压六氟化硫负荷开关,是我公司自行研制的投切高压并联电容器组的专用开关。能绝对保证“合闸无弹跳”“分闸不重燃”,电气机械寿命达到3万次以上。是国家专利产品,专利号为02291818·3

本装置符合标准JB/T10558-2004《柱上式高压无功补偿装置》,JB/T7111-1993《高压并联电容器装置》,DL/T604-2009《高压并联电容器装置订货技术条件》行业标准及Q/ZT273-2001《TBBZ柱上式自动投切高压并联电容器装置》企业标准。由全国电力电容器标准化技术委员会颁发了型号证书,编号为2002012。

2 使用环境条件

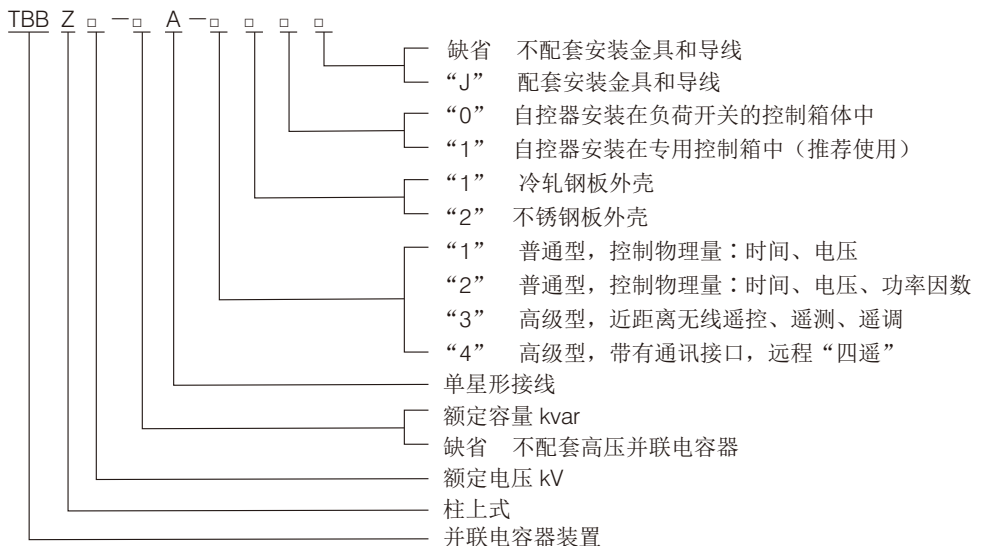
- 2.1 周围空气温度: 上限+45℃, 下限-40℃;
 - 2.2 海拔高度: 不高于2000m;
 - 2.3 日照: 幅度(最大)为0.1W/cm²;
 - 2.4 风速: 不大于35m/s;
 - 2.5 地震: 烈度不超过8度;
 - 2.6 化学条件: 安装场所无有害气体和蒸汽, 无导电性或爆炸性尘埃;
 - 2.7 抗污秽能力: 外部绝缘泄漏比距≥2.5cm/kV;
- 注: 高原及特殊环境产品另行商定。

3 系统运行条件

- 3.1 额定电压: 6kV, 10kV;
- 3.2 最高运行电压: 6.6kV, 11kV;
- 3.3 额定频率: 50Hz;
- 3.4 中性点接地方式: 非有效接地或中性点绝缘;

4 型号及含义

4.1 型号含义



4.2 TBBZ装置型号规格一览表

表1

序号	型号规格	控制物理量: 时间、电压	控制物理量: 时间、电压、 功率因数	近距离遥控、 遥测、遥调	远程遥控、 遥测、遥调、 遥信	冷轧 钢板 外壳	不锈 钢板 外壳	自控器 与开关 一体安装	自控器 与开关 分体安装	配套安 装金具 及导线
1	TBBZ□ -□ A-111	●				●			●	
2	TBBZ□ -□ A-111J	●				●			●	●
3	TBBZ□ -□ A-121	●					●		●	
4	TBBZ□ -□ A-121J	●					●		●	●
5	TBBZ□ -□ A-211		●			●			●	
6	TBBZ□ -□ A-211J		●			●			●	●
7	TBBZ□ -□ A-221		●				●		●	
8	TBBZ□ -□ A-221J		●				●		●	●
9	TBBZ□ -□ A-311			●		●			●	
10	TBBZ□ -□ A-311J			●		●			●	●
11	TBBZ□ -□ A-321			●			●		●	
12	TBBZ□ -□ A-321J			●			●		●	●
13	TBBZ□ -□ A-411				●	●			●	
14	TBBZ□ -□ A-411J				●	●			●	●
15	TBBZ□ -□ A-421				●		●		●	
16	TBBZ□ -□ A-421J				●		●		●	●

5 主要技术参数

表2

序号	型号	额定 电压 Un(kV)	电容器组 额定电压 Un(kV)	额定容量 QN(kvar)	额定 电流 In(A)	额定 电容 Cn(μf)	额定 频率 (Hz)	电容器 相数、台数 (相数/台数)
1	TBBZ10-80A	10	10.5	80	4.4	2.31	50	3/1
2	TBBZ10-100A	10	10.5	100	5.5	2.89	50	3/1
3	TBBZ10-150A	10	10.5	150	8.26	4.33	50	3/1
4	TBBZ10-200A	10	10.5	200	11	5.77	50	3/1
5	TBBZ10-300A	10	10.5/√3	300	16.52	8.66	50	1/3
6	TBBZ10-360A	10	10.5/√3	360	19.8	10.4	50	1/3
7	TBBZ10-400A	10	10.5/√3	400	22	11.55	50	1/3
8	TBBZ10-450A	10	10.5/√3	450	24.74	12.99	50	1/3
9	TBBZ10-500A	10	10.5/√3	500	27.5	14.4	50	1/3
10	TBBZ10-600A	10	10.5/√3	600	33	17.32	50	1/3
11	TBBZ10-720A	10	10.5/√3	720	39.6	20.79	50	1/6
12	TBBZ10-900A	10	10.5/√3	900	49.4	25.98	50	1/6
13	TBBZ10-1200A	10	10.5/√3	1200	65.9	34.65	50	1/6
14	TBBZ6-80A	6	6.3	80	7.34	6.42	50	3/1
15	TBBZ6-100A	6	6.3	100	9.2	8.02	50	3/1
16	TBBZ6-150A	6	6.3	150	13.75	12.03	50	3/1
17	TBBZ6-200A	6	6.3	200	18.33	16.04	50	3/1
18	TBBZ6-300A	6	6.3/√3	300	27.5	20.06	50	1/3
19	TBBZ6-350A	6	6.3/√3	360	33	28.87	50	1/3
20	TBBZ6-400A	6	6.3/√3	400	36.66	32.08	50	1/3
21	TBBZ6-450A	6	6.3/√3	450	41.24	36.09	50	1/3
22	TBBZ6-500A	6	6.3/√3	500	45.82	40.1	50	1/3
23	TBBZ6-600A	6	6.3/√3	600	54.98	48.12	50	1/3
24	TBBZ6-720A	6	6.3/√3	720	66	57.74	50	1/6

注：可根据用户要求提供其他容量的产品。

6 性能

6.1 电容偏差

6.1.1 装置实际电容与额定电容之差在额定电容的0~5%范围内。

6.1.2 装置任何两线路端子之间，其电容的最大值与最小值之比不超过1.02。

6.2 绝缘水平

表3

装置额定电压	一次电路		二次电路
	1min工频耐受电压 (方均根值)	冲击耐受电压 [(1.2~5)/50 μs 峰值]	1min工频耐受电压 (方均根值)
6	30	60	2
10	42	75	2

6.3 耐受短路电流能力

主回路电器设备及导线耐受短路电流为12.5kA，2S。

6.4 过负载能力

6.4.1 稳态过电压

表4

工频过电压 U_n	最大持续时间	说明
1.10	长期	指长期过电压的最高值不超过1.10 U_n
1.15	每24h中30min	系统电压的调整与波动
1.20	5min	轻负载的电压升高
1.30	1min	轻负载的电压升高

6.4.2 稳态过电流

能在1.3 I_n 下长期运行。

6.4.3 最大允许容量

在6.4.1，6.4.2的限度内，总容量不超过1.35 Q_n 。

6.5 放电性能

断电后10min，每一组电容器上的电压低于50V。

6.6 结构

6.6.1 所有电器设备的金属外露表面均喷涂油漆或电镀，安装金具热镀锌。

6.6.2 最小电气间隙

表5

相关位置	主电路最小电气间隙	辅助回路最小电气间隙
不同相的带电裸导体之间	200	4
带电裸导体与接地体之间	200	15
带电裸导体至地面之间	3000	—

6.6.3 电器设备外壳防护等级

用于安装电器设备金属外壳的防护等级为IP33。

6.7 保护：装置的保护有短路、过电流、过电压、欠电压、失压、缺相保护、防止电容器带电荷合闸、防投切振荡具体设置如下：

6.7.1 主电路相间短路：跌落式熔断器动作切除故障相，开关略带时限(延时0.2~0.5S)动作于跳闸，退出运行并自行闭锁。

6.7.2 电容器组相对中性点短路：略带时限(延时0.2~0.5S)动作于跳闸，并自行闭锁。整定值：3 I_n 。

6.7.3 电容器组过电流：带时限(延时5S)动作于跳闸，并自行闭锁。整定值：1.4~1.5 I_n 。

6.7.4 过电压：带时限(延时20~30S)动作于跳闸。整定值：1.1~1.3 U_n 。

6.7.5 雷击过电压：由无间隙氧化锌避雷器实现保护。

6.7.6 欠电压：略带时限(延时0.2~0.5S)动作于跳闸。整定值：0.6 U_n 。

6.7.7 失压：略带时限(延时0.2~0.5S)动作于跳闸。

6.7.8 缺相：任意一相断电动作于跳闸，并自行闭锁。

6.7.9 防止电容器带电荷合闸：投入电容器组前延时10min。

6.7.10 防投切振荡：控制器在控制开关合闸时，已计算了线路的无功缺口，设置了无功回差和电压回差，只有当无功超过电容器容量时才能将电容器投入。在投入电容器前还需要有一定的延时，防止因部分的尖峰或干扰造成投切振荡。

7 设备配置

7.1 一次原理图

图1 按时间、电压控制型一次原理图

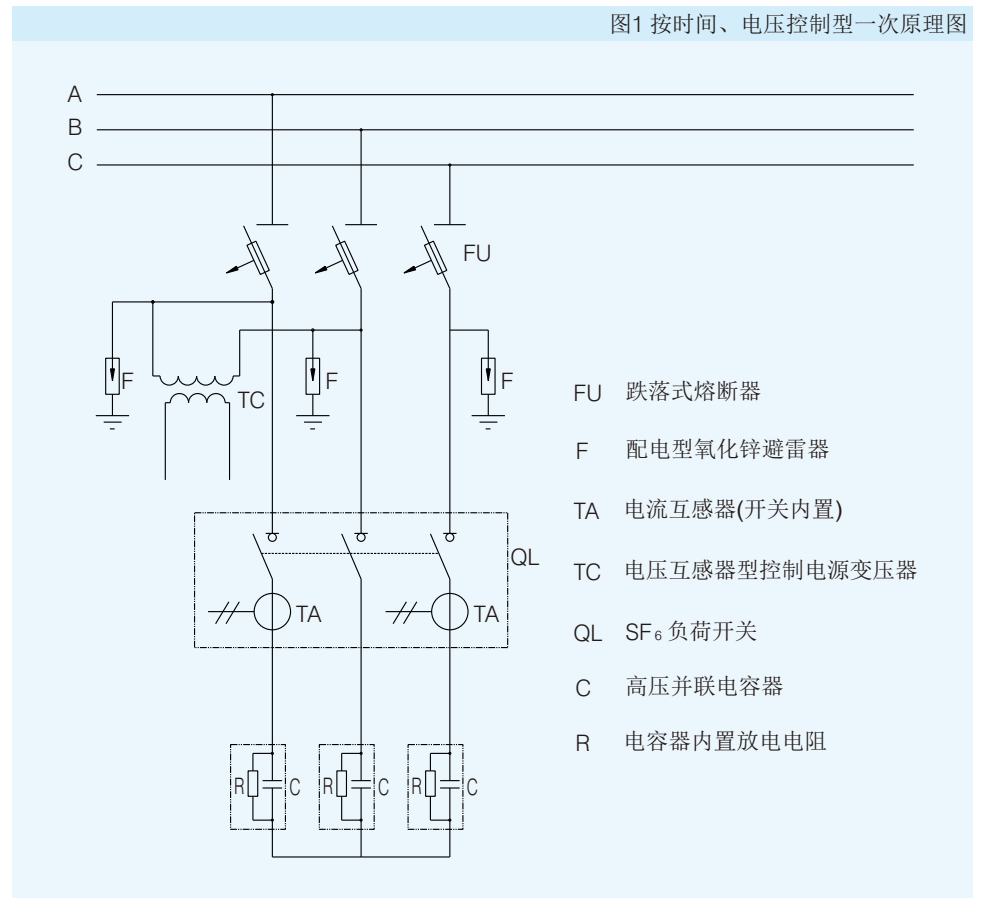
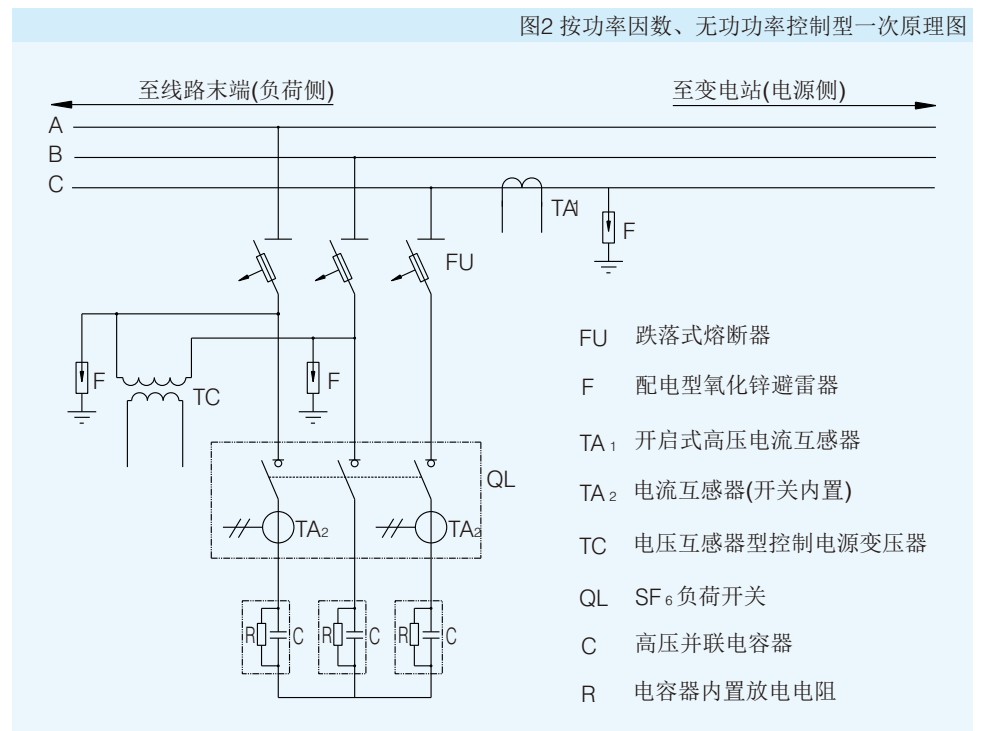


图2 按功率因数、无功功率控制型一次原理图



7.2 主要电器设备配置

表6

序号	设备型号名称	数量(台)	备注
1	BFM(BAM)高压并联电容器	见表7	内置放电电阻
2	FLW(B)-12户外式交流高压SF ₆ 负荷开关	1	内置电流互感器2只
3	YBK电压互感器型控制电源变压器	1	可按用户要求置于开关内
4	RW10-10跌落式熔断器	3	
5	HY5WR金属氧化锌避雷器	3	
6	WZK高压无功补偿自动控制器	1	根据不同需要配置
7	LZKW户外式高压电流互感器	1	按时间、电压控制型可不用
8	安装金具	1套	由用户选定
9	连接导线	1套	由用户选定

数量(台) 表7

序号	电容器型号	容量 kvar												说明		
		80	100	150	200	300	360	400	450	500	600	720	900		1200	
1	B _F ^A M□ -80-3W	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	UN=10kV
2	B _F ^A M□ -100-3W	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	□ 为10.5
3	B _F ^A M□ -150-3W	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	UN=6kV
4	B _F ^A M□ -200-3W	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	□ 为6.3
5	B _F ^A M□ -100-1W	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	B _F ^A M□ -120-1W	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	6	—	—	—	UN=10kV
7	B _F ^A M□ -134-1W	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	□ 为10.5/√3
8	B _F ^A M□ -150-1W	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	(6)	—	—	UN=6kV
9	B _F ^A M□ -167-1W	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	□ 为6.3/√3
10	B _F ^A M□ -200-1W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	(6)	

注：()内台数仅用于UN=10kV产品

8 主要电器设备技术参数、性能、结构

8.1 高压并联电容器

符合GB/T11024.1~4—2001《标称电压1kV以上交流电力系统用并联电容器》的要求。性能见表8。

表8

电容偏差：实测值与额定值之差0~5%，任意两线路端子间电容之比≤1.02
介质损耗角正切值：tg δ < 0.0005
低温局放水平：熄灭电压 > 1.15UN
外壳爆破能力：不小于15kJ
密封性能：无渗漏
液体介质：M/DBT (C101) 或PXE (S油)
固体介质：双面粗化聚丙烯稀薄膜
元件结构：铝箔折边，凸箔式引线
注油方式：压力注油。
绝缘水平：端子间2.15UN，10S
端子与外壳间：UN=6.3、6.3/√3 25kV 1min，雷电冲击60kV UN=10.5、10.5/√3 42kV(干) 30kV(湿) 1min，雷电冲击75kV

8.2 户外式投切电容器组专用高压SF₆负荷开关

FLW(B)-12户外投切并联电容器组专用高压交流六氟化硫负荷开关是我公司自行设计研制的专门用于投切电容器组的高压负荷开关，已获得国家专利，专利号为02291818.3。本开关以SF₆气体为绝缘、灭弧介质，双断口触头系统，高分断速度，完全消除了“合闸弹跳”、“分闸重燃”的现象。配合无功补偿控制器可实现自动投切和继电保护。性能见表9。

表9

1 额定电压: 12kV	12 额定短时耐受电流: 12.5kA, 4S
2 额定电流: 100A、200A	13 额定峰值耐受电流: 31.5kA (峰值)
3 最大开断电流: 200A、300A	14 额定短路关合电流: 31.5kA (峰值)
4 绝缘水平: 42kV(干、湿)1min	15 平均合闸速度: 2.5~4m/s
5 雷电冲击: 75kV(峰值)	16 平均分闸速度: 3.5~5m/s
6 电气、机械寿命: >30000次	17 合闸弹跳时间: 0
7 额定SF ₆ 气体压力: 0.05Mp(20℃表压)	18 三相不同期性: ≤0.5ms
8 年泄漏率: <1% /年	19 触头结构: 双断口
9 微水含量: <150ppm	20 触头开距: 2×40=80mm
10 操动机构电压: 220V+10% -20%, AC	21 机构型式: 电动机、弹簧
11 脱扣器: 分励、失压(延时)	22 瓷套: 高强度瓷质套管, 泄漏比距>33mm/kV
其它: 三相共箱式, “非”字布置接线, 内装CT, 高可靠动密封(专利)	

8.3 高压无功补偿自动控制器

WZK高压无功补偿自动控制器是为柱上式自动投切高压并联电容器装置专门设计开发的高新产品, 可靠性高、抗干扰能力强、功能齐全。控制器安装在SF₆负荷开关的控制箱中, 也可以另行配备专用控制箱, 与负荷开关分体安装。控制器有多种规格, 根据用户对装置的选型(见4.2)进行配置。性能见表10。

表10

额定电压: 220±20%V, AC	抗高频干扰: 1MHz, 1000Hz
额定频率: 50±2.5Hz	共模2kV, 差模1kV, 50次/s
功率消耗: ≤5W	电快速瞬变脉冲群抗干扰度: 严酷等级4
输出触点容量: 10A, 220V AC	静电放电抗干扰度: 严酷等级3
输入电压模拟量: 220 (80%~120%) V AC	辐射电磁场抗干扰度: 严酷等级3
输入电流模拟量: 5 (10%~100%) A	浪涌抗干扰度: 严酷等级3
回路电阻: 电压回路>20kΩ, 电流回路<0.1Ω	保护功能: 过压、过流、欠压、防止电容器带电荷合闸、缺相。
绝缘水平: 1min工频耐压2500V	显示功能: 电压、线路电流、无功功率、功率因数、装置电流、投运时间累计、年、月、日、时、分、动作次数累计。
测量误差: 电压、电流±0.5%, 时间<1s/d, 无功功率±3%	自检 自检复归 电容器投运状况 过流诊断
动作误差: ±1%	
①按电压	闭锁功能: 自控器故障, 短路、过流跳闸, 缺相 高级型产品其它功能: 近距离或远距离遥控、遥测、遥调、遥信。
②按时间	
③按时间和电压	
④按功率因数	
⑤按电压和无功功率	
⑥远距离遥控	
1) 年、月、日、时、分	记录 各项设置参数 累计投切次数 累计投运时间 SOE文件记录: 日最高(低)电压及时间 日最高(低)电流及时间 日最高(低)功率因数及时间 保护动作前后数据 停电时间记录 上电时间记录 数据储存60天
2) 额定电压	
3) 电压互感器变比	
4) 电流互感器变比	
5) 变比校正	
6) 投入门限(电压、功率因数)	
7) 切除门限(电压、功率因数)	
8) 投入时间	
9) 切除时间	
10) 过电压及延时时间	
11) 欠电压及延时时间	
12) 过电流及延时时间	
13) 过电流速断及延时时间	
14) 电压回差	
15) 无功回差	
16) 投切方式选择	
17) 日投切次数	

注: 不同规格的自控器所具有的功能各有差异, 部分具有或全部具有表中所列功能。

8.4 控制电源变压器

YBK电压互感器型控制电源变压器是同时具有电压互感器及变压器两种功能的户外型产品，环氧树脂浇注，金属外壳，用航空插接件与控制箱相连。性能见表11

表11

额定电压 kV	额定容量 VA	1min工频耐受电压(有效值) kV	雷电冲击(峰值) kV	准确等级
10/0.22	暂态1000	高压侧 42、低压侧 3	75	1.0级
6/0.22	长期150	高压侧 25、低压侧 3	60	1.0级

8.5 户外式高压电流互感器

LZKW-10户外式高压电流互感器采用特殊材料浇注成形，具有抗老化，抗辐射，全绝缘等特性。体积小，重量轻，安装简单方便，无须剪断载流导线，运行可靠。性能如下：

最高工作电压：12kV；

准确等级：0.5级

额定一次电流：200~500A；

额定二次电流：5A；

额定输出：10VA

8.6 金属氧化锌避雷器

HY5WS有机复合外套金属氧化锌避雷器作大气过电压保护之用。

表12

避雷器型号	系统额定电压 kV	避雷器额定电压 kV(有效值)	持续运行电压 kV(有效值)	最大残压kV(峰值)				电流冲击耐受		
				陡波冲击电 流下1/5 μs	雷电冲击电 流下8/20 μs (峰值)	直流参考电压kV	操作冲击电 流下30/60 μs	方波电流A (峰值) 2ms	冲击电流kA 8/20 μs	冲击电流kA (峰值)4/10 μs
	kV	kV	kV	不小于	不大于	不大于	不大于	A	kA	kA
HY5WS-10/30	6	10	8.0	15.0	34.6	30.0	25.6	75	5	25
HY5WS-17/50	10	17	13.6	25.0	57.5	50.0	42.5	75	5	25

8.7 跌落式熔断器

选用RW10-10型跌落式熔断器，根据用户要求，可分别提供开断容量100或200MVA的产品。有专供重污秽地区使用，泄漏比距大于32mm/kV的产品。

9 自动投切方式的选择及参数设定

9.1 按时间投切方式

当配电线路负载随时间变化有一定的规律，可以选择此投切方式。

可以预先将一天24小时设置成2个或4个时段进行循环投切。示例：

9.2 按电压投切方式

这种投切方式适用于各种负载变化情况的配电线路。可预先设定好投入门限和切除门限两个电压值，当线路电压低于投入门限，装置自动将电容器投入运行；而当线路电压高于切除门限时，电容器被自动切除。投切门限电压值可参照下列方法进行初步确定。

a) 经过计算或现场实测，确定安装处最大负载时线路最低电压(Umin)和轻负载时线路的最高电压(Umax)；

b) 用A Umin作为投入门限电压值(Ud)，该门限值应略高于安装处的平均电压(Uj)，

但不应高于线路的额定电压(Un)。

A是系数，当Umin ≤ 0.93Un时，A=1.03~1.08

0.96Un > Umin > 0.93Un时，A=1.01~1.05

Umin ≥ 0.96Un时，Ud=Un

c) 用Umax + ΔU作为切除门限电压值(Ug)，该门限值应低于电站母线最高电压值。

ΔU为投入电容器后电压升高值。

$$\Delta U = U_n \frac{Q}{S}$$

Q —— 电容器组容量 kvar

S —— 安装处短路容量 kVA

说明：①按以上方法设定的门限还应进行实地检验和调整。

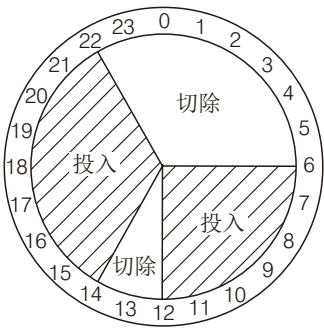
②线路平均电压高于UN时，投入门限电压值将大于UN。

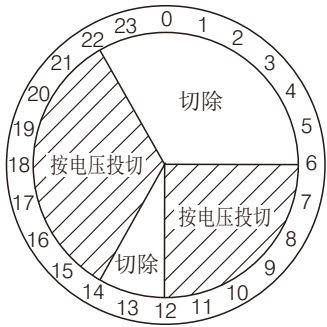
例：Un=10kV，Q=600kvar，安装处短路容量S=30MVA=30×103kVA，Umin=9.2kV，

Umax=10.3kV。

投入门限：Ud=A Umin= (1.03~1.08) × 9.2=9.48~9.94kV，可设定Ud=9.8kV；

切除门限：Uq=Umax + Un=10.3+10×=10.5kV，可设定Uq=10.5kV。





注：为防止投切振荡，在不影响正常投切情况下，应使 U_d 与 U_q 的差值尽可能大。

9.3 按时间、电压投切方式

这种投切方式弥补了上述两种方式的不足，扩大了投切门限的范围。具体如下：

- a. 将一天24小时设定出2个或4个时间段，设置时可以人为地将投入时间加长。
- b. 设定投入门限电压值及切除门限电压值。
- c. 在投入时间段中，装置按电压投切电容器，在切除时间段中，电容器被切除，不投入运行。

9.4 按功率因数投切方式

因为这种方式使装置的容量受到限制(小于安装处至末端无功总量的80%)，在以降损为主要目的时不宜采用。在负载大部分集中在末端或仅以提高功率因数为目的时，可以采用。多点补偿，可在电站侧补偿点采用。这种方式是预先设定功率因数的上下限值，为防止投切振荡，应使上下限值之差尽可能大。另外，本装置还设定了无功回差值，正常整定为1.1~1.3倍装置容量。当安装处功率因数低于功率因数下限且安装处至线路末端无功总量大于1.1~1.3Q时投入电容器，当功率因数高于上限时切除电容器。

9.5 按电压无功投切方式

这种方式要预先设定电压和无功功率的上下门限，其中电压优先，当电压小于电压下限时投入电容器，当电压大于电压上限时切除电容器，当电压在上下门限之间时按无功功率进行控制，此时若无功大于无功上限时投入电容器，若无功小于无功下限时切除电容器。

这种控制方式需要预先计算补偿点之前的无功功率，以便可以向补偿点上沿倒送无功，但补偿点上沿的无功功率也并非定值，所以这种控制方式比较适合于在电站出口处的无功补偿，因为主变的无功损耗是相对较稳定的。

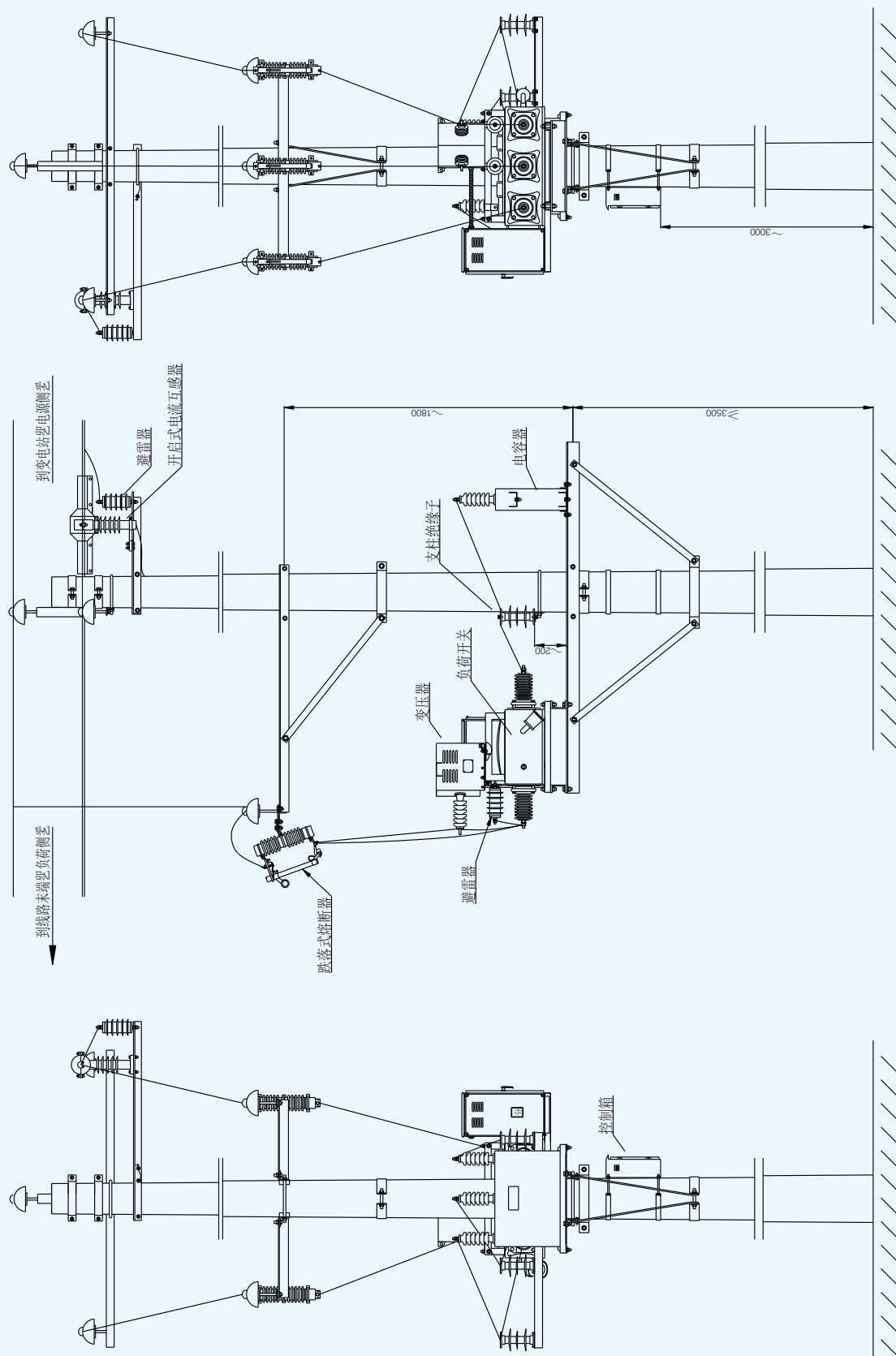
9.6 电站遥控投切方式

这种方式是由电站的监控系统，在测量到高压配电线路的有关数据，如电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数等，经计算机处理，向远方终端(RTV)一柱上式补偿装置进行遥控实现自动投切。同时利用GSM通讯网络，由RTV以短信、语音和数据方式将柱上式装置的运行信息(投入、切除、故障)、测量数据(电压、电流、无功功率、功率因数、谐波电压、谐波电流、日电压波峰及时间、日电压低谷及时间、日高峰负载及时区、日低峰负载及时区等等)自动传送到电站或其它接收装置。也可以随时对柱上式装置进行远距离监视、监控或进行参数调整,从而实现四遥(遥控、遥测、遥信、遥调)。这是一种非常理想的方式，它不但能根据线路无功的实际需要投切电容器，而且可以进行适时监控。

9.7 自动投切方式的选择

序号	自动投切方式	应用条件	备注
1	时间	无功负荷变化很有规律，在全天24小时内重负荷及轻负荷分别集中在一个或几个时间段中。	可选用
2	电压	无功负荷变化没有规律，在全天24小时中没有明显的轻负荷时间段。	可选用
3	时间、电压	无功负荷变化没有规律，在全天24小时中有较为明显的轻负荷时间段。	优先选用
4	功率因数	补偿目的主要是为了提高功率因数。 两点或多点补偿，安装在靠近电站处。	尽量少选用
5	电压无功	安装点前后的无功负荷变化比例基本相同。	可选用
6	电站遥控	适用于各种无功负荷变化情况。 电站拥有监控自动化系统	具备条件 优先选用

单杆安装示意图



双杆安装示意图

