

# 宁夏工商职业技术学院

## 课程设计论文

题目：XX 机械厂变电所的电气设计

系 别          机电工程系          

学 号  

姓 名          X    X    X          

指导教师  包慧琴    李致远  

成 绩  

---

---

2010 年 12 月 10 日

## 摘要

变电站是电力系统的重要组成部分，是联系电厂和负荷用户的中间环节，是电网中线路的枢纽。如果工厂电能供应突然中断，就会对工业生产造成严重的不良后果。甚至可能发生重大的设备损坏或人员伤亡事故。因此，变电所保证工厂正常有序地供电，具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。

本文以电力系统相关理论知识为基础，以工厂供电为指导，根据所给某冶金机械制造厂的原始资料对其变电站的电气部分进行设计。

本文共分为九章，第一章为绪论，主要讲述了论文的背景、意义、研究方法和变电站设计的主要内容；第二章主要根据所给原始资料对本厂负荷进行了详细的计算，从而总降压变电所的位置；第三章，根据负荷的重要性的和负荷的大小对变压器进行选择，在高压侧对全厂进行无功补偿；第四章为主接线的选择；第五章为短路电流的计算；第六章对电气设备进行选择 and 校验。第七章对继电保护的配置、整定及校验。第八章根据本厂的自然条件与后期的安装设计，对全厂的负荷进行防雷及接地保护。在第九章中，得出了整篇论文的结论。在论文的最后附上设计的图纸。

**关键词：**变电站，负荷计算，短路计算，继电保护

# 目 录

第1章 绪论	1
1.1 论文的背景及意义	1
1.2 课题的研究方法	1
1.3 变电站设计的主要内容	1
1.4 原始资料	2
1.4.1 工厂生产任务及车间组成	2
1.4.2 供用电协议	2
第2章 负荷计算	4
2.1 计算负荷的概念	4
2.2 用需要系数法确定计算负荷	4
2.2.1 需要系数法基本公式	4
2.3 各车间或用电设备的负荷计算	5
2.3.1 NO. 1-NO. 5 变电所 380V 负荷计算	5
2.4 配电所所址的选择	8
2.4.1 变电站位置确定的原则	8
2.4.2 负荷中心的确定	9
2.4.3 负荷中心的确定	10
第3章 变压器的选择与无功补偿	13
3.1 变压器的选择	13
3.1.1 工厂总降压变电所供配电电压的选择	13
3.1.2 变压器的损耗计算	13
3.3 无功补偿	16
3.3.1 无功补偿的意义	16
3.3.2 无功补偿容量的计算	17
第4章 主接线的选择	19
4.1 主接线设计的要求	19
4.2 主接线的基本形式	19
4.3 主接线的选择	20
4.3.1 总降压变电所高压侧主接线的选择	20
4.3.2 总降压变电所低压侧主接线的选择	21
第5章 短路电流的计算	22
5.1 短路电流计算的目的	22
5.2 短路电流计算的方法和步骤	22

5.3 短路电流计算.....	24
第6章 电气设备的选择.....	31
6.1 电气设备选择与校验的条件.....	31
6.2 各类一次设备的选择.....	31
6.2.1 断路器的选择.....	31
6.2.2 电流互感器的选择.....	34
6.2.3 电压互感器的选择.....	36
6.2.4 熔断器的选择.....	37
6.2.5 隔离开关的选择.....	38
6.3 母线及导体的选择.....	39
6.3.1 导体选择的条件.....	39
6.3.2 母线的选择.....	41
6.3.3 导体的选择.....	43
第7章 继电保护的配置与校验.....	49
7.1 变压器保护的配置.....	49
7.1.1 变压器保护的种类.....	49
7.1.2 变压器的保护.....	50
7.2 线路的保护.....	53
7.2.1 线路保护的主要类型.....	53
第8章 变电站的防雷与接地.....	57
8.1 防雷保护的配置.....	57
8.2 接地装置的设计.....	57
第9章 结论.....	58
致谢.....	69
参考文献.....	60
附录1 电气主接线图.....	61

# 第一章 绪论

## 1.1 论文的背景及意义

变电站是电力系统的一个重要组成部分,是联系发电厂和用户的中间环节,是电网中线路的连接点。变电所在确保工厂正常供电中起到关键性作用。如果工厂电能供应突然中断,就会对工业生产造成严重的不良后果,甚至可能发生重大的设备损坏或人员伤亡事故。因此,变电所保证工厂正常有序地供电,具有十分重要的意义。作为电能传输与控制的枢纽,变电站必须改变传统的设计和控制模式,才能适应现代电力系统、现代化工业生产和社会生活的发展趋势。

随着经济的发展和现代工业建设的迅速崛起,电力系统的供配电设计更加完善,生产中用电量的急速增长,对供电质量、可靠性指标日益提高,供配电的设计也面临新的挑战。设计的合理性不仅直接影响建设方案、运行费用和原始材料的消耗量,也对运行的可靠性和安全生产起到至关重要的作用。因此做好工厂供电设计工作对于发展工业生产、实现工业现代化,具有十分重要的意义<sup>[2]</sup>。

## 1.2 课题的研究方法

在分析给定系统资料的基础上,要结合基本理论的系统性与实用性,围绕供电技术的基本理论来确认工程设计的方法。对论文每一步都一定要遵循国家的线性技术标准和设计规范来设计。变电所进行电气部分初步设计,包括短路电流的计算,电气设备的选择,电气主接线方式的确定,继电保护和防雷保护,并用 Auto CAD 绘制设计图纸。

## 1.3 变电站设计的主要内容

供电系统的设计是根据电力用户所处地理环境、地区供电条件、工程设计所提供的负荷资料进行的。其基本内容有以下几方面<sup>[3]</sup>:

- a.分析并确定本所电气主接线;
- b.计算负荷和无功补偿
- c.主变电所的所址和形式的确定;
- d.选择主变压器的台数和容量;
- e.计算短路电流;
- f.电气设备选择;选择变压器回路、出线回路的导体规格,选择主母线、电缆;

# 第1章 负荷计算

## 2.1 计算负荷的概念

在选择电力系统中各个电器元件时，最重要就是满足负荷电流的要求。因此必须要对电力系统各个负荷回路进行科学的计算和统计。

计算负荷是通过负荷统计求出的。用来按发热条件选择电力系统中各个电气元件的额定电流、额定功率的负荷值。有功负荷表示为 $P_{30}$ ，无功计算负荷表示为 $Q_{30}$ ，计算电流表示为 $I_{30}$ 。这是因为计算负荷基本上与从实际负荷曲线上查得的半小时（即30min）最大负荷相当 $P_{30}$ 相当。

正确确定计算负荷意义重大。计算负荷的大小直接影响设备和导线选择得是否经济合理。若计算负荷偏大，将使设备和线路选的偏大，造成投资和金属的浪费。若计算负荷偏小，又可能使设备和导线在过负荷下运行，造成损耗，产生过热，导致绝缘过早老化甚至毁坏<sup>[4]</sup>。

## 2.2 用需要系数法确定计算负荷

目前普遍采用需要系数法确定计算负荷。需要系数法是世界各国均普遍采用的确定负荷计算的基本方法，运算简单方便。

### 2.2.1 需要系数法基本公式

$$P_{30} = k_d P_e \quad (2-1)$$

$$Q_{30} = P_{30} \tan \varphi \quad (2-2)$$

$$S_{30} = P_{30} / \cos \varphi \quad (2-3)$$

$$I_{30} = S_{30} / \sqrt{3} U_N \quad (2-4)$$

式中： $P_{30}$ 为有功计算负荷； $Q_{30}$ 为无功计算负荷； $S_{30}$ 为视在计算负荷； $I_{30}$ 为计算电流； $k_d$ 为需要系数<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 同时系数

各组用电负荷不会同时出现，在计算总有功负荷和无功负荷，在确定具有多条负荷

出线的干线的负荷，或低压母线上的负荷时，分别乘以一个小于 1 的同时系数。即：

$$P_{30} = k_{\sum P_i} \times \sum P_{30.i} \quad (2-5)$$

$$Q_{30} = k_{\sum Q_i} \times \sum Q_{30.i} \quad (2-6)$$

## 2.3 各车间或用电设备的负荷计算

### 2.3.1 NO.1-NO.5 变电所 380V 负荷计算

经原始资料分析，变电站 2 的负荷即简洁有具有代表性，因此选取变电站 2 为例作详细的负荷计算。

铸铁车间：

$$P_{30} = K_d P_e = 0.35 \times 200 = 70KW$$

$$Q_{30} = P_{30} \tan \alpha = 70kw \times 1.02 = 71.4kvar$$

$$S_{30} = \frac{P_{30}}{\cos \varphi} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} = \sqrt{70^2 + 71.4^2} = 100kva$$

$$I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}UN} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 380V} = 152A$$

照明：  $P_{30} = K_d P_e = 0.8 \times 5 = 4KW$

$$Q_{30} = P_{30} = 4KVA$$

$$I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}UN} = \frac{4}{\sqrt{3} \times 0.22} = 0.508A$$

∴总计：  $P_{30} = P_{30 \text{照}} + P_{30 \text{动}} = 70kw + 4kw = 74kw$

$$Q_{30} = Q_{30 \text{照}} + Q_{30 \text{动}} = 71.4kvar + 0 = 71.4knar$$

$$S_{30} = S_{30 \text{照}} + S_{30 \text{动}} = 100kva + 4kvA = 104KVA$$

$$I_{30.2} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}UN} = \frac{71.4}{\sqrt{3} \times 0.22} = 108.33A$$

为使计算结果简单明了，以下计算以表格的形式给出，各车间负荷统计情况见表 2-1。

表 2-1 各车间 380V 负荷表

厂房名称						tanφ	计算负荷



厂房 编号	负荷类 别	设备容 量/KW	需要系 数 $K_d$	功率因 数 $\cos\varphi$			$P_{30}$	$Q_{30}$	$S_{30}$	$I_{30}$
							(kW)	(kvar)	(kVA)	(A)
1	铸造车间	动力	200	0.35	0.7	1.02	70	71.4	100	156.2
		照明	5	1	1	0	4	0	4	10.5
2	锻压车间	动力	230	0.25	0.65	1.17	57.5	67.28	88.46	134.5
		照明		1	1	0	7	0	7	18.42
3	金工车间	动力	300	0.2	0.65	1.17	60	70.2	92.31	140.3
		照明		1	1	0	6.4	0	6.4	16.84
4	工具车间	动力	250	0.3	0.6	1.33	75	99.75	125	189.5
		照明		1	1	0	7.2	0	7.2	18.93
5	电镀车间	动力	250	0.5	0.8	0.75	125	93.75	156.25	237.5
		照明		1	1	0	8.4	0	4.8	12.13
6	热处理车 间	动力	200	0.5	0.8	0.75	100	75	125	96.7
		照明		1	1	0	4.8	0	4.8	10.53
7	装配车间	动力	150	0.3	0.17	1.02	45	45.9	64	93.6
		照明		1	1	0	4	0	4.8	12.63
8	机修车间	动力	200	0.2	0.65	1.17	40	46.8	64.2	106.4
		照明		1	1	0	4.8	0	4	4.21
9	锅炉房	动力	80	0.7	0.8	0.75	56	42	61.53	106.4
		照明		1	1	0	1.6	0	4.8	4.21
10	仓库	动力	50	0.7	0.8	1.17	3.5	40.95	70	81.91
		照明		1	1	0	1.6	0	1.6	4.21
11	生活区	照明	250	0.7	0.9	0	175	0	175	266
12	小计 ( $K_{\Sigma}=0.9$ )						796.23	587.73	1112.4	1538.0

## 二级负荷计算

二级负荷车间包括铸造车间、电镀车间和锅炉房，我们可以根据需要系数法计算各

车间的有功功率、无功功率、容量与工作电流。

1. 铸造车间计算负荷为:

$$P_{30} = K_d \times P_e = 200 \times 0.35 = 70 \text{ kW}$$

$$Q_{30} = P_{30} \times \tan \varphi = 71.4 \text{ k var}$$

$$S_{30} = P_{30} / \cos \varphi = 100 \text{ kVA}$$

$$I_{30} = S_{30} / \sqrt{3} U_N = 156.2 \text{ A}$$

2. 铸铁车间 6KV 侧需配备两台工频炉, 各计算负荷为:

$$P_{30} = K_d \times P_e = 57.5 \text{ kW}$$

$$Q_{30} = P_{30} \times \tan \varphi = 67.28 \text{ k var}$$

$$S_{30} = P_{30} / \cos \varphi = 88.46 \text{ kVA}$$

$$I_{30} = S_{30} / \sqrt{3} U_N = 134.5 \text{ A}$$

3. 铆焊车间和空压站 6KV 侧需配备两台空压机, 各计算负荷为:

$$P_{30} = K_d \times P_e = 56 \text{ kW}$$

$$Q_{30} = P_{30} \times \tan \varphi = 42 \text{ k var}$$

$$S_{30} = P_{30} / \cos \varphi = 61.53 \text{ kVA}$$

$$I_{30} = S_{30} / \sqrt{3} U_N = 106.4 \text{ A}$$

计算所得工厂各车间负荷统计情况见表 2-2。

表 2-2 各车间 6kV 负荷结果表

序号	高压设备名称	设备容量 (kW)	K <sub>d</sub>	cos φ	tan φ	计算负荷			
						P <sub>30</sub> (kW)	Q <sub>30</sub> (kvar)	S <sub>30</sub> (kVA)	I <sub>30</sub> (A)
1	锻造车间	200	0.35	0.7	1.02	70	71.4	100	156.2

2	电镀车间	230	0.2 5	0.65	1.17	57.5	67.28	88.46	134.5
3	锅炉房	80	0.7	0.8	0.75	56	42	61.53	106.4
小计	小计 (K <sub>Σ</sub> =0.9)					165.15	152.61	224.99	1622.61

## 2.3 380V 总负荷的计算

380V 侧总负荷：

∴总计：

$$P_{30} = k_{\sum P_i} \times P_{30} = 165.15 \text{kw}$$

$$Q_{30} = k_{\sum Q_i} \times Q_{30} = 152.61 \text{k var}$$

## 2.4 配电所所址的选择

### 2.4.1 变电站位置确定的原则

变电所所址的选择按照国家有关标准和规范，应根据下列要求，选择确定：

- 靠近负荷中心；
- 节约用地，尽量少占耕地及经济效益高的土地；
- 与实际情况相协调，以便线路的引入和引出；
- 交通运输方便；
- 远离有腐蚀性气体或多尘多水的场所，若无法避开，应有相应的保护措施；
- 具不宜设在易爆、有火灾危害的环境附近；
- 应考虑变电所与周围环境、附近设施的相互影响。

工厂或车间的负荷中心的确定的方法有两种：一是负荷指示图法，二是按负荷功率矩法确定；本论文综合全厂负荷状况，选择后一种方法进行计算<sup>[1]</sup>。

### 2.4.2 负荷中心的确定

负荷功率矩法的基本原理是根据负荷的位置建立合理的直角坐标系，标出相应的负荷的直角坐标，再仿照求重心的方法求得负荷中心<sup>[1]</sup>。

设有负荷  $P_1$ 、 $P_2$  和  $P_3$ ，他们在任选的的直角坐标系中的坐标分别为  $P_1 (x_1, y_1)$ 、 $P_2 (x_2, y_2)$  和  $P_3 (x_3, y_3)$ 。现假设总负荷  $P = \sum P_i = P_1 + P_2 + P_3$  的负荷中心位于坐标  $P (x, y)$

处，则仿照力学中的力矩方程可得：

$$x \sum P_i = P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 \quad \text{即}$$

$$x = \frac{\sum (P_i x_i)}{\sum P_i} \quad (2-7)$$

$$y \sum P_i = P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3 \quad \text{即}$$

$$y = \frac{\sum (P_i y_i)}{\sum P_i} \quad (2-8)$$

由此可求得负荷中心的坐标为  $(\frac{\sum (P_i x_i)}{\sum P_i}, \frac{\sum (P_i y_i)}{\sum P_i})$ 。

### 2.4.3 负荷中心的确定

变电所的形式有很多种，优点各异。户外式配电装置具有运行维护方便，占地面积少、投资少等优点，而屋内式配电装置安装方便、运行可靠，故本设计总降压变电所 35kV 侧采用屋外式配电装置，变压器放置于露天。

根据各车间的地理位置，车间建筑物结构、周围环境和车间负荷等情况，本设计详细考虑了各个车间的变电所形式。

根据原始资料，本厂的主要负荷主要包括铸造车间、电镀车间、锅炉房等十一回用电负荷。

下面，根据原始资料给给出的全厂总平面布置图中负荷安装位置建立合理的坐标系，可得出各个车间及用电设备的坐标分别如下表所示：

表 2-3 各负荷对应坐标表

车间或用电单位名称	在坐标系中对应的点	横坐标 X	纵坐标 Y	有功计算负荷 Pi (kw)
铸造车间				
锻压车间				
金工车间				
工具车间				
电镀车间				

热处理车间				
装配车间				
机修车间				
锅炉房				
仓库				

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{17} P_i x_i}{P_{\Sigma}} = \quad y = \frac{\sum_{i=1}^{17} P_i y_i}{P_{\Sigma}} =$$

因此可得出变电站的位置大致为（            ）。

根据所得的负荷中心，以及综合考虑全厂的负荷情况，可以确定主降压变电所的位置，见图 2-1 所示：

图 2-1 工厂高压配电系统示意图

## 第 3 章 变压器的选择与无功补偿

### 3.1 变压器的选择

变压器的选择主要包括容量、台数、相数、绕组数、冷却方式、调压方式的选择。一般正常环境的变电所，可以选用三相油浸式双绕组变压器<sup>[5]</sup>。国标 GB1094.1~1094.5-1996~2003《电力变压器》规定，选择型号时要优先选择 R10 容量系列。推广用低损耗变压器，例如 SL7、S7、S9 等系列变压器。在多尘或有腐蚀性气体严重影响变压器安全运行的场所，应选用 S9-M、S11-M、R 等系列全密封式变压器。多层或高层建筑内的变电所，选用 SC9 等系列环氧树脂注干式变压器或 SF6 充气型变压器。<sup>[3]</sup>

根据本论文给出的条件我们可以选用 SC 系列干式变压器。

#### 3.1.1 工厂总降压变电所供配电电压的选择

而对于 380V 的 11 个车间，分别根据容量来选择 380V 的变压器。

#### 3.1.2 变压器的损耗计算

变压器是一种能量转换装置，在能量转换过程中必然产生损耗。变压器的有功损耗

可以分为铁损耗和铜损耗<sup>[6]</sup>。变压器的铁损耗即铁芯中的有功功率损耗，就是主磁通在铁心中引起的磁滞损耗和涡流损耗。变压器的铜损耗即有负荷的情况下变压器一、二次绕组中的有功功率损耗。我们可以同过查询变压器参数得到空载损耗和短路损耗，也就是铁损耗和铜损耗<sup>[4]</sup>。

有功功率损耗公式：

$$\Delta P_t \approx \Delta P_0 + \Delta P_k \beta^2 \quad (3-1)$$

式中： $\Delta P_0$ 为空载损耗， $\Delta P_k$ 为负载损耗， $\Delta P_t$ 为有功功率损耗， $\beta$ —变压器的负荷率。

变压器的无功损耗也由两部分组成，一是用来产生主磁通的一部分无功功率，用 $\Delta Q_0$ 表示。只与绕组电压有关，与负荷无关。二是额定负荷下消耗在变压器绕组的电抗上的无功功率，用 $\Delta Q_n$ 表示。

有功功率损耗公式：

$$\Delta Q_T \approx S_N \left[ \frac{I_0 \%}{100} + \frac{U_K \%}{100} \beta^2 \right] \quad (3-2)$$

式中： $I_0\%$ 为空载电流， $U_0\%$ 为短路阻抗。

S7 和 S9 等型号的电力变压器的功率损耗可以按照下列的公式近似计算。

$$\Delta P_T = 0.005 S_{30} \quad (3-3)$$

$$\Delta Q_T = 0.01 S_{30} \quad (3-4)$$

### 3.2 380V 车间变压器的选择

车间变电所变压器选择的原则与总降压变电所基本相同。在保证供电质量的同时尽量减少投资运行费用，从而达到经济性的要求。

车间变电所台数的选择，对于二、三类负荷，变电所只需要设置一台变压器。其容量大于最大视在计算功率。同时，为保证供电可靠性，可以从其他车间变电所的低压母线上拉取备用电源，不仅在变压器故障的情况下可以正常运行，在分段母线发生故障的时候也可以保证供电的可靠性。对于一二级负荷较大的车间，才用两回线两台变压器并列运行，其容量选择与主变的选择相同<sup>[5]</sup>。

#### 1. NO.1 变电所变压器的选择

已知  $S1=1112.4\text{KVA}$ ，根据原始资料可知工厂的部分负荷为二类负荷，且为保证供电可靠性，选择两台变压器供电，因此必须同时满足一下两个条件：

每台变压器单独工作时必须能够承担全变电所 70%的负荷，即：

$$S_{NT1} = 0.7S_1 = 0.7 \times 1112.4 = 778.68kVA$$

当一台变压器故障时，另一台必须能为全部一类及二类负荷供电，根据本厂的实际情况，铸造车间、锻压车间和锅炉房为二类负荷。即：

$$S_{NT2} = 224.99KVA$$

所以变压器容量必须同时满足如下两个条件：

$$S_{NT} \geq S_{NT1}$$

$$S_{NT} \geq S_{NT2}$$

$\Delta P_0 = 1.4KW$ ；  $\Delta P_K = 7.5KW$ ；  $I_0\% = 0.8$ ；  $U_0\% = 4.5$ ；

计算每台变压器的损耗：

$$\Delta P_T = 0.015S_{30} = 0.015 \times 778.68 = 11.8302kw$$

$$\Delta Q_T = 0.06S_{30} = 0.06 \times 778.68 = 46.7208k \text{ var}$$

表 3-2 S9 系列铜线配电变压器的主要技术数据<sup>[7]</sup>

项目容量 (kVA)	电压组合 (kV)		联结组标号	空载电流 (%)	短路阻抗 (%)	空载损耗 (W)	负载损耗 (W)
	高压	低压					
80	10.5	0.4	Dyn11	1.8	4	0.18	1.25

### 3.3 无功补偿

#### 3.3.1 无功补偿的意义

无功功率平衡是保证电力系统电压质量的基础。有效的电压控制和合理的无功补偿不仅可以保证供电质量，同时能提高电力系统运行的安全性、经济性和稳定性<sup>[8]</sup>。

电力系统的无功电源与无功负荷，在各个正常运行以及故障运行时，都应实行分层分区、就地平衡的原则，并且无功电源都应该具备灵活的调节能力，以及一定的检修备用容量和事故备用容量<sup>[4]</sup>。

在工厂中大多数的设备为电感性设备，从原始资料表里便可看出大多数的功率因数较低，无法满足供电部门对工厂的要求。因此必须对负荷进行无功补偿，提高功率因数。在 10kV 配电线路上，并联电容器的容量不可以过大，一般都为变压器总容量的 5%~10%



。无功补偿的设备包括并联电容器、并联电抗器、同步调相机以及静止无功补偿装置。由于并联电容器具有安装简单、运行维护方便、有功损耗小以及组装灵活、扩容方便等优点，因此本设计选用并联电容进行无功补偿。按照原始资料的要求，本厂的功率因数应该达到 0.9 以上。

### 3.3.2 无功补偿容量的计算

无功补偿的计算公式：

$$Q_c = P_{30}(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (3-5)$$

式中： $P_{30}$  为有功计算功率， $\tan_1 \varphi$  为补偿之前的功率因数对应的正切值， $\tan_2 \varphi$  为补偿之后的功率因数对应的正切值<sup>[3]</sup>

∴总计：

$$P_{30} = k_{\sum P_i} \times P_{30} = 796.23kW$$

$$Q_{30} = k_{\sum Q_i} \times Q_{30} = 587.73k \text{ var}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_{30}}{S_{30}} = 71.5\% \text{ 则 } \tan \varphi_1 = 0.71$$

考虑到安装方便，决定再 10kV 侧进行无功补偿。由该厂的负荷计算表可知，所有负荷归算到 10kV 侧的视在有功负荷为 796.23kW，无功计算负荷为 1112.4kvar。则功率因数为 0.71。按规定，变电所高压侧的功率因数应高于 0.9 考虑到变压器本身的无功功率损耗  $\Delta Q_T$  远大于其有功功率损耗  $\Delta P_T$ ，因此在进行无功补偿时，补偿后的功率因素应略高于 0.90，这里取  $\cos \varphi_2 = 0.93$ 。

$$\cos \varphi_2 = 0.93 \text{ 则 } \tan \varphi_2 = 0.395$$

$$Q_c = P_{30}(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 796.23 \times (0.71 - 0.395) = 254.7636kVA$$

$$\text{取 } Q_c = 255kVA$$

则补偿后的视在功率为：

$$S = \sqrt{P_{30}^2 + (Q_{30} - Q_c)^2} = 862.96kVA$$

本文采用并联电容器补偿，且补偿在 10kV 侧，即在 10kV 母线上装设 20 个型号为 BWF6.3-120-1 (额定容量为 120kVar) 的并联电容补偿器。

### 3.4 10kV 变压器的选择

主变压器台数应根据负荷和经济性的要求进行选择。当符合下列条件之一时，宜装设两台以上主变压器。

- a. 有大量一级或二级负荷
- b. 工厂有大量冲击负荷（高压电动机或电弧炉）
- c. 工厂负荷不均衡，昼夜负荷或季节负荷变化比较大
- d. 分期建设的企业，为节省投资，分期投入，以达到经济性的效果<sup>[5,9]</sup>

本机械厂最大视在功率达到 800kVA，且部分属于 2 级负荷，应装设 2 台变压器。

由于本厂有 1 回 10kV 进线，即有一个进线电源，如果采用 2 台变压器，则能满足供电可靠性、灵活性的要求。若为节省投资而仅装设 1 台变压器，一旦出现 1 台主变故障，将会造成全厂失压从而造成巨大的损失。为避免这种情况的出现，充分利用双电源的作用，选择安装 2 台主变。

根据负荷计算书可知，补偿后全厂总负荷为 862.96kVA，所以应选择两台容量为 1000kVA 的变压器即 S9-6300/35，参数如下：

表 3-3 10kV 1000kVA S9 系列双绕组压变压器技术参数<sup>[1]</sup>

项目 容量 (kVA)	电压组合			联结组 标号	空载电 流 (%)	短路阻 抗 (%)	空载损耗 (kW)	负载损耗 (kW)
	高压 (kV)	高压分接范 围 (%)	低压 (kV)					
1000	10	±5%	0.4	Yyn0				

## 第 4 章 主接线的选择

### 4.1 主接线设计的要求

电气主接线图即主电路图，是表示电力系统中电能输送和分配方式的电路图。工厂配电对主接线的基本要求，概括的说包括安全性、可靠性、灵活性和经济性<sup>[10,11]</sup>。

**安全性：**主接线的设计应按照国家标准和技术规范的要求，充分保证人身及设备的安全。

**可靠性：**可靠性是指在保护范围以内发生故障时，继电保护装置应能可靠的动作，以切除故障，在保护范围之外的故障不或者系统正常运行时不误动。电气主接线必须保

证用户供电的可靠性。

经济性：在设计过程中，主要矛盾发生在经济性与可靠性之间。通常在保证可靠性的同时尽量减小投资。经济性主要包括：最少的投资、最低的年运行费和最小的电能损耗。

灵活性：电气主接线能适应各种运行状态，并可以在各种运行方式之间灵活切换。主要要求包括重要操作方便、调度方便和扩建方便<sup>[4]</sup>。

## 4.2 主接线的基本形式

主接线按照其汇流母线分可分为有汇流母线型和无汇流母线型。其中，有汇流母线的包括单母线接线、单母线分段、单母线分段带旁路母线接线、双母线接线、双母分段接线、双母线带旁路母线接线、3/2 断路器接线、3/4 台断路器接线等。无母线类型，如桥式、角形、单元接线等<sup>[12]</sup>。

单母线接线：具有接线简单清晰、设备少、投资相对小、运行操作方便，易于扩建等优点，隔离开关仅在检修电气设备是作隔离作用，不做倒闸操作，从而减少了误操作事故。但可靠性和灵活性较差，电源只能并列运行，母线或隔离开关检修时所有回路都停电，且发生短路时，回路中短路电流较大，适用于出线负荷少、没有重要负荷的场合<sup>[14]</sup>。

单母线分段接线：具有单母线的优点，根据电源数目和功率，母线可分为 2~3 段，段分的越多停电范围随之降低，但使用的断路器及隔离开关的数目也随之增多，加大了投资，其配电装置和运行方式也相对复杂，所以段不宜分的过高。相对比与单母线接线，此接线方式可靠性和灵活性相对有所提高。适用于小容量发电厂的发电机配电装置，且每段母线的出线不多于 5 回；<sup>[15]</sup>。

单母线带旁路母线接线：在单母线分段的基础上又增加了旁路母线、专用断路器和两个旁路回路隔离开关。各出线回路与旁路母线相连接。从而在检修任意断路器时可以不中断该回路的供电，可靠性大大的提高，同时投资也相对加大，经济性降低<sup>[13]</sup>。

双母线接线：双母线接线是指工作线、电源线和负荷出线通过断路器隔离开关连接到两条母线上，两组母线都是工作线，互为备用。与单母线相比，双母线接线供电可靠、检修方便。当一组母线故障时，只要将故障母线上的回路倒换到另一组母线，即可迅速恢复供电，减小停电范围。调度灵活，便于扩建。但使用设备多，配电装置复杂，经济性差。操作复杂，容易发生误操作，增大故障概率，不便实现自动化；

双母线带旁路接线：双母线带旁路接线就是在双母线接线的基础上，增设旁路母线，当母线或断路器检修时，仍能继续供电；但旁路的倒闸操作比较复杂，增加了误操作机会，也使保护及自动化系统复杂，投资费用较大。

双母线分段带旁路母线接线：双母线分段带旁路接线就是在双母线带旁路接线的基础上，在母线上增设分段断路器。它具有双母线带旁路的优点，但投资较大，设备占地间隔较多。接线原则为：当设备连接的进出线总数为 12~16 回时，在一组母线上设置分段断路器；当设备进出线总数为 17 回时及以上时，在两组母线上设置分段断路器<sup>[13]</sup>。

内桥接线：内桥接线的桥断路器装设在两回路进线断路器内侧，像桥一样将两条回路链接在一起。该接线方式的特点是需用断路器和其它设备少，占地面积和所需投资相对较少，运行灵活性相对较好，供电可靠性高。可用于一二级负荷的工厂，同时适用于输电线路较长，故障机率较高，而变压器又不需经常切换时采用。

外桥接线：内桥接线的桥断路器装设在两回路进线断路器外侧。该接线方式的特点是需用断路器和其它设备少，占地面积和所需投资相对较少，经济性比较好。运行的灵活性和供电的可靠性也较好。但内桥式的使用范围不同。适用于较短的输电线路，故障机率相对较低，而变压器又需经常切换的情况<sup>[5]</sup>。

### 4.3 主接线的选择

#### 4.3.1 总降压变电所高压侧主接线的选择

从原始资料可知工厂的高压侧进线为 35kV 等级 2 回，其中一回架空线路作为工作电源，另一回线路作为备用电源，两个电源不并列运行，且线路只有 8km。因此将可供选择的方案有外桥接线和单母线接线，下面以表格的方式进行比较，综合选择。

表 4-1 主总降压变电所高压侧主接线的比较<sup>[5]</sup>

接线方式	单母线接线	外桥接线
可靠性	可靠性相对较低	可靠性高
灵活性	调度灵活，方便扩建	操作简单、不方便扩建
经济性	占地面积大、增加了一条母线的投资	占地面积少、增加一台断路器和两台隔离开关的投资
说明	根据本厂的实际情况进线仅有 1 回，扩建可能性很小，本厂特点输电线路仅 10km，出现故障的机率相对较低，综合考虑三方面的因素，选择可靠性高而经济性稍差的外桥的接线方式。	

### 4.3.2 总降压变电所低压侧主接线的选择

由于本厂低压侧的负荷共 回，负荷部分为二类负荷。以及便于日后馈线的扩建，决定选择有汇流母线的接线方式。因此将可供选择的方案有单母线分段接线和单母线分段带旁路母线的接线，下面以表格的方式进行比较，综合选择。具体方案论证如下：

表 4-2 总降压变电所低压侧主接线的比较<sup>[5]</sup>

接线方式	单母线分段接线	单母线带旁路母线的接线
可靠性	母线故障和检修时缩小了停电范围	检修任意断路器时可以不中断该回路的供电，可靠性大大的提高
灵活性	调度灵活，方便扩建，重要负荷可从两端分别受电，有利于电源间的相互备用和负荷的合理分配	与单母线分段相比，倒闸复杂，容易误操作，增加故障概率
经济性	与带旁母的单母分段相比，所用设备较少占地面积小	单母线分段的基础上增加了旁路母线、专用断路器和两个旁路回路隔离开关，且增加了占地面积
说明	根据本厂的实际情况，本厂低压侧的负荷共 回，负荷部分为二类负荷，综合考虑三方面的因素，选择可靠性稍低但是经济性和灵活性都较好的单母线分段接线。同时从其他车间变电所的低压母线上拉取备用电源，提高供电的可靠性。	

通过以上各步骤的设计，可以得出完整的变配电所主接线图，主接线图见附录。

## 第 5 章 短路电流的计算

### 5.1 短路电流计算的目的

供电系统要求对负荷可靠的地不间断地进行供电，以保证工厂生产和生活的正常进行。因此，在设计中不仅要考虑正常运行状态，还要考虑可能发生的故障以及非正常运行状态。短路是系统中最长出现的故障，同时也是危害最大的故障。短路就是指不同电位的导电部分包括导电部分对地之间的低阻性短接<sup>[5]</sup>。

短路后，系统中的短路电流比正常运行时的负荷电流大得多。在大电力系统中，短路电流可达几万安甚至几十万安。如此大的电流引起的非正常的热效应和力效应会使线路中的器件受到损害。由于短路时系统的电压骤降，严重影响电气设备的正常运行<sup>[4]</sup>。

由此可见，短路的危害是很大的，因此必须设法消除可能引起短路的一切因素。同时还需要进行短路电流计算，以便正确地选择电气设备，满足短路电流的动稳定性和热

稳定性，采取限制短路电流的措施，从而完全消除或减轻短路电流的危害。

进行短路电流计算时必须考虑系统的最大运行方式和最小运行方式。最大运行方式下，系统的阻抗值最小，短路电流最大，作为选择电气设备型号的依据和继电保护装置整定计算的依据。最小运行方式下，系统的阻抗最大，短路电流最小，作为继电保护中灵敏度校验的依据<sup>[2]</sup>。

综上所述，短路电流的目的是为电气设备选择和继电保护的配置提供依据。

在三相运行的系统中，短路的形式有：三相短路、两相短路、单相短路以及两相接地短路。三相短路时，回路短路阻抗相等，因此三条回路的电流也相等，三相短路是对称短路。而其他的故障类型中，电压的幅值和相角都不相同，因此短路是非对称的。在所有的短路形式中，三相短路电流最大，因此对系统和设备的危害最大。在计算中，将以三相短路主要进行计算<sup>[5]</sup>。

## 5.2 短路电流计算的方法和步骤

进行短路电流计算的方法，常用的有欧姆法（有称有各单位制法）和标幺值法（又称相对单位制法）。计算 1kV 以上高压宜采用标幺值法，低压 400V 宜采用欧姆法。标幺值法计算短路电流十分方便，无论计算哪个短路点电抗都不需要折算。故本设计采用标幺值法计算<sup>[5]</sup>。

1、绘制计算电路图、选择短路计算点。计算电路图上应将短路计算中需计入的所有电路元件的额定参数都表示出来，并将各个元件依次编号。短路计算点应选择得使需要进行短路效验的电器元件有最大可能的短路电流通过。

2、设定基准容量  $S_d=100\text{MVA}$  和基准电压  $U_d=U_c$ （短路计算电压，即  $1.05U_N$ ），并计算基准电流。

$$I_d = \frac{S_d}{\sqrt{3}U_d} \quad (5-1)$$

3、计算短路回路中各主要元件的阻抗标幺值（一般只计算电抗标幺值）

(1) 电力系统的电抗标幺值的计算：

$$X_s^* = \frac{S_d}{S_k} = \frac{100\text{MVA}}{S_k} \quad (5-2)$$

式中， $S_k$  为系统出口处断路器的短路容量，单位为 MVA。

(2) 电力线路的电抗标幺值



$$X_L^* = X_0 l \frac{S_d}{U_c^2} \quad (5-3)$$

式中， $U_c$ —线路所在电网的短路计算电压，单位为 kV， $U_c=1.05U_N$ 。

(3) 变压器的电抗标么值的计算：

$$X_T^* = \frac{U_k \% S_d}{100 S_N} \quad (5-4)$$

式中， $U_k\%$ 为变压器的阻抗电压； $S_N$  为变压器的容量。

4、绘制短路回路等效电路，并计算总阻抗。

分别对各短路计算点计算各短路电流  $I_k^3$ 、 $I''^3$ 、 $I_\infty^3$ 、 $I_{sh}^3$ 、短路容量  $S_k^3$  等。

在无穷大容量系统中，存在下列关系：

$$I''^3 = I_\infty^3 = I_k^3 \quad (5-5)$$

高压电路中的短路冲击电流及其有效值，按下列公式近似计算：

$$i_{sh}^3 = 2.25 I''^3 \quad (5-6)$$

$$I_{sh}^3 = 1.51 I''^3 \quad (5-7)$$

三相短路容量按下式计算：

$$S_k^3 = \sqrt{3} U_c I_k^3 \quad (5-8)$$

### 5.3 短路电流计算

1、绘制计算电路图、选择短路计算点。

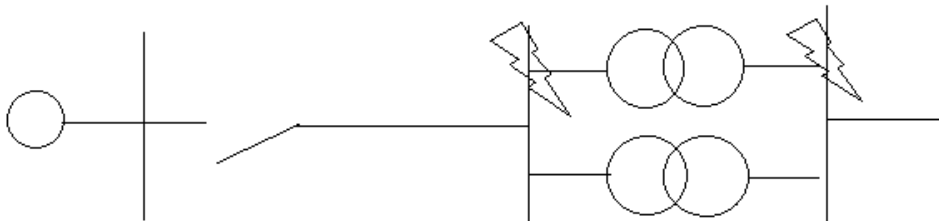


图 5-1 系统电路图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要  
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/258134050074006074>