

第一章 电力生产安全目标及安全体系

第一节 电力系统额定电压及电能质量

一、额定电压

我国规定的电力网和电力设备的额定电压如表 1-1 所示。电力线路的正常工作电压应与所接电力设备的额定电压相等。

表 1-1 交流电力网和电力设备的额定电压

电力网和用电设备的 额定电压 (V)	交流发电机额定电压 (V)	电力变压器额定电压 (V)	
		一次线圈	二次线圈
220	230	220	230
380	400	380	400
3000	3150	3000 及 3150	3150 及 3300
6000	6300	6000 及 6300	6300 及 6600
10000	10500	10000 及 10500	10500 及 11000
	15750	15750	—
35000	—	35000	38500
60000	—	60000	66000
110000	—	110000	121000
(154000)	—	(154000)	(121000)
220000	—	220000	169000
330000	—	330000	242000
500000	—	500000	363000
			550000

但是，从设备制造和运行管理的角度考虑，为保证设备生产的系列性和运行的安全性，不应任意确定线路电压，甚至系统中规定的标准电压等级过多也不利于电力工业的发展。考虑到我国现有的实际情况和进一步的发展，我国国家标准规定的标准化等级（又称额定电压）如表 1-2 所示。

表 1-2 我国规定的标准电压等级

额定电压 (kV)	3 (6)	10	35	110	220	(330)	500

我国电力系统的输电电压等级，除西北电网为 330/220/110kV 系列外，其他都采用 500/220/110kV 系列。超高压 500kV 系统主要用于大电力长距离输送和跨省联络线，并正在逐步

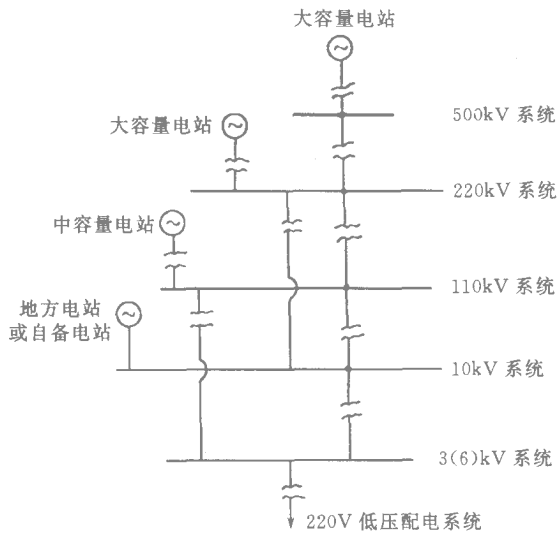


图 1-1 电力系统电压分层结构示意图

形成跨省互联的骨干网络；超高压 220kV 主要形成大输电网的主干网架；110kV 既用于中、小系统的主干线，也用于大电力系统的二次网络；城市配电网目前主要采用 10kV 电压，但随着城市电力需求的增长，配电网的电压升高，形成 110kV 配电网。这种划分不是绝对的，要根据具体情况，经过论证分析后决定。图 1-1 给出了电力系统电压分层示意图。

从表 1-1 可以看出：

(1) 用电设备的额定电压必须与线路的额定电压相等。一般工厂低压配电电压，通常为 380/220V。

(2) 发电机的额定电压高于线路额定电压 5%。这是由于电力线路一般允许的电压偏移是 $\pm 5\%$ ，即整个线路允许 10% 的电压降。为了维持线路的平均电压在额

定值，所以线路首端，也就是发电机的电压应较线路额定电压高 5%，而线路末端的电压则较线路额定电压低 5%。

(3) 电力变压器一次绕组的额定电压，有的高于线路额定电压 5%，有的则与线路额定电压相同。升压变压器因直接与发电机相连，这时它的一次绕组额定电压应与发电机额定电压相同，即高于同级线路额定电压 5%。当变压器不与发电机相连，而是连接在电路上时，这时可把它看成是线路的用电设备。因此，其一次绕组额定电压应与线路额定电压相同。

(4) 电力变压器二次绕组的额定电压，有的高于线路额定电压 10%，有的仅高于线路额定电压 5%。这是因为变压器二次绕组的额定电压是指空载时的电压（一次绕组在额定电压下），而变压器在满载时，它的绕组内有大约 5% 的阻抗电压。因此，如果变压器二次侧的供电线路比较长（如 35kV 以上的高压电网），则变压器二次绕组的额定电压就要比线路额定电压高 10%。其中，一方面要考虑补偿变压器内部 5% 的阻抗压降，另一方面要考虑补偿线路上 5% 的压降。降压变压器二次侧如果供电线路不太长（如为低压电网或直接供电给用电设备），则变压器二次绕组的额定电压只需高于线路额定电压 5%，仅考虑补偿变压器内部压降。

二、电力系统供电质量标准

由于电能和其他能量之间转换方便，宜于大量生产、集中管理、远距离输送，电能在我国国民经济各部门和人民生活中用得越来越广泛，人们对电的需求和依赖程度越来越高，电力部门已成为社会正常生产活动和人们生活必需的最基础的部门之一。因此，电能质量将直接影响到国民经济各部门和人们的生活。

电力系统向用户供电的质量好坏，一般可以由以下三个指标表示：

- (1) 电力连续不断供应的程度。
- (2) 电压维持在规定值的程度。
- (3) 频率维持在规定值的程度。

电力连续不断的供应是电力用户的一个最基本的要求。供电的突然中断将使生产停顿，生活混乱，甚至危及设备及人身安全。它给国民经济带来的损失大于电力系统本身的损失。因此，在电力系统运行中应采取必要的措施，保证持续供电。

具体规定上述指标时，应以用户受益最大为原则。从用户的角度来看，供电质量越高越好。但是供电质量的提高往往伴随着电力系统设备投资的增大，其结果是电力成本将增加。这又会受到资金限制，并使用户的电费负担更重。实际采用的方法是适当协调用户受益和电力设备投资及电费负担之间的关系，规定一个可以接受的范围。衡量供电质量的三项指标必须保持在这一规定范围之内。

电压、频率和波形是衡量电力系统电能质量的三个重要参数。

(一) 频率标准

大多数国家电力系统的额定频率是 50Hz，频率的允许偏差规定为 $\pm 0.1 \sim 0.5\text{Hz}$ 。我国电力系统额定频率是 50Hz，规定的容许偏差是：电网容量在 $3 \times 10^6 \text{kW}$ 及以上者，为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ；电网容量在 $3 \times 10^6 \text{kW}$ 以下者，为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

要求系统频率的偏差值较小，就需随时保持发电厂有功功率和用户有功负荷的平衡。要满足这个条件，电力系统应具有一定的备用容量。

(二) 电压质量

电力网的电压变动幅度不应超过：

- (1) 35kV 及以上供电和对电压质量有特殊要求的用户为额定电压的 $\pm 5\%$ 。
- (2) 10kV 及以下高压供电和低压电力用户为额定电压的 $\pm 7\%$ 。
- (3) 低压照明用户为额定电压的 $+5\% \sim -10\%$ 。

所谓电压变动幅度是指实际电压偏移额定值的大小，一般用相对值表示为：

$$U\% = \frac{\Delta U}{U_N} \times 100\% = \frac{U_2 - U_N}{U_N} \times 100\%$$

式中 ΔU —— 实际电压偏移额定电压的数值；

U_N —— 额定电压；

U_2 —— 实际工作电压。

电压偏离额定值的原因，是由于当负荷电流通过线路、变压器时将产生电压损失，因而使线路的受端电压较送端电压低一定的数值（如 10%）。一般情况下，离电源越近，负荷越小的用户，电压降越小；反之，电压降越大。同一用户的电压，由于用电方式不同，也将随时间不断地变化。因此，有的用户电压合格，有的用户电压不合格；同一用户的电压也有时合格，有时不合格。就用户有功和无功负荷对电压的影响来看，无功负荷在电网中形成的电流流经各级送电设备时，会产生较大的电压降，因而电网中需要就地供给无功功率的电源（补偿电容器或调相机）和带负载调压的设备。

提高电压质量的措施有以下几种：

(1) 为了保持电力系统无功功率和无功负荷平衡，以维持系统的正常电压并减少线损，应装设必要数量的无功补偿设备，即电容器和调相机。

(2) 提高用户的功率因数（力率）。高压供电的工业用户应保持其力率在 0.9 以上，其他用户应保持在 0.85 以上，并尽量减少无功消耗，发挥用户无功补偿设备的潜力。必要时，由用户装设适当数量的电容器。

(3) 采用带负荷调压变压器。根据系统的具体条件，在大容量及重要的变电所中，要采用带负荷调压的变压器。

(4) 装设必要数量的电抗器。

(5) 装设静止无功补偿器。

(三) 三相电压允许不平衡度指标

根据国标《电能质量 三相电压允许不平衡度》规定，三相电压允许不平衡度为：

(1) 电力系统公共连接点正常电压不平衡度允许值为 2%，短时不得超过 4%。电气设备额定工况的电压允许不平衡度和负序电流允许值仍由各自标准规定，例如旋转电机按国标《旋转电机基本技术要求》规定。

(2) 接于公共接点的每个用户，引起该点正常电压不平衡度允许值一般为 1.3% 根据连接点的负荷状况，邻近发电机、继电保护和自动装置安全运行要求，可作适当变动，但必须满足第 (1) 条规定。

(四) 电压波动和闪变允许值指标

根据 GB12326—90 《电能质量 电压允许波动和闪变》规定，电压允许波动和闪变值如表 1-3 和表 1-4 所示。

电力系统公共供电点，由冲击负荷产生的电压波动允许值见表 1-3。

电力系统公共供电点，由冲击功率负荷产生的闪变电压值应满足 ΔU_{10} 或 ΔU_i 的允许值 (ΔU_i 值略)

表 1-3 电压波动允许值

额定电压 (kV)	电压波动允许值 U_i (%)
10 及以下	2.5
35~110	2
220 及以上	1.6

表 1-4 电压允许闪变值

应用场合	ΔU_{10} 允许值 (%)
对照明要求较高的白炽灯负荷	0.4 (推荐值)
一般性照明负荷	0.6 (推荐值)

注 ΔU_{10} 为等效闪变值。电压调幅波中不同频率的正弦波分量的均方根值等效为 10Hz 值的一分钟平均值，以额定电压的百分数表示。

(五) 公用电网谐波指标

根据 GBT14549—93 《电能质量 公用电网谐波》规定，公用电网谐波的允许值如表 1-5 和 1-6 所示。

表 1-5 谐波电压限值 (相电压)

电网标称电压 (kV)	电压总谐波畸变率 (%)	各次谐波电压含有率 (%)	
		奇 次	偶 次
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
66			
110 (220)	2.0	1.6	0.8

表 1-6

谐波电流允许值

标准电压 (kV)	基准短路容量 (MVA)	谐波次数及谐波电流允许值 (A)																								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24	11	12	9.7	18	8.6	16	7.8	8.9	7.1	14	6.5	12	
6	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13	6.1	6.8	5.3	10	4.7	9.0	4.3	4.9	3.9	7.4	3.6	6.8	
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9	3.7	4.1	3.2	6.0	2.8	5.4	2.6	2.9	2.3	4.5	2.1	4.1	
35	250	15	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	5.6	2.6	4.7	2.2	2.5	1.9	3.6	1.7	3.2	1.5	1.8	1.4	2.7	1.3	2.5	
66	500	16	13	8.1	13	5.4	9.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5.0	2.3	2.6	2.0	3.8	1.8	3.4	1.6	1.9	1.5	2.8	1.4	2.6	
110	750	12	9.6	6.0	9.6	4.0	6.8	3.0	3.2	2.4	4.3	2.0	3.7	1.7	1.9	1.5	2.8	1.3	2.5	1.2	1.4	1.1	2.1	1.0	1.9	

注 1. 公共连接点的全部用户向该点注入的谐波电流量 (均方根值) 不应超过表中规定的允许值。

2. 220kV 参照 110kV 执行, 基准容量取 2000MVA。

第二节 电力系统负荷和供电可靠性

一、负荷分类

(一) 电力负荷

电力负荷是指发电厂和电力系统中, 在某一时刻所承担的各类用电设备消费电功率的总和。单位是 kVA, 电力负荷按能量消耗可分为如下几类:

(1) 用电负荷。用电负荷是指用户的用电设备在某一时刻实际取用的功率总和。

(2) 线路损失负荷。电能从发电厂到用户的输送过程中, 不可避免地会发生功率和电能的损失, 与这种损失所对应的发电功率, 叫线路损失负荷。

(3) 供电负荷。用电负荷加上同一时刻的线路损失负荷, 是发电厂对外供电时所承担的全部负荷, 称为供电负荷。但有些大电网在计算供电负荷时, 减去了属于电网调管的高压一次网损, 称为电网的供电负荷, 有的电网把属于地区调管的公用发电厂厂用电负荷也作为地区供电负荷。

(4) 厂用电负荷。电厂在发电过程中要消耗一部分功率和电能, 这些厂用电设备所消耗的功率, 称为厂用电负荷。

(5) 发电负荷。电网对外担负的供电负荷, 加上同一时刻各发电厂的厂用电负荷, 构成电网的全部生产负荷, 称为电网发电负荷。

(二) 按电力系统中负荷发生的时间分类

(1) 高峰负荷。又称最大负荷, 指电网或用户在一天时间内所发生的最大负荷值。为了分析的方便常以小时用电量作为负荷。高峰负荷又分为日高峰负荷和晚高峰负荷, 在分析某单位的负荷率时, 选一天 24h 中最高的一个小时的平均负荷作为高峰负荷。

(2) 低谷负荷。又称最小负荷, 是指电网中某用户在一天 24h 中发生的用电量最少的一小时的平均电量。为了合理用电应尽量减少发生低谷负荷的时间, 对于电力系统来说, 峰、谷负荷差越小, 用电则越趋近于合理。

(3) 平均负荷。是指电网中或某用户在某一确定时间阶段的平均小时用电量。为了分析负荷率, 常用日平均负荷, 即一天的用电量被一天的用电小时来除。为了安排用电量, 做好用电计划, 往往也用月平均负荷和年平均负荷。

（三）用电负荷分类

（1）根据用户在国民经济中所在部分分为四类：工业用电负荷；农业用电负荷；交通运输用电负荷；照明及市政生活用电负荷。

（2）根据突然中断供电所引起的损失程度分为三类。其中：

1）一类负荷。也称一级负荷，是指突然中断供电将会造成人身伤亡或会引起对周围环境严重污染的；会造成经济上的巨大损失，如重要的大型设备损坏、重要产品或用重要原料生产的产品大量报废、连续生产过程被打乱且需长时间才能恢复生产的；会造成社会秩序严重混乱或产生政治上的严重影响的，如重要的交通与通讯枢纽、国际社交场所等的用电负荷。

2）二类负荷。也称二级负荷，是指突然中断供电会造成经济较大的损失，如生产主要设备损坏、产品大量报废或减产、连续生产过程需较长时间才能恢复；会造成社会秩序混乱或在政治上产生较大影响，如交通与通讯枢纽、城市主要水源、广播电视、商贸中心等用电负荷。

3）三类负荷。也称三级负荷，是指不属于上述一类和二类的其他负荷，对这类负荷，突然中断供电所造成的损失不大或不会造成直接损失。

用电负荷的这种分类方法，其主要目的是为确定供电工程设计和建设的标准，保证使建成投入运行的供电工程的供电可靠性能满足生产安全、社会安定的需要。如对于一级负荷的用电设备，应有两个或两个以上的独立电源供电，并辅之以其他必要的保安措施。

（3）根据国民经济各个时期的政策和季节的要求分为三类：优先保证供电的重点负荷；一般性供电的重点负荷；可以暂时限制或停止供电的负荷。

二、供电的可靠性

电力系统（包括电厂、变电所和用户）的各种电气设备、输配电线路，以及这些设备、线路的保护和自动装置，都有可能发生不同类型的故障，从而影响电力系统的正常运行和对用户的正常供电。设备故障是事故停电的主要原因，应当由继电保护和自动装置来控制故障区段，或者由运行人员协助处理，以防止造成大面积停电事故。

（一）电力系统事故的主要形式

（1）电力系统的稳定破坏（各发电机之间不能维持正常运行，系统的电流、电压和功率发生大幅度波动，这种现象叫做电力系统的稳定破坏）。使系统解裂成几个部分，造成几座电厂全部停电，并失去大量负荷。

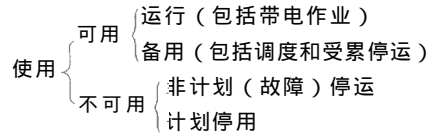
（2）大电源（发电机、变压器、输电线路）突然断开，使全系统或受电地区的电力出现严重不足的现象，频率、电压大幅度下降。

（二）输变电设施可靠性

输变电设施的可靠性是以设施功能为目标，面向设施，在规定的运行条件下，在预定的时间内，完成规定功能的能力。例如断路器的可靠性是指对断路器在规定的运行环境下，在预定的时间内，接通和连续承受正常电流、开断电路正常电流，以及短时承受和切断规定的非正常电流的能力的度量。输变电设施可靠的统计、分析，是深入掌握和评价输变电设施在电力系统中运行状况的主要措施，对改进设备制造、安装质量、工程设计和生产管理等也具有重要意义。

1. 输变电设施分类的状态划分

输变电设施状态划分如下：



其中 使用——设施处于应统计的状态；

可用——设施处于能够完成预定功能的正常状态；

运行——设施与电网相联接，并处于带电的状态；

备用——设施可用，但不在运行状态；

不可用——设施不论由于什么原因引起的不能完成预定功能的状态，在这种状态下，设施必须从系统切除，经过检修才能恢复可用状态；

非计划（故障）停运——设施处于不可用而又不是计划停运的状态，分第 1~4 类非计划停运；

计划停运——大、小修，预试，清扫，改造施工。

2. 输变电设施可靠性指标及其计算公式

(1) 非计划（故障）停运率。其计算公式如下：

$$\begin{aligned} \text{非计划故障停运率} &= \frac{\text{非计划（故障）停运次数 } (FOT)}{\text{统计百台} \times \text{年数}} \quad [\text{次}/(\text{百台} \cdot \text{年})] \\ &= \frac{\text{非计划（故障）停运次数 } (FOT)}{\text{统计百公里} \times \text{年数}} \quad [\text{次}/(\text{百公里} \cdot \text{年})] \end{aligned}$$

(2) 可用系数（ AF ）。其计算公式如下：

$$AF = \frac{\text{可用小时 } (AH)}{\text{统计期间小时 } (PH)} \times 100\%$$

(3) 运行系数（ SF ）。其计算公式如下：

$$SF = \frac{\text{运行小时 } (SH)}{\text{统计期间小时 } (PH)} \times 100\%$$

(4) 强迫停运率（ FOR ）。其计算公式如下：

$$FOR = \frac{\text{强迫停运次数 } (FOT)}{\text{统计台} \times \text{年数 } (UY)} \quad [\text{次}/(\text{台} \cdot \text{年})]$$

(5) 平均连续可用小时（ CSH ）。其计算公式如下：

$$CSH = \frac{\text{统计期间可用小时 } AH}{\text{统计期间计划停运次数 } POT + \text{统计期间非计划停运次数 } UOT} \quad (\text{小时}/\text{次})$$

(6) 暴露率（ EXR ）。其计算公式如下：

$$EXR = \frac{\text{运行小时 } (SH)}{\text{可用小时 } (AH)} \times 100\%$$

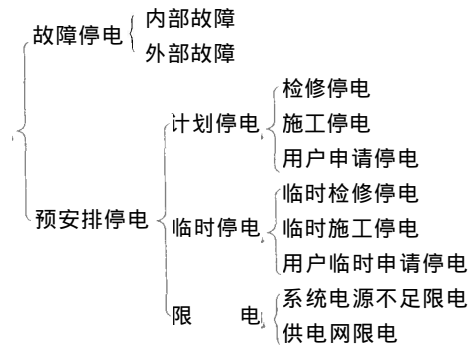
(7) 平均无故障操作次数（ AOT ）。其计算公式如下：

$$AOT = \frac{\text{操作次数 } (OT)}{\text{非计划（故障）停运间隔数 } (IOF)} \quad (\text{次}/\text{间隔})$$

(三) 供电系统用户可靠性

供电系统用户可靠性，直接体现供电系统对用户的供电能力，反映了电力工业对国民经济电能的需求满足程度，是供电系统的规划、设计、基建、施工、设备制造、生产运行、营业服务等方面质量和管理水平的综合体现。

1. 停电性质的分类



2. 供电系统用户可靠性指标及计算公式

供电可靠率(RS_1)为在统计期间内,对用户有效供电时间总小时数与统计期间小时数的比值,其计算公式如下:

$$RS_1 = \left(1 - \frac{\text{用户平均停电时间}}{\text{统计期间小时}} \right) \times 100\%$$

若不计算外部影响记作 RS_2 , 其计算公式如下:

$$RS_2 = \left(1 - \frac{\text{用户平均停电时间} - \text{用户平均受外部影响停电时间}}{\text{统计期间小时}} \right) \times 100\%$$

若不计算系统电源不足限电时,则记作 RS_3 , 其计算公式如下:

$$RS_3 = \left(1 - \frac{\text{用户平均停电时间} - \text{用户平均限电停电时间}}{\text{统计期间小时}} \right) \times 100\%$$

用户平均停电时间 ($AIHC$) 的计算公式如下:

$$AIHC = \frac{\sum \text{每次停电持续时间} \times \text{每次停电用户数}}{\text{总用户数}}$$

(四) 停电对用户的影响

停电是指对用户的供电中断。停电按性质可分为两类:计划停电和故障停电。

计划停电是指有计划安排的停电,可以事先通知用户。如因设备检修或系统施工等引起的停电就属此类。因为计划停电是有准备的停电,所以给用户造成的损失较小。

故障停电是指由于系统设备发生故障造成的用户供电的突然中断。因为事先无法预告,因而给用户造成的损失比计划停电大得多。停电对用户的影响视该用户的用电目的、生活水平、社会环境等不同而不同。

停电给用户造成的损失分为直接损失和间接损失。直接损失如设备损坏、生产停滞、计算机服务或数据遭到破坏等,间接损失如被迫修改计划造成的损失,人员加班的额外开支、税收损失等等。

造成事故的原因是多方面的。统计资料表明,电力系统稳定性破坏的直接原因中,设备质量差占 32%,自然灾害占 16.6%,继电保护误动作占 13.2%,人员过失占 17%,运行管理水平低占 21.2%。因此,要降低停电事故就必须从下面几方面做出努力:

- (1) 尽量提高设备自身的可靠性,及时认真地检修,防患于未然。
- (2) 改进电力系统结构,尽量减少对用户的停电。
- (3) 通过设置自动装置等措施,尽量防止事故扩大和尽快恢复供电。
- (4) 加强培训,提高运行人员的技术水平。
- (5) 加强运行管理。

(五) 供电可靠性指标

可靠性是指一个元件、设备或系统在预定时间内，在规定条件下完成规定功能的能力。电力系统的功能是向用户尽可能可靠地、经济地供给合格的电能。因此，电力系统可靠性定义为向用户提供质量合格的、连续的电能的能力。

电力系统常用的可靠性指标有：

(1) 平均运行可用率指标。指一年中对用户有效供电小时数与总的要求的用电小时数之比。

(2) 用户平均停电频率指标。指每个受停电影响的用户在一年里经受的平均停电次数。

(3) 用户平均停电持续时间指标。指一年中被停电的用户经受的平均停电持续时间。

(4) 系统平均停电频率指标。指系统中运行的用户在一年中经受的平均停电次数。

(5) 系统平均停电持续时间指标。指系统中运行的用户在一年中经受的平均停电持续时间。

(6) 电力不足时间概率。指在假定日尖峰负荷持续一整天的条件下，系统负荷需要超过可用发电容量的时间概率的总和。

(7) 电力不足时间期望值。指在被研究的一段时间内，负荷需要超过可用发电容量的时间期望值。

(8) 电力不足期望值。指在被研究的一段时间内，由于负荷需要超过可用发电容量而引起用户停电的平均值。

(9) 电力不足概率。指在被研究的一段时间内，由于供电不足而使用户停电的电量损失的期望值与该时间内用户所需全部电量的比值。

(10) 电量不足期望值。指在被研究的时间段内，由于电力不足，引起用户停电而损失的电量的平均值。

由于构成电力系统的各种设备的可靠性特点不同，在进行电力系统可靠性评价时，常把整个系统分为三部分，分别进行评价：

(1) 电源部分——电源可靠性。

(2) 送变电部分——送变电可靠性。

(3) 配电部分——配电可靠性。

(六) 提高供电可靠性的措施

电力系统的供电可靠性，与发、供电设备和线路的可靠性、电力系统的结构和接线（包括发电厂和变电所的电气主接线）、备用容量、运行方式以及防止事故连锁发展的能力有关。因此，在电力系统规化设计和运行阶段，都应注意提高供电的可靠性，其措施有如下几项：

(1) 提高发、供电设备的可靠性。采用可靠的发、供电设备，做好发、供电设备的维护工作，并防止各种可能的误操作。

(2) 提高送电线路的可靠性。电力系统的重要线路采用双回路。

(3) 选择合理的电力系统结构和接线。对重要用户采用双电源供电。

(4) 保持适当的备用容量，使系统的装机容量比最高负荷大 15%~20%。

(5) 制定合理的运行方式。在制定运行方式时，除必须考虑输电线路本身的输电能力外，还要考虑当某些线路或设备突然切除时，不致影响输电网络及其他线路和设备的正常运行。

(6) 采用可靠的继电保护和安全自动装置。

(7) 采用快速继电保护装置。

(8) 采用以电子计算机为中心的自动安全监视和控制系统。

第三节 电气安全体系

一、安全系统工程

安全是指不存在导致死亡、工伤、职业病、设备损失或财产损失的条件。

系统安全是指某系统的功能、时间、成本等规定的条件下，系统中人员设备所受到的伤害和损失为最小。

安全系统工程是系统工程的一个重要分支，它是将系统工程的原理和方法运用于安全管理的一门学科。它以系统安全为目标，以专业知识为基础，按现行法规标准、技术规范等限定的安全准则，运用系统工程的原理和方法，对系统中或生产中的安全问题进行定性和定量的分析、评价及预测，并采取综合安全措施予以控制，使系统发生事故的可能性减少到最低限度，从而使系统达到最佳安全状态。

(一) 安全系统工程的特点

(1) 安全系统工程是一门包含新技术领域的科学，是一门跨学科的综合性的工程技术。

(2) 安全系统工程是以人为中心的人—机匹配、具有反馈过程的系统。在这个系统中，生产作业者根据测量工具、目测所得的系统信息操纵控制装置，调整工作参数，对系统进行反馈，以保证系统稳定生产和不断进行优化生产。在人机接口中还有保护作业者人身安全的**安全措施**。

(3) 安全系统工程是工程系统与社会系统的结合。它不同于其他学科，因为有人直接参杂在系统中，而每个人的政治、经济、技术水平、安全素质、家庭和社会环境各不相同，所以他们对发生的情况的判断也会不相同，一个人作业安全系统活动的操作者，其操作水平和教育素养是社会水平的综合体现。

(4) 安全系统工程具有偶然性。系统中的生产设备、工具可能因设计、制造、运输、安装、验收、材料等缺陷，使设备、工具处于不安全状态；或初时符合要求，而工作中由于零部件磨损、老化等因素，也可使设备、工具处于不安全状态；操作者的生理、心理状态和体力的不稳定，具有失误的偶然性；这些不利因素何时、何地非正常组合在一起发生事故，对人伤害如何也存在着偶然性。因此，安全工作必须常抓不懈。

(二) 安全系统工程的作用

(1) 提高安全管理的层次。过去，安全管理往往凭经验和直觉去了解和处理生产过程中存在的危险和隐患，只是片面地、零碎地解决安全问题，而无法系统地、全面地解决安全问题。推行安全系统工程能使我们的安全管理层次升高，使我们能从生产系统的全局出发，全面地考虑规划、设计、施工、生产、更新等各个阶段可能出现的安全问题。

(2) 提供科学的安全管理手段。以往对事故只能做定性的估计，不能进行定量的分析，难以做到对事故的预测预报，而应用安全系统工程则能事先预测到事故发生的可能性，掌握事故发生的规律，并作出定性和定量的评价，预先警告事故的**危险性**并提出相应的安全措施，为提高安全管理水平提供了必要的手段。

(3) 进一步促进企业的安全生产。通过系统安全分析，掌握系统安全的薄弱环节，根据计算出的重要度，结合本单位实际，采取相应措施，进一步促进了生产的顺利进行。

(4) 促进安全教育的改革。安全系统工程涉及知识面很广，它与系统工程论、最优化技术、可靠性工程、预测技术、统筹法、人机工程学、工程心理学、行为科学、控制论、概率

论、集合论以及国家立法、安全标准、安全管理、安全工程专门学科等多方面知识和技术的相互渗透相互影响有关，迫使我们必须认真做好安全教育工作，提高安监部门和全体职工的安全技术素质，提高企业整体安全教育工作的层次，把“安全第一”工作落到实处。

二、安全系统工程的内容

安全系统工程的主要内容，包括事故成因理论、系统安全分析、系统安全评价和采取安全措施。只有正确的分析、科学的评价，才能得出安全工作的最佳决策。

（一）事故成因理论

事故成因理论主要讨论事故的定义、影响原因、各种事故模式、事故规律的法则以及事故预防的原理。其中，事故模式对于事故的分析、处理技术和事故的控制技术具有指导作用，是安全系统工程的核心。

（二）系统安全分析

系统安全分析在安全系统工程中占有十分重要的地位。为了充分认识系统中存在的危险性，要对系统进行细致的分析，只有分析得准确，才能在安全评价中得到正确的答案。当前系统安全分析方法有数十种之多，既有定性的方法，又有定量的方法，可以对事故进行分析、预测。主要的方法有：事故比重图；事故趋势图；事故主次图；事故控制图；事故时间、空间分布图；安全检查表（简称 SCL）；鱼刺图；预计危险分析法（简称 PHA）；故障类型影响分析（简称 FME）；故障类型影响和严重度分析法（简称 FMECA）；事件树分析法（简称 ETA）；事故树分析法（简称 FTA）；管理失误和风险树分析法（简称 MORT）；抽样判别法（简称 CIT）；危险预知技术（简称 KYT）；行为分析法；统计分析法等。每一种系统安全分析方法都有其产生的历史和条件，并不是每一种方法都通用于每一个系统。通过实践，一般认为：定性的系统安全分析方法如安全检查表法，既能定性又能定量的事故树分析法，对于电力生产和基建都比较实用。

（三）系统安全评价

系统安全分析的目地就是为了进行系统安全评价。通过分析，辨别系统中存在的危险性和薄弱环节、发生事故的概率的大小以及可能产生的后果等。有了评价，决策者可根据评价结果制定对策。定性分析的结果只能用于定性安全评价，掌握系统中危险性的大致情况。定量分析可用于定量安全评价，主要用一些数据评价系统，结果当然更加准确。进行系统安全评价的方法有：经验型定性评价；技术型定性评价、管理型定性评价；火灾、爆炸危险指数评价法；一般作业危险性评价；企业车间安全评价、安全投资评价、解析评价等。

（四）采取安全措施

根据系统安全评价的结果，确定下一阶段的安全目标，实施两措计划，并对系统进行调整采取综合控制和消除危险的措施，加强薄弱环节，消除潜在危险，在安全装置与设施、事故预防及处理方案、安全组织、教育与训练等方面做出统筹安排，预防事故的发生，切实做到全面保障系统的安全。

三、电气安全体系

（一）安全性概念

安全性是重要的产品质量指标之一。安全性是指功能安全性、结构安全性、材料安全性、使用安全性、防护安全性、标志安全性、运输安全性和环境安全性。各种安全性均应由相关标准来保证。

1. 功能安全性

又称功能可靠性。如果产品的制动、控制、调节等功能失灵，或功能降低，则会带来不可估量的损失。为保证功能安全性，应贯彻执行功能设计标准、功能试验标准和制造中的工艺标准。

2. 结构安全性

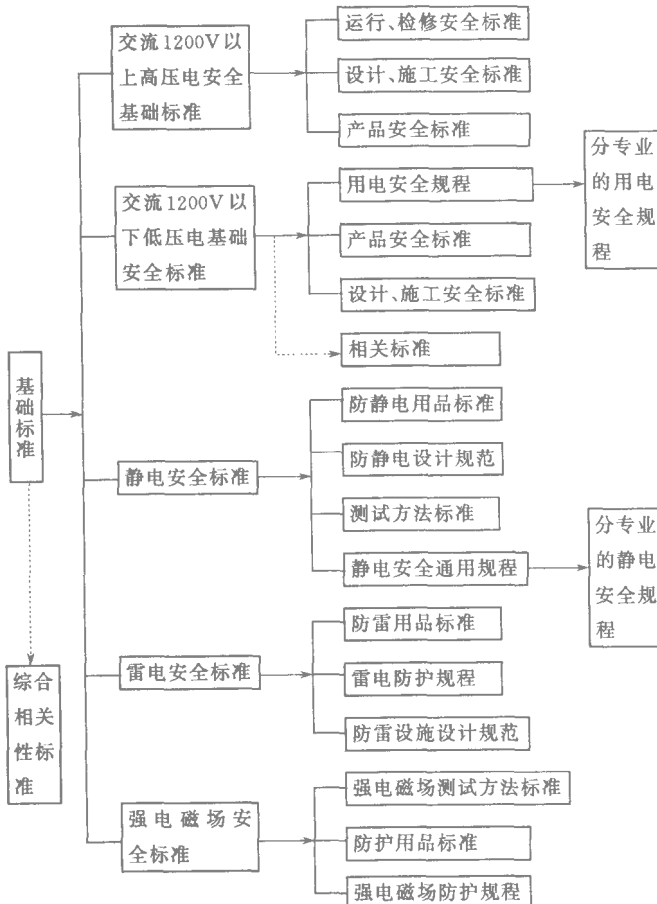
当结构件的应力大于结构件自身的强度时，将出现结构上的严重事故，如飞机掉下翅膀、轮船螺旋桨折断、锅炉爆炸、电机飞车等。为保证结构的安全性，应贯彻结构强度设计和试验的标准。

3. 材料安全性

有些材料与人体或食品接触（食品包括材料）会使人中毒致病；有些材料易燃易爆；有引进材料对温度变化很敏感，因气候冷热变化而变硬、变脆、老化、致使性能下降，由此带来的不安全因素（例如绝缘性能下降）会导致事故发生。因此，应制订并认真贯彻材料的安全标准。

4. 使用安全性

有些产品自身并没有什么危险，但使用不当也会带来危害。如家用电器，有些必须接地，有些不能接地，若使用错误，会造成触电事故，甚至导致死亡。



1-2 电气安全体系总表

5. 防护安全性

对于一些不可避免的不安全因素，应根据存在危险的性质及情况，采用适当防护措施。如高压工作区，其外围应采取围栏防护，矿井用电器应有防爆措施，带电元器件外部应有外壳防护等。防护措施应符合相应标准的规定。

6. 标志安全性

一切可能引起不安全的场所或有危险产品的操作部位，均应具有明显的安全标志。如带电部位的带电标志，可自动切断电源的开关标志，都应有醒目的颜色以引起人们注意。安全标志应符合安全标志的标准规定，不能任意设计、制造和使用。

7. 仓储、运输的安全性

有些产品，尽管自身比较安全，但在运输中，如发生碰撞却会产生极大的危险。有些产品，仓储条件如达不到一定要求，尽管没有碰撞，没有移动，自身也会发生安全问题，如自燃、过热引起爆炸。

或空气中有腐蚀性气体造成事故等)。因此,产品在仓储、运输中也要注意安全问题,并符合有关安全标准规定。

8. 电气安全

就是指电气设备在正常运行时以及在预期的非正常状态下不会危害人体健康和周围的设备,当电气设备发生非预期的故障时,应能切断电源,将事故限制在允许的范围之内。

为了电气产品的安全,电气产品都应具有安全标准。目前,有些电气产品有单独制订的安全标准(如家用电器),有些电气产品还未制订单独的安全标准,而是在产品标准中包含了安全要求及测试方法(如电机)。电气安全标准是强制执行的,目前已逐渐形成了体系。

(二) 电气安全标准体系

电气安全标准体系表是国家标准体系表的一个组成部分,它为标准化及劳动安全主管部门提供有关制订电气安全标准以及实施全面监督的科学依据,同时,还可供有关专业人员全面系统地了解电气安全工作。

电气安全体系总表见图 1-2;产品安全标准体系分表见图 1-3。

(三) 电气安全技术

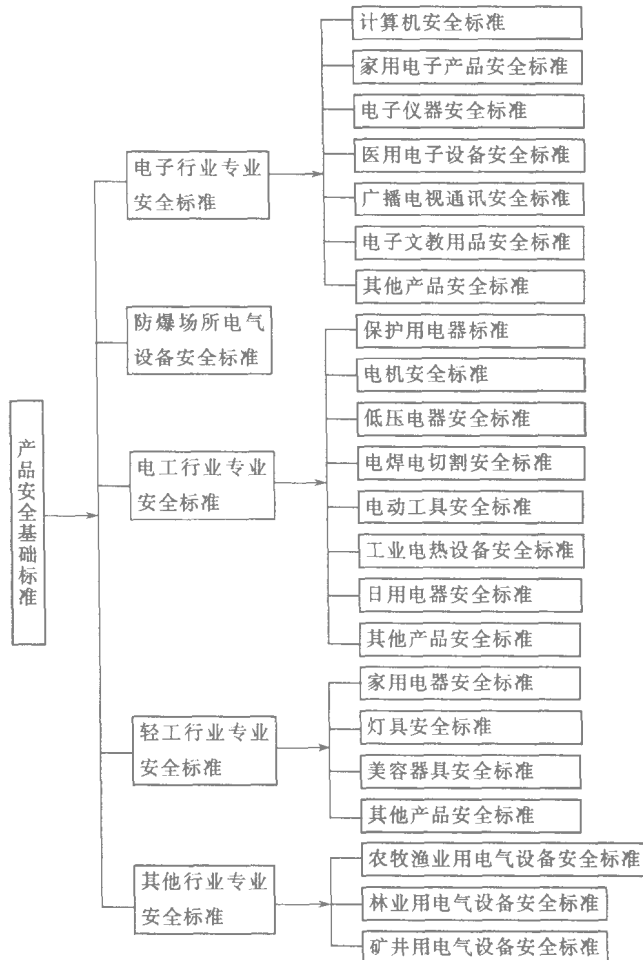


图 1-3 产品安全标准体系

电气安全技术是在发电、输电、配电到用电的电力生产过程中保护人身安全和设备安全的电气技术，它是一项专门性的科学。

从电厂发电升压；通过高压或超高压输电线路远距离送到另一个地区，再进行降压，经过配电变压器降压至 380/220V，供给工矿企业或家庭使用。这个过程就是电力生产的过程。其电力的发、供、用是在同一时间完成的，如果使用不当，管理不当或者违章用电，往往会发生人身触电、电气火灾或突然停电等事故，就会使国家和人民的财产遭受损失，生命受到威胁，因此，必须对人身安全和设备安全采取技术措施来保障。所以我们说电气安全技术就是在电力生产过程中保护人身安全和设备安全的电气技术。

“安全第一”是电力工业长期坚定不移的方针。电网和用户连接在一起运行，要求有极高的可靠性。在日益电气化的时代，各行各业、千家万户都用上了电，如果不懂得电气安全技术知识往往会造成触电伤亡。所以，我们都必须懂得电气安全技术知识，掌握电气安全技术。

第四节 电力安全生产目标

为了加强电力安全生产管理，在总结国内外电力安全生产管理经验的基础上，原电力部颁发的《电业生产事故调查规程》和《电力生产安全工作规定》（简称《规定》），并在几次全国电力安全生产会议上，都对电力安全生产的目标作了明确的规定，每个电力企业都应实行安全生产目标管理，根据这些安全目标，制订具体措施，层层分解，落实到每个岗位，并实行严格的考核，以保证安全目标的实现。

一、电力安全生产的目标

（一）总体安全目标

国家电网公司对全国电力行业的总体安全目标是防止发生三类六种事故。

防止发生的三类事故是：

- （1）对社会构成重大影响事故。
- （2）对生产力发展构成重大损失事故。
- （3）对国有资产保值、增值构成重大损失事故。

与这三类事故相对应，要防止的六种事故是：

- （1）人身死亡。
- （2）重大火灾。
- （3）大面积停电。
- （4）电网瓦解。
- （5）电厂垮坝。
- （6）主设备严重损坏。

（二）省级电力公司的安全目标

（1）发电厂（供电局、电建公司）控制重伤和一般事故，不许发生人身死亡和重大设备事故，各种事故率均要符合要求，对电力生产企业，还要求机组非计划停运次数、可用系数和供电可靠率符合上级要求。

（2）分场、车间（工地）控制障碍和轻伤，不许发生重伤和一般事故。

（3）班组控制异常和未遂，不许发生障碍和轻伤。

这个安全目标，包括对车间（工区）和班组的安全目标，是在多次全国电力安全生产会

议上提出来的，体现了“分级负责、分级控制”的要求，目的是通过分级控制和把关的分级责任制来达到杜绝重大、特大事故发生的总体目标。

（三）长周期安全无事故记录

这是每个电力企业的安全奋斗目标，对电力生产企业的要求是：

（1）容量 800MW 及以上的火电厂，主变压器容量 1000MVA 及以上的供电局，每年实现 1 个及 1 个以上百日无事故记录。

（2）容量 500MW 及以上的水电厂，每年实现 2 个及 2 个以上百日无事故记录。

（3）其他火电厂、供电局及县供电局，每年实现 2 个及 2 个以上百日无事故记录；其他水电厂，每年实现 3 个及 3 个以上百日无事故记录。

二、电力安全生产的目标管理

企业安全目标管理从属于企业目标管理。企业目标管理是指企业内部各个部门以至每个人从上到下围绕企业的总目标，制定各自的目标，确定行动管理方案，安排工作进度，有效地组织实施，并对成果进行严格考核的一种管理制度。企业目标是参与管理的一种形式，是根据工作目标来控制企业生产经营的一种民主的科学有效的管理方法，是我国工业企业实行现代管理的一项重要内容。将企业目标管理的内涵运用到电力安全生产管理上来，就产生了电力安全生产目标管理。

（一）电力安全生产目标管理的特点

安全生产目标管理具有目的性、分权性和民主性三个主要特点：

（1）目的性。就是当前一个时期内，实现电力安全生产的任务并使其转化为全体电力职工步调一致的明确目标，使每个职工都有奋斗方向。有了明确的目标，也有利于上级领导、检查和考核。在企业、车间（工区）、班组制订具体安全目标时，应包括达到的程度、完成期限、保证体系和考核奖惩。

（2）分权性。是指安全总目标在企业内部逐层分解、展开，还要逐层下放目标管理的自主权。实行分权，即在目标制定以后，上级根据目标的内容授予下级人、财、物权力，使其动用这些权力来完成目标。上级在目标管理中，只抓两项工作，一是根据企业总目标向下一层次下达任务指令，并考核指令执行结果；二是协调下一层次及层次之间的关系，裁决争议。

（3）民主性。是指安全目标管理要有全体职工参与，并在全力投入过程中发扬民主。这就需要企业领导者依靠全体职工，集中全体职工智慧和力量，制订有号召力的经过努力切实可行的安全目标。领导制订的安全目标，应经过职代会讨论通过，然后编制各级安全目标展开图，层层展开，层层落实，围绕目标制定主要措施，落实责任者和进度要求，以形成目标连锁。发扬民主的过程，实质上达到有效地实行自主管理和自我控制的过程，进一步发挥全体职工的主人翁责任感，充分调动职工的积极性、创造性和主动性。

（二）电力安全生产目标管理的作用

实行电力安全生产目标管理，能够充分调动和激励电力企业职工安全生产的积极性，并可提高企业科学管理水平和经济效益。因为：

（1）实行安全生产目标管理，有利于加强企业全面计划管理。随着电力生产和社会改革的发展，企业内外部环境日趋复杂，企业内部分工越来越细，而电力安全生产又必须渗透各部门各环节，通过企业内部各车间（工区）、班组，乃至每个人的安全生产目标及其责任措施的落实和考核管理，将有利于实现企业全面计划管理。

（2）安全生产目标管理通过企业目标与个人目标密切结合，实行有关权限下放和自我管

理，目标、责任、权力、利益互相挂钩，就能充分调动广大职工的主观能动作用，变“要我安全”为“我要安全”，有利于从根本上调动职工安全生产的积极性。

(3) 实行安全生产目标管理，有利于提高企业生产经营管理水平，确保经济效益。实践证明，电力生产“安全第一、预防为主”的方针是长期生产经营经验的总结，从效益角度出发，没有安全没有一切的说法是有道理的。在电力生产经营总目标下，抓住安全生产目标，动用目标管理的原则和方法，围绕安全生产开展全面管理，就抓住了安全是最大效益这个主要矛盾，就能促进成本、利润、销售、质量目标的实现。

(三) 安全生产目标管理的实施

安全生产目标管理的基本思想是：一切安全工作的开始是确定目标，以此为指针开展安全活动，并以完成目标的程度来评价其结果。

在安全工作中应用目标管理可按如下程序进行：首先确定总目标并使其数量化。总目标可分为静态和动态目标。数量化即通常所说的目标值，主要是在国家或上级规定的目标和要求的基础上，规定企业安全生产的具体指标数值，如死亡人数、人身重伤率、设备事故次数、事故率等。其次，围绕安全生产总目标，层层展开工作。各车间（工区）和相关科室应围绕企业的总目标具体扩展成各自的目标，为了实现各自的目标，可以灵活运用各种方法，提倡自主管理和自我控制。

第五节 电力生产安全保证和安全监察

电力安全生产是一项十分庞大复杂的系统工程，涉及到方方面面，许多工作需要通过全员、全方位、全过程共同做好，才能保证安全。为此，电力部要求电力企业必须建立健全安全生产保证体系（简称安全保证体系）和安全监察体系，通过充分发挥这两个体系各自的作用并密切配合，共同保证安全生产目标的实现。

一、安全保证

按照系统论的观点，体系是指由两个以上相互作用的要素（部分或环节），按一定的结构组成的具有特定功能的有机整体。

安全保证体系，就是指为实现安全生产，由人员、设备和管理构成的有机整体。在这个体系中，有三个基本的要素：一个是人员，一个是设备，一个是管理。人员素质的高低是安全生产的决定性因素；优良的设备和设施是安全生产的物质基础和保证；科学的管理则是安全生产的重要措施和手段。只有通过人员、设备和管理这三个要素在安全生产的动态过程中不断地提高和发展，并且更加有机地结合，才能搞好安全生产，保持长期稳定的安全生产局面。从这一内涵出发，安全保证体系的根本任务，就是要通过持之以恒的努力，不断地提高安全生产三个要素的品质，实现三个要求的最优组合和协调发展。具体地说有以下三个任务：

(1) 努力造就一支高素质的职工队伍。这支队伍，应具备高度的事业心、强烈的责任感、良好的安全意识、娴熟的业务技能、遵章守纪的优良品质和严肃认真、一丝不苟的工作作风。

(2) 保持设备、设施的健康水平，充分利用现代科技成果，改善和提高设备、设施的性能，最大限度地发挥现有设备、设施的潜力。

(3) 不断加强安全生产管理，提高安全管理水平。

对于电力企业来说，安全保证体系是客观存在的，所不同的是，有的企业安全保证体系比较完善和有效，有的则不那么完善和有效。如何完善这一体系，是每个电力企业搞好安全

生产必须要解决的问题。电力企业完善安全保证体系，要在不断提高人员素质和设备健康水平的同时，进一步完善“行政负责，党、工、团密切配合，安全监察与群众监督相结合，职工全员参与”的安全管理体制。相应地，要建立、健全安全生产管理的组织体系，科学地确定各类各层次人员在生产经营活动中的时空位置和应负的安全责任，建立起一套行之有效的安全工作程序和以安全生产责任制为核心的安全生产规章制度，在企业中形成一个明确目标、任务、职责、程序和权限，互相协调配合的安全管理有机整体。

二、安全监察

安全监察是一种运用国家权力，对生产企业和生产管理部门履行安全职责，执行有关安全生产法规、政策，依次进行监察、纠正和惩罚的工作。

电力安全监察是指电力安全监察部门和安全监察人员，依据国家法律和行业有关规定，对行业内部各企业或企业内部各生产管理和有关部门，贯彻国家、行业安全生产规定和安全生产情况进行的监督检查活动。

电力行业和企业内部自上而下、各个层次的安全监察部门和人员，构成了电力行业和企业的安全监察体系。它具有双重职能：一方面是运用行政和上级赋予的职权，对电力生产和建设全过程的人身与设备的安全进行监察，这种监察职能具有一定的权威性、公正性和带有强制性的特征；另一方面，又作为安全管理的综合部门，协助领导抓好安全管理工作，开展各项安全活动，具有安全管理的职能。

三、安全保证与安全监察的关系

安全保证体系和安全监察体系各自的职责和分工有所不同。安全保证体系要保证企业在完成生产任务的过程中实现安全、可靠，要解决安全生产在实施全员、全方位、全过程的闭环管理过程中，谁对哪些工作负有安全责任，在哪些范围内负责，负什么样的责任，使企业生产的每项工作，每个岗位人员都时时、处处考虑到安全问题，落实好安全保证措施。安全监察体系则直接对企业安全第一责任者或安全主管领导负责，要监督、监察安全保证体系在完成生产任务的全过程中，是否严格遵守各种安全法规及规章制度的规定，是否落实了安全技术措施的反事故技术措施，是否保证了企业生产的安全可靠。安全保证体系对企业的安全生产工作负有完成的职责，安全监察体系则负有监督检查的职责。安全保证体系和安全监察体系都是为达到安全生产的共同目的而建立和工作的，是从属于安全生产这一系统工程中的两个子系统。因此，这两个体系既要独立有效地发挥作用，充分发挥各自的优势和特长，又要围绕统一的安全目标，有机配合，协调运作，优势互补，充分发挥整体的防护作用。

第六节 电力安全生产管理原则及方法

根据国家颁发的一系列安全生产的法规，电力部颁发的一系列电力安全生产的规定。这些法规与规定，是安全生产长期和反复实践中正反两方面经验教训的结晶，是开展电力安全生产工作的主要依据。根据这些法规和规定以及有关的管理理论，可以总结归纳出若干指导原则和管理原理，作为电力安全生产工作的准则。

一、电力安全生产管理原则

“安全第一、预防为主”是电力生产和建设的基本方针，是电力安全生产必须遵循的根本