

# 电力生产事故 的人因分析及预防

袁周 黄志坚 编著



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 电力生产事故 的人因分析及预防

袁周 黄志坚 编著

---



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

## 电力生产事故的人因分析及预防

电力安全生产这一严峻而重大课题对于企业的广大工程技术人员和安全管理人员的综合素质提出了更高要求。为帮助广大电力从业人员提高电力人因事故分析、防范能力,从而进一步保障我国电力生产的安全运行,《电力生产事故的人因分析与预防》一书采用了大量的事故案例,着重分析了电力生产各个环节中人与事故的关系及人因失误的防范措施。

本书共十四章。其中,一至三章主要论述现代电力系统的基本特征、电力生产事故与危害性、事故的人因失误等基本概念与基本理论。四至七章结合大量实例对电力工程各主要环节的人因失误现象与进一步的原因作了详细的分析。九至十四章运用人因分析理论、安全心理学、危险点分析与安全评价理论、企业文化理论、人机工程理论等从不同的角度分析了电力生产中的人因事故的案例,系统地提出了预测与防范人因事故的措施。

本书的主要特点是跨学科、跨专业,并密切结合现场实例,因此对广大读者尤其是电力工程一线人员有较好的参考借鉴作用。本书在相关领域作了独到的探索,是国内第一部关于电力生产事故人因分析与预防领域的著作。

本书的读者对象主要是电力行业的工程技术人员、安全管理人员,电力院校的师生,以及有关部门与科研院所安全生产管理与科研人员。

### 图书在版编目(CIP)数据

电力生产事故的人因分析及预防/袁周,黄志坚编著.北京:  
中国电力出版社,2004  
ISBN 7-5083-2218-5

I.电... II.①袁... ②黄... III.①电力工业-事故  
分析②电力工业-工伤事故-预防 IV.TM08

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第026809号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2004年8月第一版 2004年8月北京第一次印刷  
787毫米×1092毫米 16开本 16.75印张 370千字  
印数 0001—3000册 定价 27.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

电力工业是一个庞大、开放、动态的工程技术系统，具有资金、技术高度密集，不可间断生产的特征。电力系统的安全生产不仅涉及到先进的技术、可靠的设备，更与广大的设计、安装、操作、维修、管理人员密切相关。电力生产事故的人因分析与预防是现代电力生产的一项重大课题，其主要特征是技术与管理结合，人、物、环境的结合，是典型的人文学科与工程技术学科交叉的边缘学科课题。调动人的积极因素，化解人的消极因素，减少以至消除人因事故，历来为人们所关注，也是企业文化建设的目标之一。

广州恒运企业集团是以发电为主业、热电并供的国有控股企业。公司确立了“以人为本、降低成本”的“两本”经营方针。公司倡导“安全出效益、文明见行动”，把以人为本的企业文化建设作为企业管理、安全生产的重要组成部分，营造了一个团结协作、积极上进、安全文明的企业人文环境。由此，企业的规模不断扩大，人员的素质不断提高，安全生产的天数不断增长，经济效益显著上升，其做法是值得总结的。

电力事故人因分析与预防的理论与方法对广大电力企业降低各类事故将起重要的参考与指导作用。本书作者长期以来在不同经济体制和不同企业文化特色的电力企业从事专业技术工作，积累了大量事故案例、丰富的安全管理实践经验，由此深刻体会到人与事故的发生密切相关。在以人为本的企业文化精神指导下，作者根据安全生产实践的迫切需要，参阅大量国内外文献资料，对电力生产事故人因分析的实践、理论与方法做了系统的总结与创造性的探索，取得了可喜的成绩。这是一部真正由生产一线的同志写出的著作，其理论与方法更加贴近实际，更具针对性，能比较透彻地解答人们在生产实践中遇到的疑难与困惑。我对本书的出版表示衷心的祝贺，并希望作者继续努力，获得更大的成果。

以人为本的企业文化建设是一项长期而艰巨的系统工程，需要广大电力生产企业员工的踊跃参与。在此，我们期望国内的同行共同努力，创造更多的企业文化精品。

夏海高

二〇〇四年一月

713298/1

现代化电力工业是用现代科学技术装备的行业,是电力能源资源转换、传输、分配高度集中统一的社会化联合大生产系统,是涉及多种因素的动态复杂系统。随着电网的发展,电网覆盖的范围越来越大,大电网一旦发生事故且不能迅速消除时,很可能导致稳定破坏和不可控连锁反应,造成大范围、长时间的停电,后果更严重,这是其他行业的事故难以比拟的。稳定发供电是国民经济发展的的重要因素,对国家的安全至关重要。在电力系统,由于人的失误导致的事故占很大的比重。国际核电界的共同经验表明,60%~75%的安全生产事件归因于人的行为失效。

随着我国电力工业向电力市场化改革推进,电力企业生产终究要靠本单位自己承担,企业的安全管理更加独立。因此,在电力行业已有的比较全面的安管理法规体系基础上,吸取国际上一些国家正在实施的“职业安全卫生管理体系”中的合理部分来完善电力行业的安全生产机制,完善现有的安全生产保证体系和监督体系,是非常必要的。

在这种形势下,电力安全生产这一严峻而重大课题对于企业的广大工程技术人员和安全管理人员的综合素质提出了更高要求。为帮助广大电力从业人员提高电力人因事故分析、防范能力,从而进一步保障我国电力生产的安全运行,我们共同编著了这部著作。

本书共十四章。其中,一至三章主要论述现代电力系统的基本特征、电力生产事故与危害性、事故的人因失误等基本概念与基本理论。四至七章结合大量实例对电力工程各环节的人因失误现象和进一步的原因作了详细的分析。九至十四章运用人因分析理论、安全心理学、危险点分析与安全评价理论、企业文化理论、人机工程理论等从不同的角度分析了电力生产中的人因事故的案例,系统地提出了预测与防范人因事故的措施。

本书的主要特点是跨学科、跨专业,并密切结合现场实例,因此对广大读者尤其是电力工程一线人员有较好的参考借鉴作用。本书在相关领域做了独到的探索,是国内第一部关于电力生产人因事故分析与预防领域的著作。

本书的读者对象主要是电力行业的工程技术人员、安全管理人员,电力学院的师生,以及安全生产管理与科研人员。

本书由袁周与黄志坚编著,其中第四章、第九章的第4节、第十四章由黄志坚执笔,其余由袁周执笔。

在本书的编著与出版过程中,作者得到广州恒运企业集团夏藩高董事长兼党委书记、肖辰生总经理及其他领导和同事的帮助与支持,在此表示衷心的感谢。作者还要对同学和老师的关心与帮助表示感谢。

# 目录

序

前言

## 第一章 现代电力工业概述 1

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 1.1 电力工业的基本特征及主要性质 ..... | 1 |
| 1.1.1 电力工业的基本特征 .....    | 1 |
| 1.1.2 电力工业的主要性质 .....    | 1 |
| 1.2 电力企业的分类 .....        | 2 |
| 1.2.1 电源系统 .....         | 2 |
| 1.2.2 输变配电系统 .....       | 4 |
| 1.3 中国电力技术的发展 .....      | 6 |
| 参考文献 .....               | 7 |

## 第二章 电力生产事故 8

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 2.1 电力生产事故及其危害性 .....    | 8  |
| 2.1.1 电网事故及其危害性 .....    | 8  |
| 2.1.2 火灾事故及其危害性 .....    | 11 |
| 2.1.3 核电站爆炸及其危害性 .....   | 14 |
| 2.1.4 其他事故及其危害性 .....    | 15 |
| 2.2 电力生产事故定义与分类 .....    | 16 |
| 2.2.1 电力生产事故的定义 .....    | 16 |
| 2.2.2 电力生产事故的分类 .....    | 17 |
| 2.3 事故致因理论 .....         | 20 |
| 2.3.1 事故致因理论概述 .....     | 20 |
| 2.3.2 用流行病学方法分析事故 .....  | 21 |
| 2.3.3 系统理论的人因素模型 .....   | 21 |
| 2.3.4 能量转移论 .....        | 24 |
| 2.3.5 事故因果论 .....        | 26 |
| 2.3.6 轨迹交叉论 .....        | 29 |
| 2.3.7 扰动起源事故模型 .....     | 31 |
| 2.3.8 以人失误为主因的事故模型 ..... | 32 |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 参考文献 .....                          | 35        |
| <b>第三章 人因失误与事故</b> .....            | <b>36</b> |
| 3.1 人因失误的基本特征 .....                 | 36        |
| 3.1.1 人因失误的定义 .....                 | 36        |
| 3.1.2 人因失误的基本特征 .....               | 36        |
| 3.1.3 人失误的原因分析 .....                | 36        |
| 3.2 人因失误分析的必要性 .....                | 38        |
| 3.2.1 人因失误是事故发生的主要原因 .....          | 38        |
| 3.2.2 人的心理特点、行为与事故发生有复杂的联系 .....    | 40        |
| 3.2.3 对人因的再认识 .....                 | 42        |
| 3.3 人的不安全行为 .....                   | 42        |
| 3.3.1 个体心理与行为的关系 .....              | 43        |
| 3.3.2 人的不安全行为 .....                 | 43        |
| 3.3.3 人的不安全行为起因 .....               | 45        |
| 3.4 人因失误的分类 .....                   | 47        |
| 3.4.1 操作者失误和系统失误 .....              | 47        |
| 3.4.2 按人因失误的对象分类 (HIF 分类) .....     | 48        |
| 3.4.3 按人为失误的内容分类 .....              | 48        |
| 3.4.4 PSTE 分类法 .....                | 49        |
| 3.4.5 根据一般和具体的对立统一来分析人为失误 .....     | 49        |
| 3.4.6 以行为、任务以及系统分类 .....            | 50        |
| 3.5 电力生产事故人因失误的特点及分类 .....          | 51        |
| 3.5.1 人因失误发生的可能性与生产特征的关系 .....      | 51        |
| 3.5.2 人因失误的危险性与生产特征的关系 .....        | 52        |
| 3.5.3 人因失误与安全系统的关系 .....            | 54        |
| 3.5.4 电力生产事故人因失误分类 .....            | 57        |
| 参考文献 .....                          | 57        |
| <b>第四章 电力工程设计及制造中的人因失误</b> .....    | <b>58</b> |
| 4.1 电力工程设计中的人因失误概述 .....            | 58        |
| 4.1.1 设计中的人因失误与安全生产的关系 .....        | 58        |
| 4.1.2 设计人因失误的原因分析 .....             | 58        |
| 4.2 工程设计中的常见的人因失误 .....             | 60        |
| 4.2.1 忽略了某些重要因素而导致的失误 .....         | 60        |
| 4.2.2 对相关因素的判断错误导致的失误 .....         | 62        |
| 4.2.3 对不明因素持侥幸态度导致的失误 .....         | 62        |
| 4.2.4 分析计算、数据处理或技术措施选择不当导致的失误 ..... | 63        |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 4.3 减少设计失误的措施 .....                | 64        |
| 4.4 设备制造中的人因失误 .....               | 65        |
| 4.4.1 设备制造中的人因失误概述 .....           | 65        |
| 4.4.2 制造失误案例 .....                 | 65        |
| 参考文献 .....                         | 67        |
| <b>第五章 电力建设及安装中的人因失误</b> .....     | <b>68</b> |
| 5.1 电力建设施工中的人因失误概述 .....           | 68        |
| 5.1.1 施工阶段建筑、安装的特点 .....           | 68        |
| 5.1.2 建设施工中的人因失误的原因分析 .....        | 68        |
| 5.1.3 失误对安全生产的影响 .....             | 69        |
| 5.2 建设施工中常见的人因失误 .....             | 69        |
| 5.2.1 高处施工时的人因失误 .....             | 70        |
| 5.2.2 使用起重设备时的人因失误 .....           | 70        |
| 5.2.3 施工用电时的人因失误 .....             | 71        |
| 5.2.4 爆破施工中的人因失误 .....             | 73        |
| 5.3 安装施工中的人因失误 .....               | 74        |
| 5.3.1 工程质量控制不严造成的失误 .....          | 74        |
| 5.3.2 管理不善造成的失误 .....              | 76        |
| <b>第六章 电力系统运行中的人因失误</b> .....      | <b>77</b> |
| 6.1 运行人员行为特征分析 .....               | 77        |
| 6.1.1 电厂运行人员行为特点 .....             | 77        |
| 6.1.2 心理测量表的选择 .....               | 77        |
| 6.1.3 运行人员行为绩效的评价 .....            | 78        |
| 6.1.4 核电厂运行人员的心理特质和行为绩效相关性研究 ..... | 78        |
| 6.2 失误原因分析 .....                   | 80        |
| 6.3 信息传递中的失误 .....                 | 81        |
| 6.3.1 关于信息沟通的认识 .....              | 81        |
| 6.3.2 信息沟通的障碍与解决办法 .....           | 84        |
| 6.3.3 信息沟通不良所导致的失误 .....           | 86        |
| 6.3.4 事故案例的启示 .....                | 88        |
| 6.4 运行人员的判断失误 .....                | 88        |
| 6.4.1 判断失误的型式 .....                | 89        |
| 6.4.2 判断失误的事故案例 .....              | 89        |
| 6.5 运行人员操作失误 .....                 | 90        |
| 6.5.1 影响操作人员失误的因素 .....            | 90        |
| 6.5.2 操作失误的主要表现 .....              | 91        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 6.5.3 防止误操作事故对策 .....              | 92         |
| 6.5.4 误操作事故案例 .....                | 93         |
| <b>6.6 与操作票有关的失误 .....</b>         | <b>96</b>  |
| 6.6.1 与操作票有关的失误现象 .....            | 96         |
| 6.6.2 与操作票有关的失误案例 .....            | 96         |
| <b>6.7 电气误操作事故与防范 .....</b>        | <b>99</b>  |
| 6.7.1 电气误操作事故案例 .....              | 100        |
| 6.7.2 防止电气误操作事故的措施 .....           | 100        |
| 参考文献 .....                         | 104        |
| <b>第七章 电力设备维修中的人因失误 .....</b>      | <b>105</b> |
| <b>7.1 设备管理概述 .....</b>            | <b>105</b> |
| 7.1.1 设备现代化的特征 .....               | 105        |
| 7.1.2 国际上设备管理体系的历史进展 .....         | 105        |
| 7.1.3 电力系统设备管理 .....               | 106        |
| <b>7.2 检修人员行为特点分析 .....</b>        | <b>107</b> |
| 7.2.1 检修人员素质与现代化设备维修管理 .....       | 107        |
| 7.2.2 检修人员的失误与设备管理 .....           | 108        |
| <b>7.3 习惯性违章与预防对策 .....</b>        | <b>111</b> |
| 7.3.1 习惯性违章心理现象分析 .....            | 111        |
| 7.3.2 习惯性违章人员的特点 .....             | 113        |
| 7.3.3 习惯性违章的案例 .....               | 114        |
| 7.3.4 习惯性违章的预防对策 .....             | 115        |
| <b>7.4 设备维修中的人因失误 .....</b>        | <b>118</b> |
| 7.4.1 专业知识缺乏引起的失误 .....            | 118        |
| 7.4.2 工艺技能差引起的失误 .....             | 119        |
| 7.4.3 检修经验不足引起的失误 .....            | 119        |
| <b>7.5 故障诊断中的失误 .....</b>          | <b>120</b> |
| 7.5.1 故障误诊分析 .....                 | 120        |
| 7.5.2 降低误诊率的基本途径 .....             | 122        |
| <b>7.6 检修管理不善引起的失误 .....</b>       | <b>123</b> |
| 7.6.1 概述 .....                     | 123        |
| 7.6.2 编号、标示不清大修时流失或检修结束回装时装错 ..... | 124        |
| 7.6.3 开口和高空交叉作业区域列入设置隔离带不得力 .....  | 124        |
| 7.6.4 备品备件管理随意性大 .....             | 125        |
| 7.6.5 技术资料管理不善引起的人因失误 .....        | 125        |
| 7.6.6 检修工艺标准不规范 .....              | 125        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 7.6.7 检修过程责任制不明确 .....    | 126 |
| 7.6.8 检修工器具、安全工器具管理 ..... | 126 |
| 参考文献 .....                | 128 |

## **第八章 人因失误分析理论及方法** 129

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 8.1 人因可靠性分析方法综述 .....        | 129 |
| 8.1.1 人因可靠性分析方法 .....        | 129 |
| 8.1.2 人的可靠性分析 (HRA) 方法 ..... | 132 |
| 8.2 人因分析面临的问题 .....          | 133 |
| 8.2.1 人因分析的难度 .....          | 133 |
| 8.2.2 环境与人的行为的关系 .....       | 134 |
| 8.2.3 人因失误机理问题 .....         | 134 |
| 8.2.4 人因分析的客观性与一致性问题 .....   | 134 |
| 8.2.5 人因分析数据的可用性 .....       | 134 |
| 8.2.6 人因分析中的文化因素 .....       | 135 |
| 8.2.7 组织管理层的人因分析 .....       | 135 |
| 8.3 人因分析研究的发展趋势 .....        | 136 |
| 8.3.1 人因分析基础研究 .....         | 136 |
| 8.3.2 人一机系统设计指导 .....        | 136 |
| 8.4 人因失误控制对策 .....           | 137 |
| 参考文献 .....                   | 138 |

## **第九章 电力生产事故分析** 139

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 9.1 电力企业安全监察管理信息系统 .....            | 139 |
| 9.1.1 电力企业安全监察管理的任务、目标 .....        | 139 |
| 9.1.2 企业安全监察管理信息系统的功能需求分析 .....     | 140 |
| 9.1.3 企业安全监察管理信息系统的数据分析 .....       | 140 |
| 9.1.4 供电局安全监察管理信息系统的典型数据处理流程 .....  | 143 |
| 9.1.5 企业管理信息系统中围绕安全管理的数据库 (表) ..... | 145 |
| 9.1.6 安全信息管理 .....                  | 147 |
| 9.2 正确分析事故信息 .....                  | 148 |
| 9.2.1 事故信息特点 .....                  | 148 |
| 9.2.2 隐瞒事故案例 .....                  | 150 |
| 9.3 事故统计分析 .....                    | 150 |
| 9.3.1 事故统计分析概述 .....                | 151 |
| 9.3.2 统计事故调查分析方法应注意的问题 .....        | 152 |
| 9.4 事故原因的分析方法 .....                 | 153 |
| 9.4.1 事故分析的主要途径 .....               | 153 |

|             |                          |     |
|-------------|--------------------------|-----|
| 9.4.2       | 几项基本原则 .....             | 155 |
| 9.4.3       | 因果分析图法 .....             | 156 |
| 9.4.4       | 逻辑链分析法 .....             | 161 |
| 9.4.5       | 假设—验证分析法 .....           | 163 |
| 9.4.6       | 事故原因分析的几种重要方法 .....      | 164 |
| 参考文献        | .....                    | 169 |
| <b>第十章</b>  | <b>领导行为与事故预防</b> .....   | 170 |
| 10.1        | 问题的提出 .....              | 170 |
| 10.2        | 关于领导的认识 .....            | 172 |
| 10.2.1      | 领导定义 .....               | 172 |
| 10.2.2      | 领导者的职责 .....             | 172 |
| 10.3        | 领导者的影响力分析 .....          | 173 |
| 10.3.1      | 领导者影响力的基本概念 .....        | 173 |
| 10.3.2      | 从影响力分析领导过程 .....         | 173 |
| 10.4        | 领导行为的理论分析 .....          | 174 |
| 10.4.1      | 特性理论 .....               | 174 |
| 10.4.2      | 作风理论 .....               | 175 |
| 10.4.3      | 行为理论 .....               | 176 |
| 10.4.4      | 权变理论 .....               | 178 |
| 10.5        | 领导行为与事故发生 .....          | 179 |
| 10.5.1      | 领导能力与事故率 .....           | 179 |
| 10.5.2      | 领导安全管理失误的几种表现 .....      | 180 |
| 10.6        | 安全管理人才素质要求 .....         | 184 |
| 10.6.1      | 安全管理者应具备的专业技能 .....      | 184 |
| 10.6.2      | 安全管理者应具有素质 .....         | 186 |
| 10.6.3      | 合理选用安全管理人员 .....         | 187 |
| 10.6.4      | 技术人员从事安全领导工作要注意的问题 ..... | 188 |
| 10.7        | 领导安全管理绩效评价 .....         | 191 |
| 参考文献        | .....                    | 193 |
| <b>第十一章</b> | <b>安全文化与安全管理</b> .....   | 194 |
| 11.1        | 安全文化概论 .....             | 194 |
| 11.1.1      | 安全文化的定义 .....            | 194 |
| 11.1.2      | 企业安全文化的作用 .....          | 195 |
| 11.2        | 电力企业的安全管理 .....          | 197 |
| 11.2.1      | 安全管理概述 .....             | 197 |
| 11.2.2      | 电力生产安全管理的任务与传统做法 .....   | 199 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 11.2.3 电力生产安全管理工作的重点 | 202 |
| 11.2.4 企业安全文化与安全管理   | 203 |
| 11.3 电力企业安全文化建设      | 203 |
| 11.3.1 企业安全文化建设与人因分析 | 204 |
| 11.3.2 电力企业安全文化建设    | 204 |
| 参考文献                 | 206 |

## 第十二章 安全评价与危险点分析 207

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 12.1 安全性评价概述                 | 207 |
| 12.1.1 安全性评价的意义              | 207 |
| 12.1.2 安全性评价的定义              | 208 |
| 12.1.3 安全性评价与人因分析            | 208 |
| 12.2 供电企业安全性评价模式             | 209 |
| 12.2.1 发供电企业安全性评价的内容和特点      | 209 |
| 12.2.2 三级查评                  | 210 |
| 12.2.3 两级评价及三级整改             | 210 |
| 12.2.4 供电企业安全性评价定量结果计算       | 211 |
| 12.3 危险点分析                   | 212 |
| 12.3.1 危险点的含义及特点             | 212 |
| 12.3.2 危险点分析预控概述             | 214 |
| 12.3.3 危险点与事故                | 215 |
| 12.3.4 危险点分析方法               | 221 |
| 12.4 安全性评价与危险点分析的比较          | 226 |
| 12.4.1 安全性评价与危险点分析的理论基础      | 226 |
| 12.4.2 安全性评价与危险点分析是事故预防的重要手段 | 226 |
| 12.4.3 安全性评价和危险点分析的比较        | 227 |
| 12.4.4 安全性评价和危险点分析应该同时开展     | 227 |
| 12.4.5 结论                    | 228 |
| 12.5 模糊数学理论在安全评价工作中的运用       | 228 |
| 12.5.1 概述                    | 228 |
| 12.5.2 模糊数学理论简介              | 229 |
| 12.5.3 模糊数学理论在安全性评价中的运用      | 230 |
| 参考文献                         | 231 |

## 第十三章 安全心理学与电力人因事故预防 232

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 13.1 安全心理学概述      | 232 |
| 13.1.1 安全心理学的主要内容 | 232 |
| 13.1.2 安全心理学的研究方法 | 232 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 13.2 各种心理现象的含义 .....               | 233        |
| 13.2.1 感觉和知觉 .....                 | 233        |
| 13.2.2 需要与动机 .....                 | 233        |
| 13.2.3 注意 .....                    | 234        |
| 13.2.4 思维、情感和意志 .....              | 235        |
| 13.2.5 记忆 .....                    | 235        |
| 13.2.6 能力、性格和气质 .....              | 235        |
| 13.3 事故原因的安全心理学分析 .....            | 236        |
| 13.3.1 事故原因与心理因素之间的关系 .....        | 236        |
| 13.3.2 导致事故的心理因素 .....             | 236        |
| 13.3.3 事故临界时的心理状况剖析 .....          | 238        |
| 13.4 安全心理学对电力人因事故预防的指导 .....       | 239        |
| 13.4.1 运用安全心理学搞好安全管理 .....         | 240        |
| 13.4.2 运用安全心理学进行安全教育 .....         | 241        |
| 13.4.3 运用安全心理学建设企业安全文化 .....       | 241        |
| 参考文献 .....                         | 244        |
| <b>第十四章 “人—机”工程学与电力事故预防</b> .....  | <b>245</b> |
| 14.1 “人—机”系统概述 .....               | 245        |
| 14.1.1 “人—机”系统的定义 .....            | 245        |
| 14.1.2 “人—机”系统理论的要点 .....          | 245        |
| 14.2 “人—机”系统可靠性 .....              | 246        |
| 14.2.1 “人—机”系统可靠性的描述 .....         | 246        |
| 14.2.2 人的可靠性分析 .....               | 248        |
| 14.2.3 人的可靠性模型 .....               | 249        |
| 14.2.4 人的工作可靠性预测 .....             | 251        |
| 14.3 “人—机”系统理论对电力事故预防的指导 .....     | 252        |
| 14.3.1 “人—机”系统可靠性设计 .....          | 252        |
| 14.3.2 加强对电力生产作业过程中人员的安全管理 .....   | 253        |
| 14.3.3 加强电力生产作业过程中的机器设备的安全管理 ..... | 254        |
| 参考文献 .....                         | 254        |

# 现代电力工业概述

电力工业是国民经济的基础行业，是实现社会经济持续稳步发展和现代化的战略重点。电力工业是用现代科学技术装备的行业，它是电力能源资源转换、传输、分配高度集中统一的社会化联合大生产系统。它既有现代化一般工业社会化大生产的共同特点，又有区别于其他工业的自身基本特征。

## 1.1 电力工业的基本特征及主要性质<sup>[1]</sup>

### 1.1.1 电力工业的基本特征

电力工业的基本特征是，电能生产、流能和消费与电网的发电、供电和用电环节紧密相连，随发随用，随用随发，瞬间同时连续进行；每时每刻，电力生产、转换、输送、分配和使用在功率和能量上必须严格保持相对平衡。为此，电网必须具有一定数量和质量的备用发供电生产能力和发电能源资源，以随时保持这种功率和能量的相对平衡。这是电力企业充足、合格和廉价地向电力用户供电的基本条件。

电力工业基本特征的表述，充分地揭示了电力生产经营活动的客观规律，它是搞好电力企业管理，不断提高管理水平和推行电力企业管理现代化必须遵循的科学依据。

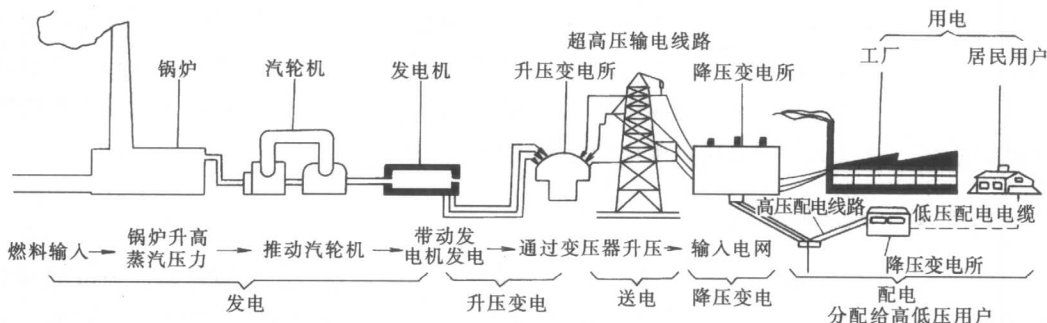


图 1-1 电力生产流通过程示意图

### 1.1.2 电力工业的主要性质

根据电能在国民经济中的地位和作用、其本身的发展规律，电力工业的主要性质表现在：

(1) 电力需求平均增长速度超前于国民经济平均增长速度的客观规律，决定了电力工业是一种具有先行发展性质的基础产业。只有这样，才能保证向国民经济提供充足的电力，促进国民经济持续稳步的发展。

(2) 电力应用的广泛社会性和不可缺少性, 决定了电力工业是一种具有社会公用服务性质的公用事业行业。因此, 要认真贯彻“人民电业为人民”的宗旨, 搞好用电服务, 不断改善和提高服务质量, 充分发挥电能的社会经济效益。

(3) 电能是一种无形的、不能储存的优质二次能源, 电能的生产与消费瞬间同时进行, 决定了电力工业是一种具有与电力需求直接对应性质的供需一体化产业。

(4) 电网将一次能源转换成为电能, 同时直接将电能输送、分配和销售给分散的大量的各种类型电力用户, 决定了电力工业是一种具有转换性质的能源转换产业, 为能源联合生产提供了条件。

(5) 电能生产、输送、分配工艺技术复杂, 自动化程度高, 需要庞大的高效率的先进发电、输变电和配电设备和设施, 需要大量资金, 决定了电力工业是一种技术和资金密集型的产业。因此, 要用先进科学技术装备电力企业。

## 1.2 电力企业的分类

电能的生产、流通和消费过程是一个不可分割的有机体。电能的生产、传输、变换、分配和销售与电网的发电、输电、变电、配电和用电紧密相连。

电网中的各种类型发电厂集合为电源子系统, 各种类型的输变电设备和配电设备分别集合为输变电子系统和配电子系统, 这三个子系统组成电网的主体, 称为电网的主系统。电网除了主系统之外, 为了调整、监督和控制电网的正常安全经济运行, 还要装备和配备各种保护、监测、控制、远程通信与调度等设备和设施, 它们分别集合为相应的若干个子系统。

电网的基本组成包括各种类型的发电厂、不同电压等级的输电线路、变电所、配电站、配电线路以及电力用户。图 1-2 是一个较大电网构成示意图, 其中包括若干大型水电厂、火电厂、核电站和中小型发电厂, 500kV、220kV、110kV、35kV 不同电压等级的输变电子系统, 以及低压配电所、配电线路和各种电力用户。

### 1.2.1 电源系统

(1) 电源系统的基本功能。电网中各类型的发电厂是将第一次能源转换成为电能的生产转换子系统。其基本功能是按电网调度计划和运行方式, 将发电一次能源, 如煤炭、石油、水力、核燃料等转换成电能, 并按电网调度进行统一平衡。

(2) 发电厂的种类。自然界存在的能源种类繁多。目前广泛用于发电的能源有河水或湖水所具有的位能以及煤炭、石油、核燃料等所产生的热能等。利用这些能源发电大致可分为水力发电、火力发电和核能发电几种方式。

1) 水力发电。水力发电简称水电, 是将高处的河水或湖水通过适当的方法导流, 引至下游的水电站, 利用落差推动水轮机旋转, 从而驱动发电机发电。水电站通常根据获得落差和用水方法不同分类。按落差方法分类有: ① 引水式水电站, 即利用河流的坡降, 通过引水道获得落差的发电方式。② 大坝式水电站, 即拦河建高坝获得落差的发电方式。

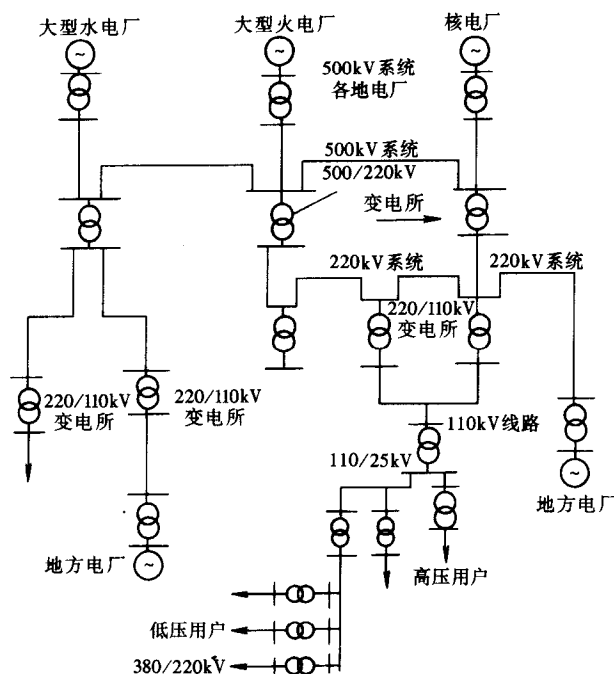


图 1-2 电网基本构造

③混合式水电站，即引水和大坝两种方式结合的发电方式。④抽水蓄能式水电站，即具有上部蓄水库和下部蓄水库，利用夜间或节假日等剩余电能通过水泵将水抽到上部蓄水库，在用电高峰时间利用上部蓄水库的水发电方式。按用水方式分类有：①径流式水电站，即不调节河水流量，利用原状河水的发电方式。②调节水池式水电站，即根据一昼夜或一周内的负荷变化调节河水流量的发电方式。③水库式水电站，即根据季节变化调节河水流量的发电方式。④抽水蓄能式水电站。即用水泵抽水蓄能的发电方式。

2) 火力发电。火力发电简称火电，是将煤炭、石油、天然气等燃料燃烧所得的热能通过适当的动力机械转换为机械能，再通过发电机将机械能转换为电能的发电方式。

按动力机械分类有：①蒸汽发电，即燃料在锅炉内燃烧，利用其热能产生高温高压蒸汽，进入汽轮机转换为机械动力，再通过发电机转换为电能的发电方式。这种发电方式在火力发电中占主导地位，通常所说的火力发电多指蒸汽发电。②内燃机发电，即使燃料进入内燃机，将燃料所具有的热能直接转换为机械动力，驱动发电机发电的一种方式。所采用的内燃机有柴油机、汽油机和燃气轮机等，内燃机发电由于单机出力不大，多用于尖峰供电电源，以及作为紧急电源。

按使用燃料分类有：①燃油火电厂，即燃烧重油、原油、粗汽油等石油燃料的火电厂。由于石油是极其宝贵的化工材料和战略物质，所以燃油火电厂的发电比重将逐年减少，不用或少用石油作为发电燃料。②燃煤火电厂，即燃烧煤炭的火电厂，目前我国火电厂中占据主导地位。③燃用可燃气火电厂，即利用液化天然气和液化石油气等地下资源，也有的利用钢铁厂高炉的副产品——高炉煤气等燃料的火电厂。④混烧火电厂，即能

够将煤炭与石油或石油与煤气混合燃料的火电厂。

此外，内燃机火电厂常使用重油、柴油做燃料。

按发电供热分类有：①凝气式火电厂，是纯发电的火电厂，其发电量取决于燃料供应和负荷需要情况。它的热效率比较低，一般为 25% ~ 35%。在夏季，由于火电厂循环水温升高有时可能限制机组出力，因而降低了其经济性。它可以燃烧各种燃料，是我国火电厂中的主体。②供热式火电厂。一般称为热电厂，即发电兼供热。热电厂的汽轮机按其供热方式分为背压式和抽汽式两种，背压式机组的发电量和工作容量完全取决于热负荷的需要，效率很高，可达 70% 左右。抽汽机组有比较灵活的电力容量，在满足热负荷的同时，可以按着电负荷的方式改变工作容量，可灵活降低其热效率。当热负荷在 80% 以上时，效率可达 40% ~ 50%，当热负荷很小时，效率可能下降到 25% 左右。

3) 核能发电。核能发电简单说来就是用核反应堆来代替火力发电厂的锅炉。也就是说不用燃烧煤炭、石油等燃料产生蒸汽，而代之以在反应堆内使核燃料有控制地发生裂变，利用裂变时产生的热来生产蒸汽，用蒸汽驱动汽轮机，带动发电机旋转发电。

目前，根据铀燃料的浓缩度、缓化剂和冷却介质的不同可以分为天然铀石墨气冷堆、压水型轻水堆和沸水型轻水堆和重水堆等。

4) 其他发电方式。除水电、火电和核电之外，还有规模较小但已实际应用的地热发电，以及尚未达到实用化程度的发电方式，如太阳能发电、风力发电、海水波力发电、潮汐发电、磁流体发电和核聚变发电等。

### 1.2.2 输变配电系统

(1) 输变配电系统的基本功能。电网中的输电、变电、配电系统是电能输送、变换、供应和分配系统。其基本功能是将电源生产的电能可靠地、高效率地送到用电地区并分配给电力用户使用。它具有—般物资流通领域类似的大量输送、集合、分散和分配的组合作用。

(2) 输变配电子系统的结构。为了适应用户与电源的不同地理分布并可靠、高效地满足发供电的需要，输变配电子系统一般有若干集合和分散过程。在横向具有按电源、电力用户分布的广阔地域布局；在纵向具有按电压等级的分层功能结构。

1) 电网的上层结构。从电源到区域或枢纽变电所的输变电子系统，一般由升压变电所和输电线路组成。其功能是向供电地区输送或汇集电能，为电网的上层，是电网的主干“骨架”，有 750kV、500kV、330kV 等电压等级。

2) 电网的中层结构。由区域或枢纽变电所向负荷地区分散送电的线路和变电所为电网的中层，其电压通常为 220kV、110kV。

3) 电网的下层结构。配电子系统是电网的末端向电力用户直接供电的电能分配子系统，由配电站和配电线路组成，为电网的下层。根据用户不同用电需要，分为高压和低压配电子系统。高压配电子系统的高压等级一般有 35kV、10kV、6kV。为了提高供电能力，简化配电子系统，降低线损，大城市高压配电子系统逐渐采用 220kV、110kV 电压等级供电。低压配电子系统一般采用 220V、380V 电压供电。