

电力工业可靠性管理

第 一 集

电力工业可靠性管理编辑委员会

电力工业可靠性管理编辑委员会

主任委员：沈根才

副主任委员：吴竞昌 毛钧焄 俞民基 董希文

委员：（以姓氏笔划为序）

白同朔 阎超 陈士土 李昌龄 杨蔚百
张德平 姚抚城 胡修谱 费翊群 程侃
郭永基 谢宗林 韩祯祥

电力工业可靠性管理

第一集

*

电力工业可靠性管理编辑委员会编辑并出版

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 31印张 706千字

1983年10月第一版 1983年10月北京第一次印刷

印数00001--15000册

*

内部发行 工本费3.60元

前 言

这本文集的编印，是去年十一月在杭州开会（全国电力工业可靠性工作汇报会）商定的。目的是为了向我国电业界介绍国外电力可靠性工作的大致轮廓，借以扩大眼界，打开思路，弄清国外的实际情况。

这是一套丛书的第一集，今后拟陆续出刊。为了争取时间，先印出六十万字左右。还有几十万字的稿件，将在第二集刊出。以后可能厚薄不等的出一些专集，既介绍国外情况，也介绍国内情况。

对于可靠性技术，从七十年代初开始，我们就注意了。一九七一年，建议引进了宫田秀介的《电力系统计划与运行》和关根泰次的《电力系统工学》两书，其中，都有专章系统地介绍了电力系统可靠性问题。一九七三年，情报所介绍了国外由机组强迫停运率等决定备用系数。一九七五至一九七七年，北京勘测设计院、北京电力设计院、西安交大、重庆大学、清华大学等单位，均有人着手研究电力工业可靠性问题。一九七五年北京电力设计院在上古林变电站设计主结线时曾试用过概率法。一九七八年，我国电机工程学会代表团，应邀访问美、日，就便也向西屋电气公司、杜克电力公司、大平洋GE电力公司、东京电力、关西电力、日本电力中央研究所等单位，了解他们关于可靠性工作的情况。在一些积极分子建议和推动下，水电部情报所、原科技委、生产司、原规划设计管理局、电力科学院、华东电管局等单位都陆续关心和推动可靠性工作。一九七八年前后，原水电部规划设计管理局安排北京水电勘测设计院开展电力系统可靠性应用工作。此后，自一九七九年开始，很多单位普遍行动起来。四年间，做了很多工作，概括起来大致有如下几个方面：

（1）在原规划设计管理局及部科技委召开座谈会之后，清华大学与330设计院、西北电管局、西北电力试验所、西北电力设计院、西安电力设备制造公司，昆明勘设院，浙江省电力局与北京、华东勘设院、浙江省电力试验所、省电力设计院等单位开展水电站电气主结线可靠性研究，先后在丹江、刘家峡、新安江、富春江进行了调查统计，计算了鲁布格、五强溪、水口、龙羊峡等电站的设计方案。

东北电力设计院、河北省电力设计院等也开展了一些可靠性研究工作。

（2）云南和浙江对220千伏变电站电气设备进行统计分析。浙江省电力局后又以宁西变及奉化变为试点，制定了统计分析办法，1982年10月，正式颁发“高压变电所电气设备可靠性指标统计暂行规定”，全省执行。

（3）在生产司委托下，云南电力试验所和重庆大学（昆明勘设院也参加过一段工作），先后在宣威电厂、以礼河水电站对发电设备进行了长期的调查统计，拟定了电厂发电设备可靠性指标统计办法。1982年12月，经西南电管局召集会议，明确自1983年起，云南各电厂普遍实行，四川、贵州各指定了四个电厂继续试点。此外，华北电力学院在保定热

电厂，吉林电力学院在吉林热电厂也作过一些发电设备调查统计。

(4) 华东电管局及华东中试所对全国125机组进行可靠性数据统计分析，推动了125机组的可用率的提高。从1982年初开始，正式通知华东各电厂对10万千瓦以上机组进行可靠性数据统计。从1982年四季度开始，华东中调及各厂每月对大机组可用率进行一次分析。此外，还颁发了高频保护统计办法。

(5) 西安热工所在科技司支持下也开展了发电机的可靠性评价方法的研究，并于1982~83年配合西北电管局在秦岭、韩城两电厂进行试点。

(6) 在电力系统方面，西安交大和电科院在对系统可靠性计算进行理论探讨之后，并就一些联网规划方案进行可靠性效益预测。西安交大在西北电力设计院和西北电力试验所的配合下做了陕甘联网，宁夏与陕甘青联网；电科院做了香港—广东核电联营联网，河南—河北—京津唐联网。

(7) 在配电方面，济南供电局、沈阳电业局、上海沪北供电所均开展过用户供电可靠性统计。

(8) 在向国外学习方面，译出了一些重要文件及书籍，如清华大学和昆明勘设院译出了《国际电工委员会可靠性名词术语IEC-271号文件》，情报所译出了ANSI/IEEE的《统计、评价发电设备可靠性、可用率和生产能力用的术语定义》和美国全国电力可靠性协会(NERC)的《发电设备可用率报告统计规程》，西安交大译出了《电力系统可靠性模型》，生产司译了《发电厂的改进》。近三年各单位并派了一些同志到国外进行可靠性学习或考察：电科院去美国G.E.；浙大去美国B.P.A(邦维尔电力公司)及纽约州联合电网；上海交大去加拿大就学于Billinton先生；西安交大去法国；电力部派人去法国电力公司；情报所与生产司去英国；科技委参加美国电气与电子工程师学会(IEEE)的动力工程师学会(PES)的1980年冬季会议，并去曼谷参加世界银行举办的“电力工程经济评价与管理”讲习班。

(9) 在向外学习的同时，也向各级人员开办过一些学习班，进行介绍宣传，几个大学和情报所编了不少讲义，承担讲课，中科院应用数学所、系统科学所等也给予不少帮助。参加学习的有网局、省局总工程师，有局、厂长，有电力设计院的系统室主任，有规划工作的负责人等等，并在几个省市的电机工程学会上进行宣传。

(10) 西安交大，重庆大学，清华大学，浙江大学等均有电力可靠性的专题科研组。西安交大开设了“电力系统可靠性”的选修课程。一些院校也已经和即将招收电力系统可靠性方面的研究生。

(11) 在学会方面，中国电机工程学会的电力系统专业委员会举行了多次有关可靠性方面的学术会议，对名词术语等进行专项研究和讨论。中国水力发电工程学会也成立了可靠性工作组。部内司局正式组织可靠性工作的，除1980年4月，生产司在全国中试所所长研究班布置了云南中试所试点外，1980年5月科技委与电力建设总局联合召开可靠性会议，总结了以前工作，确定当前以宣传、建立指标为主，安排了一批任务。1981年3月，科技委、生产司、电总又在宁波召开了“电力设备可靠性指标统计方法讨论会”，会上，推定三个召集单位及有关单位共同组成可靠性工作组，推动可靠性工作。同年10月，在北

京召开过一次工作组会议。1982年3月,新的水电部成立之后,机构有所改变,办公厅政策研究室负责综合企业管理和企业整顿工作,而电总已撤销。因此,在上述1982年11月杭州会议商定,由办公厅、科技司、生产司、情报所共同领导可靠性工作,而由办公厅牵头。

(12)在电机、电器制造部门,也有的开展了可靠性预测或设计工作,如北京开关厂在可靠性设计方面,提出正交实验法,得到日本和美国有关单位的赞赏。

总之,从1979年到1982年,大家热情很高,在理论上进行了学习和研究,在实践上对各方面进行了统计分析的试点和规划方案的预测。但从整体来说,我们对国外的可靠性工作还是了解得很不够,我们见到书面文章多,对国外电业的可靠性管理的实际了解少;对美国的资料见得多,对其他国家的见得少。仅仅凭这样一点认识,要全面开展可靠性工作,是不妥当的。因此,杭州会议提出,当前要集中力量,首先搞清国外电业部门究竟实际是怎么搞的,特别是几个主要国家,如美、英、法、日、苏。经过大家分头搜集,得到了近百万字的资料,这些都是属于实际做法方面的,准备分两集印出。这一本首先照顾了各个方面,以便读者对国外可靠性工作有个轮廓了解。

* * *

国外的可靠性技术和理论的形成,首先是在军用电子工业领域,在美国形成。用定量方法评价可靠性,在第二次世界大战末期已经采用,R.Lusser与E.Pieruschka计算过德国V-1飞弹的动作概率。以后,美国真空管发展委员会(VTDC)研究飞机用真空管,1940~1953年,美国Vitro研究所与Bell研究所研究了与真空管联接的电阻、电容、变压器、继电器等。侵朝战争后,为了解决军用雷达等问题,定量的可靠性才广泛应用。1950年,美国国防部成立关于可靠性准备委员会,1952年成立常设委员会AGREE(Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment),1957年发行“AGREE军用电子设备可靠性标准”,开始可靠性设计。1956年,Moor,Shannon研究了高可靠性系统及冗余理论,可靠性理论于是成立。其后,计算机及情报处理技术急速发展,宇宙开发综合化,可靠性的重要性普遍认识。民用方面,发展较迟,认为花钱得不偿失。后经电视广泛宣传,较多公司发现,有效的可靠性计划从经济上有好处。在六十年代里,可靠性工作得到很大推动。为了在企业管理和质量控制方面重视可靠性,不得不费力论证可靠性的必要性,论证可靠性工作的组织和领导中采用企业管理原则的必要性,因而在可靠性数学理论和可靠性工程和管理都有很大发展。可靠性已成为系统工程的一个重要方面,它成为评价整个系统生命周期的一个最基本的判据。

国外电业,本来对事故都有统计分析,对电网备用容量有不同规定,有的也作过概率分析。对于某些电器设备,制造厂也有质量保证。但是,有意识地运用在电子工业形成的可靠性理论于电力工业,则是六十年代开始以后的事。

一方面,迫于社会压力。国民经济愈现代化,人们对电的依赖愈深,对供电的要求也愈高。六十年代,国外正是电视、计算机、空调普及的时期,宇航工业也日益发展,这些都要求供电高度安全可靠,电压周波高度合格。另方面,电网发展愈来愈大,机组容量大了,由十万千瓦左右一台上升到二、三十万千瓦,又到五、六十万千瓦一台,广泛采用中

间再热机组，控制复杂了，一台机组出事故，往往影响很大。电网规模扩大，联网增多，并广泛发展了275，380，500千伏长距离超高压电网，稳定问题突出起来，一旦失去稳定，影响甚大。因此，如何合理地保持供电可靠性成为越来越不可忽视的问题。

在美国，有些电力公司采用了种种不同的对用户的供电可靠性指标，如“电力不足概率”（LOLP），“电量不足概率”（LOEP），“停电频率~时间持续曲线”，有的采用“供电愉快度”。日本于1961年研究了美国的办法，确定采用“出力不足预计天数”或“供求度”，并以此计算电源可靠度。英国在1961~63年间，由于输配电事故引起用户大面积停电，促使供电部门修订可靠性标准，修订时发现缺乏适用的事故统计数据，口径不一，因此，1964年成立一个工作组，制定国家标准事故和停电报表，于1965年4月1日全国开始推行。与此同时，开始广泛研究可靠性工作，主要是对系统事故的频率、原因及停电持续时间的统计分析，系统负荷特性的研究分析，停电损失、提高可靠性的费用及经济效益的研究计算等。日本火力开发研究会的可靠性研究委员会，于1962年4月，也首次进行了输电可靠度的研究，提出了计算程序，明确了一些可靠性的术语定义。苏联也于1963年，发表了第一篇关于用概率方法研究由发电厂并联运行破坏引起电力系统可靠性降低的著作，以后还发表了类似的著作，有的试图综合考虑系统稳定的和不稳定状态对用户供电可靠性的影响。总之，这四、五年间，这些国家的电力工业都开展了可靠性研究。

1965年11月9日，美国东北部系统（包括纽约）发生大停电事故，引起社会秩序紊乱。这是国际电业史上一次重大事故。此前此后，其他国家也发生了一些电力系统大面积停电事故，但以纽约事故为最大。此后，各国都大大地注意了电力系统的可靠性问题。1968年在美国政府推动下，成立了美国全国电力可靠性协会（NERC），全国分成九个安全协调区，各地电力公司分别参加，共同拟定各自的可靠性准则，规定在种种事故情况下，电力系统不得产生连锁反应。例如有的规定，当一个电厂全厂停电，或一条线路走廊的输电线全垮，或一个变电站某一级电压的设备全垮，均不得发生连锁反应。他们也规定“电力不足概率”（LOLP）的指标值作为规划电网的基本指标，即必须达到这个指标后再考虑费用最佳方案。但是，有的如杜克电力公司系统规划的负责人也说明，他们在编制电网规划时，只是按准则办事，不作烦琐计算。这些准则，在美国并不具有法制效力，只是同行业的君子协定，但实际上都是照办的。不仅美国，连日本也多依此办事。在欧洲，则普遍实行“ $n-1$ ”原则，即在 n 个电厂，或 n 条线路中，允许1个或1条出事故，而不影响向用户供电。

美国的NERC，据他们自己讲，成立时是“静悄悄的”，不为世人所注意，但十几年来，愈来愈为人们所重视。1981年，改称为北美电力可靠性协会，简写仍为NERC。他们接管了爱迪生电气学会（EEI）二十年的事故统计分析记录，并重新进行了整理，他们与美国电力研究协会（EPRI）合作，对从联合系统到发、输、配电乃至用户用电，均拟定可靠性准则。而各个电力公司内部，无论是公营的邦维尔电力局（BPA），或纽约州联合电网（New York Power Pool），其内部也制订了种种可靠性准则或标准，对系统、设备、运行、维修乃至用户服务都提出要求。美国和加拿大的电厂，一般都认真分析机组的可用率，详细记录强迫停运（FO）情况，因为这是制订电网规划的重要依据。据1980

年来华美国展览会介绍，有的顾问公司正向电厂建议推行P-A-R制度，即以三个指标：P (Performance, 运行性能)，A (Availability, 可用率)，R (Reliability, 可靠度) 来改进电厂工作。在电力公司的供用电单位，一般对用户停电都有认真的记录，记录停电容量及时间，因此，都能说出本公司所达到的供电可靠度。电业部门的种种事故记录，并都反馈到设计顾问公司和制造厂，作为他们改进设计和设备制造的依据，据依柏斯顾问公司 (Ebasco) 介绍，他们三者之间的联系是很密切的，设计和制造必须为电力公司服务，Ebasco不仅掌握所设计的电厂的事故情况，且经常回访，以不断改进设计。

在日本，1965~68年，又由电气事业联合会，召集了电力系统整備协商会，组织专家进行研究，拟定了供电可靠度的定义，和电力送、变、配电设备发生事故时，用户供电可靠度的表示方法和计算方法。他们在统计分析用户的平均可靠度之外，并拟单独统计分析由于大面积停电和长时间停电事故所形成的个别可靠度。在日本，未见有象美国那样成套的可靠性准则，但从他们1972年的停电次数比1966年下降70%来看，他们实际上是做了很多工作的，他们以全面质量管理和安全管理的名义改进了设备制造质量，加强了电网结构，加强了电网的稳定控制，有些方面他们比美国做的更认真、更好，到1975年，已使人们不感到有停电存在了。“回想战后长期的大停电，如有隔世之感”。

在英国，电力是国营的。在电力委员会之下，设有中央发电局 (CEGB)，管大电厂及275、400千伏主网，这方面的可靠性和安全准则由它制订；另有12个地区电力局，管132千伏及以下的配电，这方面的准则由电力委员会制订。英国绝大部分是火电，而且严寒影响很大，发电计划的备用容量裕度是根据尖峰负荷需要和对寒潮的概率二者的风险度法来确定的。按照规定的供电安全标准，确定为满足电网总负荷所需的发电设备备用容量。在输电网规划设计方面，有四个标准，即发电厂接入系统的安全标准，互联输电网安全标准，大容量供电点安全标准，开关站一次结线标准。中央发电局并对事故统计和可靠性指标作了统一规定。英国自六十年代，完成275千伏升压成400千伏以后，主网结构大大加强，自称能用到本世纪末（英国地方小，线路不长），裕度较大。各级变电站多采用标准结线方式，即一站装四台同容量变压器，四条进线，十二条出线，高压分列运行，不装进线开关，大大简化网络结构，减小短路容量。在配电方面，英国电力委员会连年发表了指导性文件，1968年公布了新的安全供电规划设计导则（工程技术指导性文件P2/4），1975年发布全国设备缺陷表。1978年又修订了P2/4导则，发布新的导则（工程技术指导性文件P2/5）。对系统事故和停电报表，和设备缺陷表也几经修改，最近一次为1979年。1980年11月又对某些高压系统的典型事故进行编码填报，发了指导性报告。英国的停电报表中，规定使用户停电持续时间1分钟（及以上）而在24小时前未通知用户的事件，以及使运行中的电力设备或回路不能担负正常负荷或承受故障电流达1分钟及以上的事件，均需填报。

法国电力公司 (EDF) 也是国营，我们未能收集到他们关于可靠性管理的全面情况。但从电厂和配电局了解，他们将电厂设备可用率及对用户事故停电作为工作质量指标进行统计，虽不追责任，但统计分析均很认真，填报均有统一的详尽的规定和计算公式。电厂统计可用率，花很多功夫，是每天统计工作的主要内容。1981年，法电的常规高压发电设

备可用率为70.3%（按扣除厂用电出力的净出力计算）。配电站、配电所及配电中心也均设有专人对用户停电时间进行统计、计算、分析，作为改进设计的依据。1981年全年中压用户平均每户停电3小时58分，低压用户7小时18分。法国电厂规定机组负荷甩到零就算事故，1980年每月每台机发生事故1.5~3次，他们并不追究责任，但认真记录分析，事故报告由运行主任填写，一式8份，送制造厂、设计、施工及所有有关上级，供技术分析。由于有足够的备用容量，电厂虽然发生停机，但并不影响向用户供电。

在苏联，1968年颁发了第一个关于可靠性的国家标准ГОСТ-13377-67，《技术中的可靠性名词术语》。到1969年为止，召开过两次全苏电力系统可靠性和稳定性讨论会，并出版了文集。1970年，苏联电力和电气化部颁发了《关于进一步加强电站、电力网和热力网的生产工作的措施》的命令，提出提高电力系统的可靠性，提高设备安全性，保证电力用户连续供电，提高运行水平和运行人员的专业水平是各电力企业的中心任务。1976年颁发了另一个国家标准ГОСТ-20738-75，《可修复设施的综合性可靠性指标的计算》。1980年又颁发新的国家标准ГОСТ-17510-79，《技术中的可靠性信息收集和加工系统、观测计划》，并出版了苏联科学院鲁津科主编的《动力系统可靠性术语》。1980年底，苏联已将分属西伯利亚、中央亚细亚和欧洲电力系统的88个电力系统联成统一系统，装机2.27亿千瓦，年发电11000亿度。据报道，1982年初，苏联电力和电气化部在哈萨克共和国召开了全苏电力和电气化部属电力企业、电力系统、联合电力系统降低运行设备事故、提高可靠性会议。有部属156个单位、184人参加。由第一副部长巴里索夫主持，苏联国家电站及电网运行监察总局斯达楚克作报告。会议通过了《关于进一步在发电厂、电力网和热力网中加强生产工作，提高设备和工艺系统的工作可靠性的措施》的命令草案。

总之，二十多年来，这几个国家都开展了可靠性工作，取得了很大的成果。他们的机组容量和电网规模，都增长三、四倍或以上，经济效率有很大提高，但用人增加不多，安全情况大有改善，用户的用电可靠度大大提高，供电质量也大大改善。

从这些国家的实际做法来看，对于电力工业的可靠性工作，大致可以得出以下几点概念：

（1）电力工业的可靠性与安全、质量是不可分的。——美国叫可靠性准则，英国叫安全导则，实际是一回事，其目的都是要合理地保证用户的供电可靠度。电网供电的技术特点，是周波、电压、安全三者密不可分，不能设想周波、电压质量不好而能取得电网运行安全，也不能设想电网安全状态不好而能保证周波、电压的质量良好。

（2）要解决供电可靠性问题必须从规划、设计、设备制造、施工、生产运行、维护检修乃至人员培训各方面都要讲究可靠性。——因为电网可靠性（安全）是各项工作的综合表现，任何一个环节出问题都将影响到供电可靠性。电业是装置性产业，电网结构的强弱，发供电设备的质量与寿命，这些先天条件对保证可靠性有极大影响。同时电网运行又是分秒不停，各个环节紧密相连，任何一个误操作和检修不良，同样，要威胁可靠性。所以，电力工业的可靠性问题，是个全面性的问题。本文集为此挑选了论述各个环节可靠性的文章，以见一斑。

（3）评价电力工业的可靠性问题，可用某种数量概念进行评价，例如供电可靠率；

也可用某些准则来衡量。——因为一个电网联系成百个电厂，成千项送变电，成万个用户，地域甚广，情况千差万别，有时难以用一个数量指标来衡量是否合理，因而不得不取某些大体状态，进行判断，本文集摘译了美英等国的一些准则以供分析。

（4）电力工业的可靠性理论，还需要从电业本身的客观规律出发，进一步发展。——日本的宫田秀介，苏联的鲁津科都提出，电力工业与电子工业不同，目前，用从电子工业形成的可靠性理论，来解决电力可靠性问题，并不完全适当。还需要根据电业特点，进行探讨。鲁津科认为电力系统是大系统问题，将通过研究电业可靠性的理论、计算、模拟和专门预测方面导致产生自己的科学方向——“大型动力系统的可靠性理论”。

毛主席过去多次讲过，研究问题，要从实际出发，不要从定义出发。当前，可靠性理论中采用的术语定义，很多是从电子工业中形成的，如果从定义出发，有时往往说不清，因此，我们应该不断地学习国外电业二十年来在可靠性方面的实践经验，以建立一些符合客观实际的概念，并根据电力系统和电力设备的技术特点，来分析和预测它的可靠性问题。

三十几年来，在我国电力工业中，也一直坚持“安全第一”的方针。在生产方面建立了一整套规章制度，加强了技术管理，实行计划检修和技术监督，推行了责任制度，开展安全竞赛和技术培训，曾经取得较高的安全记录。十年动乱，受到严重破坏。现在几经整顿，基本上已经恢复。去年，在进一步开展企业整顿中，我们提出，要求再经过三年的整顿，达到和超过文化大革命前的管理水平，并为现代化管理打下一些基础，其中就包括建立可靠性管理问题。

从近十几年的实际情况来看，要搞好发供电安全生产，仅仅依靠过去的办法是不够的。过去的办法存在两个明显的缺点，一个是它着重在运行、检修方面做工作，对其它方面缺乏要求。当前电网稳定破坏事故，很重要一个原因是规划安排不当，电网结构不合理，不从规划着手加强电网结构是不行的。至于厂址选择不当（山、散、洞），设计不合理，不留裕度，设备制造质量差，施工尾工遗留过多，等等，都说明仅仅抓运行、检修是不能搞好安全的，需要从规划到设计、制造、施工、运行、检修等各个方面，讲究可靠性才能解决。

另一个缺点是过去着重于从加强劳动强度（勤管、勤修、勤检查）来保证安全，而不是从技术上寻找办法确保安全。如果说，过去管小机组、小电网这样做还可以奏效，今后机组大了，电网大了，自动化程度要求高了，用户对用电的要求也高了，仍然停留在过去的管理水平上就必然要不适应了。例如：六十年代以后，电网规模扩大，国外普遍采用了自动频率控制与自动功率控制，普遍建立了强大的信息通道，而我们至今连必要的调度通讯还不能完全保证。又如机组增大，自动保护装置必须完备，并且要求经常达到正常运行。同时，自动停机的机会更多，电网如无必要的备用容量，必然引起紊乱。而我们现在国产机组的自动保护投入率很难达到100%，电网也几乎没有备用容量。六十年代期间，国外基本上解决了这些问题，在设备制造质量和使用寿命上基本上能够作出保证，并且努力使设备做到可以长期不修。在电网备用容量方面一般都保持20~30%。从技术上讲电是

无中外之分的，六十年代国外电业出过的问题，我们如不注意，肯定会出现（事实上已经出现了，1972年7月27日就出现了湖北电网全网停电的大事故）。六十年代，他们经过努力，使管理水平大大提高一步，这条管理现代化的路子，我们也必然要走。我们应该学习和掌握他们用以解决安全生产问题（电业一个带根本性问题！）的办法——可靠性管理，这是现代化管理的一项基础管理。

* * *

可靠性工作包括的环节是很多的，有：可靠性数学，可靠性分析，可靠性工程（包括可靠性预测，可靠性设计与评价，可靠性试验），可靠性管理。国内外的经验说明，要推动可靠性工作，应该抓住可靠性管理这个环节，以带动其它环节。

我们的概念：对于电力工业，所谓可靠性管理就是全面的安全管理或全面的质量管理。

这样的概念，在国外也有所出现。1980年苏联对“可靠性”的定义，解释为“可靠性是复合的属性，包括：不间断性，耐久性，可维修性，可保存性，保持稳定性，工况的可控性，寿命，安全性”。并正在讨论一个问题，是关于苏联电力部门如何将可靠性服务机构建立成为一个“进行可靠性分析，整理统计信息，制订电力系统设计、运行应用的可靠性计算方法和标准，对有关工业为动力工业生产、加工的设备仪器可靠性进行监督的唯一中心”。据说，“德意志民主共和国及其它社会主义国家也采取了类似的措施”。

从国外的经验表明，建立可靠性管理是很费时间的。美国1960年就已经开始了可靠性工作，到1980年才第一次制订《统计、评价发电设备可靠性、可用率和生产能力用的术语定义》，准备试行一年后才正式修订执行，前后二十年。至于输电、配电的停电数据统计，一直缺乏标准统计报表，直到1981年才由西屋公司在美国电力研究协会（EPRI）委托下，经过五年工作，提出了统一的表格。英国1964制订的国家标准事故和停电报表，几经修订，直到1979年作最近一次修订，前后也历时十五年。苏联1968年颁发了第一个关于可靠性名词术语的国家标准，《技术中的可靠性名词术语》，1980年又编出《动力系统可靠性术语》，前后也是十二、三年。这说明，问题不是那么简单，不是指定那个单位，编出名词解释，开个会，下一纸通令就能解决的。

我们必须深入地学习他们的经验教训，“择其善者而从之”。所谓“善者”，就是在方法方面考虑得更周到。所谓“从之”，就是系统地学习他们的做法，不要还没有十分清楚便这里学一点，那里学一点，凑起来不成个东西。这里应该遵从周总理过去讲过的：“一学、二用、三改”。解放之初，我们系统地学习苏联，虽不免有些囫圇吞枣，但究竟是成套输入，抄了近道。

我们希望以五年左右的时间，大体上建立起电力工业的可靠性管理，这其中包括：

（1）生产局、厂要建立统一的可靠性指标的统计分析，例如：可用率、强迫停运记录、用户停电记录、电力不足概率等等。并建立反馈渠道。

（2）规划部门在编制规划时，要作可靠性计算与分析，并逐步建立电力系统的可靠性准则。

（3）设计部门在编制设计时，要作可靠性计算与分析，并逐步建立各种工程设计的

可靠性设计导则。

(4) 制造部门对电机、电器制造, 要进行可靠性设计及试验, 对产品要提供效率、质量及寿命保证。

(5) 施工单位要建立质量管理。

(6) 科研部门和大专学校要开展电力可靠性的理论学习和研究工作。

可靠性管理既是全面的的安全管理和全面的质量管理, 它就不仅是少数专业技术人员的事, 而是广大群众的事业, 必须广泛地动员群众才可以完成。这里就提出一个问题, 即必须在深入进行研究的同时, 要广泛地进行宣传。要向各级领导干部进行宣传, 也要向具体工作的同志进行宣传。宣传可靠性是怎么一回事, 有什么作用, 要讲实际是怎么搞的, 也要讲一点基本理论, 为此, 本文集最后选译了两篇讲基本理论的文章, 供入门学习。要办学习班, 要试点, 并及时介绍试点的经验教训。我们到目前为止, 还懂得很少, 建立可靠性管理必然要有个摸索过程, 因此, 在推进工作时, 有关的行政领导应加强领导, 做好组织工作, 但不宜动辄采用行政决定, 而应该有领导地采用群众工作的方式, 发动群众、依靠群众、群策群力群言堂, 尽可能商量办事。这里, 要充分依靠学会, 开展工作。美国曾经依靠电视宣传, 我们当然也可以采用多种方法宣传。几年来, 我们见到很多同志, 以对四个现代化的责任感, 主动地宣传可靠性, 艰苦地学习可靠性, 我们应该充分尊重和组织好这支积极分子队伍, 并逐步建立起一支可靠性的专业队伍。

企业不可一日无制度, 在推行现代化管理的过程中, 必须先立后破, 釜底抽薪, 切不可再犯“先破后立”, “痛捣陈规”的错误。现行的安全管理、事故统计、质量管理、生产管理等等制度, 不能放松仍应坚持。华东电管局在推行125机组可靠性统计分析时, 特别申明不影响当前的安全统计和考核, 这是十分必要的。

* * * * *

这本文集, 是在很短时间内, 经过很多积极分子的努力编译出来的。去年十一月末商定后, 三十多个单位提供了很多难得的宝贵资料, 二月间经编委会定题, 由二十多个单位四十几位同志在两个月之内, 译出了近百万字的文章。为了争取时间, 拟在九、十月间印出, 以供内部开办学习班之用, 不得不对文字校改上放低一些要求, 力求译意不错, 不求文字考究, 各国所用名词不一, 一般均按原文, 不作统一(只是少数很通用的进行了统一)。我们一方面对热心的译者、校者表示感谢, 对在编辑过程中给予协助的同志表示感谢, 对于参予出版工作的同志在很短的时间内出了这本书, 表示感谢。另一方面也希望广大的读者指出错误之处, 以便订正。

如果这本文集能使读者对电力可靠性有一个粗线条的轮廓的了解, 就算达到目的了。

沈根才

一九八三年六月

F426.6
5413-1

定价： 3.60 元

目 录

前 言

第一部分 一些国家电力工业可靠性管理概况

北美电力可靠性协会 (NERC) 概况	(1)
美国电力系统可靠性技术概述	(16)
英国中央发电局 (CEGB) 所属超高压系统的可靠性管理概况	(28)
英国配电系统可靠性管理概况	(41)
西欧部分国家电力工业可靠性工作概况	(48)
苏联电力工业可靠性管理概况	(53)
日本电力工业可靠性管理概况	(58)

第二部分 一些机构发布的可靠性准则和标准

北美电力系统互联委员会 (NAPSIC) 的运行可靠性最低准则	(72)
美国电力系统设计可靠性准则	(81)
美国东北区联网协调委员会 (NPCC) 的几个可靠性准则	(95)
纽约州联营电网 (NYPP) 长期计划与短期运行极限值的设计标准	(114)
美国邦维尔电力局 (BPA) 的可靠性准则和标准	(117)
英国安全导则及安全标准	(147)

第三部分 可靠性技术在电力系统中的应用

美国通用电气公司 (GE) 在电力系统规划中使用的可靠性方法	(160)
电力系统和电力网络设计中的可靠性计算	(175)
电力系统规划中调峰蓄能电站运行备用功能的定量评估	(189)
关于英国中央发电局的电网故障的评价	(196)
电力系统可靠性的暂态稳定方面问题	(202)
统计、评价发电设备可靠性、可用率和生产能力用的术语定义	(209)
发电厂的改进	(225)
美国电力可靠性协会1970~1979十年期间发电设备可用率报告	(247)
美国依柏斯咨询公司在火电厂设计方案比较中计及设备可用率影响的两个实例	(269)
电气主结线可靠性计算用的表格法	(277)
应用可用率分析技术提高发电厂的生产能力	(288)

设备可靠性的经济评价方法与应用	(297)
发电厂备用升压变压器的经济评估	(304)
亚临界火电机组实际运行中的可靠性分析	(310)
按运行可靠性来确定汽轮机的检修间隔时间	(321)
根据新的NERC 发电设备可用率数据系统(GADS)改进发电厂可用率的方法	(326)
发电厂故障历史纪录	(330)
配电系统可靠性与其投资的关系	(352)
断路器在运行中的故障和缺陷的第一次国际性调查	(359)
500千伏六氟化硫全封闭组合电器 (GIS) 的可靠性试验	(411)
超高压变电所可靠性分析	(422)
可靠性理论的基本概念和准则在继电保护中的应用	(429)
电压为500千伏以上的输电线路绝缘子的可靠性	(436)
超高压变电站空气绝缘运行可靠性的评估	(441)
用于可靠性分析的概率与统计基础	(449)
可靠性评估的基本概念	(465)

第一部分 一些国家电力工业可靠性管理概况

北美电力可靠性协会(NERC)概况

内 容 提 要

本文简要地介绍北美电力可靠性协会的性质、组织和活动情况，主要有以下几个方面的：

一、建立NERC的历史背景

二、NERC的性质和任务

三、NERC的组织机构分工

四、NERC的活动简况

五、九个区域可靠性协会简况

附件一 NERC1981年统计资料

附件二 1981~1990年电力供应与需求

附件三 九个区域可靠性协会的可靠性准则（部分校核条件比较）

附件四 东北区电网设计可靠性准则

北美电力可靠性协会由美国的几乎全部电网和加拿大的安大略、不列颠哥伦比亚、马尼托巴及新不伦瑞克、魁北克等省的电网在自愿的基础上联合组成，该会的任务是提高北美公用电业大电网的可靠性和充足的供应电力。现将其概况简单介绍如下。

一、建立北美电力可靠性协会的历史背景

美国一九七九年净发电量22749亿度，装机容量共61655万千瓦。除企业自备电厂外，美国公用电业约三千五百家，分为私营、联邦政府经营、州市等地方公营与农村供电合作社四类。私营电力公司约四百家，拥有全国装机容量的百分之七十七；联邦政府经营的五家，共拥有全国装机容量的百分之十二和发电量的百分之十三；州、市等地方政府公营电业单位约有二千零六十家，发电量占全国的百分之九，售电量占百分之十三；农村供电合作社约有九百六十家，一九七九年售电量达1528亿度，各合作社电源达1544万千瓦。

上述各公用电业单位在特许营业区内是垄断企业，公司要保证对用户供电，质量合格，不得任意停电。联邦及州政府仅对各电业单位的经营实行监督管理，重点是保护环境，保证供电可靠，确保核电安全，以及通过审批调整电价，保证公司有一定的利润。

由于电业的生产规律，只有加强电网管理，提高供电可靠性和经济性，方可发挥投资

效益。因而这三千五百余家公用电业虽分散经营，但相邻公用电业必然发展成为互相送受电，以便在经济上分享好处，并改进供电可靠性，各电业单位间均建有大量联络线按合同送电（与我国电网集中统一调度不同，各地区缺电由本公司解决，从别的公司输入电力或电量按合同执行，规定电价及条件；发生事故时，缺电也由本公司解决，如拉电、动用备用等，其他公司能支援就支援，不能支援就解列）。有些电业单位还随着电网的扩大，联合建大电厂，选择最佳机组容量。电业生产规律迫使这些众多分散的小电业单位，逐步由分散经营走向有限度的联合经营（如联合建立电厂），和建立协调组织。美国各地区，随着电网的形成，逐步在自愿的基础上，组织区域性协调委员会，对本区域内的电网规划与运行进行协调，并制订区域性可靠性准则，其中五个联合电网（大西洋中区、中部、西南区、中部大陆、得克萨斯州）还分别建立了联合调度机构。

一九六五年十一月九日，美国东北地区电网发生大停电事故，下午五时十六分开始发生故障，经过十二分钟，造成2100万千瓦用电负荷停电，最长停电时间达十三小时，停电区域共有20万平方公里，影响居民三千万人，估计各方面经济损失达一亿美元。事故后美国联邦动力委员会（FPC）成立了一个大电网供电可靠性委员会，这委员会在一九六七年七月的最终研究报告中，提出了防止大面积停电事故的建议十九条，其中包括“联合电网内各单位要尽快成立联营协调组织，协调全网内各单位的电网规划、建设、调度、运行问题，避免各自为政，互不配合”。由于大停电惨痛教训造成的各方面舆论和压力，这一建议受到重视，在一九六八年六月一日，十二个区域性和地方性电业组织（东部中区、大西洋中区、中部、中部大陆、东北区、西南区、西部、得克萨斯州以及田纳西流域管理局、卡罗莱纳—弗吉尼亚联合电网、南方公司和佛罗里达电力公司）签订了协议，美国全国电力可靠性协会（National Electric Reliability Council简称NERC）就“静悄悄”地诞生了。这十二个组织几乎包括美国全部电网，并包括加拿大的不列颠哥伦比亚、马尼托巴和安大略电网，以后加拿大的新不伦瑞克及魁北克电网相继加入，为了使名实相符，自一九八一年九月份起，改称北美电力可靠性协会（North-American Electric Reliability Council），仍简称为NERC。

注：该十二个组织后合并为九个地区性组织，其基础数据见附件一。

二、北美电力可靠性协会的性质和任务

北美电力可靠性协会由美国的几乎全部电网和加拿大的安大略、不列颠哥伦比亚、马尼托巴及新不伦瑞克、魁北克等省的电网在自愿的基础上签订协议组成。该会的主要任务是通过对各区域性电网的系统规划、设计和运行进行协调，制订各种可靠性准则和运行导则，来提高北美公用电业大电网的可靠性和充足的供应电力（可靠性是指互联输电电网的运行安全性，要避免发生控制不了的连锁反应跳闸，防止大面积停电事故。充足性是指有足够的发电容量，能在全部时间内满足所有用户的总尖峰电力负荷，并供给所需要的全部用电量）。同时它也理所当然的成为美国电力工业的各个环节（全国、各州、各市的电力机构以及农村的电力公司）的代言人。

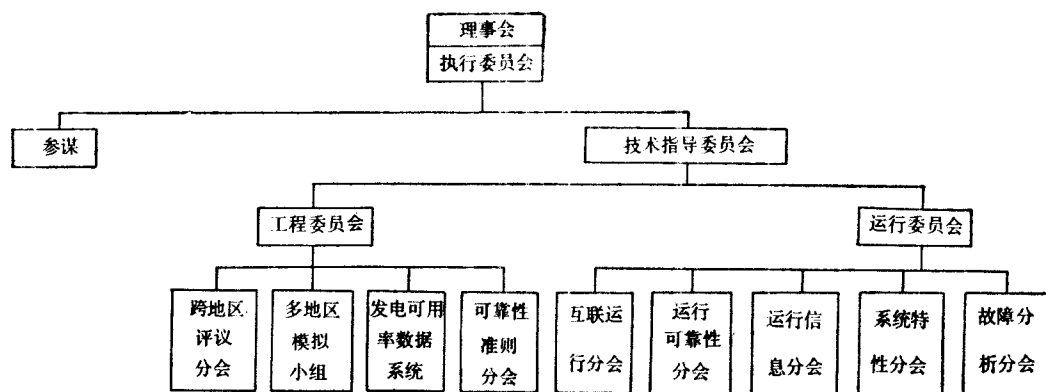
三、北美电力可靠性协会的组织机构和分工

北美电力可靠性协会的管理机构是理事会，该理事会由参加NERC的九个区域可靠性协会各派两名代表参加。此外按照规定，每一类公用电业（私营、联邦政府经营、州、市等地方国营、农村供电四类）各派两名代表以及加拿大电业单位代表一名，参加理事会。另有美国能源部、加拿大国家能源局、爱迪生电气学会、美国公用电力协会（American Public Power Association）及国家农业电气协会（National Rural Electric Cooperative Association）均派一名代表，以观察员身份参加。

理事会的日常办事机构为执行委员会，其下设工程委员会（Engineering Committee）及运行委员会（Operating Committee），这两个委员会的活动，由技术指导委员会（Technical Steering Committee）进行协调。技术指导委员会由北美可靠性协会主席、副主席以及工程、运行两委员会的主席、副主席组成。此外，另有少数专职工作人员，作为高级参谋专家。

NERC组织见表一。

表一 NERC组织表



运行委员会由九个区域可靠性协会各派两名代表参加（供电区域较大或供电负荷较高的地区可多于两名代表），负责协调互联大系统的运行，通过交换运行情况；评议各地区政策及活动；改进运行准则、导则；开展多地区调查研究等等，从运行方面促进互联电力系统的安全和充足供应电力。并负责与其他技术机构的联系。北美电力系统联网委员会（简称NAPSIC，即制定《北美联合电网运行可靠性最低准则》的单位），亦随着形势发展，于一九八〇年并入NERC，成为运行委员会。运行委员会下设五个分会：

1. 互联运行分会（Interconnected Operations Subcommittee简称IOS）

它的任务是改进自动发电控制；对于安排电力交换提出建议；处理由于不注意造成的电力交换积累；检验NERC导则及最低准则执行情况等。