

轻水堆核电厂系统的划分

QINGSHUIDUI HEDIAN CHANG
XITONG DE HUAFEN



23

原子能出版社

内 容 简 介

本书将轻水堆核电厂中的各种设备按其电厂安全及运行中的功能划分为大约200个系统,又将这些系统归并为13个系统组。对每个系统都扼要地介绍了它的功能、边界、运行工况、主要组成部件和主要接口系统,有的系统还附有简图。本书不仅对搞核电厂可靠性数据库系统工作的同志有用,而且还可能对从事核电厂设计、建造和运行等方面工作的同志有用。

Light Water Reactors
Reference System Classification
Directorate-General Science, Research and
Development Joint Research Centre-Ispira Establishment
Commission of the European Communities

轻水堆核电厂系统的划分

欧洲共同体委员会科学、研究
和发展总管理局联合研究中心

伊斯普拉研究院 编

刘恭梁 赵玉钧 盛菊芳 沈曙升 译

李永嘉 吴当时 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北京昌平兴华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/32 ·印张7 ·字数157千字

1989年12月北京第一版·1989年12月北京第一次印刷

印数1—750

ISBN 7-5022-0243-9

TL·93 定价: 6.10元

前 言

我们向国内从事核电厂建设的同行们推荐这本《轻水堆核电厂系统的划分》。本书全文译自欧洲共同体委员会科学、研究和发展总局联合研究中心伊斯普拉研究院最近编写的一本手册：《LWR Reference System Classification》(Feb、1986)。这本手册原是JRC建立的欧洲可靠性数据系统全套文献中的一份。我们把它单独抽出来，介绍给国内同行，是觉得它不仅对搞核电厂可靠性数据库工作的同志有用，而且还可能对从事核电厂其他方面工作的同志有用。为了符合国内惯用的术语，我们对书名没有简单地直译，而是按本书的实际内容，增减了几个字。

欧洲可靠性数据系统(ERDS——European Reliability Data System)是欧洲共同体统一收集、处理、分析和报告欧洲的和欧洲以外的某些国家核电厂(主要是轻水堆核电厂)中有关部件、系统和电厂运行特性的一个庞大的信息系统。它包括下列四个子系统，即四个数据库：

1. 部件故障数据库 (CEDB——Component Event Data Bank)，
2. 异常事件报告系统 (AORS——Abnormal Occurrences Reporting System)，
3. 运行机组的状态报告 (OUSR——Operating Unit Status Report)，
4. 可靠性参数数据库 (RPDB——Reliability Parameters Data Bank)。

ERDS要把各国不同核电厂的数据(资料)集中在一个

库中，就必须首先解决如何把不同来源的数据（资料）统一表达（Homogeneization）的问题。为此，ERDS对核电厂的系统、部件和故障分别提出了一套作为内部标准的划分法（Reference Classification）和代码（Code），对应地编制了三本手册，分别规定了怎样划分一个系统、一类部件或一类故障，并唯一地给定其代码和名称。这样按统一标准划分系统、部件和故障的方法及所给定的代码和名称，在ERDS的四个库中是通用的。本书就是这三本手册中的一本。

在本书中，ERDS将轻水堆（包括压水堆和沸水堆）电厂的全部设备按其在电厂安全和运行中的功能统一划分为大约200个系统，对其中每一个系统都扼要说明了它的功能、边界、主要的组成部件和主要的接口系统；同时，又将这大约200个系统按某些共同属性归并为13个系统组。于是形成了整个核电厂是由系统组（System Groupings）、系统（Systems）和部件（Components）构成的这样一种严密而又完整的层次结构体系。在这一体系中，电厂的每一部件只唯一地属于一个系统，任一系统只唯一地属于一个系统组。显然，这是一个使电厂任何设备不被错划漏划、部件或系统的名称和代码不致交叉混用、三个层次划分分明的电厂结构体系。将不同来源的不同核电厂数据都按这一结构体系系统地表述，无疑会使数据库的检索、利用数据库进行分析以及对事件或故障的报告等各种工作能更有效地进行。

原作者已经预料本书的应用范围可以扩大，即不仅用于建立可靠性数据系统时统一地划分核电厂的系统，而且还可推广用于与任何核电厂有关的设计、采购、建造和运行诸过程的一些其他工作。我们想，对于刚进入核电领域的各方面工作人员或其他行业想弄清核电厂系统和设备的人员来说，

这本书也可能是帮助他们了解核电厂全貌、随时查阅核电厂各系统的功能和特点的实用手册。在这个意义上，本书也可用作核电培训中心和大专院校有关专业的教学参考书。

值得指出的是：(1) 本书专讲如何划分核电厂系统，即以系统为中心，上联系统组，下联部件，而部件的划分则是另一本手册的任务。(2) 本书所述的核电厂系统的划分方法，是同国际上（包括我们国内）习用的一些划分方法貌同而实不同的。比如，本书一般不用 NSSS（核蒸汽供应系统）、CI（常规岛）等流行术语，即没有把这些当作核电厂的结构层次之一；也不把惯用的一回路系统、二回路系统当作核电厂的结构层次之一。如在本书中见到的，属于上述范畴的设备都被划分为若干个系统或分属于不同的系统组，在本书中没有任何一个系统或系统组能与上述习用术语所表示的范畴完全相同。这一点，读者在阅读和使用本书时需要注意。(3) 本书也有一些不足之处，表现在对有些系统的主要组成部件和主要接口系统没有具体准确地叙述，对某些名词术语缺少定义或解释。

我国正在致力于建立自己的核电厂异常事件库和部件故障数据库。本书的翻译出版，无疑将有益于建库的质量。

本书的翻译由北京应用物理和计算数学研究所的刘恭梁、赵玉钧和苏州热工研究所的盛菊芳、沈曙升合作完成。全书的译文最后由苏州热工研究所的李永嘉、吴当时进行了校对。由于我们译校的水平有限，对 ERDS 及本手册的理解还比较肤浅，译文中的错误或欠妥之处在所难免，敬希广大读者不吝指正。

吴当时 李永嘉

一九八八年十二月于苏州

目 录

1.0 符号一览表	(1)
2.0 绪论	(2)
3.0 几点说明	(6)
4.0 轻水堆核电厂系统的划分	(7)
4.1 系统组——名称及定义	(7)
4.2 系统一览表	(10)
4.3 核电厂运行方式	(17)
4.4 系统的划分	(18)
5.0 参考文献	(217)

1.0 符号一览表

AC	交流电
ADS	自动卸压系统
APRM	平均功率区段监测器
BOP	电厂的配套部分
CRD	控制棒驱动
CSS	安全壳喷淋系统
CVCS	化学与容积控制系统
CW	循环水
DBA	设计基准事故
DBE	设计基准地震
DC	直流电
ECCS	应急堆芯冷却系统
ESF	专设安全设施
HP	高压
HPCI	高压冷却剂注入
HPCS	高压堆芯喷淋
HPRM	高功率区段监测器
HV	高电压
HVAC	供暖, 通风, 空调
IPRM	中等功率区段监测器
LOCA	失水事故
LOOP	丧失运行功率

LP	低压
LPCI	低压冷却剂注入
LPCS	低压堆芯喷淋
LPRM	局部功率区段监测器
LV	低电压
LWR	轻水堆
NSSS	核蒸汽供应系统
OBE	运行基准地震
PCCW	核岛设备冷却水
PWR	压水堆
RCIC	反应堆堆芯隔离冷却
RHR	余热导出
SC	安全等级
SRM	源区段监测器

2.0 绪 论

建立欧洲可靠性数据系统有一项要求，就是要对不同国家数据系统所监测的每一部件进行划分，给予独有的标志，以对它们统一表述。为此，不仅需要弄清各种部件的工程设计特性，而且极端重要的是更需弄清不同设备的用途，从而明确其特定功能。

事实上，部件可靠性参数的多种多样，虽由许多原因形成，其中之一却来自相同的部件有不同的用途。这就是说，从环境、功能、失效时的后果、运行方式、设计标准、维修

等等角度看来，相同的部件是可以用在不同部位的。因此，参照一个专门按功能来划分设备的体系，是会有利于判定各种设备在电厂运行中的作用的。

为达到这个目的，我们试图在本书中以按功能分解为标准统一划分轻水堆核电厂的各种系统。这样按统一标准划分核电厂系统，既便于分析人员从数据库*查询与某一特定功能（系统）有关的全部故障，又能使那些从可利用率和安全角度研究电厂运行的工作得到有效的帮助。

这本《核电厂系统的划分》的应用范围还可扩大些，即不仅用于设备分类的统一，而且可用于与任何核电厂有关的设计、采购、建造和运行诸过程。诚然，这种分类可以：

a) 在工程项目初始阶段提供帮助，诸如编制正式的系统清单、划分系统职能、应用于制图，等等；

b) 协助工程项目管理部门进行设计进度与施工进度安排，编制成本估算、做好会计工作，等等；

c) 为精确监测既定的单项设计活动与施工活动并编制其文件提供必要的工具；

d) 使核电厂维修工作的计划、进度安排和实施变得更容易；

e) 作为电力工业的一项标准。

结 构

为了更好地与部件可靠性评价的范围相一致，本书是对

* 指核电厂异常事件数据库及核电厂设备可靠性数据库。——译者注

电厂各种系统和部件按其**功能**来划分并给予标志的；同时还试图把压水堆的系统和沸水堆的系统尽可能按功能统一起来。这已按下述做法实现，即先确定全厂设备按怎样的层次以及多少个层次来划分，再分析设备为确保电厂**安全而不间断**的运行所必需的全部功能。

因此，技术上进行划分的工作，是个合乎逻辑的演绎过程，这一过程可以分为两个基本阶段。

第一阶段是按电厂结构建立一套设备层次体系。我们选定的层次有三，即：部件、系统、系统组。每个层次的定义如下：

- 部件：一个构件或设备。它作为机械零件和（或）电气零件的一种集合，构成了电厂的一个可明确划分并标志的单元。它具有明确的运行特性，而且在电厂内可以拆除或更换。

- 系统：一组机械部件、电气部件、电子部件。系统按下述任一条来划分：

- 它在电厂内完成某一种明确的功能；

- 它完成一个以上的功能，但分别处在电厂不同运行方式（即：冷停堆工况、事故工况、正常运行工况）下。

- 系统组：一组核电厂系统。这些系统以具有某些共同性质为特征，这类共同性质如：

- 功能虽有多种，却可以归并为更概括、更逻辑化的一种，（例如，“保护与控制系统”，“专设安全设施”等）；

- 功能都是与完成电厂运行一般职能有关的（例如：“反应堆辅助系统”，“公用辅助系统”等）。

划定层次之后，就转入了划分核电厂系统的逻辑演

绎过程的第二阶段。这第二阶段就是分析电厂的布置、运行方式及运行特性，以确定各设备层次的一整套功能，而如果实现这些功能，就能保证核电厂安全而不间断的运行。

确定这样一套功能，是保证将电厂内的系统和部件按其在厂内完成的功能进行划分并给予唯一标志的起点。为此，我们把功能划分为四大“类”：

- a) 电厂运行所必需的功能；
- b) 安全功能；
- c) 核岛的辅助功能；
- d) BOP的辅助功能。

在将这四大“类”分别细分的各个基本功能（树状分析）之后，就可以按照每个系统在电厂内完成的功能把它划定并给予一个标志。然后，再按照上面的定义，把这样划定的某些系统归并为“系统组”。

本书采用如下的结构：

13个系统组分别用字母（从A到O）来标志；各系统组内的每一系统用一组字母-数字代码来标志。

每一个系统有一份说明书，内容是：

- 本系统功能与系统主边界的综合描述；
- 与本系统各功能相联系的电厂运行方式（正常工况，事故工况，冷停堆工况）的描述；
- 与本系统功能相关或互补的主要接口系统一览表，同时标出了每个接口系统的字母-数字代码；
- 本系统的主要部件一览表，对每个部件均标明其“类型”及安全等级（后者仅作参考）。

应该指出，本书已力图考虑核电厂的不同“代”，电厂的不同布置以及解决特殊运行问题的不同方法。

本书的“系统的划分”的有效性，已用下述方法检验过：对法国电力公司（EdF）和意大利国家电力公司（ENEL）可靠性数据系统所监测的部件，根据其原有划分法的代码，作了一次全面的译码练习，证明了确实能够划分所有这些部件并给予唯一的标志/4/。

研究本书的“系统的划分”与其他可靠性/可利用率机构的划分法相互兼容的工作，也已完成（即用UNIPEDA，UNID/TVA的划分法进行代码转换，等等）*。

由于本书对系统的划分具有以部件、系统功能为根据的特点，预计在使用中不会遇到多大麻烦。我们预期，按照上述精心设计的结构，总能弄清楚任一部件在原国家系统中所完成的功能。

3.0 几点说明

在精心制订本书的“系统的划分”的过程中，曾处理过一些难题，这里对它们作些简要的论述：

a) 并不总是能够把一些成套的部件的用途划定为只有一种功能，这使我们不得不定义一些具有一种以上功能的系统，但是，如前所述，它每一种功能都分别单独地与反应堆的一种运行方式相联系。因此，各种部件的用途，就按故障发生时运行状态的信息来明确地划分（例如，“余热导出

* UNIPEDA 为国际电能生产者与配电者联合会；UNID/TVA 为唯一划定和标志的系统/田纳西流域管理局。——译者注

系统——B15”在正常工况下是从堆芯导出衰变热，而在事故工况下则是提供低压冷却剂注入）。

b) 有时，某些部件为两个或两个以上系统所共用（例如，化学与容积控制系统”的某些泵，在某些压水堆电厂中就同时被用作“高压冷却剂注入系统”的部件）；在类似这种情况下，这些部件要么被划给某一个系统（按照某种通用的规则），要么被划给专门定义的特定系统（例如，热交换器对冷却系统和被冷却系统是共用的部件，就应把它划给当热交换器发生故障时从安全角度看受影响更大的那一个系统；另一种情况，比如复杂的仪表和控制保护部件的某些组合，是为一个以上系统服务的，我们就专门为它定义了一些特殊系统，诸如：“反应堆保护系统”、“BOP的保护系统”等等）。

c) 为便于指明系统的边界，某些系统的说明书中附有简图，实线表示该系统，虚线指明接口的设备。

4.0 轻水堆核电厂系统的划分

4.1 系统组——名称及定义

A 核热系统

与核热的产生、交换及传输有关的设备系统组合。

B 专设安全设施

限制事故后果（即避免裂变产物释放到环境中）的设备系统组合。

C 反应堆辅助系统

对正常运行及冷停堆运行都是必不可少的核岛系统组合。

D 燃料储存与装卸系统

与核燃料管理（即燃料元件的易位及储存、燃料水池的冷却及净化）有关的设备系统组合。

E 放射性废物处理系统

收集并处理电厂运行中产生的固体、液体及气体放射性废物的设备系统组合。

F 蒸汽与动力转换系统

与核电厂内蒸汽-给水循环（即汽轮机中的蒸汽膨胀，蒸汽冷凝，将给水送到主安全壳中，冷凝器的冷却等）有关的设备系统组合。

G 电力生产和传输系统

进行机械/电能转换及将电能传输到高压站和电厂中压-低压配电线路的设备系统组合。

H 电力系统

对电厂的各种用户（中压、低压线路）及厂内电力生产进行电力分配的设备系统组合。电厂保卫及通讯系统也包括在内。

I 仪表、监控、监测系统

对核电厂/电厂所在地区进行辐射监测及对电厂进行监控的设备系统组合。

L 保护与控制系统

与各种保护动作起动信号的加工和传输以及与负荷变化时的功率调节有关的设备系统组合。

M 电厂建筑物供暖、通风、空调系统

在电厂的各种运行方式下向核电厂建筑物供暖、通风和提供空调的设备系统组合。

N 公用辅助系统

对于电厂的正常运行或对于限制核岛外事故工况的后果是必不可少的BOP系统组合。

O 构筑物系统

核电厂可据以分解的各种建筑物及构筑物的组合。

4.2 系统一览表

A——核热系统

- A1——反应堆堆芯系统
- A2——反应堆压力壳设备
- A3——一回路主系统 (PWR)
- A4——稳压系统 (PWR)
- A5——蒸汽发生器系统 (PWR)
- A6——再循环水系统 (BWR)
- A7——冷却剂系统 (BWR)
- A8——控制棒系统 (PWR)
- A9——控制棒系统 (BWR)

B——专设安全设施

- B1——反应堆安全壳系统 (PWR)
- B2——反应堆安全壳系统 (BWR)
- B3——安全壳喷淋系统
- B4——安全壳隔离系统
- B5——安全壳消压系统 (BWR)
- B6——卸压系统 (PWR)
- B7——氢气排出系统
- B8——事故后安全壳内空气混合系统
- B9——安全壳气体控制系统
- B10——辅助给水系统 (PWR)
- B11——反应堆堆芯隔离冷却系统 (BWR)

- B12——应急加硼系统 (PWR)
- B13——备用液体控制系统 (BWR)
- B14——余热导出系统 (PWR)
- B15——余热导出系统 (BWR)
- B16——高压冷却剂注入系统 (PWR)
- B17——蓄压箱系统 (PWR)
- B18——低压冷却剂注入系统 (PWR)
- B19——核锅炉过压保护系统 (BWR)
- B20——高压堆芯喷淋系统 (BWR)
- B21——高压冷却剂注入系统 (BWR)
- B22——低压堆芯喷淋系统 (BWR)
- B23——低压冷却剂注入系统 (BWR)

C——反应堆辅助系统

- C1——化学与容积控制系统 (PWR)
- C2——反应堆水净化系统 (BWR)
- C3——硼回收系统 (PWR)
- C4——反应堆处理水储存系统 (PWR)
- C5——核岛设备冷却水系统
- C6——控制棒驱动机构冷却水系统 (PWR)
- C7——重要负荷公用水系统
- C8——最终热阱系统
- C9——换料水系统
- C10——反应堆水储存系统
- C11——放射性废物冷却水系统
- C12——安全设备压缩空气系统
- C13——核系统消防系统