

附件

核电厂设备可靠性数据采集

国家核安全局
二〇一五年七月

前言

为推动概率安全分析（PSA）技术在我国核安全领域中的应用，提高核电站安全水平和核安全监管效率，我局于2010年发布《概率安全分析技术在核安全领域中的应用》（试行），其中数据分析是PSA工作的重要基础，对确保我国核电站PSA模型以及相应分析结果的准确性和合理性具有重要意义。为此，我局于2014年2月发布《关于开展核电站设备可靠性数据采集工作的通知》（国核安发〔2014〕30号），要求各核电站营运单位参照《核电站设备可靠性数据采集》（试行）开展核电站设备可靠性数据采集工作，并按要求定期报送数据。我局委托环境保护部核与辐射安全中心建立了中国核电站PSA设备可靠性数据库平台，并负责上报数据的处理及发布。

根据国内运行核电站报送数据，并在充分征求国内各有关单位意见基础上，环境保护部核与辐射安全中心确定了国内核电站PSA数据库常用设备类及其失效模式，以及需采集不可用数据的安全重要系统列，并对《核电站设备可靠性数据采集》（试行）进行了升版，形成本文件。

本文件用于指导国内核电站设备可靠性数据的采集工作，目的是为了支持核电站的概率安全分析工作，核电站其他可靠性相关工作中的设备可靠性数据问题可参照处理。

本文件由国家核安全局负责解释。

国家核安全局

2015年7月

目录

1.	引言.....	6
1.1	目的.....	6
1.2	范围.....	6
1.3	核电厂设备可靠性数据采集的重要性及意义.....	6
2.	编制说明.....	7
3.	术语定义.....	7
4.	采集对象.....	8
5.	采集周期.....	8
6.	采集职责与过程.....	8
6.1	采集职责.....	8
6.2	采集过程.....	8
7.	设备可靠性数据采集.....	9
8.	失效统计准则.....	11
8.1	失效模式.....	11
8.2	失效统计准则.....	12
9.	数据采集的质量保证.....	13
9.1	人员要求.....	13
9.2	数据采集过程.....	14
9.3	数据采集结果的确认、校核和审定.....	14
10.	上报设备可靠性数据采集结果.....	14

1. 引言

1.1 目的

本文件用于指导核电厂设备可靠性数据的采集，实现可靠性数据的及时采集和合理统计。为国内核能行业设备可靠性通用数据库提供数据源，各核电厂应参照本文件的指导采集设备可靠性数据并提交对应的采集和统计结果报告。

1.2 范围

本文件主要适用于核电厂概率安全分析（PSA）工作中所需设备可靠性数据的采集。

1.3 核电厂设备可靠性数据采集的重要性及意义

数据分析是 PSA 的重要基础，对于保证 PSA 模型的质量以及确保 PSA 分析结果的合理性具有基础性的意义。

目前，在中国 PSA 工作中缺乏完善、统一和规范化的核电厂设备可靠性数据采集体系，各核电厂在设备可靠性数据采集方面所开展的工作较为分散、不够系统。一方面，各核电厂设备可靠性数据采集工作的深入程度不一致，在采集对象、采集流程、采集标准等方面也存在差别，影响了国内核电厂设备可靠性通用数据源的建立；另一方面，部分核电厂的设备可靠性数据没有得到有效的采集，使得核电厂运行过程中积累下来的宝贵数据样本不能得到科学的分析和应用。

当前，国内核能行业核电厂设备可靠性数据采集工作的现状不但影响了 PSA 模型以及相应分析结果的质量，也不利于风险指引型核安全监管工作的实施。为了支持 PSA 技术在我国核能行业更加深入、广泛的应用，编写核电厂设备可靠性数据采集技术文件，制定完善的核电厂设备可靠性数据采集规范体系是当前迫切需要开展的工作。

开展核电厂设备可靠性数据采集工作对于各核电厂也具有重要意义，能够有力支持核电厂可靠性相关工作的开展和实施。具体表现在：

- (1) 有助于实现各核电厂设备可靠性数据的规范化、一体化的采集和管理，保证数据采集的完整性和质量；

- (2) 有助于保证核电厂可靠性相关工作的质量；
- (3) 有助于支持核电厂在维修方面的相关工作，例如：维修规则（Maintenance Rule）体系的建立、以可靠性为中心的维修（Reliability-Centered Maintenance）等；
- (4) 有助于支持核电厂在设备管理、设备分级、老化与寿命管理、设备状态监测和备品备件管理等方面的工作。

2. 编制说明

本文件在编写过程中主要参考了 NUREG/CR-6823 《Handbook of Parameter Estimation for Probabilistic Risk Assessment》以及国内运行核电厂在设备可靠性数据采集方面的实践经验，同时也充分考虑了国内 PSA 工作中在数据分析要素方面的要求。

3. 术语定义

本文件中下述名词术语的含义为：

可靠性

设备在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力。

设备类

一个设备类表示具有相似的工艺性能、功能和运行条件的一组设备。

失效

设备丧失了执行任何一种预定功能的能力。

降级

降级表现为设备执行其预定功能能力的下降，但并未完全丧失其预定功能。

失效模式

设备不能实现某一具体功能的表现。一般表现为妨碍某一设备、某一部件或某一系统的成功运行（如：不能启动、不能正常运行、泄漏等）。

随机不可用

设备由于随机、偶发原因产生且未按既定计划退出服务造成的不可用。

计划不可用

设备由于计划性的试验、检修、维修等活动而退出服务造成的不可用。

4. 采集对象

本文件规定的设备可靠性数据的采集对象主要为核电厂 PSA 模型中涉及的设备，核电厂在数据采集工作中可根据自身需求扩大采集范围。另外考虑到技术可行性，本文件暂不对数字化仪控系统（DCS）设备作专门的要求。

5. 采集周期

为尽可能扩大可靠性数据的样本空间，核电厂宜提供商业运行以来可用的统计数据，统计数据内容见本文件第 10 章。

在设备可靠性数据统计的基础上，核电厂原则上应按年度对设备可靠性数据进行采集，并在次年度提交上年度可靠性数据采集报告，以满足更新 PSA 设备可靠性数据库之需。

6. 采集职责与过程

6.1 采集职责

国内各核电厂营运单位负责可靠性数据的收集、筛选并分配到各设备类进行统计，并将采集结果提交至国家核安全局。国家核安全局委托环境保护部核与辐射安全中心负责上报数据的整理及发布。

6.2 采集过程

核电厂的可靠性数据来源主要有运行日志、内部运行事件报告、定期实验报告和维修报告等。可靠性数据来源涉及到设备的运行、维修、试验等信息，需要对电厂运行、维修、试验等活动中的原始数据记录进行采集，并对这些数据记录进行筛选、分配、统计，最终得到可靠性数据的统计结果。

核电厂设备可靠性数据的采集过程为：

步骤一：确定设备可靠性数据采集对象

根据本文件第 4 章的要求，可靠性数据的采集对象包括但不限于核电厂 PSA 模型中涉及的设备。由于 PSA 具有较强的专业性，电厂可在本厂概率安全分析报

告编写单位的支持下确定需开展设备可靠性数据的采集对象。

步骤二：确定采集对象设备类

电厂可在本厂概率安全分析报告编写单位的支持下确定设备类和设备边界的划分，并将步骤一所确定的采集对象映射到各设备类中，形成各设备类的采集样本空间。每一个采集对象都应属于且只能属于一个设备类。设备类和设备边界的划分应尽可能与表 10.4 保持一致。

步骤三：确定需采集的可靠性数据

各设备类在概率安全分析模型中的需求数据是不同的。电厂可在本厂概率安全分析报告编写单位的支持下确定各设备类需要采集的数据。设备类失效模式的定义应尽可能与表 10.2 保持一致。

步骤四：原始数据采集与统计

筛选本厂设备可靠性相关原始数据记录，将对应的数据记录分配至具体设备类对应失效模式，统计各设备类的可靠性数据。

步骤五：填写设备可靠性数据采集表

根据本文件第 10 章要求填写设备可靠性数据采集表。

7. 设备可靠性数据采集

在 PSA 模型中，设备的失效与不可用是以基本事件的形式表示的。对于不同的设备，根据其运行、试验、维修等条件的不同，会为其对应的基本事件选取合适的可靠性模型。

系统中设备随机失效特性的模型，可用来估算某设备不能执行其预定功能的概率，这些模型与设备所在系统的运行模式（备用或运行）有关。相关参数及计算公式如下：

运行失效率 λ （1/小时）：

$$\lambda = \frac{\text{某类设备在采集时间区间内运行失效次数的总和}}{\text{某类设备在采集时间区间内的运行时间的总和}}$$

需求失效概率 P：

$$P = \frac{\text{某类设备在采集时间区间内需要其状态改变时其状态未能改变次数的总和}}{\text{某类设备在采集时间区间内需要其状态改变次数的总和}}$$

不可用度 P₁：

$$P_1 = \frac{\text{某设备在规定的可用时间内因维修或离线试验造成不可用时间的总和}}{\text{某设备规定的可用时间总和}}$$

注：

- (1) 对于设备运行失效率，需采集各设备类运行失效次数和采集区间内的总运行时间；
- (2) 对于设备需求失效概率，需采集各设备类未能按照预期改变状态的次数和采集区间内需要改变次数的总和；
- (3) 对于设备不可用度，需采集各设备类不可用时间和规定的可用时间总和。电厂采集的不可用时间应是实际发生的不可用时间，不宜由电厂运行文件估计推算。设备不可用度应以设备列的形式统计计算。

为了得到各设备类的运行失效率 λ 、需求失效概率 P 和不可用度 P_1 ，在采集过程中，电厂需要采集与各设备类相关的运行、维修、试验、失效等方面的数据，具体包括：

(1) 运行数据的采集

设备运行数据的采集，电厂需提供设备类累积运行时间。

(2) 需求数据的采集

设备需求数据包括设备状态变换模式、各状态变换次数。

(3) 维修数据的采集

设备维修数据包括维修日期和维修时间。维修时间应包括维修实际时间和维修后设备功能再鉴定的时间。

(4) 试验数据的采集

设备试验数据包括设备因离线试验造成的不可用时间和设备规定的可用时间。试验周期、试验过程中设备的需求和运行情况以及试验中的失效情况已在需求数据的采集和运行数据的采集中涉及。

(5) 更换数据的采集

如果设备在采集时间段内进行过更换，则应将设备的更换情况采集下来，包括更换原因、更换后的供应商、更换数量。设备更换前后的运行数据都应当采集下来。如果更换前后的设备是一样的，可不提供。

(6) 失效数据的采集

设备类或设备的失效判断标准需与电厂运行、检修人员讨论确定。具体可依照如下准则：

- ①设备丧失其既定功能；
- ②设备本身的震动、温度等监测参数超出其保护定值导致的设备停运；
- ③其他原因导致的设备停运或维修。

在采集失效数据时，为避免数据遗漏，应将设备在采集区间内所有可能是失效的样本都进行采集，然后再确定失效数据，失效统计准则见本文件第 8 章。设备失效数据包括失效发生时间、失效模式、失效次数。失效模式的判断可结合根本原因分析和失效模式功能定义进行。

8. 失效统计准则

8.1 失效模式

核电厂在可靠性数据采集的过程中，需将每一个失效事件分配至具体设备类下的具体失效模式，为后续的失效统计奠定基础。

表 8.1 给出了 PSA 中常用的典型失效模式，可以为核电厂将失效事件分配至具体失效模式时提供参照。

表 8.1 PSA 中的典型失效模式定义

序号	失效模式	编码	定义及应用范围
1	内漏	IL	设备内部出现泄漏。
2	外漏	EL	存储液、气、汽体的设备边界不能保持完整。
3	拒开	FO	设备未能运动到开启位置，与“拒关”相反。
4	拒关	FC	设备未能运动到闭合位置。适用于闭合是该设备完成功能必须环节的设备；阀门为“拒关”；对于接触器为“拒合”。
5	误动作	SA	设备在没有要求的情况下改变状态，如阀门的误动作。
6	运行中卡死	FA	设备未能运动到一个要求的新位置，如调节阀门未动作到位。
7	运行失效	FW	非转动设备在处于运行时产生的没必要继续分类的失效。

序号	失效模式	编码	定义及应用范围
8	启动失效	FS	当要求启动时设备不能启动，适用于所有通过启动并连续运动（转动、移动）来实现功能的设备。
9	运转失效	FR	在要求的任务时间内，设备不能连续运转。适用于所有通过连续运转来完成其功能的设备。
10	堵塞	GP	非设备正常运行引起的，以任一方式阻止沿要求方向的流动。
11	功能丧失	FF	在要求的任务时间内，设备丧失其既定功能。
12	卡开	FP	设备开启后不能闭合。适用于安全阀，指阀门由于压力开启后不能闭合。
13	过水卡开	FL	设备开启后通过液体时不能闭合。

8.2 失效统计准则

设备可靠性数据的采集涉及到大量的核电厂运行、维修、试验等原始记录。在采集过程中，数据采集人员应从覆盖采集时间范围的原始数据源中找出每个设备相关的运行、维护、试验、失效记录。但是，并非所有的这些记录都在统计的范围之内，设备的原始数据记录在很大可能上与设备的失效模式是无关的。因此应该明确核电厂设备的失效统计准则，这些准则包括：

(1) 对经过设计改进或工程改造的系统或设备，改进前的部分历史数据有可能不再适用，一般情况下应将改进前的数据记录从统计结果中剔除，但这会降低样本空间，所以需要研究设计改进或工程改造是否会导致所有的相关记录都不可用；

(2) 在数据记录统计中，应区分降级和失效。对于事件报告对部件相关记录描述不清晰的情况，应研究确定是否为失效；严重程度不足以使得设备丧失其功能的降级不应包含在设备失效的统计之中；

(3) 启动失效可以分为需求失效和备用失效模型。在需求失效模型中，设备已经处于待运行状态，但是因为某种原因，当对其有需求时，未能启动或改变状态。在备用失效模型中，当响应需求时，设备已经处于一种未知的阻止其启动的状态，使得设备未能启动。一般情况下，在处理原始数据记录时，很难判断设备

在需求时发生失效或在需求之前发生失效。在这种情况下两种失效模型均可以使用，对于采用需求失效模型，应采集需求次数，对于采用备用失效模型，应采集备用时间；

(4)应统计备用设备在非计划需求期间的运行记录；

(5)对于由于支持系统的失效而导致的设备失效，应将失效事件分配至对应的支持系统；

(6)如果失效是由试验、维修后的人员差错所引起的，则这类事件不应该包含在设备硬件失效统计中。这些事件通常采用人员可靠性分析方法来进行处理量化，但需统计由于人员间接差错造成的设备失效（例如：不当维修、保养或设备错装）；

(7)应将同一设备在短时间内的连续失效视为同一个失效事件。另外，应将设备在维修后再鉴定试验中发生的失效，按照初始失效的延续来处理，不再统计该失效；

(8)如果设备边界内包括冗余部分，并且冗余部分的失效不会导致设备整体的失效，则在失效统计中不应该计入冗余部分的失效。例如：如果柴油发电机设备边界中有两个冗余的部件，这两个冗余部件是为了完成同一功能，则在不影响柴油发电机整体功能的情况下发生的某一冗余部件的失效，不应该计入柴油发电机的失效统计之中；

(9)假如在试验中或实际需求时发生的失效在紧接着的尝试中不再重复发生（例如：短时间内再次启动尝试等），则其不应该被包含在失效统计中；

(10)对于定期试验下由于保护信号导致的设备失效，应判断保护信号在事故工况下是否被隔离，对于已经被隔离的信号导致的失效不应计入失效事件中。

9. 数据采集的质量保证

9.1 人员要求

核电厂可靠性数据的采集是一项专业性较强的工作，负责可靠性数据采集的人员应具备如下条件：

(1) 需熟悉电厂的系统和设备，并了解可靠性的基本概念；

(2) 能够对设备故障数据进行识别和判断，并确定故障模式；

(3) 需具备从电厂各原始数据源获取数据的权限和能力。

核电厂宜积极开展可靠性基础、可靠性数据采集方面的培训工作，保证可靠性数据采集的人员投入需求。

9.2 数据采集过程

核电厂设备可靠性数据的采集过程从总体上可参照本文件 6.2 节的采集步骤。

核电厂宜针对设备可靠性数据的采集开展必要的宣贯工作，使得电厂各部门和各专业明确设备可靠性数据采集工作的重要性，并在具体采集工作中做到紧密配合和相互支持。

9.3 数据采集结果的确认、校核和审定

数据采集结果的确认、校核和审定是确保采集质量所必须的。在数据采集工程师初步完成采集工作的基础上，核电厂宜组织有丰富运行、维修和设备管理等工作经验的专家开展对初步采集结果的确认、校核和审定工作，重点是按照本文件 8.2 节的失效统计准则对所确定的设备失效事件进行审查。对于有异议的采集结果应根据电厂原始数据源重新进行判断和统计。

10. 上报设备可靠性数据采集结果

核电厂应按照本文件的要求定期提交核电厂可靠性数据采集结果，包括表 10.1“设备失效事件记录”、表 10.2“设备可靠性数据统计结果”和表 10.3“安全重要系统列不可用情况统计”。

核电厂在首次上报数据时应对与表 10.4“设备类边界定义”不一致处进行详细说明。

核电厂可不提交原始数据记录，但应对原始数据记录给予适当保存，以便于追溯和复查。

表 10.1 设备失效事件记录

事件主题	所属电厂	所属机组	事件概述	事件	失效	失效	所属设	恢复时间
------	------	------	------	----	----	----	-----	------

				来源	设备	模式	备类	(若有)

表 10.2 设备可靠性数据统计结果

序号	设备类	失效模式	失效次数	总的需求次数/运行时间(小时)	备注
1	电动泵	FS:启动失效			设备边界包括泵本体和电动机
		FR:运转失效			
2	汽动泵	FS:启动失效			设备边界包括泵本体和汽轮机
		FR:运转失效			
3	柴油机泵	FS:启动失效			设备边界包括泵本体及相应的柴油机
		FR:运转失效			
4	电动阀	FO:拒开			设备边界包括阀门本体和电动机；失效模式运行中卡死只适用于电动调节阀；只有自动控制的电动阀才考虑误动作
		FC:拒关			
		FA:运行中卡死			
		SA:误动作			
5	气动阀	FO:拒开			
		FC:拒关			
		FA:运行中卡死			
		SA:误动作			
6	电磁阀	FO:拒开			
		FC:拒关			
		FA:运行中卡死			

序号	设备类	失效模式	失效次数	总的需求次数/运行时间(小时)	备注
		SA:误动作			
7	先导式安全阀	FO:拒开			
		FC:拒关			
		SA:误动作			
8	弹簧加载式安全阀	FO:拒开			
		FP:卡开			
		SA:误动作			
		FL:过水卡开			
9	逆止阀	FO:拒开			
		FC:拒关			
10	手动阀	FO:拒开			
		FC:拒关			
11	应急柴油发电机组	FS:启动失效			启动失效包括启动时间过长,启动后加载失效,启动成功且运行一小时内的跳闸
		FR:运转失效			
12	其他柴油发电机组	FS:启动失效			包括低压柴油发电机组和移动柴油发电机组
		FR:运转失效			
13	小汽轮发电机组	FS:启动失效			主要指小汽机
		FR:运转失效			
14	控制棒驱动机构电源系统电动发电机组	FR:运转失效			主要指RAM,逆变电源
15	电路断路器	FO:拒开			电路断路器包括断路器和接触器,误动作指断路器的触点不良
		FC:拒关			

序号	设备类	失效模式	失效次数	总的需求次数/运行时间(小时)	备注
		SA:误动作			
16	停堆断路器	F0:拒开			
17	母线	FW:运行失效			母线不区分电压，主要指直流和交流配电盘
18	蓄电池组	FW:运行失效			
19	电池充电器	FW:运行失效			
20	逆变器	FW:运行失效			
21	继电器	FW:运行失效			
22	过滤器	GP:堵塞			不区分工质（工质包括液体，气体）
23	旋转滤网	GP:堵塞			
24	地坑滤网	GP:堵塞			
25	孔板	GP:堵塞			
26	板式热交换器	GP:堵塞			
		IL:内漏			
		EL:外漏			
27	管式热交换器	GP:堵塞			
		IL:内漏			
		EL:外漏			
28	水箱	EP:外漏（承压）			常压指标准大气压
		EN:外漏（常压）			
29	储气罐	FF:功能丧失			功能丧失指设备的总体功能完全丧失，不可补偿的外泄漏

序号	设备类	失效模式	失效次数	总的需求次数/运行时间(小时)	备注
30	变压器	FW:运行失效			
31	传感器/变送器	FW:运行失效			传感器/变送器包括流量、液位、压力、温度、转速传感器
32	风机	FS:启动失效			包含动力和控制
		FR:运转失效			
33	冷冻机组	FS:启动失效			包含动力和控制
		FR:运转失效			
34	空气压缩机组	FS:启动失效			包含动力和控制
		FR:运转失效			
35	空气干燥器	FF:功能丧失			
36	控制棒及驱动机构	FF:功能丧失			边界包括控制棒、驱动机构、导向管；功能丧失指控制棒依靠重力不能落棒

表 10.3 安全重要系统列不可用情况统计

电厂	机组	所属系统	设备列名称	要求可用时间	随机不可用时间	计划不可用时间

注：仅需统计机组功率运行期间发生的试验和维修不可用，且报送范围为：安注系统、辅助给水系统、安全壳喷淋系统、应急柴油发电机组、设备冷却水系统、重要厂用水（一回路海水）系统。

表 10.4 设备类边界定义

序号	设备类	设备类边界定义
1	电动泵	包括泵本体、电动机、联轴器、润滑或冷却系统、本地测量仪表。

序号	设备类	设备类边界定义
		--以泵的进出口接管嘴为界（以法兰或焊缝为分界点）
2	汽动泵	包括泵本体、汽轮机、联轴器、调速控制器、蒸汽排放阀、润滑或冷却系统、本地测量仪表。--以泵的进出口接管嘴为界（以法兰或焊缝为分界点）
3	柴油机泵	包括泵本体、柴油机、联轴器、润滑或冷却系统、本地测量仪表。--以泵的进出口接管嘴为界（以法兰或焊缝为分界点）
4	电动阀	阀门本体以及所包含的所有子部件。包括阀门、阀门驱动部分（电机、联轴器等）但不包括给驱动装置供电的电源。--从阀门本体到与其他设备相连接的第一道焊缝或法兰
5	气动阀	阀门本体以及所包含的所有子部件。包括阀门、阀门操作机构但不包括气源、控制操作装置。--从阀门本体到与其他设备相连接的第一道焊缝或法兰
6	电磁阀	阀门本体以及所包含的所有子部件。包括阀门、阀门操作机构。--从阀门本体到与其他设备相连接的第一道焊缝或法兰
7	先导式安全阀	阀门本体以及所包含的所有子部件。--从阀门本体到与其他设备相连接的第一道焊缝或法兰
8	弹簧加载式安全阀	阀门本体以及所包含的所有子部件。--从阀门本体到与其他设备相连接的第一道焊缝或法兰
9	逆止阀	包括阀门本体以及包含的所有子部件。--从阀门本体到其与其他设备相连接的第一道焊缝或法兰
10	手动阀	包括阀门本体以及包含的所有子部件。--从阀门本体到其与其他设备相连接的第一道焊缝或法兰
11	应急柴油发电机组	包括柴油机、发电机、柴油机与发电机之间的联轴节、发电机直至母线端子排。柴油机本体；发电机本体；耦合装置；机油系统；启动系统；冷却水系统；调速及控制系统；励磁系统；供电系统（蓄

序号	设备类	设备类边界定义
		电池、硅整流器等)
12	其他柴油发电机组	包括柴油机、发电机、柴油机与发电机之间的联轴节、发电机直至母线端子排。柴油机本体；发电机本体；耦合装置；机油系统；启动系统；冷却水系统；调速及控制系统；励磁系统；供电系统（蓄电池、硅整流器等）
13	小汽轮发电机组	包括汽轮机、发电机、汽轮机与发电机之间的联轴节、发电机直至母线端子排。汽轮机本体；发电机本体；调速控制器；蒸汽排放阀；润滑或冷却系统；本地测量仪表
14	控制棒驱动机构电源系统电动发电机组	包括两台电动机发电机组、以及安装在箱子里的电压调节器、260V供电的断路器屏、控制屏和一些必要的电缆连接件
15	电路断路器	包括电路断路器本体以及所包含的所有子部件。--以其输入输出接线端子为界（包括接线端子本身）
16	停堆断路器	包括停堆断路器本体以及所包含的所有子部件。--以其输入输出接线端子为界（包括接线端子本身）
17	母线	包括母线本体，导体部分、绝缘部分和支撑部分
18	蓄电池组	包括蓄电池本体以及所包含的所有子部件。--以蓄电池与其充电电源及与用户相连接的接线端子（其端子包括在内）为界
19	电池充电器	包括电池充电器本体以及所包含的所有子部件（其接线端子包括在内）
20	逆变器	包括逆变器本体以及所包含的所有子部件（其接线端子包括在内）
21	继电器	包括继电器本体以及所包含的所有子部件。--以其输入输出接线端子为界（包括接线端子本身）
22	过滤器	过滤器本体以及所包含的所有子部件。--从过滤器本身到与各工艺

序号	设备类	设备类边界定义
		流体相连接的进出口管嘴（包括管嘴本身）连接法兰或第一个焊缝
23	旋转滤网	包括滤网、电机、减速机构、高压冲洗管线、润滑油回路，进口处截至拦污栅（不包含拦污栅），出口为循环水泵（不包含循环水泵）
24	地坑滤网	包括地坑滤网本体
25	孔板	包括孔板本体。--包括孔板压力边界内的部分
26	板式热交换器	包括热交换器本体以及所包含的所有子部件。--从热交换器本身到其与冷热两侧相连接的进出口管嘴，以其连接法兰或焊缝为界
27	管式热交换器	包括热交换器本体以及所包含的所有子部件。--从热交换器本身到其与冷热两侧相连接的进出口管嘴，以其连接法兰或焊缝为界
28	水箱	包括水箱本体及其所包含的所有子部件。--以其与水（气）或其他介质回路的接管嘴为界（到第一个法兰或焊缝）
29	储气罐	包括储气罐本体及相关的释放阀。--以其与其他介质回路的接管嘴为界（到第一个法兰或焊缝）
30	变压器	包括继电器本体以及所包含的所有子部件。--连接变压器与电力电线、母线之间的绝缘子（包括绝缘子本身）
31	传感器/变送器	包括传感器和变送器本体及电缆端子
32	风机	包括风机本体及其电机、联轴器、润滑或冷却系统。--以空气进出口的连接管嘴为界（管嘴本身包括在内）
33	冷冻机组	包括压缩机、电机、润滑或冷却系统
34	空气压缩机组	包括空气压缩机本体及其电机、联轴器、润滑或冷却系统。从空气压缩机到与被压缩介质相连接的输入输出管嘴（包括管嘴）
35	空气干燥器	包括空气干燥器本体
36	控制棒及驱动机构	包括控制棒、导向管、线圈、固定和活动棘爪、操作装置（RAM、RGL、IAAR）

