

ICS 27.120.20
F 65
备案号: 59632—2017

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20447—2017RK

与反应堆冷却剂压力边界相连的低压系统的 超压保护

Overpressure protection of low pressure systems connected to the reactor
coolant pressure boundary

2017 - 04 - 01 发布

2017 - 10 - 01 实施

国家能源局 发 布
国家核安全局 认 可

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 设计基准..... 2

5 超压保护方法..... 2

6 监测仪表和控制装置..... 4

7 超压保护装置的试验..... 4

附录 A（资料性附录） 应对界面 LOCA 的设计要求..... 7

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：上海核工程研究设计院、中国核动力研究设计院、中广核工程有限公司、核工业标准化研究所。

本标准主要起草人：黄若涛、陈健华、谈文姬、王岳、苏夏、陈丽、曹耶南、黄慧剑、王佳、邓瑞源、王根生。

本标准于2017年10月25日，经国家核安全局审查认可。

与反应堆冷却剂压力边界相连的低压系统的超压保护

1 范围

本标准规定了压水堆核电厂中与反应堆冷却剂压力边界相连的低压系统的超压保护的设计要求及超压保护所需设备、仪表和控制装置的设计和试验要求。

本标准适用于压水堆核电厂中与反应堆冷却剂压力边界相连的低压系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 4083 核反应堆保护系统安全准则
- GB/T 5204 核电厂安全系统定期试验与监测
- GB/T 9225 核电厂安全系统可靠性分析一般原则
- GB/T 12727 核电厂安全系统电气设备质量鉴定
- GB/T 13625 核电厂安全系统电气设备抗震鉴定
- GB/T 13626 单一故障准则应用于核电厂安全系统
- GB/T 16702 压水堆核电厂核岛机械设备设计规范
- NB/T 20053 核电厂安全重要电气、仪表和控制设备安装要求
- NB/T 20093 核电厂安全级阀门驱动装置的鉴定
- NB/T 20268 压水堆核电厂安全阀和卸压阀管系设计准则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

反应堆冷却剂压力边界 **reactor coolant pressure boundary**

在运行温度和压力下包容反应堆冷却剂同时用于包容放射性物质的边界。

[GB/T 4960.2—1996, 核科技术语 裂变反应堆]

3.2

与反应堆冷却剂压力边界相连的低压系统 **low pressure systems connected to the reactor coolant pressure boundary**

与反应堆冷却剂压力边界相连且设计压力低于反应堆压力容器设计压力的系统。

3.3

单一故障 single failure

导致某一部件不能执行其预定安全功能的一种随机故障。由单一随机事件引起的所有继发故障，均视作单一故障的组成部分。

[GB/T 4960.2—1996，核科技术语 裂变反应堆]

3.4

单一故障准则 single failure criteria

要求系统或设备组合在其任何部位发生可信的单一随机故障时仍能执行其正常功能的设计准则。

4 设计基准

本标准范围内的低压系统的超压保护应满足单一故障准则，即单一随机故障不会影响本标准范围内的低压系统超压保护功能。

用于低压系统超压保护的卸压装置应与该卸压装置所属的低压系统安全等级相同或更高。

应对界面 LDCA 的设计要求可参考附录 A。

5 超压保护方法

5.1 隔离

5.1.1 当用隔离作为低压系统超压保护方法时，应至少设置两个串联的阀门来隔离低压系统，且应满足本标准中 5.1.2~5.1.4 的要求。同时，低压系统的设计宜按 GB/T 16702 的要求考虑隔离阀的可能泄漏。

5.1.2 当使用两个动力驱动阀串联作为低压系统的隔离措施时，这两个动力驱动阀应有相互独立的连锁，以防止阀门在反应堆冷却剂系统的压力高于低压系统的设计压力时同时开启。动力驱动阀应设置独立的供电或供气序列。阀门在动力源发生故障时，应符合设计故障安全原则，阀位应保持不变或关闭。为了防止两个阀门都处于打开状态时低压系统意外超压，应采用下述的方法之一：

- a) 为每个阀门设置独立的控制装置，以便阀门在反应堆冷却剂系统的压力升至会导致低压系统超压的压力值前能在主控室提供报警或自动关闭任何一个打开的阀门，如图 1 a) 所示；
- b) 为低压系统设置卸压装置，如图 1 b) 所示。卸压装置的卸压能力，以电厂运行工况下两个阀门都开启时预期会发生的最极端压力瞬态为依据，且需考虑低压系统与反应堆冷却剂系统之间隔离阀的最大可能泄漏。

为低压系统设置卸压装置时，应有相应的措施用于接纳释放出的放射性流体。此外，还应有适当的行政管理措施，保证一旦发生卸压随即能将低压系统与反应堆冷却剂系统进行隔离。

低压系统卸压装置的设计应符合 NB/T 20268 的有关规定。

确定阀门的响应时间和低压系统的卸压能力时，应考虑可能的最极端的压力瞬态。

5.1.3 当使用一个止回阀（位于高压侧）和一个动力驱动阀串联作为低压系统的隔离措施时，动力驱动阀应有连锁，以防止在反应堆压力高于低压系统设计压力时开启。同时，动力驱动阀应在反应堆冷却剂系统的压力升至会导致低压系统超压的压力值前能在主控室提供报警或自动关闭任何一个打开的阀门，如图 1 c) 所示。

5.1.4 对执行应急堆芯冷却功能的系统，可以使用两个止回阀串联作为隔离方案，如图 1 d) 所示。

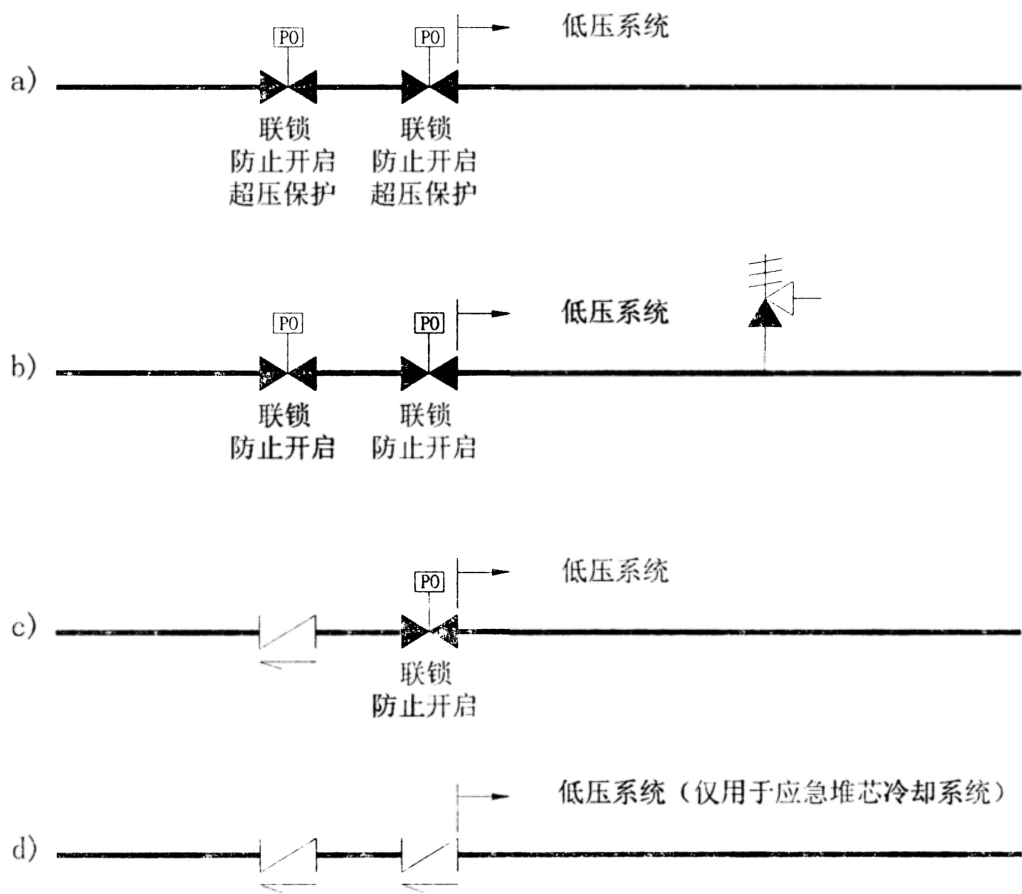


图 1 超压保护方法示意图——隔离

- 注 1：当用手动阀代替止回阀或动力驱动阀执行超压保护功能时，确保手动阀锁关。用手动阀执行隔离功能时符合系统的设计要求。
- 注 2：图 1a)、b) 中两个隔离阀之间管道的超压保护符合 GB/T 16702 的要求。
- 注 3：PO 表示动力驱动装置（电动、气动等）。

5.2 减压（限流）

对于低压系统中有流体流动的管线，可以通过在隔离阀上游或下游增加减压（限流）装置进行超压保护。如图 2 所示。

采用这种方法时，要用一个减压装置（如孔板、节流阀、减压阀）把压力控制到一个预定的值，并在低压系统配备一个卸压装置，同时应满足如下要求：

- a) 低压系统卸压装置的卸压能力足以适应最极端情况下的压力瞬态；
- b) 低压系统卸压装置能在节流阀或减压阀故障或孔板性能劣化情况下起到保护作用；
- c) 卸压能力符合 GB/T 16702 的要求；
- d) 设置一个动力驱动隔离阀与减压装置串联，且该隔离阀应能在主控室操作；
- e) 有相应的措施用于接纳卸压装置释放出的流体。

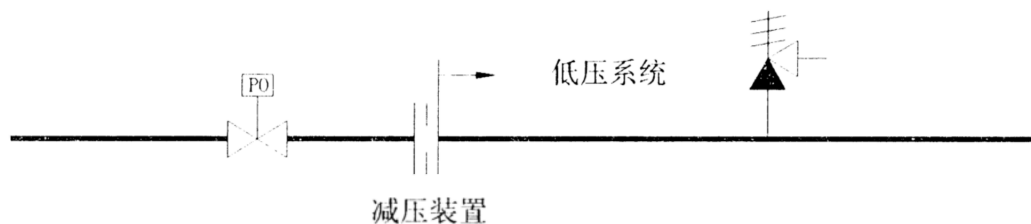


图2 超压保护方法示意图——减压（限流）

注1：动力驱动阀可以安装在减压装置下游。这种情况下动力驱动阀为低压系统和反应堆冷却剂系统的边界。

注2：PO表示动力驱动装置（电动、气动等）。

6 监测仪表和控制装置

任何特定的超压保护系统所用的监测仪表和控制装置都应依据其安全等级，按 GB/T 4083、GB/T 12727、NB/T 20053、GB/T 5204、GB/T 13625、GB/T 9225、GB/T 13626 和 NB/T 20093 的要求进行设计。

此外，与反应堆冷却剂压力边界相连的低压系统超压保护所需的监测仪表和控制装置还应满足如下要求：

- a) 动力驱动阀除了能在主控室远距离操作外还能就地操作，这两种情况宜实现超压保护的连锁。仅能就地控制的动力驱动阀应作为手动阀处理，而且在执行隔离功能时应是锁关的；
- b) 应为动力驱动阀设置阀位（开/关）远距离自动显示装置，以便在主控室显示阀位，手动阀的阀位信息也应在主控室显示；
- c) 在需要隔离时，主控室应提供相应的信号指示；
- d) 在主控室应提供压力报警，以提醒运行人员注意当反应堆冷却剂系统的压力超过低压系统的设计压力时，动力驱动阀是否是打开的；
- e) 监测的过程变量宜包括（但不限于）：
 - 1) 反应堆冷却剂系统的压力，附有与之相关联为防止开启隔离阀而设置的整定值；
 - 2) 反应堆冷却剂系统的压力，附有与之相关联为触发自动隔离和（或）自动报警而设置的整定值；
 - 3) 低压系统的压力，附有与之相关联为触发自动隔离和（或）自动报警而设置的整定值；
 - 4) 低压系统的温度；
 - 5) 卸压管线中流体温度。

7 超压保护装置的试验

7.1 试验目的

所规定的试验要求用于达到如下目的：

- a) 验证超压保护装置可靠地执行预定安全功能的能力；
- b) 验证在整个设计服役寿期内超压保护装置的可运行性；
- c) 探测超压保护装置的损坏和性能劣化。

7.2 运行前试验

7.2.1 隔离阀

用于超压保护的隔离阀都应进行运行前试验，这种试验应视作整个系统试验的组成部分。应对隔离阀的下述性能及参数进行确定、验证和记录：

- a) 动力驱动装置的功能特性；
- b) 限位开关、力矩开关、阀位指示器及其他控制装置和监测仪表的功能特性；
- c) 关闭和开启时间；
- d) 丧失动力源情况下的故障模式功能试验（即故障开、故障关、保持原状）；
- e) 阀座泄漏率；
- f) 止回阀可运行性；
- g) 异常状态的探测（如振动、噪声、位移等）；
- h) 动力源系统的功能特性，包括动力驱动阀动力源的独立性。

7.2.2 安全阀和卸压阀

对安全阀和卸压阀应进行台架试验，并验证其整定值。每次调整之后应重新进行试验。

作为台架试验的一部分，应通过试验方法验证安全阀和卸压阀在完成卸压过程之后的关闭能力。当开启和关闭时间被规定作为一项设计准则时，则应记录开启和关闭时间。

若通过适当的气压或液压辅助设备地进行就地试验以代替台架试验，则应满足 GB/T 16702 的要求。

7.2.3 减压装置

应对本标准范围内的减压装置进行运行前试验，以便验证其设计参数和性能。制造厂对单个装置进行的流量-压降标定（应有完整的记录）可以用于代替就地流量-压降试验。

应为减压装置配备确定压降的手段。通常，作为系统调平衡的一部分，孔板和其他减压装置在运行前试验中要进行最后的调整。在最后的调整和标定之后，应确定并记录在设计压力和流量下减压装置的压降。

7.3 运行试验

7.3.1 核电厂寿期内进行的超压保护装置的运行试验包括水压试验、泄漏试验和功能试验。在进行试验时，应符合 GB/T 16702 的要求。

7.3.2 应结合在役试验，定期对阀门及其驱动装置和信号装置进行功能试验。在役试验还应包括动力驱动阀响应时间的试验。

7.3.3 应定期校核减压装置参数并与设计参数值相比较。如发现减压装置的运行参数值已不处在限值范围内，则应予以纠正。

7.3.4 如果用止回阀作为低压系统的隔离阀，则应对所用的止回阀做定期试验，以保证其隔离功能。在用两个止回阀串联时，则第一个阀（从高压侧起）应在设计条件下进行定期的隔离功能试验，第二个阀也应在足够高的压力下进行定期的隔离功能试验。

7.4 记录

为了描述试验和检查要求、提供历史资料及提醒有关人员注意采取纠正措施，核电厂营运单位应建立和保存超压保护装置的记录档案。记录档案应包括：

- a) 详细的试验和检查计划及时间安排；
- b) 运行前试验和检查结果、测试参数的限值、允许偏差、制造厂的有关试验；
- c) 运行试验和检查结果，包括试验和检查结果的评价。

记录的收集、保管和维护应符合与安全有关的记录档案的相应要求。

附 录 A
(资料性附录)

应对界面 LOCA 的设计要求

安全壳外与反应堆冷却剂系统相连的低压系统超压保护失效,可能导致安全壳外丧失一回路冷却剂的事故,也称界面LOCA。对于安全壳外与反应堆冷却剂系统相连的低压系统,在设计时,应评估每个会引起低压系统超压的通道。

为尽可能降低界面LOCA的风险,低压系统可采用以下的设计措施:

- a) 将低压系统的所有部件尽可能布置在安全壳内;
- b) 低压系统位于安全壳内的设备和管道,设计压力与设计温度与反应堆冷却剂系统相同;
- c) 低压系统位于安全壳外的设备和管道,应能承受反应堆冷却剂系统的运行压力而不发生破裂。

URD (Utility Requirements Document) 第 III 卷相关要求如下:

- 1) 设计压力至少为 900 psi (6.2 MPa);
 - 2) 设计温度至少为 400 °F (204.4 °C);
 - 3) 管道壁厚等级至少为 S-40。
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
与反应堆冷却剂压力边界相连的低压系统
的超压保护

NB/T 20447—2017RK

*

核工业标准化研究所出版发行

北京海淀区骚子营1号院

邮政编码：100091

电 话：010-62863505

原子能出版社印刷

版权专有 不得翻印

*

2017年10月第1版 2017年10月第1次印刷

印数 1—50

定价 21.00 元