

ICS 27.120.20

F 65

备案号: 59656—2017

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20463—2017

压水堆乏燃料转运与干法贮存设施 物项分级

**Classification for the items of spent fuel transportation and dry storage facilities
for pressurized water reactor**

2017-04-01 发布

2017-10-01 实施

国家能源局 发布

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 分级原则	1
4.1 分级方法	1
4.2 分级对象	2
5 安全分级	2
5.1 一般要求	2
5.2 安全重要物项	2
5.3 非安全重要物项	2
6 抗震类别	2
6.1 一般要求	2
6.2 核抗震类	2
6.3 非核抗震类	3
7 规范等级	3
8 质量保证分级	3
附录 A（资料性附录） 物项分级规则在压水堆乏燃料转运与干法贮存设施的应用	4
参考文献	12

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中广核工程有限公司。

本标准主要起草人：莫怀森、冉小兵、罗志远、廖蓉国、刘彦章、杨锦春、袁呈煜、刘翠波、陈耀、谭经耀。

压水堆乏燃料转运与干法贮存设施物项分级

1 范围

本标准规定了压水堆乏燃料转运与干法贮存设施主要机械部件、电气部件及构筑物的安全、抗震、规范等级和质量保证的分级原则和要求。

本标准适用于压水堆乏燃料转运与干法贮存设施物项的等级划分。

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 15219—2009 放射性物质运输包装质量保证

NB/T 20461 压水堆乏燃料干法贮存设施设计准则

ASME BPVC Section III Rules for Construction of Nuclear Facility Components

3 术语和定义

NB/T 461界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属屏蔽型干法贮存系统 metal shielded type dry spent fuel storage system

在乏燃料贮存设施或可回收贮存设施中的乏燃料贮存系统,乏燃料存放于由安全壳和多层金属屏蔽组成的贮存罐内。

3.2

混凝土屏蔽型干法贮存系统 concrete shielded type dry spent fuel storage system

在乏燃料贮存设施或可回收贮存设施中的乏燃料贮存系统,乏燃料存放于放置在混凝土屏蔽模块内的贮存罐内。

3.3

设计基准地震 design base earthquake (DBE)

作为压水堆乏燃料转运与干法贮存设施设计基准的地震等级。若发生该地震动,用于保证安全功能要求的构筑物、系统和部件应依然能够执行其规定功能。

4 分级原则

4.1 分级方法

4.1.1 压水堆乏燃料转运与干法贮存设施的物项分级主要基于确定论方法和工程判断。

4.1.2 物项分级依据如下:

- a) 安全分级:确定安全等级的依据是根据物项的主要功能及其对乏燃料转运和贮存安全的重要程度;

- b) 抗震类别：确定抗震类别的依据是物项在地震期间和（或）地震后是否需要其执行安全功能并考虑其功能失效的后果，以及是否影响其它物项安全功能的执行；
- c) 规范等级：确定规范等级的主要依据是物项的安全等级，其次是考虑物项本身特点和工作条件；
- d) 质量保证分级：确定质量保证等级应考虑物项的安全等级、抗震类别，以及建造经验、工艺成熟性、有无运动部件、供货历史、标准化程度等多种因素。

4.2 分级对象

在分级时以能够赋予单一等级的最小单元作为分级的对象。本标准涉及的分级对象包括：

- a) 机械部件，如贮存罐壳体、燃料篮、孔塞、吊耳、起吊工具等；
- b) 电气部件，如电源装置、电缆、仪控设备等；
- c) 构筑物，如厂房、混凝土支撑板等。

5 安全分级

5.1 一般要求

压水堆乏燃料转运与干法贮存设施的物项分为安全重要物项和非安全重要物项。

5.2 安全重要物项

安全重要物项是为维持压水堆乏燃料转运和干法贮存所需环境，防止压水堆乏燃料损坏或在乏燃料接收、操作、包装、转运、贮存和回取等过程中提供安全保证的构筑物、系统和部件。

安全重要物项的示例如下：

- a) 贮存罐；
- b) 转运容器；
- c) 混凝土屏蔽模块；
- d) 贮存罐顶盖；
- e) 贮存罐壳体。

5.3 非安全重要物项

非安全重要物项是压水堆乏燃料转运与干法贮存设施安全重要物项以外的构筑物、系统和部件。非安全重要级部件的示例如下：

- a) 自动焊接设备；
- b) 充气排水装置；
- c) 真空干燥装置。

6 抗震类别

6.1 一般要求

压水堆乏燃料转运与干法贮存设施的物项分为核抗震类和非核抗震类。

6.2 核抗震类

发生设计基准地震时仍需要保持安全功能的物项定为核抗震类，如下列物项：

- a) 贮存罐；

- b) 转运容器;
- c) 混凝土屏蔽模块。

核抗震类物项应按DBE设计和论证,并保证在地震发生期间和/或地震后能保持其完整性。

6.3 非核抗震类

核抗震类以外的物项为非核抗震类。

非核抗震类物项应按照适用的常规设施抗震规范设计。

7 规范等级

7.1 乏燃料干法贮存系统机械部件可接受的标准规范是 ASME BPVC-III 第 1 册或同等机械设备设计规范。

7.2 机械部件的规范等级是指 ASME BPVC-III 第 1 册或同等机械设备设计规范中针对机械部件划分的等级。

7.3 构筑物、电气部件的规范等级则是指该物项适用的标准规范。

7.4 对构筑物、电气部件,可根据物项的安全等级、抗震类别等选择适用的建(制)造标准。

8 质量保证分级

8.1 质量保证分级主要依据物项在安全上的重要性确定。

8.2 压水堆乏燃料转运与干法贮存设施物项的质量保证分为如下四个等级:

- a) 质量保证 QA1 级;
- b) 质量保证 QA2 级;
- c) 质量保证 QA3 级;
- d) 非核质量保证 QAN 级。

8.3 质量保证 QA1 级是针对乏燃料转运和贮存安全至关重要的物项,其失效会造成放射性物质释放,直接影响公众健康和安全。

8.4 质量保证 QA2 级是针对乏燃料转运和贮存安全有重大影响的物项,其失效不直接影响公众健康和安全,只有同某个次级事件或失效一起发生时,才会处于安全状态。

8.5 质量保证 QA3 级是针对安全没有或没有明显影响的物项,其失效不会显著降低系统功能,且不大可能影响公众健康和安全的后果。

8.6 非安全重要物项的质量保证等级为 QAN。

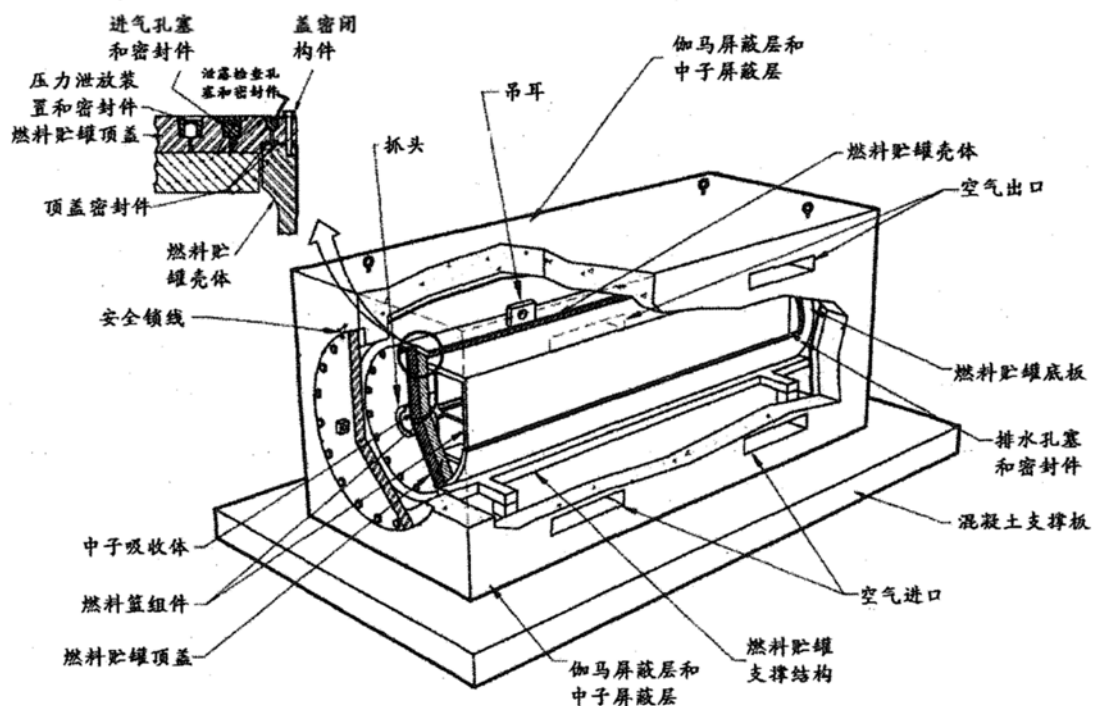
8.7 参与压水堆乏燃料转运与干法贮存设施活动的质量保证,可参照 GB/T 15219 的规定执行。

附录 A (资料性附录)

物项分级规则在压水堆乏燃料转运与干法贮存设施的应用

A.1 典型混凝土屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级

典型的混凝土屏蔽型乏燃料干法贮存系统如图A.1所示。



图A.1 典型的混凝土屏蔽型乏燃料干法贮存系统

表A.1列举了一个典型的混凝土屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级情况，是本标准分级规则的一个应用举例。

表A.1 典型混凝土屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级

序号	系统及部件	安全功能/描述	安全等级	抗震类别	规范等级/ 适用的标准	质量保证 等级	备注
1	干法贮存系统						
	a) 贮存罐	一种装载乏燃料的密封容器，其本身的屏蔽能力较弱，需要与转运屏蔽容器或筒仓搭配使用才能够实现运输和（或）贮存。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	1) 燃料篮	提供乏燃料组件的机械支撑，维持乏燃料组件之间的间距，内置中子吸收体，保证乏燃料组件的次临界度。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	2) 排水孔塞	贮存罐一般需要在下水下进行乏燃料装载，因此贮存罐上需要设置排水孔用于排出容器内部的液体，排水孔塞用于封堵排水孔。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	3) 进气孔塞	贮存罐一般都设置了进气孔，用于容器内部的排水和容器干燥等操作。进气孔塞用于封堵进气孔。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	4) 贮存罐顶盖	贮存罐的顶盖提供包容和屏蔽功能。顶盖通过螺栓或者焊接结构实现密封。顶盖一般需要设置进气孔、排水孔，还可补充设置泄漏检测孔和压力泄放装置。一般还需设置螺纹孔用于顶盖的提升操作。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	5) 贮存罐壳体	贮存罐壳体一般为圆筒形结构，底部和贮存罐底板焊接，顶部和贮存罐顶盖连接（螺栓连接或焊接），为贮存罐包容边界的一部分。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	6) 贮存罐底板	贮存罐底板和贮存罐壳体焊接，为贮存罐包容边界的一部分。	ITS	核抗震类	ASME III-NB	QA1	
	7) 吊耳/抓头	吊耳或者抓头用于贮存罐的起吊等操作，当其发生故障时，可能导致贮存罐的跌落事故，造成放射性包容边界的破坏。	ITS	核抗震类	ANSI N14.6	QA1	
	8) 中子吸收体	中子吸收体用于维持乏燃料组件的次临界状态，在正常和事故工况下应保证乏燃料组件的次临界度。	ITS	核抗震类	NA	QA1	

表 A.1 典型混凝土屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级 (续)

序号	系统及部件	安全功能描述	安全等级	抗震类别	规范等级/ 适用的标准	质量保证 等级	备注
1	9) 进气和排水孔塞以及泄压装置密封件	进气和排水孔塞及泄压装置均配有密封件, 如O形环。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	b) 混凝土筒仓	一种用于长期贮存罐 (及乏燃料) 的整体性大体积屏蔽容器, 主要包括混凝土筒仓和混凝土卧式模块两种形式。混凝土筒仓是垂直存放贮存罐的圆柱形混凝土筒体; 混凝土卧式模块是水平存放贮存罐的长方形混凝土箱体。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NF分卷 /ACI349	QA2	
	1) 筒仓结构部件	混凝土筒仓本体中起结构强度功能的部件 (如加强筋、钢筋等), 其是主要的受力部件, 保证混凝土筒仓在各种工况下的结构完整性。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NF分卷	QA2	
	2) 贮存罐支撑结构	混凝土贮存罐上的贮存罐支撑结构在正常及意外工况下为贮存罐提供支撑。该结构的故障可能导致贮存罐在事故工况 (如倾倒) 下破裂。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NF分卷	QA2	
	3) 混凝土部件	混凝土部件用于将混凝土贮存罐外部的辐射剂量减少至可接受的水平, 以及减少混凝土贮存罐外部的中子剂量。	ITS	核抗震类	ACI349	QA2	
操作与转运系统							
2	a) 转运容器	为圆筒形结构, 具有屏蔽功能的非密封结构容器, 用于结构保护、屏蔽和吊运贮存罐, 用于装载贮存罐在核电厂内与干法贮存设施内及之间转运, 并将贮存罐转移至混凝土筒仓中。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NF分卷	QA2	
	1) 结构件及吊卸组件	转运容器中用来提供足够的安全结构强度以吊运贮存罐, 并具有相关的辐射屏蔽功能以保护作业人员。	ITS	核抗震类	X	QA2	
	2) 转运容器壳体	容器壳体一般为圆筒型结构。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NF分卷	QA2	
	3) 中子屏蔽	作为功能材料安装于转运容器的结构中, 用于屏蔽中子, 通常为含硼材料。	ITS	核抗震类	X	QA2	

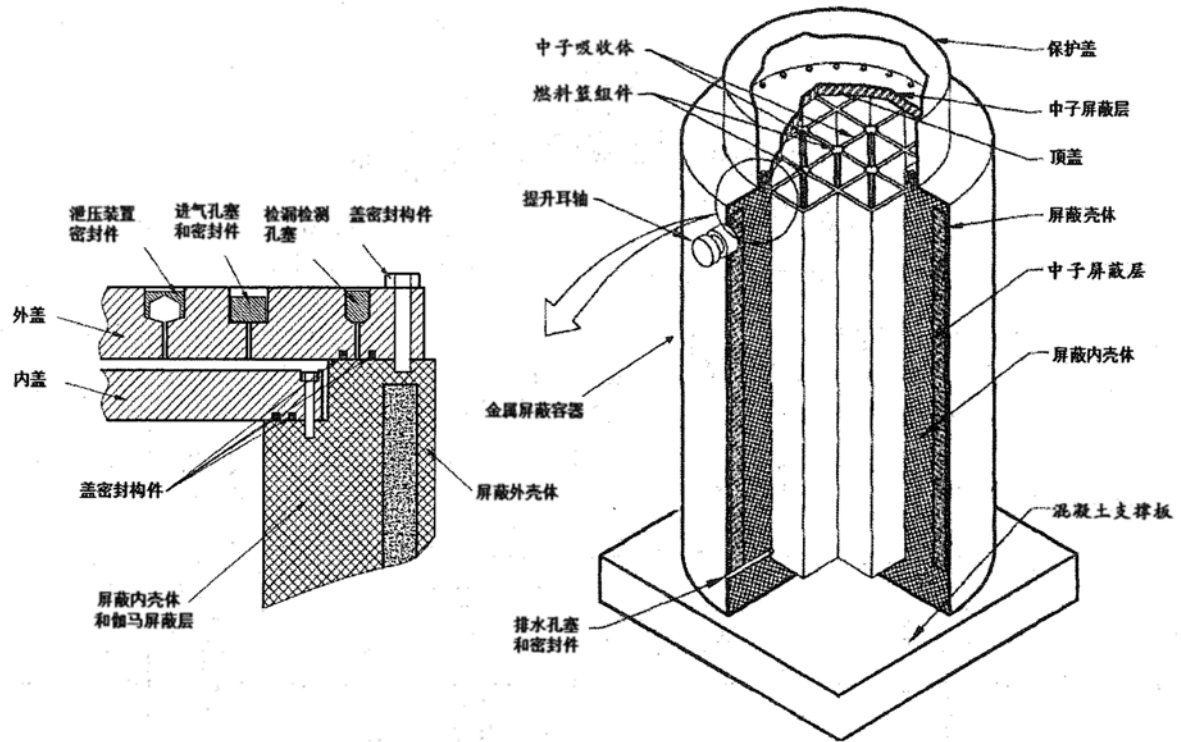
序号	系统及部件	安全功能/描述	安全等级	抗震类别	规范等级/ 适用的标准	质量保证 等级	备注
	4) 伽马屏蔽	安装于转运容器结构中的铅块，用于屏蔽伽马射线。	ITS	核抗震类	X	QA2	

表 A.1 典型混凝土屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级（续）

序号	系统及部件	安全功能/描述	安全等级	抗震类别	规范等级/ 适用的标准	质量保证 等级	备注
2	b) 转运容器吊装工具	在转运的吊装操作中，提供转运容器（含/不含贮存罐）吊运使用。	ITS	核抗震类	ANSI N14.6	QA2	
	c) 混凝土筒仓吊装工具	在混凝土筒仓的吊装操作中，提供混凝土筒仓的吊运使用。	ITS	核抗震类	ANSI N14.6	QA3	
	d) 转运车辆	转运车辆用于将转运容器（含或不含贮存罐）在核岛厂房和贮存场地之间进行转运。	NITS	NA	X	QAN	
	e) 适配器	适配器是贮存罐由转运容器转移至混凝土筒仓时，安装在混凝土筒仓上部，以定位转运容器并开启或关闭转运容器底盖的屏蔽门。	NITS	NA	X	QAN	
	f) 自动焊接设备	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中，提供贮存罐顶盖或排水管密封盖相关焊接作业。	NITS	NA	X	QAN	
	g) 充气排水装置	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中，提供贮存罐内部的充气排水相关作业。	NITS	NA	X	QAN	
	h) 真空干燥装置	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中，提供贮存罐内部的真空干燥相关作业。	NITS	NA	X	QAN	
	i) 氨气检漏装置	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中，提供贮存罐密封性能检测相关作业。	NITS	NA	X	QAN	
	注1：“规范等级/适用的标准”栏中的“X”表示该物项的规范标准尚待制定。 注2：抗震类别一栏中的“NA”表示非核抗震类。						

A.2 典型金属屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级

典型的金属屏蔽型乏燃料干法贮存系统如图A.2所示。



图A.2 典型的金属屏蔽型乏燃料干法贮存系统

表A.2列举了一个典型的金属屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级情况，是本标准分级规则的一个应用举例。

表A.2 典型金属屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级

序号	系统及部件	安全功能/描述	安全等级	抗震类别	规范等级/ 适用的标准	质量保证 等级	备注
1	a) 金属型贮存罐	一种用于运输和(或)贮存乏燃料的厚壁密封容器,具有较 强的辐射屏蔽能力。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	1) 贮存罐壳体	容器内壳体构成贮存腔室,用于装载燃料篮组件,内壳体为 放射性包容边界的一部分;一般在内壳体与外壳体之间填充 伽马屏蔽材料和中子屏蔽层。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	2) 燃料篮	燃料篮组件为乏燃料组件提供机械支撑,维持乏燃料组件之 间的间距,内置中子吸收体,维持乏燃料组件处于次临界状 态。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	3) 内盖和外盖	一般情况下,金属型干法贮存容器在其顶部需要设置两层密 封盖,以实现对容器内放射性物质的冗余密封。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	4) 盖密封构件	用于容器内外盖与壳体的密封,如使用金属O型环。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	5) 排水孔塞	金属型干法贮存容器一般需要在下水进行乏燃料装载,因此 容器上需要设置排水孔用于排出容器内部的水体,排水孔塞 用于封堵排水孔。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	6) 进气孔塞	金属型干法贮存容器一般都设置了进气孔,用于容器内部的 排水和容器干燥等操作。进气孔塞用于封堵进气孔。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	7) 盖密封构件	一般情况下使用一定数量螺栓对内盖和外盖进行紧固,在单 个螺栓故障时,不会向外界释放放射性物质。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	8) 提升耳轴	提升耳轴用于金属容器的起吊等操作,当其发生故障时,可 能导致容器的跌落事故,造成放射性包容边界的破坏。	ITS	核抗震类	ANSI N14.6	QA2	
	9) 中子吸收体	中子吸收体用于控制乏燃料组件的临界,在正常和事故工况 下应保证乏燃料组件的次临界度。	ITS	NA	NA	QA1	

表 A.2 典型金属屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级 (续)

序号	系统及部件	安全功能/描述	安全等级	抗震类别	规范等级/ 适用的标准	质量保证 等级	备注
1	10) 温度控制部件	温度控制分两种情况,一方面贮存容器需要导出由乏燃料组件产生的衰变热,另一方面贮存容器需要耐受火灾事故引起的环境高温。在上述情况下,温度控制部件需要防止乏燃料组件不出现过热现象。温度控制部件包括散热翅片、热屏等。	ITS	核抗震类	NA	QA2	
	11) 进气和排水孔塞以及泄压装置密封件	进气和排水孔塞以及泄压装置均配有密封件,如O形环。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	12) 伽马屏蔽层	伽马屏蔽层用于将容器外部的伽马辐射剂量减少至贮存可接受的水平。其材质通常为铅、贫铀或钢等。在容器制造期间需要测试伽马屏蔽层的屏蔽有效性,屏蔽层仅执行屏蔽功能。一般情况下,伽马屏蔽层由容器的内、外部的壳体包裹,在事故情况下,伽马屏蔽层需保证一直位于容器内外壳体形成的环腔内,并执行屏蔽功能。	ITS	核抗震类	NA	QA2	
	13) 中子屏蔽层	中子屏蔽层用于减少贮存容器外部的中子剂量。中子屏蔽层一般应位于贮存容器的外侧,其材料一般为轻烃材料(含氢元素较高)。	ITS	核抗震类	NA	QA2	
	14) 贮存罐外壳体	外壳体的主要功能是为屏蔽材料提供结构支撑,同时也起屏蔽伽马辐射的功能。容器外壳体一般为伽马屏蔽层的外壁,或者中子屏蔽层的内壁。一般温度控制部件和容器外侧壳体相连接。	ITS	核抗震类	ASME BPVC-III 第1册NB分卷	QA1	
	15) 保护盖	金属容器可能配置防护罩以及连接件,防护罩用于减少容器表面冰雪或灰尘的积累。	NITS	NA	NA	QAN	

表 A.2 典型金属屏蔽型乏燃料干法贮存系统主要物项的分级 (续)

序号	系统及部件	安全功能/描述	安全等级	抗震类别	规范等级/ 适用的标准	质量保证 等级	备注
1	16) 屏蔽壳体	屏蔽壳体是指金属型干法贮存容器最外侧的金属薄层, 当金属型干法贮存容器在装载乏燃料过程中从水下提升后可对屏蔽壳体去污。屏蔽壳体可以防止屏蔽层的劣化和损伤。一般散热翅片在屏蔽壳体上。屏蔽壳体不执行包容、屏蔽或临界功能。	ITS	核抗震类	NA	QA3	
2	操作与转运系统						
	b) 容器吊装工具	在转运的吊装操作中, 提供金属容器吊运使用。	ITS	核抗震类	ANSI N14.6	QA1	
	c) 转运车辆	用于金属容器在核岛厂房和贮存场地之间进行转运。	NITS	NA	X	QAN	
	d) 螺栓拧紧/拆卸工具	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中, 提供金属容器顶盖或排水管塞密封盖相关密封拧紧作业。	NITS	NA	X	QAN	
	e) 充气排水装置	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中, 提供金属容器内部的充气排水相关作业。	NITS	NA	X	QAN	
	f) 真空干燥装置	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中, 提供金属容器内部的真空干燥相关作业。	NITS	NA	X	QAN	
	g) 氦气检漏装置	此设备仅用于乏燃料组件装载过程中, 提供金属容器密封性能检测相关作业。	NITS	NA	X	QAN	
注1: “规范等级/适用的标准”栏中的“X”表示该物项的规范标准尚待制定。							
注2: 抗震类别一栏中的“NA”表示非核抗震类。							

参 考 文 献

- [1] GB 11806—2004 放射性物质安全运输规程
 - [2] GB/T 3811—2008 起重机设计规范
 - [3] Title 10, Code of Federal Regulations, Part 72, "Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel and High Level Radioactive Waste," Office of the Federal Registrar, Washington, D.C.
 - [4] NUREG/CR-6407 Classification of Transportation Packaging and Dry Spent Fuel Storage System Components According to Importance to Safety
 - [5] Regulatory Guide 7.10, "Establishing Quality Assurance Programs for Packaging Used in the Transport of Radioactive Material," Revision 1, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C. (June 1986).
 - [6] NUREG-1536 Standard Review Plan for Dry Cask Storage systems
 - [7] NUREG 0554 Single-failure-proof Cranes for Nuclear Power Plants
 - [8] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Rules for Construction of Pressure Vessel
 - [9] ANSI N14.6-1993 Special Lifting Devices for Shipping Containers Weighing 10 000 Pounds (4500 kg) or More
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆乏燃料转运与干法贮存设施
物项分级

NB/T 20463—2017

*

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 32.00 元