

1569/374 (909)

2006/08

《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》

(GB14587-XXXX)

(征求意见稿)

修订编制说明

二〇〇八年二月

《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（征求意见稿）修订编制说明

一. 修订的背景

根据国家发展与改革委员会新近发布的核电中长期发展规划，至 2020 年，我国将建成运行 4000 万千瓦、在建 1800 万千瓦的核电机组，此外，内陆核电厂的建设也已纳入国家的核电发展规划。我国核电建设将面临良好的发展形势。

原国家标准《轻水堆核电厂放射性废水排放技术规定》（GB 14587—93）规定了轻水堆核电厂放射性废水排放系统设计和运行的技术要求，主要内容包括：轻水堆核电厂必须根据该标准的相关规定确定电厂通过放射性废水每年向环境排放的总活度的设计限值；放射性废水排放的管理要求；排放口设计要求和排放监测要求。由于受当时我国核电发展的条件限制，该标准的主要技术条款事实上均针对环境条件相对简单的滨海核电厂制定，在应用于滨河、滨湖、滨水库等内陆核电厂的放射性液态流出物排放管理时，将会存在较大的技术争议。

近年来，《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等新法规和新标准的不断发布，对我国核电厂放射性液态流出物的排放提出了许多新的要求，这些新的要求在原国家标准《轻水堆核电厂放射性废水排放技术规定》（GB 14587—93）中没有得到充分的体现。此外，国内外核电厂放射性液态流出物排放管理的实践经验反馈，特别是放射性液态流出物排放优化管理理念的新发展，均需要在针对核电厂放射性液态流出物排放技术要求的专项技术标准中予以反映。

由此可见，原国家标准《轻水堆核电厂放射性废水排放技术规定》（GB 14587—93）已不适应我国核电发展的需要，对该国家标准进行修订是必要的，可以确保我国关于核电事业的可持续发展。

国家环保总局科技标准司于 2006 年 8 月下达了标准修订计划任务书，核与辐射安全中心联合苏州热工研究院有限公司联合组成了标准修订编制组。编制组于 2007 年 3 月 8 日召开了修订前专家讨论会，明确了标准重点修订的内容，于 2007 年 10 月 25 日和 11 月 22 日召开了两次专家讨论会，对编制组提出的初稿进行了讨论。

二. 修订的原则

本次修订时遵循如下原则：

1. 本标准的格式遵循国家对标准的具体格式要求。

2. 本标准与新近颁布的法规和标准的具体要求相协调。对于《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年）中已明确的管理要求，将不再在标准中予以体现。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关规定特别是8.6条的规定，对本标准中的相关内容进行修订。
3. 与GB6249的相关内容相一致。GB6249目前也正在修订，本标准涉及的许多管理要求基本与其保持一致。对我们在修订过程中发现与GB6249不一致的地方，将反映给GB6249修订组。由于标准修订过程要经历征求意见、送审和报批等几个阶段，可能不能及时协调统一，但本标准和GB6249修订组的成员有交叉，可以在最后保持一致。
4. 与其他相关标准的协调。本标准将引用《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217）和《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB11216）的相关条款。
5. 参考国际上核电先进国家（美国、法国和俄罗斯等国家）针对放射性液态流出物方面的法规和管理要求。
6. 充分反映国内运行核电厂在放射性液态流出物排放管理上的运行经验反馈，以及国家在对核电厂二十多年审评中累积的相关技术要求。
7. 反映八十年代以来国际上有关环境辐射防护的研究并推荐应用的成果。

三. 修订内容说明

1. 标准名称

将标准名称《轻水堆核电厂放射性废水排放技术规定》修订为《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》，其理由如下：

- 国内已运行核电厂除轻水堆外，还有重水堆。且重水堆核电厂与轻水堆核电厂相比，除了H-3和C-14排放量比较大以外，没有特别的要求。此次标准修订时，将重水堆核电厂的放射性液态流出物的排放要求也纳入其中；
- 放射性废水没有明确的定义，在现行的评价和审评中，更为常用的是放射性液态流出物；
- 从本标准提出的具体内容来看，称为技术要求更为贴切。

2. 适用范围

将标准的适用范围扩大到包括重水堆在内的所有核电厂放射性液态流出物排放系统的设计和运行以及核电厂放射性液态流出物排放的管理。

其他核反应堆设施也可参照执行。

3. 引用标准

用 GB18871 替代 GB8703，同时增加了 GB11216 和 GB11217。

4. 术语

增加了放射性液态流出物、剂量约束值、排放限值、排放设计控制值和排放管理目标值等术语。

根据我国环境保护相关的规定，将原标准中的排放口进一步划分为系统排放口和电厂排放口。

排放限值由 GB6249 和本标准规定，是国家规定不允许超过的排放值。

排放设计控制值用于核电厂放射性液态流出物排放系统的设计。

排放管理目标值用于核电厂运行控制。

5. 剂量约束值

将核电厂运行状态下向环境接纳水体排放的放射性液态流出物对公众所致的最大个人有效剂量只是 GB 6249 规定的剂量约束值的“一部分”改为“一小部分”。

美国在 10CFR50 中规定核电厂放射性液态流出物对公众所致的年最大个人有效剂量不超过 $30 \mu\text{Sv}$ 。编制组曾考虑将 $30 \mu\text{Sv}$ 作为核电厂运行状态下液态流出物排放的剂量约束值，但考虑到国内某些已运行核电厂的接纳海域对液态流出物稀释扩散条件一般，如果按 GB6249 规定的排放总量排放放射性液态流出物，对公众的年最大有效剂量已经接近于 $30 \mu\text{Sv}$ 。部分专家建议，在现阶段对一个厂址使用 0.25mSv 的总的剂量约束值控制较为适宜。由于对放射性液态流出物排放控制进行优化是本标准的指导思想，各核电厂应该结合各自的厂址环境特征，确定一个合适的放射性液态流出物排放剂量约束值。

6. 总量限值和浓度限值

GB18871 中明确规定，排放限值包括总量限值和浓度限值。因此，本标准修订时，除

要求制定与 GB6249 相同的排放总量限值外，同时增加了制定合适的排放浓度限值要求。

7. 排放浓度限值

根据国家环境保护的相关要求，放射性液态流出物为一类污染物，应在系统排放口上进行排放控制。

放射性液态流出物排放的核素包括 H-3、Co-60、Sr-90、Cs-137 等多种核素，通常划分为 H-3 和除氙外其它放射性核素两大类。重水堆核电站还包括 C-14。因现有的核电站废液处理系统不能有效地处理 H-3 和 C-14，这两种核素的排放量主要取决于电厂的设计，目前的要求是按设计排放量控制，故本标准只规定除氙外其它放射性核素的排放浓度限值。

对于滨海核电站，秦山一期和秦山三期根据放射性液态流出物排放浓度管理目标值的优化分析，得出将除氙外其它放射性核素的排放浓度管理目标值定为 3700Bq/L 是适宜的结论，并得到了国家环保总局的批准。大亚湾核电站目前执行 1000Bq/L 的内部控制标准，田湾核电站放射性流出物排放的浓度控制标准是 200Bq/L。因此，本标准也规定为 3700Bq/L。该值和 GB6249 规定的值是相同的。

对于内陆核电站，由于我国目前还没有实践，制定一个恰当的排放浓度限值比较困难。编制组调研了国内外情况，提出 37Bq/L 的排放浓度限值供征求意见。具体的考虑见附件《内陆核电站液态流出物排放浓度限值初步研究概要》。该值和 GB6249 征求意见稿不同，希望 GB6249 编制组进一步考虑。

原标准中有“排放口下游第一取水点的水质应符合相应的水质标准”的要求。考虑到在内陆核电选址时，一般距离集中取水点比较远，并且在电厂运行的寿期内很难控制不在较近位置设置新的集中取水点，因此本标准规定在“电厂排放口下游 1km 处接纳水体中总 β 放射性浓度不得超过 1Bq/L”，同时规定“电厂排放口下游 1km 范围内禁止设置生活用水和农业用水取水口”。这样，在内陆核电站排放口 1km 外的环境水体水质将满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 的规定。该要求和 GB6249 征求意见稿一致。

标准修订时，增加了禁止在放射性液态流出物排放系统内的稀释排放。

8. 设计要求

标准修订时，明确要求核电站设计时，应将来自核岛的放射性液态流出物和来自常规岛的放射性液态流出物分别进入不同的排放系统，经处理并监测达到排放标准后排放。同时，

明确要求在设计上应严禁电厂的非放射性废水混入放射性废水排放系统。

修订后的标准增加了核电厂应急滞留贮槽的设计要求。

修订后的标准明确提出液态流出物排放系统设计的优化要求。并且，对重水堆核电厂，还应对 C-14 提出总量和浓度的设计控制值。

优化要求在《液态流出物向环境排放的控制规定》(IAEA-WS-G-2.3) 中有非常明确的规定。

9. 申请首次装料阶段的要求

明确提出根据设计值、厂址环境特征以及国内外同类电站的运行经验反馈，对核电厂放射性液态流出物排放管理的优化要求。对重水堆核电厂，还应包括 C-14。

10. 运行要求

GB18871 提出定期优化的要求，本标准将定期明确为 5 年一次。

11. 联锁报警阈值

核电厂的放射性液态流出物实行槽式排放。在排放前要进行取样监测，只有当监测结果低于排放浓度管理目标值时才允许排放。为了防止非计划排放，在排放管线上要设置在线连续监测系统，并具有联锁报警功能，当达到联锁报警阈值时，能自动终止排放，并可以将排放槽中的液态流出物返回废液处理系统。

通常，在线监测仪表监测的是总 γ 放射性，一般用 Cs-137 刻度。由于液态流出物的核素组分会发生变化，再加上测量的不确定度，取样的不均匀性，以 Cs-137 刻度的在线监测仪表给出的总 γ 放射性活度和取样监测的活度可能会不一致。因此，根据审评实践，给联锁报警阈值加上了 3 倍的裕量。

需要进一步说明的是，在线连续监测仪表联锁报警阈值高于排放浓度管理目标值，并不是对排放的放宽，因为在线连续监测仪表的测量结果可能是不准确的，核电厂的放射性液态流出物的排放控制主要取决于取样分析的结果。

12. 排放方式

岸边是公众生产、生活的重要场所，也是环境保护目标分布较为集中的地方。根据环境

影响评价的经验，核电厂放射性释放的岸边沉积外照射是主要的照射途径，甚至时关键的照射途径，因此，加强对岸边的保护是核电厂环境保护工作的重点，也是将辐射防护最优化落实到实处的良好措施。双侧排放、漫滩排放均会对岸边活动公众造成较大的辐射影响，且也会加重电厂运行期间的环境监测工作量，应予以禁止。

《中华人民共和国海洋环境保护法》中明确要求，在有条件的地区，应当将排污口深海设置，实行离岸排放。国外许多核电厂业已实行离岸排放，旨在保护岸滩的环境保护目标。因此，本标准修订时，考虑到我国核电发展的实际情况，制定了鼓励离岸排放的要求。

13. 排放管理程序

进一步明确了排放浓度限值和排放管理目标值之间的关系。排放管理目标值是根据电厂设计、厂址特征和运行经验反馈优化的结果，是一种优化控制手段，在特殊情况下是可以超过的。排放浓度限值是不可以超过的。因此准许在特殊情况下，由电厂经理批准，高于排放浓度管理目标值但低于排放浓度限值的液态流出物是可以排放的。而原标准规定高于排放浓度管理目标值的液态流出物不能排放。

14. 排放方案比选和数模物模计算

核电厂的排放方案是控制放射性液态流出物环境影响的最主要因素，因此，在确定核电厂的排放方案时，除了进行必要的技术、经济比较论证外，还需要进行环境保护的论证。本标准修订时，增加了对于电厂排放方案的环境论证相关要求。

15. 监测

针对内陆核电厂，增加了电厂排放口下游 1km 处监测点，因为本标准对该处有浓度控制要求。

对在线连续监测仪表增加了响应时间的要求。

对排放监测记录中增加了排放时间和人员签字的要求。

附件：内陆核电厂液态流出物排放浓度限值初步研究概要

1. 目前国内内陆核设施液态流出物的排放管理

目前我国还没有内陆核电厂，但是国家发展和改革委员会新近发布的核电中长期发展规划已明确将内陆核电厂的建设纳入发展规划中。

在向接纳水体排放的国内所有内陆核设施中，核动力院的除氙外其它放射性核素的排放浓度管理目标值为 200Bq/L，821 厂为 37 Bq/L，其他都是 10 Bq/L。

国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中规定，放射性物质为第一类污染物，应在系统排放口进行控制，排放浓度控制为总 $\beta < 10$ Bq/L。

2. 国外核设施液态流出物的排放管理

美国核电厂向水体排放的浓度较宽松，10CFR20 给出的各核素浓度限值是按饮用途径对公众年有效剂量 0.5mSv 推算的。但是，美国 10CFR50 规定，核电厂液态流出物排放对公众的个人最大有效剂量应小于 30μ Sv。

法国在《有关专用于压水堆核电厂放射性液态流出物排放限值和排放方式的规则》(1976 年 8 月 10 日令) 中规定，在一条河流中，除氙外其它放射性核素浓度应低于 0.74 Bq/L。

俄罗斯规定了每 1000MW 反应堆的日排放量，推算到田湾核电厂的设计，为 20 Bq/L。

3. 国内现有核电厂液态流出物的排放管理

目前与核电厂相关的标准中并没有对于排放浓度进行强制规定的条款，GB6249 只是要求“核电厂营运单位应按季度控制放射性液态流出物年排放总量，连续三个月内的放射性液态流出物排放总量不应超过年排放总量管理目标值的二分之一”，避免放射性液态流出物的集中排放。

大亚湾核电厂和岭澳核电厂制定的排放内部控制标准为：正常运行期间，500 Bq/L；大修期间，1000 Bq/L。

秦山一期和三期核电厂的排放控制标准长期执行 370 Bq/L，近期从废物最小化出发，经国家环保总局审批后调整为 3700 Bq/L。

田湾核电厂，俄罗斯原设计的排放控制标准为 20 Bq/L，在首次装料阶段环境影响报告

书审评时,从废物最小化考虑将排放控制标准改为 200 Bq/L,但实际运行中几乎都在 20 Bq/L 以下。

4. 除氚外其它放射性核素排放浓度限值的考虑范围

《污水综合排放标准》(GB8978-1996)规定,向水体中排放的总 β 放射性小于 10 Bq/L。由于该标准没有规定核素组分,而不同核素同样活度浓度对人体的剂量差异很大,考虑到核电厂液态流出物的核素组分、目前国内核电厂废水处理系统的设计和国外核电厂运行实践,内陆核电厂的排放浓度控制标准可在 10—370 Bq/L 的范围内确定。

5. 除氚外其它放射性核素排放浓度限值推算

5.1 途径

内陆核电站液态流出物对环境的影响可分为对公众的辐射影响和对非人类生物的辐射影响。对公众的辐射影响需要考虑的主要途径包括:饮用、灌溉、养殖和娱乐等。现通过饮用水途径的辐射后果计算,推算核素的排放浓度限值。

5.2 饮水途径的剂量计算

法国 M310、美国 AP1000 以及法国 EPR 是我国核电中长期规划中拟发展的核电机组,现根据这些核电机组的放射性液态流出物设计源项,估算饮水途径的辐射剂量。

计算采用归一化处理的方式,假定核电机组排放的放射性液态流出物的总的活度为 1Bq/a,且保守地假定所排放的放射性核素均通过饮用途径进入人体,不考虑自排放到饮用过程中的核素衰变。

通过下式估算内陆核电厂周围公众通过饮用水途径摄入 1Bq/a 的放射性核素产生的剂量:

$$D = f_i \times h_{ing}$$

式中: D, 通过饮用水途径摄入 1Bq/a 的放射性核素产生的剂量, Sv/a;

f_i , 核电厂液态流出物排放的核素组分, %;

h_{ing} , 摄入剂量转换因子, Sv/Bq, 选自 GB18871-2002, 表 B6。

表 1~表 3 分别给出了针对上述 3 种核电机组计算所得到的公众通过饮用水所受到的剂

量。

5.3 排放浓度限值的初步确定

由于《污水综合排放标准》(GB8978-1996)理论上适用于所有向环境水体排放的废水,因此假定某核技术利用设施(如放化实验室)排放的废水中仅含有 ^{90}Sr ,周围公众通过饮用水途径摄入 1Bq/a 的放射性核素产生的剂量则为 $2.80\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 。假定核电厂液态流出物的排放浓度也是 10Bq/L ,且两者水体稀释情况相同,取水点也相同,则该核技术利用设施对周围公众的剂量贡献分别为M310、AP1000和EPR核电厂的3.79、3.78和8.38倍,见表1。M310、AP1000和EPR核电厂的具体剂量计算值见表2—表4。

表1 排放100% ^{90}Sr 和M310、AP1000和EPR核电厂
放射性液态流出物排放对公众辐射剂量贡献的比值

	100% ^{90}Sr	M310	AP1000	EPR
剂量, Sv/a	2.80E-08	7.38E-09	7.41E-09	3.34E-09
比值		3.79	3.78	8.38

如果要求核电厂液态流出物排放通过饮用水途径对公众的辐射影响与核技术利用设施的辐射影响相同,则M310、AP1000和EPR三种核电机组在内陆建造,放射性液态流出物的排放浓度可分别放宽到 38Bq/L , 38Bq/L , 84Bq/L 。

综上所述,初步确定内陆核电厂液态流出物排放浓度限值为 37Bq/L 。

表 2 法国 M310 核电机组 (Case A)

核素	组分%	剂量转换因子 Sv/Bq	剂量 Sv/a	核素	组分%	剂量转换因子 Sv/Bq	剂量 Sv/a
Sr-89	0.15	2.60E-09	4.03E-12	Cs-136	0.11	3.00E-09	3.18E-12
Sr-90	0.00	2.80E-08	3.21E-13	Cs-137	1.88	1.30E-08	2.45E-10
Y-90	0.00	2.70E-09	3.10E-14	Ba-140	0.58	2.60E-09	1.50E-11
Y-91	0.07	2.40E-09	1.60E-12	La-140	0.00	2.00E-09	5.56E-14
Sr-91	0.00	6.50E-10	0.00E+00	Ce-141	0.35	7.10E-10	2.46E-12
Zr-95	0.21	9.50E-10	2.00E-12	Ce-143	0.00	1.10E-09	4.85E-14
Nb-95	0.18	5.80E-10	1.07E-12	Pr-143	0.25	1.20E-09	3.04E-12
Mo-99	0.12	6.00E-10	7.24E-13	Ce-144	0.05	5.20E-09	2.39E-12
Tc-99m	0.08	2.20E-11	1.66E-14	Pr-144	0.05	5.00E-11	2.30E-14
Ru-103	0.27	7.30E-10	1.96E-12	Cr-51	1.87	3.80E-11	7.09E-13
Ru-106	0.02	7.00E-09	1.51E-12	Mn-54	1.33	7.10E-10	9.48E-12
Te-131m	0.00	1.90E-09	2.02E-15	Fe-59	0.30	1.80E-09	5.41E-12
Te-132	0.14	3.80E-09	5.43E-12	Co-58	39.87	7.40E-10	2.95E-10
I-131	25.67	2.20E-08	5.65E-09	Co-60	14.20	3.40E-09	4.83E-10
I-133	0.00	4.30E-09	1.10E-13	Ag-110m	1.98	2.80E-09	5.53E-11
I-134	0.00	1.10E-10	0.00E+00	Sb-124	8.20	2.50E-09	2.05E-10
I-135	0.00	9.30E-10	0.00E+00	总量	100.00		7.38E-09
Cs-134	2.08	1.90E-08	3.95E-10				

表 3 美国 AP1000 核电机组

核素	组分%	剂量转换因子 Sv/Bq	剂量 Sv/a	核素	组分%	剂量转换因子 Sv/Bq	剂量 Sv/a
Na-24	0.67	4.30E-10	2.88E-12	Ag-110m	0.43	2.80E-09	1.20E-11
Cr-51	0.76	3.80E-11	2.89E-13	Ag-110	0.06	0.00E+00	0.00E+00
Mn-54	0.53	7.10E-10	3.76E-12	Te-129m	0.05	3.00E-09	1.50E-12
Fe-55	0.41	3.30E-10	1.35E-12	Te-129	0.06	6.30E-11	3.78E-14
Fe-59	0.08	1.80E-09	1.44E-12	Te-131m	0.04	1.90E-09	7.60E-13
Co-58	1.38	7.40E-10	1.02E-11	Te-131	0.01	8.70E-11	8.70E-15
Co-60	0.18	3.40E-09	6.12E-12	Te-132	0.10	3.80E-09	3.80E-12
Zn-65	0.17	3.90E-09	6.63E-12	I-131	5.81	2.20E-08	1.28E-09
W-187	0.05	6.30E-10	3.15E-13	I-132	0.67	2.90E-10	1.94E-12
Np-239	0.10	8.00E-10	8.00E-13	I-133	2.76	4.30E-09	1.19E-10
Br-84	0.01	8.80E-11	8.80E-15	I-134	0.33	1.10E-10	3.63E-13
Rb-88	0.11	9.00E-11	9.90E-14	I-135	2.04	9.30E-10	1.90E-11
Sr-89	0.04	2.60E-09	1.04E-12	Cs-134	4.08	1.90E-08	7.75E-10
Sr-90	0.00	2.80E-08	0.00E+00	Cs-136	0.26	3.00E-09	7.80E-12
Sr-91	0.01	6.50E-10	6.50E-14	Cs-137	5.48	1.30E-08	7.12E-10
Y-91m	0.00	1.10E-11	0.00E+00	Ba-140	2.27	2.60E-09	5.90E-11
Y-93	0.04	1.20E-09	4.80E-13	La-140	3.06	2.00E-09	6.12E-11
Zr-95	0.09	9.50E-10	8.55E-13	Ce-141	0.04	7.10E-10	2.84E-13
Nb-95	0.09	5.80E-10	5.22E-13	Ce-143	0.08	1.10E-09	8.80E-13
Mo-99	0.23	6.00E-10	1.38E-12	Ce-144	1.30	5.20E-09	6.76E-11
Tc-99m	0.23	2.20E-11	5.06E-14	Pr-143	0.05	1.20E-09	6.00E-13
Ru-103	2.02	7.30E-10	1.47E-11	Pr-144	1.30	5.00E-11	6.50E-13
Ru-106	30.22	7.00E-09	2.12E-09	总量	100.00		7.41E-09
Rh-103m	2.02	3.80E-12	7.68E-14				
Rh-106	30.22	7.00E-09	2.12E-09				

表 4 法国 EPR 核电机组

核素	组分%	剂量转换 因子 Sv/Bq	剂量 Sv/a
Ag-110m	5.92	2.80E-09	1.66E-10
Co-58	21.50	7.40E-10	1.59E-10
Co-60	31.17	3.40E-09	1.06E-09
Cs-134	1.41	1.90E-08	2.68E-10
Cs-137	9.82	1.30E-08	1.28E-09
Mn-54	2.80	7.10E-10	1.99E-11
Sb-124	5.09	2.50E-09	1.27E-10
Te-123m	2.70	1.40E-09	3.78E-11
Ni-63	9.97	1.50E-10	1.50E-11
Sb-125	8.47	1.10E-09	9.31E-11
Cr-51	0.62	3.80E-11	2.37E-13
I	0.52	2.20E-08	1.14E-10
总量	100.00		3.34E-09