

上海光源工程辐射防护的给排水设计

汤福南 徐 凤 鲁宏深

(上海建筑设计研究院有限公司, 上海 200041)

摘要 简要介绍了迄今为止国内最大的大科学工程——上海光源工程辐射防护中的给排水设计, 针对该工程特殊的防辐射工艺要求, 提出了给排水专业的设计方法和关键措施, 供设计参考。

关键词 上海光源工程 辐射防护 冷却水泄漏 地沟 管道穿越

Radiation water supply and drainage system design of the Shanghai Guangyuan project

Tang Funan, Xu Feng, Lu Hongshen

(Shanghai Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shanghai 200041, China)

Abstract: This paper briefly introduced the largest science project in China till now - the radiation water supply and drainage system design for Shanghai Guangyuan project. Aimed at the special requests of the radiation prevention of this project, the design methods and key measurements were put forward for references.

Keywords: Shanghai Guangyuan project; Radiation prevention; Cooling water leak; Ditch; Pipeline crossing

上海光源工程是迄今为止国内最大的大科学工程, 投入运行后, 将是当今世界上最先进的第三代同步辐射光源之一。工程总体概况及功能介绍见文献[1, 2]。该工程的辐射防护设计与普通民用及工业建筑有很多不同, 特别是各类管线穿越防辐射混凝土墙的设计方法对我们有很大的启迪, 对开拓今后的设计思路有很大的帮助。

1 一次冷却水泄漏处理

1.1 一次冷却水系统的活化污染

上海光源工程工艺装置的发热部件均由一次冷却水冷却。直线加速器、增强器、储存环三大部件共有 13 个独立的一次冷却水循环回路, 一次冷却水系统原理见文献[3]。冷却水循环使用, 除事故及检修外, 冷却水一般不排放。

由于工艺装置的韧致辐射(bremsstrahlung)的活化作用, 尽管一次冷却水使用的是去离子水, 但仍有微量的活化放射性产生, 其浓度非常低, 其中 ^{15}O 、 ^{11}C 、 ^3H 、 ^{13}N 、 ^7Be 等核素的浓度均远小于其摄入限

值 $AL I_{\min}$ (annual limit of intake) 与人均年摄入水量的比值。一次循环冷却水中产生的重要放射性核素及其半衰期见表 1, 水中核素的饱和放射性浓度见表 2。

表 1 水中产生的重要放射性核素及其半衰期

放射性核素	半衰期 $T_{1/2}$	衰变常数/ s^{-1}
^{15}O	2.04 min	5.67×10^{-3}
^{13}N	9.97 min	1.16×10^{-3}
^{11}C	20.4 min	5.67×10^{-4}
^7Be	53.1 d	1.51×10^{-7}
^3H	12.3 a	1.78×10^{-9}

表 2 水中放射性核素饱和放射性浓度(单位: Bq/m^3)

^{15}O	^{11}C	^3H	^{13}N	^7Be
5.97×10^6	7.09×10^4	3.62×10^{-1}	2.49×10^4	5.57

工艺装置 13 个独立子系统冷却水管道内水的总容积约 200 m^3 , 正常运行时, 闭路循环使用, 分流净化处理后再分别回流本系统。即使其中的一个子系统的全部冷却水(16 m^3)都泄漏, 此放射性总量仍很小, 低于人均年摄入限值。但基于安全考虑, 仍需

对这部分水进行衰减,达标后才可排放。

1.2 一次冷却水泄漏的收集、储存和排放

上海光源工程的工艺装置(同步辐射装置)是大型加速器装置,不同于反应堆等核设施。加速器是一种人工脉冲辐射源,不存在临界辐射问题,其产生的辐射场是瞬发性的。因此加速器一停机,造成环境影响的主要辐射源就消失。加速器在正常运行和事故情况下,对环境的影响主要有三条潜在的途径:水途径:加速器运行时对设备冷却水的活化。气途径:加速器隧道内活化空气的排放。直接辐射:来自天空散射引起的杂散辐射。其中水途径对环境可能造成的影响是:事故时设备冷却水系统(尤其是靠近隧道内工艺装置的冷却水管道)突然发生大的泄漏,造成设备冷却水流失进入环境。

由前面分析可知,工艺装置的冷却水虽然会被活化,但浓度很低,由于采取循环运行,一般工况下不排放,考虑到管道和设备检修的滴漏及发生水管破裂等事故,产生的部分设备放射性冷却水被收集到设在储存环内圈的3个废水衰减池内,对废水进行储存、冷却、水位检测,并定期进行水质检测,达到排放标准后再排放。衰减池采用钢筋混凝土砌筑,池子内侧敷2 mm厚自粘性防水卷材,外敷沥青保护层,再粘贴墙面砖。池内的预埋件均经防腐处理。其有效容积按一次冷却水系统的一个子系统的全部冷却水 16 m^3 都泄漏的最不利情况考虑,衰减池的容积为 16 m^3 。衰减池平时不排水。每个废水衰减池内预留有排水潜水泵的位置、潜水泵的自偶装置、管道接口、电源等,水泵平时存放在池子附近的仓库内,待池内水位达到排水水位,经专业检测单位检测并确认符合排放标准后,再将排水潜水泵放入指定位置进行排放。

2 管道穿越屏蔽墙辐射防护设计

所谓辐射防护工程,就是在上海光源工程中建造大型混凝土屏蔽墙,以便对辐射(射线)实行阻挡(即屏蔽),使透过或漏过的辐射(射线)减少,从而达到使人和物不致受到辐射危害的目的。

屏蔽墙上的孔道设计与屏蔽墙设计相结合,才能达到整体辐射安全的目的。如果屏蔽墙上不进行较完善的孔道屏蔽设计,就会瓦解其防护功能。

2.1 技术走廊及地沟的设置

在储存环、增强器及直线加速器隧道上有多种通道和孔洞,人行通道采用了迷宫的形式。水管、电缆贯穿屏蔽墙,采用分布式的预埋不同口径的钢管和沟槽,并在直线加速器和增强器的上方设置技术走廊。这样就为水、电、气的维修和贯穿孔的防护提供了方便和安全,同时充分利用了空间,也减少了天空散射对工作人员和公众的影响。增强器隧道剖面见图1。

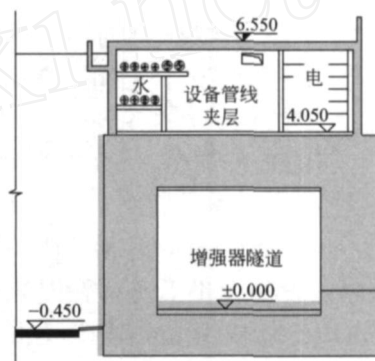


图1 增强器隧道剖面

在直线加速器和增强器的上方加建设备管线技术走廊,以利于电缆、水管的预埋管道贯穿直线加速器和增强器的天花板,并沿直线加速器和增强器靠近屏蔽墙的一侧比较均匀地分布,预埋管道的直径根据水、电、控制电缆数量的需要设置。预埋管的内径均小于80 mm,并尽可能避开功率损失大的区域(此区域即为辐射强度较高的区域)。

储存环上的顶盖是可移动的,水管、电缆、气体管道必须在地面或地坪下穿越屏蔽墙,工程采用地沟连接储存环内外管道,同时水管、电缆分别敷设于不同的地沟(见图2)。

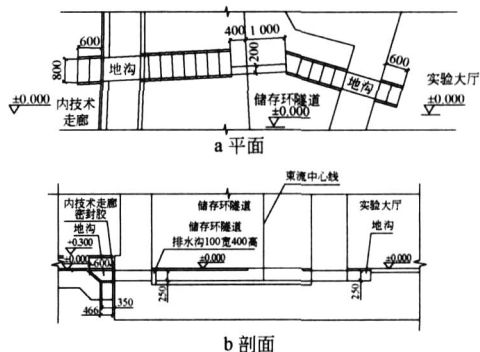


图2 储存环地沟平、剖面示意

