

● 建筑设计与节能

防辐射建筑的设计与施工要点

Design and Key Construction Operations for Radiation-Proof Building

□ 严培明

(中科院上海应用物理研究所 201800)

【摘 要】防辐射建筑的特殊性在于对辐射污染的控制，通过防辐射工程的实践，针对防辐射建筑的特殊要求，介绍了建筑、结构和公用设施设计和施工的要点。

【关键词】防辐射建筑 工艺要求 屏蔽墙体 钴源井

【中图分类号】TU761.14

/ 文献标识码 B

【文章编号】1004-1001(2006)07-0533-03

防辐射建筑，指的是加速器、钴源、医用 X 透视用房及放疗类建筑，其主要应用于物理、化学、新材料实验、放射性药物研究、医学诊断、治疗和辐照电缆加工、食品防腐保鲜等方面。

防辐射建筑的特殊性在于辐射照射和污染的控制，即辐射的防护与安全管理，特别是环境安全，体现在辐照装置的选址、设计、建造、运行，及其退役等方面。

本文主要对有加速器及钴源类建筑的设计和施工的特殊性进行论述。

1 防辐射建筑工艺的特殊要求

1.1 钴源建筑的主要工艺要求

钴源建筑主体是辐照厅和钴源井，并配置相应的控制室、机房、电源室、周转用房等。

(1) 辐照厅的防护墙、顶板宜采用钢筋混凝土，浇捣密实，均匀性好，不得有贯穿性裂缝。

(2) 穿越防护墙、顶板的孔、洞、风管等应采取防护补强措施，以防射线泄漏。

(3) 在室外地坪以下 300 mm 至标高 2.500 m 处不宜留设施工缝，如要设置，则施工缝应采用阶梯形接缝，以满足防护要求。

(4) 辐照厅应保持均匀沉降，在建成 15 年内不均匀沉降不得 $\geq 1\%$ ，绝对沉降量不得 ≥ 50 mm。

(5) 钴源水井的土建结构养护期满后，必须做盛水试验，以满足抗渗要求，确保不渗不漏。

(6) 钴源水井内壁面，其平面度允许误差： 2.5 mm/m^2 ，

【作者简介】严培明(1956-),男,大学,高级工程师,联系地址:上海市 800-204 邮政信箱(208100),电话:(021)59552305。

【收稿日期】2006-06-19

且任一平面为 10 mm;垂直度允许误差:任意两相邻平面之间 2%;建成后 15 年内绝对沉降量 ≥ 20 mm。

(7) 迷宫通道必须满足 4 次折射的安全要求。

1.2 加速器装置建筑的主要工艺要求

加速器装置建筑的工艺要求在防护墙、防裂缝、墙中穿管、建筑物不均匀沉降方面与钴源建筑基本类同，但不均匀沉降要求更高，且有防振要求，如同步辐射装置。

2 防辐射建筑的建筑设计

2.1 选址要求

(1) 应尽量避免有破坏性地震的活动区。

(2) 应尽量避免由于地下水位过高和地下土层过软而造成建筑物下沉或倾斜的地区。当然，设计时应采用有效的技术控制沉降，尤其是使装置的不均匀沉降控制在可以允许的范围内。

(3) 应选择运输方便的场所，同时该装置四周距离市政道路红线 ≤ 30 m。

(4) 应尽量避免高压输电走廊和易燃易爆场所。

(5) 周围 500 m 以内不宜有常住居民。

2.2 钴源辐照场建筑平面设计

(1) 钴源辐照厅的平面一般为矩形和圆形。因考虑辐照场内对物品辐射的均匀性，辐照厅设计成圆形较多。具体应根据工艺要求来确定的。钴源辐照厅一般在 100 m^2 以内(装置运行时辐照厅内绝对无人)，出入通道通常只设一个，是迷宫式的，且应满足辐照物品进出。

(2) 钴源井(储源水井)一般设置在钴源辐照厅中央。井内贮放蒸馏水，钴源置于水中。目前通常钴源能量在 20 万居里的井筒，面积 $\sim 2.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ ，深度 $\leq 7 \text{ m}$ 。井内设备和井衬应选用耐腐蚀性好的材料，井底不得穿孔，并有

防止人员误入井内的措施。

(3) 辐照厅的出入口必须设计成具有联动装置的防护门, 保证钴源工作时, 安全防护门闭锁, 人员绝对不能进入。只有在钴源放入储源水井内, 且通过一定时间的通风后, 方可打开此防护门。

2.3 加速器装置建筑平面设计

加速器有回旋加速器、静电加速器、串列加速器、直线加速器等, 各种加速器的用途不同, 体形不同, 大小不同, 工艺要求也有所不同。如串列加速器立放, 建筑高度较高, 称之为加速器主厅; 直线加速器平放, 长度较长, 称之为加速器隧道。加速器主厅和隧道主要功能是安装加速器自身设备和各种动力设备以及各种设备管线、支架等。一般立放的加速器门不设迷宫, 设按防辐射要求定制防护门; 直线加速器隧道必须设迷宫, 且通道门要考虑防辐射折射要求。

3 辐射建筑的结构

3.1 屏蔽墙体

钢筋混凝土屏蔽墙主要功能是屏蔽辐射剂量, 在设计时首先根据辐射防护规定计算确定屏蔽墙的厚度。目前 20 万居里能量的屏蔽墙厚度一般在 2 m 左右。浇捣 2 m 厚的钢筋混凝土墙时, 受水泥水化热和混凝土收缩等因素的影响可能会使墙体产生贯穿裂缝而导致辐射外泄, 因此在设计和施工中应注意以下几个问题:

(1) 防护墙的配筋。钢筋混凝土屏蔽墙的厚度比较大, 且墙、顶及底板形成一个整体, 刚度很高, 配筋时只要按构造配筋即可。钢筋布置一般采用小直径高密度, 这样对防裂缝效果较好。一般 2 m 厚的墙分成 4 排配筋, 内外两侧的配筋是直径 $\leq \phi 16$ 、@ 为 100 mm 双向布置, 保护层为 50 mm, 中间两排采用 $\phi 12 \sim \phi 14$ @ 为 150 mm 双向布置, 横向按 @ 500 mm 设置 $\phi 8$ mm 的拉结筋。混凝土施工时还应参照大体积混凝土施工技术, 加强养护。

(2) 混凝土级配。为了减少水泥水化热和混凝土的收缩值, 混凝土中采用粗砂, 细度模数 > 2.3 , 采用较大粒径的石子, 在施工过程中要求将沙石料冲洗干净, 含泥量 $< 1\%$; 也可采用毛石混凝土, 即先浇一层普通混凝土, 然后将洗净的毛石均匀抛入墙体中, 再浇一层混凝土, 振捣密实, 如此反复。实践证明此法也能达到防护抗裂的目的。要严格控制水泥和用水量(如可掺适量粉煤灰和矿粉减少水泥用量, 采用减水剂减少用水量)。如有可能, 通过试验采用低水化热低收缩混凝土。混凝土施工时还应参照大体积混凝土施工技术, 加强养护。

(3) 施工中合理分段留设施工缝。实践中我们做法是: 基础大底板、厚墙、厚顶分三次浇筑, 设两条施工缝, 在大地板面向下 300 mm 处及混凝土厚顶与墙交界处各以下 200 mm 处各设一条缝; 施工缝的设置呈台阶形, 每个台阶

100 mm 高, 一般 4 个台阶为较好。通常采用的几种施工缝留设见图 1、图 2。

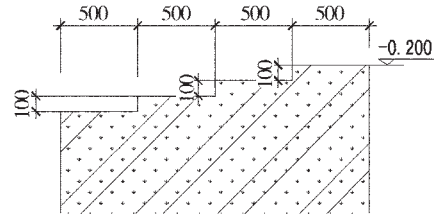


图 1 施工缝形式一

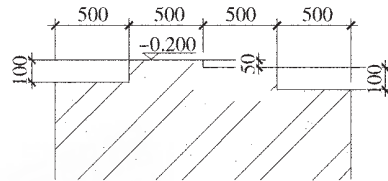


图 2 施工缝形式二

(4) 孔洞的留设。设备进出的预留门洞可做成如图 3, 并用重混凝土砌块封堵; 贯穿墙体的穿墙管道必须设计成 S 形; 对于小型埋墙设备预留洞, 可根据它的损失厚度, 经过计算, 在箱子背面加钢板的做法(图 4), 将来需要时可以拆开。防辐射要求, 做到不重缝、对缝, 所有砌块都错缝, 一般错缝 < 50 mm。

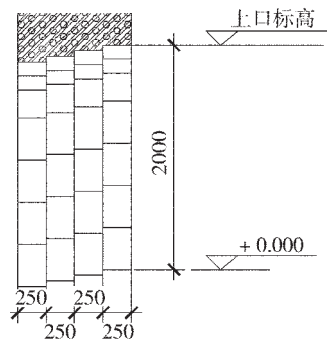


图 3 预留门洞

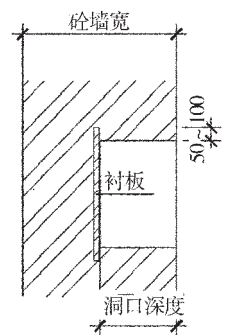


图 4 埋墙洞

(5) 混凝土厚顶设计与施工。2.0 m 厚板可按叠合板设计, 可分成 400 mm 和 1 600 mm 两层, 两次浇捣 400 mm 的板按承受 1 600 mm 厚的混凝土的重量计算配钢筋, 而在 1 600 mm 厚板中配构造钢筋。

3.2 钢筋混凝土钴源沉井

(1) 采用双层井壁控制垂直度, 外壁为沉井结构体, 内壁主要起到控制垂直度(图 5)。内壁厚 150~200 mm, 用细石混凝土浇筑, 在封底后 28 d 观察无渗水现象后浇筑。再经过一段时间的观察, 确定无任何渗水现象和垂直度无误后, 进行内壁不锈钢复面。

(2) 采用锁口防超沉。由于上海地区是软土地基, 沉井在实际操作时往往存在不同程度的超沉现象, 锁口是防止产生明显超沉现象的好办法。设计时应确定: ①沉井并

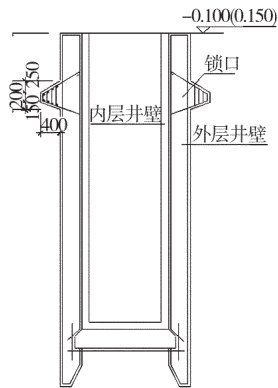


图5 钴源井

口标高,一般低于室内标高的100~150 cm。②锁口的上标高,应在辐照厅内地坪上的地沟深度。③室内混凝土地板与沉井外壁间设变形缝,一般为50 mm。

3.3 变形缝的设置

无论是加速器建筑还是钴源建筑,均存在混凝土厚墙体和薄墙体部分(如控制室等辅助用房部分),由于这两部分的建筑物荷载相差很大,两部分建筑之间宜设沉降缝,宽70~100 mm。这样既减少了不均匀沉降等影响,又降低了辅助用房的造价。

4 辐射建筑的公用设施

4.1 通风空调

(1) 辐照工程通风空调设计应满足:控湿度保证辐照产品的质量以及机械和电气设备的正常运行;防止辐照厅内墙壁在霉雨和夏季结露;排除在辐照装置运行过程中会有臭氧等有害物;排风量大于送风量,保证辐照厅内一定的负压度;排气烟囱高于周围50 m内建筑3 m以上,必需使有害物浓度达到国家排放标准。空调机组可选择恒温恒湿机组,当资金有限时,也可采用排风配合除湿机的方案。换气次数不小于8次/h。

(2) 加速器工程通风空调设计。如果有有害物浓度比较低,经辐射防护核校认可,可以采用循环空调。一般平时新风量可以按0.5次/h计;排风大于新风,使加速器隧道维持一定的负压度;检修前半小时采用事故通风,换气次数不小于8次/h;排气烟囱高于周围50 m内建筑3 m以上,必需使有害物浓度,达到国家排放标准。

(3) 加速器通风空调工程的施工。通风空调系统的风管进出隧道必须考虑屏蔽;大风道可以采用迷宫进出,小风道可以先预埋成S形,或者留洞安装风管后,再在风管外包混凝土。对于隧道内的设备部件尽量采用耐辐照的材料,不用或少用有机材料。

4.2 给排水、工艺水处理及补给水系统

(1) 辐照工程的给排水设计。辐照厅内的钴源井灌有蒸馏水作为屏蔽介质储存钴源,由于蒸发水位会逐步下降,

设有补给水系统。为确保在钴源最大活度时,水表面剂量不超过监督区的控制水平,应设置水位控制系统和报警系统,使水位低于容许值时能自动补水。长时间水井底会有絮状沉淀物产生,需设高吸程的水泵定期吸取絮状沉淀物。钴源井也有可能发生事故,水体受到污染,应在设计中选用相应处理能力(如 $2\text{ m}^3/\text{h}$)的多功能离子交换器,进行处理。

辐照厅内冲洗其废水不可随便排放,需将污染废水放于储罐内,待废水污染物浓度衰减到允许排放标准,经过必要的中和后才能排放。

(2) 加速器工程的给排水和工艺冷却水设计。工艺冷却水如果需要恒温,可以通过精密控制二次水来达到。

(3) 加速器给排水和工艺冷却水工程的施工。进出隧道的管道可以预埋,做成S弯。如果留洞后再安装,经过测量发现剂量超标,再包铅块。

4.3 电气系统

(1) 供电电源。辐照装置必须保证正常供电,一般需提供380/220V、50 Hz正常和事故电源两套系统。必须保证在停电时间超过10 s时,系统自动停机,源架降至安全位置;当事故停电时,事故电源系统保证监测仪表和安全连锁装置的供电时间不小于30 min。

(2) 电缆进出加速器隧道的防护措施。单根控制线缆(线径较小)进出隧道时,采取在屏蔽墙壁上预埋S型管(定制)的方式,敷线后进行封堵;线径较大的电力电缆进出隧道时,由于弯曲困难,则采用具有大中小三种规格直径的套管相焊接(定制)的方式,敷线后进行封堵。

对于线缆集中处,则在隧道起始部位的距离地面3 m的顶部(此处射线相对较少,多为反射散射的)设置电缆迷宫,通过桥架进出线,孔洞全部错开,敷线后进行封堵。

所有线缆均采用耐辐照电缆。

(3) 电缆进出钴源辐照厅的措施。钴源辐照厅不同于电子加速器,辐照装置内控制电缆必须采用耐辐照的电缆穿管保护暗敷在屏蔽墙内,而强电导线由于本身发热和射线照射等原因,必须采用裸铜线明敷,故除必要的照明和疏散指示等外,其余用电设备均安装于辐照区域外。所有线缆均采用单管敷设,采取在屏蔽墙壁上预埋S型管(定制)的方式,敷线后进行封堵。

4.4 防火设计

辐照装置设计时,应采取预防措施,确保发生火灾的情况下源的完整性、源架降至安全位置,系统自动停机,包括停止通风系统工作。

辐照室内必须设置火灾报警装置和感烟感温探测器,确保遇到火警时能及时发现、报警和停机,辐射源自动降至安全位置,并能及时采取有限灭火措施。

辐照室内的灭火系统多采用水喷淋,并采取相应措施防止水从喷淋系统的房间中溢出。

防辐射建筑的设计与施工要点

作者: [严培明](#), [Yan Peiming](#)
作者单位: [中科院上海应用物理研究所, 201800](#)
刊名: [建筑施工](#)
英文刊名: [BUILDING CONSTRUCTION](#)
年, 卷(期): 2006, 28(7)
引用次数: 1次

相似文献(0条)

引证文献(1条)

1. [李平](#), [朱敏涛](#) [大掺量复合掺合料混凝土在大体积防辐射结构中的应用](#) [期刊论文] - [建筑施工](#) 2006 (08)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_jzsg200607019.aspx

下载时间: 2010年4月13日