

**T/CECS** XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

核医学应用环境工程技术规程

Technical specification for environmental engineering of nuclear medicine application

（征求意见稿）

**在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上**

\*\*\*\*出版社

中国工程建设标准化协会标准

核医学应用环境工程技术规程

Technical specification for environmental engineering of nuclear medicine application

**T/CECS \*\*\* -20XX**

主编单位：建科环能科技有限公司

北京新核动力核医学科技有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年××月××日

XXXX出版社

2024北京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]13号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分10章和7个附录，主要内容包括：总则、术语、基本规定、建筑、空调通风与空气净化、给排水、电气与控制、消防、医用气体系统、施工验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由建科环能科技有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给解释单位（地址：北京市朝阳区安定门外小黄庄路9号，邮政编码：100013，邮箱：wangyonghong@chinaibee.com）。

主编单位：建科环能科技有限公司

北京新核动力核医学科技有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总则 1](#_Toc159959007)

[2术语 2](#_Toc159959008)

[3 基本规定 3](#_Toc159959009)

[3.0.1核医学应用环境分级及指标 3](#_Toc159959010)

[3.0.2 核医学应用环境分区 3](#_Toc159959011)

[4 建筑 5](#_Toc159959012)

[4.1 一般规定 5](#_Toc159959013)

[4.2 建筑环境（选址） 5](#_Toc159959014)

[4.3 平面布置（布局） 6](#_Toc159959015)

[4.4建筑装饰 7](#_Toc159959016)

[5空调、通风与空气净化 8](#_Toc159959017)

[5.1 一般规定 8](#_Toc159959018)

[5.2 空气调节 8](#_Toc159959019)

[5.3 通风 10](#_Toc159959020)

[5.4空气净化 10](#_Toc159959021)

[5.5 废气处理 11](#_Toc159959022)

[6给排水 12](#_Toc159959023)

[6.1 一般规定 12](#_Toc159959024)

[6.2 给水 12](#_Toc159959025)

[6.3排水 14](#_Toc159959026)

[6.4纯水 15](#_Toc159959027)

[6.5热水 15](#_Toc159959028)

[6.6污水处理 16](#_Toc159959029)

[7电气 17](#_Toc159959030)

[7.1 一般规定 17](#_Toc159959031)

[7.2 供配电设计 17](#_Toc159959032)

[7.3 照明设计 19](#_Toc159959033)

[7.4 线路敷设 19](#_Toc159959034)

[7.5防雷、接地与安全防护 20](#_Toc159959035)

[7.6辐射监测及检测监控 20](#_Toc159959036)

[8消防 21](#_Toc159959037)

[8.1 建筑消防设计 21](#_Toc159959038)

[8.2 给排水消防设计 21](#_Toc159959039)

[8.3 暖通消防设计 22](#_Toc159959040)

[8.4电气消防设计 22](#_Toc159959041)

[9医用气体系统 24](#_Toc159959042)

[9.1 一般规定 24](#_Toc159959043)

[9.2 源侧 24](#_Toc159959044)

[9.3 输配 25](#_Toc159959045)

[10施工与验收 27](#_Toc159959046)

[10.1 一般规定 27](#_Toc159959047)

[10.2 施工安装 28](#_Toc159959048)

[10.3 空调、通风 29](#_Toc159959049)

[10.4电气 29](#_Toc159959050)

[10.5其他 30](#_Toc159959051)

[10.6工程检测 30](#_Toc159959052)

[10.7验收 31](#_Toc159959053)

**[附录A非密封源工作场所分级](#_Toc159959054)** [33](#_Toc159959054)

**[附录B放射性核素的毒性分组](#_Toc159959055)** [35](#_Toc159959055)

**[附录C 核医学应用环境分类](#_Toc159959056)** [39](#_Toc159959056)

**[附录D 不同核医学应用环境用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求](#_Toc159959057)** [41](#_Toc159959057)

**[附录E屏蔽的计算方法](#_Toc159959058)** [42](#_Toc159959058)

**[附录F核医学常用放射性核素参数](#_Toc159959059)** [45](#_Toc159959059)

**[附录G 核医学应用环境工程验收检查项目](#_Toc159959060)** [47](#_Toc159959060)

**[用词说明](#_Toc159959061)** [48](#_Toc159959061)

**[引用标准名录](#_Toc159959062)** [49](#_Toc159959062)

**附：条文说明**

Contents

1 General provisions ………………………………………………………………………………1

2 Terms ……………………………………………………………………………………………2

3 Basic requirement ………………………………………………………………………………3

4 Building structure ………………………………………………………………………………5

4.1 General requirement …………………………………………………………………………5

4.2 Building environment (site selection) ………………………………………………………5

4.3 Layout ………………………………………………………………………………………6

4.4 Interior decoration……………………………………………………………………………7

5 Air conditioning, ventilating, and air purification ………………………………………………8

5.1 General requirement…………………………………………………………………………8

5.2 Air conditioning ……………………………………………………………………………8

5.3 Ventilating …………………………………………………………………………………10

5.4 Air purification ……………………………………………………………………………10

5.5 Waste gas treatment ………………………………………………………………………11

6 Water supply and drainage ……………………………………………………………………12

6.1 General requirement ………………………………………………………………………12

6.2 Water supply ………………………………………………………………………………12

6.3 Drainage……………………………………………………………………………………14

6.4. Pure water…………………………………………………………………………………15

6.5. Hot-water …………………………………………………………………………………15

6.6 Sewage treatment …………………………………………………………………………16

7 Electric…………………………………………………………………………………………17

7.1 General requirement………………………………………………………………………17

7.2 Distribution ………………………………………………………………………………17

7.3 Illumination…………………………………………………………………………………19

7.4 Wiring………………………………………………………………………………………19

7.5 Electrostatic protection and grounding ……………………………………………………20

7.6. Monitor……………………………………………………………………………………20

8 Fire protection …………………………………………………………………………………21

8.1 Building fire protection design ……………………………………………………………21

8.2 Water supply and drainage fire protection design …………………………………………21

8.3 HVAC fire protection design ………………………………………………………………22

8.4 Electrical fire protection design ……………………………………………………………22

9 Medical gases……………………………………………………………………………………24

9.1 General requirement ………………………………………………………………………24

9.2 Supply system………………………………………………………………………………24

9.3 Transmission and distribution………………………………………………………………25

10 Construction and acceptance …………………………………………………………………27

10.1 General requirement ………………………………………………………………………27

10.2 Architectural decoration …………………………………………………………………28

10.3 Air conditioning and ventilation …………………………………………………………29

10.4 Electric ……………………………………………………………………………………29

10.4 Other………………………………………………………………………………………30

10.5 Engineering inspection……………………………………………………………………30

10.6 Check and accept…………………………………………………………………………31

Appendix A Classification of non sealed source workplaces……………………………………33

Appendix B: Toxicity grouping of radioactive isotopes…………………………………………35

Appendix C Classification of nuclear medicine application environments………………………39

Appendix D Basic radiation protection requirements for indoor surfaces and equipment structures in different nuclear medicine application environments……………………………41

Appendix E Calculation method for shielding……………………………………………………42

Appendix F Common radionuclide parameters in nuclear medicine ……………………………45

Appendix G Acceptance inspection items for nuclear medicine application environment engineering…………………………………………………………………………47

Explanation of wording…………………………………………………………………………48

List of quoted standards…………………………………………………………………………49

Addition：Explanation of Provisions………………………………………………………51

1 总则

**1.0.1**为规范医疗机构核医学应用环境建设，贯彻《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国职业病防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，做到满足国家环保、卫生、药监等辐射安全要求，遵从防护最优化原则，制定本规程。

【条文说明】核医学科是利用放射性核素及相关技术开展医学诊疗、研究等方面的工作场所。

核医学科的建设是一个复杂的系统工程，涉及多方面的要求，法律法规要求是底线与基础。由于其工作实践涉及放射性物质的使用，为避免对外界公共区域人员及工作区域内患者、医护人员造成损害，核医学科的建设除了要遵守建规、消防等工程领域的要求之外，还在职业病危害放射防护、公共环境影响、危险物质安全管控等方面有着严格的限制条件，其要求可谓十分繁杂。

**1.0.2**本规程适用于新建、扩建和改建的医疗机构核医学应用环境设计。

**1.0.3**核医学应用环境的设计、施工安装、调试与验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

【条文说明】根据国家主管部门相关编制和修订工程建设标准、规范等的统一规定，为了精简标准内容，针对已有的相关国家和行业标准、规范等明确规定的内容，除确有必要明确说明的部分外，本规程均不再另设条文。本条文的目的是强调在执行本规程的同时，还应注意贯彻执行相关标准、规范等的有关规定。

核医学应用环境工程的标准主要包括：《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871、《核医学放射防护要求》GB Z120、《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188、《放射治疗放射防护要求》GBZ 121、《放射诊断放射防护要求》GBZ 130、《药品生产质量管理规范（2010年修订）》及放射性药品附录、《中华人民共和国药典》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国职业病防治法》等。

2术语

### 2.0.1放射性药物 radiopharmaceutical

用于疾病诊断、治疗或临床研究的放射性核素制剂或标记化合物。

### 2.0.2核医学应用环境nuclear medicine application environment

核医学科进行放射性药物制备及应用放射性核素或放射性药物进行诊断、治疗和进行医学研究时所需的建筑环境。

### 2.0.3日等效最大操作量Equivalent daily maximum operating volume

日等效最大效操作量等于放射性核素的实际日最大操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

### 2.0.4监督区supervised area

在辐射工作场所中未指定作为控制区的一个规定区域，该区域通常不需要采取专门防护措施和安全手段，但要对职业照射情况定期进行检查。

### 2.0.5 控制区controlled area

在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施，以便在正常工作条件下控制正常照射或防止污染扩散，以及防止潜在照射或限制其程度。

### 2.0.6核医学工作场所nuclear medicine workplace

完成放射性核素药物制备，利用放射性药物进行诊断、治疗或进行医学研究时而设置的场所。

### 2.0.7医疗放射性废物medical radioactive waste

医用放射性废物是在应用放射性核素的医学实践中产生的放射性比活度或放射性浓度超过国家有关规定值的液体、 固体和气体废物。

### 2.0.8纯水pure water

杂质含量很少的水，其电解质杂质含量（常以电阻率表征）和非电解质杂质（如微粒、有机物、细菌和溶解气体等）含量均要求很少的水。

### 2.0.9衰变池decay pool

用于收集、存储、排放放射性废液的容器或容量池，放射性废液在该容器或容量池中自然衰变。

3 基本规定

## 3.0.1 核医学非密封源工作场所应根据放射性核素日等效最大操作量大小分为甲、乙、丙三级。

表3.0.1 核医学应用环境分级

|  |  |
| --- | --- |
| 级别 | 日等效最大操作量/Bq |
| 甲 | >4×109  |
| 乙 | 2×107 --4×109 |
| 丙 | 豁免活度值以上--2×107 |

【条文说明】放射性核素是一类能自发释放出射线的粒子，能在短时间内释放出大量能量，目前已被开发为药品，广泛用于多种肿瘤的治疗和研究中。不同于其他放射性核素，大部分治疗用的放射性核素药品（如碘125和钯103等除外，它们属于密封源）并不能全程密封在金属包壳等足以防止泄露的容器内，而是在储存、使用过程中，存在着扩散、挥发、泼溅等可能性，会造成人员吸入的内照射及物体表面沾污的辐射危害。因此除了像密封源一样要考虑放射性物质活度和能量所带来的辐射危害外，还要额外考虑其操作方式、物理性质以及发生误操作(吸入或泼溅)对操作人员或环境的影响和危害。

《电离辐射防护与辐射安全基本标准》GB 18871规定使用“日等效操作量”来归一化描述非密封源放射性核素对环境及操作人员的影响，以将不同毒性、不同操作方式的各种核素，用修正的方法“折算”成同一水平，便于判断该工作场所的级别，并制定相应等级的操作要求和进行相应级别的管理。日等效最大操作量的计算详见附录A。

## 3.0.2 核医学应用环境应划分为辐射区和非辐射区，其中辐射区分为控制区和监督区。不同的核医学应用环境区域之间应设有物理隔离，不应与其他工作应用环境交叉使用或共用。同一核医学应用环境的工艺流程应连续完整，并有相对独立的辐射防护措施。区域划分应符合下列规定：

【条文说明】核医学应用环境是应用放射性核素或放射性药物进行诊断、治疗和进行医学研究的工作环境。为了便于辐射防护管理和职业照射控制，应把核医学应用环境放射区分为控制区和监督区。

1 控制区：有放射源出现的区域，区域内应采取专门的防护手段和安全措施，以便在正常工作条件下控制正常照射或防止污染扩散，以及防止潜在照射或限制其程度。

【条文说明】控制区一般包括回旋加速器机房、SPECT机房、PET-CT机房、PET-MRI机房、高活性室、放射性药物制备室、放射性药物放射检验、分装及（或）药物准备室、甲测室、敷贴室、给药注射服药室、给药后患者或受检者候诊室、给药后患者或受检者专用走廊与卫生间、放射性药物贮存室、放射性废物库、缓冲卫生通过间、放射性病房等。

2 监督区：和放射源相邻的区域，应对职业照射情况不断进行审查。

【条文说明】监督区是未被定义为控制区的区域，此类区域通常不需要专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

监督区一般**包括**：ECT控制室、PET控制室、放免室以及控制区周围的通道等。

应定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界，最终需满足国家环保及卫生部门的监管要求。

**3.0.3**核医学应用环境应实行分级分区管理，合理规划人流、物流、气流路径，妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。

【条文说明】核医学应用环境应按本规程3.0.1进行分区管理。并合理规划人流、物流和气流路径，以避免交叉污染的出现。应按《放射性废物管理规定》GB 14500中规定对废物进行处置，以确保放射性废物的安全处理。

**3.0.4**控制区的出入口应设立卫生缓冲区，控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

【条文说明】控制区的出入口应设置卫生缓冲区，以减少放射性物质的扩散和传播，同时避免放射性物质对外界环境和其他人员的影响。卫生缓冲区的设立应考虑到空气流通、人员流动、污染物质的清除等因素，并应符合相关的规定和标准。此外，控制区内应设有给药后患者的专用卫生间，以减少放射性物质对其他患者和医护人员的影响，同时保障患者的个人卫生和安全。

4 建筑

## 4.1 一般规定

4.1.1对新建、改建、扩建核医学应用环境，工程项目的选址和设计，应符现行合国家标准《综合医院建筑设计规范》GB 51039的有关规定，取得卫生健康行政主管部门和生态环境行政主管部门认定机构的认可后方可进行设计、施工。

【条文说明】 核医学应用环境在选址时应依据当地城镇规划、区域卫生规划，有卫生行政主管部门会同城市规划建设管理部门共同研究确定，并符合环保、卫生及药监要求。

4.1.2核医学应用环境平面布局的设计应满足消防相关的法律法规要求。

## 4.2 建筑环境（选址）

4.2.1 医疗机构的核医学应用环境场所，应设置在所在区域内最大可能风向的下风向一侧，与其相邻的下风向区域不宜有人员稠密及敏感场所。不应邻接产科、儿科、食堂等场所。应与非放射性工作场所明确分隔，宜有单独出、入口。出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。

【条文说明】核医学科对排气、排水有一定的特殊要求，一般情况下不建议设置在建筑地下最底层。核医学科宜尽可能设置在一层或地下一层，其中核医学病房不应设置在地下或半地下室，对于核医学科的大型重型设备，如回旋加速器，需结合实际情况进行区域设计，并与住院大楼等人员密集场所隔离，避免注射药物后的患者与公众人群近距离接触产生辐射影响。

4.2.2 核医学应用环境放射性排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境及卫生主管部门的要求，排气口的位置应尽可能远离周边高层建筑。

【条文说明】核医学应用环境的放射性排风口应尽可能远离周边高层建筑，以避免排除的污染物对周围环境和居民造成影响。同时排风口应设置在本建筑的最高点，放射性废气经处理后方可排出，还需满足环保、卫生等主管部门对周边环境距离的要求，同时确保通风效果好。

如无法在远离周边高层建筑的位置设置排风口，应尽量向着通风良好、流通性好的方向进行设置，并采取必要的技术措施和管理措施，减少对环境和人体健康的影响。

## 4.3 平面布置（布局）

4.3.1 核医学应用环境应合理布局，治疗场所和诊断场所应相对分开布置。同一工作场所应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，尽量缩小放射性药物、给药后患者和放射性废物的活动范围。

【条文说明】核医学应用环境的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。应根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定诊疗区域的位置。给药室应靠近病房或给药后休息区，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

4.3.2核医学应用环境中的回旋加速器宜布置在建筑底层，同时需考虑极端情况下的防内涝措施。

【条文说明】回旋加速器是一种能够将带电粒子加速到高能量的装置，常用于医学领域中的放射性核素制备。回旋加速器涉及的能量和放射性问题比较复杂，因此需要进行严格的辐射防护和安全措施，以确保工作人员和环境的安全。

地下室可以提供更好的辐射屏蔽，从而减少辐射泄漏对周围人员和环境的影响。此外，地下室相对于其他楼层地面更容易满足设备承重要求，以保证回旋加速器设备的使用要求。同时需考虑极端环境、天气等造成的雨、污水倒灌等对设备的影响。

4.3.3 配置有核医学影像设备的工作环境，应保持较低的辐射水平，避免对影像设备的图像质量干扰。

【条文说明】应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源对诊断区成像、功能检测造成干扰的影响。

4.3.4 控制区的入口应设置醒目的、符合《电离辐射防护与辐射安全基本标准》GB 18871规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指标。监督区入口处应设置标明监督区的标识。

4.3.5 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器和应急淋浴间或冲洗装置，对从控制区离开的人和物品应进行表面污染检测，如表面污染水平超出控制标准，应就近冲洗处置。

【条文说明】《电离辐射防护与辐射安全基本标准》GB 18871-2002中附录B2对核医学应用环境工作场所的表面污染物控制水平和注意事项进行了详细的规定。当工作场所中的某些设备和用品，经去污使其污染水平降低到《电离辐射防护与辐射安全基本标准》GB 18871-2002中表B11中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。

4.3.6 敷贴治疗应在专门的治疗室。

【条文说明】敷贴治疗是一种放射治疗方法，敷贴源是一种带有放射性物质的贴片。由于具有放射性，敷贴治疗需要在专门的治疗室内进行，同时严禁将敷贴源带出治疗室外，以避免放射性物质的扩散和对周围环境和人员造成辐射危害。

在敷贴治疗过程中，对患者的正常组织需要采用合适的屏蔽措施，以降低正常组织的剂量。屏蔽措施可以采用铅屏蔽或其他适当的物质来阻挡放射性射线。同时，在敷贴治疗过程中需要对患者的放射性剂量进行监测，以确保辐射安全。

## 4.4建筑装饰

4.4.1核医学应用环境内所有材料（包括家具用材）应符合国家环保相关标准，不应使用易产生粉尘、微粒、纤维性物质的材料。

【条文说明】核医学应用环境工作场所应根据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，工作场所应按附录C分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三类。对不同类别核医学工作场所用房室内表面的基本装饰防护要求按附录D规定执行。

4.4.2核医学应用环境内墙墙体不应使用易裂、易燃、易潮湿、易腐蚀、不耐碰撞、不易吊挂的材料。

4.4.3 控制区内墙体、台面、地面和设施均宜采用表面光洁、易清洁的材料。

4.4.4所有卫生洁具、洗涤池应采用耐腐蚀、不易沾污、易清洁的建筑配件。操作放射性药物与给药后患者或受检者区域洁具、洗涤池等应采取感应式龙头或开关，避免使用者在使用过程中造成放射性污染。

4.4.5 核医学应用环境内的控制区隔墙应采用相应厚度的混凝土或符合辐射防护要求的防护材料进行防护。控制区内的门窗应采用防护门窗，穿越控制区的综合布线及通风、排水等预留洞口应采取防护措施，避免射线泄漏对相邻区域造成影响。

【条文说明】核医学应用环境控制区内的墙体应采用防辐射措施，以有效吸收和减弱放射性物质的辐射，从而保护人员和环境免受辐射危害。应安装辐射防护门窗，防护门窗应给予足够的屏蔽防护，满足《核医学放射防护要求》GBZ 120中5.3.1对于防护水平的要求。

4.4.6 回旋加速器机房内应避免采用容易活化的金属材质作为表面建筑材料，防止因为建筑材料长期受到照射活化，引起回旋加速器机房内辐射水平升高。

【条文说明】对不带自屏蔽的回旋加速机房应在靶区周围采用“局部屏蔽”的方法，吸收中子以避免中子活化机房围护结构材料。机房围护结构材料内表面应设置可更换的衬层。机房围护结构材料应选择不易活化的混凝土材料，围护结构材料中可适当增加含硼等防中子材料。

5空调、通风与空气净化

## 5.1 一般规定

5.1.1根据核医学科不同工作场所工艺要求设置合理采暖、通风和空调形式，并且所采用的通风、空调形式应满足各个区域辐射防护要求和对有洁净要求的区域要满足洁净环境要求。

【条文说明】 核医学科应根据其所在地区的气候条件、以及部门、科室的功能要求，确定实施采暖、通风、普通空调、机房专用空调或净化空调。

5.1.2核医学工作场所辐射控制区及监督区相对于相邻非核医学场所应该保持负压，并设有辐射监测设备。核医学工作场所气流流向应遵循自非辐射区向监督区再向控制区的流向设计。

【条文说明】 核医学科应用环境场所应特别注意场所内的气流流向，即应严格保证每个区域的压力梯度，使非限制区域空气流向监督区域再流向控制区域，不允许气流倒流。全面通风系统经设计和平衡应使空气从较少污染的区域流向较多污染区域。例如，空气流向应从走廊流入病房，以防止污染物扩散到其他区域。

5.1.3核素病房卫生间排风不应通过共用竖井排风，应结合病房排风独立设计。

【条文说明】 传统的卫生间排风系统大多数采用共用竖井排出屋面。但在核医学应用场所，其科室一般都是分层或分区域布置，核素病房的卫生间的排风有可能通过共用竖井流入其它区域卫生间，造成交叉感染。应分区域设置独立排风系统。

5.1.4核医学应用环境的控制区和监督区应设置机械通风系统，机械送、排风系统应按区独立设置。

【条文说明】 为了控制核医学应用环境场所的气流流向，防止污染空气扩散，减小扩散范围，要求控制区和监督区应设置机械通风系统。监督区和控制区，各区空气污染程度不同，为防止污染区域通过通风管道对~~较~~清洁区域空气造成影响，要求送风、排风系统分区设置，杜绝污染空气通过系统扩散到清洁区的可能。

## 5.2 空气调节

5.2.1核医学各部门的温度、湿度在设置空调系统时，应符合表5.2.1的要求。

表5.2.1 主要用房室内空调设计温度、湿度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 房间名称 | 夏季 | 冬季 |
| 干球温度（℃） | 相对湿度（%） | 干球温度（℃） | 相对湿度（%） |
| 病房 | 26~27 | 50~60 | 20~22 | 40~45 |
| 诊室 | 26~27 | 50~60 | 18~20 | 40~45 |
| 候诊室 | 26~27 | 50~60 | 18~20 | 40~45 |
| 各种实验室 | 26~27 | 45~60 | 20~22 | 40~45 |
| 管理室 | 26~27 | 50~60 | 18~20 | 40~45 |

【条文说明】 核医学应用环境场所温、湿度要求，医疗设备用房首先应保证医疗设备正常工作同时兼顾人员舒适要求；病房、治疗室等应满足病人治疗及舒适要求。

5.2.2核医学应用环境放射性药物制备及药物质量控制场所应根据工艺要求选择适宜的空调系统。

5.2.3回旋加速器室应设有独立空调系统。空调管道在穿越回旋加速器墙体时需采取防止辐射外泄措施。

【条文说明】回旋加速器室在设备运行过程中会产生放射性射线，如γ射线、中子等的放射性辐射会对空气中的离子等有活化作用形成带放射性物质的气溶胶，从而对室内环境造成污染和危害。为保证回旋加速器室内环境的洁净和安全，应设有独立的空调系统。

回旋加速器室的墙体可能存在放射性污染，因此在空调管道穿越回旋加速器墙体时需要采取防止辐射外泄的措施。具体措施包括:

1. 穿越管道应设置专门的密封套管，以隔离管道和周围环境。
2. 套管内应填充防辐射材料，以防止辐射外泄。
3. 套管接口处应采用密封性好的连接方式，以确保密封性。
4. 穿越管道周围应设有专门的辐射防护墙，以进一步隔离管道和周围环境。
5. 回旋加速器机房的电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时，应采用地沟或S 型、V 型、Z 型穿过墙壁，并进行屏蔽补偿，确保满足屏蔽体墙外的防护要求。防护门与墙体连接处应进行有效搭接，避免出现防护薄弱环节。

5.2.4碘-131操作区应设有全密闭兼具辐射防护的隔离设备，设备内采用全新风系统并设置独立的排风管道，不应利用回风。

【条文说明】碘-131是一种易挥发放射性核素，用于医疗领域中的内照射治疗。使用碘-131药物需要高度注意放射性污染物的控制以减少工作人员的辐射接触。因此碘-131区域不应利用回风。同时应对系统进行维护和清洁，以确保其正常运行和良好的空气净化效果。

5.2.5核医学应用环境中所有有辐射风险的用房，宜采用独立的恒温恒湿空调系统。

【条文说明】 根据设备的要求设计环境参数，不同厂家会有差异。

5.2.6核医学应用环境中非辐射区用房可采用舒适性空调系统。

【条文说明】非辐射区用房不涉及放射性物质的操作且辐射风险较小，不存在对人员健康产生直接辐射威胁的问题。但也根据具体情况，合理选择和设计空调系统，以保障人员的舒适和健康。

5.2.7 核医学病房宜采用辐射空调系统。

## 5.3 通风

5.3.1 核医学应用环境场所应对表3.1规定的分级场所设置独立的通风系统。

【条文说明】 防止各个区域通过通风系统造成相互污染。

5.3.2回旋加速器制备放射性药物的操作场所应设有单独的通风系统，放射性药物操作区域对周边环境保持负压状态，并应符合药监部门的监管要求。

5.3.3碘-131治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道经处理后有组织排放。

5.3.4当贮藏室、废物暂存室贮藏放射性核素时，应24h排换气，做好辐射屏蔽措施的同时应对外保持负压状态。

【条文说明】排换气过程中，应注意空气的流动方向和速度，以确保室内空气充分流通。

5.3.5对有持续排风要求的房间或工艺设备宜采用备用风机。

## 5.4空气净化

5.4.1核医学应用环境中药物制备区的空气洁净度等级确定，除应符合现行国家标准《医药工业洁净厂房设计规范》GB 50457中有关规定，尚应符合下列要求：

1医药洁净室（区）内有多种工序时，应根据生产工艺要求，采用相应的空气洁净度等级。

2在满足生产工艺要求的前提下，医药洁净室的气流流型宜采用工作区局部净化或全室空气净化，也可采用工作区局部净化和全室空气净化相结合的形式。

【条文说明】 我国GMP（2010）-放射性药品附录对药品生产主要工序环境的空气洁净度等级提出了明确的要求，是医药工业洁净设计的主要依据。由于药品生产工艺复杂，同一产品各生产工序的空气洁净度等级要求有时并不相同，因此根据生产工艺要求，在洁净区域内对不同生产工艺的生产环境应分别采用相应的空气洁净度等级。在满足生产工艺要求的前提下，宜减少洁净区域的面积，尤其是空气洁净度等级高的洁净区域的面积。

5.4.2 洁净室（区）内温度、湿度、压差、噪声等环境参数的控制，应符合现行国家标准《医药工业洁净厂房设计规范》GB 50457中有关规定。

5.4.3应根据放射性废气的特性和排放限值选择合适的处理工艺。

【条文说明】 放射性废气的特性包括物理和化学特性，放射性核素种类和活度浓度、有机物浓度、气溶胶浓度、含尘量、含湿量、酸碱度和温度等。废气排放限值按《环境空气质量标准》GB 3095相关规定执行，采用合适的处理工艺，处理工艺包括过滤、吸附和洗涤等。

5.4.4为防止污染扩大，应合理组织工艺废气处理系统和放射性工作区通风系统的气流走向，并保持一定的负压和换气次数。

## 5.5 废气处理

5.5.1 核医学应用环境场所放射性废气排放的要求按核医学工作场所辐射防护与安全要求执行。

5.5.2应定期检查通排风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器。

5.5.3应定期在放射性废气排放口进行气体采样和监测，保证放射性废气的排放满足相关要求。

6给排水

## 6.1 一般规定

6.1.1核医学新建、扩建和改建时，应对核医学区范围内的给水、污水、消防和放射性废水处理工程进行统一规划设计。

【条文说明】 这个是考虑核医学建设中应对核医学范围内的给排水设施统一规划，避免重复建设。

6.1.2 给水、排水管道不应从电气设备用房和智能化设备用房穿越。给水、排水管道从重要医疗设备用房的室内穿越，必须通过时应采取防泄漏措施。

【条文说明】 按《建筑电气与智能化通用规范》GB 55024规定建筑物电气设备和智能化设备用房一般包括：变电所、柴油发电机房、智能化系统机房、设有配电柜和控制柜的动力机房、楼层低压配电间、控制室、电气竖井、智能化竖井（弱电间、电信间）等。重要医疗设备遇水遭受损失比较大，与其无关的给排水管道不应穿越房间，与其有关的管道不应布置在设备的上方，必须采取防漏措施。

6.1.3 核医学应用环境应设有放射性废水衰变池，衰变池的容积应充分考虑放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生的废水量以及事故应急时的清洗需要。宜按不同放射性药物的半衰期来设置衰变池，当有困难需将不同放射性药物集中收集到衰变池时，废水在衰变池中停留的时间应根据各物质分别计算，取其中最大值，并考虑一定的安全系数。

【条文说明】 放射性废水的收集和处理应符合辐射安全的规定。

6.1.4洁净室（区）内的管道外表面应采取防结露措施。防结露外表层应光滑，易于清洗，并不得对洁净室（区）造成污染。

【条文说明】 洁净室（区）内均为恒温恒湿，而管道内水与周围环境有温差，是管道外壁结露，从而影响洁净室（区）的温湿度，所以要求对有结露可能的管道采取防结露措施。对应防结露层的外表面，可以采用薄钢板或薄铝板作外壳，便于清洗而且不易产生灰尘。

## 6.2 给水

6.2.1 核医学应用环境生活给水水质，应符合现行国家标准《生活饮用水标准》GB 5749有关规定。

6.2.2核医学应用环境用水定额符合表6.2.2的规定。

表6.2.2 生活用水定额

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设施标准 | 单位 | 最高日用水量（升/日） | 小时变化系数 |
| 1 | 设集中卫生间、盥洗室 | 每床位每日 | 100~200 | 2.5~2.0 |
| 2 | 设集中浴室、卫生间、盥洗室 | 每床位每日 | 150~250 | 2.5~2.0 |
| 3 | 设集中浴室、病房设卫生间、盥洗室 | 每床位每日 | 200~250 | 2.5~2.0 |
| 4 | 病房设浴室、卫生间、盥洗室 | 每床位每日 | 250~400 | 2.0 |
| 5 | 贵宾看病 | 每床位每日 | 400~600 | 2.0 |
| 6 | 门（急）诊病人 | 每人每次 | 10~15 | 2.5 |
| 7 | 医护人员 | 每人每次 | 150~250 | 2.5~2.0 |
| 8 | 医院后勤职工 | 每人每次 | 80~100 | 2.5~2.0 |
| 9 | 食堂 | 每人每次 | 25~50 | 2.5~1.5 |
| 10 | 洗衣 | L/kg | 60~80 | 1.5~1.0 |

注：1医务人员的用水量包括手术室、中心供应等医院常规医疗用水。

 2道路和绿化用水应根据当地气候条件确定。

 3表中用水量应包括热水用量。

【条文说明】 用水定额是体现用水和节水的指标，是给水系统设备选型的依据，是系统计算的基础，对投资有着较大的影响。

6.2.3 下列场所的用水点应采用非接触性或非手动开关，并应防止污水外溅的措施：

1公共卫生间的洗手盆、小便斗、大便器；

2护士站、治疗室、监护病房、诊室、检验科等房间的洗手盆；

3其他有无菌要求或需要防止院内感染场所的卫生器具。

【条文说明】 为了避免被污染的手在接触水龙头后传播病菌，在洗手盆，洗涤盆、洗涤池、化验盆等洗手器具处设置非接触或非手动开关。公共卫生间的大便器、小便斗式病人排泄的场所，属于污染区，为防止不同种类的病人交叉感染，这些器具应设置感应或脚踏式开关。

6.2.4采用非手动开关的用水点应符合下列要求：

1医护人员使用的洗手盆，以及检验场所设置的洗涤池、化验盆等，应采用感应水龙头或膝动开关水龙头；

2公共卫生间的洗手盆应采用感应自动水龙头，小便斗应采用自动冲洗阀，坐便应采用感应冲洗阀，蹲式大便器宜采用脚踏式自闭冲洗阀或感应冲洗阀。

## 6.3排水

6.3.1核医学应用环境排水分为放射性污水和普通污水，放射性排水应收集到衰变池，经处理后满足排放标准后再排入院内集中污水处理中心或市政排水管网，普通排水宜经过处理后再排入市政排水管网。

【条文说明】 由于核医学应用环境场所内排放的放射性排水内含有放射性元素，是需要集中收集到衰变池进行处理后，满足《核医学放射防护要求》GBZ 120的有关规定，才能排放到市政排水管网。

6.3.2 排放含有放射性污水的管道应采用具备辐射防护措施的管材，水平横管应敷设在垫层内或专用防辐射吊顶内，立管应安装在壁厚不小于150mm的混凝土管道井内。

【条文说明】 放射性污水含有放射性物质有可能穿透管道并污染放射性管道经过的室内环境，为此要求排水管道为辐射防护管道，并要求立管敷设在有一定壁厚的混凝土的管井内，以提高安全性。

6.3.3室内卫生间排水系统宜符合下列要求：

1当建筑高度超过2层且为暗卫生间或建筑高度超过10层时，卫生间的排水系统宜采用专用通气立管系统；

2公共卫生间排水横管超过10m或大便器超过3个时，宜采用环形通气管；

3卫生间器具排水支管长度不宜超过1.50m；

【条文说明】 提出排水系统应采用专用通气立管、环形通气管和器具通气系统，有效防止排水系统臭味进入室内污染室内环境。

6.3.4存水弯的水封不应小于50mm，且不应大于100mm。

【条文说明】 水封高度小于50mm，易蒸发，水封高度大于100mm，容易造成排水不畅，管道堵塞。

6.3.5准备间、污洗间、卫生间、浴室、空调机房等应设置地漏，护士室、治疗室、诊室、检验科、医生办公室等房间不宜设地漏，有洁净要求的区域应设置专用洁净地漏。

【条文说明】 为了保证室内环境卫生，地漏应尽量少设，一般仅在公共卫生间、洗涤消毒间设置，门诊室不宜设置。

6.3.6 污物洗涤池和污水盆的排水管管径不得小于75mm。

6.3.7洁净室（区）内地漏等排水设施的设置，应符合现行国家标准《洁净厂房设计标准》GB 50073的有关规定。

## 6.4纯水

6.4.1纯水系统的设备配置除应满足所需水量和水质的要求外，还应满足运行灵活、安全可靠、便于操作管理、运行费用低等要求。

6.4.2纯水系统应采用循环供水方式，可采用单管式循环供水系统或设有独立回水管的双管式循环供水系统，并应符合下列规定：

1循环回水流量应大于设计供水量的30%；

2干管流速应大于等于1.5m/s;

3不循环支管的长度不应大于管径的6倍；

4干管应设置清扫口；

5管道系统必须密封，不应有渗气现象；

6应配备在线水质检测仪表，仪表应满足相关规范的要求。

【条文说明】纯水系统是核医学应用环境场所的关键设备之一，用于提供高纯度、低离子含量的水质，作为放射性药物的制备和临床应用中的重要载体。因此宜布置为环状供水，以提高系统的可靠性和水质的稳定性，降低运行成本。

## 6.5热水

6.5.1热水用水量定额应符合表6.5.1的规定

表6.5.1热水用水量定额（60℃）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设施标准 | 单位 | 最高日用水量（升/日） | 小时变化系数 |
| 1 | 设集中卫生间，集中浴室、盥洗室 | 每床位每日 | 45~100 | 2.5~2.0 |
| 2 | 设集中浴室、病房设卫生间、盥洗室 | 每床位每日 | 60~130 | 2.5~2.0 |
| 3 | 病房设浴室、卫生间、盥洗室 | 每床位每日 | 110~200 | 2.0 |
| 4 | 贵宾看病 | 每床位每日 | 150~300 | 2.0 |
| 5 | 门（急）诊病人 | 每人每次 | 5~8 | 2.5 |
| 6 | 医护人员 | 每人每次 | 60~130 | 2.5~2.0 |
| 7 | 医院后勤职工 | 每人每次 | 30~45 | 2.5~2.0 |
| 8 | 食堂 | 每人每次 | 7~10 | 2.5~1.5 |
| 9 | 洗衣 | L/kg | 15~30 | 1.5~1.0 |

【条文说明】 用水定额是体现用水和节水的指标，是热水系统设备选型的依据，是系统计算的基础，对投资有着较大的影响。

6.5.2生活热水的水加热器出水温度不应低于60℃，系统回水温度不应低于50℃。

【条文说明】 本条目的是限制军团菌在热水系统中的滋生。

## 6.6污水处理

6.6.1 核医学应用环境污水处理后的水质应符合现行国家标准《医疗机构水污染排放标准》GB 18466和《核医学放射防护要求》GBZ 120的有关规定。

【条文说明】 核医学应用环境污水的排放都需要满足相关国家标准的要求才能排放。

6.6.2 对于含有不同半衰期核素的污水宜分别收集。

【条文说明】 对于放射性排水中含有不同半衰期核素的废水，分开设长、短半衰池比较合理，经济。半衰期≤24h按照短半衰废水处理，半衰期＞24h的按照长半衰废水处理。

6.6.3 衰变池的排水管上应设取样口，对放射性废水活度进行定期监测。

【条文说明】 方便定期对水质进行监测，是否满足《核医学放射防护要求》GBZ 120的有关规定。

7电气

## 7.1 一般规定

7.1.1 核医学应用环境的供配电系统应根据对供电连续性和安全性的要求以及用电容量、当地的供电条件和发展规划等进行设计，并应安全可靠。

7.1.2核医学应用环境场所电气系统设计应符合国家现行标准《综合医院建筑设计规范》GB51039和行业规范《医疗建筑电气设计规范》JGJ 312的有关规定。

## 7.2 供配电设计

7.2.1 核医学应用环境的供配电系统应根据医疗场所分类及自动恢复供电时间的要求进行设计。

【条文说明】医疗场所分类及自动恢复供电时间参见国家规范《综合医院建筑设计规范》GB 51039的相关规定。

医院的医疗场所应根据电气安全防护的要求分类，并应符合下列要求： 1 不使用医疗电气设备接触部件的医疗场所应为0类场所； 2 医疗电气设备接触部件需要与患者体表、体内(除2类医疗场所所述部位以外)接触的医疗场所，应为1类场所； 3 医疗电气设备接触部件需要与患者体内(指心脏或接近心脏部位)接触以及电源中断危及患者生命的医疗场所，应为2类场所。

核医学环境的扫描间、治疗室、服药、注射等场所及设备为1类场所，试剂培制、实验室、储源室、测试室等场所及设备为0类场所。核医学环境的自动恢复供电时间为0.5s~15s。

7.2.2 核医学应用环境场所配电系统的设计，应具有从正常工作主电源自动切换到应急电源的功能。

7.2.3 核医学应用环境内的设备用电，应符合下列规定：

1 诊疗设备和照明用电，应按一级负荷供电；

2 其他设备用电，可按三级负荷供电。

7.2.4 核医学应用环境内的大型诊疗设备的配电应根据医疗工艺要求进行设计，应按其分类，用途、工作制式，由不同的供电回路供电，并应采用专用回路供电。

1 回旋加速器、PET、SPECT、SPECT-CT、PET-MRI等诊疗设备应采用专用两回路供电；

2 主机设备与其辅助设备应分别供电；

3 主机设备需配置专用水冷设备机组的应采用专用两回路供电。

【条文说明】大型诊疗设备主要包括医用高能射线诊疗设备和医用核素设备。

医用高能射线设备分为下列两类：（1）高能射线治疗设备：电子直线加速器、中子治疗机、质子治疗机；（2）高能射线定位设备：放射治疗模拟机。其中，断续反复工作制设备为放射治疗模拟机；连续工作制设备包括电子直线加速器、回旋加速器、中子治疗机、质子治疗机。

医用核素设备分为下列两类：（1）放射性核素诊断设备，包括正电子发射断层扫描装置(PET)、单光子发射断层扫描装置(SPECT)、PET/CT、SPECT-CT、PET/MRI等；（2）放射性核素治疗设备。其中，断续反复工作制设备为PET/CT；连续工作制设备包括PET、SPECT。

分别供电，指电源引自配变电所不同的低压出线回路，当无配变电所时，指电源引自建筑物第一个配电设备的不同出线回路。分别供电主要是因为负荷供电等级不同，大型诊疗设备的辅助设备包括洗片机等，不与主机设备同步工作，且负荷等级也不同，为了防止对主机设备的干扰，要求辅助设备与主机设备分别供电。主机设备专用的辅助设备冷水机组，其供电负荷等级有时与主机设备一致或比主机设备高，在供电负荷等级相同时，辅助设备可以与主机设备同回路供电，但由于冷水机组容量较大，故同样要求分别供电。高能射线设备需要低温冷却保证，冷水机组为连续工作制，所以需要采用专用的两路供电。

7.2.5 核医学应用环境场所诊疗设备的供电电源，应分别设置切断电源的隔离电器，其控制开关宜按科室相对集中设置。

【条文说明】核医学环境的大型诊疗设备的供电电源，部分设备不能断电，如回旋加速器及配套水冷机、空调机组、纯化水设备、排风机等、PET/MR，相对集中设置电源开关是为了集中控制，避免遗漏。大型诊疗设备的电源一般都是从变配电所放射式供电至主机房，为了相对集中设置电源开关，这些科室的其他一般诊疗设备的电源，可在主机房附近设置配电装置。电源切除时，需将两路电源都切除。

7.2.6 医用高能射线、医用核素等涉及射线防护安全的诊疗设备的配电箱，应设置在便于操作处，若因条件限制必须设置在防护墙体位置，需考虑在配电箱/柜安装位置增加辐射防护屏蔽补偿措施。

7.2.7 在回旋加速器及其他远距离放射性核素设备等需射线防护安全的治疗室、机房，应设置门、机联锁控制装置。

【条文说明】 对于需射线防护安全的治疗室、机房，当设备正在运行时，不允许开门，故需设置门、设备机组联锁控制，关机时才允许开门，开门时必须联锁自动关机。

## 7.3 照明设计

7.3.1 核医学应用环境内的照明设计应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034的规定，应符合其工艺要求，并应实现绿色照明。

7.3.2 核医学应用环境内的照明设计应采用高能效、高显色性光源。医疗场所的照明灯具应避免对卧床患者产生眩光，宜采用漫反射灯具。

7.3.3 医用高能射线、医用核素等诊疗设备的扫描室、治疗室等涉及射线防护安全的机房入口处，应设置防止误入的三色工作标识灯，且红色标识灯的电源应与机组连锁。

【条文说明】本条所述场所医疗设备有工作时均有不同程度的辐射危险，因此在设备工作中应在房间外显示防止误入的红色信号灯。

7.3.4 诊疗设备的扫描室、治疗室等工作室的照明开关，宜设置在控制室内或在控制室和工作室内设双控开关。

7.3.5 核医学应用环境应急照明系统配电应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016的有关规定。确保医疗工作正常进行的场所应设置备用照明，照度不应低于一般照明照度标准值的10%，对照度有特殊要求的区域按照要求设计，切换时间不应超过5s。疏散照明的地面最低水平照度不应低于5lx。

## 7.4 线路敷设

7.4.1核医学应用环境场所线路敷设应根据线路路径的电磁环境特点、线路性质和重要程度，分别采取有效的防护、屏蔽或隔离措施。

7.4.2 对于需进行射线防护的房间，其供电、通信的电缆沟或电气管线严禁造成射线泄漏；其他电气管线宜避开射线防护房间。

【条文说明】射线是直线传播的，对人体有伤害作用。设有射线防护的房间，应采用非直通的布线方式，S型或折型穿过墙壁，避免直接通向射线防护房间，防止射线泄漏。

7.4.3 核医学应用环境应采用低烟、低毒阻燃类铜芯线缆。

## 7.5防雷、接地与安全防护

7.5.1 核医学应用环境医疗电子设备应设置雷击电磁脉冲防护，且防护等级应为A级。

【条文说明】雷电防护等级分类见现行国家规范《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343，一般大型诊疗设备三级医院才会配置。

7.5.2 核医学应用环境场所严禁采用TN-C接地系统。应设置局部等电位联结。

【条文说明】 当非故障状态下三相负荷不平衡或发生接地故障时，TN-C系统的保护接地中性导体(PEN)有电流通过，此电流会危及医疗场所的人身安全。

7.5.3 核医学应用环境涉及电磁及磁场屏蔽的诊疗设备用房应设置电磁屏蔽或采取电磁泄漏防护措施。

## 7.6辐射监测及检测监控

7.6.1 应根据使用放射性核素的种类、数量和操作方式，对核医学应用环境场所的外照射剂量率水平、空气中放射性核素浓度和表面污染水平进行监测。

7.6.2 对于放射源均应设置适当的自动安全系统。

【条文说明】当放射源的运行状态超出规定的运行操作限制条件时，应有能采取自动将放射源安全的关闭或减少源的辐射输出量的措施。

7.6.3 大型诊疗设备的运行状态应受诊疗设备监控系统监控，其检查、检验信息应能上传。

8消防

## 8.1 建筑消防设计

8.1.1核医学应用环境场所的耐火等级不应低于二级。

【条文说明】《综合医院建筑设计规范》GB 51039-2014第5.24.1条“医院建筑耐火等级不应低于二级。”

8.1.2核医学应用环境场所应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037的相关要求进行合理防火分区划分，充分结合防辐射要求，合理确定疏散路由。

8.1.3核医学应用环境场所内部装修材料应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222的相关要求，采用合规的装饰材料。如果是洁净区域，装饰材料同时满足洁净要求。

【条文说明】核医学应用环境场所涉及洁净要求的区域，内部装饰材料应满足本规程4.4规定。

## 8.2 给排水消防设计

8.2.1核医学应用环境场所消火栓的设置，应符合下列要求：

1 消火栓宜设置在非洁净区域或空气洁净度等级较低的区域。宜采用嵌入式安装。

2消火栓同时使用的水枪数不少于两支，水枪的充实水柱不应小于10m。

3消火栓的栓口直径应为65mm，配备的水带长度不应大于25m，水枪喷嘴口径不应小于19mm。

【条文说明】 为正确、合理设置消火栓，设本条。

尽管设置在洁净区的消火栓采用嵌入式安装，但对洁净室（区）的洁净毕竟会有影响，所以消火栓尽可能设置在非洁净区域。

8.2.2核医学应用环境场所配置的灭火器，应符合现行国家标准《建筑灭火器配置规范》GB50140的有关规定。

【条文说明】灭火器方便对核医学应用环境起火初期进行扑救，经济且有效。灭火器的配置应根据核医学应用环境内部可燃物的燃烧特性和火灾危险性、不同场所中工作人员的特点、建筑内外环境条件等因素，按照现行国家规范《建筑灭火器配置设计规范》GB50140及其他相关专项标准规范的规定进行设计。

8.2.3放置贵重设备仪器设置固定灭火设施时，除应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037的相关要求外，尚应符合下列要求：

1当设置气体灭火系统时，不应采用卤代烷以及能导致人员窒息的灭火剂。

2当设置自动喷水灭火系统时，宜采用预作用式自动喷水装置。

【条文说明】 当存放贵重设备仪器、物料的医药洁净室（区）设置自动喷水灭火系统时，采用预作用系统可防止管道泄漏或误喷造成水渍损失，而且消除了干式系统滞后喷水的现象。

## 8.3 暖通消防设计

8.3.1核医学应用环境场所应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251的相关要求，设置建筑防排烟系统。

【条文说明】及时排出烟气，对保证人员疏散，控制延期蔓延，便于扑救火灾具有重要作用。《建筑防火通用规范》GB 55037中和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251中对建筑防排烟系统进行了详细规定，本规程不再详述。

8.3.2洁净区内的排烟口应考虑防倒灌措施，排烟口应采用板式排烟口。

【条文说明】 洁净区内应消除一切影响空气净化的因素，排烟口直接与大气相通，远离建筑的新鲜空气进风口，以防倒灌。板式排烟口安装在走道或防烟前室，无窗房间的排烟系统的排烟口处，可以吊装在顶棚上或安装在侧墙，平时保持常闭，火灾时依靠火警信号联动开启，并能在烟气温度达280℃时重新关闭。洁净区采用该类型的排烟口，既能保证区域的洁净度要求，又能在火灾时开启排烟。

8.3.3排烟管道在穿越有辐射源的房间时候，应采取措施避免辐射外泄。

【条文说明】 大部分项目的回旋加速器室，一般都是放置在地下室，回旋加速器室的面积超过50平米，按相关规范需要考虑排烟和排烟补风，而排烟风管尺寸都比较大，在风管穿越回旋加速器墙体时候需要做防止辐射外泄的措施。

## 8.4电气消防设计

8.4.1核医学应用环境场所应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037和《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116的相关要求，设置火灾自动报警系统。

【条文说明】火灾自动报警系统可以起到及时发现并通报火警信息，及时疏散人员等作用。应根据国家规范《建筑防火通用规范》GB 55037和《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116的相关要求，在规定的位置设置火灾自动报警系统。

9医用气体系统

## 9.1 一般规定

9.1.1气体系统应根据核医学应用环境场所需求设置。

【条文说明】核医学应用环境场所一般有回旋加速器核素制备的主要使用气体为压缩空气、氢气、氮气、氩气等，根据实际需要配置所需的气体。

9.1.2气源站应该根据医院总体规划确定。

9.1.3 气站废气的排放不应对医院及周边环境产生影响。

## 9.2 源侧

9.2.1 核医学应用环境场所核素治疗病房及具有抢救功能的房间一般使用医用气体及相关装置有氧气、压缩空气、负压（真空）吸引等，其中应配置为氧气、压缩空气和负压吸引装置。

9.2.2 高压气瓶以及液态储罐供应的医用气体，应按日用量计算，并应贮备不少于3d的备用气量。采用制气机组供气时，应设置备用机组，采用分子筛制氧机组时，其他机组的供气能力应满足系统设计最大负荷。

【条文说明】医用气体是直接供患者治疗或与患者治疗相关，不应有断气现象。医院用气波动范围大，气源供应一定要有保证。

9.2.3供气站应设供气异常报警装置，备用机组应设置自动投入使用。

【条文说明】为确保供气安全，空气压缩机和负压吸引泵的备用机组应能自动投入使用。

9.2.4医用气体起源应设超压排放安全阀，气体应排至室外安全地点。

【条文说明】安全阀应采用经过脱脂处理的铜或不锈钢材质的密闭型全启式安全阀，并应符合现行行业标注《安全阀安全技术监察规程》TSG ZF001的有关规定。

9.2.5 医用气源应符合现行国家标准《医用气体工程技术规范》GB 50751的要求。

【条文说明】《医用气体工程技术规范》GB50751对各种医用气源进行了详细的规定，本规程不再详述。

## 9.3 输配

9.3.1医疗气体管道应选用紫铜管或不锈钢管，负压吸引和废气排放输送导管可采用镀锌钢管或PVC管。

【条文说明】负压吸引和废气排放管除镀锌钢管外，建议可选用脱氧铜管和不锈钢管。医用气体用于仪器和直接接触人体，其中氧气与油脂接触后，如遇有火源，会引发燃烧事故，因此要求管道、阀门、仪表附件都要进行脱脂，清除干净，保证管道内无油污、杂质，所在加工场地和存放场所应保持干净，安装时保证污物不侵入管内。

9.3.2管道材质内表面应光滑、耐腐蚀、耐磨损以及吸附和解析气体作用小。

【条文说明】医用气体管道输送的气体可能直接作用于病人，因此对管道清洁度和毒性残留的要求很高。因此管道材质应保证在使用过程中不残留有害物质。

9.3.3 病区的氧气干管上，应设置手动紧急切断气源的装置。

【条文说明】氧气干管上应安装手动紧急切断气源的装置，以应对气体输送过程中可能出现的紧急情况，保障患者安全。装置应明显标识，并易于操作，应具有耐高压、耐腐蚀、防爆等特点。应避免安装在可能被物品遮挡或者误碰的位置。应定期进行检查和维护以确保其正常工作。

9.3.4 医用气体管道应做导静电接地装置。

【条文说明】医用气体的汇流排、切换装置、各减压出口、安全放散口和输送管道，均应作防静电接地处理。医用房间内的医用气体管道应作等电位接地。医用气体管道接地间距不应超过80m，且不应小于一处，室外 埋地医用气体管道两端应有接地点，除采用等电位接地外宜为独立接地，其接地电阻不应大于10Ω。

**9.4 终端**

9.4.1 医院气体管道终端应安全可靠，终端内部应清洁且密封良好。

【条文说明】医用气体终端应该使用方便，安全可靠。内部不同性质的管线应该有效分隔，医院内同一建筑内同一种医用气体的终端应该在规格及型号上一致，确保一种医用气体的插头能够顺利插入所有同类医用气体插口，连接可靠，方便抢救治疗，并且严禁与其他医用气体终端互换。

9.4.2 医用气体的终端压力应符合表9.4.2的规定。

表9.4.2 医用气体的终端压力

|  |  |
| --- | --- |
| 医用气体 | 供气压力（MPa） |
| 氧气 | 0.40~0.45 |
| 医用真空 | -0.03~-0.07 |
| 压缩空气 | 0.45~0.95 |

【条文说明】医用气体指由医用管道系统集中供应，用于病人治疗、诊断、预防、或驱动外科手术工具的单一或混合成分气体。在应用中也包括医用真空。医用气体的终端压力是指通过管道输送到患者端点的气体压力。各种气体的终端压力范围应符合表9.4.2中的规定，以确保气体安全有效地输送到患者终端。

10施工与验收

## 10.1 一般规定

10.1.1 核医学应用环境建设前期应取得环保、卫生等主管部门的批复文件方可进行施工。

【条文说明】为确保环境和人员健康的安全，应在建设核医学应用环境之前，进行全面的环境影响评估及职业病危害放射防护预评价。环境影响评估及职业病危害放射防护预评价应详细描述核医学应用环境的建设内容、影响范围、环境影响评价和环境保护措施及职业病危害放射防护措施等方面内容。

环境影响报告及职业病危害放射防护预评价应经过相关部门的审核和批准，才能开始建设工作。建设过程中应按照报告中的环境保护措施及职业病危害放射防护措施进行施工和操作，以减少对环境和人类健康的影响。

10.1.2 核医学应用环境工程的施工应以辐射防护和三废处理为核心。核医学工作场所中设置有放射性核素生产功能，放射性核素生产区域应满足现行国家标准《医药工业洁净厂房设计规范》GB 50457的相关要求。

【条文说明】放射性核素生产区域是有负压要求的洁净室，除了在结构上要比一般洁净室更坚固更严密外，在施工方面，其它要求与空调净化工程是基本一致的，为达到安全防护的要求，施工时一定要严格按照洁净室施工程序进行。“三废”包含放射性废液、放射性废气和固体废物。

10.1.3核医学应用环境工程施工前应编制施工方案。对有回旋加速器核素生产要求的应编制专项施工方案，并应包含辐射防护安全措施。

【条文说明】射性防护的特殊要求，如含放射性废水衰变池、放射性废气处理系统、防护门、通风柜设备等涉及放射性核素使用场所的施工方案。

10.1.4各道施工程序均应进行记录，验收合格后方可进行下道工序施工，不应倒序施工。避免造成因施工工艺问题导致的辐射泄漏。

【条文说明】各道施工程序均进行记录并验收合格后再进行下道工序施工，可有效的保证整体工程的质量。如出现问题，也便于查找原因。

10.1.5核医学应用环境的控制区施工过程中应对每道工序制定具体施工组织设计。

10.1.6施工安装完成后，应进行单机试运转和系统的联合试运转及调试，做好调试记录，并编写调试报告。

【条文说明】核医学设施含核素生产制备、放射性核素的衰变池、放射性排风系统（活性炭过滤器）、防护门、通风柜等设备的特殊性就决定了各种设备单机试运转和系统的联合试运转及调试的重要性。同时运行数据在相关药监部门的一致性检查、环保验收等环节作为施工验证文件的重要组成部分。

10.1.7核医学应用环境工程竣工后应进行核技术应用项目竣工环境保护验收、职业病危害控制效果放射防护评价，如有核素制备区域的应按照药监部门对洁净厂房监管要求提供有资质的三方检测单位出具的洁净度等相关检测报告洁净检测报告。

10.1.8 核医学应用环境工程必须有完整的、合规的设计文件，各专业、各系统施工应在统一组织协调下完成。

10.1.9核医学应用环境工程施工前应进行主体结构中间验收且在取得主体结构区域本底监测后进行。

【条文说明】核医学应用环境工程必须经过专业评估机构的环境影响评估，通常核医学工程施工前主体结构已经完成，区域本底监测可以为设计单位和施工单位提供辐射防护和装修测算依据。

## 10.2 施工安装

10.2.1 建筑装饰施工应做到墙面和吊顶平滑、地面平整、无明显拼接缝、不易附着灰尘。材料选用应满足Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类核医学工作场所用房室内表面基本放射防护要求。

10.2.2控制区的防护结构应采用结构性能、防护性能、耐久性能高的材料，当采用拼接方式的应做平滑处理并采取可靠的密封措施。

10.2.3回旋加速器室、高活性、分装、药物准备室有压力要求的房间应在合适的位置设置压力显示装置。

10.2.4控制区内的通风柜（橱）、注射台等应采取防止倾倒措施，距墙应保留合适距离。

10.2.5防护门、防护窗宜直接与土建墙连接固定，采取可靠密封措施，对于射线防护薄弱位置需增加辐射屏蔽补偿措施。应使用无门槛、无地轨的零障碍防

护门。

10.2.6穿越辐射控制区的管线应有穿墙套管和防止放射性物质外泄的密封措施。

10.2.7施工时应考虑大型、重型设备、防护制品的运输通道和荷载要求。

10.2.8医务人员、患者、家属通道宜有显著引导标志，非限制区、监督区、控制区边界应有明显颜色区分。

## 10.3 空调、通风

10.3.1空调机组的基础对地面的高度不宜低于200mm，机组排水口处在压力较大的正压或负压段时，应计算实际水封高度，必要时可设置阀门。

10.3.2空调机组安装时宜将检修门朝向有利于检修、维护侧，空调机组宜选用合适的减震措施。机组检修门应采用方便开启铰链结构，并有密封措施。

10.3.3送、排风管道和对应部位的风阀的材料应符合设计要求，安装前应进行清洁处理，去除表面油污和灰尘。对有非磁性材料要求的，材料进场安装前应对材料磁性进行检测。

10.3.4有压力要求的通风管道和各类调节阀应采用严密制作工艺进行制作，管道进行压力测试后再进行保温，压力测试标准应按设计要求，管道漏风率不应大于1%。

10.3.5送风、回风、排风管道应有明显标识和气流流向指示，阀门和执行器宜标注调节行程范围。

10.3.6有电磁干扰扫描设备要求的场所内应采用非磁性、屏蔽电磁波的风口，任何磁性管线均不应穿越。

## 10.4电气

10.4.1核医学应用环境工程中涉及射线防护安全的生产、诊疗设备区域相应的配电箱/柜应设置在方便操作处，若因条件限制必须设置在防护墙体位置，需考虑在配电箱/柜安装位置增加辐射防护屏蔽补偿措施。10.4.2核医学应用环境中需要防止射线及核素外泄的房间，应设置门、机、警示灯联锁控制装置，连锁应考虑调试、检修、运行维护阶段的不同需要。10.4.3核医学应用环境应按不同生产、诊疗设备类型设置相应接地方式，相应环境的屏蔽体与建筑物地面、柱、梁、墙之间必须绝缘，且对地绝缘电阻需满足不同设备的要求。

10.4.4涉及电磁屏蔽区域的室内电气管线、器具等不得使用磁性导体材料或制品。10.4.5涉及电磁屏蔽区域的室内供电线路、通信线路，应在屏蔽体外侧安装设置电源滤波器。

## 10.5其他

10.5.1控制区、监督区的门、窗和专用容器、专用设备宜在显著位置张贴符合规范的电离辐射标志。

10.5.2分装室、注射室宜具备增加通风换气次数的调节能力。

10.5.3Ⅰ类工作场所内设的洗手盆、去污设备等下水管道宜短且采用大水流管道，管道宜有明显标记方便维修检测。

10.5.4对于不能采取封闭措施的含有放射性废水的排水管道应做有效防护。

10.5.5排风、废气排气管末端应高出本~~身~~建筑物屋面3米，末端排风应考虑防止蚊虫进入及防雨水倒灌措施。

10.5.6衰变池前端应设置固体废物的预处理设施，防止固态物质堆积影响衰变池的容量。

## 10.6工程检测

10.6.1核医学科应用环境工程应进行工程综合性能全面检测和评定，宜在施工单位对整个工程进行调试和自测后进行。

10.6.2检测前应对控制区、关键设备的排风管道的严密性进行确认。对于有洁净度要求的区域，应按现行国家标准《洁净室施工及验收规范》GB 50591的方法和标准进行严密性试验。

【条文说明】施工单位在管道安装前应对全部送、排风管道的严密性进行检测确认，并要求有监理单位或建设单位签署的管道严密性自检报告，尤其是加速器生产场所的送、排风系统密闭阀与加速器防护区相通的送、排风管道的严密性。

10.6.3工作场所放射性防护水平检测应符合表10.6.3规定。

表10.6.3 核医学工作场所放射防护水平要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 场所和屏蔽体 | 控制目标值（当量剂量率μSv/h） | 场所和屏蔽体 | 控制目标值（当量剂量率μSv/h） |
| 控制区外（人员可达处）距屏蔽体外表面0.3m处 | <2.5 | 控制区内屏蔽体外表面0.3m处 | <25 |
| 控制区各防护门、观察窗和墙壁外表面0.3m处 | <2.5 | 屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域 | <10 |
| 注射性药物合成和分装箱体、通风柜、注射窗等设备屏蔽外表面0.3m处人员操作位 | <2.5 | 注射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面 | <25 |
| 固体放射性废物收集桶，其外表面0.3m处 | <2.5 | 曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道屏蔽 | <2.5 |
| 宜不大于2.5μSv/h |

10.6.4应按附录A对其他设施进行查验，并应在验收合格后启用。

10.6.5通风柜（橱）启停应与房间补风系统联动，通风柜（橱）风速检测方法应符合现行国家标准《核医学放射防护要求》GBZ 120附录J规定方法。

10.6.6有下列情况之一时，应对核医学科进行综合性能全面检测：

1 竣工后，投入使用前；

2 停止使用半年以上重新投入使用；

3 进行大修或更换过滤器后；

4 一年一度的常规检测。

## 10.7验收

10.7.1核医学应用环境工程须有建筑主管部门进行工程验收合格后，并通过环境保护部门、卫生监督部门、药品监督管理部门和公安部门备案取证后方可启用后启用。

10.7.2工程验收的内容应包括建设与设计文件、施工文件和综合性能的评定文件。

10.7.3在工程验收前，应委托有资质的第三方检测单位进行专项检测，检测项目应按《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》规定，应符合国家现行标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871、《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188、《核医学放射防护要求》GBZ 120。

10.7.4应按现行国家标准《医疗机构水污染物排放标准》GB 18466规定的水污

染排放标准，对核医学应用环境的水污染物排放进行验收。

10.7.5工程验收应出具合格工程验收报告，具体验收项目可以参考附录G，但不限于附录G中的选项，并根据以下规定做出验收结论：

1 对符合规范要求的，判定为合格；

2 对存在问题，但经过整改后能符合规范规定的，判定为限期整改；

3 对不符合规范要求，又不具备整改条件的，判定为不合格。

**附录A非密封源工作场所分级**

A.0.1非密封源工作场所的分级

应按表A.0.1将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表A.0.1 非密封源工作场所的分级

|  |  |
| --- | --- |
| 级别 | 日等效最大操作量/Bq |
| 甲 | >4x109 |
| 乙 | 2x107~4x109 |
| 丙 | 豁免活度值以上~2x107 |

A.0.2 放射性核素的日等效最大操作量的计算

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表A2和表A3。放射性核素的毒性分组见附录B。

表A.0.2放射性核素毒性组别修正因子

|  |  |
| --- | --- |
| 毒性组别 | 毒性组别修正因子 |
| 极毒 | 10 |
| 高毒 | 1 |
| 中毒 | 0.1 |
| 低毒 | 0.01 |

表A.0.3操作方式与放射源状态修正因子

|  |  |
| --- | --- |
| 操作方式 | 放射源状态 |
| 表面污染水平较低的固体 | 液体，溶液，悬浮液 | 表明有污染的固体 | 气体，蒸汽，粉末，压力很高的液体，固体 |
| 源的储存 | 1000 | 100 | 10 | 1 |
| 很简单的操作 | 100 | 10 | 1 | 0.1 |
| 简单操作 | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 |
| 特别危险的操作 | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 |

**附录B放射性核素的毒性分组**

B1极毒组：

148Gd、210Po、223Ra、224Ra、225Ra、226Ra、228Ra、225Ac、227Ac、227Th、228Th、229Th、230Th、231Pa、230U、232U、233U、234U、236Np（T1=1.15x105a）、236Pu、238Pu、239Pu、240Pu、242Pu、241Am、242mAm、243Am、240Cm、242Cm、243Cm、244Cm、245Cm、246Cm、248Cm、250Cm、247Bk、248Cf、249Cf、250Cf、251Cf、252Cf、254Cf、253Es、254Es、257Fm、258Md

B2高毒组：

10Be、32Si、44Ti、60Fe、60Co、90Sr、94Nb、106Ru、108mAg、113mCd、126Sn、144Ce、146Sm、150Eu（T1=34.2a）、152Eu、154Eu、158Tb、166mHo、172Hf、178mHf、194Os、192mIr、210Pb、210Bi、210mBi、212Bi、213Bi、211At、224Ac、226Ac、228Ac、226Th、227Pa、228Pa、230Pa、236U、237Np、241Pu、244Pu、241Cm、247Cm、249Bk、246Cf、253Cf、254mEs、252Fm、253Fm、254Fm、255Fm、257Md

属于这一毒性组的还有如下气态和蒸汽态放射性核素：

126I、193mHg、194Hg

B3中毒组：

22Na、24Na、28Mg、26Al、32P、33P、35S(无机) 、36Cl、45Ca、47Ca、44mSc、46Sc、47Sc、48Sc、48V、52Mn、54Mn、52Fe、55Fe、59Fe、55Co、56Co、57Co、58Co、56Ni、57Ni、63Ni、66Ni、67Cu、62Zn、65Zn、69mZn、72Zn、66Ga、67Ga、72Ga、68Ge、69Ge、77Ge、71As、72As、73As、74As、76As、77As、75Se、76Br、82Br、83Rb、84Rb、86Rb、82Sr、83Sr、85Sr、89Sr、91Sr、92Sr、86Y、87Y、88Y、90Y、91Y、93Y、86Zr、88Zr、89Zr、95Zr、97Zr、90Nb、93mNb、95Nb、95mNb、96Nb、90Mo、93Mo、99Mo、95mTc、96Tc、97mTc、103Ru、99Rh、100Rh、101Rh、102Rh、102mRh、105Rh、100Pd、103Pd、109Pd、105Ag、106mAg、110mAg、111Ag、109Cd、115Cd、115mCd、111In、114mIn、113Sn、117mSn、119mSn、121mSn、123Sn、125Sn、120Sb（T1=5.76d）、122Sb、124Sb、125Sb、126Sb、127Sb、128Sb（T1=9.01h）、129Sb、121Te、121mTe、123mTe、125mTe、127mTe、129mTe、131mTe、132Te、124I、125I、126I、130I、131I、133I、135I、132Cs、134Cs、136Cs、137Cs、128Ba、131Ba、133Ba、140Ba、137La、140La、134Ce、135Ce、137mCe、139Ce、141Ce、143Ce、142Pr、143Pr、138Nd、147Nd、143Pm、144Pm、145Pm、146Pm、147Pm、148Pm、148mPm、149Pm、151Pm、145Sm、151Sm、153Sm、145Eu、147Eu、148Eu、149Eu、155Eu、156Eu、157Eu、146Gd、147Gd、149Gd、151Gd、153Gd、159Gd、149Tb、151Tb、154Tb、156Tb、157Tb、160Tb、161Tb、159Dy、166Dy、166Ho、169Er、172Er、167Tm、170Tm、171Tm、172Tm、166Yb、169Yb、175Yb、169Lu、170Lu、171Lu、172Lu、173Lu、174Lu、174mLu、177Lu、177mLu、170Hf、175Hf、179mHf、181Hf、184Hf、179Ta、182Ta、183Ta、184Ta、188W、181Re、182Re（T1=2.67d）、184Re、184mRe、186Re、188Re、189Re、182Os、185Os、191Os、193Os、186Ir（T1=15.8h）、188Ir、189Ir、190Ir、192Ir、193mIr、194Ir、194mIr、188Pt、200Pt、194Au、195Au、198Au、198mAu、199Au、200mAu、193mHg（无机）、194Hg、195mHg（无机）、197Hg（无机）、197mHg（无机）、203Hg、204Tl、211Pb、212Pb、214Pb、203Bi、205Bi、206Bi、207Bi、214Bi、207At、222Fr、223Fr、227Ra、231Th、234Th、Th天然、232Pa、233 Pa、234Pa、231 U、237 U、240 U、U天然、234Np、235 Np、236Np（T2=22.5h）、238 Np、239 Np、234 Pu、237 Pu、245Pu、246Pu、240Am、242Am、244Am、238Cm、245Bk、246Bk、250Bk、244Cf、250Es、251Es

属于这一毒性组的还有如下气态或蒸汽态放射性核素

14C、C35S2、56Ni（羰基）、57Ni（羰基）、63Ni（羰基）、65Ni（羰基）、66Ni（羰基）、103RuO4、106RuO4、121Te、121mTe、123mTe、125mTe、127mTe、129mTe、131mTe、132Te、120I、124I、124I（甲基）、125I、125I（甲基）、126I（甲基）、130I、130I（甲基）、131I、131I（甲基）、132I、132mI、133I、133I（甲基）、135I、135I（甲基）、193Hg、195Hg、195mHg、197Hg、197mHg、203Hg

B4低毒组：

7Be、18F、31Si、38Cl、39Cl、40K、42K、43K、44K、45K、41Ca、43Sc、44Sc、49Sc、45Ti、47V、49V、48Cr、49Cr、51Cr、51Mn、52mMn、53Mn、56Mn、58mCo、60mCo、61Co、62mCo、59Ni、65Ni、60Cu、61Cu、64Cu、63Zn、69Zn、71mZn、65Ga、68Ga、70Ga、73Ga、66Ge、67Ge、71Ge、75Ge、78Ge、69As、70As、78As、70Se、73Se、73mSe、79Se、81Se、81mSe、83Se、74Br、74mBr、75Br、77Br、80Br、80mBr、83Br、84Br、79Rb、81Rb、81mRb、82mRb、87Rb、88Rb、89Rb、80Sr、81Sr、85mSr、87mSr、86mY、90mY、91mY、92Y、94Y、95Y、93Zr、88Nb、89Nb（T1=2.03h）、89Nb（T2=1.01h）、97Nb、98Nb、93mMo、101Mo、93Tc、93mTc、94Tc、94mTc、95Tc、96mTc、97Tc、98Tc、99Tc、99mTc、101Tc、104Tc、94Ru、97Ru、105Ru、99mRh、101mRh、103mRh、106mRh、107Rh、101Pd、107Pd、102Ag、103Ag、104Ag、104mAg、106Ag、112Ag、115Ag、104Cd、107Cd、113Cd、117Cd、117mCd、109In、110In（T1=4.90h）、110In（T2=1.15h）、112In、113mIn、115In、115mIn、116mIn、117In、117mIn、119mIn、110Sn、111Sn、121Sn、123mSn、127Sn、128Sn、115Sb、116Sb、116mSb、117Sb、118mSb、119Sb、120Sb（T2=0.265h）、124mSb、126mSb、128Sb（T2=0.173h）、130Sb、131Sb、116Te、123Te、127Te、129Te、131Te、133Te、133mTe、134Te、120I、120mI、121I、123I、128I、129I、132I、132mI、134I、125Cs、127Cs、129Cs、130Cs、131Cs、134mCs、135Cs、135mCs、138Cs、126Ba、131mBa、133mBa、135mBa、139Ba、141Ba、142Ba、131La、132La、135La、138La、141La、142La、143La、137Ce、136Pr、137Pr、138mPr、139Pr、142mPr、144Pr、145Pr、147Pr、136Nd、139Nd、139mNd、141Nd、149Nd、151Nd、141Pm、150Pm、141Sm、141mSm、142Sm、147Sm、155Sm、156Sm、150Eu（T2=12.6h）、152mEu、158Eu、145Gd、152Gd、147Tb、150Tb、153Tb、155Tb、156mTb（T1=1.02h）、156mTb（T2=5.00h）、155Dy、157Dy、165Dy、155Ho、157Ho、159Ho、161Ho、162Ho、162mHo、164Ho、164mHo、167Ho、161Er、165Er、171Er、162Tm、166Tm、173Tm、175Tm、162Yb、167Yb、177Yb、178Yb、176Lu、176mLu、178Lu、178mLu、179Lu、173Hf、177mHf、180mHf、182Hf、182mHf、183Hf、172Ta、173Ta、174Ta、175Ta、176Ta、177Ta、178Ta、180Ta、180mTa、182mTa、185Ta、186Ta、176W、177W、178W、179W、181W、185W、187W、177Re、178Re、182Re（T2=12.7h）、186mRe、187Re、188mRe、180Os、181Os、189mOs、191mOs、182Ir、184Ir、185Ir、186Ir（T2=1.75h）、187Ir、190mIr（T1=3.10h）、190mIr（T2=1.20h）、195Ir、195mIr、186Pt、189Pt、191Pt、193Pt、193mPt、195mPt、197Pt、197mPt、199Pt、193Au、200Au、201Au、193Hg、193mHg（有机）、195Hg、195mHg（有机）、197Hg（有机）、197mHg（有机）、199mHg、194Tl、194mTl、195Tl、197Tl、198Tl、198mTl、199Tl、200Tl、201Tl、202Tl、195mPb、198Pb、199Pb、200Pb、201Pb、202Pb、202mPb、203Pb、205Pb、209Pb、200Bi、201Bi、202Bi、203Po、205Po、207Po、232Th、235U、238U、239U、232Np、233Np、240Np、235Pu、243Pu、237Am、238Am、239Am、244mAm、245Am、246Am、246mAm、249Cm

属于这一毒性组的还有如下气态或蒸汽态放射性核素：

3H（元素）、3H（氚水）、3H（有机结合氚）、3H（甲烷氚）、11C、11CO2、14CO2、11CO、14CO、35SO2、37Ar、39Ar、41Ar、59Ni、74Kr、76Kr、77Kr、79Kr、81Kr、83mKr、85Kr、85mKr、87Kr、88Kr、94RuO4、97RuO4、105RuO4、116Te、123Te、127Te、129Te、131Te、133Te、133mTe、134Te、120I（甲基）、120mI、120mI（甲基）、121I、121I（甲基）、123I、123I（甲基）、128I、128I（甲基）、129I、129I（甲基）、132I（甲基）、132mI（甲基）、134I、134I（甲基）、120Xe、121Xe、122Xe、123Xe、125Xe、127Xe、129mXe、131mXe、133mXe、133Xe、135mXe、135Xe、138Xe、199mHg

注

1、本核素毒性分组清单中有10个核素具有2个半衰期。其中6个因其2个半衰期（T1、T2）相差悬殊而被分列入不同的毒性组别；另有4个具有2个半衰期的核素，因其半衰期相差不大而被列在同一毒性组别，它们是89Nb、110In、156mTb、190mIr。

2、汞分无机汞和有机汞，共有9个核素。其中5个（193Hg、194Hg、195Hg、199mHg、203Hg），其无机和有机形态属同一毒性组别；另外4个（193mHg、195mHg、197Hg、197mHg）则不同。

**附录C 核医学应用环境分类**

C.0.1 核医学应用环境分类见表C.0.1。

表C.0.1 核医学应用环境分类一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 分类 | 日操作最大量放射性核素的加权活度MBq |
| Ⅰ | ＞50000 |
| Ⅱ | 50～50000 |
| Ⅲ | ＜50 |

C.0.2 加权活度计算方法见式C.0.2:

$加权活度=\frac{计划的日操作最大活度x核素的毒性权重因子}{操作性质修正因子}$ （C.0.2）

C.0.3 核医学常用放射性核素的毒性权重因子相关参数见表C.2，不同操作性质的修正因子取值见表C.0.3。

表C.0.3 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 放射性核素 | 核素的毒性权重因子 |
| A | 75Se、89Sr、125I、131I、32P、90Y、99Mo、153Sm | 100 |
| B | 11C、13N、15O、18F、51Cr、67Ga、99Tcm、123I、111In、113Inm、201TI | 1 |
| C | 14C、3H、81Krm、127Xe、133Xe | 0.01 |

表C.0.3 不同操作性质的修正因子

|  |  |
| --- | --- |
| 操作方式和地区 | 操作性质修正因子 |
| 贮存 | 100 |
| 废物处理闪烁法计数和显像候诊区及诊断病床区 | 10 |
| 配药、分装以及施给药简单放射性药物制备治疗病床区 | 1 |
| 复杂放射性药物制备 | 0.1 |
| 注： 数据来源自INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Medicine ResourcesManual, IAEA, Vienna (2006) 。 |

**附录D 不同核医学应用环境用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求**

不同核医学应用环境用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

|  |  |
| --- | --- |
| 种类 | 分类 |
| Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 结构屏蔽 | 需要 | 需要 | 不需要 |
| 地面 | 与墙壁接缝无缝隙 | 与墙壁接缝无缝隙 | 易清洗 |
| 表面 | 易清洗 | 易清洗 | 易清洗 |
| 分装柜 | 需要 | 需要 | 不必须 |
| 通风 | 特殊的强制通风 | 良好的通风 | 一般自然通风 |
| 管道 | 特殊的管道 | 普通管道 | 普通管道 |
| 盥洗与去污 | 洗手盆和去污设备 | 洗手盆和去污设备 | 洗手盆 |
| 1、下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。 |
| 2、洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。 |

**附录E屏蔽的计算方法**

E.0.1 辐射屏蔽的一般考虑

核医学常用放射性核素的物理特性见表F.0.1，屏蔽计算时应采用可能应用放射性药物的最大活度。常用核素屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）见表E.0.1。

表E.0.1 常用核素屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）

单位：毫米

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 铅（11.3g/cm3） | 砖（1.65g/cm3） | 混凝（2.35g/cm3） |
| 18F | 16.6 | 263 | 176 |
| 99Tcm | 1 | 160 | 110 |
| 131I | 11 | 240 | 170 |

操作不同活度的核素时防护通风柜（热室）的屏蔽厚度见表E.0.2。

表E.0.2 操作不同活度的核素时防护通风柜的屏蔽厚度（mmPb）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 操作活度MBq | 操作活度mCi | 99Tcm屏蔽厚度mm | 131I屏蔽厚度mm | 18F屏蔽厚度mm |
| 1850 | 50 | 2 | 19 | 35 |
| 3700 | 100 | 2 | 22 | 40 |
| 7400 | 200 | 2 | 25 | 45 |
| 11100 | 300 | 2 | 27 | 48 |
| 14800 | 400 | 3 | 29 | 50 |
| 18500 | 500 | 3 | 30 | 51 |
| 22200 | 600 | 3 | 31 | 53 |
| 25900 | 700 | 3 | 31 | 54 |
| 29600 | 800 | 3 | 32 | 55 |
| 33300 | 900 | 3 | 33 | 56 |
| 37000 | 1000 | 3 | 33 | 56 |
| 74000 | 2000 | 3 | 36 | 61 |
| 111000 | 3000 | 3 | 38 | 64 |
| 148000 | 4000 | 4 | 40 | 66 |
| 185000 | 5000 | 4 | 41 | 68 |
| 222000 | 6000 | 4 | 42 | 69 |
| 259000 | 7000 | 4 | 42 | 70 |
| 296000 | 8000 | 4 | 43 | 71 |
| 333000 | 9000 | 4 | 44 | 72 |
| 370000 | 10000 | 4 | 44 | 73 |
| 注：表中数据按照距源30cm处剂量率25μSv/h计算 |

E.0.2 99Tcm诊断、131I治疗、PET等工作场所的屏蔽计算

保守起见，所有核素（如99Tcm、131I、18F等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

符合瞬时剂量率目标要求的屏蔽厚度χ的计算，见式E.0.2:

$x=TLV∗lg(\frac{A∗Γ}{Ḣ\_{p}∗r^{2}})$………….（E.0.2）

式中：

χ-屏蔽厚度，单位为毫米（mm）；

TLV-𝛾射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm）见表E.1；

A-单个患者或受检者所用放射源的最大活度，单位为兆贝克（MBq）；

Γ-距源1m处的周围计量当量率常数，单位为μSv.m2/MBq.h，见表F.1；

Ḣp-屏蔽体外关注点剂量率控制值，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

𝛾 -参考点与放射源间的距离，单位为米（m）。

E.0.3 自屏蔽回旋加速器机房的屏蔽估算方法

回旋加速器屏蔽室外的剂量率可采用生产厂家提供的泄漏辐射计量等高线，采用近似方法估算。估算公式见式E.2。

$Ḣ\_{R}$=$(\frac{r\_{0}}{R})^{2}$（$Ḣ\_{n}∗10^{−x/TLV\_{n}}$+$Ḣ\_{r}∗10^{−x/TVL\_{r}}$）…………. （E.0.3）

式中：

ḢR-回旋加速器室关注点剂量率，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

r0-参考点距靶心的距离，单位为米（m）；

R-屏蔽墙外关注点距靶心的距离，单位为米（m）；

Ḣn-参考点r0处的中子剂量率，单位为微希沃特每小时（μSv/h），查生产厂家提供的泄漏辐射剂量等高线；

χ-屏蔽墙厚度，单位为厘米（cm）；

TLVn-中子射线的十分之一减弱层厚度，单位为厘米（cm）；

Ḣ𝛾-参考点r0处的𝛾射线剂量率，单位为微希沃特每小时（μSv/h），查生产厂家提供的泄漏辐射剂量等高线；

TLV𝛾-中子射线的十分之一减弱层厚度，单位为厘米（cm）；对11MeV回旋加速器泄漏辐射𝛾射线的能量约8MeV，中子的能量约5MeV，相应不同屏蔽材料的TLV值见表E.0.3。

表E.0.3 11MeV回旋加速器泄漏辐射不同屏蔽材料的TLV值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | 密度（g/cm3） | TLV𝛾（8MeV）（cm） | TLVn（5MeV）（cm） |
| 混凝土 | 2.35 | 38 | 43 |
| 重晶石混凝土 | 3.2 | 24 | 43 |
| 铅 | 11.3 | 5 | 47.8 |
| 聚乙烯 | 0.97 | 80 | 24 |
| 铁 | 7.85 | 10 | 37 |
| 注：数据来源自NCRP. Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100-MeV Particle Accelerator Facilities. NCRP Report No.51，Washington，DC，March 1977.  |

**附录F核医学常用放射性核素参数**

核医学常用放射性核素参数一览表见表F.0.1。

表F.0.1 核医学常用放射性核素参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 核素名称 | 半衰期 | 衰变模式 | 毒性分组 | α/β最大能量MeV | 光子能量MeV | 周围剂量当量率常数（裸源）13μSv.m2/MBq.h |
| 11C | 20.39min | β+，EC | 低毒 | 0.96（+） | 0.511 | 0.148 |
| 13N | 10.0min | β+，EC | 低毒 | 1.19（+） | 0.511 | 0.148 |
| 15O | 2.0min | β+，EC | 低毒 | 1.72（+） | 0.511 | 0.148 |
| 18F | 109.8min | β+，EC | 低毒 | 0.63（+） | 0.511 | 0.143 |
| 32P | 14.26d | β- | 中毒 | 1.71 | — | — |
| 64Cu | 12.7h | β-β+，EC | 低毒 | 0.65（+） | 0.511，1.346 | 0.029 |
| 68Ga | 68.3min | β+，EC | 低毒 | 1.9（+） | 0.511 | 0.134 |
| 82Rb | 76s | β+，EC | 低毒 | 3.35（+） | 0.511,0.776 | 0.159 |
| 89Sr | 50.53d | β- | 中毒 | 0.5846 | — | — |
| 90Y | 2.67d | β- | 中毒 | 0.9337 | — | — |
| 99Tcm | 6.02h | 同质异能跃迁 | 低毒 | — | 0.140 | 0.0303 |
| 103Pb | 17.0d | EC | 低毒 | — | — | — |
| 123I | 13.2h | EC | 低毒 | — | 0.027，0.1590.529 | 0.061 |
| 124I | 4.18d | β+，EC | 中毒 | 0.9736 | 0.511，0.6031.691 | 0.185 |
| 125I | 59.4d | EC | 中毒 | — | 0.027，0.0280.031，0.036 | 0.0165 |
| 131I | 8.02d | β- | 中毒 | 0.602 | 0.284，0.3650.637 | 0.0595 |
| 153Sm | 46.5h | β- | 中毒 | 0.2652 | 0.042，0.0470.103 | 0.072 |
| 177Lu | 6.73d | β- | 中毒 | 0.2058 | 0.2084 | — |
| 223Ra | 11.44d | α | 极毒 | 5.8713（α）0.4270（β） | 0.0117，0.0838，0.2695 | — |

注：数据主要来源自AAPM，2006.American Association of Physicists in Medicine，AAPM Task Group 108:PET and PET/CT Shielding Requirements Med.Phys.33,1,GBZ/T 261-2015《外照射辐射事故中受照人员器官剂量重建规范》，<http://hps.org/publicinformation/radardecaydata> 毒性分组主要来源于GB18871-2002。

**附录G 核医学应用环境工程验收检查项目**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 内容 | 是否已设置且正常使用 | 备注 |
| 1 | A 场所设施 | 场所分布布局是否合理及有无相应措施/标识 |  |  |
| 2 | 场所门外电离辐射警示标识 |  |  |
| 3 | 独立的通风设施及合理的通风气流组织 |  |  |
| 4 | 有负压和过滤的工作箱/通风橱（乙级以上） |  |  |
| 5 | 治疗病房病人之间防护（屏蔽、通风） |  |  |
| 6 | 注射或口服取药用屏蔽 |  |  |
| 7 | 易去污的工作台面和防污覆盖材料 |  |  |
| 8 | 移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂的保护套 |  |  |
| 9 | 病人专用卫生间 |  |  |
| 10 | 放射性核素暂存库或设施 |  |  |
| 11 | 放射性固体废物收集容器和放射性标识 |  |  |
| 12 | 安全保卫设施（贮存场所必须） |  |  |
| 13 | B监测设备 | 便携式监测仪器仪表（污染、辐射水平等） |  |  |
| 14 | 个人剂量计 |  |  |
| 15 | 个人剂量报警仪 |  |  |
| 16 | 放射性环境监测系统 |  |  |
| 17 | C放射性废物和废液 | 放射性下水系统及标识 |  |  |
| 18 | 放射性固体废物暂存间（设施） |  |  |
| 19 | 废物暂存间屏蔽措施 |  |  |
| 20 | 暂存间通风系统 |  |  |
| 21 | D防护器材 | 个人防护用品 |  |  |
| 22 | 放射性表面去污用品和试剂 |  |  |
| 23 | 灭火器材 |  |  |

注：满足标准的划√，不满足的划×，不适用的划/。

**用词说明**

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的：

 正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

1. 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

 正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

1. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

 正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**引用标准名录**

本规程引用下列标准。其中注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《建筑给水排水设计标准》GB50015

《建筑设计防火规范》GB50016

《建筑电气与智能化通用规范》GB50024

《医药工业洁净厂房设计规范》GB50457

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736

《医用气体工程技术规范》GB50751

《综合医院建筑设计规范》GB51039

《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015

《建筑给水排水与节水通用规范》GB55020

《安全防范工程通用规范》GB55029

《建筑防火通用规范》GB55037

《核医学放射防护要求》GBZ120

《医疗机构水污染物排放标准》GB18466

《电离辐射防护与辐射源安全基本规程》GB18871

《医疗建筑电气设计规范》JGJ312

中国工程建设标准化协会标准

核医学应用环境工程技术规程

**T/CECS \*\*\* -20XX**

**条文说明**

**制 定 说 明**

本规程制定过程中，编制组进行了核医学应用环境工程设计和运行的调查研究，总结了我国核医学应用环境工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过核医学应用环境工程调研和走访，取得了阶段性成果。

本规程编制原则为：（1）科学合理、具有可操作性；（2）实事求是，规程使用人应严格遵守规程有关规定；（3）保证施工效率的同时又能保证质量等。

关于核医学应用环境工程的防护安全等重要问题，编制组给出了具有可操作性的解决措施，编制组将对其他尚需深入研究的有关问题多方取证、试验探究和工程应用后对规程进行更新补充。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《核医学应用环境工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款的规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

[1 总则 9](#_Toc159859479)

[2术语 10](#_Toc159859480)

[3 基本规定 11](#_Toc159859481)

[3.0.1核医学应用环境分级及指标 11](#_Toc159859482)

[3.0.2 核医学应用环境分区 11](#_Toc159859483)

[4 建筑 13](#_Toc159859484)

[4.1 一般规定 13](#_Toc159859485)

[4.2 建筑环境（选址） 13](#_Toc159859486)

[4.3 平面布置（布局） 14](#_Toc159859487)

[4.4建筑装饰 15](#_Toc159859488)

[5空调、通风与空气净化 16](#_Toc159859489)

[5.1 一般规定 16](#_Toc159859490)

[5.2 空气调节 16](#_Toc159859491)

[5.3 通风 18](#_Toc159859492)

[5.4空气净化 18](#_Toc159859493)

[5.5 废气处理 19](#_Toc159859494)

[6给排水 20](#_Toc159859495)

[6.1 一般规定 20](#_Toc159859496)

[6.2 给水 20](#_Toc159859497)

[6.3排水 22](#_Toc159859498)

[6.4纯水 23](#_Toc159859499)

[6.5热水 23](#_Toc159859500)

[6.6污水处理 24](#_Toc159859501)

[7电气 25](#_Toc159859502)

[7.1 一般规定 25](#_Toc159859503)

[7.2 供配电设计 25](#_Toc159859504)

[7.3 照明设计 27](#_Toc159859505)

[7.4 线路敷设 27](#_Toc159859506)

[7.5防雷、接地与安全防护 28](#_Toc159859507)

[7.6辐射监测及检测监控 28](#_Toc159859508)

[8消防 29](#_Toc159859509)

[8.1 建筑消防设计 29](#_Toc159859510)

[8.2 给排水消防设计 29](#_Toc159859511)

[8.3 暖通消防设计 30](#_Toc159859512)

[8.4电气消防设计 30](#_Toc159859513)

[9医用气体系统 32](#_Toc159859514)

[9.1 一般规定 32](#_Toc159859515)

[9.2 源侧 32](#_Toc159859516)

[9.3 输配 33](#_Toc159859517)

[10施工与验收 35](#_Toc159859518)

[10.1 一般规定 35](#_Toc159859519)

[10.2 施工安装 36](#_Toc159859520)

[10.3 空调、通风 37](#_Toc159859521)

[10.4电气 37](#_Toc159859522)

[10.5其他 38](#_Toc159859523)

[10.6工程检测 38](#_Toc159859524)

[10.7验收 39](#_Toc159859525)