**一、项目名称（附带WBS编号）：低能区辐射屏蔽与感生放射性设计服务 SESRI.0.4.1.1**

**二、招标数量:1套**

**三、技术参数及采购需求（序号以招标公告排序）**

**1. 项目概述**

**1.1项目背景**

**“空间环境地面模拟装置（SESRI）”主要通过地面加速器装置模拟空间离子辐射环境，具有方便、快捷和实验条件可控等优点，是研究粒子辐射对材料、器件和生命体影响机理的重要实验平台。根据国家相关法律法规，“新建、改建、扩建放射性工作场所的放射防护设施，应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。放射防护设施应当与主体工程同时验收；验收合格的，主体工程方可投入生产或者使用”。因此，必须建立辐射安全与防护系统，保证工作人员、维修维护人员、实验科研人员的辐射安全，避免电离辐射对公众及环境的影响。**

**根据 SESRI 各辐射场的科学意义及特点，结合装置辐射防护设计的特点，将空间综合环境模拟与研究系统分为“低能加速器区”和“高能加速器区”，低能加速器区包括串列加速器大厅、系统级综合辐照实验舱、10MeV电子辐照终端、材料质子/电子综合辐照舱、原子氧/辐射综合环境舱、月尘舱、器件微束终端与生物微束终端等。低能区辐射屏蔽详细设计是确保SESRI低能区辐射安全与防护系统有效的重要前提，该设计的合理性及完整性将为低能区辐射人员安全、辐射场所的管理及设备的维护等提供有力保障，从而确保装置通过国家验收及顺利运行。**

**因此，本项目主要针对低能加速器区进行辐射屏蔽详细设计，设计需满足相关的国家法律法规及标准要求，同时考虑SESRI低能加速器区各加速器的具体布局、加速粒子的种类、能量、流强、束流损失分布、损失点材料与厚度以及次级辐射场特点，为空间环境地面模拟装置低能加速器区设计一套完整可行的辐射屏蔽方案，要求在实践的正当性的前提下达到辐射防护的最佳效果，对电离辐射进行管理和控制，以防止确定效应，并使随机效应的危害降低到可合理达到的程度。**

**1.2功能及总体要求**

**辐射安全与防护系统的功能和目的是“在不过份限制有益辐射照射实践基础上有效地保护工作人员、公众及环境，避免辐照损失确定性效应的产生，并将辐照损失随机性效应的发生率降到可以合理达到的尽可能低的水平”。**

**为达到这个目的、保障工作人员和公众的安全与健康、保护环境，SESRI辐射安全与防护系统的设计应当符合实践的正当性、辐射防护最优化和个人剂量的限制三个原则。对于工程设计本身而言，辐射防护最优化和个人剂量限制是考虑的重点，进行防护设计时要留有余量，充分考虑以后可能增大束流时的辐射防护需求。**

**1.2.1 合理可行尽量低原则（ALARA）**

**为了保障辐射工作人员和广大公众的安全与健康，所有与核相关的工程在设计和运行等工作中均应遵守辐射防护三原则：即实践的正当性、辐射防护最优化和个人剂量限制。使工作人员所受职业照射和公众受到的照射均控制在合理可行尽量低的水平。**

**SESRI工程应将所有照射都保持在规定限值以内，并且在考虑了经济和社会因素之后达到合理可行尽量低。这意味着应该采取防护措施将工程运行工况和可能的事故工况期间引起的照射量降低到这样一个值，使得进一步增加设计、建造及运行费用与所获得的照射量下降相比已不值得。**

**1.2.2 剂量限值**

**根据GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中的有关规定，应对SESRI工程工作人员的职业照射水平进行控制，SESRI辐射安全与防护系统的设计应确保工作人员的职业照射水平不超过下述限值：**

**a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量：20mSv；**

**b) 任何一年中的有效剂量：50mSv；**

**c) 眼晶体的年当量剂量：l50mSv；**

**d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量：500mSv。**

**对于年龄为l6-18岁接受涉及辐射照射就业培训的徒工和年龄为l6-l8岁在学习过程中需要接近放射源的学生，应控制其职业照射使之不超过下述限值：**

**a) 年有效剂量：6mSv；**

**b) 眼晶体的年当量剂量：50mSv；**

**c) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量：l50mSv。**

**SESRI辐射安全与防护系统的设计也应确保公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：**

**a) 年有效剂量：1mSv；**

**b) 特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv；**

**c) 眼晶体的年当量剂量：l5mSv；**

**d) 皮肤的年当量剂量：50mSv。**

**2. 招标范围和内容**

**2.1任务范围及任务分解结构**

**低能区辐射防护详细设计的任务范围包括：10MeV串列加速器大厅（C-1）、器件微束终端（C-2）、生物微束终端（C-3）、10MeV电子辐照终端（C-4）、材料质子/电子综合辐照舱（C-5）、系统级综合辐照舱（C-6）、月尘舱（C-7）、原子氧/辐射综合环境舱（C-8）共8个实验场所及周围走廊、工作区和地下层辐射防护详细设计，低能区具体布局见图1。要求由具备资质或资格证的单位和辐射安全工程师，配合加速器设计施工方，与哈工大各专业代表沟通协作，在满足SESRI低能区科研目标和使用需求的基础上，按照辐射防护安全要求，完成放射性工作场所的辐射防护设计，并配合施工图设计单位进行施工图的设计工作，并提供一整套完整的，软硬件兼备的三废处理系统设计，可以快速安全有效地完成放射性固体废物、液体废物和气体废物的监测、贮存、处理和转运等流程。**

**图1 低能区辐射控制区分布**

**图2 低能区辐射防护设计任务分解图**

**2.2任务内容**

**（1） 辐射分区及剂量率控制水平：根据功能需求，对图1所示低能区地面层、地下层、地上层进行辐射工作场所分区，确定居留因子，给出低能区地面层、地下层、地上层辐射工作区剂量率控制值，绘制各层辐射分区控制图。**

**（2） 辐射源项分析与计算：根据10MeV串列加速器大厅、器件微束终端、生物微束终端、10MeV电子辐照终端、系统级综合辐照舱、原子氧/辐射综合环境舱、材料质子/电子综合辐照舱、月尘舱等的主要工作模式全面梳理放射性源项，包括加速器辐射源项计算分析、感生辐射源项计算分析、厂房气载放射性浓度计算分析、环境排放放射性源项计算分析等。**

**（3） 计算方法验证:选择不同能量不同粒子的基准算例对低能区辐射屏蔽计算方法进行验证。**

**（4） 辐射主屏蔽设计：主屏蔽墙体厚度设计及校核，包括10MeV串列加速器大厅、器件微束终端、生物微束终端、10MeV电子辐照终端、系统级综合辐照舱、原子氧/辐射综合环境舱、材料质子/电子综合辐照舱等各个方向上（四周墙体、顶板、底板等）的主屏蔽厚度要求；月尘舱新增防辐射铅屏风及进出口门的设计。要求给出精确的屏蔽厚度，墙体外的计算数据的相对误差不超过5%。对计算结果的可靠性进行详细分析。**

**（5） 地下层辐射屏蔽设计：根据地下层辐射分区及剂量率控制水平，对地下层辐射屏蔽墙体厚度进行校核及设计。分析最保守工作模式下空间综合环境大楼中间走廊处地下层综合管囊区辐射水平，给出必要的防护方案，以及该区域的居留因子。**

**（6） 局部屏蔽设计：结合主屏蔽设计，给出局部屏蔽设计方案，给出最优化的主屏蔽及局部屏蔽方案。提供设备进出口预留通道、束流管道、水管、电管、排风管、地下层贯穿结构等的优化封堵方案。给出加速器局部热点的屏蔽方案。**

**（7） 贯穿件的辐射屏蔽设计：10MeV串列加速器大厅、器件微束终端、生物微束终端、10MeV电子辐照终端、系统级综合辐照舱、原子氧/辐射综合环境舱、材料质子电子综合辐照舱等区域四周墙体、顶板及底板上的贯穿件周围辐射场的模拟计算及辐射屏蔽结构优化。低能区所有地沟、进人孔、束流管、波导孔、排风管、水管、电管等的屏蔽计算；地下层贯穿屏蔽墙结构辐射屏蔽设计与计算。给出贯穿件设计方案，给出各个贯穿件的剂量率泄露计算。**

**（8） 迷道设计与计算：根据给定的源项给出迷道设计方案，对低能区所有的迷道及迷道门进行优化设计与计算。**

**（9） 感生放射性计算：计算加速器长期运行后的加速器部件与屏蔽体、靶室终端部件与设备、液氮及生物体的活化水平，放射性工作场所（包括10MeV串列加速器大厅、器件微束终端、生物微束终端、10MeV电子辐照终端、系统级综合辐照舱、原子氧/辐射综合环境舱、材料质子电子综合辐照舱等）内的空气及一次冷却水的感生放射性水平。对给定的维护位置及维护方案给出防护方案及活化部件检修要求。**

**（10） 感生非放射性有毒气体计算：根据低能区给定的源项，对非放有毒气体，如臭氧及氮氧化物的产生量进行计算。**

**（11） 三废处理系统设计：① 根据各放射性工作场所感生放射性气体及非放有毒气体的计算结果，对感生放射性气体及有毒气体的排放进行设计，包括：对各放射性工作场所的排风系统提供设计输入；对非放射性场所的排风系统提出设计要求；给出排风口位置及高度、排风次数等要求；对排风烟囱高度提出设计要求等。②根据循环冷却水的感生放射性计算结果，对放射性废水的储存措施提出设计要求，给出放射性废水的监测及排放方案。③ 根据感生放射性的计算结果，对放射性固体废物进行分类，对放射性固体废物的暂存及转运提出设计要求，包括暂存场所的屏蔽方案、暂存场所的管理方案、人员操作方案、废物转运方案等。**

**（12） 工作人员剂量防护与评估：综合所有的分区设计、屏蔽设计等成果对工作人员剂量开展计算评估，确保满足设计目标值要求。要求在场所年剂量最高处的人员累计剂量满足设计目标，同时应根据事故工况给出事故状态下的人员可能受到的单次最大剂量。设计应对可能的内照射进行防护设计，并做出评价。**

**（13） 文档编纂及人员培训：完成本项目要求文档及报告的编纂工作，对设施的运行维护人员进行首次的辐射防护设计成果的介绍和解释。**

**（14） 其他：施工过程中的设计变更进行辐射防护设计的核算。**

**本项目输出文件见表1。**

**表1文档交付清单**

**序号 文件资料名称（可补充、自拟格式）**

**一 合同签订15日后提交：**

**1. 项目进度计划及管理文件**

**2. 质量计划**

**二 详细设计结束后提交：**

**3. 低能区辐射源项分析与计算报告**

**4. 低能区辐射分区图**

**5. 低能区辐射屏蔽详细设计报告（附计算模型及源代码）**

**6. 施工图辐射安全接口文件（包括对其他专业接口要求及设计要求）**

**7. 三废处理系统设计报告**

**8. 辐射防护设计培训讲义**

**9. 专家评审意见及结果**

**3. 任务书**

**3.1设计要求**

**3.1.1辐射分区及剂量率控制水平**

**按照工艺需求及工作模式的不同，给出不同条件下低能区及地下层的辐射工作场所控制区、监督区的边界划分，给出不同放射性工作场所分区的剂量率设计目标值及区域内人员的管理目标值，并要求分区管理尽量简单。**

**3.1.2 主屏蔽墙体核算及设计**

**主体屏蔽的设计与核算，需满足以下几点要求：**

**（1）加速器周围屏蔽体的设置应保证职业放射工作人员和公众中的个人的年剂量当量低于国家规定的限值；**

**（2）设计时应充分估计加速器今后在更髙能量、更强束流下运行及扩大应用范围的可能性，必要时在屏蔽厚度、场地等方面留有余地；**

**（3）屋顶的屏蔽应保证天空散射在距辐射源20-250m处的观测点产生的剂量当量率低于该区域的剂量率设计目标值。**

**3.1.3 贯穿件的辐射屏蔽设计**

**（1）根据主工艺设备及辅助设施的布局，对低能区10MeV电子辐照大厅、10MeV串列加速器、系统级综合辐照舱、材料质子/电子综合辐照舱及各微束终端区域内的所有贯穿件引起的辐射场泄漏进行计算，并给出瞬发辐射及残余辐射的剂量率分布；**

**（2）根据计算的辐射场结果，对超过屏蔽外剂量率限值的贯穿件进行贯穿件的防护设计，或给出贯穿件的变更方案；**

**（3）结合工艺需求，给出地下架空层穿屏蔽墙结构周围辐射场分布及屏蔽设计方案；**

**（4）施工过程中，对新增贯穿件的周围辐射场分布进行计算，并给出相应的屏蔽设计方案。**

**3.1.4 局部屏蔽设计**

**（1）给出低能区设备进出预留洞的辐射屏蔽设计方案；**

**（2）结合源项资料，给出低能区加速器工艺设备部件热点处，如偏转磁铁等局部屏蔽的方案；**

**（3）对使用不同密度屏蔽材料的结合部(如铸铁防护门与混凝土之间、铅玻璃窥视窗与混凝土之间)应对可能的射线斜穿透进行防护设计。**

**3.1.5 迷道设计**

**（1）根据主工艺要求进行迷宫设计，给出满足区域剂量率设计目标的迷宫方案。**

**（2）优化迷宫设计，在满足主工艺通过性要求的前提下，给出迷宫空间的最优化设计。**

**（3）就迷宫类型的选择、迷宫设计计算方法的选择、迷宫内口宽度和高度、迷宫的长度和宽度、迷宫内外墙的厚度以及迷宫的设计所用材料等六大方面内容对迷宫口剂量率的影响展开模拟计算，并最终得出一套迷宫设计最优化的方案。**

**3.1.6三废处理的设计**

**（1）应根据给出的工作模式，对可能产生的放射性废物进行分析。对产生的放射性固体废物、液体废物及放射性气体进行分类。**

**（2）给出排风系统设计输入，包括：放射性气体、臭氧及氮氧化物的排放要求、低能区主工艺设施内气流方向控制及不同区域的气压要求、对事故通风、全面通风和局部通风的要求、对建筑物排放烟囱高度的要求等。**

**（3）对放射性废物存放和操作地点、加速器工作区、真空泵以及其他可能产生放射性气体及放射性气溶胶的区域设计通风系统，给出排风口位置及高度、排风次数及过滤标准的设计原则；**

**（4）给出其他放射性废物处理原则，包括循环放射性废水储存、检测及排放设计要求，放射性固体废物、生物体分类、暂存、操作、转运及处置要求等。**

**3.2 与其他设备或基建协调、要求等**

**本项目辐射屏蔽设计必须严格依照甲方设备布局及基建图纸进行设计。如方案有所变更，需经甲方同意方可实施。**

**3.3采用的标准**

**项目开展相关的法律法规、标准及文件有：**

**中华人民共和国核安全法；**

**《中华人民共和国放射性污染防治法》中华人民共和国主席令[2003]第6号；**

**《中华人民共和国环境影响评价法》中华人民共和国主席令[2002]第77号；**

**《建设项目环境保护管理条例》中华人民共和国国务院253号；**

**中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例；**

**国务院[2005]第449号令 放射性同位素与射线装置安全和防护条例；**

**《放射性环境管理办法》国家环保总局第3号令；**

**HAF401 《放射性废物安全监督管理规定》；**

**HAD401/04-1998 《放射性废物的分类》；**

**HAD401/08-2016 《核设施放射性废物最小化》；**

**HAD501/04-2008 《核设施出入口控制》；**

**GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》；**

**GB 5172-1985 《粒子加速器辐射防护规定》；**

**GB 8999-1988 《电离辐射监测质量保证一般规定》；**

**GB 12379-1990 《环境核辐射监测规定》；**

**GB11217-1989 《核设施流出物监测的一般规定》；**

**GBZ 128-2002 《职业性外照射个人监测规范》；**

**GBZ 129-2002 《职业性内照射个人监测规范》；**

**GB/T 25306-2010 《辐射加工用电子加速器通用规范》；**

**GBZ/T 141-2002 《γ射线和电子束辐射装置防护检测规范》；**

**EJ 381-1989 《电离辐射工作场所监测的一般规定》；**

**EJ/T 943-1995 《辐射工作人员个人监测管理规定》；**

**EJ/T 1036-1996 《辐射工作场所空气取样的一般规定》；**

**GBZT 201.1-2007 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》；**

**GBZT 201.2-2011 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》；**

**GBZT 201.5-2015 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第5部分：质子加速器放射治疗机房》；**

**GBZT 220.3-2015 《建设项目职业病危害放射防护评价规范 第3部分：γ辐照加工装置、中高能加速器》；**

**EJ346-1988 《粒子加速器工程设施辐射防护规范》；**

**HJ 785-2016 《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》；**

**EJ379-1989 《环境贯穿辐射监测一般规定》。**

**4. 实施计划（各系统/办可根据特点进行丰富）**

**（1）乙方需按项目任务进度要求时间开展各项工作，并提交项目进度；**

**（2）乙方需明确项目进度控制责任人及其职责，定期检查进度执行情况，并定期向甲方提交月度进展报告；**

**（3）乙方需切实加强与甲方的协调、沟通和合作，以保证进度计划的执行；**

**（4）乙方需保证充足的人力动员和资源供应，以保证各项进度活动的按时完成。一旦出现进度拖延，必须采取有效措施赶上进度，并实现进度计划中的每一个节点；**

**（5）在合同签订后15个工作日时间内，乙方完成项目质量计划、实施方案以及提资材料的编制；**

**（6）实施方案通过专家评审后15个工作日内，甲方提供正式的第一批提资材料的输入，发生设计变更时，应及时变更相应提资材料的输入文件；**

**（7）甲方提交第一批提资材料输入的时间作为后续工作的起始时间。**

**（8）乙方提交的文件清单及其交付进度见表2。**

**表2 文件交付清单及进度**

**文件名称 交付时间 升版时间**

**项目进度计划及管理文件 合同签订15日后 按需升版**

**实施方案及提资材料文件 合同签订15日后 按需升版**

**月度进展报告 每月25日前 每月**

**辐射源项分析报告 合同签订1个月内 按需升版**

**辐射分区图 合同签订1个月 内 按需升版**

**辐射屏蔽详细设计报告（附计算模型及源代码） 合同签订3个月内 按需升版**

**施工图辐射安全接口文件 合同签订3个月内 按需升版**

**三废处理系统设计报告 合同签订3个月内 按需升版**

**辐射防护设计培训讲义 合同签订3个月内 按需升版**

**质量计划 合同签订15日内 按需升版**

**专家评审意见及结果 评审后7日内 不升版**

**备注：“按需升版”为乙方收到审查意见后，按照审查意见单规定的升版时间提交升版文件。表中所列文件交付时间，为乙方文件发出的时间。**

**5. 验收要求**

**（1）所有设计结果必须满足甲方《空间环境地面模拟装置环境影响报告书》中的要求，满足国家、地方相关部门项目竣工环评验收时的相关要求。**

**（2）输出文件的内容、格式和深度要求，应执行国家或行业制定的有关标准或规定。所有的输出文件编制、审核以及会签必须由合格的人员进行，在提交甲方前必须按对应级别授权人员进行校核、审核和批准，并加盖单位公章。**

**（3）本项目最终输出成果的验证主要采用设计审查的方式，对最终输出以会议评审的形式进行，对审查工作的结果形成审查记录，以证实该过程已正确完成。**

**（4）对所有设计输出的评审，乙方必须组织有甲方参加，评审需经甲方认可通过。**

**6. 售后服务**

**（1）按照甲方要求派有经验的技术人员及授权人员参加设计、施工、竣工环评验收各阶段会议，并准备会议中涉及辐射屏蔽的相关文件和资料；**

**（2）甲方提交设计变更15个工作日内，负责完成与其它专业（如通风、给排水等）接口工作中辐射屏蔽的确认，不满足辐射屏蔽设计要求的，提出改进建议；**

**（3）积极配合甲方，为甲方提供全天候、全方位的服务，若来电或来函，保证2小时内做出答复或24小时内赶赴现场，不可抗力因素除外。**

**（4）无偿为甲方提供辐射防护设计相关技术培训服务。**

**（5）若甲方人员有合同范围的辐射防护相关技术问题，可随时联系乙方人员，乙方需无条件无偿提供解答，直到问题解决为止。**

**7. 进度（工程进度表）的要求**

**乙方应按照Oracle P6工程管理软件要求进行进度月报，乙方需要有专人跟进P6管理。**

**8. 文件变更方式要求**

**（1）为了确保项目符合国家要求，项目将在甲乙双方充分沟通的情况下实施。双方签署的正规文件为有效文件。对影响项目需求、主要成果交付日期、项目费用和项目总体参数的变更，必须按照甲乙双方约定的《变更控制规范》执行；**

**（2）文件的变更必须提出申请并说明变更理由，变更需经相应资格的人员审查批准后才能进行变更；**

**（3）应充分考虑变更所引起的一切影响，必要时，应采取协调措施，以确保对受影响的其他文件作相应的更改；**

**（4）必须将文件的变更通知所有相关人员和甲方，以防误用过时或不适用的文件。**

**9. 甲方需提供的材料及支持**

**甲方应乙方要求提供用于低能区防辐射屏蔽设计的输入文件及数据，包括但不限于：**

**（1） 设备及其运行模式列表；**

**（2） 源项列表；**

**（3） 贯穿件列表；**

**（4） 迷道列表；**

**（5） 建筑结构图；**

**（6） 专业间收资资料；**

**（7） 专业间交流或讨论形成的会议纪要；**

**（8） 环评报告；**

**（9） 经指挥部批准的工程总体性文件；**

**（10） 其他相关文件和数据。**