

核技术利用建设项目  
新建生产测试间  
环境影响报告表

瓦里安医疗设备（中国）有限公司（公章）

2020 年 5 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目  
新建生产测试间  
环境影响报告表

建设单位名称：瓦里安医疗设备（中国）有限公司  
建设单位法人代表（签名或签章）：张晓  
通讯地址：北京经济技术开发区运成街 8 号  
邮政编码：100176 联系人：张国海  
电子邮箱：guohai.zhang@varian.com 联系电话：010-87858929

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	11
表 3 非密封放射性物质 .....	11
表 4 射线装置 .....	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	15
表 6 评价依据 .....	16
表 7 保护目标与评价标准 .....	18
表 8 环境质量和辐射现状 .....	22
表 9 项目工程分析与源项 .....	24
表 10 辐射安全与防护 .....	30
表 11 环境影响分析 .....	45
表 12 辐射安全管理 .....	69
表 13 结论与建议 .....	74
表 14 审批 .....	76
附图 .....	77
附件 .....	89

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	新建生产测试间					
建设单位	瓦里安医疗设备（中国）有限公司					
法人代表	张晓	联系人	张国海	联系电话	010-87858929	
注册地址	北京经济技术开发区运成街 8 号					
项目建设地点	北京经济技术开发区核心区 51#街区 M111 地块					
立项审批部门	北京经济技术开发区管理委员会	批准文号	京技审项（备）【2019】6 号			
建设项目总投资(万元)	5950	项目环保投资(万元)	1615	投资比例(环保投资/总投资)	27.1%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )	723.8	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他					

## 1.1 建设单位概况

瓦里安医疗系统公司总部位于美国加利弗尼亚帕罗奥托，是提供癌症及其他疾病放射治疗、放射外科治疗、质子治疗，以及近距离放射治疗设备及相关软件的全球领先生产企业。

瓦里安医疗设备（中国）有限公司（以下简称“瓦里安”）是美国瓦里安医疗公司在中国的投资公司，主要从事瓦里安医用射线装置的生产工作，其营业执照见附件 1。其注册于北京市北京经济技术开发区运成街 8 号。

## 1.2 本项目位置及周边情况

北京经济技术开发区地理坐标为北纬  $39^{\circ}45'$ — $39^{\circ}50'$ ，东经  $116^{\circ}25'$ — $116^{\circ}34'$ ，处于大兴、通州和朝阳区交界地带，位于北京东南郊京津塘高速公路起点西侧、城市五环路的南侧，距离四环 3.5 公里，距市中心天安门广场 16.5 公里。其地理位置图见附图 1。

本项目拟建厂区位于北京经济技术开发区的核心区（附图 2），具体为运成街 8 号，其东北侧为永昌中路，东南侧为赛德高科铁道电气科技有限责任公司，西南侧为开发区园区公路，西北侧为运成街。

本项目四个新建测试间位于瓦里安厂区西南侧（现状部分为草地，部分为已有堆场，已有堆场将做拆除），具体见附图 3 和附图 4。四个测试间西南侧为厂区草坪，与西南侧用地红线距离约为 16m，用地红线外为公共绿化及公路；四个测试间东南侧为厂区草坪和货运道路，与东南侧用地红线距离约为 11m；西北侧为已有测试间 TC#4，TC#5，TC#6 和 TC#8；东北侧为瓦里安现有生产厂房。

### 1.3 核技术利用现状及辐射安全管理情况

瓦里安医疗设备（中国）有限公司于 2018 年 11 月 23 日更换了其辐射安全许可证（见附件 2），许可证编号京环辐证【S0013】，有效期至 2021 年 6 月 7 日，其种类和范围为：生产 II 类射线装置，使用 II 类、III 类射线装置，销售 II 类、III 类射线装置。

#### 1.3.1 核技术利用现状情况

瓦里安医疗设备（中国）有限公司已许可的生产和销售 II 类、III 类射线装置情况见表 1-1，已许可的使用 II 类射线装置情况见表 1-2。

**表 1-1 瓦里安医疗设备（中国）有限公司生产和销售射线装置情况**

名称	类别	台数	活动种类
医用直线加速器（≤20MV）	II类	380	生产、销售
X 射线管（≤150kV）	III类	500	销售
X 射线管（≤150kV）	III类	500	使用

**表 1-2 瓦里安医疗设备（中国）有限公司使用射线装置状况**

名称	类别	台数	用途
医用直线加速器（LE 测试研发）(6 MV)	II类	1	研发使用

瓦里安目前有 8 个测试间，分别为 EDTC#1，EDTC#2，EDTC#3，TC#4，TC#5，TC#6、TC#7、TC#8。其中，EDTC#1、EDTC#2 和 EDTC#3 用于瓦里安医疗器械贸易（北京）有限公司的示教培训工作；TC#4，TC#5，TC#6、TC#7、TC#8 用于瓦里安医疗设备（中国）有限公司（本项目建设单位），TC#7 用于生产测试和示教培训工作，TC#4，TC#5，TC#6，TC#8 用于生产测试。

### 1.3.2 近几年履行环保审批情况

瓦里安医疗设备（中国）有限公司近几年环评批复和竣工验收审批情况见表 1-3。环评批复和验收文件分别见附件 3 和附件 4。

**表 1-3 瓦里安医疗设备（中国）有限公司近几年履行环保审批情况**

序号	项目名称	环评批复文号	验收文号
1	新建医用加速器测试间项目	京环审[2015]41 号	京环验[2016]163 号
2	新建测试间	京环审[2018]61 号	2018 年已自行进行竣工验收

### 1.3.3 辐射安全管理情况

(1) 辐射安全管理机构：瓦里安医疗设备（中国）有限公司设辐射安全与环境保护管理小组，组长由单位法人兼任，副组长由制造总监兼任，并设有专职管理人员，组员包括相关部门（工厂生产、质量、工程、设备设施和人力资源等）经理和辐射安全官组成。辐射安全领导小组成员名单见表 1-4。

**表 1-4 辐射安全工作小组成员名单**

职责	姓名	职务或职称	专职/兼职
组长	张晓	法人	兼职
副组长	金俭	制造总监	兼职
组员	张国海	辐射安全官 RSO 及 EHS 经理	专职
	周治平	生产部经理	兼职
	李涛	质量部经理	兼职
	谢睿	工程部经理	兼职
	孙强	设备设施部经理	兼职
	邓顺	人力资源部经理	兼职

辐射安全管理小组在保证国家、地方辐射安全和环境保护相关法律、法规及标准在本单位内得到执行。具体职责包括：

- ①负责对本单位辐射安全管理制度编制、修订、完善，并组织实施；
- ②负责定期对辐射工作人员进行辐射安全相关法规及内部辐射安全规程的宣传、培训和考核；
- ③负责组织进行辐射应急预案的演练；当出现辐射事故或事件时，组织人员，启动应急响应，配合政府相关部门进行事故发生后的抢救工作；
- ④负责辐射安全设施和仪器的维护和管理，并组织进行辐射工作场所和周边环境监测；
- ⑤负责对辐射工作人员进行个人剂量监测，并进行人员健康、保健管理。

(2) 现有辐射安全管理制度：公司辐射安全主管部门严格遵循着国家的各项相关规定，结合公司的具体情况，认真贯彻辐射安全和防护的相关制度。现有辐射安全管理制度主要包括：《辐射安全操作规程》、《设备安装、拆装、检修维护制度》、《辐射防护措施》、《监测方案和监测制度》、《剂量监测设备使用管理制度》、《台帐管理制度和销售流程》、《实时剂量监测管理制度》、《辐射事故应急预案》、《放射性废物管理制度》。

(3) 辐射工作人员辐射安全与防护培训的考核：公司现有职工 152 人（含研究员 37 人，高级工程师 10 人）。其中从事辐射工作的人员有 34 人，均已参与过生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，辐射工作人员基本情况见附件 5，其中有辐射安全管理人有 1 名。公司现有辐射工作人员均通过了职业健康体检。

(4) 现有辐射防护监测设备：公司现有辐射监测器材设备配备齐全，设备状态良好，按时完成了设备的校准检测，能满足工作需求。具体情况见表 1-5。

**表 1-5 辐射防护监测设备一览表**

序号	仪器名称	型 号	数 量	备 注
1	场所 $\gamma$ 监测仪	Ludlum 375-9	7	固定式 $\gamma$ 监测仪，外部二次仪表显示剂量率
2	中子周围剂量当量仪	FH40G	1	场所中子监测
3	表面探测仪	Inspector EXP+	1	场所监测仪器
4	加压电离室监测仪	FLIUIKE 451P	2	辐射场所 $\gamma$ 监测
5	$\gamma$ 及 X 射线个人剂量报警仪	PM1621	5	个人剂量报警仪
6	个人剂量报警仪	DMC3000	1	TC7
7	固定式 $\gamma$ 监测仪	LB	3	TC7、TC8 和备用一套

(5) 个人剂量监测：公司所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，并委托有资质的单位对辐射工作人员进行个人剂量监测，每季度一次，个人剂量档案齐全。

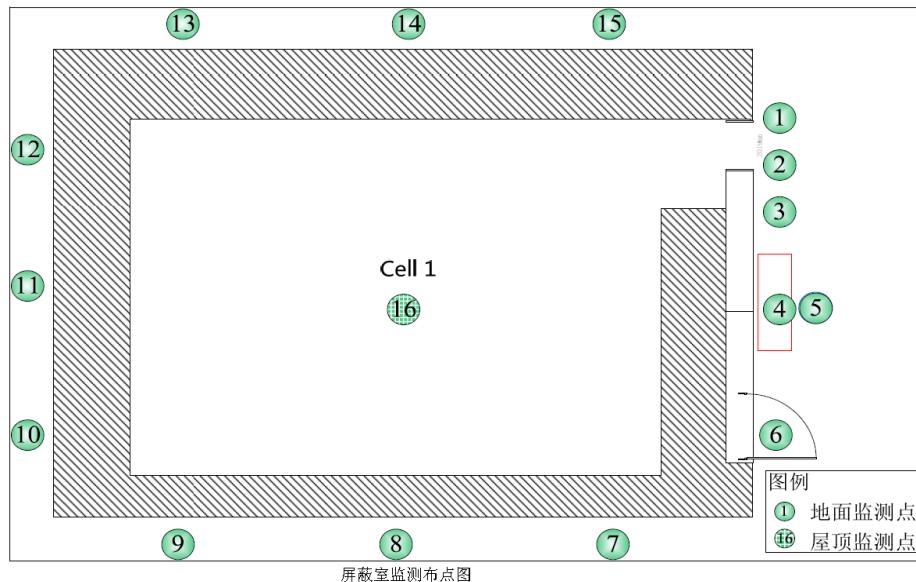
根据公司提供的 2019 度辐射工作人员的个人剂量监测报告（见附件 6），其放射工作人员监测情况见表 1-6，从监测报告可知，2019 年的个人剂量最大值为 1.37mSv，满足规定的职业照射年剂量约束值 5mSv 以下。

**表 1-6 2019 年度个人剂量监测情况**

监测人次	剂量值范围； mSv/a
51	0~1.37

(6) 工作场所及辐射环境监测：瓦里安定期对现有五个测试间（TC#4，TC#5，TC#6，TC#7，TC#8）进行射线泄漏量监测，其测试间监测布点示意图见图 1-1。同时，每年委托有资质的第三方机构（具有 CMA 或 CNAS 证书）进行一次工作场所和

环境监测。工作场所监测布点图如图 1-1 所示，环境监测布点见附图 6，其年度监测报告见附件 7，监测结果显示均符合管理要求。



**图 1-1 已有测试间监测布点图**

(7) 辐射事故应急管理制度：公司制定了《辐射事故应急预案》，预案中明确了应急指挥机构的职责、人员组成及分工、应急部门及人员职责、应急器材，发生辐射事故时的报告、通讯联络方式、应急处置方式等，并规定每年至少进行一次应急事故演习。

## 1.4 建设项目概况

### 1.4.1 建设背景

根据统计，瓦里安 2019 年上半年出口额与 2018 年同期相比新增 70%，截止 2019 年年底，瓦里安制造的 Halcyon 已经收到超过 300 台订单，发往全球 35 个国家。市场需求量增加急剧，生产任务的提升受到测试间生产调试这一关键环节的约束越加明显。另外，瓦里安计划加大对中国的投资，将全球最高端的放射治疗设备生产线 TrueBeam 平台引入北京，实现高端产品全部国产化，进行 TrueBeam 批量生产。目前预估 2020 年其产能需求约 33 台，供欧洲及美国之外的市场。考虑未来发展，其需求会增加到 100 台左右，届时预计需要 2~3 个测试间，来满足日常生产需求的增加。

考虑到日常生产以及生产应急情况，需考虑额外一个测试间保证生产任务的灵活性。因此拟新建 4 个测试间来满足日益增长的市场需求和生产任务。

#### 1.4.2 本项目情况

瓦里安医疗设备（中国）有限公司（以下简称“瓦里安”）拟自行筹措投资资金计划在其位于北京经济技术开发区运成街 8 号现有厂区增加扩建四个生产用测试间。作为现有厂区生产工艺流程中的医用直线加速器功能测试单元。本项目位置位于厂区西南侧，紧邻已有测试间，拆除位于拟建设区域的现状为 468 平方米钢结构彩钢板堆场，用于建设直线加速器测试间和对应绿化地带，拆除前的现状图见附图 4。拟建四个直线加速器测试间总面积约 723.8 平方米，单层，建筑高度为最高处屋檐 8.5 米，建成后每间直线加速器测试间产生测试 X 射线最大能量为 20MV，预计该新建测试间每间每年计划生产测试高、低能加速器总计 60 台。所有产品由美国瓦里安医疗公司总部面向全球客户销售。

新建控制室位于新旧测试间之间，并与东侧现有厂房相连通。待测试设备及人员均可通过此连通部分与现有生产流线连接，且与生产流线互不干扰。增建控制室西南侧设一个人员应急疏散口，满足消防疏散要求。

本项目建设内容包括：新增 240 台加速器的生产和销售；新建四个生产测试间，分别为 TC#9，TC#10，TC#11 和 TC#12 测试间，建设工程规划许可证见附件 10。新增加速器的生产测试在拟新建测试间内完成；销售工作包括跟客户洽谈、签订合同和运输，后续安装调试、维护维修由瓦里安医疗器械贸易（北京）有限公司负责。

其中，新建 TC#9 测试间东北侧紧邻现有生产办公区，西北侧通过操作控制台区和运输通道与现有 TC#4 相邻，西南侧与新建 TC#10 紧邻，东南侧为绿化地带和厂区货运道路，生产测试的医用直线加速器射线装置的型号见表 1-7，其产生 X 射线最大能量为 20MV。预计该新建机房每年生产测试加速器 60 台，每台最大出束时间为 18h，该机房每年最大出束时间为 1080h。

新建 TC#10 测试间东北侧紧邻新建 TC#9 测试间西南墙，西南侧与新建 TC#11 紧邻（TC#10 建设前为绿化地带），东南侧为绿化地带和厂区货运道路，生产测试的

医用直线加速器射线装置的型号与 TC#9 测试间相同，见表 1-7，其产生 X 射线最大能量为 20MV，与 TC#9 测试间类似，预计该新建机房每年生产测试加速器 60 台，每台最大出束时间为 18h，该机房每年最大出束时间为 1080h。

新建 TC#11 测试间东北侧紧邻新建 TC#10 测试间西南墙，西南侧与新建 TC#12 紧邻，东南侧为绿化地帶和厂区货运道路，生产测试的医用直线加速器射线装置的型号与 TC#9 测试间相同，见表 1-7，其产生 X 射线最大能量为 20MV，与 TC#9 测试间类似，预计该新建机房每年生产测试加速器 60 台，每台最大出束时间为 18h，该机房每年最大出束时间为 1080h。

新建 TC#12 测试间东北侧紧邻新建 TC#11 测试间西南墙，西南侧为绿化地帶和隐式消防通道，东南侧为绿化地帶和厂区货运道路，生产测试的医用直线加速器射线装置的型号与 TC#9 测试间相同，见表 1-7，其产生 X 射线最大能量为 20MV，与 TC#9 测试间类似，预计该新建机房每年生产测试加速器 60 台，每台最大出束时间为 18h，该机房每年最大出束时间为 1080h。

**表 1-7 本项目射线装置清单**

序号	装置名称	规格型号	类别	最大能量	有用线束范围	最大辐射输出剂量率	机型备注
1	直线加速器	IX	II	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV: 电子线: 4/6/9/12/15/16/18/20/22 MeV	40cm*40cm	2400 MU/min	2018 年 环评中 TC#7、 TC#8 机 房已申 请调试 此类机 型
2	直线加速器	NovalisTX(简写 TX), EX, CX			40cm*40cm	2400MU/min	
3	直线加速器	Trilogy	II	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV 电子线: 4/6/9/12/15/16/18/20/22 MeV	40cm*40cm	2400MU/min	
4	直线加速器	TrueBeam/ TrueBeamSTx (简写 TB)	II	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV: 电子线: 6/9/12/15/16/18/20/22 MeV	40cm*40cm	2400MU/min	
5	直线加速器	Unique	II	X 射线: 6MV	40cm*40cm	600MU/min	

6	直线加速器	Halcyon (Ethos)	II	X 射线: 6MV	28cm*28cm	800MU/ min	2018 年 环评中 TC#7、 TC#8 机 房已申 请调试 此类机 型
7	直线加速器	Edge	II	X 射线: 6/10MV	40cm*40cm	2400MU/ min	
8	直线加速器	VitalBeam( 简写 VB)	II	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV; 电子线: 6/9/12/15/16/18/20/22 MeV	40cm*40cm	2400MU/ min	

注: Ethos 型号为 Halcyon 型号软件升级后的机型。

瓦里安现有测试间已配备 15 名测试工作人员, 本项目新增后拟新增 4 名测试工作人员, 测试工作人员每 2 周工作 80 小时 (11.5 小时班, 上四休三, 上三休四的工作方式)。

**表 1-8 瓦里安已配备的测试辐射工作人员基本情况表**

编号	姓名	性别	执业范围	考核时间	证书编号
1	陈德喜	男	测试技师	2019/3/13	C1903123
2	贾艳强	男	测试技师	2017/8/23	C1714140
3	栗亚明	男	测试技师	2016/4/11	H1603021
4	谢小刚	男	测试技师	2017/8/23	C1714138
5	徐章伟	男	测试技师	2016/12/3	C1618022
6	许靖	男	测试技师	2017/6/21	C1710082
7	薛飞	男	测试技师	2016/12/6	C1618024
8	李明	男	测试技师	2019/3/13	C1903123
9	杜航	男	测试技师	2019/4/10	C1904100
10	仇林	男	测试技师	2019/5/15	C1906057
11	韩涛	男	测试技师	2019/5/15	C1906059
12	刘建康	男	测试技师	2019/12/7	C1915027
13	张铖慧	男	测试工程师	2016/3/16	C1602112
14	李新光	男	测试工程师	2016/8/8	A1610115
15	郭明伟	男	测试工程师	2016/9/19	A1611016

## 1.5 环境影响评价内容

本项目新增调试的加速器属于Ⅱ类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的规定，该项目需编制辐射项目环境影响评价报告表。因此，瓦里安医疗设备（中国）有限公司委托中国原子能科学研究院开展“增建生产测试间”项目的环境影响评价工作。评价单位在现场查看、调查、收集资料以及现场监测的基础上，编制了该建设项目的辐射环境影响报告表。

本次评价任务是：瓦里安新增的辐射工作场所对工作人员、附近停留人员以及周围环境的影响进行评价。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
	无							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

**表 3 非密封放射性物质**

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	无									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MV)	最大剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注		
1-1	直 线 加 速 器	II	60 台 /年	Halcyon/Ethos	电子	X 射线: 6	480	生 产 测 试 和 销 售	TC#9 测试间			
1-2				Unique	电子	X 射线: 6	360					
1-3				IX	电 子	X 射线: 20 电 子: 22	1440					
1-4				Novalis TX								
1-5				EX								
1-6				CX								
1-7				VitalBeam								
1-8				TrueBeam/TrueBeamSTx								
1-9				Trilogy								
1-10				Edge	电子	X 射线: 6						
序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MV)	最大剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注		
1-1	直 线 加 速 器	II	60 台 /年	Halcyon/Ethos	电子	X 射线: 6	480	生 产 测 试 和 销 售	TC#10 测试间			
1-2				Unique	电子	X 射线: 6	360					
1-3				IX	电 子	X 射线: 20 电 子: 22	1440					
1-4				Novalis TX								
1-5				EX								
1-6				CX								
1-7				VitalBeam								
1-8				TrueBeam/TrueBeamSTx								
1-9				Trilogy								
1-10				Edge	电子	X 射线: 6						

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MV)	最大剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注		
1-1	直 线 加 速 器	II	60 台 /年	Halcyon/Ethos	电子	X 射线: 6	480	生 产 测 试 和 销 售	TC#11 测试间			
1-2				Unique	电子	X 射线: 6	360					
1-3				IX	电子	X 射线: 20 电子: 22	1440					
1-4				Novalis TX								
1-5				EX								
1-6				CX								
1-7				VitalBeam								
1-8				TrueBeam/TrueBeamSTx	电子	X 射线: 6						
1-9				Trilogy								
1-10				Edge								

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MV)	最大剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注		
1-1	直 线 加 速 器	II	60 台 /年	Halcyon/Ethos	电子	X 射线: 6	480	生 产 测 试 和 销 售	TC#12 测试间			
1-2				Unique	电子	X 射线: 6	360					
1-3				IX	电子	X 射线: 20 电子: 22	1440					
1-4				Novalis TX								
1-5				EX								
1-6				CX								
1-7				VitalBeam								
1-8				TrueBeam/TrueBeamSTx	电子	X 射线: 6						
1-9				Trilogy								
1-10				Edge								

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
	无								

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数 量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	无												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性气体	气体	$^{41}\text{Ar}$			小于 $8 \times 10^{10} \text{Bq}$	小于 $6.6\text{E-}03 \text{Bq}/\text{cm}^3$	直接排放	环境空气
加速器废靶	固体	Mn-56、Na-24、Sb-122			事故状态下产生	放射性活度浓度比较低	将废靶置于铅罐或者废物桶中，设有防盗锁，暂存于机房的一个角落	能解控的申请解控，作为普通废物处理；不能解控的送城市放射性废物库

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用kg。  
 2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 6 评价依据**

法规文件	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</li><li>2. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</li><li>3. 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 28 日修订；</li><li>4. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日修订；</li><li>5. 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日实施；</li><li>6. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019 年 8 月修改；</li><li>7. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年；</li><li>8. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2018.4.28 施行；</li><li>9. 《关于发布射线装置分类》的公告，2017 年第 66 号；</li><li>10. 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，京环发〔2011〕347 号；</li><li>11. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，2012 年 3 月；</li><li>12. 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月；</li><li>13. 关于发布《建设项目竣工环保保护验收暂行办法》的公告，2017 年 11 月；</li><li>14. 原北京市环境保护局办公室《关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，2018 年。</li></ol>
------	--

技术 标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用项目 环境影响评价文件的格式和内容》(HJ/T10.1-2016)。</p> <p>(3) 《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》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(4) 《放射性废物管理规定》(GB14600-2002)；</p> <p>(5) 《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》(GBZ2.1-2019)。</p>
其他	<p>(1) NCRP REPORT NO.151;</p> <p>(2) NCRP REPORT NO.144;</p> <p>(3) 瓦里安提供的其他资料。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

### **7.1 评价范围**

本项目的评价范围为加速器所在机房屏蔽墙边界外为 50m 的范围（如附图 7 所示）。评价范围位于北京经济技术开发区内，包括瓦里安厂区东北和西北侧部分厂房，以及厂区外西南侧道路、道路两旁草坪及福莱克斯光变颜料有限公司，东南侧道路及北京赛德铁道电气科技有限责任公司的小部分厂区，详情见附图 7。评价范围内不含敏感建筑物。

### **7.2 保护目标**

本项目位于北京经济技术开发区的核心区，周围无敏感建筑物，其保护目标主要是从厂房的周边路过的公众和厂内辐射工作人员，详情见表 7-1。

**表 7-1 本项目评价范围内的保护目标**

方位	距离, m	评价范围内的建筑物	人数
西北	0~50	瓦里安厂房	100
东北	0~50	瓦里安厂房	100
西南	0~16	瓦里安公司内部马路及绿化（草地）	公司内部偶然停留人员
	16~50	厂房外永昌西路，福莱克斯光变颜料有限公司	50
东南	0~11	瓦里安公司内部马路及绿化（草地）	公司内部偶然逗留人员
	10~50	北京赛德铁道电气科技有限责任公司内部道路、绿化及部分厂房	100

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 关注问题

拟建测试间加速器在运行期间， $\text{x}$ 射线、中子、电子线、感生放射性对工作人员及公众的辐射环境影响；以及臭氧、氮氧化物对环境的影响。

### 7.3.2 评价因子

$\text{X}$ 射线、中子、电子线、感生放射性、臭氧及氮氧化物。

### 7.3.3 剂量限值和剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）B1 的规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值见表 7-2。

**表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值**

工作人员职业照射		公众剂量限值	
身体器官	年有效剂量	身体器官	年有效剂量
全身有效剂量	$\leq 20\text{mSv}$	全身有效剂量	$\leq 1\text{mSv}$

#### 7.3.3.1 剂量限值

##### (1) 职业照射

应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- (a) 由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量， $20\text{mSv}$ ；
- (b) 任何一年中的有效剂量， $50\text{mSv}$ 。

##### (2) 公众照射

实践使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， $1\text{mSv}$ ；

(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。

### 7.3.3.2 年剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定职业照射连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20mSv；公众照射中关键人群组的成员所受的年有效剂量不超过 1mSv。

根据辐射防护最优化原则，考虑到公司未来发展，并为其它辐射设施和实践活动留有余地，本次评价对瓦里安职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了如下设定：

(1) 公司辐射工作人员的年受照剂量约束值，取职业照射年有效剂量限值的 1/4，即 5mSv/a；

(2) 公众的年受照剂量约束值，取其年有效剂量限值的 1/10，即 0.1 mSv/a。

### 7.3.3.3 剂量率控制水平

参考《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》（GBZ/T201.2-2011）中 4.2.1 b) 关于治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考水平中：

(1) 对人员居留因子  $T \geq 1/2$  的场所，治疗机房墙及入口门外 30cm 处辐射剂量  $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

(2) 对人员居留因子  $T < 1/2$  的场所，治疗机房墙及入口门外 30cm 处辐射剂量  $\leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

参考（GBZ/T201.2-2011）中 4.2.2 b) 中第 3) 条，对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，考虑上述 1) 和 2) 之后，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考水平可按照  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$  加以控制。

根据辐射防护最优化原则，本次评价对测试间机房四周墙外和入口门外以及测试间楼顶的剂量率控制水平如下：

对测试间机房四周墙外、入口门外及机房楼顶 30cm 处，人员可达位置的剂量率均采用  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  为控制水平。

#### **7.3.4 臭氧和氮氧化物的控制值**

测试间内臭氧和氮氧化物的浓度执行《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）标准，即臭氧的最高允许浓度  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物的短时间接触允许浓度  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**环境质量和辐射现状**

加速器对环境的主要影响是中子和 X 射线穿过屏蔽层所造成的外照射，因此，中国原子能科学研究院辐射监测与评价实验室于 2019 年 12 月 11 日对瓦里安公司新增测试间项目拟建场址及周边环境进行了辐射监测。

监测内容： $\gamma$  辐射剂量率、中子周围剂量当量率；

监测场所：新增测试间拟建场址及周边环境；

监测点位和监测结果见监测报告（附件 8）。

采用的监测设备见表 8-1。以定点或巡测的测量方式进行。监测时每点测量 4 次，每次间隔 5 秒钟，取平均值。

**表 8-1 监测设备及性能指标**

仪器名称	型号	主要技术性能指标	检定有效日期
$\gamma$ 辐射测量仪	FH40G+ FHZ672E-10	测量范围：10nSv/h~100 $\mu$ Sv/h; 能量范围：48keV~6MeV; 相对响应之差： $<\pm 15\%$ 。	2020 年 4 月 22 日
中子周围剂量 当量(率)仪	LB123+LB6411	测量范围：50nSv/h~100 mSv/h; 能量响应：热中子~ 20 MeV。	2020 年 4 月 29 日

由附件 8 可知，瓦里安公司新增测试间拟建场址  $\gamma$  辐射剂量率在测试间 4 (TC#4)、测试间 5 (TC#5) 和测试间 8 (TC#8) 内设备同时工作时 (TC#8 中测试的加速器型号为 TrueBeam, X 射线能量为 18MV, 电子束出束方向向下, 1 米处剂量率为 360Gy/h; TC#4 和 TC#5 中测试的加速器型号均为 Uniqu, X 射线能量为 6MV, 电子束出束方向向下, 1 米处剂量率为 480Gy/h。), 监测结果在 (54.3~93.7) nSv/h 范围内, 中子周围剂量当量率均小于仪表探测限; 在测试间设备待机时, 为 (51.3~97.0) nSv/h, 中子周围剂量当量率均小于仪表探测限。

瓦里安公司周边  $\gamma$  辐射剂量率监测结果在 (63.1~68.5) nSv/h 范围内, 中子

周围剂量当量率均小于仪表探测限。

因此可以得出如下结论：瓦里安医疗设备（中国）有限公司新增测试间项目拟建场址及周边 $\gamma$ 辐射剂量率水平在（51.3~97.0）nSv/h范围内，中子周围剂量当量率均小于仪表探测限。本项目拟建测试间周围的剂量率处于北京市正常本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 工作原理

医用直线加速器主要包括主机、水冷温控系统、电源和高压脉冲调制器、多叶准直器以及实时影像系统等部分组成，其中主机包括等中心旋转机架、基座、辐射头、治疗床和控制台，结构如图 9-1 所示。电子枪发射电子，由磁控管或调速管控制的加速管中加速，当达到所需能量时，经散射箔和准直器得到治疗电子束；或者射到金属钨靶产生高能 X 射线，再通过监测电离室和限束得到治疗 X 线束。因此，医用电子直线加速器可利用电子束或 X 射线束对患者病灶进行照射，杀死肿瘤细胞。本项目使用的加速器的基本参数见表 9-1。

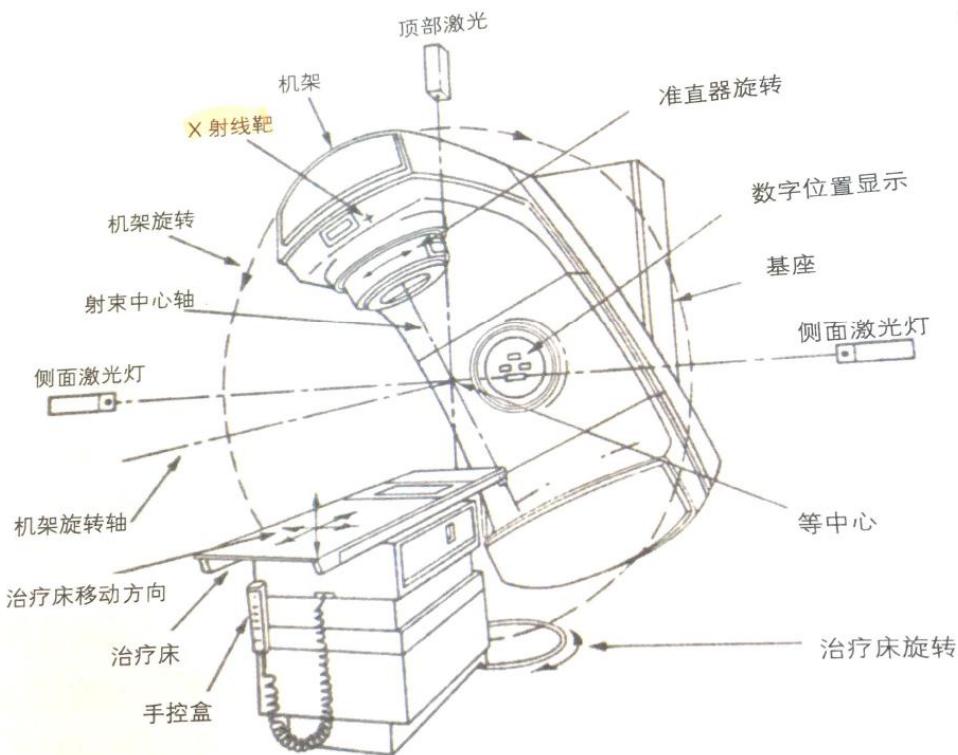


图 9-1 典型医用直线加速器结构示意图

**表 9-1 本项目涉及的加速器基本参数**

序号	规格型号	性能参数	有用线束范围	泄漏射线剂量率
1	IX	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV: 最大剂量率为 600MU/min; 6MV(SRS): 最大剂量率为 1000MU/min; 6MV (HI): 最大剂量率为 1400MU/min; 10MV (HI): 最大剂量率为 2400MU/min; 电子线: 4/6/9/12/15/16/18/20/22MeV	40cm* 40cm	<1%
2	NovalisTX(简写 TX), EX, CX	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV: 最大剂量率为 600MU/min; 6MV(SRS): 最大剂量率为 1000MU/min; 6MV (HI): 最大剂量率为 1400MU/min; 10MV (HI): 最大剂量率为 2400MU/min; 电子线: 4/6/9/12/15/16/18/20/22MeV	40cm* 40cm	<1%
3	Trilogy	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV: 最大剂量率为 600MU/min; 6MV(SRS): 最大剂量率为 1000MU/min; 6MV (HI): 最大剂量率为 1400MU/min; 10MV (HI): 最大剂量率为 2400MU/min; 电子线: 4/6/9/12/15/16/18/20/22MeV	40cm* 40cm	<1%
4	TrueBeam/True BeamSTx (简写 TB)	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV: 最大剂量率为 600MU/min; 6MV (HI): 最大剂量率为 1400MU/min; 10MV (HI): 最大剂量率为 2400MU/min; 电子线: 6/9/12/15/16/18/20/22MeV	40cm* 40cm	<1%
5	Unique	X 射线: 6MV,最大剂量率为 400MU/min 或 600MU/min	40cm* 40cm	<1%
6	Halcyon/Ethos	X 射线: 6MV	28cm* 28cm	<1%
7	Edge	6MV (HI): 最大剂量率为 1400MU/min; 10MV (HI): 最大剂量率为 2400MU/min; 6MV: 最大剂量率为 600MU/min	40cm* 40cm	<1%
8	VitalBeam(简写 VB)	X 射线 (BJR11): 4/6/8/10/15/18/20MV: 最大剂量率为 600MU/min; 6MV (HI): 最大剂量率为 1400MU/min; 10MV (HI): 最大剂量率为 2400MU/min; 电子线: 6/9/12/15/16/18/20/22MeV	40cm* 40cm	<1%

### 9.1.2 工作流程

#### (一) 生产测试

加速器生产测试的典型工作流程见图 9-2。

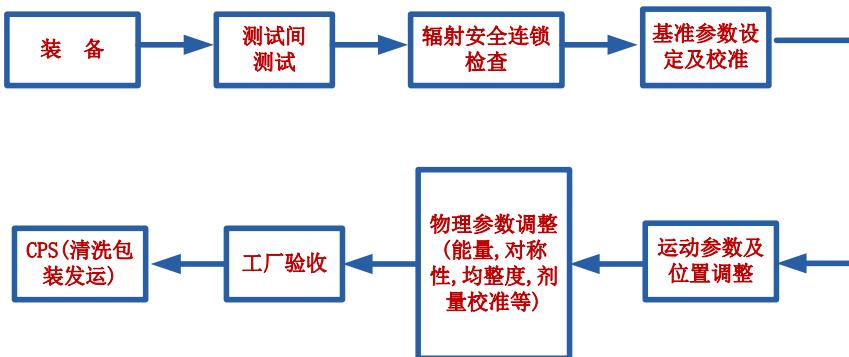


图 9-2 加速器测试典型流程

## (二) 销售流程

### (1) 合同签订

根据用户提出的需求意向，瓦里安（中国）将审查用户单位是否具有使用 II 类射线装置的资质，要求用户按照法规取得相应的辐射安全许可。在确认用户具有该许可证之后，方与用户签订正式的产品销售合同。瓦里安（中国）将严格按照《辐射安全许可证》允许的种类和范围进行销售活动，不允许超许可范围和种类开展活动。

### (2) 发货及运输

待用户具备装机条件，瓦里安（中国）即可发货将射线装置运抵用户单位，同时更新公司射线装置销售台账。

射线装置运抵用户单位后，后续安装调试和维修由瓦里安医疗器械贸易（北京）有限公司负责。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 污染源分析

#### (1) 被加速的电子

能量为 1MeV 的电子在空气中穿过的距离约为 3m, 对于能量大于 1MeV 的电子, 其最大射程 ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) 约为能量 (MeV) 的 0.6 倍。本项目中的混凝土屏蔽已经能够完全吸收被加速的电子, 被加速的电子不会对外部环境造成污染。

#### (2) 贯穿辐射

被加速的电子束与结构材料或靶材料物质相互作用, 会产生强度很高的贯穿辐射 (X 射线和中子), 它们是加速器的主要污染源。

本项目拟使用的医用直线加速器, 产生的 X 射线能量最高为 20MV。新建机房每间每年生产测试加速器 60 台, 每年最大出束时间为 1080h。

根据文献《Neutron Fluence and Energy Spectra Around the Varian Clinac 21OOC/23OOC Medical Accelerator》(1996), 在照射中心处的中子产生范围为  $3.8\times10^{10}\text{Gy}^{-1}(10\text{MeV})\sim1.2\times10^{12}\text{Gy}^{-1}(18\sim20\text{MeV})$ 。

#### (3) 感生放射性

##### a、水中的感生放射性

在加速器测试过程中会用到冷却水和体模水, 冷却水是一个密封的循环系统, 其水质有较高的要求, 长时间的使用也不会产生矿物质和沉淀物, 一般情况下冷却水将循环使用不排放, 体模水使用蒸馏水或者去离子水。

水被活化而形成的放射性核素主要是  $^{15}\text{O}$ , 半衰期是 2.1 分钟, 只需放置较短 (十个半衰期以上) 的时间其活度就可衰减到可忽略的水平, 不会对环境造成影响。

##### b、空气中的感生放射性

根据文献《Neutron Fluence and Energy Spectra Around the Varian Clinac

21OOC/23OOC Medical Accelerator》(1996), Clinac 21OOC/23OOC 型医用直线加速器在电子束为 20MeV 的状态下, 其周围平均中子能量大约为 0.5MeV, 很难引起散裂反应, 因此, 在加速器周围空气活化产生的放射性核素考虑热中子引起的<sup>40</sup>Ar 的 (n,γ) 反应产生的<sup>41</sup>Ar。

其它放射性核素由于产额很小或者半衰期很短, 在分析加速器运行对环境的影响, 以及加速器关闭后工作人员进入加速器房间时的影响是微不足道的, 可以忽略。

### c、结构部件中的感生放射性

元件部件中产生的主要感生放射性大多数半衰期很短, 再经过加速器机房墙壁的屏蔽后, 不会对测试间外面的人员和环境造成影响。

#### (4) 臭氧和氮氧化合物

加速器的电子束和 X 射线束与空气作用会产生臭氧和氮氧化物。其中臭氧的产额和危害比氮氧化物大, 只要对产生的臭氧的量能够满足环保要求, 则氮氧化物也能满足要求。

### 9.2.2 正常工况下主要放射性污染物和污染途径

(1) 带电粒子, 被加速的电子一般情况下是定向的, 只要选择的屏蔽物质厚度大于电子在该物质中的射程就可以将其吸收。在本项目中, 被加速的电子能够被完全屏蔽在测试间内, 不会对外部环境造成污染。

(2) 韧致辐射(X 射线), 医疗用电子直线加速器在 4—25MV 的能量范围内会产生韧致辐射(X 射线), 污染途径为外照射。

(3) 中子, 当电子和光子的能量超过 8MeV 时, 会产生中子(因为光核反应具有一定的阈能, 即光子使一个中子离开原子核需要具有一定的能量), 通常能量低于 10MV 加速器, 只考虑 X 射线影响, 只有能量大于 10MV 加速器才考虑中子, 其污染途径为外照射。

(4) 感生放射性, 加速器结构部件、冷却水和体膜水、加速器大厅的空气受

到辐射的照射会产生感生放射性，主要污染途径为外照射和吸入内照射。

### 9.2.3 事故情况下主要放射性污染物和污染途径

(1) 冷却水或体模水泄漏事故，水中的感生放射性很少，而且放射性核素半衰期很短，发生该类事故时不会对环境造成辐射污染。

(2) 其它电源故障、触电、着火等事故，不会对环境造成辐射污染。

(3) 误操作使得机房内人员受到误照射。

## 表 10 辐射安全与防护

本项目新建的四个测试间（TC#9、TC#10、TC#11、TC#12）均按照生产条件进行设计。

### 10.1 工作场所布局

拟建 4 间测试间为单层建筑，位于厂区西南侧，4 间测试间相邻，从东至西为 TC#9 测试间、TC#10 测试间、TC#11 测试间、TC#12 测试间，4 间机房西北侧均为各自机房的控制室，东南侧均为厂房内草坪，TC#9 测试间东北侧为生产办公室，TC#12 测试间西南侧为草坪，所有测试间屋顶为禁区，禁止人员进入。平面布局见附图 5，建筑立面图见附图 8。

### 10.2 辐射屏蔽

本项目新建 TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 测试间的人员出入口和人员门设计都相同，人员出入口和人员门尺寸：2035mm×3050mm 和 2645mm×3350mm。人员门与墙体搭接尺寸：左侧（凹槽部分）搭接 305mm、右侧搭接 305mm，上部搭接 305mm，门体下部距离地面不大于 5mm。每间测试间门外上方放置 1 块厚 100mm（2645mm×580mm）的含硼（5%）聚乙烯板，屏蔽墙体与门上部搭接位置的屏蔽材料为：150mm（含硼聚乙烯）+150mm（钢）。

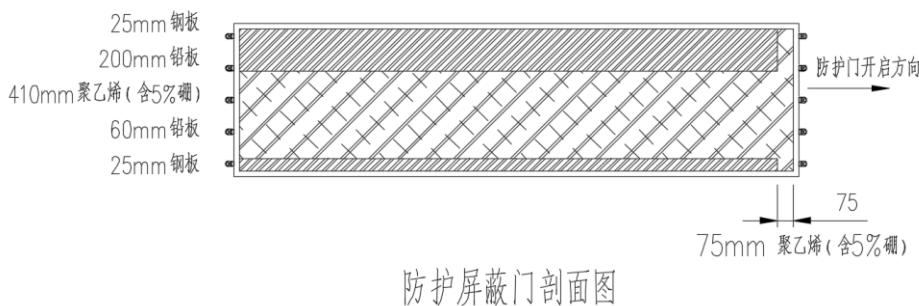


图 10-1 屏蔽门剖面示意图

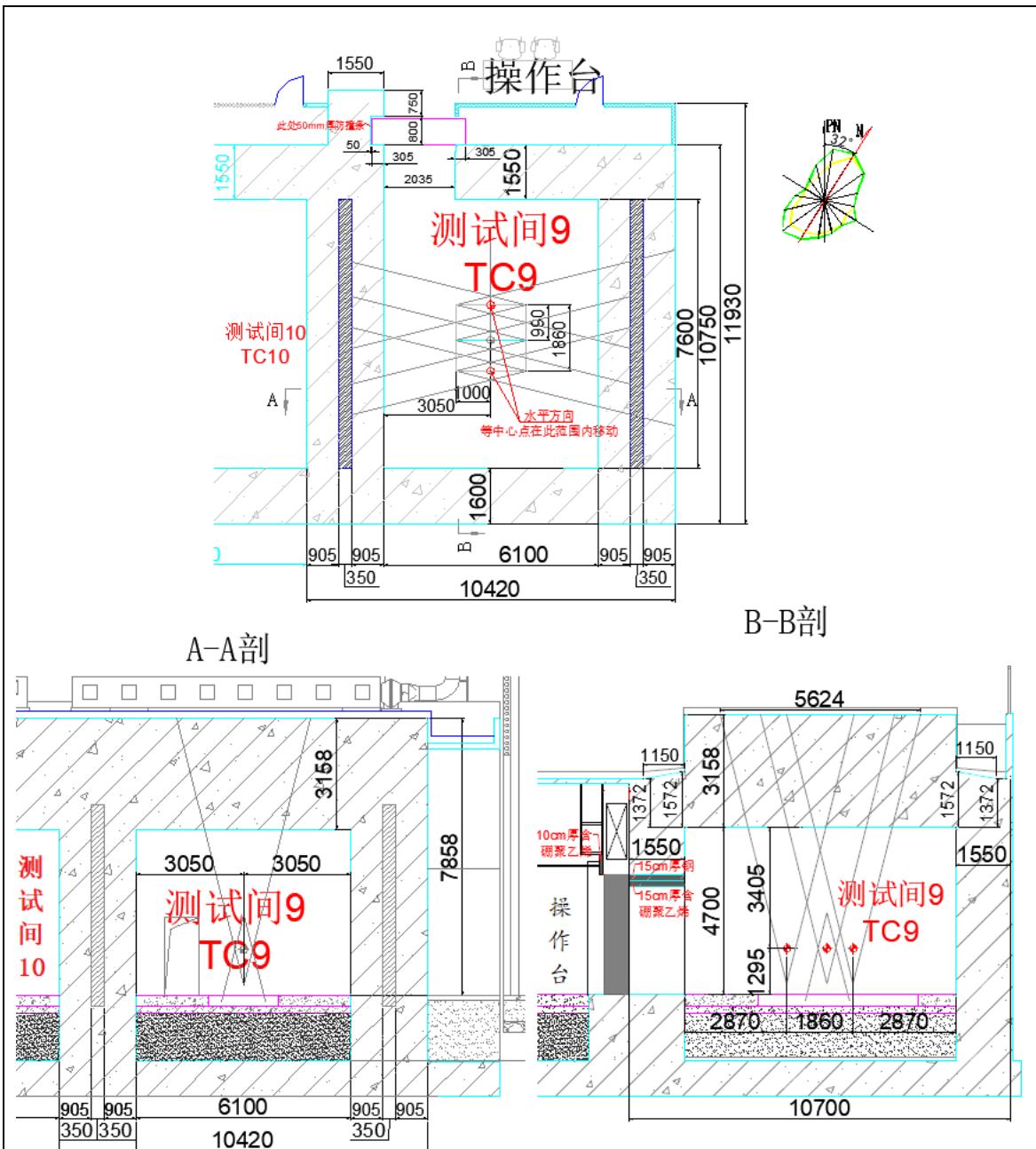
#### (1) TC#9 测试间

拟新建 TC#9 机房屏蔽设计图见图 10-2。该测试间为单层建筑物，其长宽高分别为：10700mm×10420mm×7138mm（内部尺寸 7600 mm×6100mm×4700mm），不

需要考虑机房地板的屏蔽，其它五面均设计有辐射屏蔽，次屏蔽墙及屋顶为混凝土结构，主屏蔽墙为混凝土结构中夹有钢板，其中楼顶次屏蔽采用斜坡设计，屏蔽设计参数见表 10-1。

**表 10-1 TC#9 机房屏蔽设计基本情况**

位置	屏蔽材料		
	材料	密度, g/cm <sup>3</sup>	厚度 , mm
西北次屏蔽墙（预留控制台位置）	混凝土	2.35	1550
西北（设备门和人员门的门口）	钢	7.8	25
	铅	11.36	200
	含硼（5%）聚乙烯	0.94	410
	铅	11.36	60
	钢	7.8	25
东南次屏蔽墙	混凝土	2.35	1600
西南主屏蔽墙 (主屏蔽宽度 4.95m)	混凝土	2.35	905
	钢（长：7.6m，高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
东北主屏蔽墙 (主屏蔽宽度 4.95m)	混凝土	2.35	905
	钢（长：7.6m，高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
楼顶主屏蔽墙 (主屏蔽宽度 5.624m)	混凝土	2.35	3158
楼顶次屏蔽墙（近控制台）	混凝土	2.35	斜坡设计，屏蔽厚度不低于 1372
楼顶次屏蔽墙	混凝土	2.35	斜坡设计，屏蔽厚度不低于 1372



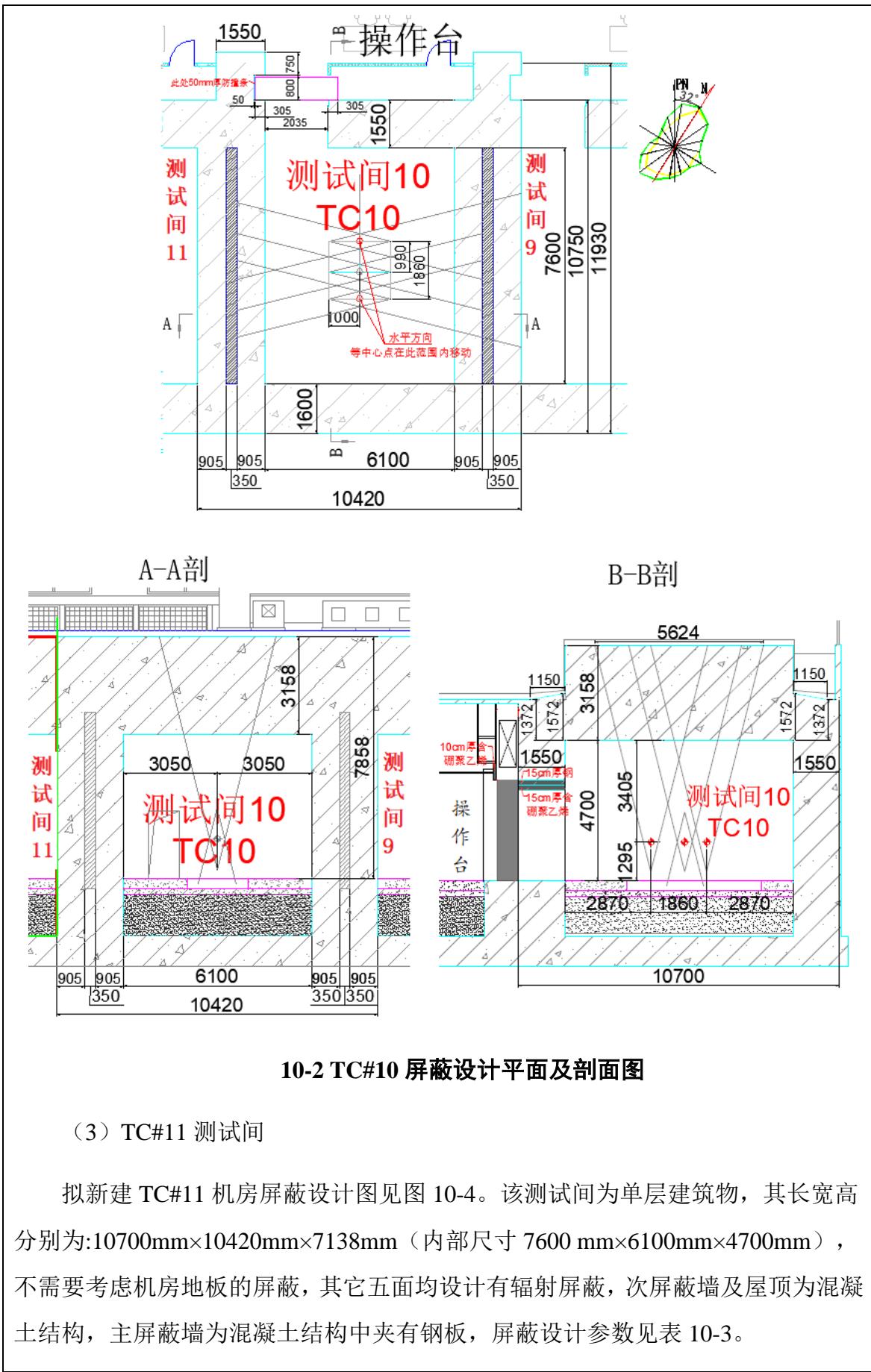
10-2 TC#9 屏蔽设计平面及剖面图

### (2) TC#10 测试间

拟新建 TC#10 机房屏蔽设计图见图 10-3。该测试间为单层建筑物，其长宽高分别为:10700mm×10420mm×7138mm（内部尺寸 7600 mm×6100mm×4700mm），不需要考虑机房地板的屏蔽，其它五面均设计有辐射屏蔽，次屏蔽墙及屋顶为混凝土结构，主屏蔽墙为混凝土结构中夹有钢板，屏蔽设计参数见表 10-2。

表 10-2 TC#10 机房屏蔽设计基本情况

位置	屏蔽材料		
	材料	密度, g/cm <sup>3</sup>	厚度 , mm
西北次屏蔽墙（预留控制台位置）	混凝土	2.35	1550
西北（设备门和人员门的门口）	钢	7.8	25
	铅	11.36	200
	含硼（5%）聚乙烯	0.94	410
	铅	11.36	60
	钢	7.8	25
东南次屏蔽墙	混凝土	2.35	1600
西南主屏蔽墙 （主屏蔽宽度 4.95m）	混凝土	2.35	905
	钢（长: 7.6m , 高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
东北主屏蔽墙 （主屏蔽宽度 4.95m）	混凝土	2.35	905
	钢（长: 7.6m , 高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
楼顶主屏蔽墙 （主屏蔽宽度 5.624m）	混凝土	2.35	3158
楼顶次屏蔽墙（近控制台）	混凝土	2.35	斜坡设计, 屏蔽厚度不低于 1372
楼顶次屏蔽墙	混凝土	2.35	斜坡设计, 屏蔽厚度不低于 1372



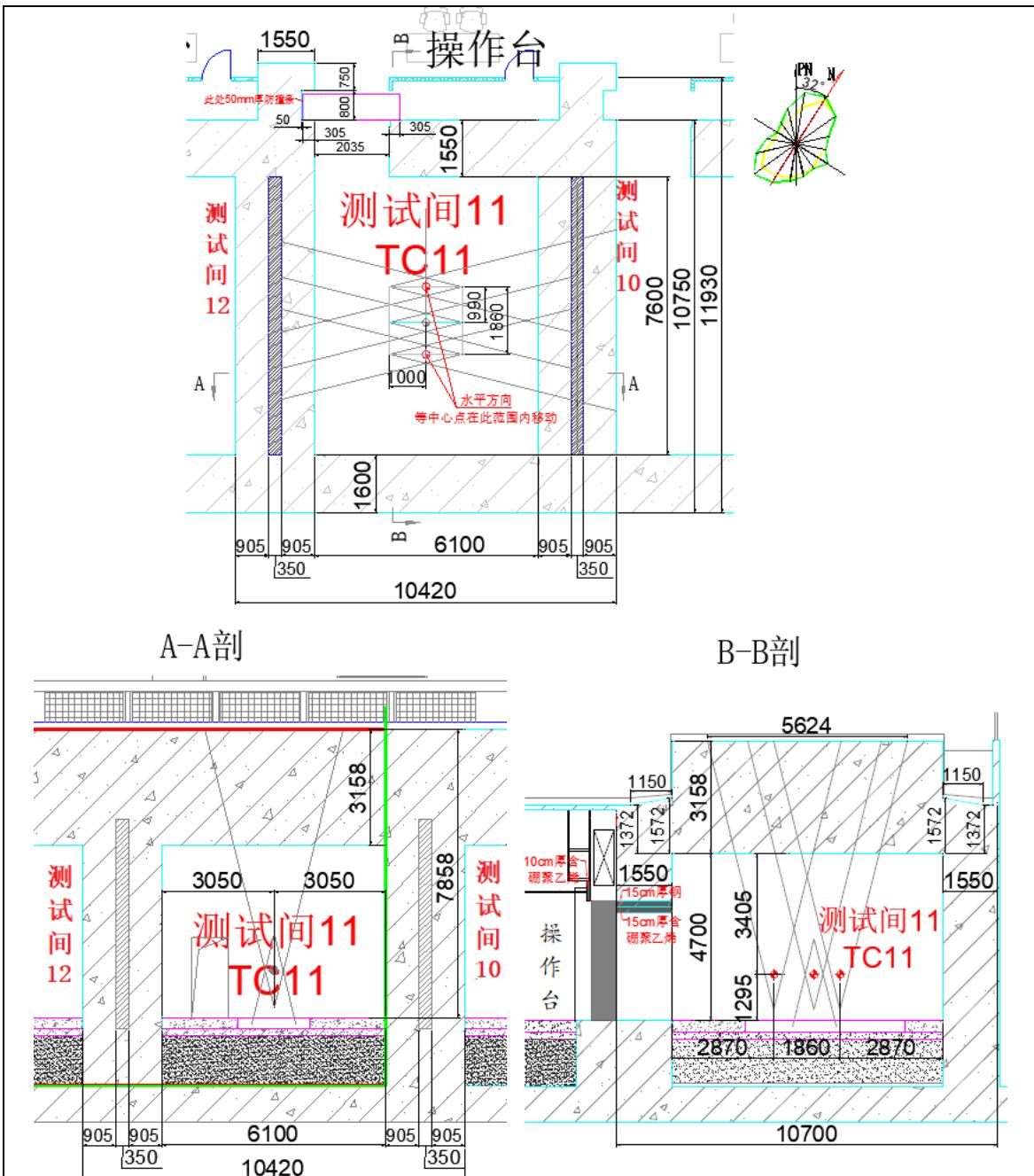
10-2 TC#10 屏蔽设计平面及剖面图

### (3) TC#11 测试间

拟新建 TC#11 机房屏蔽设计图见图 10-4。该测试间为单层建筑物，其长宽高分别为:10700mm×10420mm×7138mm（内部尺寸 7600 mm×6100mm×4700mm），不需要考虑机房地板的屏蔽，其它五面均设计有辐射屏蔽，次屏蔽墙及屋顶为混凝土结构，主屏蔽墙为混凝土结构中夹有钢板，屏蔽设计参数见表 10-3。

**表 10-3 TC#11 机房屏蔽设计基本情况**

位置	屏蔽材料		
	材料	密度, g/cm <sup>3</sup>	厚度 , mm
西北次屏蔽墙（预留控制台位置）	混凝土	2.35	1550
西北（设备门和人员门的门口）	钢	7.8	25
	铅	11.36	200
	含硼（5%）聚乙烯	0.94	410
	铅	11.36	60
	钢	7.8	25
东南次屏蔽墙	混凝土	2.35	1600
西南主屏蔽墙 (主屏蔽宽度 4.95m)	混凝土	2.35	905
	钢（长: 7.6m , 高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
东北主屏蔽墙 (主屏蔽宽度 4.95m)	混凝土	2.35	905
	钢（长: 7.6m , 高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
楼顶主屏蔽墙 (主屏蔽宽度 5.624m)	混凝土	2.35	3158
楼顶次屏蔽墙（近控制台）	混凝土	2.35	斜坡设计, 屏蔽厚度不低于 1372
楼顶次屏蔽墙	混凝土	2.35	斜坡设计, 屏蔽厚度不低于 1372



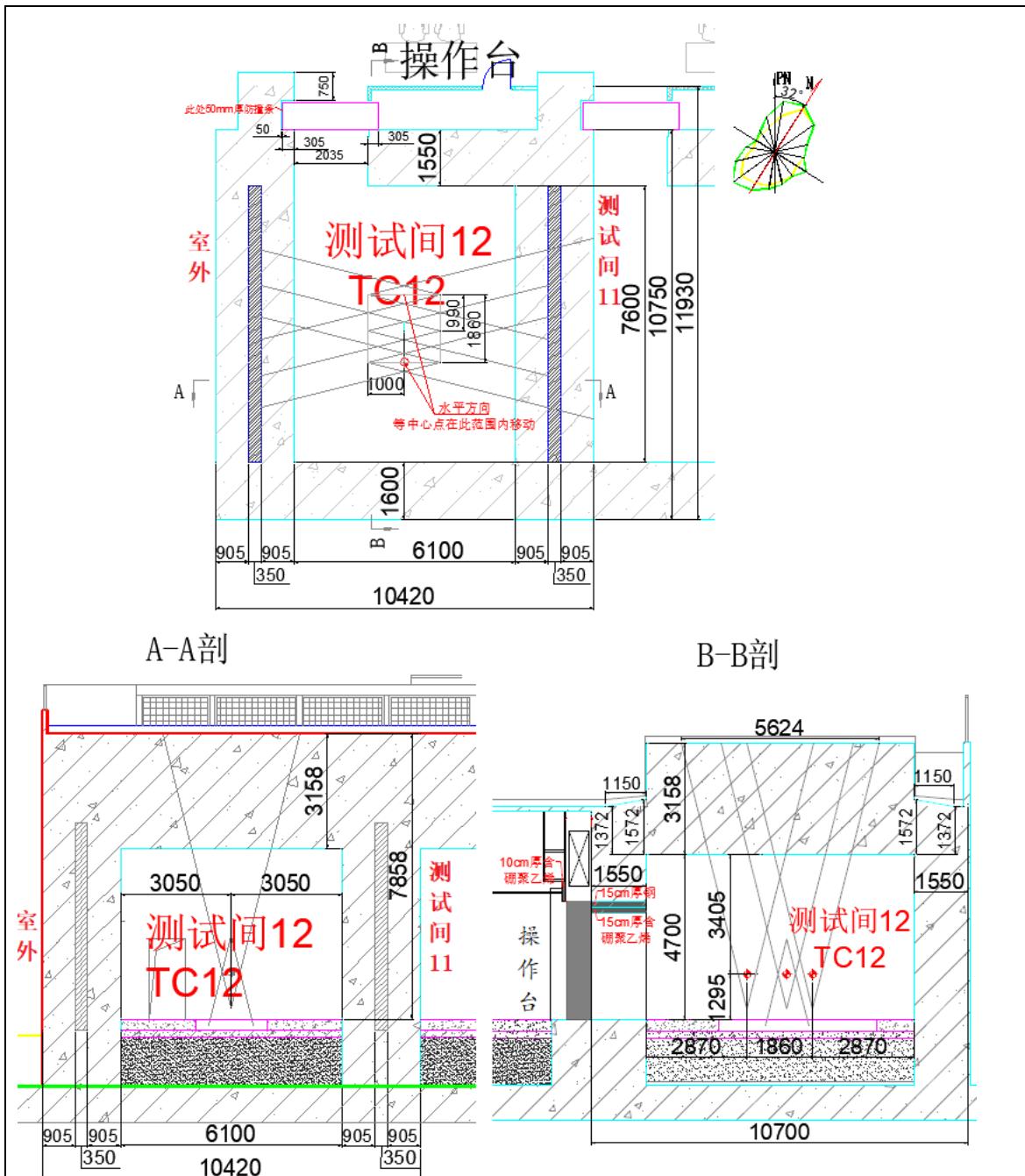
10-4 TC#11 屏蔽设计平面及剖面图

#### (4) TC#12 测试间

拟新建 TC#12 机房屏蔽设计图见图 10-5。该测试间为单层建筑物，其长宽高分别为:10700mm×10420mm×7138mm（内部尺寸 7600 mm×6100mm×4700mm），不需要考虑机房地板的屏蔽，其它五面均设计有辐射屏蔽，次屏蔽墙及屋顶为混凝土结构，主屏蔽墙为混凝土结构中夹有钢板，屏蔽设计参数见表 10-4。

**表 10-4 TC#12 机房屏蔽设计基本情况**

位置	屏蔽材料		
	材料	密度, g/cm <sup>3</sup>	厚度 , mm
西北次屏蔽墙（预留控制台位置）	混凝土	2.35	1550
西北（设备门和人员门的门口）	钢	7.8	25
	铅	11.36	200
	含硼（5%）聚乙烯	0.94	410
	铅	11.36	60
	钢	7.8	25
东南次屏蔽墙	混凝土	2.35	1600
西南主屏蔽墙 （主屏蔽宽度 4.95m）	混凝土	2.35	905
	钢（长: 7.6m , 高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
东北主屏蔽墙 （主屏蔽宽度 4.95m）	混凝土	2.35	905
	钢（长: 7.6m , 高 5.7m）	7.8	350
	混凝土	2.35	905
楼顶主屏蔽墙 （主屏蔽宽度 5.624m）	混凝土	2.35	3158
楼顶次屏蔽墙（近控制台）	混凝土	2.35	斜坡设计, 屏蔽厚度不低于 1372
楼顶次屏蔽墙	混凝土	2.35	斜坡设计, 屏蔽厚度不低于 1372



10-5 TC#12 屏蔽设计平面及剖面图

### 10.3 辐射工作场所分区

机房为控制区，机房外操作区的整个范围划定为监督区（如附图 9 所示）。

### 10.4 安全联锁

加速器出束的安全控制程序与条件如图 10-6 所示。

机房的联锁描述如下：

- a. 只有在“禁止/启动”钥匙处于“禁止”位置才能开门；
- b. 只有在机房内按 LMO 确认室内无人和预先警告将运行出束后才能关门出束；
- c. 只有在运行出束预告 60 秒内关机房门且关门到位才能出束(超过 60 秒后，原运行出束预告无效，需重新启动预告才能按程序出束)；
- d. 在出束过程中，意外开机房门（非正常情况），自动中断加速器束；
- e. 在机房外侧的门控开关，设有“开”、“关”、“停”和“半开”四个按键；
- f. 在机房门内设有紧急开门键（附图 10），在任何状态下均可由此键开门。

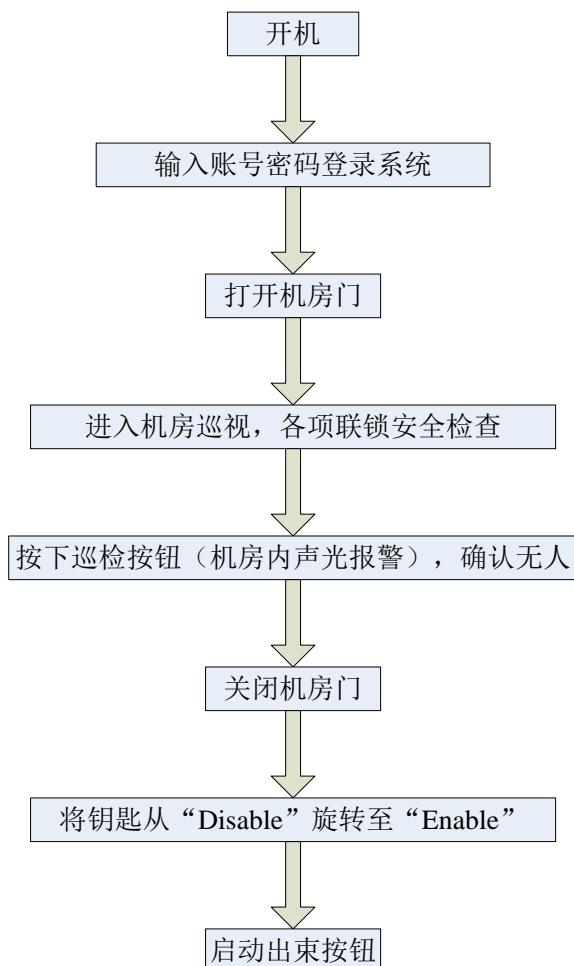


图 10-6 加速器出束的安全控制程序与条件

## **10.5 急停按钮**

在机房外操作台上设置 1 个紧急停止按钮，在机房内环绕三面墙壁设置拉线急停开关，按动任何一个急停按钮则停止出束，防止被误照。紧急停束按钮按下后，需人工复位方可解除。急停按钮和拉线急停开关具体位置见附图 10。

## **10.6 通风系统**

机房设置有通风换气系统：测试设备出束时，测试间换气次数为每小时 12 次；停止出束时，控制系统延迟 3 分钟后，测试间开始换气，换气次数为每小时 4-6 次，并保证测试间内微负压。

## **10.7 其他安全和防护措施**

- (1) 控制台具有出束状态警示灯和出束声响提示，警示灯位置见附图 10。
- (2) 电离辐射与中文警示说明：在测试机房出入口处设置电离辐射警告标志和中文警示说明。
- (3) 人员在机房测试间内按下巡检按钮（LMO），机房内给出 60 秒灯光和声响警示。
- (4) 机房入口旁设置设备工作状态指示灯（Beam On/Beam Off/Beam Ready/Generator On/ X-Ray On）。
- (5) 防护门为电动门，开门为点动形式，关门时需要持续的按住按钮，以确保在关门过程中没有人员进入；同时具备防夹人功能，一旦关门过程中有额外的阻力，电机将自动停止运行。如果关门后停电，可通过手动方式打开防护门。
- (6) 机房内安装闭路对讲监视系统，显示器安装于操作区，在操作区可以全方位观察机房内有无人员停留或者其他异常的情况,监控探头位置见附图 10。
- (7) 机房内设置清场按钮， TC#9、 TC#10、 TC#11、 TC#12 机房各设 1 个，具体位置见附图 10。

(8) 机房内设置有紧急开门按键（附图 10 中的“门控制-内侧”按钮），安装有固定式 $\gamma$ 辐射剂量率仪（附图 10 中机房内的“剂量监测”）。

(9) 机房内设有火灾自动报警装置和紧急照明装置。机房设有 4 盏 36WLED 蓄电池逆变照明，另外，门口设有 5 公斤手持式二氧化气体碳灭火器 2 具。

(10) 对设有放射性固体废物的铅罐和废物桶设置防盗锁装置（铅罐为所有机房共享有一个，废物桶与已有机房共享一个，均设置在 TC5 测试间，本项目均不重新配置），防止有人私自移动放射性固体废物。

(11) 在机房内设有加速器位置固定点，在加速器进入机房后，检查加速器位置，确保其位于固定位置内。

(12) 机房顶设为禁入区，严格控制人员进入。房顶的通道门与任何一间测试间独立设置了门机连锁装置，在意外开启进入屋顶的门时，门机连锁装置切断所有机房加速器电源，保证人员安全。

(13) 机房内供电电缆、通讯电缆等通过地下预埋的 U 形弯曲镀锌钢管穿过屏蔽墙体，其大样图见 10-7。机房内设备控制电缆通过预埋的 U 形钢制线槽穿过屏蔽墙体，其大样图见 10-8。

(14) 监督区的走廊西南侧通道门（如附图 9 标注）为应急逃生门，只能从内部打开。

(15) 对调试区域采取的辐射安全措施：①管理程序上要求非射线工作人员非陪同勿入；②辐射工作区门口张贴有电离辐射警告标识；③新员工培训中明确辐射区位置，要求非辐射工作人员勿入；④测试用电脑需要账号密码才可以登录操作系统；⑤无人测试时锁闭测试间屏蔽门。

(16) 瓦里安已取得销售 II 类射线装置的许可，本项目销售流程中可借鉴已制定的辐射安全措施，主要有：①审查用户是否具有相应辐射安全许可证，通过后方能签订销售合同；②审查用户是否取得相应环评批复文件，通过后方能发货并将射线装置运抵用户单位进行安装；③公司辐射安全小组对销售全过程进行监督和管理。

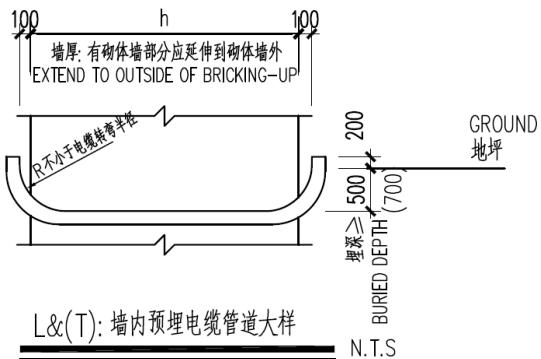


图 10-7 供电、通讯电缆预埋管线示意图

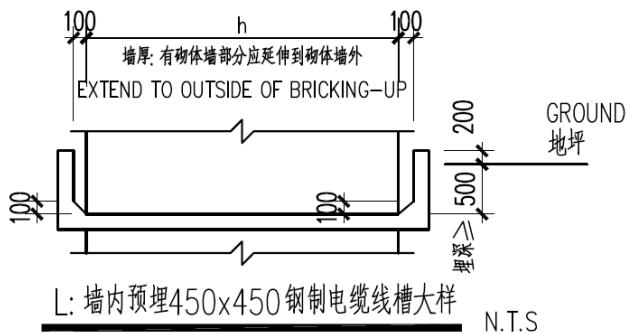


图 10-8 设备控制电缆预埋管线示意图

## 10.8 三废的治理

### 10.8.1 冷却水废液

冷却水和体膜被活化而形成的放射性核素主要是<sup>15</sup>O，半衰期是2.1分钟，只需放置较短（十个半衰期以上，例如三十分钟）的时间其活度就可衰减到可忽略的水平。

### 10.8.2 臭氧和氮氧化物

辐射产生的有害气体主要是臭氧。加速器机房设有通风系统：出束时，测试间换气次数为每小时12次；停止出束时，控制系统延迟3分钟后，测试间开始换气，换气次数为每小时4-6次。

#### （1）臭氧

依据王时进等人发表的“辐射所致臭氧的估算与分析”（中华放射医学与防护

杂志, 1994 年 4 月第 14 卷第 2 期) 给出的公式, 估算加速器 X 射线所致臭氧的产额和浓度。

### ① $O_3$ 产额

采用下式计算有用射线束所致  $O_3$  产额的公式:

$$Q_0 = 2.43D_0 \times (1 - \cos\theta)RG$$

式中:  $Q_0$ — $O_3$  的产额;

$D_0$ —有用线束在距 1m 处的输出量, 25Gy /min;

$R$ —为射线束中心点到屏蔽物(墙)的距离, m;

$G$ —为空气吸收 100eV 辐射能量产生的  $O_3$  分子数, 估算时取值为 10;

$\theta$ —为有用束的半张角,  $+14^\circ$ 、 $-14^\circ$ 。

### ② 臭氧浓度

测试间内产生臭氧一部分由通风系统排到室外, 另一部分自然分解。按照射时间很长( $t > T$ )考虑, 空气中臭氧的平均浓度可用下式计算:

$$Q = \frac{Q_0 \times T}{V}$$

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d}$$

$T$ —有效清除时间, h;

$t_v$ —表示换气一次所需时间, 0.083h;

$t_d$ —表示臭氧的有效分解时间(取 0.83h);

$V$ —室内体积, TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 的体积均为: 232m<sup>3</sup>。

依据以上公式计算测试间加速器机房内有害气体浓度, 参数及计算结果见表 10-5。

表10-5 测试间加速器机房内有害气体浓度的计算参数及结果

名称	Q mg/m <sup>3</sup>	$Q_0$ mg/h	td h	$t_v$ h	T h	V m <sup>3</sup>	$D_0$ Gy/min	R m	G
参数	$1.8 \times 10^{-2}$	56	0.83	0.083	0.19	232	25	3.05	10

当加速器正常运行时, TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 机房内臭氧的浓度为  $1.8 \times 10^{-2}$  mg/m<sup>3</sup>。在多种氮氧化物( $NO_x$ )中, 以  $NO_2$  为主, 其产额约为  $O_3$  的一半。因此, 测试间内空气中臭氧及氮氧化物的浓度远远低于《工作场所有害因素职业接

触限值-化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 标准中规定的即臭氧的最高允许浓度  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$  和氮氧化物的短时间接触允许浓度  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

在不考虑扩散的情况下，其值远小于《环境空气质量标准---GB3095-2012》中规定的二级标准。

测试间内产生的臭氧及氮氧化物直接排放到环境空气中。

### **10.8.3 放射性固体废物**

加速器在运行期间会产生少量的放射性固体废物，主要是加速器废靶。加速器靶的正常使用寿命较长，通常为 7-10 年，如果使用不合理，会出现打穿现象，打穿后的废靶放在专用的容器中，容器需固定或链接在机房内，必要时需要上锁，钥匙由专人管理。放置衰减一定时间后，向生态环境部门申请清洁解控，待生态环境部门批准解控后，再进行处理。如果解控未被批准或者衰减未能达到解控水平，需继续衰减或送城市放射性废物库。

**表 11 环境影响分析**

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设过程中，施工活动对环境的影响主要是噪声、粉尘和振动等，将采取降噪、防尘措施，如设置隔离带、设置声障，可降低对周围环境的影响；另外，合理安排施工时间，尽量将产生振动较大的工程安排在下班或节假日进行。设备安装在室内进行，对公众和周围环境的影响极小。

### 11.2 正常运行的环境影响

#### 11.2.1 源项

本项目四个拟建测试间使用的直线加速器型号相同，根据厂家提供的加速器的性能参数，加速器 X 射线最大能量为 20MV (>10MV 时，等中心输出剂量率为 360Gy/h；≤10MV 时，等中心输出剂量率为 1440Gy/h)，最大照射视野：40cm × 40cm，有用束张角：28°。厂家建议辐射屏蔽计算时采用的源项数据为：X 射线最大能量为 20MV，等中心输出剂量率为 1500Gy/h。加速器在开机过程中，主要受到 X 射线、中子以及感生放射性的辐射影响，其次还伴随着少量的臭氧和氮氧化物。

测试期间，加速器主束方向分别朝 0°、90°、180°、270° 方向出束，其出束时间：朝 180°（朝下）方向占总出束时间的 90%，0°、90°、270° 方向共占总出束时间的 10%，每间测试间的年出束时间预计见表 11-1。在测试期间，工作人员主要在操作台进行操作，测试间屋顶无人活动，公众可能在测试间周围停留。

**表 11-1 每间测试间预计的年调试出束时间表**

出束方向	出束比率%	年出束时间合计, h
180°（朝下）	90	972
0°		
90°	10	108
270°		
合计	100	1080

#### (1) TC#9 测试间

TC#9 测试间每年生产测试加速器最多 60 台，每台机器最大出束时间为 18h，每年最大出束时间为 1080h。

#### (2) TC#10 测试间

TC#10 测试间每年生产测试加速器最多 60 台，每台机器最大出束时间为 18h，每年最大出束时间为 1080h。

#### (3) TC#11 测试间

TC#11 测试间每年生产测试加速器最多 60 台，每台机器最大出束时间为 18h，每年最大出束时间为 1080h。

#### (4) TC#12 测试间

TC#12 测试间每年生产测试加速器最多 60 台，每台机器最大出束时间为 18h，每年最大出束时间为 1080h。

下面主要针对拟建项目的辐射防护措施进行剂量率估算，工作人员和公众年受照剂量进行估算。

### 11.2.2 剂量率估算

本报告剂量率估算依据 NCRP REPORT No.151 《Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities》进行，可用于低能 ( $\leq 10\text{MV}$ ) 及高能 ( $> 10\text{MV}$ ) 医用电子直线加速器的屏蔽计算。

#### 1、屏蔽计算模式

##### (1) X 射线屏蔽

对于 X 射线屏蔽计算，其计算如下：

① 主屏蔽墙 (Primary barriers)

利用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算：

$$H_{pri} = \frac{B_{pri} W}{d_{pri}^2}$$

$$B_{pri} = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e}\right]\right\}}$$

式中：

$H_{pri}$ —距离靶点  $d_{pri}$  米处，屏蔽条件下的剂量当量率,Gy/h;

$B_{pri}$ —主屏蔽墙的厚度对应的透射因子；

$d_{pri}$ —X 射线靶到计算点的距离（m）；

$t_{barrier}$ —屏蔽墙混凝土的厚度， cm;

$TVL_1$ —第一个十分之一值层厚度， cm;

$TVL_e$ —平衡时的十分之一值层厚度， cm;

$W$ —工作负荷， Gy/h。

## ②次屏蔽墙（Secondary barriers）

初级辐射束不直接到达该屏蔽墙，屏蔽计算只考虑加速器装置头的泄漏辐射和体膜散射。

### a、泄漏辐射

泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的 0.1% 计，可利用下列公式对泄漏辐射进行屏蔽计算：

$$H_L = \frac{B_L W}{1000 d_L^2}$$

$$B_L = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e}\right]\right\}}$$

式中：

$H_L$ —距离靶点  $d_L$  米处，屏蔽条件下泄漏辐射的剂量当量率， Gy/h;

$d_L$ —X射线靶点距计算点的距离, m;

$B_L$ —一次屏蔽墙的厚度对应的透射因子;

$TVL_1$ —第一个十分之一值层厚度, cm;

$TVL_e$ —平衡时的十分之一值层厚度, cm。

### b、体膜的散射辐射

$$H_p = \frac{B_{ps} \alpha W \frac{F}{400}}{d_{sca}^2 d_{sec}^2}$$

$$B_{ps} = 10^{-\frac{t_{barrier}}{TVL_{sca}}}$$

式中:

$H_{ps}$ —关注点的散射剂量率, Gy/h。

$B_{ps}$ —屏蔽墙的厚度对应的透射因子;

$d_{sca}$ —源至患者的距离, 取 1m;

$d_{sec}$ —计算点至散射点的距离, m;

$\alpha$ —体膜对初级辐射束的散射比, 由入射的 X 射线能量及散射的角度决定;

F—患者处最大照射野面积, 取  $40 \times 40 \text{cm}^2$ ;

$TVL_{sca}$ —十分之一层厚度, cm。

### (2) 中子屏蔽计算

$$H = \frac{f \times W \times 10^{-\frac{t_{barrier}}{TVL}}}{d^2}$$

H—关注点的中子剂量当量率;

f—光中子比率,

TVL—十分之一值层厚度, cm。

## 2、关注点及屏蔽计算参数

参考 NCRP151 号出版物和 GBZ/T201.2-2011，屏蔽计算所需的参数见表 11-2。四间测试间屏蔽机房周围计算的关注点见附图 11。

表 11-2 贯穿辐射计算使用的参数

X 射线能量 20MV	有用束	混凝土	TVL1	0.46m	NCRP151
			TVLe	0.44m	NCRP151
	钢	TVL1	0.11m	0.11m	NCRP151
		TVLe	0.11m	0.11m	NCRP151
	铅	TVL1	0.057m	0.057m	NCRP151
		TVLe	0.057m	0.057m	NCRP151
	泄漏辐射	混凝土	TVL1	0.36m	NCRP151
			TVLe	0.34m	NCRP151
	钢	TVL1	0.088m	0.088m	IAEA47
		TVLe	0.088m	0.088m	IAEA47
	铅	TVL1	0.049m	0.049m	IAEA47
		TVLe	0.049m	0.049m	IAEA47
泄漏辐射比率			0.001Sv/Gy	0.001Sv/Gy	NCRP151
大于 10MV 的 X 射线感应产生中子	主束中子平均能量		<1MeV	GBZ/T201.2-2011	
	主束污染中子比率		0.004Sv/Gy	GBZ/T201.2-2011	
	泄漏中子平均能量		<0.24MeV	GBZ/T201.2-2011	
	泄漏污染中子比率		0.001Sv/Gy	GBZ/T201.2-2011	
	混凝土TVL		21cm	GBZ/T201.2-2011	
	聚乙烯TVL		4.5cm	GBZ/T201.2-2011	

### (1) TC#9 测试间

根据表 10-1 中辐射防护措施中的屏蔽参数及表 11-2 中的辐射屏蔽材料的计算参数，参考 NCRP151 号报告中不同关注点应考虑的辐射，按照最大工况：等中心输出剂量率为 1500Gy/h，取最大能量 20MV 来估算来计算主屏蔽墙、次屏蔽墙、屋顶及防护门中剂量率最大值，计算结果见表 11-3—11-6。

表 11-3 主束时，所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#9)

区域 (位置说	屏蔽材料及	距离	透射因子	剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$
---------	-------	----	------	------------------------------

明)	厚度 (m)	(m)	X 射线	中子	X 射线	中子	合计
M (东北面屏蔽墙外相邻车间)	混凝土(1.81) 钢 (0.35)	8.71	5.6E-08	2.4E-09	1.1	3.2E-04	1.1
9-4 (东北面墙外)	混凝土(1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
9-5 (TC#10 测试间)	混凝土(1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
9-9 (屋顶)	混凝土 (3.158)	7.863	7.4E-08	9.2E-16	1.8	1.6E-10	1.8

表 11-4 非主束时, X 射线泄漏辐射和中子所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#9)

区域(位置说明)	屏蔽材料及厚度 (m)	距离 (m)	透射因子		剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	
			X 射线	中子	X 射线泄漏辐射	中子
M (东北面屏蔽墙外相邻车间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	6.71	3.6E-09	2.4E-09	1.2E-04	8E-05
9-4 (东北面墙外)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
9-5 (TC#10 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
9-9 (屋顶)	混凝土 (3.158)	5.863	5.9E-10	9.2E-16	2.6E-05	4E-11
9-1 (草坪)	混凝土 (1.6)	4.77	2.3E-05	2.4E-08	1.5	1.6E-03
9-2 (操作台)	混凝土 (1.55)	5.9	3.2E-05	4.2E-08	1.4	1.8E-03
9-3 (门外)	铅 (0.26) 钢 (0.05) 含硼聚乙烯 (0.41)	5.46	1.3E-06	7.7E-10	6.7E-02	3.9E-05
9-6 (草坪)	混凝土 (1.95)	5.46	2.1E-06	5.2E-10	1.1E-01	2.6E-05
9-7 (西北侧)	混凝土 (1.22) 铅 (0.2)	7.23	2.4E-08	1.6E-06	7.0E-04	4.4E-02
9-8 (楼顶)	混凝土 (3.158)	6.9	5.9E-10	9.2E-16	1.9E-05	2.9E-11
9-10 (楼顶)	混凝土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
9-11 (楼顶)	混凝土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
9-12 (楼顶)	混凝土 (0.263) 钢 (0.275) 含硼聚乙烯 (0.37)	10.5	1.4E-04	3.4E-10	2.0	4.6E-06

表 11-5 非主束时, 体膜散射所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#9)

区域（位置说明）	屏蔽材料及厚度（m）	$d_{sec}$ (m)	散射角度（度）	$\alpha$	TVLsec (m)	透射因子	剂量率，( $\mu$ Gy/h)
M（东北面屏蔽墙外相邻车间）	混泥土（1.81）钢（0.35）	5.71	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	7.5E-06
9-4（东北面墙外）	混泥土（1.81）钢（0.35）	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
9-5 (TC#10 测试间)	混泥土（1.81）钢（0.35）	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
9-9（屋顶）	混泥土（3.158）	6.863	90	1.89E-04	0.19	2.4E-17	7.9E-13
9-1（草坪）	混泥土（1.6）	4.77	90	1.89E-04	0.19	3.8E-09	1.9E-04
9-2（操作台）	混泥土（1.55）	5.9	90	1.89E-04	0.19	7.0E-09	2.3E-04
9-3（门外）	铅（0.26）钢（0.05）	5.46	60	4.24E-04	0.049 0.088	5.6E-07	4.8E-02
9-6（草坪）	混泥土（1.95）	5.46	45	8.64E-04	0.27	9.2E-08	1.6E-02
9-7（西北侧）	混泥土（1.22）铅（0.2）	7.23	45	8.64E-04	0.27 0.049	2.5E-08	2.5E-03
9-8（楼顶）	混泥土（3.158）	6.9	30	2.74E-03	0.33	8.1E-10	2.8E-04
9-10（楼顶）	混泥土（1.6）	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
9-11（楼顶）	混泥土（1.6）	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
9-12（楼顶）	混泥土（1.28）钢（0.3）	10	55	8.64E-04	0.27 0.088	7.1E-09	3.7E-04

表 11-6 非主束时，所致机房次屏蔽外各关注点剂量率估算结果 (TC#9)

区域（位置说明）	X射线		中子剂量率， $\mu$ Gy/h	合计，( $\mu$ Gy/h)
	泄漏辐射剂量率， $\mu$ Gy/h	散射辐射剂量率， $\mu$ Gy/h		
M（东北面屏蔽墙外相邻车间）	1.2E-04	7.5E-06	8E-05	2.1E-04
9-4（东北面墙外）	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
9-5 (TC#10 测试间)	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
9-9（屋顶）	2.6E-05	7.9E-13	4E-11	2.6E-05
9-1（草坪）	1.5	1.9E-04	1.6E-03	1.5
9-2（操作台）	1.4	2.3E-04	1.8E-03	1.4
9-3（门外）	6.7E-02	4.8E-02	3.9E-05	1.2E-01
9-6（草坪）	1.1E-01	1.6E-02	2.6E-05	1.3E-01
9-7（西北侧）	7.0E-04	2.5E-03	4.4E-02	4.7E-02
9-8（楼顶）	1.9E-05	2.8E-04	2.9E-11	3.0E-04
9-10（楼顶）	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
9-11（楼顶）	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
9-12（楼顶）	2.0	3.7E-04	4.6E-06	2.0

从表 11-3 和 11-6 计算结果可知，测试间机房四周墙外、楼顶和人员门外 30cm 处的剂量率最大值为  $2.0 \mu\text{Gy/h}$ ，均小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的控制水平。

## (2) TC#10 测试间

根据表 10-2 中辐射防护措施中的屏蔽参数及表 11-2 中的辐射屏蔽材料的计算参数，参考 NCRP151 号报告中不同关注点应考虑的辐射，按照最大工况：等中心输出剂量率为 1500Gy/h，取最大能量 20MV 来估算来计算主屏蔽墙、次屏蔽墙、屋顶及防护门中剂量率最大值，计算结果见表 11-7—11-10。

表 11-7 主束时所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#10)

区域 (位置说明)	屏蔽材料及厚度 (m)	距离 (m)	透射因子		剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$		
			X 射线	中子	X 射线	中子	合计
10-4 (TC#9 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
10-5 (TC#11 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
10-9 (屋顶)	混凝土 (3.158)	7.863	7.4E-08	9.2E-16	1.8	1.6E-10	1.8

表 11-8 非主束时 X 射线泄漏辐射和中子  
所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#10)

区域 (位置说明)	屏蔽材料及厚度 (m)	距离 (m)	透射因子		剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	
			X 射线	中子	X 射线泄漏辐射	中子
10-4(TC#9 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
10-5 (TC#11 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
10-9 (屋顶)	混凝土 (3.158)	5.863	5.9E-10	9.2E-16	2.6E-05	4E-11
10-1 (草坪)	混凝土 (1.6)	4.77	2.3E-05	2.4E-08	1.5	1.6E-03
10-2 (操作台)	混凝土 (1.55)	5.9	3.2E-05	4.2E-08	1.4	1.8E-03
10-3 (门外)	铅 (0.26) 钢 (0.05) 含硼聚乙烯 (0.41)	5.46	1.3E-06	7.7E-10	6.7E-02	3.9E-05
10-6 (草坪)	混凝土 (1.95)	5.46	2.1E-06	5.2E-10	1.1E-01	2.6E-05
10-7 (西北侧)	混凝土 (1.22) 铅 (0.2)	7.23	2.4E-08	1.6E-06	7.0E-04	4.4E-02
10-8 (楼顶)	混凝土 (3.158)	6.9	5.9E-10	9.2E-16	1.9E-05	2.9E-11
10-10 (楼顶)	混凝土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
10-11 (楼顶)	混凝土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
10-12 (楼顶)	混凝土 (0.263) 钢 (0.275) 含硼聚乙烯 (0.37)	10.5	1.4E-04	3.4E-10	2.0	4.6E-06
9-6 (草坪)	混凝土 (1.95)	5.46	2.1E-06	5.2E-10	1.1E-01	2.6E-05
9-7 (东北侧)	混凝土 (2.8)	7.23	6.7E-09	4.6E-14	1.9E-04	1.3E-09
9-8 (楼顶)	混凝土 (3.158)	6.9	5.9E-10	9.2E-16	1.9E-05	2.9E-11

表 11-9 非主束时体膜散射所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#10)

区域（位置说明）	屏蔽材料及厚度（m）	$d_{sec}$ (m)	散射角度（度）	$\alpha$	TVLsec (m)	透射因子	剂量率，( $\mu$ Gy/h)
10-4 (TC#9 测试间)	混凝土(1.81) 钢(0.35)	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
10-5 (TC#11 测试间)	混凝土(1.81) 钢(0.35)	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
10-9 (屋顶)	混凝土 (3.158)	6.863	90	1.89E-04	0.19	2.4E-17	7.9E-13
10-1 (草坪)	混凝土(1.6)	4.77	90	1.89E-04	0.19	3.8E-09	1.9E-04
10-2 (操作台)	混凝土(1.55)	5.9	90	1.89E-04	0.19	7.0E-09	2.3E-04
10-3 (门外)	铅(0.26) 钢(0.05)	5.46	60	4.24E-04	0.049 0.088	5.6E-07	4.8E-02
10-6 (草坪)	混凝土(1.95)	5.46	45	8.64E-04	0.27	9.2E-08	1.6E-02
10-7 (西北侧)	混凝土(1.22) 铅(0.2)	7.23	45	8.64E-04	0.27 0.049	2.5E-08	2.5E-03
10-8 (楼顶)	混凝土 (3.158)	6.9	30	2.74E-03	0.33	8.1E-10	2.8E-04
10-10 (楼顶)	混凝土(1.6)	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
10-11 (楼顶)	混凝土(1.6)	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
10-12 (楼顶)	混凝土(1.28) 钢(0.3)	10	55	8.64E-04	0.27 0.088	7.1E-09	3.7E-04
9-6 (草坪)	混凝土(1.95)	5.46	45	8.64E-04	0.27	9.2E-08	1.6E-02
9-7 (东北侧)	混凝土(2.8)	7.23	45	8.64E-04	0.27	4.3E-11	4.2E-06
9-8 (楼顶)	混凝土 (3.158)	6.9	30	2.74E-03	0.33	8.1E-10	2.8E-04

表 11-10 非主束时所致机房次屏蔽外各关注点剂量率估算结果 (TC#10)

区域（位置说明）	X射线		中子剂量率， $\mu$ Gy/h	合计，( $\mu$ Gy/h)
	泄漏辐射剂量率， $\mu$ Gy/h	散射辐射剂量率， $\mu$ Gy/h		
10-4(TC#9 测试间)	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
10-5 (TC#11 测试间)	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
10-9 (屋顶)	2.6E-05	7.9E-13	4E-11	2.6E-05
10-1 (草坪)	1.5	1.9E-04	1.6E-03	1.5
10-2 (操作台)	1.4	2.3E-04	1.8E-03	1.4
10-3 (门外)	6.7E-02	4.8E-02	3.9E-05	1.2E-01
10-6 (草坪)	1.1E-01	1.6E-02	2.6E-05	1.3E-01
10-7 (西北侧)	7.0E-04	2.5E-03	4.4E-02	4.7E-02
10-8 (楼顶)	1.9E-05	2.8E-04	2.9E-11	3.0E-04
10-10 (楼顶)	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
10-11 (楼顶)	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
10-12 (楼顶)	2.0	3.7E-04	4.6E-06	2.0
9-6 (草坪)	1.1E-01	1.6E-02	2.6E-05	1.3E-01
9-7 (东北侧)	1.9E-04	4.2E-06	1.3E-09	2E-04
9-8 (楼顶)	1.9E-05	2.8E-04	2.9E-11	3E-04

从表 11-7 和 11-10 计算结果可知，测试间机房四周墙外、楼顶和人员门外 30cm 处的剂量率最大值为 2.0  $\mu$  Gy/h，均小于 2.5  $\mu$  Sv/h 的控制水平。

(3) TC#11 测试间

根据表 10-3 中辐射防护措施中的屏蔽参数及表 11-2 中的辐射屏蔽材料的计算参数，参考 NCRP151 号报告中不同关注点应考虑的辐射，按照最大工况：等中心输出剂量率为 1500Gy/h，最大能量 20MV 来估算来计算主屏蔽墙、次屏蔽墙、屋顶及防护门中剂量率最大值，计算结果见表 11-11—11-14。

表 11-11 主束时所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#11)

区域(位置说明)	屏蔽材料及厚度 (m)	距离 (m)	透射因子		剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$		
			X 射线	中子	X 射线	中子	合计
11-4 (TC#10 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
11-5 (TC#12 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
11-9 (屋顶)	混凝土 (3.158)	7.863	7.4E-08	9.2E-16	1.8	1.6E-10	1.8

表 11-12 非主束时 X 射线泄漏辐射和中子  
所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#11)

区域(位置说明)	屏蔽材料及厚度 (m)	距离 (m)	透射因子		剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	
			X 射线	中子	X 射线泄漏辐射	中子
11-4 (TC#10 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
11-5 (TC#12 测试间)	混凝土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
11-9 (屋顶)	混凝土 (3.158)	5.863	5.9E-10	9.2E-16	2.6E-05	4E-11
11-1 (草坪)	混凝土 (1.6)	4.77	2.3E-05	2.4E-08	1.5	1.6E-03
11-2 (操作台)	混凝土 (1.55)	5.9	3.2E-05	4.2E-08	1.4	1.8E-03
11-3 (门外)	铅 (0.26) 钢 (0.05) 含硼聚乙烯 (0.41)	5.46	1.3E-06	7.7E-10	6.7E-02	3.9E-05
11-6 (草坪)	混凝土 (1.95)	5.46	2.1E-06	5.2E-10	1.1E-01	2.6E-05
11-7 (西北侧)	混凝土 (1.22) 铅 (0.2)	7.23	2.4E-08	1.6E-06	7.0E-04	4.4E-02
11-8 (楼顶)	混凝土 (3.158)	6.9	5.9E-10	9.2E-16	1.9E-05	2.9E-11
11-10 (楼顶)	混凝土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
11-11 (楼顶)	混凝土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
11-12 (楼顶)	混凝土 (0.263) 钢 (0.275) 含硼聚乙烯 (0.37)	10.5	1.4E-04	3.4E-10	2.0	4.6E-06
10-6 (草坪)	混凝土 (1.95)	5.46	2.1E-06	5.2E-10	1.1E-01	2.6E-05
10-7 (东北侧)	混凝土 (2.8)	7.23	6.7E-09	4.6E-14	1.9E-04	1.3E-09
10-8 (楼顶)	混凝土 (3.158)	6.9	5.9E-10	9.2E-16	1.9E-05	2.9E-11

表 11-13 非主束时体膜散射所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#11)

区域(位置说明)	屏蔽材料及	$d_{sc}$	散射角	$\alpha$	TVLsec	透射因子	剂量率,

	厚度 (m)	(m)	度 (度)		(m)		( $\mu$ Gy/h)
11-4 (TC#10测试间)	混泥土(1.81) 钢 (0.35)	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
11-5 ( TC#12测试间)	混泥土(1.81) 钢 (0.35)	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
11-9 (屋顶)	混泥土 (3.158)	6.863	90	1.89E-04	0.19	2.4E-17	7.9E-13
11-1 (草坪)	混泥土 (1.6)	4.77	90	1.89E-04	0.19	3.8E-09	1.9E-04
11-2 (操作台)	混泥土 (1.55)	5.9	90	1.89E-04	0.19	7.0E-09	2.3E-04
11-3 (门外)	铅 (0.26) 钢 (0.05)	5.46	60	4.24E-04	0.049 0.088	5.6E-07	4.8E-02
11-6 (草坪)	混泥土(1.95)	5.46	45	8.64E-04	0.27	9.2E-08	1.6E-02
11-7 (西北侧)	混泥土(1.22) 铅 (0.2)	7.23	45	8.64E-04	0.27 0.049	2.5E-08	2.5E-03
11-8 (楼顶)	混泥土 (3.158)	6.9	30	2.74E-03	0.33	8.1E-10	2.8E-04
11-10 (楼顶)	混泥土 (1.6)	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
11-11 (楼顶)	混泥土 (1.6)	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
11-12 (楼顶)	混泥土(1.28) 钢 (0.3)	10	55	8.64E-04	0.27 0.088	7.1E-09	3.7E-04
10-6 (草坪)	混泥土(1.95)	5.46	45	8.64E-04	0.27	9.2E-08	1.6E-02
10-7 (东北侧)	混泥土 (2.8)	7.23	45	8.64E-04	0.27	4.3E-11	4.2E-06
10-8 (楼顶)	混泥土 (3.158)	6.9	30	2.74E-03	0.33	8.1E-10	2.8E-04

表 11-14 非主束时所致机房次屏蔽外各关注点剂量率估算结果 (TC#11)

区域 (位置说明)	X射线	中子剂量	合计,
-----------	-----	------	-----

	泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	散射辐射剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )
11-4 (TC#10 测试间)	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
11-5 ( TC#12 测试间)	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
11-9 (屋顶)	2.6E-05	7.9E-13	4E-11	2.6E-05
11-1 (草坪)	1.5	1.9E-04	1.6E-03	1.5
11-2 (操作台)	1.4	2.3E-04	1.8E-03	1.4
11-3 (门外)	6.7E-02	4.8E-02	3.9E-05	1.2E-01
11-6 (草坪)	1.1E-01	1.6E-02	2.6E-05	1.3E-01
11-7 (西北侧)	7.0E-04	2.5E-03	4.4E-02	4.7E-02
11-8 (楼顶)	1.9E-05	2.8E-04	2.9E-11	3.0E-04
11-10 (楼顶)	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
11-11 (楼顶)	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
11-12 (楼顶)	2.0	3.7E-04	4.6E-06	2.0
10-6 (草坪)	1.1E-01	1.6E-02	2.6E-05	1.3E-01
10-7 (东北侧)	1.9E-04	4.2E-06	1.3E-09	2E-04
10-8 (楼顶)	1.9E-05	2.8E-04	2.9E-11	3E-04

从表 11-11 和 11-14 计算结果可知, 测试间机房四周墙外、楼顶和人员门门外 30cm 处的剂量率最大值为  $2.0 \mu\text{Gy}/\text{h}$ , 均小于  $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$  的控制水平。

#### (4) TC#12 测试间

根据表 10-4 中辐射防护措施中的屏蔽参数及表 11-2 中的辐射屏蔽材料的计算参数, 参考 NCRP151 号报告中不同关注点应考虑的辐射, 按照最大工况: 等中心输出剂量率为  $1500\text{Gy}/\text{h}$ , 取最大能量  $20\text{MV}$  来估算来计算主屏蔽墙、次屏蔽墙、屋顶及防护门中剂量率最大值, 计算结果见表 11-15—11-18。

表 11-15 主束时所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#12)

区域 (位置说明)	屏蔽材料及厚	距离	透射因子	剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$
-----------	--------	----	------	------------------------------

	度 (m)	(m)	X 射线	中子	X 射线	中子	合计
12-4 (TC#11 测试间)	混泥土 (1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
12-5 (草坪)	混泥土 (1.81) 钢 (0.35)	6.51	5.6E-08	2.4E-09	2.0	7.1E-04	2.0
12-9 (屋顶)	混泥土 (3.158)	7.863	7.4E-08	9.2E-16	1.8	1.6E-10	1.8

表 11-16 非主束时 X 射线泄漏辐射和中子

## 所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#12)

区域(位置说明)	屏蔽材料及厚度 (m)	距离 (m)	透射因子		剂量率, $\mu\text{Gy/h}$	
			X 射线	中子	X 射线泄漏辐射	中子
12-4 (TC#10 测试间)	混泥土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
12-5 (TC#12 草坪)	混泥土 (1.81) 钢 (0.35)	4.51	3.6E-09	2.4E-09	2.6E-04	1.8E-04
12-9 (屋顶)	混泥土 (3.158)	5.863	5.9E-10	9.2E-16	2.6E-05	4E-11
12-1 (草坪)	混泥土 (1.6)	4.77	2.3E-05	2.4E-08	1.5	1.6E-03
12-2 (操作台)	混泥土 (1.55)	5.9	3.2E-05	4.2E-08	1.4	1.8E-03
12-3 (门外)	铅 (0.26) 钢 (0.05) 含硼聚乙烯 (0.41)	5.46	1.3E-06	7.7E-10	6.7E-02	3.9E-05
12-6 (草坪)	混泥土 (1.95)	5.46	2.1E-06	5.2E-10	1.1E-01	2.6E-05
12-7 (西北侧)	混泥土 (1.22) 铅 (0.2)	7.23	2.4E-08	1.6E-06	7.0E-04	4.4E-02
12-8 (楼顶)	混泥土 (3.158)	6.9	5.9E-10	9.2E-16	1.9E-05	2.9E-11
12-10 (楼顶)	混泥土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
12-11 (楼顶)	混泥土 (1.8)	5.75	5.8E-06	2.7E-09	2.6E-01	1.2E-04
12-12 (楼顶)	混泥土 (0.263) 钢 (0.275) 含硼聚乙烯 (0.37)	10.5	1.4E-04	3.4E-10	2.0	4.6E-06
11-6 (草坪)	混泥土 (1.95)	5.46	2.1E-06	5.2E-10	1.1E-01	2.6E-05
11-7 (东北侧)	混泥土 (2.8)	7.23	6.7E-09	4.6E-14	1.9E-04	1.3E-09
11-8 (楼顶)	混泥土 (3.158)	6.9	5.9E-10	9.2E-16	1.9E-05	2.9E-11

表 11-17 非主束时体膜散射所致机房屏蔽墙外各关注点剂量率估算结果 (TC#12)

区域(位置说明)	屏蔽材料及	$d_{sec}$	散射角	$\alpha$	TVLsec	透射因子	剂量率,
----------	-------	-----------	-----	----------	--------	------	------

	厚度 (m)	(m)	度 (度)		(m)		( $\mu$ Gy/h)
12-4 (TC#11测试间)	混泥土(1.81) 钢 (0.35)	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
12-5 ( 草坪)	混泥土(1.81) 钢 (0.35)	5.51	90	1.89E-04	0.19	3.0E-10	1.7E-05
12-9 (屋顶)	混泥土 (3.158)	6.863	90	1.89E-04	0.19	2.4E-17	7.9E-13
12-1 (草坪)	混泥土 (1.6)	4.77	90	1.89E-04	0.19	3.8E-09	1.9E-04
12-2 (操作台)	混泥土 (1.55)	5.9	90	1.89E-04	0.19	7.0E-09	2.3E-04
12-3 (门外)	铅 (0.26) 钢 (0.05)	5.46	60	4.24E-04	0.049 0.088	5.6E-07	4.8E-02
12-6 (草坪)	混泥土(1.95)	5.46	45	8.64E-04	0.27	9.2E-08	1.6E-02
12-7 (西北侧)	混泥土(1.22) 铅 (0.2)	7.23	45	8.64E-04	0.27 0.049	2.5E-08	2.5E-03
12-8 (楼顶)	混泥土 (3.158)	6.9	30	2.74E-03	0.33	8.1E-10	2.8E-04
12-10 (楼顶)	混泥土 (1.6)	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
12-11 (楼顶)	混泥土 (1.6)	5.57	30	2.74E-03	0.33	3.3E-06	1.6
12-12 (楼顶)	混泥土(1.28) 钢 (0.3)	10	55	8.64E-04	0.27 0.088	7.1E-09	3.7E-04
11-6 (草坪)	混泥土(1.95)	5.46	45	8.64E-04	0.27	9.2E-08	1.6E-02
11-7 (东北侧)	混泥土 (2.8)	7.23	45	8.64E-04	0.27	4.3E-11	4.2E-06
11-8 (楼顶)	混泥土 (3.158)	6.9	30	2.74E-03	0.33	8.1E-10	2.8E-04

表 11-18 非主束时，所致机房次屏蔽外各关注点剂量率估算结果 (TC#12)

区域 (位置说明)	X射线	中子剂量	合计,
-----------	-----	------	-----

	泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	散射辐射剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )
12-4 (TC#11 测试间)	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
12-5 (TC#12 草坪)	2.6E-04	1.7E-05	1.8E-04	4.6E-04
12-9 (屋顶)	2.6E-05	7.9E-13	4E-11	2.6E-05
12-1 (草坪)	1.5	1.9E-04	1.6E-03	1.5
12-2 (操作台)	1.4	2.3E-04	1.8E-03	1.4
12-3 (门外)	6.7E-02	4.8E-02	3.9E-05	1.2E-01
12-6 (草坪)	1.1E-01	1.6E-02	2.6E-05	1.3E-01
12-7 (西北侧)	7.0E-04	2.5E-03	4.4E-02	4.7E-02
12-8 (楼顶)	1.9E-05	2.8E-04	2.9E-11	3.0E-04
12-10 (楼顶)	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
12-11 (楼顶)	2.6E-01	1.6	1.2E-04	1.9
12-12 (楼顶)	2.0	3.7E-04	4.6E-06	2.0
11-6 (草坪)	1.1E-01	1.6E-02	2.6E-05	1.3E-01
11-7 (东北侧)	1.9E-04	4.2E-06	1.3E-09	2E-04
11-8 (楼顶)	1.9E-05	2.8E-04	2.9E-11	3E-04

从表 11-15 和表 11-18 的计算结果可知, 测试间机房四周墙外、楼顶和人员门外 30cm 处的剂量率最大值为  $2.0 \mu\text{Gy}/\text{h}$ , 均小于  $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$  的控制水平。

#### (5) 叠加考虑

由于 TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 四个机房相邻, 因此其共用屏蔽墙外的关注点需要考虑所有机房加速器同时出束时候的辐射影响。表 11-19 给出了考虑叠加影响关注点的剂量计算结果。

表 11-19 共用屏蔽墙外各关注点的剂量率最大估算结果

点位	剂量率 $\mu\text{Gy}/\text{h}$
----	-----------------------------

9-6	2.6E-01
9-7	4.7E-02
9-8	6E-04
10-6	2.6E-01
10-7	4.7E-02
10-8	6E-04
11-6	2.6E-01
11-7	4.7E-02
11-8	6E-04

从表 11-7 计算结果可知，共用屏蔽墙外关注点的剂量率最大值为  $2.6\text{E-}01 \mu \text{Gy/h}$ ，均低于  $2.5 \mu \text{Sv/h}$ 。

(6) 由附件 8 的辐射水平现状监测报告可知相邻加速器机房出束状态下对拟建辐射工作场所的辐射影响可以忽略，因此对本项目工作人员的辐射影响也可以忽略。

### 11.2.2 辐射剂量估算

工作人员及公众所受年剂量计算如下：

$$E = H_0 \times t \times T \times K$$

式中：  $E$ : 年有效剂量，  $\text{mSv/a}$ ；

$H_0$ : 工作人员或公众所在位置的剂量率，  $\text{Gy/h}$ ；

$t$ : 受照时间，  $\text{h/a}$ ；

$K$ : 有效剂量与吸收剂量换算系数，取  $K=1$ ，  $\text{Sv/Gy}$ ；

$T$ : 居留因子。

#### 1、工作人员所受剂量

由表 11-1 可知，在电子加速器开束期间（最长  $1080\text{h/a}$ ），辐射工作人员基本停留在控制台，从上节剂量率估算结果可知，TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 控制台剂量率最大值为  $1.4 \mu \text{Gy/h}$ ，瓦里安辐射工作人员均是轮班操作，保守取生产测试工作人员的年操作时间为  $2000\text{h}$ ，生产测试人员每年受照剂量最大值为  $2.8\text{mSv/a}$ ，见表 11-20。

表 11-20 加速器调试对工作人员的年受照剂量

位置及人员类别	剂量率, μGy/h	工作时 间, h	居留因 子	年有效剂量, mSv
生产测试人员（控制台）	1.4	2000	1	2.8

由于测试间辐射工作人员在公司专职于测试工作，可以在不同的测试间工作。瓦里安 2019 年个人剂量监测结果可知，瓦里安 2019 年度辐射工作人员最大值为 1.37mSv/a。计算结果和监测结果均显示测试间辐射工作人员小于瓦里安个人剂量约束值 5mSv/a。

## 2. 公众所受剂量

公众所受剂量主要包括：从厂内新建测试间厂房西侧和南侧区域经过受到加速器外照射，从厂外马路通过的行人受到加速器外照射；在厂外马路经过时受到天空散射的影响；感生放射性气体的浸没外照射。

### （1）从厂内新建测试间厂房内相邻公众受到的外照射

从厂内新建测试间厂房西南侧和东南侧区域（附图 11 中的各关注点位），其中：M 点为相邻厂房的生产区域，瓦里安采取倒班制度，工作人员一周工作时间为 40h，因此居留因子保守取 1/2；机房周边其它关注点为行人偶然逗留的室外区域，居留因子取 1/40。新建测试间相邻公众受到的外照射见表 11-21，所致最大外照射剂量为 6E-02mSv/a。

表 11-21 加速器调试对厂内周边公众的最大受照剂量

点位	位置	剂量率, μGy/h	时间, h	居留因 子	有效剂量, mSv
M	TC9 东北面屏蔽墙外相邻车	1.1（主束）	108	1/2	6E-02

	间	2.1E-04(非主束)	972		
9-4	TC9 东北面屏蔽墙外	2.0(主束)	108	1/40	5.4E-03
		4.6E-04(非主束)	972		
9-1	TC9 屏蔽墙外草坪	1.5	1080	1/40	4.1E-02
9-6	TC9 与 TC10 共屏蔽墙外草坪	2.6E-01	1080	1/40	7.0E-03
10-1	TC10 屏蔽墙外草坪	1.5	1080	1/40	4.1E-02
10-6	TC10 与 TC11 共屏蔽墙外草	2.6E-01	1080	1/40	7.0E-03
11-1	TC11 屏蔽墙外草坪	1.5	1080	1/40	4.1E-02
11-6	TC11 与 TC12 共屏蔽墙外草	2.6E-01	1080	1/40	7.0E-03
12-1	TC12 屏蔽墙外草坪	1.5	1080	1/40	4.1E-02
12-6	TC12 屏蔽墙外草坪	2.6E-01	1080	1/40	7.0E-03
12-5	TC12 西南面屏蔽墙外	2.0(主束)	108	1/40	5.4E-03
		4.6E-04(非主束)	972		
注：居留因子参考 NCRP151 附录表 B1。					

## (2) 从厂外马路通过的行人受到外照射

假设离测试间最近的马路上的行人居留因子取 1/40，东南侧屏蔽墙体外离厂房边界距离约为 11m，西南侧离厂房边界距离约为 16m，保守取 4 间机房同时出束的情景来进行估算其剂量率。A 点，主束时的剂量率为  $1.8 \text{E}-01 \mu \text{Gy/h}$ ，非主束时的剂量率为  $3.6 \text{E}-05 \mu \text{Gy/h}$ ；B 点的剂量率为  $3 \text{E}-01 \mu \text{Gy/h}$ ，则每年从该马路经过的行人可能受到的最大个人剂量为  $8.1 \text{E}-03 \text{mSv/a}$ 。详情见表 11-22。

表 11-22 加速器调试对厂外马路公众的最大所受外照射

位置	剂量率, $\mu \text{Gy/h}$	工作时间, h	居留因子	有效剂量, $\text{mSv/a}$
A(西南侧距测试间最近马路)	1.8E-01(主束)	108	1/40	5E-04
	3.6E-05(非主束)	972		
B(东南侧距测试间最近马路)	3E-01	1080	1/40	8.1E-03

东南侧的与瓦里安公司相邻，取至北京赛德铁道电气科技有限责任公司厂房边界的距离约 18m 进行估算，由于瓦里安是 24h 工作制度，临近厂房工作人员工作时间按 8h 考虑，因此居留因子取 1/3，保守取 4 台加速器同时出束的情形来

估算 C 点的剂量率，为  $1.4E-01 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。由此估算出对北京赛德铁道电气科技有限责任公司的工作人员所致最大年剂量为  $5E-02 \text{ mSv/a}$ ，详情见表 11-23。

表 11-23 加速器调试对临近厂房公众的最大所受外照射

位置	剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	工作时间, h	居留因子	有效剂量, $\text{mSv/a}$
北京中车赛德铁道电气科技有限责任公司人员	$1.4E-01$	1080	1/3	$5E-02$

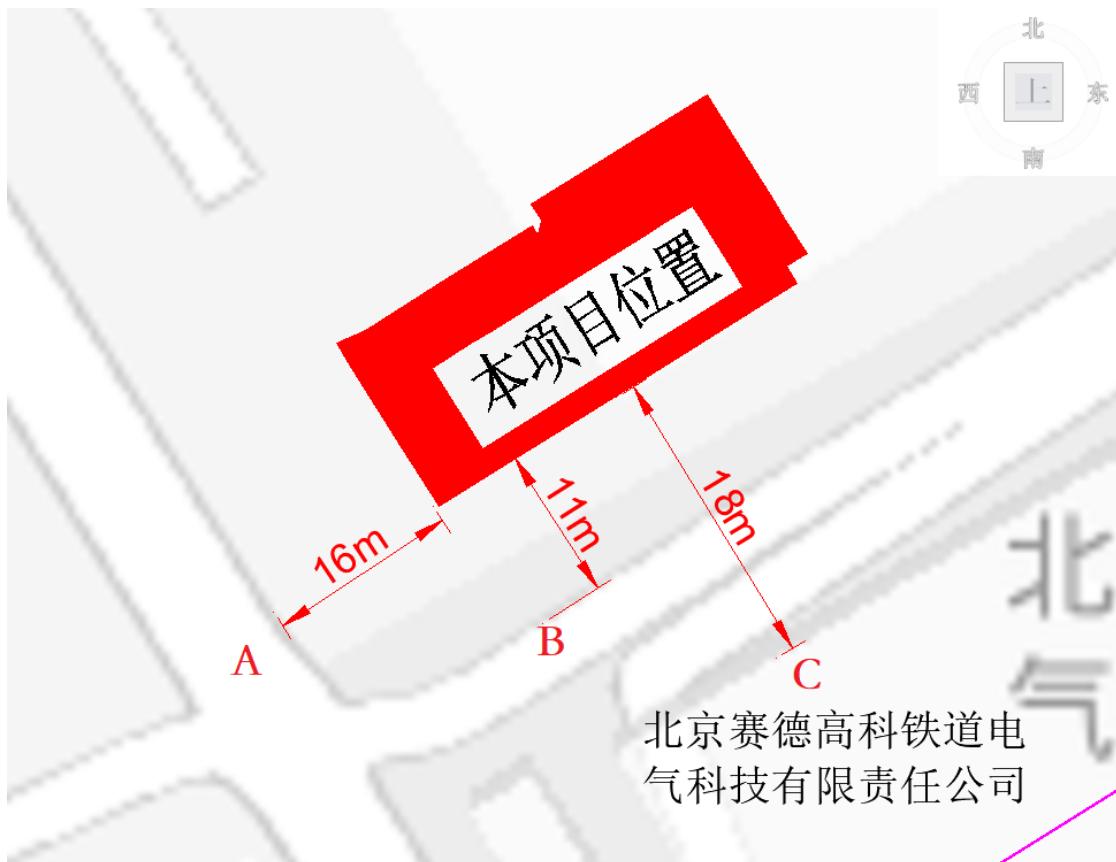


图 11-1 厂外公众位置关注点示意图

### (3) 天空散射

由于中子基本上被完全屏蔽，只考虑光子的天空散射问题。光子的天空散射可以由下式给出：

$$H_r = 0.025\Omega^{1.3} \cdot \frac{H_0}{(h+2)^2} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot K^{-1}$$

式中：

$H(r)$ —地面上距离  $r$  处的剂量率,  $\text{Sv}/\text{h}$ ;

$\Omega$  —立体角;

$h$ —源到屋顶的距离,  $\text{m}$ ;

$r$ —计算点到源的距离,  $\text{m}$ ;

$H_0$ —辐射源输出量,  $\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ;

$K^{-1}$ —屋顶对辐射的衰减因子。

当射野为  $40\text{cm} \times 40\text{cm}$  时, 立体角为 8.7, 厂外最近的马路距离测试车间约  $10\text{m}$ ,  $r$  取  $10\text{m}$ ,  $h$  取  $6\text{m}$ 。

20MV 时, 辐射源输出量为  $1500\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ,  $K^{-1}$  为  $7.4\text{E}-08$ 。

则可以得到厂外最近的马路上天空散射引起的辐射剂量率为:

$7.2\text{E}-03\mu\text{Gy}/\text{h}$  (20MV 时, 辐射源输出量为  $1500\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )。

本项目所在厂区已有 8 个测试间, 因为本项目新建测试间距离该厂外马路最近, 因此, 保守估算, 若 12 个测试间同时使用, 并同时朝上出束, 则该厂外最近马路上天空散射引起的辐射剂量率最大为  $7.2\text{E}-03\mu\text{Gy}/\text{h}$  的 12 倍, 即  $9\text{E}-02\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

根据设计资料, 每间测试间中的加速器年出束时间为 1080h, 朝上出束的时间不超过 10%, 朝上出束的时间按 108h 估算, 马路行人的居留因子取 1/40, 则由于天空散射对公众每年造成的大剂量为  $2\text{E}-05\text{mSv/a}$ , 12 个测试间(含已有 8 个和拟新建 4 个测试间)合计小于  $2.4\text{E}-04\text{mSv/a}$ , 具体见表 11-24。

#### 11-24 天空散射对公众所受剂量

位置	测试间	剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$	工作时间, h	居留因子	有效剂量, $\text{mSv/a}$
----	-----	---------------------------------	------------	------	-------------------------

距测试间最近马路	1个测试间	7.2E-03	108	1/40	2E-05
	拟新建4个测试	2.9E-02	108	1/40	8E-05
	12个测试间合计	9E-02	108	1/40	2.4E-04

#### (4) 空气中感生放射性

##### ①空气中感生放射性的产生量

医用直线加速器在电子束为 20MeV 的状态下，其周围平均中子能量大约为 0.5MeV，很难引起散裂反应，因此，在加速器周围空气活化产生的放射性核素主要考虑热中子引起  $^{40}\text{Ar}$  的 (n,  $\gamma$ ) 反应产生的  $^{41}\text{Ar}$ 。

其产生量由式 (11-1) 计算(参考卢希庭主编的《原子核物理》P244 公式 (9.4-30))。

$$Q = \lambda \cdot \phi \cdot R \cdot N \cdot \sigma \cdot t$$

式中，

Q—核素  $^{41}\text{Ar}$  的年排放量； Bq/a;

$\lambda$ —核素  $^{41}\text{Ar}$  的衰变常数，  $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{1.8\text{h} \times 3600\text{s/h}} = 1.07 \times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ ；

$\sigma$ —母核  $^{40}\text{Ar}$  的活化截面，  $610\text{mb}=610 \times 10^{-27}\text{cm}^2$ ；

R—房间内空气的有效半径， 620cm；

N—单位体积空气中的  $^{40}\text{Ar}$  的原子数，  $2.53 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ ；

t—一年运行时间， s， 3888000s；

$\phi$ —中子发射率， n/s，

$$\phi = 1.22 \times 10^{12} \text{n/Gy} \times 1500 \text{Gy/h} = 1.83 \times 10^{15} \text{n/h} = 5.1 \times 10^{11} \text{n/s}$$

由此，算出 TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 测试间内，每间  $^{41}\text{Ar}$  的最大年释放活度均为  $2.0 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，4 间共释放  $^{41}\text{Ar}$  为  $8 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，12 间共释放  $^{41}\text{Ar}$  为  $2.4 \times 10^{11}\text{Bq}$ 。

##### ②空气浸没外照射对公众的辐射影响

空气浸没照射所致公众年有效剂量按下式计算：

$$D_{\text{浸}} = Q \frac{x}{Q} G$$

式中，

$D_{\text{浸}}$ : 为<sup>41</sup>Ar 空气浸没照射所致年剂量, Sv/a;

$Q$ : 为<sup>41</sup>Ar 年释放量, 2.4E+11Bq/a;

$G$ : 为<sup>41</sup>Ar 的浸没照射剂量转换因子,  $6.1 \times 10^{-14}$  (Sv/s) / (Bq/m<sup>3</sup>) , 取值来自 GB18871-2002 P177 表 B10;

$x/Q$ : 长期扩散因子, s/m<sup>3</sup>, 计算参数和结果见表 11-8。

$$\frac{x}{Q} = \frac{16P_p}{\sqrt{2\pi^3} \cdot \chi \cdot \sigma_z \cdot \mu}$$

式中，

$P_p$ : 为天气频率, 保守取 0.25;

$x$ : 为下风向距离, m;

$\sigma_z$ : 为垂直扩散参数, m, 2.2m, 稳定度 F。

$u$ : 为释放高度上年平均风速, m/s, 取值 2m/s。

居留因子取 1/40, 则计算出 12 间测试机房产生的<sup>41</sup>Ar 每年对公众所造成最大个人有效剂量为 4.2E-03mSv/a。

### (5) 小计

由以上可知, 公众所受的照射主要包括透过屏蔽墙的直接外照射、天空散射及空气浸没外照射, 其结果见表 11-25。

表 11-25 公众受照剂量

公众类型	照射途径	总计
------	------	----

	外照射 mSv/a	天空散射 mSv/a	空气浸没外照射 mSv/a	mSv/a
厂房内周边人员	6E-02	/	/	6E-02
机房周围厂内道路行人	4.1E-02	2.4E-04	4.2E-03	4.6E-02
厂外临近道路行人	8.1E-03	2.4E-04	4.2E-03	1.3E-02
厂外临近其它公司工作人员	5E-02	/	/	5E-02

测试间正常运行时，对厂内公众所致年最大个人年有效剂量为 6E-02mSv/a，对厂外公众所致最大个人年有效剂量为 5E-02mSv/a，小于公众个人剂量约束值 0.1mSv/a。

### 3、小结

本项目测试间测试期间受到照射的人员主要包括：瓦里安的辐射工作人员、公众，瓦里安的工作人员主要受到加速器外照射的影响，对于公众主要受到加速器外照射、天空散射以及感生放射性气体的浸没外照射的影响。各类人员所受最大个人受照剂量见表 11-26。

**表 11-26 年受照剂量**

照射人员	工作人员	厂区内外公众	厂区外最近马路上公众	厂区外临近其它厂房的工作人员
年剂量 mSv/a	2.8	4.5E-02	1.2E-02	5E-02

### 11.3 事故影响分析

加速器可能发生的事故：人员在机房工作时，控制室内操作人员误开机出束使机房内人员受到误照射。对于这种事故，加速器屏蔽设置有出束门机联锁装置防止其发生。事故本身对环境没有影响。

事故预防措施：

- (1) 加速器机房具有良好的屏蔽设计和联锁系统，以保证运行安全；
- (2) 工作人员每次进入机房调试仪器必须携带个人剂量报警仪；
- (3) 加速器出束前的清场要有声音报警，提醒工作人员及时从机房撤出；
- (4) 机房门外设置电离辐射警告标识和工作状态指示灯，提醒无关人员不

要靠近或误入；

(5) 辐射工作人员必须参加环保部门认可的培训机构组织的辐射安全培训并取得合格证书；

(6) 制定严格的使用管理规定和操作规程，禁止违章操作；

(7) 定期检查维护门机联锁等安全装置，确保其处于正常工作状态。

另外，关于散焦，它属于设备线束的毫米级的偏差。会使医学上有伴影，伴影对治疗影响很大，但不会产生辐射事故，对环境没有影响。

**表 12 辐射安全管理**

### **12.1 辐射安全管理机构**

瓦里安现有辐射安全小组和职责请参见 1.3.3 节。经分析，公司现有辐射安全小组和职责能够满足本项目要求。

### **12.2 辐射工作人员培训**

瓦里安已有辐射工作人员有 34 名，均已参与过生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，具体详情见附件 5。本项目未来新增 4 名辐射工作人员，公司将组织其参与生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，考核合格后方可上岗。瓦里安的辐射工作人员培训工作由其辐射安全管理人员张国海负责。

### **12.3 现有辐射安全管理制度**

瓦里安已制定辐射安全管理制度，具体请参见 1.3.3 节。经分析，现有辐射管理制度在加强管理的情况下，能够满足本项目的需求。

### **12.4 辐射监测管理**

瓦里安现有辐射项目已制定了监测制度，包含个人剂量监测、工作场所监测、辐射环境监测，监测结果存档。新增的辐射工作场所应纳入原有的辐射工作场所和辐射环境监测计划中。

新增辐射工作场所的监测计划如下：

每年委托有资质单位对辐射工作场所进行 1 次场所和环境辐射水平监测，监测数据记录存档。本项目辐射工作场所的监测方案：1) 监测项目：机房外 X、 $\gamma$  周围剂量当量率、中子周围剂量当量率；2) 监测频次：1 次/年；3) 监测设备：X— $\gamma$  剂量率仪、中子周围剂量当量仪；4) 监测单位：委托通过 CMA 或 CNAS 计量认证的监测单位进行；5) 监测状态：正常工作状态，关机状态；6) 监测点位：工作场所监测点位建议图见本报告表 1 中图 1-1 所示，环境监测点位建议见

附图 6 所示。同时瓦里安按照本报告表 1 中图 1-1 的监测布点进行自行监测，监测频率：1 次/半年，辐射工作场所辐射环境监测记录表见附件 9。

公司将在每个新增测试间机房内安装固定式  $\gamma$  辐射剂量监测装置；为新增辐射工作人员配备个人剂量计，进行个人剂量监测；并为每个测试间至少配备 1 台个人剂量报警仪，以便工作人员进入机房时随身携带。

瓦里安原有辐射工作场所已配备辐射监测设备，本项目新增后，新建测试间每间机房拟新增 1 台固定式  $\gamma$  剂量率仪和 1 台个人剂量报警仪，详情表 12-1 的监测设备明细。

**表 12-1 监测设备明细**

设备名称	型号	数量	备注
固定式 $\gamma$ 剂量率仪	Ludlum375-9 或 Berthold	4	拟新增         已有
个人剂量报警仪	DMC3000	4	
场所 $\gamma$ 监测仪	Ludlum 375-9	7	
中子周围剂量当量仪	FH40G	1	
表面探测仪	Inspector EXP+	1	
加压电离室监测仪	FLIUIKE 451P	2	
$\gamma$ 及 X 射线个人剂量报警仪	PM1621	5	
个人剂量报警仪	DMC3000	1	
固定式 $\gamma$ 监测仪	LB	3	

## 12.5 辐射事故应急

瓦里安已制定了辐射应急预案，应急预案中增加本项目四间测试机房的应急内容后能够满足本项目的需求。

## 12.6 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的对照

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（以下简称“管理办法”）对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“管理办法”要求的对照检查如表 12-2 所示。

**表 12-2 项目执行与“管理办法”要求对照表**

序号	“管理办法”	项目单位情况	结论
1	应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	拟建测试间门外标有电离辐射警示标志，房门上设有出束状态指示灯，设有门机联锁。	计划符合
2	应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。	拟建测试间将委托有资质的单位对各辐射工作场所进行年度监测。	计划符合
3	建设项目竣工环境保护验收涉及的辐射监测，应委托经省级以上人民政府环境保护主管部门批准的有相应资质的辐射环境监测机构进行。	委托有相应资质的辐射环境监测机构进行竣工的辐射监测。	计划符合
4	应当加强对本单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况的日常检查。	已设有安全管理制度。	符合
5	应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	已制定放射工作年度评估报告，承诺每年 1 月 31 日前向北京市生态环境局提交年度评估报告。	符合
6	应进行辐射安全培训，并进行考核。	公司现有辐射工作人员均通过了生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，新增辐射工作人员上岗前均参与生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，考核合格者方可上岗。	符合
7	应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测。	委托有资质的单位进行个人剂量监测。	计划符合

## 12.7 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 12-3 汇总列出了本项目对照〈关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定〉(以下简称“许可管理办法”)对生产、销售、使用放射性射线装置单位要求的对照检查情况。

**表 12-3 项目执行与“许可管理办法”要求对照表**

序号	“许可管理办法”	项目单位情况	结论
1	其他辐射工作单位应当 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	公司已成立了辐射安全工作小组，单位法人为组长。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	公司现有 34 名辐射工作人员均通过了生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，新增 4 名辐射工作人员上岗前均参与生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，考核合格者方可上岗。	计划符合
3	放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	房门口显著位置处设置放射性警告标识和中文警示说明，以及在防护门上方设置工作状态指示灯。加速器机房设置门机联锁。	计划符合
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	新增辐射工作人员拟配备个人剂量计，新增测试间每间配备 1 台固定式 $\gamma$ 剂量率仪和 1 台个人剂量报警仪。	计划符合
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	公司已制定了《辐射安全操作规程》、《设备安装、拆装、检修维护制度》、《辐射防护措施》、《监测方案和监测制度》、《剂量监测设备使用管理制度》、《台帐管理制度和销售流程》、《实时剂量监测管理制度》、《辐射事故应急预案》、《放射性废物管理制度》等规章制度。	符合
6	有完善的辐射事故应急措施	对事故情况已制定了《辐射应急预案》。	符合

## 12.8 项目环保验收内容建议

按照《关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》（京环办[2018]24 号）的要求，本项目建成后 3 个月内开展竣工环境保护验收工作，验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示期限不少于 20 个工作日。

根据项目实际情况，评价单位建议本项目竣工环保验收的内容见下表 12-4。

**表 12-4 项目环境保护竣工验收内容**

验收内容	验收要求
剂量管理约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评报告建议，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 5 mSv/a。机房周围 30cm 处辐射剂量率小于 2.5 μSv/h。
电离辐射标志和中文警示	测试间机房防护门上方显著位置设置辐射警告标识和中文警示说明，并在机房门上方设置工作状态指示灯。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所实行分区管理。辐射工作场所及其配套用房的建设和布局与环评报告表的描述一致。屏蔽墙的屏蔽能力满足辐射防护的要求。机房通风换气与环评报告保持一致。
辐射安全设施	加速器机房设有安全联锁系统，包括急停、清场按钮、警示灯、监控探头等安全设施。
辐射监测	有满足管理要求的辐射监测制度；监测记录存档；为所有辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案。每间测试机房拟新增配备 1 台固定式 γ 剂量率仪和 1 台个人剂量报警仪。
规章制度	对规章制度进行完善，以满足新的管理。辐射监测方案中，将新增测试间纳入监测计划中。
辐射安全与防护培训考核	公司已配有 34 名辐射工作人员，本项目新增后至少新增 4 辐射工作人员，公司将组织新增工作人员参与生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，考核合格后方可上岗。
应急预案	建立有完善的应急预案，并定期进行辐射事故（件）应急演练。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

(1) 瓦里安医疗设备（中国）有限公司位于北京市北京经济技术开发区运成街 8 号，现已取得了生产 II 类射线装置，使用 II 类、III类射线装置，销售 II 类、III类射线装置的辐射安全许可证。

(2) 实践正当性：瓦里安医疗设备（中国）有限公司是世界领先的肿瘤放射治疗设备设计、制造和软件提供商。为应对世界日益增长的市场需求，公司决定对中国医用直线加速器测试间进行扩建，以满足不断增长的对先进的放射性医疗设备测试的需求，该项目符合辐射防护“正当实践”的原则。

(3) 本项目主要环境问题：加速器在调试期间，产生的 X 射线、电子线、中子及感生放射性对辐射工作人员、公众以及周围环境的影响。

(4) 测试间生产期间，对厂区公众所致最大个人剂量为  $6E-02mSv/a$ ，厂区外公众所致最大个人剂量为  $5E-02mSv/a$ ，小于公众的年剂量约束值  $0.1mSv/a$ ；对辐射工作人员所致最大个人剂量为  $2.8mSv/a$ ，小于工作人员的年剂量约束值  $5mSv/a$ 。本项目对环境的影响很小。

(5) 测试间机房内由于电离辐射作用会产生  $O_3$  和  $NO_2$  等有害气体均远小于国家规定的标准，对环境的影响是可以接受的；冷却水和体膜水中的活化产物在很短时间内就可达到可忽略的水平，结构部件中产生的大多数感生放射性核素，半衰期很短，不会对环境造成大的影响。

(6) 安全管理措施：测试过程中采取的安全防护措施和安全联锁装置能够有效防止人员误入而受到照射，可能发生的其他事故不会对环境造成污染；公司建立了相关的辐射防护程序，并成立辐射安全管理小组，同时设专职人员负责医用直线加速器测试过程中辐射安全与环境保护管理工作，其管理措施满足法规要求。

综上所述，瓦里安医疗设备（中国）有限公司增建测试间项目具有一定的社会效应，在落实本报告中提出的辐射防护措施、各项规章制度、监测计划的前提下，运行期间对

环境的影响能够满足国家法规和标准的要求，是可行的。

## 13.2 建议和承诺

- (1) 为保护环境，保障人员健康，公司承诺按照审批机关的要求进一步完善相关辐射安全管理制度并执行。
- (2) 对新增加辐射工作人员，参加与生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核，考核合格后方可上岗。
- (3) 合理分配辐射工作人员的工作时间。
- (4) 本项目竣工后试运行后，建设单位应根据《关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》（京环办[2018]24号）及国家相关规定的要求及时组织该建设项目竣工环境保护验收，编制环境保护验收监测报告。确保建设项目配套建设的环境保护设施验收合格后，主体工程方可投产运行。
- (5) 项目正式运行过程中，接受生态环境部门的监督检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日

## 附图

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目在北京经济技术开发区的位置示意图

附图 3 本项目拟新增四个测试间场址在厂区位置及现状示意图

附图 4 本项目拟新增四个测试间建成后布置示意图

附图 5 瓦里安环境监测布点图

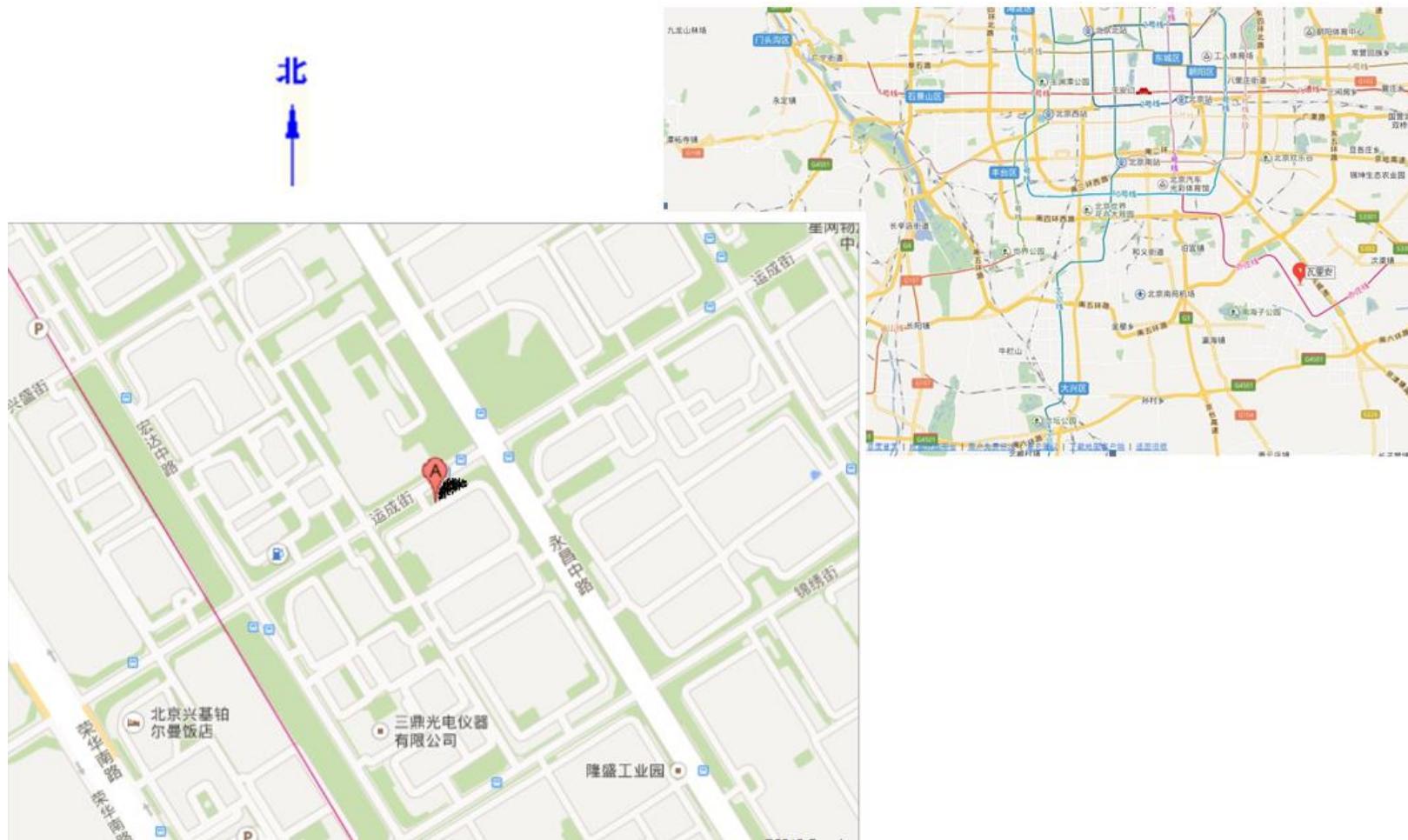
附图 7 本项目评价范围示意图

附图 7 本项目拟新增四个测试间所在厂房立面图

附图 9 新建测试间辐射分区示意图

附图 10 TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 机房开门、急停、清场按钮、警示灯、监控探头位置示意图

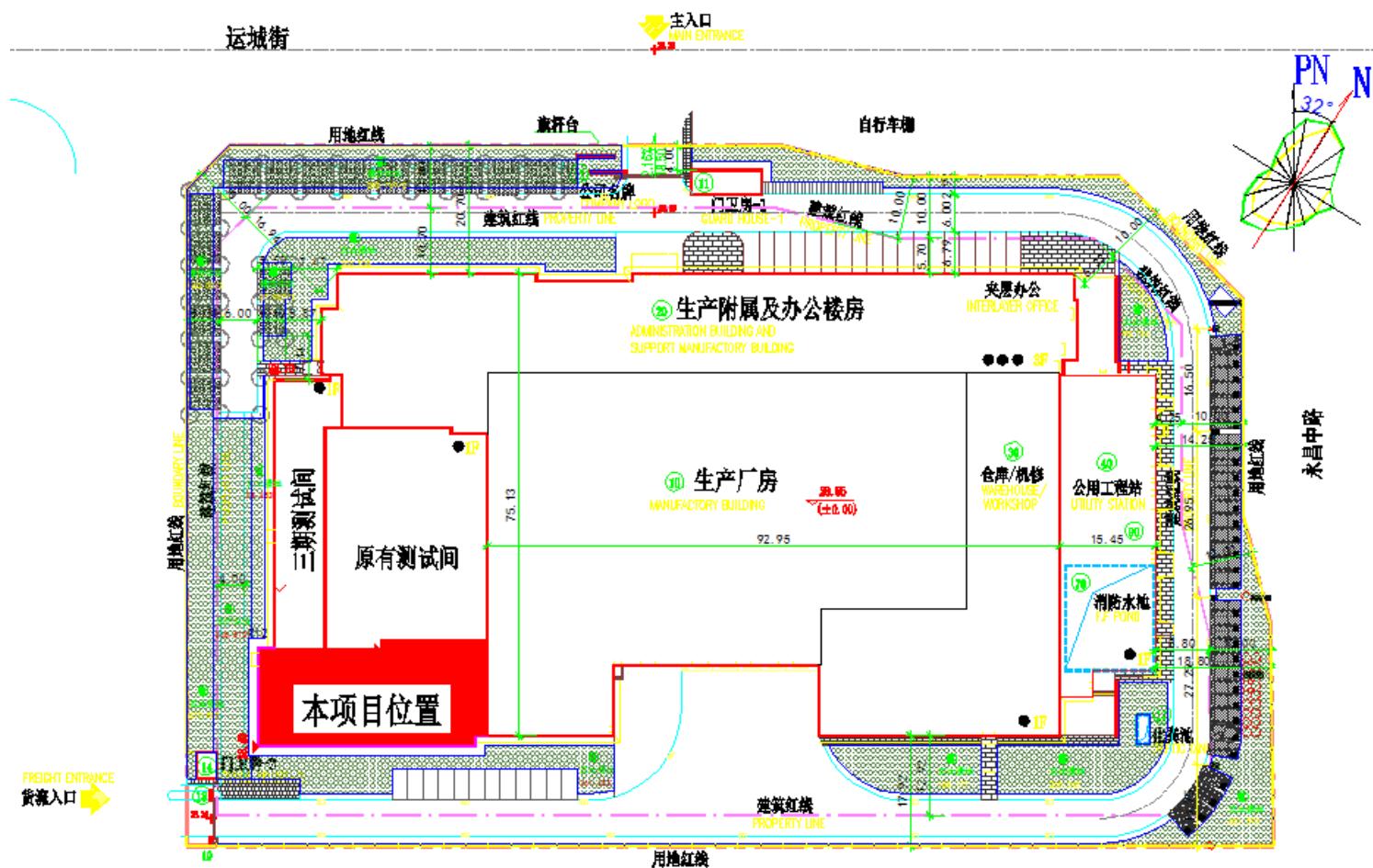
附图 11 本项目涉及 4 间测试间关注点位置示意图



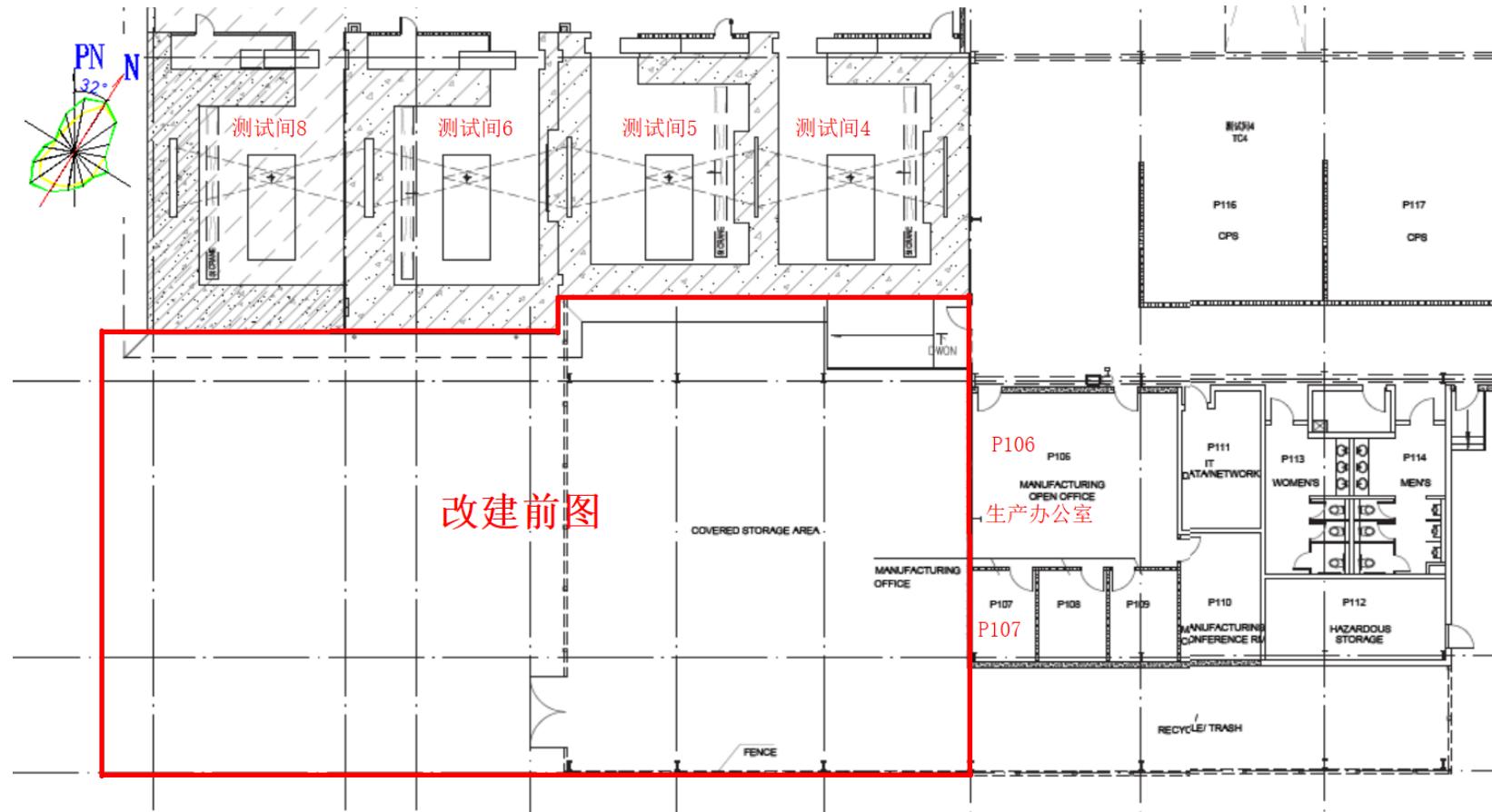
附图1 本项目地理位置图



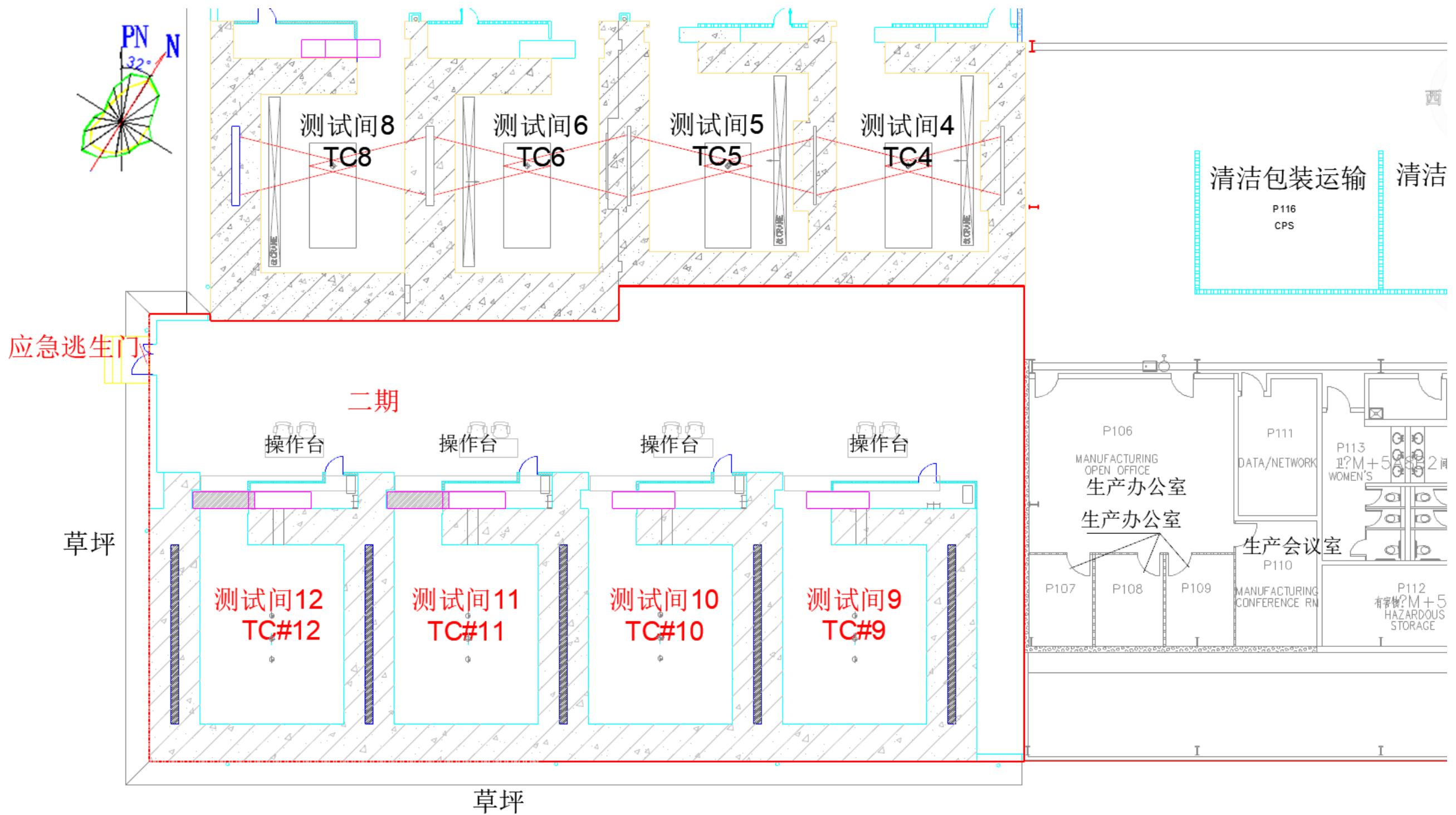
附图2 本项目在北京经济技术开发区的位置示意图



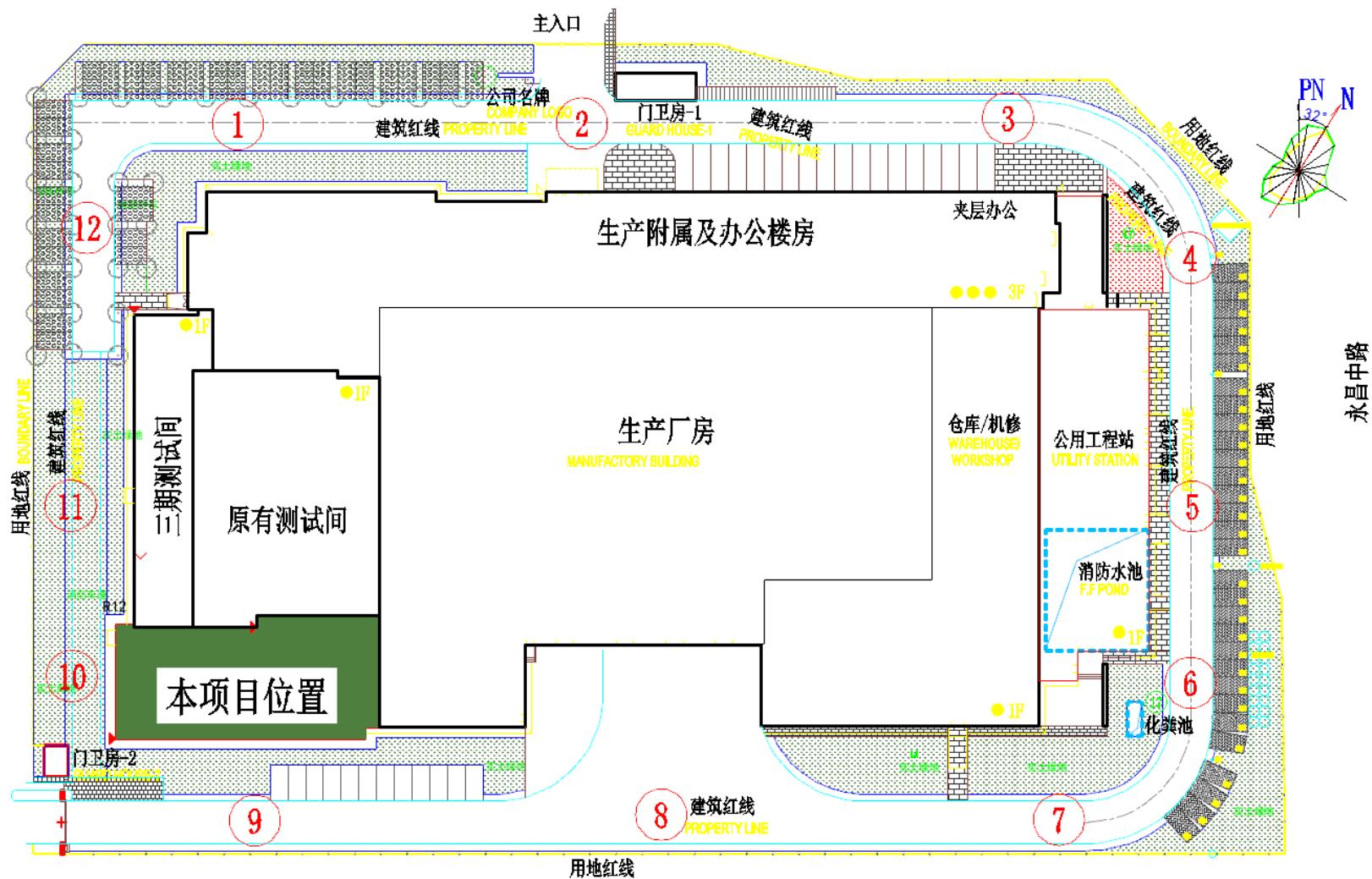
附图3 本项目拟新增四个测试间场址在厂区位置及现状示意图



附图 4 拟建测试间场所现状图



附图 5 本项目拟新增四个测试间建成后布置示意图



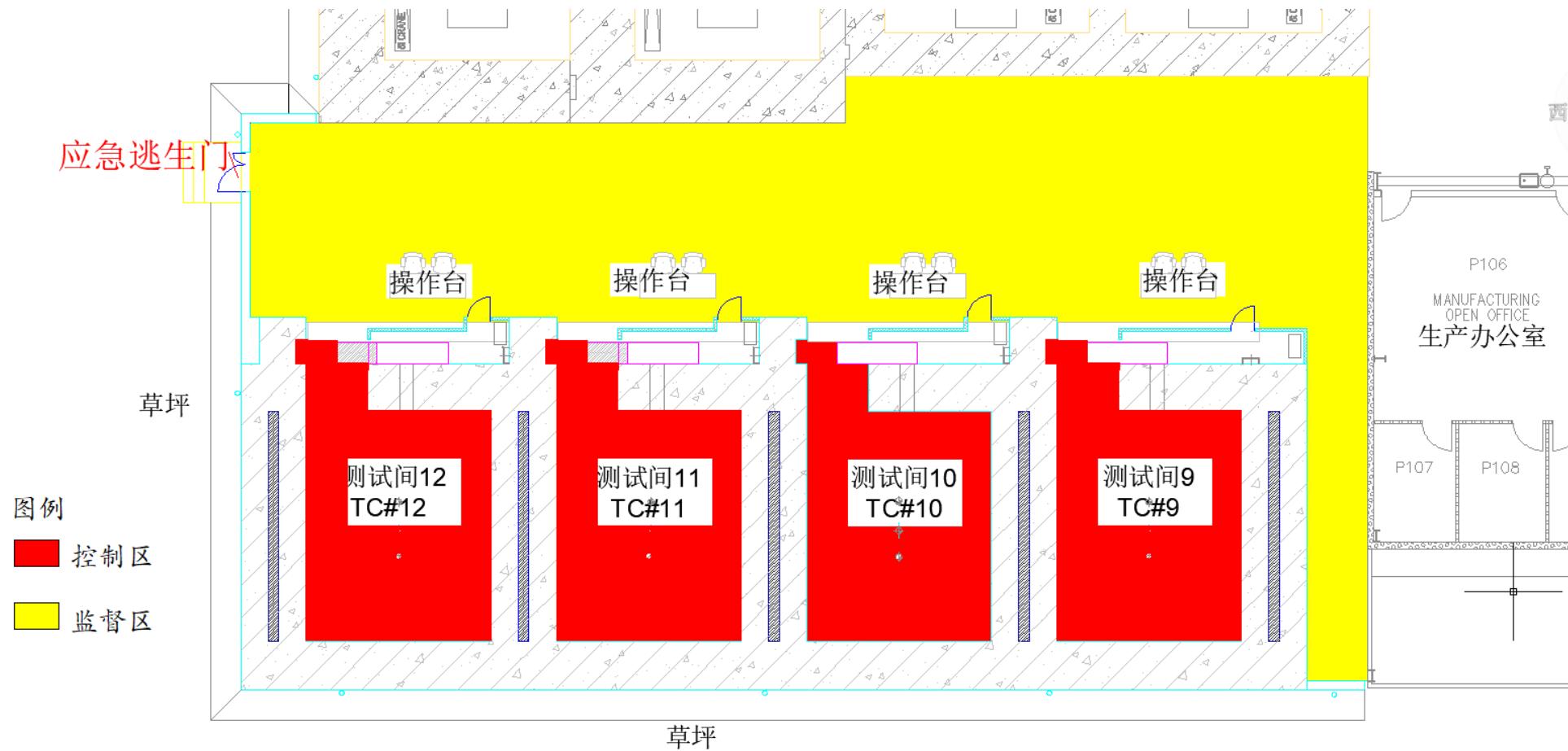
附图 6 瓦里安环境监测布点图



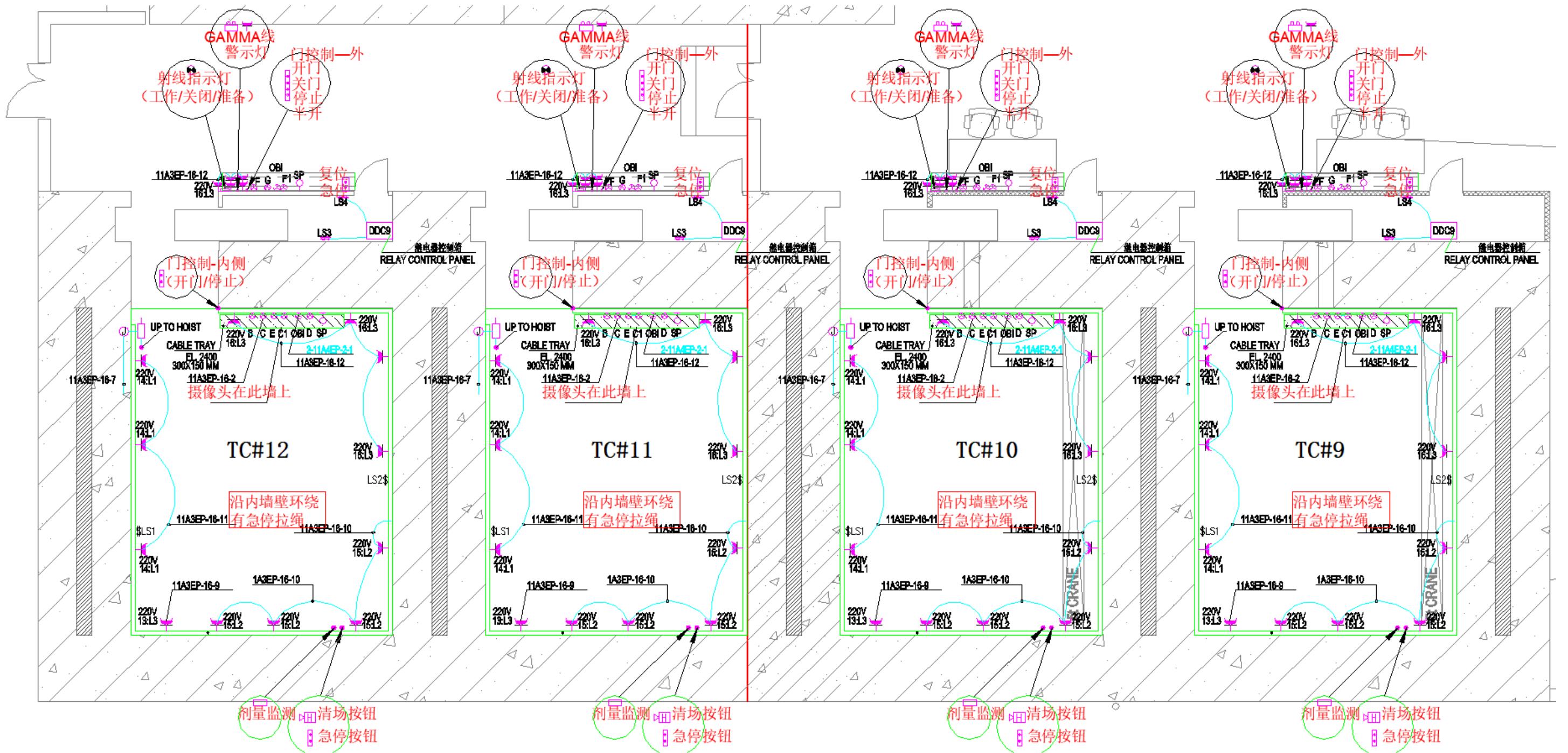
附图 7 本项目评价范围示意图



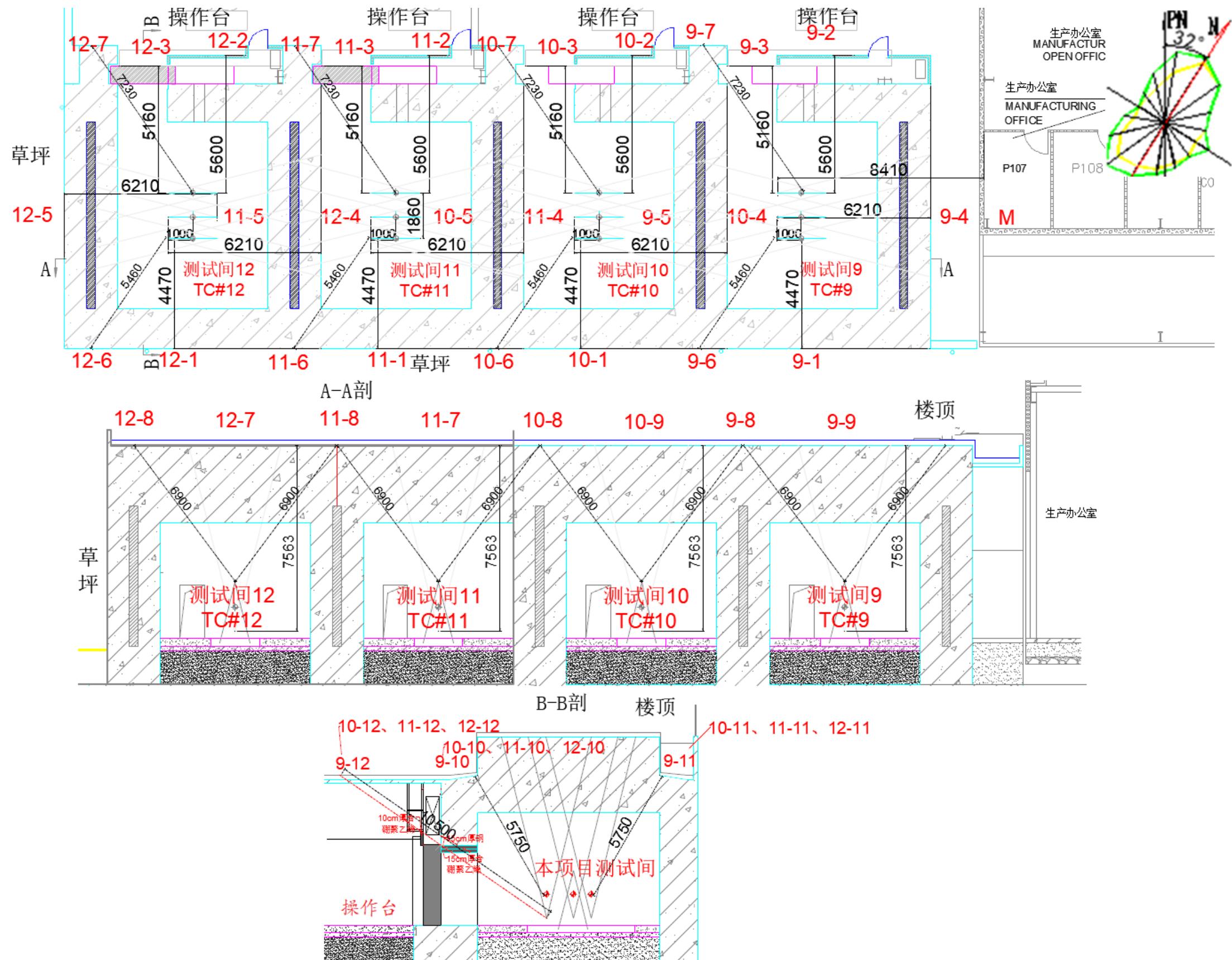
附图 8 本项目拟新增四个测试间所在厂房立面图



附图 9 新建测试间辐射分区示意图



附图 10 TC#9、TC#10、TC#11、TC#12 机房开门、急停、清场按钮、警示灯、监控探头位置示意图



附图 11 本项目涉及 4 间测试间关注点位置示意图

## **附件**

- 附件 1 营业执照
- 附件 2 建设单位辐射安全许可证
- 附件 3 环评批复文件
- 附件 4 环评验收文件
- 附件 5 辐射工作人员基本情况一览表
- 附件 6 2019 年辐射工作人员个人剂量检测报告
- 附件 7 瓦里安辐射工作场所年度监测报告
- 附件 8 辐射水平现状监测报告
- 附件 9 辐射工作场所监测记录表
- 附件 10 建设工程规划许可证

## 附件1 营业执照

编号: 103684298



# 营业执照

(副本) (2-1)

统一社会信用代码 91110302785502026R

名 称 瓦里安医疗设备(中国)有限公司  
类 型 有限责任公司(外国法人独资)  
住 所 北京市北京经济技术开发区运成街8号  
法定代表人 张晓  
注 册 资 本 美元2800万元  
成 立 日 期 2006年03月31日  
营 业 期 限 2006年03月31日至2056年03月30日  
经 营 范 围 生产Ⅲ类: II-6832-1医用高能射线治疗设备, II类: II-6831-1医用X射线管、管组件或源组件; 研究医用辐射技术; 开发Ⅲ类: II-6832-1医用高能射线治疗设备, II类: II-6831-1医用X射线管、管组件或源组件; 销售自产产品; 提供自行开发技术的转让及应用辐射技术服务。技术咨询(涉及专项审批的, 获取后方可经营)。工业用X射线附属设备及部件。Ⅲ类: 医用高能射线设备, 医用电子仪器设备、软件。Ⅱ类: 医用X射线附属设备及部件的批发、佣金代理(拍卖除外)。研发和进出口业务(涉及配额许可证管理、专项规定管理的商品按照国家有关规定办理); 上述产品的技术咨询, 技术服务; 商务咨询。(依法须经批准的项目, 经相关部门批准后依批准的内容开展经营活动。)



在线扫码获取详细信息

提示: 每年1月1日至6月30日通过企业信用信息公示系统  
报送上年度年度报告并公示。

登记机关



2017年08月30日

附件 2 辐射安全许可证



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定,经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	瓦里安医疗设备(中国)有限公司		
地址	北京市北京经济技术开发区运成街8号		
法定代表人	张晓	电话	87858929
证件类型	护照	号码	450572783
涉源部门	名称	地址	负责人
	测试机房 TC7	运成街8号生产车间西侧北	田伟
	测试机房 TC8	运成街8号生产车间西侧南	田志刚
	测试机房 TC4、TC5	运成街8号生产车间西侧南	田志刚
	仓库发货区	运成街8号生产车间西南	朱振林
	测试研发机房 TC6	运成街8号生产车间西侧南	田志刚
种类和范围	生产II类射线装置,使用II类、III类射线装置,销售II类、III类射线装置		
种类和范围	生产II类射线装置,使用II类、III类射线装置,销售II类、III类射线装置		
许可证条件			
证书编号	京环辐证[S0013]		
有效期至	2021年6月7日		
发证日期	2018年11月23日(发证机关章)		

#### 活动种类和范围

### (三) 射线装置

证书编号：京环辐证[S0013]

## 台帐明细登记

### (三) 射线装置

证书编号:京环辐证[S0013]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源/去向		审核人	审核日期
						来 源	去 向		
1	医用直线加速器(LB 测试研发)(6MV)	Halcyon	II	粒子能量小于100兆电 子伏的非医用加速器	测试研发机房 TC6	来源	自制		
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			

# 北京市环境保护局

京环审〔2015〕41号

## 北京市环境保护局关于新建医用加速器 测试间项目环境影响报告表的批复

瓦里安医疗设备（中国）有限公司：

你单位报送的新建医用加速器测试间项目环境影响报告表（项目编号：辐审 A2014-0534）及相关材料收悉。经审查，批复如下：

一、拟建项目位于北京市北京经济技术开发区运成街 8 号，内容为在你公司西侧空地并紧邻原有测试间西侧新建 1 间医用加速器测试间，用于研发（1 个型号，10 台）、生产和销售（8 个型号，60 台/年），详见附表。项目总投资 2400 万元。主要环境问题是辐射安全和防护，在落实环境影响登记表和本批复的措施后，从环境保护角度分析，同意该项目实施。

— 1 —

二、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871)的规定和环评报告表的预测，该项目实施后，你单位公众剂量约束执行0.1mSv/a，职业人员剂量约束执行5mSv/a。

三、你单位须在射线装置使用场所的相关位置设置明显的放射性标志、中文警示说明和工作信号指示，采取联锁装置等各类有效安全防护措施防止人员受到意外照射。

四、你单位须建立健全辐射安全管理规章制度及操作规程，进行个人剂量与场所辐射水平监测，编写、上报年度评估报告，落实安全责任制。不得将射线装置销售给未获得辐射安全许可的单位。

五、根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第449号)的有关规定，你单位须在满足相关条件后向我局申请办理辐射安全许可证的相关手续。项目竣工后三个月内须向我局申请办理环保验收手续。



(此文主动公开)

---

抄送：北京经济技术开发区环保局。

---

北京市环境保护局办公室

2015年1月27日印发

---

附表：

新建测试间医用加速器明细表

型号	主要参数	类别	备注
LE	X 射线能量：6MV； 流强：3mA	II	使用（研发）：10 台
Unique	X 射线能量：6MV； 流强：3mA	II	
CE、EX、iX、 Trilogy、NTx、 TrueBeam、 TrueBeam Str	X 射线能量： 4/6/8/10/15/18/20MV； 电子能量： 6/9/12/15/18/20/22 MeV； 流强：3mA	II	生产：60 台/年 销售：60 台/年

# 北京市环境保护局

京环审〔2018〕61号

## 北京市环境保护局关于 新建测试间项目环境影响报告表的批复

瓦里安医疗设备（中国）有限公司：

你单位报送的新建测试间项目环境影响报告表（项目编号：辐审 A2018-0054）及相关材料收悉。经审查，批复如下：

一、拟建项目位于北京经济技术开发区运成街 8 号，在紧邻原有 TC6# 测试间的西侧新建 TC8# 测试间，在紧邻原有 EDTC3# 测试间的西侧新建 TC7# 测试间。新建测试间均用于生产测试医用直线加速器，新增加速器生产、销售量 200 台/年，详见附件。拟终止原有医用平板成像探测器测试设备的使用。项目总投资 2200 万元。主要环境问题是辐射安全和防护，在落实环境影响报告表和

- 1 -

本批复的措施后，从环境保护角度分析，同意该项目实施。

二、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871)

的规定和环评报告表的预测，该项目实施后公众剂量约束执行 $0.1\text{mSv/a}$ ，加速器生产测试人员剂量约束执行 $5\text{mSv/a}$ 。测试间四周墙外和入口门外 $30\text{cm}$ 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

三、你单位须在测试间的相关位置设置明显的放射性标志、中文警示说明和工作信号指示，配置门机联锁、急停按钮和急停拉线、紧急开门按钮、清场巡检按钮、对讲监控系统、机房内通风系统等。增配2套固定式辐射剂量监测仪、2台个人剂量报警仪。通往测试间房顶的门日常须处于封闭状态，张贴警示说明，并与每个测试间均设置门机联锁；TC7#测试间北门日常须处于封闭状态。采取各种有效的防护和安全配套措施，做到防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射。

四、你单位须完善新建测试间的辐射安全管理规章制度及操作规程。做好辐射工作人员辐射安全与防护培训、进行个人剂量监测。补充、细化辐射监测方案，定期开展测试间辐射水平监测。规范编写、按时上报年度评估报告，落实辐射安全责任制。

五、根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的有关规定，你单位须在满足相关条件向我局申请办理辐射安全许可证的相关手续后，方可从事相关生产测试、销售活动。项目竣工后须及时开展环保验收工作。

附件：新建测试间射线装置明细表



(此文主动公开)

---

抄送：北京经济技术开发区环保局。

北京市环境保护局办公室

2018年4月25日印发

- 3 -

## 附件

## 新建测试间医用直线加速器明细表

序号	型号	主要参数	类别	备注
1	Halcyon	X 射线能量: 6MV	II	新建两间测试间, 每间测试间新增生产、销售医用直线加速器 100 台/年。
2	Unique	X 射线能量: 6MV		
3	IX (iX)	X 射线能量:		
4	Novalis TX (NTx)	4/6/8/10/15/18/20MV 电子线能量: 4/6/9/ 12/15/16/18/20/22MeV		
5	EX			
6	CX (CE)			
7	EdGe	X 射线能量: 6/10MV		
8	VitalBeam	X 射线能量: 4/6/8/10/15/18/20MV 电子线能量: 6/9/12/15/16/18/20/22MeV		

# 北京市环境保护局

京环验〔2016〕163号

## 北京市环境保护局关于新建医用 加速器测试间项目环境保护验收的批复

瓦里安医疗设备（中国）有限公司：

你单位报送的新建医用加速器测试间项目竣工环境保护验收申请（项目编号：辐验 B2016-0186）及相关材料收悉，经审查，批复如下：

同意对该报告表项目（京环审〔2015〕41号）进行竣工环境保护验收。你单位须加强辐射安全管理，落实各项规章制度，确保辐射安全防护措施长期正常有效运行。



（此文主动公开）

抄送：经济技术开发区环保局。

北京市环境保护局办公室

2016年7月14日印发

Scanned by CamScanner

附件 2

辐射类建设项目验收意见表

项目名称 新建测试间项目

建设单位 瓦里安医疗设备（中国）有限公司

法定代表人 张晓

联系人 张国海

联系电话 010-87858929

表一 工程建设基本情况

建设项目名称(验收申请)	新建测试间项目
建设项目名称(环评批复)	新建测试间项目
建设地点	北京经济技术开发区运成街 8 号
行业主管部门或隶属集团	美国瓦里安医疗系统公司
建设项目性质(新建、改扩建、技术改造)	新建
环境影响报告书(表)审批机关及批准文号、时间	北京市环保局, 京环审【2018】61 号, 2018 年 4 月 24 日
环境影响报告书(表)编制单位	中国原子能科学研究院
项目设计单位	北京美信东方工程技术有限公司
环境监理单位	中研基工程管理有限公司
环保验收调查或监测单位	核工业北京地质研究院
工程实际总投资(万元)	2200
环保投资(万元)	60
建设项目开工日期	2018 年 4 月 25 日
建设项目投入试生产(试运行)日期	2018 年 11 月 23 日

**表二 工程变动情况**

序号	环评及其批复情况	变动情况说明
1	本项目位于北京经济技术开发区运成街 8 号，在紧邻原有 TC6#测试间的西侧新建 TC8#测试间，在紧邻原有 EDTC3# 测试间的西侧新建 TC7#测试间。新建测试间均用于生产测试医用直线加速器，新增加速器生产、销售量 200 台/年。	工程建设内容无变动。本次验收基于 18MV X 射线，如用于大于 18MV X 射线加速器生产调试及培训，将另行开展机房周围辐射水平测试验证工作。

**表三 环境保护设施落实情况**

序号	环评及其批复情况	落实情况
1	测试间四周墙外和入口门外剂量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ (环评批复要求)；	测试间按照环评文件和设计的要求进行施工，采取了实体屏蔽措施，验收监测结果表明测试间四周墙外和入口门外剂量率满足环评批复要求。
2	你单位须在测试间的相关位置设置明显的放射性标志、中文警示说明和工作信号指示。(环评批复要求)	在测试间设备门、人员门外醒目位置处设置了放射性标志及中文警示说明，设置了 5 种工作状态信号指示灯。
3	配置门机联锁、急停按钮和急停拉线，紧急开门按钮、清场巡检按钮、对讲监控系统、机房内通风系统等。采取各种有效的防护和安全措施做到防止误操作，避免工作人员和公众受到意外照射。(环评批复要求)	两个测试间设备门、人员门外设置了门机联锁、门内侧设置紧急开门按钮，人员门外侧还设置了急停、复位按钮，测试间内设置了急停拉线、急停按钮/复位按钮(2 个)及清场巡检按钮。另外测试间设置了对讲系统，监控探头(2 个)，机房内设置了通风系统，其中 TC7 设置了双清场巡检按钮；
4	增配 2 套固定式辐射剂量监测仪、2 台个人剂量报警仪。(环评批复要求)	已分别在两个机房内各安装一套固定式辐射剂量监测仪，各配置个人剂量报警仪 1 台。
5	通往测试间房顶的门日常须处于封闭状态，张贴警示说明，并与每个测试间均设置门机联锁；TC#7 测试间北门日常须处于封闭状态。(环评批复要求)	已在通往测试间房顶进口处设置安全门，日常处于封闭状态，张贴了警示说明，并与每个测试间实现了门机联锁；由于操作台位置调整，TC#7 测试间北门变更为人员进出门，而南门处于日常关闭状态。
6	你单位须完善新建测试间的辐射安全管理规章制度及操作规程。(环评批复要求)	公司完善和新建了调试机房辐射安全管理规章制度及规程，包括辐射安全管理制度、辐射安全操作规程、设备安装、拆装、检修维护制度、辐射防护措施、监测方案和监测制度、剂量监测设备管理制度、辐射安全培训制度、台账管理制度和销售流程、实时剂量监测管理制度、放射性废物处理等制度以及辐射事

		故应急预案。
7	做好辐射工作人员辐射安全与防护培训、进行个人剂量监测。补充、细化辐射监测方案，定期开展测试间辐射水平监测。规范编写、按时上报年度评估报告，落实辐射安全责任制。(环评批复要求)	公司建立了辐射安全与环境保护管理机构，落实了辐射安全责任制。从事调试与管理的 33 名辐射工作人员(含本项目)均已通过了辐射安全防护培训，取得了合格证书。补充了新建测试间辐射监测点位及示意图，细化了辐射监测方案，开展了个人剂量和工作场所辐射水平监测。按时规范编写上报了年度评估报告。
8	辐射工作场所实行分区管理，测试间内为控制区，操作区、培训室和走廊内距离屏蔽墙至少 2m 范围划定为监督区。(环评文件要求)	实行了分区管理，TC7#测试间内为控制区，其操作区、培训室为监督区；TC8#测试间内为控制区，其操作区为监督区；走廊内距屏蔽墙 2m 范围均为监督区。
9	在机房内设有加速器位置固定点，在加速器进入机房后，检查加速器位置，确保其位于固定位置内。(环评文件要求)	TC#7、TC#8 测试间已设置了固定的等中心点。TC#8 测试间等中心点进行了优化，向西偏移 20cm。
10	TC7#测试间人员门、设备门设置联锁，任何一门未关闭均不能出来。(环评文件要求)	TC#7 测试间人员门、设备门设置了联锁，任一门未关闭均不能出来。
11	机房屋顶通道门与所有测试间设置独立门机联锁装置，通道门意外开启，切断所有测试间电源。(环评文件要求)	机房屋顶通道门与所有测试间实现了门机联锁，意外开启通道门，所有测试间停机。
12	测试间防护门为电动门，关闭开关为点动形式，关门时需要持续的按住按钮，以确保关门过程中没有人员进入；具有防夹人功能，一旦关门过程中有额外阻力，电机将自动停止运行；关门后停电，可通过手动方式打开防护门。(环评文件要求)	防护门关闭开关为点动形式，关闭需持续按住按钮。安装有红外感应和压力传感器，实现了防夹人和遇阻自动停止运行功能。关门后停电，通过手动方式打开防护门。
13	测试间内供电电缆、通讯电缆等通过地下预埋的 U 形弯曲镀锌钢管穿过屏蔽墙体；机房内设备控制电缆通过预埋的 U 形钢制线槽穿过屏蔽墙体。(环评文件要求)	测试间内供电电缆、通讯电缆、控制电缆管线均为 U 形穿过屏蔽墙体。
14	生产区的进入需要钥匙系统，培训区域有电子联锁系统，进入不同区域需要不同授权的门禁卡系统。TC7#测试间作培训使用时，培训讲师只能对事先指定培训的机型进行操作，无权限及密码对其他设备进行操作。(环评文件要求)	生产区的进入设置了钥匙控制系统，培训区域安装了电子联锁系统，进入不同区域设置了不同授权的门禁卡系统。TC7#测试间作培训使用时，培训讲师只操作指定培训机型。
15	TC8#测试间监督区的走廊西侧通道门为逃生门，只能从内部打开。(环评文件要求)	TC8#测试间监督区的走廊西侧设置了逃生门，只能从内部打开。
16	对调试区域采取的辐射安全措施：管理程序上要求非射线工作人员非陪同勿入；测试用电脑需要账号密码才可以登录。	非射线工作人员非陪同无法进入调试区；测试用电脑需要授权的账号密码才能操作；不开展调试工作期间，测试间

	录操作系统；无人测试时锁闭测试间屏蔽门。(环评文件要求)	屏蔽门锁闭。
17	销售流程的辐射安全措施：审查用户是否具有相应的辐射安全许可证，通过后方能签订销售合同；审查用户是否取得相应环评批复文件，通过后方能发货并将射线装置运抵用户单位；公司辐射安全小组对销售全过程进行监督和管理。(环评文件要求)	公司建立了销售流程的辐射安全措施，认真审查用户是否履行了环保审批和许可手续，才能供货。

表四 环境保护设施调试效果

序号	环评及其批复情况	调试效果
1	测试间四周墙外和入口门外剂量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ (环评批复要求)。	经验收监测，测试间四周墙外和入口门外剂量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，实体屏蔽效果良好，满足环评批复要求。
2	你单位须在测试间的相关位置设置明显的放射性标志、中文警示说明和工作信号指示。(环评批复要求)	经现场查验，在测试间设备门、人员门外醒目位置处设置的放射性标志及中文警示说明规范，设置的5种工作状态信号指示灯工作正常。
3	配置门机联锁、急停按钮和急停拉线，紧急开门按钮、清场巡检按钮、对讲监控系统、机房内通风系统等。采取各种有效的防护和安全措施做到防止误操作，避免工作人员和公众受到意外照射。(环评批复要求)	经现场查验，两个测试间设备门、人员门外设置的门机联锁、门内侧设置的紧急开门按钮，人员门外侧设置的急停、复位按钮，测试间内设置的急停拉线、急停按钮/复位按钮及清场巡检按钮工作正常有效。另外测试间设置的对讲系统、监控系统、通风系统工作正常。
4	增配2套固定式辐射剂量监测仪、2台个人剂量报警仪。(环评批复要求)	经现场查验，两个调试机房内安装的固定式辐射剂量监测仪工作正常，配置的个人剂量报警仪工作正常。
5	通往测试间房顶的门日常须处于封闭状态，张贴警示说明，并与每个测试间均设置门机联锁。(环评批复要求)	经现场核实，在通往测试间房顶进口处设置的安全门可确保日常处于封闭状态，张贴的警示说明规范，可起到警示作用，通道门与各测试机房设置的门机联锁有效。
6	你单位须完善新建测试间的辐射安全管理规章制度及操作规程。(环评批复要求)	经现场核实，公司完善和新建的调试机房辐射安全管理规章制度和操作规程及应急预案健全，具有可操作性。
7	做好辐射工作人员辐射安全与防护培训、进行个人剂量监测。补充、细化辐射监测方案，定期开展测试间辐射水平监测。规范编写、按时上报年度评估报告，落实辐射安全责任制。(环评批复要求)	经现场核实，公司建立的辐射安全与环境保护管理机构责任明确。从事调试与管理的33名辐射工作人员(含本项目)均已通过了辐射安全防护培训，取得了合格证书，均在有效期内。辐射监测方案可行，开展的个人剂量和工作场所辐射水平监测规范，按时规范编写上报的年度评估报告符合管理要求。
8	辐射工作场所实行分区管理，测试间内为	经现场核实，实行的分区管理合理。

**表五 工程建设对环境的影响**

验收检测结果表明，在正常工作状态下，本项目新建 TC7#、TC8#测试间四周屏蔽体外 30cm 处剂量率小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，屋顶上方剂量率小于  $50\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足环评文件要求。辐射工作人员和公众受照附加剂量分别低于  $5\text{mSv}/\text{a}$  和  $0.1\text{mSv}/\text{a}$  的剂量约束值，满足环评批复要求。

## 表六 验收结论

根据原北京市环保局《关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》（京环办〔2018〕24号）的要求，2019年1月29日，瓦里安医疗设备（中国）有限公司自行组织了“新建测试间项目”竣工环境保护验收会。会议由建设单位、环评单位、设计单位、施工单位、监测单位和验收报告编制单位及专家组成了验收组。验收组听取了建设单位对项目情况的介绍、验收报告编制单位对验收报告的汇报，进行了现场查验和文档查阅，经讨论形成验收意见如下：

一、按照国家有关环境保护的法律法规，瓦里安医疗设备（中国）有限公司新建测试间项目认真履行了环保审批和许可手续，严格执行了环保“三同时”制度。

二、在正常工作状态下，本项目新建TC7#、TC8#测试间四周屏蔽体外30cm处剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，屋顶上方剂量率小于 $50\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足环评文件要求。辐射工作人员和公众受照附加剂量分别低于 $5\text{mSv/a}$ 和 $0.1\text{mSv/a}$ 的剂量约束值，满足环评批复要求。

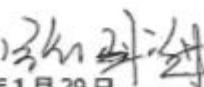
三、本项目相关辐射工作场所的电离辐射警示标志和中文警示说明设置规范，安装的安全联锁装置、门控开关、紧急开门按钮、急停按钮、急停拉线、清场巡检按钮、工作状态指示灯、固定式剂量监测系统、对讲系统、监控系统、通风系统等安全防护设施运行工作正常，可有效防止误操作，避免工作人员和公众受到意外照射。

四、公司成立了辐射安全防护领导小组，已制定了辐射安全管理制度、辐射安全操作规程、设备安装、拆装、检修维护制度、辐射防护措施、监测方案和监测制度、剂量监测设备管理制度、辐射防护培训制度、台帐管理制度和销售流程、实时剂量监测管理制度、放射性废物处理等制度以及辐射事故应急预案，满足生态环境保护管理要求。

五、公司辐射工作人员全部通过了辐射安全与防护培训，配备了便携式剂量监测仪、中子剂量仪、个人剂量报警仪等，开展了个人剂量和辐射工作场所监测，并建立了档案，按时上报年度评估报告，符合生态环境保护管理要求。

综上所述，瓦里安医疗设备（中国）有限公司新建测试间项目（京环审〔2018〕61号）满足相关要求，验收组一致同意本项目通过竣工环境保护验收。

验收合格： 是 否

组长：（签字）  
日期：2019年1月29日

表七 验收组名单

成员	姓名	单 位	职务/职称	签 名
组长	张国海	瓦里安医疗设备(中国)有限公司	辐射安全管理	张国海
副组长	宋福祥	北京市辐射安全技术中心	教授级高工	宋福祥
组员	于水	军事医学科学院	研究员	于水
	朱江秀	瓦里安医疗设备(中国)有限公司	工程师	朱江秀
	周治平	瓦里安医疗设备(中国)有限公司	生产部经理	周治平
	杨建超	中国核工业中原建设有限公司	项目经理	杨建超
	贺卫华	北京美信东方工程技术有限公司	工程师	贺卫华
	韩春彩	中国原子能科学研究院	高工	韩春彩
	陈超	中国原子能科学研究院	高工	陈超
	韩朝乐	核工业北京地质研究院	工程师	韩朝乐
	马晓	核工业北京地质研究院	工程师	马晓

## 附件 5 辐射工作人员基本情况一览表

序号	姓名	性别	年龄	工作类别	获证日期	证书编号
1	陈德喜	男	35	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/3/13	C1903123
2	杜奎星	男	41	射线装置生产、销售、使用和维修	2018/1/17	C1801033
3	葛兴	男	30	放射治疗	2016/3/17	B1601190
4	郭明伟	男	36	放射治疗	2016/9/19	A1611016
5	郝玉虎	男	42	射线装置生产、销售、使用和维修	2018/12/12	C1819054
6	贾艳强	男	37	放射治疗	2017/8/23	C1714140
7	姜艳	女	48	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/4/10	C1904099
8	李新光	男	37	其他	2016/8/8	A1610115
9	李阁	男	41	射线装置生产、销售、使用和维修	2017/6/21	C1710131
10	栗亚明	男	39	其他	2016/4/11	H1603021
11	鲁建华	男	33	其他	2016/4/11	H1603020
12	阮春雨	男	40	其他	2016/4/11	H1603022
13	孙浩	男	36	放射治疗	2017/8/23	C1714137
14	田伟	男	32	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/5/15	C1906024
15	田志刚	男	52	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/4/10	C1904079
16	谢睿	男	37	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/7/31	C1910135
17	谢小刚	男	27	放射治疗	2017/8/23	C1714138
18	徐章伟	男	32	射线装置生产、销售、使用和维修	2016/12/3	C1618022
19	许靖	男	25	射线装置生产、销售、使用和维修	2017/6/21	C1710082
20	薛飞	男	32	射线装置生产、销售、使用和维修	2016/12/6	C1618024
21	杨文凯	男	43	其他	2016/4/11	H1603015
22	张秋杰	男	29	射线装置生产、销售、使用和维修	2017/11/15	C1720023
23	张铖慧	男	29	射线装置生产、销售、使用和维修	2016/3/16	C1602112
24	裴雷	男	36	射线装置生产、销售、使用和维修	2018/10/17	C1815145
25	孙璐	女	30	射线装置生产、销售、使用和维修	2018/11/14	C1818088
26	李明	男	37	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/3/13	C1903123
27	刘宾	男	35	其他	2016/10/22	B1651030
28	杜航	男	24	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/4/10	C1904100
29	朱江秀	女	39	放射治疗	2017/8/23	C1714136
30	仇林	男	33	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/5/15	C1906057
31	韩涛	男	25	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/5/15	C1906059
32	段进亮	男	33	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/12/7	C1915026
33	李晶	女	33	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/12/7	C1915025
34	刘建康	男	36	射线装置生产、销售、使用和维修	2019/12/7	C1915027

注: 葛兴、栗亚明、鲁建华、阮春雨、杨文凯、张铖慧须重新参与生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核, 因疫情原因影响其参与考核, 承诺后期条件允许时, 及时报名参与考核。

附件 6 2019 年辐射工作人员个人剂量检测报告

## 附件7 瓦里安辐射工作场所年度监测报告

Form No: BE-4-R206 Rev:D/1

中国认可 报告编号: R19-033F  
国际互认 Series Number: R19-033F  
检测  
TESTING  
CNAS L3117

# 检 测 报 告

TEST REPORT

检测项目: X、 $\gamma$  辐射剂量(率)

Test Item

委托单位: 瓦里安医疗设备(中国)有限公司

Entrusting Unit

检测类别: 委托检测

Test Type

  
清华大学建筑环境检测中心  
Center for Building Environment Test, Tsinghua University

2019年8月15日

地址: 北京市海淀区清华大学建筑环境检测中心(旧土木馆204) 邮政编码: 100084

电话/传真: 010-62783909 E-Mail: center09@mail.tsinghua.edu.cn

本报告复印、涂改、增删无效

华地 建筑环境检测专用章

## 报告声明

- 1、作为正式文本，必须是检测报告原件，并加盖“清华大学建筑环境检测中心检测专用章”红章。
- 2、报告无授权签字人签字无效。
- 3、报告涂改增删无效。
- 4、对检测报告若有异议，必须于收到报告之日起十五日内向检测单位提出质疑，逾期不予受理。
- 5、报告仅对该委托样品负责。
- 6、未经本中心书面批准，任何人不得部分复印本检测报告的内容。
- 7、报告如遇丢失，需由委托单位提出申请，并加盖单位公章；补发报告为原报告的复印件，并加盖“清华大学建筑环境检测中心检测专用章”及“清华大学建筑环境检测中心遗失补发报告专用章”红章，标明补发日期。

---

电离及电磁辐射检测室： 010—62784661 传真： 010—62782658 联系人： 朱立  
地址： 北京市海淀区清华大学工程物理系 E-Mail: zhuli@tsinghua.edu.cn  
建筑声学检测室： 010—62790302 传真： 010—62772349 联系人： 薛小艳  
散热器性能检测室： 010—62782153 传真： 010—62781744 联系人： 闫雅丽  
建筑光环境检测室： 010—62782206 传真： 010—62782206 联系人： 赵晓波  
室内空气质量检测室： 010—62792713 传真： 010—62773461 联系人： 苑蕊  
暖通空调与建筑节能检测室： 010—62792338 传真： 010—62773461 联系人： 杨晓飞  
检测中心业务办公室： 010—62783909 传真： 010—62783909 联系人： 王珊

本报告复印、涂改、增删无效

# 清华大学建筑环境检测中心

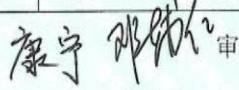
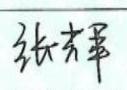
Center for Building Environment Test, Tsinghua University

## 电 离 辐 射 检 测 报 告

Radiation Test Report

检测地点	北京市北京经济技术开发区运成街 8 号		检测项目	X、γ 辐射剂量(率)															
委托单位	瓦里安医疗设备(中国)有限公司		检测类别	委托检测															
检测仪器	6150AD-b/H 型环境 X、γ 剂量仪		仪器编号	R-F-429															
检测日期	2019 年 7 月 19 日		报告日期	2019 年 8 月 15 日															
检测依据	GB/T 14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》																		
检测对象说明	<p>瓦里安医疗设备(中国)有限公司位于北京经济技术开发区运成街 8 号, 该公司已取得《辐射安全许可证》(京环辐证[S0051]), 许可的种类和范围是: 使用 III 类放射源, 使用 II 类、III 类射线装置, 销售 II 类、III 类射线装置。受其委托, 我中心对该公司的射线装置工作场所进行辐射剂量检测。</p> <p>检测目的: 通过对辐射工作场所环境剂量检测, 评估其是否满足国家相关标准要求, 确保工作人员和公众人员的辐射安全。</p> <p>辐射工作场所名称及射线装置测量时的参数, 见表 1 所示。</p> <p style="text-align: center;">表 1 辐射工作场所名称及射线装置测量参数</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">辐射工作场所名称</th> <th style="text-align: center;">射线装置类型</th> <th style="text-align: center;">设备工作状态参数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">TC4 测试间</td> <td style="text-align: center;">加速器</td> <td style="text-align: center;">能量 6MeV 输出量 600cGy/min@1m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TC5 测试间</td> <td style="text-align: center;">加速器</td> <td style="text-align: center;">能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TC6 测试间</td> <td style="text-align: center;">加速器</td> <td style="text-align: center;">能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TC7 测试间</td> <td style="text-align: center;">加速器</td> <td style="text-align: center;">能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m</td> </tr> </tbody> </table>				辐射工作场所名称	射线装置类型	设备工作状态参数	TC4 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 600cGy/min@1m	TC5 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m	TC6 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m	TC7 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m
辐射工作场所名称	射线装置类型	设备工作状态参数																	
TC4 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 600cGy/min@1m																	
TC5 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m																	
TC6 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m																	
TC7 测试间	加速器	能量 6MeV 输出量 800cGy/min@1m																	

本报告复印、涂改、增删无效  
Form No.: BE-4-R206 Rev:D/I

检测方法	在加速器开机和关机两种情况下, 分别对工作人员的操作位置及工作场所周围进行 X、γ 辐射剂量率测量。测量点通常选取在机房墙外表面 30cm 处, 选择人员受照的剂量可能最大的位置作为关注点。
检测结果	<p>(1) TC4 测试间 加速器开机和关机状态的 TC4 测试间辐射工作场所环境剂量率检测结果参见附表 1, 具体测量位点见图 1-1。</p> <p>(2) TC5 测试间 加速器开机和关机状态的 TC5 测试间辐射工作场所环境剂量率检测结果参见附表 2, 具体测量位点见图 2-1。</p> <p>(3) TC6 测试间 加速器开机和关机状态的 TC6 测试间辐射工作场所环境剂量率检测结果参见附表 3, 具体测量位点见图 3-1。</p> <p>(4) TC7 测试间 加速器开机和关机状态的 TC7 测试间辐射工作场所环境剂量率检测结果参见附表 4, 具体测量位点见图 4-1。</p>
检测结论	从测量结果可见, TC4、TC5、TC6、TC7 测试间在加速器正常工作时, 辐射工作场所和操作位置 X、γ 辐射剂量率基本处于本底水平范围, X、γ 附加剂量率最大值为 $0.03 \pm 0.01 \mu\text{Sv}/\text{h}$ , 满足不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 的设计管理目标值, 同时也满足《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》(GBZ/T 201.2-2011) 中规定的控制水平要求。测试间房顶的 X、γ 附加剂量率最大值为 $0.02 \pm 0.01 \mu\text{Sv}/\text{h}$ , 满足不大于 $10 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 的设计管理目标值, 同时也满足 GBZ/T 201.2-2011 中规定的控制水平要求。
备注	无
检测:	康宁  审核: 张辉  批准: 朱立  2019.7.19 2019.8.15 2019.8.15

本报告复印、涂改、增删无效  
Form No.: BE-4-R206 Rev:D/1

附表 1 TC4 测试间环境辐射剂量率检测结果

检测地点		北京市北京经济技术开发区 运成街 8 号		能量	6MeV	
设备名称		加速器		输出量	600cGy/min@1m	
检测 仪表	编号	名称	型号	仪表编号	刻度因子	检定有效期
	1	环境 X、γ 剂量率仪	6150AD-b/H	R-F-429	0.95	2020.4.22
	散射体		无			
	天然本底		0.08±0.01μSv/h			
备注		检测结果=仪表读数×刻度因子				

检测记录:

表 1-1 辐射工作场所辐射剂量率检测结果

序号	检测点位描述	X、γ 辐射剂量率 (μSv/h)		
		开机状态	关机状态	附加剂量率
1	东墙	0.08±0.00	0.08±0.00	0.00±0.00
2	北墙	0.07±0.00	0.06±0.01	0.01±0.01
3	西墙	0.09±0.00	0.08±0.00	0.01±0.00
4	南墙	0.08±0.00	0.08±0.01	0.00±0.00
5	北防护门	0.06±0.00	0.06±0.00	0.01±0.00
6	工作人员位置	0.07±0.00	0.09±0.01	0.00±0.01
7	北检修门	0.07±0.00	0.08±0.00	0.00±0.00
8	房顶	0.09±0.01	0.07±0.00	0.01±0.01

注: 开机和关机状态测量数据未扣除本底, 附加剂量率扣除本底。

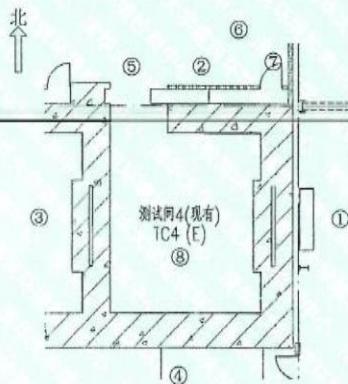


图 1-1 检测点位示意图

附表 2 TC5 测试间环境辐射剂量率检测结果

检测地点		北京市北京经济技术开发区 运成街 8 号		能量	6MeV	
设备名称		加速器		输出量	800cGy/min@1m	
检测 仪表	编号	名称	型号	仪表编号	刻度因子	检定有效期
	1	环境 X、 $\gamma$ 剂量率仪	6150AD-b/H	R-F-429	0.95	2020.4.22
	散射体		无			
	天然本底		$0.08 \pm 0.01 \mu\text{Sv/h}$			
备注		检测结果=仪表读数×刻度因子				

检测记录:

表 2-1 辐射工作场所辐射剂量率检测结果

序号	检测点位描述	X、 $\gamma$ 辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
		开机状态	关机状态	附加剂量率
1	东墙	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.00 ± 0.00
2	北墙	0.10 ± 0.00	0.08 ± 0.01	0.01 ± 0.00
3	西墙	0.11 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.01 ± 0.01
4	南墙	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.00 ± 0.01
5	北防护门	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.00	0.03 ± 0.01
6	工作人员位置	0.10 ± 0.00	0.08 ± 0.01	0.02 ± 0.01
7	北检修门	0.09 ± 0.00	0.07 ± 0.00	0.02 ± 0.00
8	房顶	0.09 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.02 ± 0.01

注: 开机和关机状态测量数据未扣除本底, 附加剂量率扣除本底。

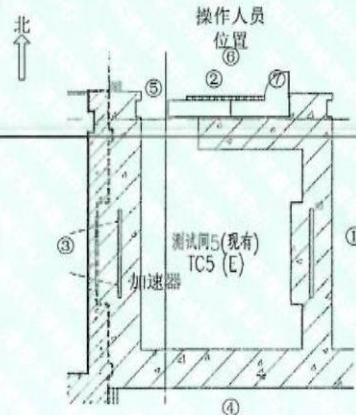


图 2-1 检测点位示意图

附表 3 TC6 测试间环境辐射剂量率检测结果

检测地点		北京市北京经济技术开发区 运成街 8 号		能量	6MeV	
设备名称		加速器		输出量	800cGy/min@1m	
检测 仪表	编号	名称	型号	仪表编号	刻度因子	检定有效期
	1	环境 X、γ 剂量率仪	6150AD-b/H	R-F-429	0.95	2020.4.22
		散射体			无	
		天然本底			0.08±0.01μSv/h	
备注		检测结果=仪表读数×刻度因子				

检测记录:

表 3-1 辐射工作场所辐射剂量率检测结果

序号	检测点位描述	X、γ 辐射剂量率 (μSv/h)		
		开机状态	关机状态	附加剂量率
1	北防护门	0.09±0.00	0.07±0.01	0.02±0.01
2	北墙	0.10±0.00	0.09±0.00	0.01±0.00
3	工作人员位置	0.10±0.00	0.09±0.00	0.01±0.00
4	东墙	0.09±0.00	0.09±0.00	0.00±0.00
5	西墙	0.10±0.00	0.10±0.00	0.01±0.00
6	南墙	0.08±0.00	0.08±0.00	0.00±0.00
7	房顶	0.08±0.01	0.07±0.00	0.01±0.00

注: 开机和关机状态测量数据未扣除本底, 附加剂量率扣除本底。

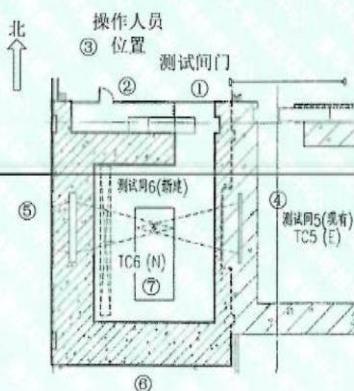


图 3-1 检测点位示意图

附表 4 TC7 测试间环境辐射剂量率检测结果

检测地点		北京市北京经济技术开发区 运成街 8 号		能量	6MeV	
设备名称		加速器		输出量	800cGy/min@1m	
检测 仪表	编号	名称	型号	仪表编号	刻度因子	检定有效期
	1	环境 X、γ 剂量率仪	6150AD-b/H	R-F-429	0.95	2020.4.22
	散射体		无			
	天然本底		$0.08 \pm 0.01 \mu\text{Sv/h}$			
备注		检测结果=仪表读数×刻度因子				

检测记录:

表 4-1 辐射工作场所辐射剂量率检测结果

序号	检测点位描述	X、γ 辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
		开机状态	关机状态	附加剂量率
1	北侧防护门	$0.07 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.00$	$0.02 \pm 0.00$
2	西检修门	$0.09 \pm 0.00$	$0.07 \pm 0.00$	$0.01 \pm 0.00$
3	东检修门	$0.11 \pm 0.00$	$0.10 \pm 0.01$	$0.02 \pm 0.01$
4	工作人员位置	$0.08 \pm 0.00$	$0.07 \pm 0.00$	$0.01 \pm 0.00$
5	东墙	$0.12 \pm 0.00$	$0.11 \pm 0.00$	$0.00 \pm 0.00$
6	西墙	$0.09 \pm 0.00$	$0.08 \pm 0.00$	$0.01 \pm 0.00$
7	南墙	$0.08 \pm 0.01$	$0.08 \pm 0.00$	$0.00 \pm 0.01$
8	南侧防护门	$0.06 \pm 0.01$	$0.06 \pm 0.01$	$0.00 \pm 0.01$
9	房顶	$0.08 \pm 0.00$	$0.07 \pm 0.01$	$0.00 \pm 0.01$

注: 开机和关机状态测量数据未扣除本底, 附加剂量率扣除本底。

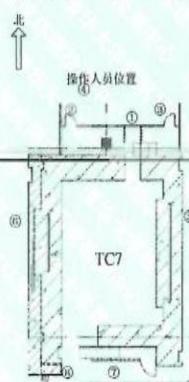


图 4-1 检测点位示意图

(以下空白)



中国认可  
国际互认  
检测  
TESTING  
CNAS L3117

报告编号: R19-046F  
Series Number: R19-046F

# 检 测 报 告

TEST REPORT

检测项目: X、 $\gamma$  辐射剂量(率) 和中子辐射剂量(率)  
Test Item

委托单位: 瓦里安医疗设备(北京)有限公司  
Entrusting Unit



检测类别: 委托检测  
Test Type

清华大学建筑环境检测中心

Center for Building Environment Test, Tsinghua University

2019年12月12日

地 址: 北京市海淀区清华大学建筑环境检测中心(旧土木馆 204) 邮政编码: 100084

电话/传真: 010-62783909 E-Mail: center09@mail.tsinghua.edu.cn

本报告复印、涂改、增删无效

## 报告声明

- 1、作为正式文本，必须是检测报告原件，并加盖“清华大学建筑环境检测中心检测专用章”红章。
- 2、报告无授权签字人签字无效。
- 3、报告涂改增删无效。
- 4、对检测报告若有异议，必须于收到报告之日起十五日内向检测单位提出质疑，逾期不予受理。
- 5、报告仅对该委托样品负责。
- 6、未经本中心书面批准，任何人不得部分复印本检测报告的内容。
- 7、报告如遇丢失，需由委托单位提出申请，并加盖单位公章；补发报告为原报告的复印件，并加盖“清华大学建筑环境检测中心检测专用章”及“清华大学建筑环境检测中心遗失补发报告专用章”红章，标明补发日期。

电离及电磁辐射检测室： 010—62784661 传真： 010—62782658 联系人： 朱立  
地址： 北京市海淀区清华大学工程物理系 E-Mail: zhuli@tsinghua.edu.cn

建筑声学检测室： 010—62790302 传真： 010—62772349 联系人： 薛小艳

建筑光环境检测室： 010—62785691 传真： 010—62785691 联系人： 赵晓波

室内空气质量检测室： 010—62792713 传真： 010—62773461 联系人： 苑蕊

暖通空调与建筑节能检测室： 010—62792338 传真： 010—62773461 联系人： 杨晓飞  
010—62797686 传真： 010—62794065 联系人： 李辉

检测中心业务办公室： 010—62783909 传真： 010—62783909 联系人： 王珊

本报告复印、涂改、增删无效

# 清华大学建筑环境检测中心

Center for Building Environment Test, Tsinghua University

## 电 离 辐 射 检 测 报 告

### Radiation Test Report

检测地点	北京市北京经济技术开发区 运成街 8 号	检测项目	X、 $\gamma$ 辐射剂量(率) 和 中子辐射剂量(率)						
委托单位	瓦里安医疗设备(中国)有限公司	检测类别	委托检测						
检测仪器	6150AD-b/H 型 X、 $\gamma$ 剂量仪 LB6411 型中子剂量当量率仪	仪器编号	R-F-429 R-F-428						
检测日期	2019 年 12 月 6 日	报告日期	2019 年 12 月 12 日						
检测依据	(1)《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93) (2)《辐射防护仪器中子周围剂量当量(率)仪》(GB/T 14318-2008)								
检测对象 说明	<p>瓦里安医疗设备(中国)有限公司位于北京经济技术开发区运成街 8 号, 该公司已取得《辐射安全许可证》(京环辐证[S0051]), 许可的种类和范围是: 使用 III 类放射源, 使用 II 类、III 类射线装置, 销售 II 类、III 类射线装置。受其委托, 我中心对该公司的射线装置工作场所进行辐射剂量检测。</p> <p>检测目的: 通过对辐射工作场所环境剂量检测, 评估其是否满足国家相关标准要求, 确保工作人员和公众人员的辐射安全。</p> <p>辐射工作场所名称及射线装置测量时的参数, 见表 1 所示。</p>								
	<b>表 1 辐射工作场所名称及射线装置测量参数</b>								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">辐射工作场所名称</th><th style="text-align: center;">射线装置类型</th><th style="text-align: center;">设备工作状态参数</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">TC8 测试间</td><td style="text-align: center;">加速器</td><td style="text-align: center;">X 射线, 能量 18MV 输出量 600cGy/min@1m</td></tr> </tbody> </table>			辐射工作场所名称	射线装置类型	设备工作状态参数	TC8 测试间	加速器	X 射线, 能量 18MV 输出量 600cGy/min@1m
辐射工作场所名称	射线装置类型	设备工作状态参数							
TC8 测试间	加速器	X 射线, 能量 18MV 输出量 600cGy/min@1m							
检测方法	<p>在加速器开机和关机两种工况下, 分别对工作场所周围及工作人员操作位置进行 X、<math>\gamma</math> 辐射剂量率和中子辐射剂量率测量。测量点通常选取在机房墙外表面 30cm 处, 选择人员受照的剂量可能最大的位置作为关注点。</p>								

本报告复印、涂改、增删无效  
Form No.: BE-4-R206 Rev:D/1

检测结果	加速器开机和关机状态的 TC8 测试间周围 X、 $\gamma$ 剂量率和中子剂量率检测结果分别见表 1-1，具体测量位点分别参见图 1-1。	
检测结论	从测量结果可见，TC8 测试间在 18MV 加速器（X 射线，600cGy/min@1m）工作时，测试间四周和操作位置的 X、 $\gamma$ 和中子附加剂量率最大值（位于防护门底缝）为 $1.92 \pm 0.02\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的管理目标值和《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》（GBZ/T 201.2-2011）中规定的控制水平要求。测试间房顶的 X、 $\gamma$ 和中子附加剂量率最大值为 $7.51 \pm 0.03\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足不大于 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的管理目标值和 GBZ/T 201.2-2011 中规定的控制水平要求。 (以下空白)	
备注	无	
检测:	审核:	批准:
2019.12.6	2019.12.12	2019.12.12

清华大学建筑环境检测中心



附表 1 TC8 测试间环境辐射剂量率检测结果

检测地点		北京市北京经济技术开发区运成街 8 号		能量	18MV	
设备名称		加速器		输出量	X 射线 600cGy/min@1m	
检测 仪表	编号	名称	型号	仪表编号	刻度因子	检定有效期
	1	环境 X、γ 剂量率仪	6150AD-b/H	R-F-429	0.95	2020.4.22
	2	中子剂量当量率仪	LB6411	R-F-428	0.966	2019.10.14
	散射体		无			
	天然本底		X、γ: $0.08 \pm 0.01 \mu\text{Sv/h}$ , 中子: $0.01 \pm 0.01 \mu\text{Sv/h}$			
	备注		检测结果=仪表读数×刻度因子			

检测记录:

表 1-1 辐射工作场所辐射剂量水平检测结果

序号	检测点位 描述	X、γ 辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		中子辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		X、γ 和中子 辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
		开机	关机	开机	关机	
1	测试间门	$0.99 \pm 0.01$	$0.07 \pm 0.01$	$1.00 \pm 0.02$	$0.01 \pm 0.01$	$1.92 \pm 0.02$
2	北墙	$0.82 \pm 0.07$	$0.07 \pm 0.01$	$0.13 \pm 0.01$	$0.00 \pm 0.01$	$0.88 \pm 0.01$
3	工作人员 位置	$0.34 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$	$0.26 \pm 0.02$	$0.00 \pm 0.01$	$0.50 \pm 0.01$
4	东墙	$0.12 \pm 0.01$	$0.12 \pm 0.01$	$0.00 \pm 0.03$	$0.01 \pm 0.01$	$0.00 \pm 0.01$
5	西墙	$0.11 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$	$0.00 \pm 0.01$	$0.01 \pm 0.01$	$0.01 \pm 0.01$
6	南墙	$0.09 \pm 0.01$	$0.09 \pm 0.01$	$0.01 \pm 0.01$	$0.01 \pm 0.01$	$0.00 \pm 0.01$
7	房顶二层	$7.57 \pm 0.05$	$0.08 \pm 0.01$	$0.03 \pm 0.01$	$0.01 \pm 0.01$	$7.51 \pm 0.03$

注: 1. 开机和关机状态测量数据未扣除本底, 附加剂量率扣除本底;

2. 房顶无人员到达且只有借助工具才能进入。

(本页以下空白)

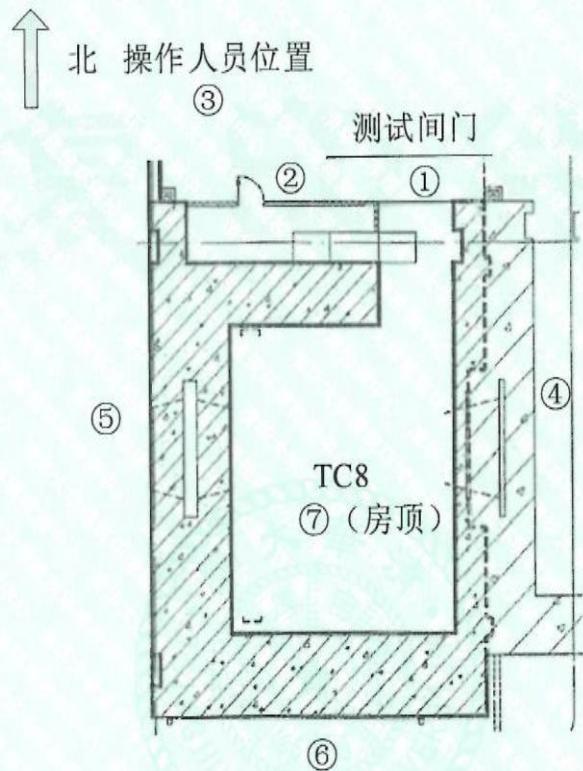


图 1-1 TC8 测试间检测点位示意图

(以下空白)

## 附件8 辐射水平现状监测报告



FSJC-ZC708-1J03

中国原子能科学研究院  
辐射监测与评价实验室

# 监测报告

报告编号: 2019024-20191102



监测对象: 新增测试间项目拟建场址

委托单位: 瓦里安医疗设备(中国)有限公司

发出日期: 2020-01-08

## 注意事项

1. 报告无中国原子能科学研究院辐射监测与评价实验室检测专用章无效。
2. 部分复制报告无效。
3. 报告无编制人、审核人和批准人签字无效。
4. 对报告若有异议，应于收到报告之日起三十日内向本实验室提出。
5. 本报告仅对被监测对象负责。
6. 依照有关规定，原始记录在本实验室保存六年。

单位名称：中国原子能科学研究院辐射监测与评价实验室

单位地址：北京市房山区新镇

通讯地址：北京 275 信箱 133 分箱

邮政编码：102413

联系人：卢瑛

电话：010- 69358773

## 1. 任务来源

受瓦里安医疗设备（中国）有限公司（以下简称“瓦里安公司”）委托，中国原子能科学研究院辐射监测与评价实验室于 2019 年 12 月 11 日对瓦里安公司新增测试间项目（简称“本项目”）拟建场址及周边环境进行了辐射监测。

## 2. 监测项目

$\gamma$  辐射剂量率、中子周围剂量当量率。

## 3. 监测场所

根据瓦里安公司提供的资料，瓦里安医疗系统公司总部位于美国加利福尼亚帕罗奥托，是提供癌症及其他疾病放射治疗、放射外科治疗、质子治疗，以及近距离放射治疗设备及相关软件的全球领先生产企业。瓦里安医疗设备（中国）有限公司是美国瓦里安医疗公司在中国的投资公司，主要从事瓦里安医用射线装置的生产工作。

此次新增测试间拟建场址位于北京市大兴区运成街 8 号，是北京经济技术开发区的核心区，其东北侧为永昌中路，东南侧为赛德高科铁道电气科技有限责任公司，西南侧为开发区园区公路，西北侧为运成街。

## 4. 监测对象及点位布设

### 4.1 监测对象

根据瓦里安公司提供的资料, 瓦里安公司目前在用有 8 个测试间, 分别为教学测试间 1、教学测试间 2、教学测试间 3、测试间 4 测试间 5、测试间 6、测试间 7 和测试间 8, 对应的编号分别为 EDTC#1、EDTC#2、EDTC#3、TC#4、TC#5、TC#6、TC#7 和 TC#8, 其中: EDTC#1、EDTC#2、EDTC#3、TC#4、TC#5 和 TC#6 位于图 1 所示“原有测试间”区域, TC#7 和 TC#8 位于图 1 所示“三期测试间”区域。

此次监测, 瓦里安公司测试间 4 (TC#4)、测试间 5 (TC#5) 和测试间 8 (TC#8) 内同时有设备运行测试工作, 其中: 测试间 8 (TC#8) 内的测试的加速器设备型号为 TrueBeam, 加速粒子为电子, X 射线能量为 18MV, 出束方向向下, 距靶 1 米处剂量率为 360Gy/h; 测试间 4 (TC#4) 和测试间 5 (TC#5) 内的测试的加速器设备型号均为 Unique, 加速粒子为电子, X 射线能量为 6MV, 出束方向向下, 距靶 1 米处剂量率为 480Gy/h。瓦里安公司其余 5 间测试间 (EDTC#1、EDTC#2、EDTC#3、TC#6 和 TC#7) 内无测试。

本项目拟新增的测试间为拟建测试间 9、拟建测试间 10、拟建测试间 11 和拟建测试间 12, 对应的编号为 TC#9、TC#10、TC#11 和 TC#12, 拟建测试间位于该公司厂区西南侧, 如图 1 所示。

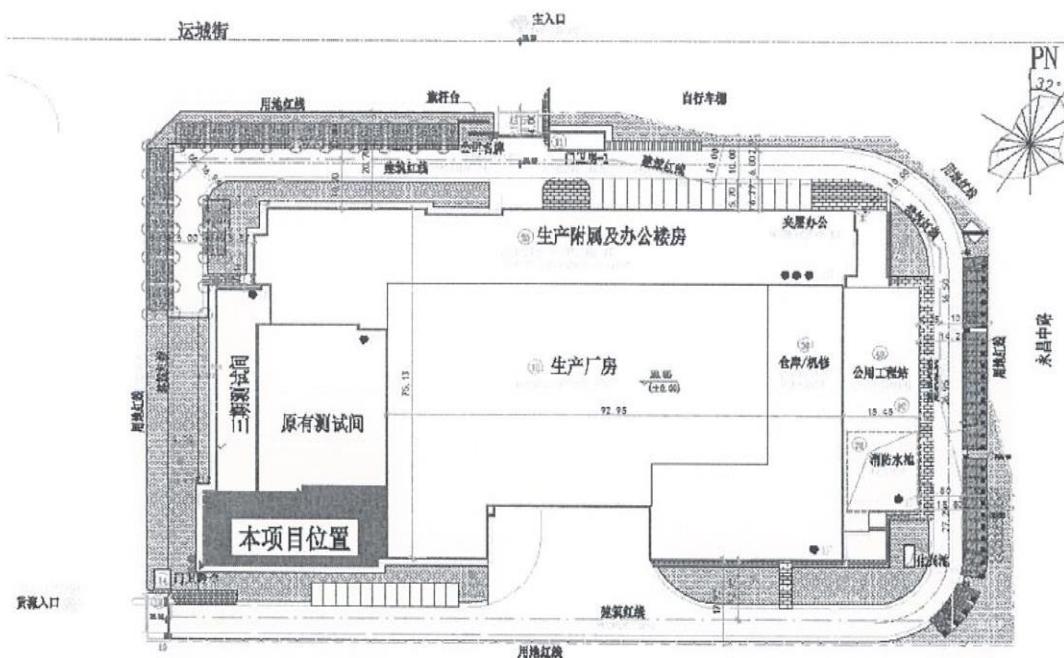


图 1 瓦里安公司拟建测试间场址厂区位置及现状示意图

#### 4.2 监测点位

监测时，拟建场址西侧是草地，东侧是堆场。 $\gamma$  辐射剂量率和中子周围剂量当量率的监测点位布设见图 2 和图 3，其中：图 2 虚线建筑为新增测试间拟建场址，图 3 为瓦里安公司周边监测点位。

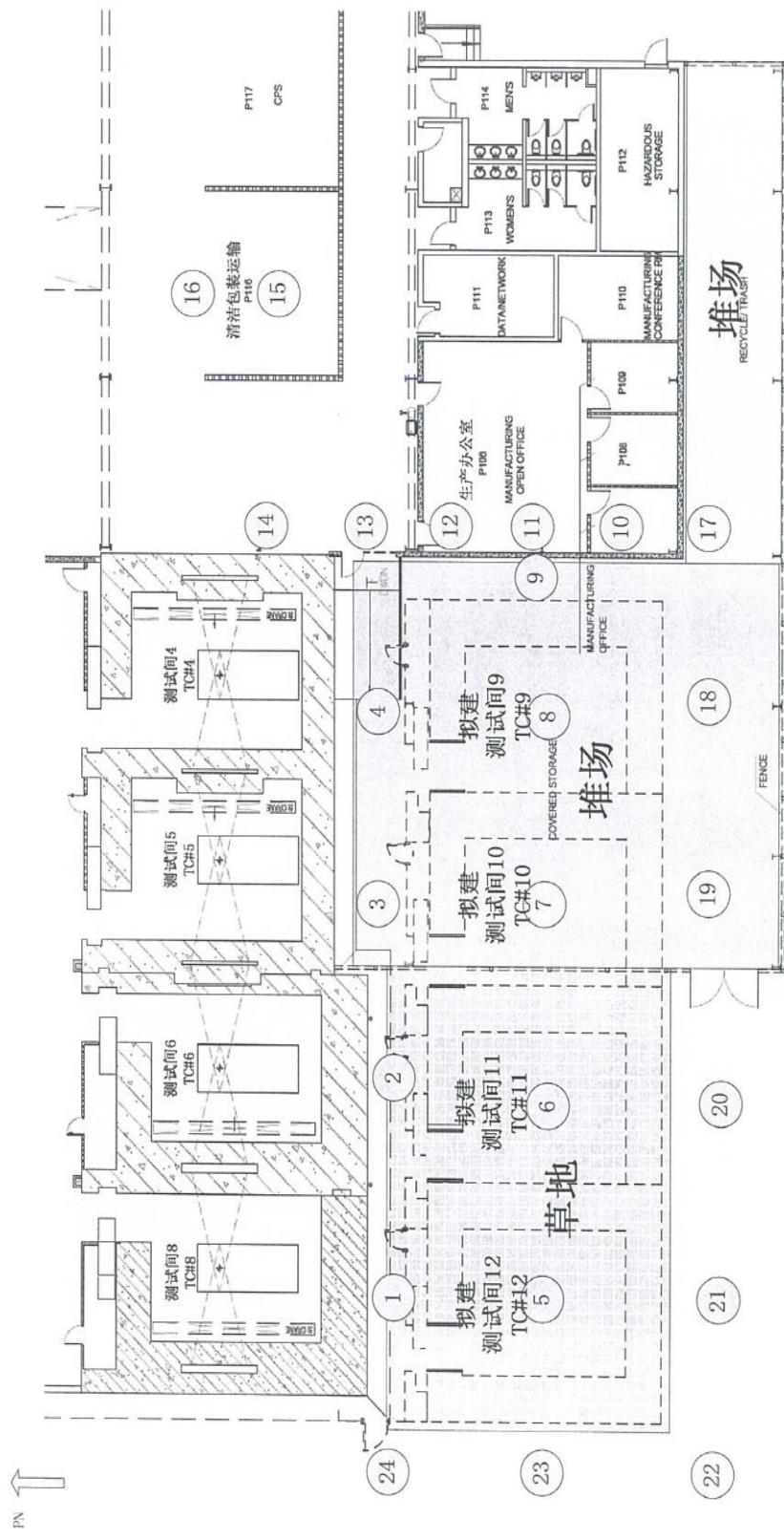


图2 瓦里安公司新增测试间拟建场址监测布点示意图



图例:(25)  $\gamma$  辐射剂量率和中子周围剂量当量率监测点

图 3 瓦里安公司拟新增测试间周边监测布点示意图

## 5. 监测仪器及方法

### 5.1 监测设备

本次监测采样的监测设备见表 1。

表 1 监测设备及性能指标

仪器名称	型号	主要技术性能指标	检定有效日期
$\gamma$ 辐射测量仪	FH40G+ FHZ672E-10	测量范围: 10nSv/h~100 $\mu$ Sv/h; 能量范围: 48keV~6MeV; 相对响应之差: <±15%。	2020 年 4 月 22 日

仪器名称	型号	主要技术性能指标	检定有效日期
中子周围 剂量当量 (率) 仪	LB123+LB6411	测量范围: 50nSv/h~100 mSv/h; 能量响应: 热中子~ 20 MeV。	2020 年 4 月 29 日

## 5.2 监测方法

$\gamma$  辐射剂量率、中子周围剂量当量率监测均采用便携式监测仪表，以定点测量及巡测的方式对监测点进行监测。监测时每点测量 4 次，每次间隔 5 秒钟，取平均值。

在测试间 4 (TC#4)、测试间 5 (TC#5) 和测试间 8 (TC#8) 设备测试和待机时，分别对图 2 中所示点位进行监测；在测试间待机状态时，对图 3 所示瓦里安公司周边监测点进行监测。

## 6. 监测依据

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；
- 《电离辐射工作场所监测的一般规定》(EJ381-89)。

## 7. 监测结果

瓦里安公司  $\gamma$  辐射剂量率、中子周围剂量当量率监测结果见表 2 和表 3。

表2 瓦里安公司新增测试间拟建场址辐射剂量率监测结果

单位: nSv/h

点位编号	点位描述	辐射剂量率		备注
		设备待机	设备工作	
1	拟建测试间 12 北侧	83.5±1.0	83.3±0.6	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
2	拟建测试间 11 北侧	91.0±1.9	58.0±2.5	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
3	拟建测试间 10 北侧	63.6±0.3	62.6±1.8	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
4	拟建测试间 9 北侧	68.5±3.3	73.2±0.2	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
5	拟建测试间 12 中	77.6±5.9	79.8±0.5	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
6	拟建测试间 11 中	79.6±0.5	85.1±0.4	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
7	拟建测试间 10 中	53.1±0.3	58.2±0.9	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
8	拟建测试间 9 中	61.3±1.3	68.0±0.4	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
9	拟建测试间 9 东侧	97.0±0.4	93.7±2.0	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
10	生产办公室西南墙	77.0±0.6	63.1±0.9	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
11	生产办公室西墙	56.5±0.2	57.4±1.5	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
12	生产办公室西北墙	62.3±0.4	64.1±0.7	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
13	测试间 4 东南侧	87.7±3.2	83.0±2.4	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
14	测试间 4 东侧	73.9±2.7	84.4±3.6	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
15	清洁包装运输区南侧	82.9±2.5	82.0±0.7	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
16	清洁包装运输区北侧	78.5±0.1	80.4±0.2	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
17	拟建测试间 9 东南侧	58.3±0.6	61.4±0.4	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
18	拟建测试间 9 南侧	51.3±1.9	57.3±1.8	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
19	拟建测试间 10 南侧	57.4±2.4	59.3±0.3	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n

20	拟建测试间 11 南侧	62.1±0.7	54.3±0.9	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
21	拟建测试间 12 南侧	74.3±1.8	71.1±0.5	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
22	拟建测试间 12 西南侧	66.8±0.8	74.3±0.3	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
23	拟建测试间 12 西侧	70.2±1.0	72.0±0.4	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n
24	拟建测试间 12 西北侧	70.9±2.2	70.4±2.7	γ
		<LLD <sub>n</sub>	<LLD <sub>n</sub>	n

注：1、监测结果包含仪表对宇宙射线的响应；

2、LLD<sub>n</sub>是中子周围剂量当量率探测限，为 50nSv/h。

表3 瓦里安公司周边监测点辐射剂量率监测结果

单位：nSv/h

点位编号	点位描述	辐射剂量率	备注
25	瓦里安公司西侧	68.3±5.1	γ
		<LLD <sub>n</sub>	n
26	瓦里安公司西侧偏南	64.7±0.2	γ
		<LLD <sub>n</sub>	n
27	瓦里安公司南侧	63.1±0.4	γ
		<LLD <sub>n</sub>	n
28	瓦里安公司东侧偏南	64.3±0.9	γ
		<LLD <sub>n</sub>	n
29	瓦里安公司东侧	68.5±0.7	γ
		<LLD <sub>n</sub>	n

注：1、监测结果包含仪表对宇宙射线的响应；

2、LLD<sub>n</sub>是中子周围剂量当量率探测限，为 50nSv/h。

由表 2 可知，瓦里安公司新增测试间拟建场址 γ 辐射剂量率在测试间 4 (TC#4)、测试间 5 (TC#5) 和测试间 8 (TC#8) 内设备同时工作时，监测结果在 (54.3~93.7) nSv/h 范围内，中子周围剂量当量率均小于仪表探测限；在测试间设备待机时，为 (51.3~97.0) nSv/h，

子周围剂量当量率均小于仪表探测限。

由表 3 可知, 瓦里安公司周边  $\gamma$  辐射剂量率监测结果在 (63.1~68.5) nSv/h 范围内, 中子周围剂量当量率均小于仪表探测限。

## 8. 结论

通过本次监测, 可以得出以下结论:

瓦里安医疗设备(中国)有限公司新增测试间项目拟建场址及周边  $\gamma$  辐射剂量率水平在 (51.3~97.0) nSv/h 范围内, 中子周围剂量当量率均小于仪表探测限。

(报告结束)

监测单位章:



编制人: 王晓伟

审核人: 王纪林  
尹英

批准人:

#### 附件 9 辐射工作场所监测记录表

### 表 辐射工作场所外照射剂量率监测记录表

监测场所:

监测部门:

监测条件:

### 监测时间

监测设备名称:

设备型号:

监测人:

记录人：

## 附件 10 建设工程规划许可证

No. 0004749

中华人民共和国 建设工程规划许可证											
建字第 110301202000042号 2020规自(开)建字0019号											
根据《中华人民共和国城乡规划法》第 四十条规定,经审核,本建设工程符合城乡 规划要求,颁发此证。											
发证机关 北京市规划和自然资源委员会 日期 2020年04月23日											
<table border="1"><tr><td>建设单位(个人)</td><td>瓦里安医疗设备(中国)有限公司</td></tr><tr><td>建设项目名称</td><td>新建生产测试间项目(新建生产测试间9等4项)</td></tr><tr><td>建设位置</td><td>北京经济技术开发区核心区51#街区M111地块</td></tr><tr><td>建设规模</td><td>723.8平方米</td></tr><tr><td colspan="2">附图及附件名称  本工程建设工程规划许可证附件及设计总平面图 一份。</td></tr></table>		建设单位(个人)	瓦里安医疗设备(中国)有限公司	建设项目名称	新建生产测试间项目(新建生产测试间9等4项)	建设位置	北京经济技术开发区核心区51#街区M111地块	建设规模	723.8平方米	附图及附件名称  本工程建设工程规划许可证附件及设计总平面图 一份。	
建设单位(个人)	瓦里安医疗设备(中国)有限公司										
建设项目名称	新建生产测试间项目(新建生产测试间9等4项)										
建设位置	北京经济技术开发区核心区51#街区M111地块										
建设规模	723.8平方米										
附图及附件名称  本工程建设工程规划许可证附件及设计总平面图 一份。											

### 遵守事项

- 一、本证是经城乡规划主管部门依法审核,建设工程符合城乡规划要求的法律凭证。
- 二、未取得本证或不按本证规定进行建设的,均属违法建设。
- 三、未经发证机关许可,本证的各项规定不得随意变更。
- 四、城乡规划主管部门依法有权查验本证,建设单位(个人)有责任提交查验。
- 五、本证所需附图与附件由发证机关依法确定,与本证具有同等法律效力。



固定资产投资  
2019 17172 3513 04111

## 北京市规划和自然资源委员会 建设工程规划许可证附件

(社会投资房屋建筑工程)



建字第110301202000042号

2020规自(开)建字0019号

制作日期: 2020年04月23日

申报单位: 瓦里安医疗设备(中国)有限公司

建设位置: 北京经济技术开发区核心区51#街区M111地块

### ●工程许可审批:

△投资主管部门工程名称: 新建生产测试间项目

### □非住房类项目

序号	项目性质	总建筑面积 (平方米)	建筑面积(平方米)		层数		高度(米)		栋数
			地上	地下	地上	地下	地上	地下	
1	新建生产测试间9	229.6	229.6	0	1	0	8.35	/	1
	备注	地上建筑高度是由室外地坪至建筑女儿墙顶;屋面标高为7.59米。							
序号	项目性质	总建筑面积 (平方米)	建筑面积(平方米)		层数		高度(米)		栋数
			地上	地下	地上	地下	地上	地下	
2	新建生产测试间10	184	184	0	1	0	8.35	/	1
	备注	地上建筑高度是由室外地坪至建筑女儿墙顶;屋面标高为7.59米。							
序号	项目性质	总建筑面积 (平方米)	建筑面积(平方米)		层数		高度(米)		栋数
			地上	地下	地上	地下	地上	地下	
3	新建生产测试间11	134.5	134.5	0	1	0	8.35	/	1
	备注	地上建筑高度是由室外地坪至建筑女儿墙顶;屋面标高为7.59米。							
序号	项目性质	总建筑面积 (平方米)	建筑面积(平方米)		层数		高度(米)		栋数
			地上	地下	地上	地下	地上	地下	
4	新建生产测试间12	175.7	175.7	0	1	0	8.35	/	1
	备注	地上建筑高度是由室外地坪至建筑女儿墙顶;屋面标高为7.59米。							
总计		723.8	723.8	0	—	—	—	—	4



### 告知事项:

- 本《建设工程规划许可证》有效期2年。
- 按照北京市规划和国土资源管理委员会、北京市发展和改革委员会、北京市住房和城乡建设委员会、市政府审改办等九部门《关于进一步优化营商环境深化建设项目行政审批流程改革的意见》(市规划国土发【2018】69号),社会投资项目实施分类管理。建设单位须按照‘办事流程图’开展建设项目的各项工作,须按照‘法人承诺制’要求,新建扩建项目和现状改建项目应在建筑底板施工前取得施工图审查合格书,内部改造项目应在正式施工前取得施工图审查合格书,并按照审查合格的施工图组织实施;在工程竣工前完成并落实各类评价等其他相关各项工作;工程建设须按照出让合同约定的开发进度组织开工、完成竣工建设;规划国土部门在核发建设工程规划许可证后即开展建设项目建设全监管,相关部门集中验收;开展不动产登记工作,做好市政公用设施的‘一站式’接入的并联办理等房屋建设的各项工。
- 按照北京市规划和国土资源管理委员会《关于加强建设项目建设全监管的意见》(市规划国土发【2018】86号)要求,监督中部分技术工作将委托第三方开展,请建设单位积极配合,共同做好监督工作。
- 本《建设工程规划许可证附件》及附图(设计总平面图)一式2份(含存档),文图一体方为有效文件。

立案号: 2020分社建字0168

单据号: 京开发区规划受理(2020)55号 打印时间: 2020-04-23 16:46:33 第1页/共2页

△其他：

- 1、由于节能评估、地震安全性评价、水资源论证、交通影响评价审查不通过造成立项文件失效的，本规划许可无效。
- 2、该项目易地建设人防工程7.22m<sup>2</sup>。

**特别告知事项：**

△按照《北京市地下文物保护管理办法》（市政府令第251号）第十条规定，该建设项目属本办法第九条规定的“（一）位于地下文物埋藏区；（二）旧城之内建设项目总用地面积一万平方米以上；（三）旧城之外建设项目总用地面积二万平方米以上；（四）法律、法规和规章规定的其他情况”之外的建设工程，建设单位可以在施工前报市文物行政管理部门组织考古调查、勘探……未作考古调查、勘探的，建设单位应当在施工前制定地下文物保护预案，位于重点监测区域内的建设工程的地下文物保护预案应当报文物行政管理部门备案……

规划服务监督（扫描电子文件）： 亦庄开发区

