

宁波开博线缆有限公司
新建2台工业电子加速器辐照项目
竣工环境保护验收监测报告表
(阶段性)

建设单位：宁波开博线缆有限公司

编制单位：浙江环安检测有限公司

2023年08月

目 录

表 1 项目总体情况及验收监测依据与标准.....	1
表 2 工程建设内容及主要工艺流程.....	7
2.1 工程建设内容.....	7
2.2 工艺流程.....	14
表 3 主要污染源、污染物处理及排放.....	21
3.1 主要污染源.....	21
3.2 污染物处理及排放.....	21
表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定.....	22
表 5 验收监测质量保证和质量控制.....	31
5.1 监测分析方法.....	31
5.2 监测仪器.....	31
5.3 监测人员能力.....	31
5.4 实验室认可认证.....	31
表 6 验收监测内容.....	32
6.1 监测因子及频次.....	32
6.2 监测布点.....	32
表 7 验收监测结果.....	34
7.1 验收监测期间生产工况记录.....	34
7.2 验收监测结果.....	34
7.3 剂量监测和估算结果.....	36
表 8 验收监测结论.....	37
8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况.....	37
8.2 污染物排放监测结果.....	37
8.3 工程建设对环境的影响.....	37
8.4 辐射安全防护、环境保护管理.....	38

表 1 项目总体情况及验收监测依据与标准

建设项目名称	宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目				
建设单位名称	宁波开博线缆有限公司				
建设项目主管部门	/				
建设项目性质	新建				
主要产品名称 设计生产能力	甬新环辐〔2022〕3 号批复：新建 1 台 DD2.0-50/1600 型电子加速器和 1 台 DD2.5-40/1600 型电子加速器				
主要产品名称 实际生产能力	本次验收：1 台 DD2.0-50/1600 型电子加速器				
联系人	杨锋	联系电话	18801514668		
环评批复时间	2022 年 11 月	开工建设时间	2022 年 12 月		
调试时间	2023 年 04 月	验收现场 监测时间	2023 年 07 月 25 日		
环评报告表 审批部门	宁波前湾新区生态 环境局	环评报告表 编制单位	杭州卫康环保科技有限公司		
环保设施 设计单位	-	环保设施 施工单位	-		
投资总概算	1250 万	环保投资总概算	160 万	比例	12.8%
实际总投资	1250 万	实际环保投资	160 万	比例	12.8%
验收监测依据	<p>(1)《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 81 号（2017 年 11 月 5 日第三次修正并施行）；</p> <p>(2)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年 11 月 29 日；国务院令第 682 号，2017 年 6 月 21 日修正，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(3)《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，2005 年 12 月 1 日；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修改并实施；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修改并实施；</p>				

续表 1 项目总体情况及验收监测依据与标准

<p>验收监测依据</p>	<p>(4)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第31号，2006年3月1日；国家环境保护部令第3号，2008年12月6日修正并实施；环境保护部令第47号，2017年12月20日修改并实施；生态环境部令第7号，2019年8月22日修改并实施；生态环境部令第20号，2021年1月4日修改并实施；</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起实施；</p> <p>(6)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145号），国家环境保护总局，2006年9月26日起实施；</p> <p>(7)《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），国家环境保护部，2017年11月20日起实施；</p> <p>(8)《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》，生态环境部公告2018年第9号，2018年5月16日起实施；</p> <p>(9)《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令第16号，2021年1月1日起实施；</p> <p>(10)《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021年版），浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日修改并实施；</p> <p>(11)《浙江省辐射环境管理办法》（2021年版），浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日修改并实施；</p> <p>(12)《辐射环境监测技术规范》，HJ 61-2021；</p> <p>(13)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》，HJ 1157-2021；</p> <p>(14)《粒子加速器辐射防护规定》，GB 5172-1985；</p> <p>(15)《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》，GBZ 141-2002；</p>
---------------	--

续表 1 项目总体情况及验收监测依据与标准

<p>验收监测依据</p>	<p>(16)《宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目环境影响报告表》，杭州卫康环保科技有限公司，2022 年 11 月；</p> <p>(17)《关于宁波开博线缆有限公司<新建 2 台工业电子加速器辐照项目环境影响报告表>的批复》，宁波杭州湾新区生态环境局，甬新环辐〔2022〕3 号，2022 年 11 月 28 日。</p>
<p>验收监测评价标准、标号、级别、限值</p>	<p>(1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>4.3.3 防护与安全的最优化</p> <p>4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。</p> <p>B1 剂量限值</p> <p>B1.1 职业照射</p> <p>B1.1.1 剂量限值</p> <p>B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</p> <p>a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。</p> <p>本项目取其四分之一作为管理限值，即：</p> <p>职业照射剂量限值：20mSv/a；剂量约束值：5mSv/a。</p> <p>B1.2 公众照射</p> <p>B1.2.1 剂量限值</p> <p>实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量</p>

续表 1 项目总体情况及验收监测依据与标准

<p>验收监测评价标准、标号、级别、限值</p>	<p>估算值不应超过下述限值：</p> <p>a) 年有效剂量，1mSv。</p> <p>本项目取其十分之一作为管理限值，即： 公众照射剂量限值：1mSv/a；剂量约束值：0.1mSv/a。</p> <p>(2) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985)</p> <p>本规定适用于加速粒子的单核能量低于 100MeV 的粒子加速器（不包括医疗用加速器和象密封型中子管之类的可移动加速器）设施。</p> <p>2.8 从事加速器工作的全体放射性工作人员，年人均剂量当量应低于 5mSv。</p> <p>2.10 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等，对关键居民组的个人造成的有效剂量当量应低于每年 0.1mSv。</p> <p>3.2 辐射屏蔽</p> <p>3.2.1 加速器的屏蔽体厚度必须根据加速粒子的种类、能量和束流强度以及靶材料等 综合考虑；按其可能的最大辐射输出进行设计。</p> <p>3.2.2 加速器的屏蔽体厚度还应根据相邻区域的类型及其人口数确定，使其群体的集体剂量当量保持在可以合理做到的尽可能低的水平。并须保证个人所接受的剂量当量不得超过相应的剂量当量限值。</p> <p>3.3 辐射安全系统</p> <p>3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。</p> <p>3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装连锁装置，只有门关闭后才能产生辐射。</p> <p>3.3.3 在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点，应安装紧急停机或紧急断束开关，并且这种开关应当有醒目的标志。</p>
--------------------------	--

续表 1 项目总体情况及验收监测依据与标准

<p>验收监测评价标准、标号、级别、限值</p>	<p>3.3.4 在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或螺旋式红色警告灯及音响警告装置，在通往辐射区的走廊，出入口和控制台上须安装工作状态指示灯。</p> <p>3.3.5 在高辐射区和辐射区，应该安装遥控辐射监测系统。该系统的数字显示装置应安装在控制台上或监测位置。当辐射超过预定水平时，该系统的音响和（或）灯光警告装置应当发出警告信号。</p> <p>3.3.6 每台加速器必须根据其特点配备其他辐射监测装置，如个人剂量计，可携式监测仪。</p> <p>3.3.7 辐射安全系统的部件质量要好，安装必须坚实可靠。系统的组件应耐辐射损伤。</p> <p>3.4 通风系统</p> <p>3.4.1 为排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。</p> <p>3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。通风系统的进气口应避免受到排出气体的污染。</p> <p>3.4.3 通风管道通过屏蔽体时，必须采取措施，保证不得明显地减弱屏蔽体的屏蔽效果。</p> <p>E.2.1 加速器设施内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$。</p> <p>(3) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)</p> <p>本标准适用于各种类型的 γ 源辐照装置和能量小于或等于 10MeV 的电子加速器辐照装置。</p> <p>3.2 电子束辐照装置</p> <p>按人员可接近辐照装置的情况分为：</p> <p>I 类 配有联锁装置的整体屏蔽装置，运行期间人员实际</p>
--------------------------	---

续表 1 项目总体情况及验收监测依据与标准

<p>验收监测评价 标准、标号、级 别、限值</p>	<p>上不可能接近这种装置的辐射源部件。</p> <p>II 类 安装在屏蔽室（辐照室）内的辐照装置，运行期间借助于入口控制系统防止人员进入辐照室。</p> <p>5 检测方法与评价</p> <p>5.1 外照射泄漏辐射水平检测</p> <p>5.1.4 II、IV 类 γ 射线辐照装置和 II 类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测</p> <p>5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下：</p> <p>(2) 距辐照室各屏蔽墙和出入口外 30cm 处。</p> <p>(3) 对于单层建筑的辐照装置,过辐射源中心垂直于辐照室屏蔽墙的任一垂线上,自屏蔽墙外表面至距其 20m 范围内人员可以到达的区域。</p> <p>(4) 对于单层建筑的辐照装置，当距其 50m 内建有高层楼房且高层位于辐射源照射位置至辐照装置室顶所张的立体角区域内时，在辐照装置室顶和（或）相应的建筑物高层测量。</p> <p>5.1.4.2 运行中的定期测量应选定固定的检测点，它们必须包括：贮源水井表面、辐照室各入口、出口，穿过辐照室的通风、管线外口，各屏蔽墙和屏蔽顶外，操作室及与辐照室直接相邻的各房间等。</p> <p>5.1.4.3 测量结果应符合 GB 17279 第 5 条（即“对监督区，在距屏蔽体的可达界面 30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$”）。</p> <p>(4) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)</p> <p>按照 GBZ 2.1-2007，有害气体职业接触限值如下</p> <p>a) 臭氧，最高容许浓度：0.3mg/m^3</p> <p>注：此项限值主要在辐射室，在辐射室，由于射线导致空气电离主要产生臭氧和二氧化氮这两种有害气体。</p>
------------------------------------	--

表 2 工程建设内容及主要工艺流程

2.1 工程建设内容

宁波开博线缆有限公司成立于 2014 年 3 月 3 日，注册资本 1020 万元，坐落于浙江宁波慈溪，是一家专业从事光伏线缆、建筑布电线、新能源汽车线缆、插头电源线、储能线缆及线束的研发型生产企业，经营范围包括电线、电缆、塑料制品、五金配件、输变电及控制设备、电源连接件制造、加工，自营和代理货物和技术的进出口。

因发展需要，公司整体搬迁至宁波杭州湾新区滨海四路 518 号，总占地面积约 33336m²，并投资 11500 万元，利用已建厂房，同时进行厂房改造、扩大生产厂房，实施年产 1 亿米光伏线缆项目。

公司厂区内建筑主要包括 1 间门卫室（共 1 层）、1 幢办公楼（共 3 层）、1 幢宿舍楼（共 3 层）、1#厂房（共 1 层）、2#厂房（共 1 层）、3#厂房（共 1 层）、4#厂房（共 1 层）。

为满足业务发展需求，宁波开博线缆有限公司将 3#厂房布置为原料仓库，并在 3#厂房东北侧新建 2 间加速器机房，分别为 1#加速器机房和 2#加速器机房，并于 2022 年 11 月 28 日通过环评审批的设备有：1 台 DD2.0-50/1600 型电子加速器和 1 台 DD2.5-40/1600 型电子加速器，用于对本公司生产的电线、电缆进行辐照加工。

本次验收规模为：在 3#厂房 1#加速器机房新增的 1 台 DD2.0-50/1600 型电子加速器。

根据国家有关建设项目辐射环境管理规定，公司于 2022 年 6 月委托杭州卫康环保科技有限公司对该项目进行辐射环境影响评价，并编制完成了《宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目环境影响报告表》；2022 年 11 月 28 日，宁波前湾新区生态环境局以“甬新环辐〔2022〕3 号”文对该项目环评文件予以批复。2023 年 4 月 10 日，公司申领了《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[B3040]。

根据《建设项目环境保护管理条例》的规定，建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

设施进行验收，编制验收报告。建设单位需自行组织验收。为此，企业委托浙江环安检测有限公司对新建 2 台工业电子加速器辐照项目开展竣工环境保护验收监测，编制竣工环境保护验收监测表（阶段性）。

受该企业的委托，浙江环安检测有限公司于 2023 年 7 月 25 日开展该项目竣工环境保护验收监测工作。在现场检查核实、辐射监测的基础上，并编制项目竣工环境保护验收监测表。

2.1.1 地理位置及平面布置

宁波开博线缆有限公司位于浙江宁波杭州湾新区滨海四路 518 号。厂区东侧为市域治污工程水厂湿地，南侧隔滨海四路为默沙东（宁波）动物保健科技有限公司和宁波利海贝尔制冷科技有限公司，西侧为宁波大昌金属材料科技有限公司，北侧隔三号直江为空地（规划为生产防护绿地）。

厂区大门位于厂区南侧，厂区内由南往北依次布置办公楼、宿舍楼、1#厂房（挤塑车间、注塑车间和成品仓库）、2#厂房（密炼造粒车间）、3#厂房（原料仓库）、4#厂房（原料仓库）。

3#厂房共 1 层，占地面积约 3057.4m²，其东侧为厂区过道，南侧为厂区过道和 2#厂房，西侧为厂区过道和宁波大昌金属材料科技有限公司，北侧为厂区过道和 4#厂房。

本项目 1#加速器机房位于 3#厂房东北侧，其东侧为 2#加速器机房（空置），南侧为控制室和生产区，西侧为已辐照产品堆放区，北侧为消防通道。

宁波开博线缆有限公司地理位置见图 2-1，本项目周边环境情况及本项目所在位置见图 2-2，本项目厂区平面布局及本项目所在位置见图 2-3。

2.1.2 项目内容及规模

公司具体环评及验收阶段设备规模及有关技术参数见表 2-1，电子加速器的屏蔽情况见表 2-2。本项目 1#加速器辐照室和主体钢筒结构示意图见图 2-4 和图 2-5。

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

表 2-1 环评及验收阶段设备规模及有关技术参数表

环评规模	设备名称	型号	数量 (台)	主要技术参数	工作场所	用途
	电子加速器	DD2.0-5 0/1600	1	能量 2.0MeV, 束流 50mA	1#加速器 机房	辐照加工
	电子加速器	DD2.5-4 0/1600	1	能量 2.5MeV, 束流 40mA	2#加速器 机房	辐照加工
验收规模	设备名称	型号	数量 (台)	主要技术参数	工作场所	用途
	电子加速器	DD2.0-5 0/1600	1	能量 2.0MeV, 束流 50mA	1#加速器 机房	辐照加工

备注:本次验收规模在环评规模内,2#加速器机房暂时空置。

续表2 工程建设内容及主要工艺流程

表 2-2 公司电子加速器屏蔽情况一览表		
项目	(环评) 屏蔽情况	
电子加速器屏蔽厚度	1# 加速器机房	筒身：3mm 钢板+40mm 铅板+12mm 钢板； 侧面筒盖：30mm 铅板+65mm 钢板； 上筒盖：20mm 钢板+60mm 铅板+90mm 钢板；筒底：80mm 钢板； 联接段：3mm 钢板+30mm 铅板+10mm 钢板； 辐照室东墙：1700mm 砼； 辐照室南墙：迷道内墙 1500mm 砼+迷道外墙 500mm 砼，控制室部分为 1500mm 砼； 辐照室西墙：迷道内墙 900mm 砼+迷道外墙 1000mm 砼； 辐照室北墙：1500mm 砼； 辐照室顶：1500mm 砼； 迷道顶：1000mm 砼； 主体钢筒基座：420mm 钢； 防护门：40mm 钢
项目	(验收) 屏蔽情况	
电子加速器屏蔽厚度	1# 加速器机房	与环评同： 筒身：3mm 钢板+40mm 铅板+12mm 钢板； 侧面筒盖：30mm 铅板+65mm 钢板； 上筒盖：20mm 钢板+60mm 铅板+90mm 钢板；筒底：80mm 钢板； 联接段：3mm 钢板+30mm 铅板+10mm 钢板； 辐照室东墙：1700mm 砼； 辐照室南墙：迷道内墙 1500mm 砼+迷道外墙 500mm 砼，控制室部分为 1500mm 砼； 辐照室西墙：迷道内墙 900mm 砼+迷道外墙 1000mm 砼； 辐照室北墙：1500mm 砼； 辐照室顶：1500mm 砼； 迷道顶：1000mm 砼； 主体钢筒基座：420mm 钢； 防护门：40mm 钢

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程



图 2-1 公司地理位置图



图 2-2 项目周边环境情况及本项目所在位置

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

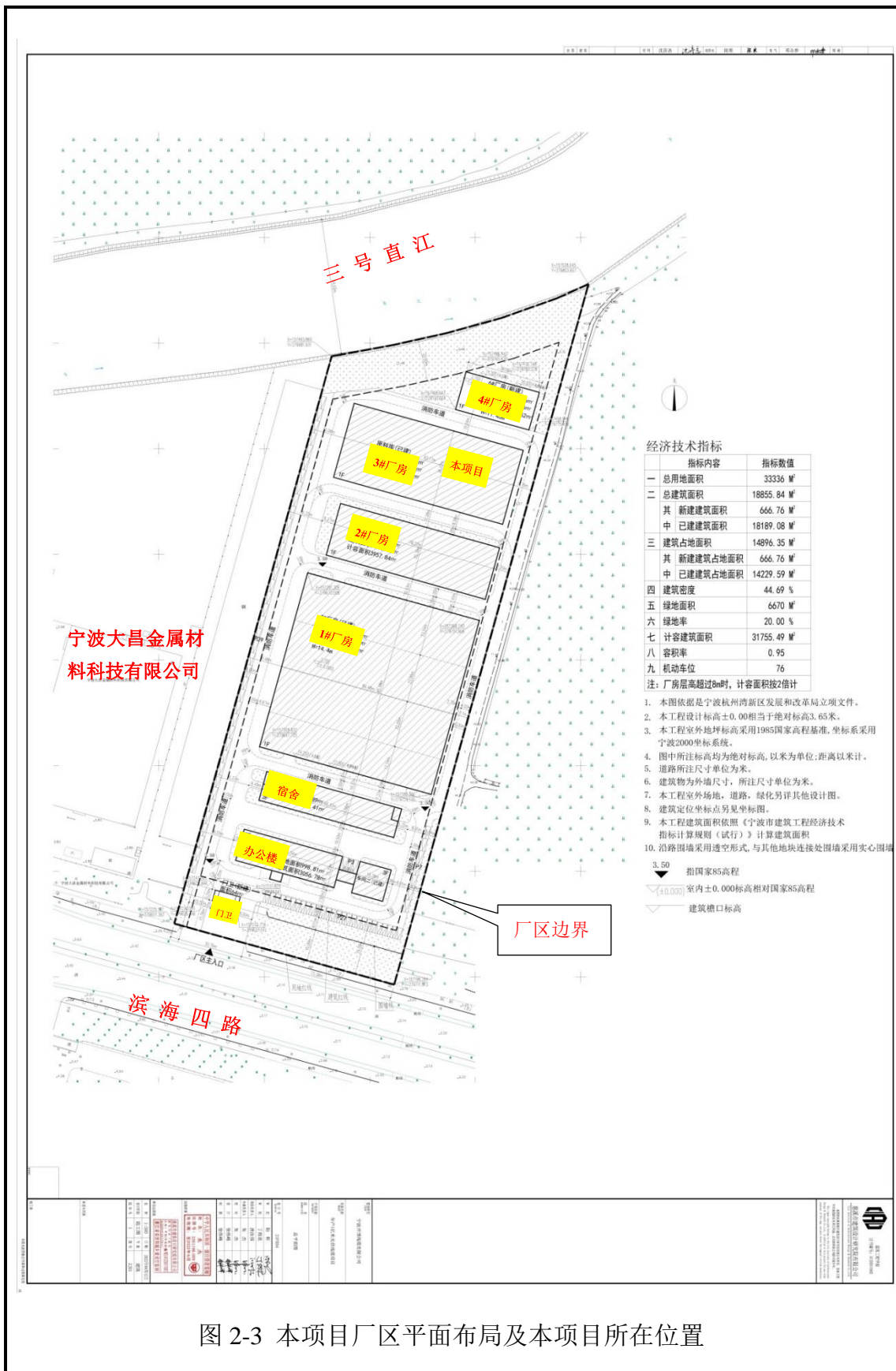


图 2-3 本项目厂区平面布局及本项目所在位置

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

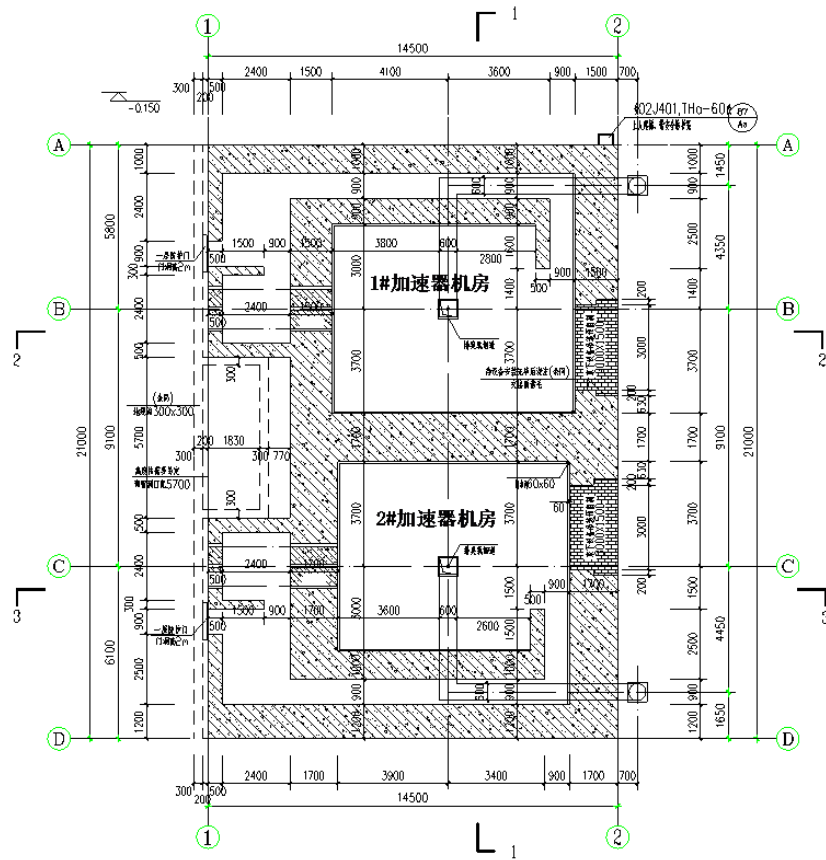
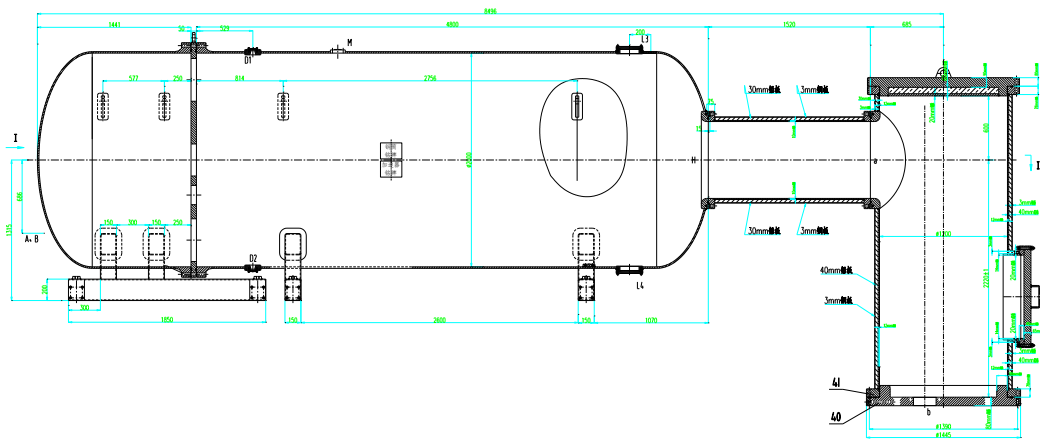


图 2-4 辐照室辐射屏蔽平面图



2.0MeV

图 2-5 本项目 1#加速器主体钢筒结构示意图

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

2.2 工艺流程

2.2.1 工程设备

宁波开博线缆有限公司配备的 DD2.0-50/1600 型电子加速器为卧式结构，将主电源与加速器分成两体成直角联接，加速器主体采用自屏蔽结构，仅需建设辐照室，加速器主体、冷却水循环系统、气体系统等辅助设备均位于辐照室楼顶的设备平台，本项目加速器主体装置示意图和整体结构图见图 2-6 和图 2-7。

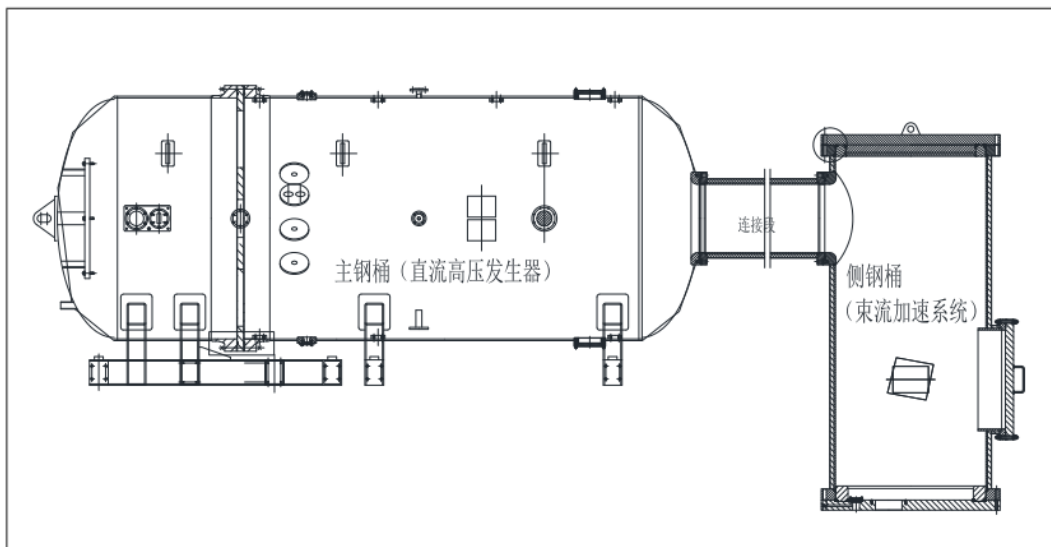


图 2-6 本项目 DD 型电子加速器主体装置示意图

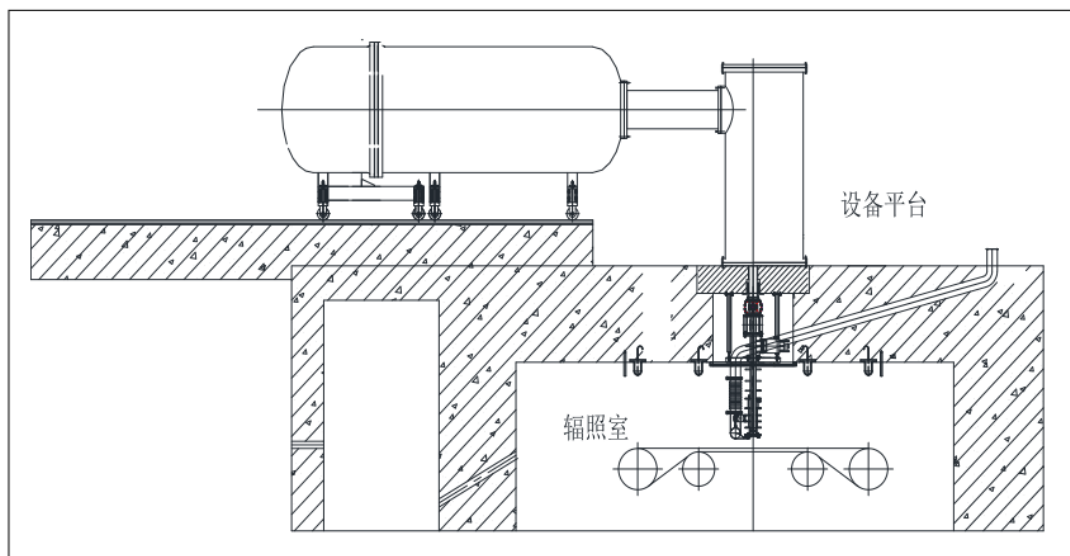


图 2-7 本项目卧式加速器整体结构图

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

2.2.2 设备组成

加速器主要由直流高压发生器、束流加速系统、扫描引出系统、控制系统以及真空抽气等辅助系统组成。各主要部分概述如下：

1、直流高压发生器

由高频振荡器和倍压整流芯柱组成。

（1）高频振荡器

高频振荡器的作用是把电网的电能为工频转换为高频，其性能决定着加速器的最大束功与束功转换效率。其主要特色如下：

①电子管振荡采用特殊设计的负高压线路把直流高压和高频输出隔离，可防止因直流电容损坏时出现的直流高压。自洁性能：防止在冷却水套中形成水垢，电子管无需定期清理水垢。

②直流高压增加双 LC 滤波电路，使输出电压的脉动系数明显下降，电源功率输出的稳定性和质量达到国外同类产品的性能。

③采用由锁相环稳频压控振荡器、移位寄存器分频、时基电路和 GAL 器件组成的脉冲列调制和输出电路，这一新颖的线路使得可控硅交流调压系统的稳压精度优于 1%响应速度更快。

④采用了风冷可控硅，使得机柜结构更安全、可靠、紧凑。



图 2-8 高频振荡器



图 2-9 高频振荡器可控硅交流调压系统

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

振荡器的谐振回路由钢筒内的环形自耦变压器（构成回路的电感 L ）和半圆筒高频电极与钢筒内壁和倍压芯柱之间的分布电容（构成回路的电容 C ）组成。振荡管阳极与高频变压器初级之间通过高频电缆连接。栅极所需的正反馈电压则通过置于钢筒与高频电极之间的耦合电容板取得。

高频变压器是高频振荡器的关键部件，其性能为：

- ①能在高频、高压和大功率负荷的条件下工作。
- ②变压器线饼漏磁小、 Q 值高。
- ③结构紧凑、牢固，由完整详细的制作和安装工艺保证其质量。

④基于特制线饼技术及合理的屏蔽、匀场设计，大大降低了运行损耗，提高了加速器的束功转换效率。钢筒顶端安装有热交换器和风冷系统，把变压器散发的热量带走，同时也对钢筒内的其他部件进行冷却。

（2）整流倍压系统

整流倍压系统是以两块垂直地固定在钢筒底板上的绝缘板为骨架，在两块绝缘板上间隔均匀地从下至上各安装一排硅堆，两排硅堆彼此依次联接组成一条螺旋上升的硅堆整流链。在每个硅堆的连接点上水平地安装一只半电晕环，两列上下整齐排列的半电晕环，构成了整流倍压系统的圆柱外观，并把硅堆屏蔽在其中。对称的两列半电晕环正好与固定在钢筒内壁的两个对称的半圆筒高频电极同轴对应，每个半电晕环与高频电极之间即构成了分布电容 C_{se} 。半电晕环和电极之间的尺寸配合精确，其表面平滑光亮。这种几何结构与静电加速器非常相似，其几何设计，既满足高频耦合参数的要求，也符合高压静电场的场形设计。



图 2-10 高频变压器



图 2-11 整流倍压系统

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

2、束流加速系统

由加速管和电子枪组成。

（1）加速管

加速管是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空中稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场。由于真空中的击穿放电机制复杂，至今还不十分清楚，因此，加速管成为加速器里最脆弱的环节，是各类高压型加速器提高端电压的主要限制。在制造、运输、安装和运行时均须小心谨慎。

（2）电子枪

加速管的顶端安装电子枪。电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极，钨丝直径约 0.8mm。阴极加热后发出的电子被加速管上端的引出极（也称吸极）引出成束进入加速管加速。为了在钛窗处获得所需要的束斑尺寸，电子枪和引出区以及整根加速管的电场要合理配置，经计算确定。

电子枪的供电功率由置于高压球帽内的发电机提供。发电机由固定在钢筒底座上的变频电机通过一根绝缘轴带动。改变变频电机的工作频率，即可方便快速地改变发电机的转速从而改变电子枪的加热电流，达到调节束流的目的。这样的供电方式，束流和频率单一对应，跟随快，便于和束下装置联动，有利于提高工作效率和辐照产品的质量。

3、扫描引出系统

电子束离开加速管后经漂移管进入辐照厅。穿过扫描磁铁组件时，在三角波磁场的作用下，进行 X 和 Y 相互垂直两个方向的扫描。最后经长条形的钛窗引出。钛箔的厚度既要有足够的强度以抵抗真空压力，又要尽量减少电子束在穿越时的能量损耗。我们取 0.04mm。即使如此，钛箔上的能耗仍旧相当可观，因此沿钛窗安装了一把风刀，针对钛箔进行强风冷却。

另外，在加速管出口至扫描磁铁之间的漂移管外面，还安装有聚焦线圈和导向线圈，用以调节束流的聚焦和方向。

4、控制系统

计算机控制系统的主要功能是：监控加速器的正常运行，实施安全连锁，并与束下装置联动配合。

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

(1) 加速器启动运行的前提条件是：

- 冷却系统风、水工作正常
- 加速器厅与辐照厅送排风启动
- 加速器厅与辐照厅防护门关闭
- 高频机柜门关闭
- 钢筒温度、高频机柜温度和振荡管冷却水温度达标
- 一般要求真空度好于 7.5×10^{-5} Pa。

(2) 加速器在运行过程中还与多个参数发生连锁关系，如：钢筒内发生弧放电钢筒温度超标，高频机内部出现过热和过流，加速器出现过电压等等，当上述参数异常时将自动封闭高频。

(3) 在加速器进入额定工作状态、束下装置运转正常之后，系统可以进入闭环运行以自动稳定加速器的设定参数，并与束下系统的运行联动。例如当样品的移动速度发生变化时，变化信息会立即输入加速器控制系统，实时调整电子枪的加热电流，使加速器的输出束流与束下样品的传输速度变化同步，确保样品的辐照剂量均匀。当束下暂停或换卷时，束流自动降低或置零等等。

(4) 加速器运行时在控制屏上显示的主要参数有：能量、流强、加速管分压电流高频振荡参数（电子管阳极电压和阳极电流）、扫描线圈电流、聚焦线圈电流、导向线圈电流等。当发生故障时，控制屏上将立刻显示故障状态和发生故障的部位。

5、真空抽气系统

真空抽气系统安装在主厅钢筒底座下面的四通管两侧，由涡轮分子泵和溅射离子泵机组组成。推荐运行时先启动分子泵机组，然后利用分子泵启动离子泵，待后者正常工作后，即可关闭分子泵、机械泵机组。真空测量采用 B-A 规数显式真空计，真空计可向控制台输出连锁信号，以实现与真空度有关的连锁控制。

2.2.3 工作原理

首先，将低压工频电能，用高频振荡器变成 100kHz 左右的高频电能，输送给高压发生器；经过高压发生器内高频变压器的作用，变成升压的高频电压；再将此升压的高频电压加在空间耦合电容上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成高能电子束，电子束从加速器出口输出，进入扫描空间，利用磁场将成束的电子扫开成一定的宽度，从薄的金属膜构成的输出窗引出，对运动的被照物件进行辐照。

本项目被辐照产品为电线电缆类产品，以垂直于加速器产生的线状电子束方向通过电子束（即整体辐照），高分子被辐照时发生辐射交联反应而改变性质，如电线电缆辐照后，提高绝缘、护套耐温性能、抗张强度，最终提高电线电缆的整体技术指标。

2.2.4 工艺流程及产污环节

本项目电子加速器辐照工艺流程见图 2-12，产污环节示意图见图 2-13。

- ① 作业区上下卷工作人员将待辐照电线电缆装在放卷机上；
- ② 控制室辐射工作人员根据待照产品辐照要求，输入技术参数，启动传动申报，开始辐照；
- ③ 电线电缆通过机房南侧物料进洞进入辐照室，在扫描系统下接受电子束辐照；
- ④ 经过辐照后的电线电缆再通过机房南侧物料出洞送出辐照室，由收卷机完成最后的成卷；
- ⑤ 作业区上下卷工作人员在下卷区将已辐照的电线电缆搬下来，取样检验合格后入已辐照产品库暂存。

整个辐照加工过程，正常情况下工作人员不必进入辐照室，均在辐照室外上下卷区进行辐照产品的上下卷。加速器开机运行时，会产生电子束、X 射线、臭氧、氮氧化物等污染因素。

续表 2 工程建设内容及主要工艺流程

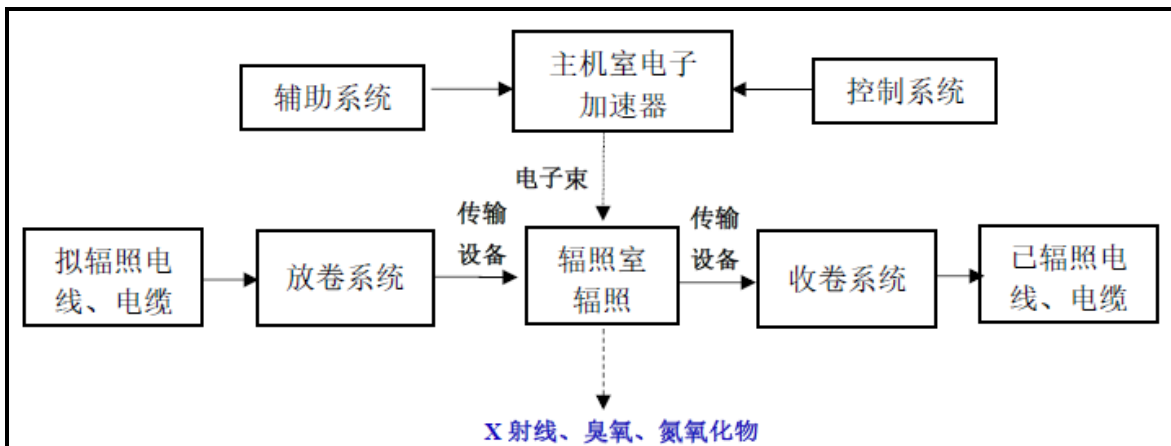


图 2-12 本项目辐照工艺流程图

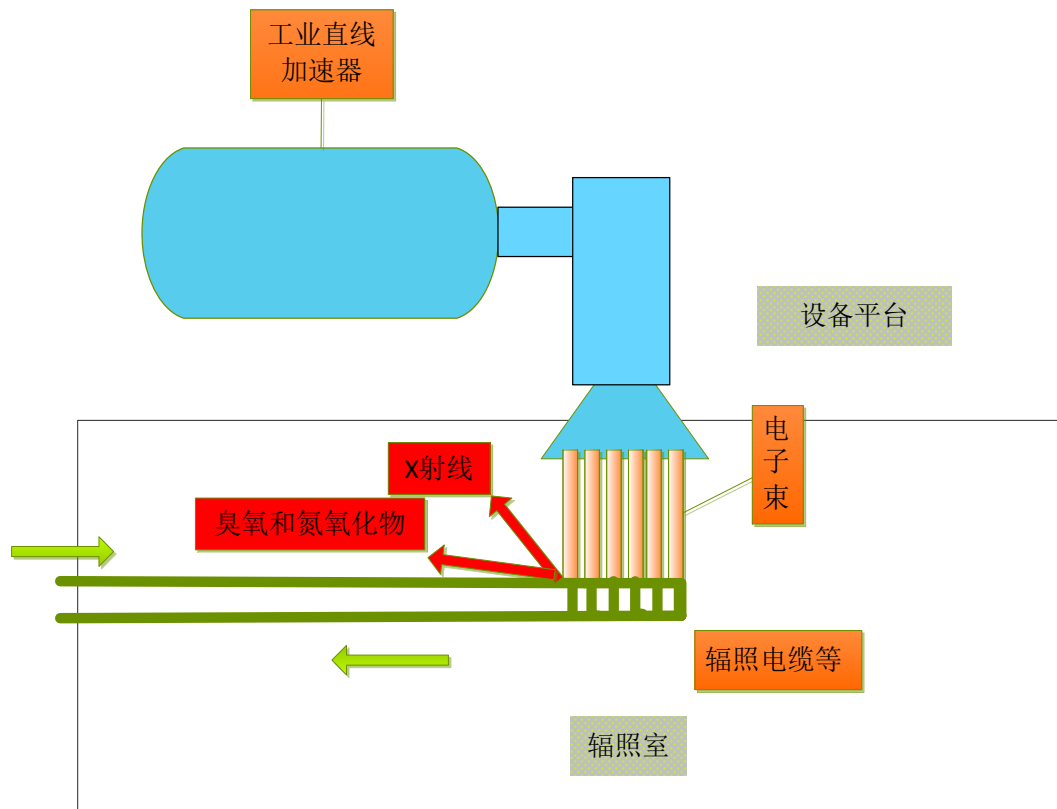


图 2-13 辐照工艺产污环节示意图

表 3 主要污染源、污染物处理及排放

3.1 主要污染源

1、电子束、X 射线

工业电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。其中辐照室内电子束打到机头及其他高靶物质时会产生韧致 X 射线，X 射线的贯穿能力较强，会对辐照室周围环境造成辐射影响，这部分 X 射线是本项目的主要 X 射线来源。此外，电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生少量 X 射线，均会对辐照室周围环境造成辐射污染。

由于电子加速器在运行时产生的高能电子束，其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在电子加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

2、臭氧和氮氧化物

本项目运行过程中没有放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。但空气在强 X 射线电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。电子加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。加速器机房在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

3.2 污染物处理及排放

本项目电子加速器工作时主要是产生 X 射线，对周围环境、工作人员和公众可造成放射性外照射危害，根据射线的来源、作用机理及防护方法，已采取屏蔽防护措施，降低对周围环境及工作人员与公众的外照射影响。但在工作过程中也会产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。臭氧产额大于氮氧化物，且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此本节主要考虑辐照室臭氧的产生和排放影响。

本项目辐照室内安装有通风装置，辐照室内的排风量为 $14974\text{m}^3/\text{h}$ 左右，本项目辐照室体积约为 130m^3 ，则每小时换气次数约为 115 次。本项目排气管道通过地下管道穿过屏蔽墙，经辐照室北侧排气管道排放。排气管道孔径约为 $\Phi 600\text{mm}$ ，

续表 3 主要污染源、污染物处理及排放

管线埋地深度约为 800mm，排放口高于 3#厂房的屋顶，辐照室内产生的臭氧和氮氧化物可直接排出至车间外，臭氧在空气中 15~30min 内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

本次验收项目环评文件《宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目环境影响报告表》由杭州卫康环保科技有限公司编制；2022 年 11 月 28 日，宁波前湾新区生态环境局以“甬新环辐〔2022〕3 号”文对该项目环评文件予以批复。

(1) 环境影响报告表的主要结论

本项目环境影响评价文件《宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目环境影响报告表》由杭州卫康环保科技有限公司于 2022 年 11 月完成编制。该项目环评结论：

宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

(2) “甬新环辐〔2022〕3 号”批文审批决定

项目环评批复决定和环评相关要求落实情况见表 4-1~4-2。由表 4-1~4-2 可见，项目落实了环评及其批复提出的要求。

表 4-1 环评文件要求及落实情况

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>(1) 钥匙控制：控制室主控台上配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时加速器无法开机；加速器的主控钥匙开关和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机；并将钥匙插入辐照室门的钥匙左侧或右侧离地 1.3m 处的钥匙开关，方可打开辐照室门进入迷道。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连，在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。</p> <p>(2) 门机联锁：辐照室门、设备平台楼梯入口处安全门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或设备平台楼梯入口处安全门打开时，加速器不能加高压且束流装置不能出束流；加速器运行中门被打开则加速器自动停机。</p>	<p>(1) 已落实。钥匙控制：控制室主控台上配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时加速器无法开机；加速器的主控钥匙开关和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机；并将钥匙插入辐照室门右侧的钥匙开关，方可打开辐照室门进入迷道。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连，在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。</p> <p>(2) 基本落实。门机联锁：辐照室门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门打开时，加速器不能加高压且束流装置不能出束流；加速器运行中门被打开则加速器自动停机。</p>

续表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

续表 4-1 环评文件要求及落实情况	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>(3) 束下装置联锁：电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制进行联锁，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统，若发生故障，将通过 PLC 反馈至主机，主机束流将自动停止、加速器自动停机。</p> <p>(4) 信号警示装置：在辐照室出入口处安装状态显示器，并与电子加速器辐照装置联锁，加速器开机升高压前红灯亮，同时提示“开机禁止入内”，提醒滞留控制区的工作人员迅速撤离现场，关机后绿灯亮并提示“关机允许进入”。</p> <p>(5) 巡检按钮：辐照室内每面墙上、迷道通道和迷道出口墙上均设置一个“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留，完成巡检流程后，加速器才能开启高压。</p> <p>(6) 防人误入装置：在辐照室人员出入口门处、室内迷道内口处设置四道（高度均为 1.3m）防人误入的光电联锁装置，并与加速器的开、停机联锁。在加速器工作过程中，若人员误入辐照室，该装置将发出光电报警，并自动切断加速器电源。 四道防人误入光电联锁装置应从不同的厂家购买，确保其不会因同一机械故障导致光电联锁装置全部失灵。</p> <p>(7) 急停装置：辐照室内每面墙上、迷道通道和迷道出口墙上均设置一个“急停按钮”，并在辐照室内设置急停拉线开关并覆盖辐照室全部区域，紧急状态下，拉下急停拉线开关或按下急停按钮，即终止加速器的运行，拉线开关拉动后或急停按钮按下后需要手动复位。 急停按钮和急停拉线开关必须性能可靠，并有中文标识和使用说明。辐照室内靠近出入口门处的急停按钮带有紧急开门功能，以便人员离开控制区。</p>	<p>(3) 已落实。束下装置联锁：电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制已联锁，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统，若发生故障，将通过 PLC 反馈至主机，主机束流将自动停止、加速器自动停机。</p> <p>(4) 已落实。信号警示装置：在辐照室出入口处安装有状态显示器，并与电子加速器辐照装置联锁，加速器开机红灯亮，并提示红色语句“开机”，待机状态提示黄色语句“准备”，停机时提示绿色语句“停机”。</p> <p>(5) 已落实。巡检按钮：辐照室内每面墙上、迷道通道和迷道出口墙上均设有一个“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留，完成巡检流程后，加速器才能开启高压。</p> <p>(6) 已落实。防人误入装置：在辐照室人员出入口门处设有一道、室内迷道内口处设有两道防人误入的光电联锁装置，并与加速器的开、停机联锁。在加速器工作过程中，若人员误入辐照室，该装置将发出光电报警，并自动切断加速器电源。 三道防人误入光电联锁装置从不同的厂家购买，确保其不会因同一机械故障导致光电联锁装置全部失灵。</p> <p>(7) 已落实。急停装置：辐照室内每面墙上、迷道通道和迷道出口墙上均设有一个“急停按钮”，并在辐照室内设有急停拉线开关并覆盖辐照室全部区域，紧急状态下，拉下急停拉线开关或按下急停按钮，即终止加速器的运行，拉线开关拉动后或急停按钮按下后需要手动复位。 急停按钮和急停拉线开关性能可靠，并有中文标识和使用说明。辐照室内靠近出入口门处的急停按钮带有紧急开门功能，以便人员离开控制区。</p>

续表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

续表 4-1 环评文件要求及落实情况	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>(8) 剂量联锁：在控制室内、辐照室迷道内、加速器主体钢筒上安装固定式辐射监测探头，系统数字显示装置安装在控制室内，以监测电子加速器运行时周围环境辐射剂量；固定式辐射剂量监测系统与辐照室电动门、设备平台楼梯入口处安全门联锁，当任一监测点剂量超过设定的阈值时，固定式辐射剂量监测系统会报警，并将信号传送到控制系统，辐照室电动门和设备平台楼梯入口处安全门无法打开。</p> <p>(9) 通风联锁：加速器机房通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间（环评建议至少 5min）后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。</p> <p>(10) 烟雾报警：本项目辐照室拟设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器能立即停机并停止通风。</p> <p>(11) 公司应成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确各成员的管理职责。公司应制定相关的辐射管理制度及辐射事故应急预案，组织辐射工作人员参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核，并进行个人剂量监测和职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。</p> <p>(12) 公司应为本项目配备便携式辐射监测仪、固定式辐射监测仪、个人剂量报警仪。</p>	<p>(8) 已落实。剂量联锁：在控制室内、辐照室迷道内、进出线口旁各安装有 1 个固定式辐射监测探头，系统数字显示装置安装在控制室内，以监测电子加速器运行时周围环境辐射剂量；固定式辐射剂量监测系统与辐照室电动门联锁，当任一监测点剂量超过设定的阈值时，固定式辐射剂量监测系统会报警，并将信号传送到控制系统，辐照室电动门无法打开。</p> <p>(9) 已落实。通风联锁：加速器机房通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间（5min，与环评一致）后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。</p> <p>(10) 已落实。烟雾报警：本项目辐照室已设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器能立即停机并停止通风。</p> <p>(11) 已落实。公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构（辐射安全防护小组），已指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确各成员的管理职责。公司已制定《辐射事故应急预案》、《健康管理及安全培训制度》《辐射防护和安全管理机构及岗位职责》《辐射防护安全管理机构及岗位职责》《电子加速器系统设备检修维护制度》《辐射监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《操作规程》《电子加速器辐射防护措施和安全保卫制度》《辐射环境自行监测方案及年度评估制度》与《辐射工作安全责任书》等辐射管理制度，并组织辐射工作人员参加并通过了辐射安全和防护专业知识的培训和考核，并进行了个人剂量监测和职业健康体检，已建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。</p> <p>(12) 已落实。公司为本项目配备了便携式辐射监测仪、固定式辐射监测仪、个人剂量报警仪。</p>

续表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

环评批复要求	环评批复要求落实情况
<p>一、严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《报告表》提出的要求进行设计和施工，确保屏蔽和防护措施符合要求。</p> <p>二、加强射线装置的安全和防护管理。必须成立辐射防护管理机构，明确各成员职责，制订各项具体可行的辐射安全管理制度、操作规程和监测计划，检修和使用情况要有详细的记录。制定辐射事故应急预案，上报我局备案。严格执行各项管理制度、操作规程和监测计划，辐射工作场所设置明显警示标识和中文警示说明，加速器出束前检查门机联锁装置的有效性，确保运行安全。</p> <p>三、加强健康管理。操作人员必须经辐射安全和防护知识培训合格后方可上岗，定期进行辐射防护知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案，定期进行身体健康体检。</p> <p>四、严格执行“三同时”制度，并按规定程序申请该项目竣工环境保护验收，项目验收通过后方可正式投产运行。</p>	<p>一、已落实。公司已严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《报告表》提出的要求进行设计和施工，确保屏蔽和防护措施符合要求。</p> <p>二、已落实。公司已按规范做好了射线装置的安全和防护管理，成立了辐射防护管理机构，制订了各项具体可行的辐射安全管理制度、操作规程和监测计划，检修和使用情况有详细的记录。制定了辐射事故应急预案并备案。辐射工作场所设置明显警示标识和中文警示说明，加速器出束前检查门机联锁装置的有效性，确保运行安全。</p> <p>三、已落实。本项目3名辐射工作人员均已在上岗前参加并通过了生态环境部培训平台上的线上考核，成绩合格；3名辐射工作人员已在宁波市第一医院进行了上岗前健康体检，体检结果可以从事放射工作；公司已委托浙江环安检测有限公司开展个人剂量监测，监测周期为3个月/次。并将建立相关档案。</p> <p>四、已落实。项目建设执行了“三同时”制度，目前正按规定程序自行组织环保竣工验收。</p>

续表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

图 4-1 至图 4-10 为部分防护和环保措施落实情况图：



图 4-1 状态显示器

续表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定



图 4-2 固定式辐射监测仪



图 4-3 电子加速器主机



图 4-4 辐射巡测仪

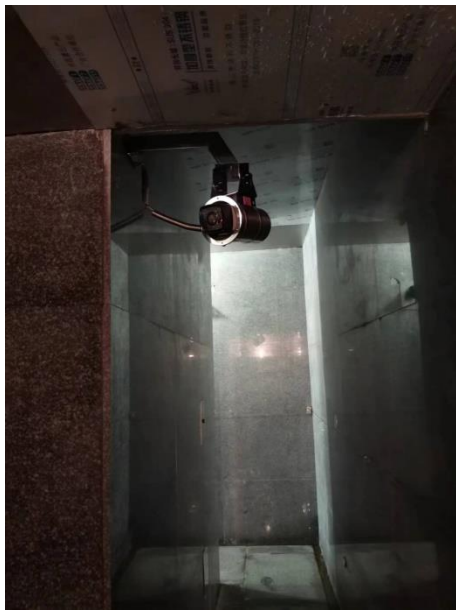


图 4-5 监控装置



图 4-6 警铃

续表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

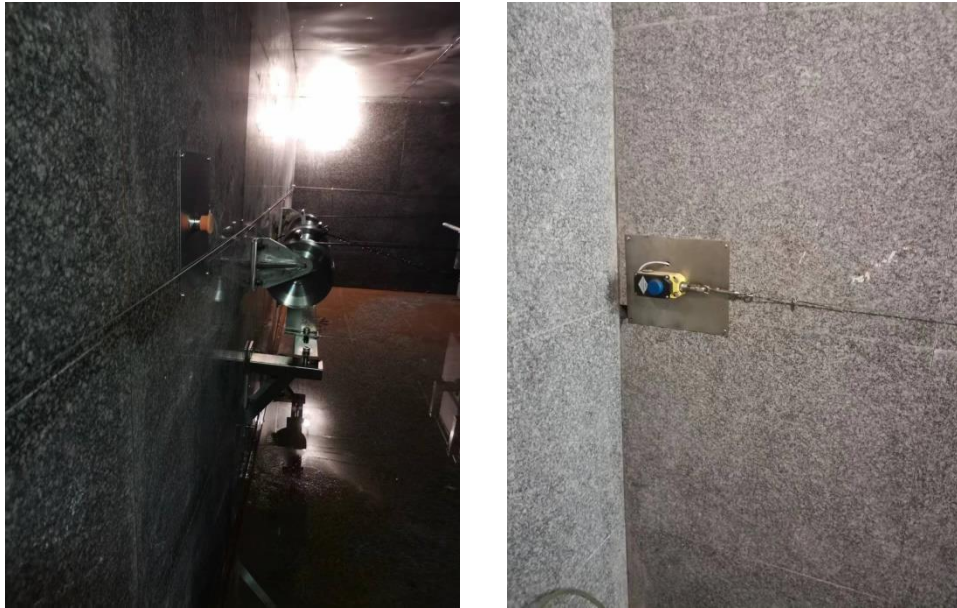


图 4-7 巡检按钮、急停按钮和急停拉线



图 4-8 控制柜及钥匙开关

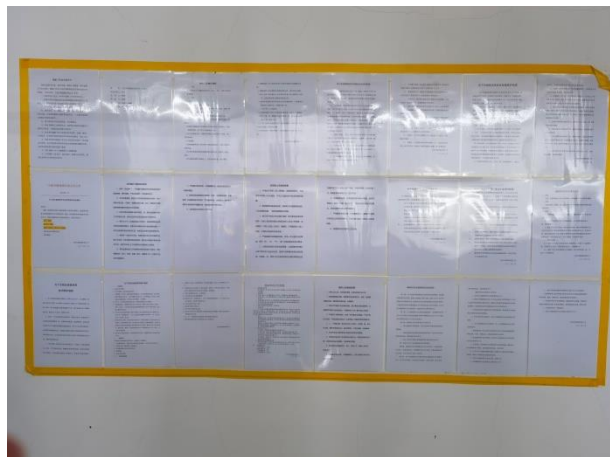


图 4-9 辐射制度上墙

续表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定



图 4-10 排气筒及风量参数

表 5 验收监测质量保证和质量控制

5.1 监测分析方法

监测布点和测量方法选用目前国家和行业有关规范和标准。本次验收监测方法依据的规范、标准：

- (1) 《粒子加速器辐射防护规定》，（GB 5172-1985）；
- (2) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）。

5.2 监测仪器

监测仪器参数及检定情况见表 5-1。

表 5-1 监测仪器参数及检定情况

仪器名称	X、 γ 辐射剂量率仪
仪器型号、编号	AT1121、2018003
生产厂家	白俄罗斯 ATOMTEX
能量响应	X: 25keV~10MeV
量 程	50nSv/h~10Sv/h, 10nSv~10Sv
检定证书	检定单位:上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心; 有效期: 2022-11-15 至 2023-11-14; 证书编号: 2022H21-10-4252346002; 校准因子: 1.00。

5.3 监测人员能力

参加本次现场监测的人员，均经过培训机构的监测技术培训，并经考核合格，持证上岗。监测报告审核人员均经授权。

5.4 实验室认可认证

验收监测单位浙江环安检测有限公司建立了质量管理体系，通过了浙江省计量认证。验收监测工作遵循本单位质量手册、程序文件、实施细则、操作规程。制定并组织实施年度监测质量保证和质量控制计划。监测报告实行审查制度。

表 6 验收监测内容

6.1 监测因子及频次

为掌握本项目电子加速器使用场所周围辐射环境水平，浙江环安检测有限公司于 2023 年 07 月 25 日对本项目加速器机房周围辐射环境进行了监测。

监测因子：X 射线剂量率、 γ 射线剂量率。

监测频次：在正常工况下测量一次，每次读 10 个数，取其平均值作为测量结果。

6.2 监测布点

根据现场条件，进行全面、合理布点；重点考虑工作人员长时间工作的场所和其他公众可能到达的场所。具体监测布点见图 6-1。

续表 6 验收监测内容

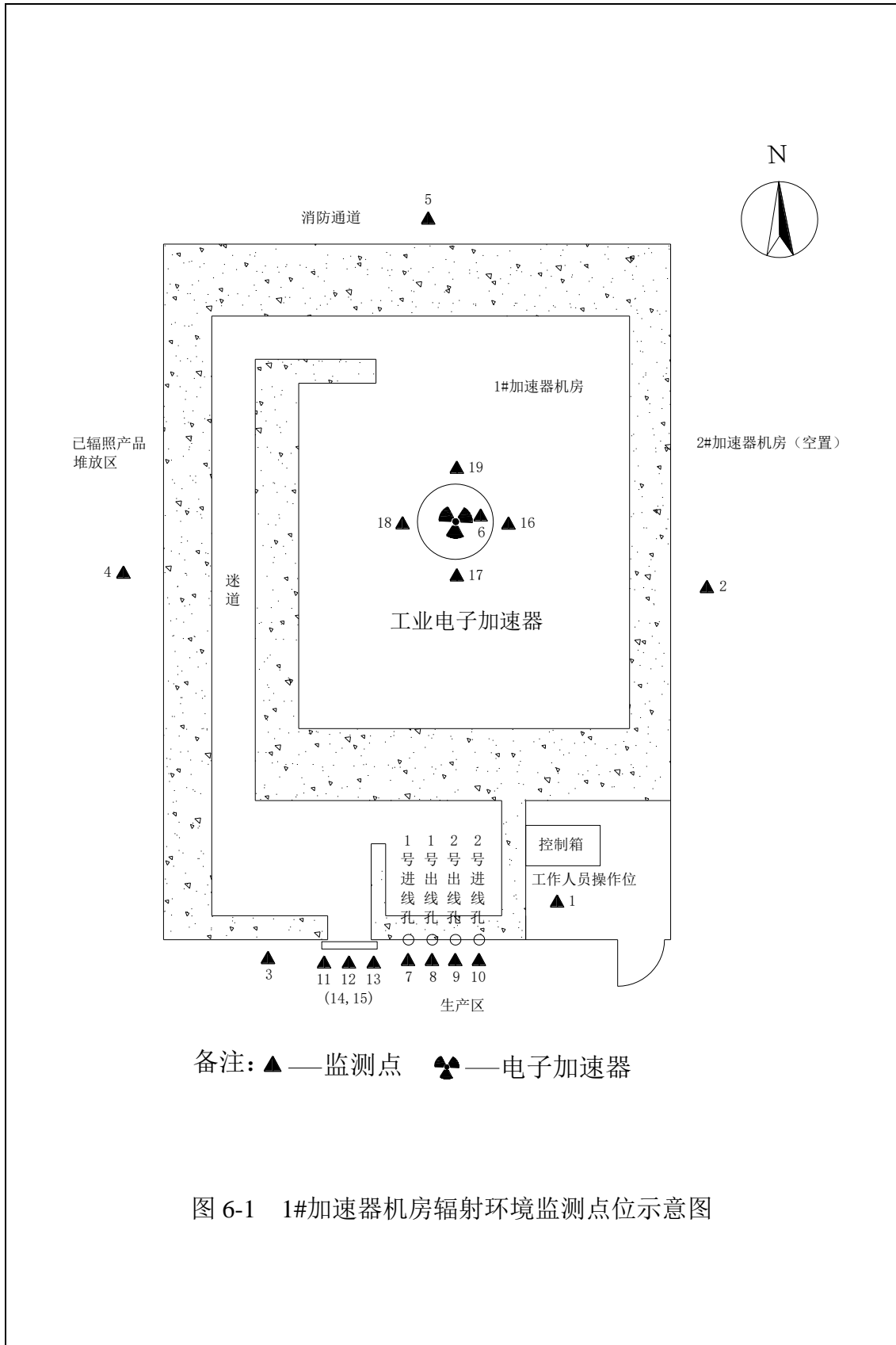


图 6-1 1#加速器机房辐射环境监测点位示意图

表7 验收监测结果

7.1 验收监测期间生产工况记录

浙江环安检测有限公司于2023年07月25日对宁波开博线缆有限公司1#加速器机房的周围辐射水平进行监测。

本项目1台电子加速器工作时，其运行监测工况见表7-1。

表7-1 电子辐照加速器设计、运行及监测工况

设备型号	最大设计工况	监测工况
DD2.0-50/1600	电子束能量：2.0MeV 束流：50mA	电子束能量：2.0MeV 束流：50mA

7.2 验收监测结果

本项目验收监测结果见表7.2，该结果表明：该公司1台DD2.0-50/1600型电子加速器在开机时，工作人员操作位、加速器机房外表面、主机室自屏蔽体外表面等各监测点位的X、γ射线剂量率在142~189nSv/h范围内，其辐射水平均符合《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）、《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求。

表7-2 监测结果

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
1	工作人员操作位	134	2	143	3
2	机房（东侧）外表面 30cm	133	4	189	2
3	机房（南侧）外表面 30cm	135	4	144	5
4	机房（西侧）外表面 30cm	133	2	143	2
5	机房（北侧）外表面 30cm	133	3	143	2
6	机房（上层）外表面 30cm	134	5	145	4

续表 7 验收监测结果

续表 7-2 监测结果					
点号	监测点位置	监测结果 (nSv/h)			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
7	1 号进线孔外表面 30cm	133	4	144	4
8	1 号出线孔外表面 30cm	135	2	144	2
9	2 号出线孔外表面 30cm	134	3	142	2
10	2 号进线孔外表面 30cm	134	3	144	2
11	防护门（左侧）外表面 30cm	136	3	147	3
12	防护门（中部）外表面 30cm	133	4	144	3
13	防护门（右侧）外表面 30cm	134	4	143	5
14	防护门（上侧）外表面 30cm	133	3	143	2
15	防护门（下侧）外表面 30cm	134	2	144	3
16	主机自屏蔽体（东侧）外表面 30cm	133	2	142	2
17	主机自屏蔽体（南侧）外表面 30cm	132	4	145	3
18	主机自屏蔽体（西侧）外表面 30cm	134	5	146	4
19	主机自屏蔽体（北侧）外表面 30cm	135	4	143	4

注：以上监测结果均未扣除宇宙射线的响应值。

续表 7 验收监测结果

7.3 剂量监测和估算结果

7.3.1 辐射工作人员附加剂量

公司 3 名辐射工作人员个人剂量由浙江环安检测有限公司进行监测，每季度监测一次，目前佩戴还未满第一个周期，还未出具个人剂量监测报告。

根据现场监测结果，结合公司现场实际情况，开机后电子加速器自屏蔽体周边警戒线内严禁人员靠近，操作人员在操作位操作，操作位开机前后 X- γ 辐射剂量率几乎没有变化，所以工作人员附加年有效剂量可以忽略不计，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求。

7.3.2 公众附加剂量

本项目 1#加速器机房位于公司厂房内，因公司有严格的辐射管理制度，并在防护门外设置了电离辐射警示标志及中文警示说明，电子加速器自屏蔽体处于相对独立区域，非辐射工作人员一般不进入该区域内。另工作管理人员到工作场所检查指导工作的时间较短，因此公众成员所接受的附加年有效剂量可忽略不计。

表 8 验收监测结论

8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况

项目建设落实了安全防护、环境保护“三同时”制度。有关工作场所安全防护设计、个人防护用品配置、监控系统配置等按相关标准规范要求进行设计、建设，并与主体工程同时投入使用；环境影响评价文件及其审批文件中要求的防护安全和环境保护措施已落实。

8.2 污染物排放监测结果

（1）据现场监测和检查结果，该项目在正常运行工况下，辐射工作人员接受的附加年有效剂量远低于辐射工作人员职业照射的剂量管理限值（5mSv），公众所受辐射照射远低于公众的剂量管理限值（0.1mSv），均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

（2）本项目辐照室内安装有通风装置，辐照室内的排风量为 14974m³/h 左右，本项目辐照室体积约为 130m³，则每小时换气次数约为 115 次。本项目排气管道通过地下管道穿过屏蔽墙，经辐照室北侧排气管道排放。排气管道孔径约为 Φ600mm，管线埋地深度约为 800mm，排放口高于 3#厂房的屋顶，辐照室内产生的臭氧和氮氧化物可直接排出至车间外，臭氧在空气中 15~30min 内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

8.3 工程建设对环境的影响

由现场监测结果估算，公司辐射工作人员年有效剂量和公众附加剂量可忽略不计。因此该项目所致的工作人员职业照射和公众照射个人年有效剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射和公众照射年有效剂量限值要求。

续表 8 验收监测结论

8.4 辐射安全防护、环境保护管理

（1）宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目落实了环境影响评价制度，该项目环评报告及其批复中的要求已基本落实。

（2）现场监测结果表明，项目在正常运行工况下，1#加速器机房周围各监测点位的辐射水平均符合《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）、《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）以及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求的相关要求。

（3）公司成立了辐射安全防护管理机构，制定了各项辐射防护管理制度，制度内容较全面，管理措施有效。

（4）公司落实了辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康检查，建立了个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

综上所述，宁波开博线缆有限公司新建 2 台工业电子加速器辐照项目（阶段性）基本符合相关规定，具备竣工验收条件。