

核技术利用建设项目

**宝钢德盛不锈钢有限公司
烧结工程在线元素分析仪项目**

**环境影响报告表
(公示版)**

**宝钢德盛不锈钢有限公司
二〇二一年四月**

环境保护部监制

核技术利用建设项目

宝钢德盛不锈钢有限公司 烧结工程在线元素分析仪项目 环境影响报告表

(公示版)

建设单位名称: 宝钢德盛不锈钢有限公司

建设单位法人代表: 江庆元

通讯地址: 福州市罗源县罗源湾开发区金港工业区

邮政编码: 350600

联系人: 李**

电子邮箱: 35**33@qq.com

联系电话: 0591-62**73

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	5
表 3 非密封放射性物质	5
表 4 射线装置	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6 评价依据	8
表 7 保护目标与评价标准	10
表 8 环境质量和辐射现状	12
表 9 项目工程分析与源项	16
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	30
表 12 辐射安全管理	35
表 13 结论与建议	41

表1项目基本情况

项目名称	宝钢德盛不锈钢有限公司烧结工程在线元素分析仪项目				
建设单位	宝钢德盛不锈钢有限公司				
法人代表	江庆元	联系人	李**	联系电话	0591-62**73
注册地址	福州市罗源县罗源湾开发区金港工业区				
项目建设地点	宝钢德盛不锈钢有限公司新建烧结车间				
立项审批部门	/			批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1360	项目环保投资 (万元)	80	投资比例	5.88%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	40
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 type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
<input type="checkbox"/> 使用		II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他	/				

1.建设单位情况

宝钢德盛不锈钢有限公司（以下简称“宝钢德盛”）成立于2005年12月，前身为福建德盛特钢有限公司、福建德盛镍业有限公司，2009年合并为福建德盛镍业有限公司，2011年宝钢集团入资控股，公司更名为宝钢德盛不锈钢有限公司，公司注册资本约42亿元人民币。宝钢德盛不锈钢有限公司主要生产加工不锈钢中宽带，是集烧结、粗炼、精炼、热轧、固溶、冷轧等完整的长流程不锈钢生产企业。

2.目的和任务由来

由于目前宝钢德盛炼钢品种和质量均与市场的需要存在一定的差距，根据宝武集团总体不锈钢产品发展与规划要求，宝钢德盛拟在厂区东侧既有用地及东北侧新增用地范围新建精品不锈钢绿色产业基地钢铁产能置换项目，项目包括新建烧结车间，含新建1条360m²烧结机。

(1) 现状问题

烧结矿作为高炉冶炼的主要原料（一般60%以上），高炉冶炼要取得良好的技术经

济指标，烧结矿的质量优劣是关键。烧结矿碱度与烧结矿成品率、转鼓强度、低温还原粉化指数等存在密切关系。同时不同碱度的高炉炉渣具有不同的粘度、熔化性、稳定性和脱硫能力，直接关系到高炉的稳定顺行和脱硫能力。现有烧结工艺中，烧结矿烧结原料等关键物料的化学成分信息通过离线分析方式获得，取样、制样及分析过程耗费的大量时间使得分析结果送达控制室时已滞后约 5 小时，操作人员无法及时调整烧结机进料，配料调整的严重滞后一直困扰着烧结矿质量的提升。同时，烧结矿化验分析过程中取样代表性差的问题一直以来未能得到很好的解决。宝钢德盛原有烧结混合料和烧结成品矿成分样取样频度不足以及滞后时间较长限制了烧结矿质量的提升。

为提高烧结混合料和烧结成品矿成分样取样频度和及时性，进而提升烧结矿质量，本工程拟在烧结车间建设 2 台在线元素分析仪，每台分析仪含 1 套中子发生器。

（2）建设必要性

①目前离线分析方式的滞后性，烧结生产过程中大部分波动无法及时获知，在线分析仪将帮助实现成分全过程可视，全过程控制；

②将烧结专家知识融入到基于分析仪的控制软件中，颠覆以往依赖成熟员工控制成分的方式，提升成分控制能力、降低员工工作量；

③提高烧结矿质量，稳定高炉入炉原料稳定性，帮助保障高炉稳定顺行；

④智能制造，数据先行。数据作为先进制造技术发展的基础，在推动智慧工厂建设过程中所扮演角色越来越重要。高精度及时的数据烧结成分数据将于钢厂其它数据一同发挥协同作用，加速用户智慧工厂建设进程，帮助钢铁企业挖潜增效。

（3）任务由来

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》以及《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，宝钢德盛不锈钢有限公司烧结工程在线元素分析仪项目应进行环境影响评价，因此宝钢德盛不锈钢有限公司于 2021 年 3 月委托福建省环境保护设计院有限公司（以下简称“我公司”）对其核技术利用项目进行环境影响评价工作。

根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会的公告（2017 年第 66 号）《关于发布<射线装置>分类的公告》、原国家环境保护总局的公告（2005 年第 62 号）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目内容，中子发生器属于 II 类射线装置，中子发生器使用的氚放射源属于 V 类放射源。另根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），“生产、

使用Ⅱ类射线装置的”应编制环境影响报告表，“使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源的”应填报环境影响登记表；因此本项目应编制环境影响报告表。

我公司接受委托后，组织技术人员于2021年4月对宝钢德盛不锈钢有限公司烧结工程在线元素分析仪项目辐射工作场所防护情况和辐射工作人员的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状监测、污染源分析工作的基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了《宝钢德盛不锈钢有限公司烧结工程在线元素分析仪项目环境影响报告表》。

3.项目建设内容及规模

为满足生产需要，宝钢德盛不锈钢有限公司拟新购2台CB Omni Agile在线元素分析仪（14MeV中子发生器），安装于烧结矿原料和成品皮带上，用于实时检测烧结矿成分。CB Omni Agile的主要部件之一为中子发生器，最大中子能量14MeV，属Ⅱ类射线装置。通电时发射中子束，被检测物质受到激发产生特征 γ 射线，对周围环境产生辐射影响。中子发生器中含有氚放射源，氚以固态化合物的形式被密封在中子发生器中的密封中子管内。另外本工程拟建设2处分析小屋，用于安装电控箱，储存标样、发生器储存盒、3kVA UPS电源（单相220V）；出于安全的考虑，一旦发生放射性安全事故（如火灾、地震），放射源可由辐射工作人员就近放置回发生器储存盒。

本项目辐射工作的种类和范围为使用Ⅱ类射线装置；使用Ⅴ类放射源。具体见表1-1~表1-2。

表 1-1 本项目射线装置一览表

射线装置	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大靶(管)电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	使用场所	备注
中子发生器	CB Omni Agile	Ⅱ类	2台	130	70	$<5.0E+8$	安装在烧结矿原料和成品皮带上	拟购

表 1-2 本项目放射源基本情况

核素名称	活度 (Bq)	数量 (枚)	类别	半衰期	用途	使用场所	贮存场所	备注
H-3	$<1.22E+11$	2	Ⅴ类	12.33年	用于实时检测烧结矿成分	在中子发生器的密封管内，中子发生器安装在烧结矿原料和成品皮带上	日常存储在 中子发生器的密封管内	拟购

4.项目选址

本项目位于宝钢新建精品不锈钢绿色产业基地钢铁产能置换项目新建烧结车间内，1台元素分析仪安装在一、二次混合室后的皮带上，1台元素分析仪安装在成品取样检验室前的皮带上。项目用地为宝钢内部的工业用地，符合项目用地的规划要求，故项目选址可行。本项目的周边环保目标为元素分析仪周边 100m 范围内的宝钢日常巡检人员。

公司所在地理位置示意图见图 1-1，项目所在位置示意图见图 1-2，本项目周边现状情况见图 1-3。



图 1-1 本工程地理位置示意图

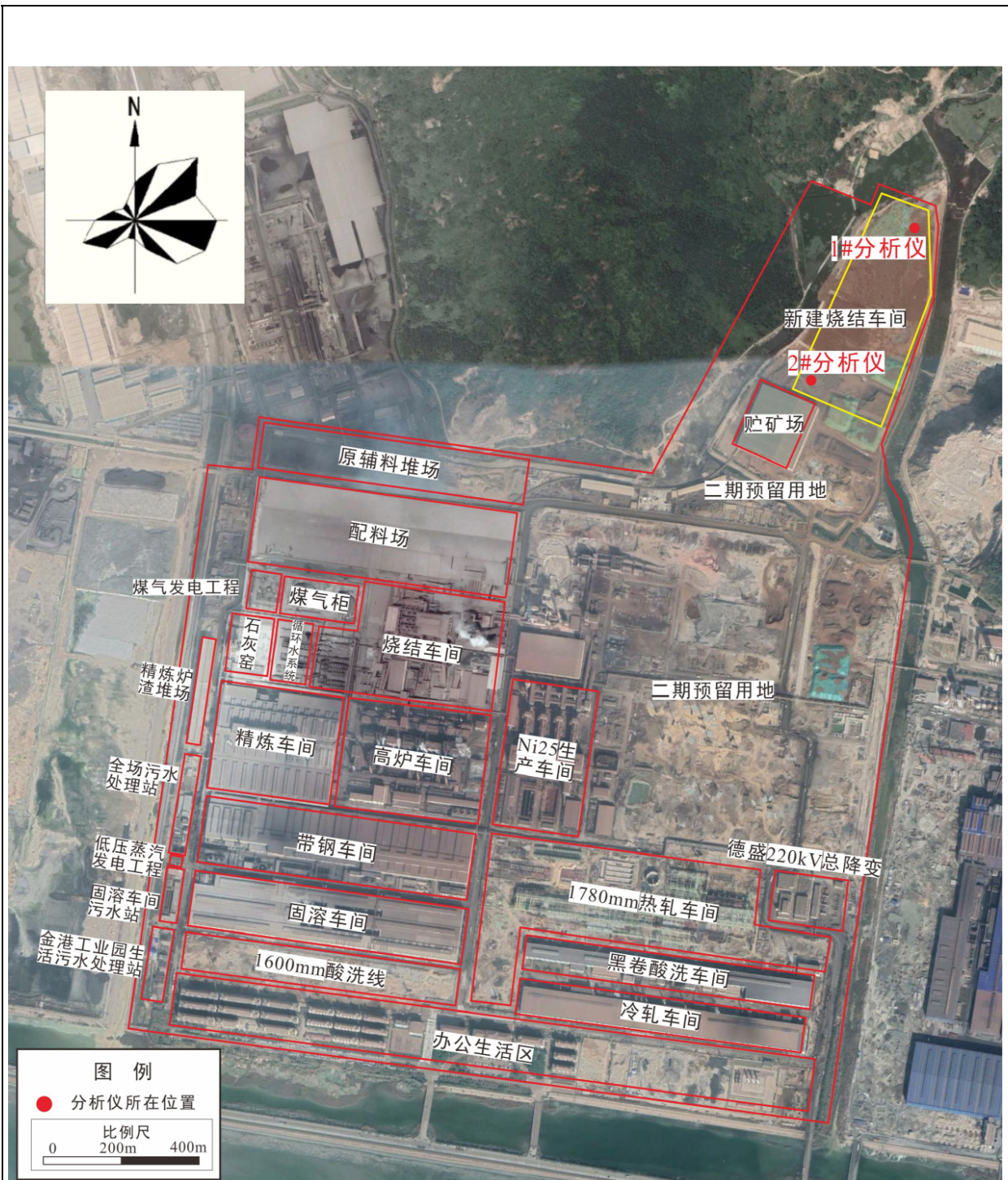
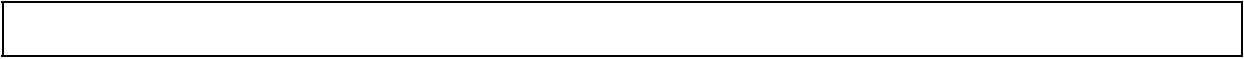


图 1-2 本工程所在烧结车间位置示意图



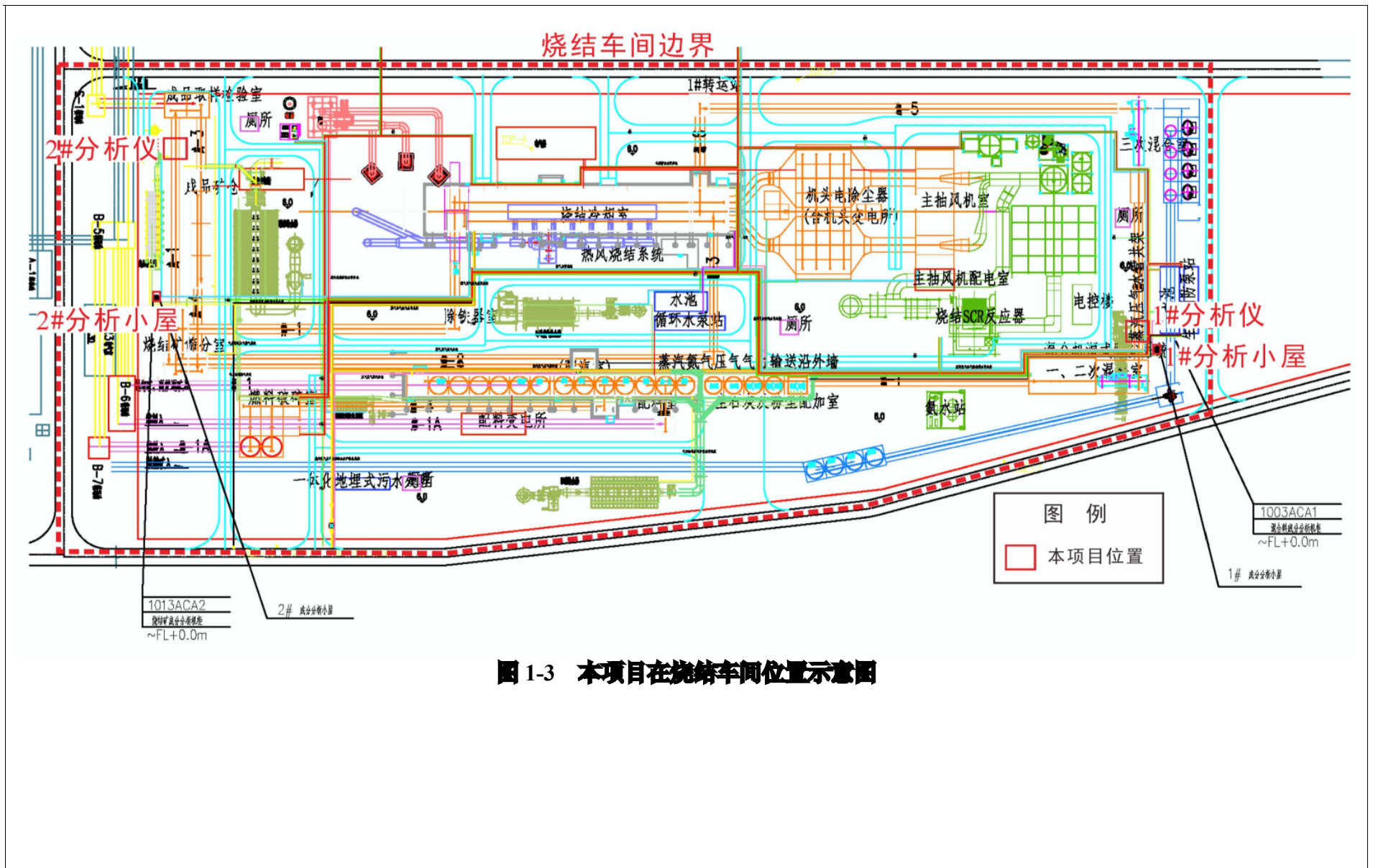


图 1-3 本项目在烧结车间位置示意图



图 1-4 拟建元素分析仪周边环境现状照片

5. 厂区现有核技术利用项目许可情况

(1) 许可情况

宝钢德盛不锈钢有限公司于 2020 年 8 月向福建省生态环境厅申请领取了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证[A0178]，许可的种类和范围为使用 IV 类放射源；使用 III 类射线装置。证书有效期至 2025 年 8 月 10 日（辐射安全许可证见附件 4）。宝钢德盛不锈

钢有限公司现有核技术利用项目统计情况表 1-3~表 1-5（详细情况见附件 4）。

(2) 环保手续履行情况

宝钢德盛不锈钢有限公司现有核技术利用项目均已履行了环保手续，具体见表 1-3~表 1-5。

表 1-3 宝钢德盛现有核技术利用项目环保手续情况

序号	装置名称	规格型号	数量	所在位置	备案情况	备案号
1	测厚仪	RSI 100TXC	1	热轧钢带	已备案	202135012300000029
2	测厚仪	RM 210 CM	3	冷轧钢带	已备案	202135012300000030
3	测厚仪	XHC100	3	黑卷生产线	已备案	201835012300000029
4	料位计	/	3	炼铁车间	已备案	201935012300000078
5	钢带测厚仪	RM312	1	1780mm 热轧车间	已备案	201935012300000080
6	X 射线荧光仪	AXIOS	2	制造部	已备案	202135012300000028

表 1-4 宝钢德盛放射源使用一览表

序号	核素种类	出厂活度 (Bq)	数量	类别	用途	许可情况
1	Cs-137	1.11E+10	3	IV 类	料位计	已许可

表 1-5 宝钢德盛现有在用射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	数量	用途	备注
1	测厚仪	RSI 100TXC	III	1	测板型厚度	环境影响登记表已完成备案，已取得许可。
2	测厚仪	RM 210 CM	III	3	测板型厚度	
3	测厚仪	XHC100	III	3	测板型厚度	
4	测厚仪	RM312	III	1	测板型厚度	
5	荧光仪	AXIOS	III	2	物料检测	

(3) 辐射防护管理制度

为保证辐射工作安全开展，宝钢德盛成立辐射事故应急响应指挥部，组织实施辐射事故应急处置工作。根据原国家环境保护总局[2006]145 号通知《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》的规定，公司制定了《宝钢德盛不锈钢有限公司辐射事故/事件应急预案》，一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，并采取必要的应急措施。同时公司依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）相关规定，并结合公司的情况，

已制定了较完善的管理制度和操作规程，包括《宝钢德盛不锈钢有限公司辐射事故/事件应急预案》、《操作规程》、《岗位职责》、《辐射安全防护和安全保卫制度》、《培训计划》、《放射性同位素使用登记制度》、《辐射设备检修维护制度》和《监测方案》等制度，详见附件 5。

（4）培训与演练

应急日常管理办公室根据应急程序内容，每年制定培训计划，对现场操作人员进行培训。培训应保持相应的记录，并做好培训结果的评估和考核。

应急日常管理办公室每年组织应急演练，演习前要制定演习计划，演习应保持相应记录，并做好应急演练评价结果、应急演练总结与演习追踪记录。演习频次及组织单位规定如下：a) 各车间应每年组织一次专项应急预案演习；b) 公司应急小组每年组织不少于一次的应急程序演习；c) 连铸车间每季度组织不少于一次的现场处置方案演习。

（5）辐射环境监测及年度评估情况

宝钢德盛不锈钢有限公司在 2020 年委托有资质单位开展了辐射场所监测，并编制了 2020 年的监测报告，在设备正常运行状态下，监测结果均满足相关标准要求；截止 2021 年 3 月，宝钢德盛不锈钢有限公司使用的射线装置、放射源等均正常运行，未发生辐射事故。

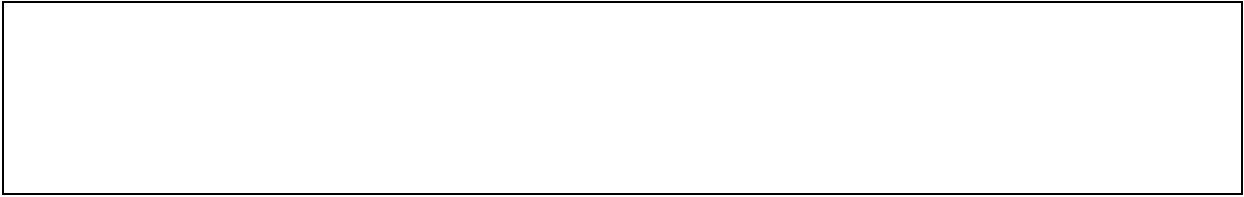


表2放射源

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
1	H-3	1.22E+11*2	V类	使用	用于实时检测烧结矿成分	在中子发生器的密封管内, 中子发生器安装在烧结矿原料和成品皮带上	日常存储在中子发生器的密封管内	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: 日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(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 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	
1	中子发生器	II类	2	CB Omni Agile	130	70	<5.0E+8	用于实时检测烧结矿成分	烧结车间的烧结矿原料和成品皮带上	<1.22 E+11	日常存储在中子发生器的密封管内	2	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废中子管、氚靶	固态	H-3	/	/	中子管使用寿命约 1.4 万小时，宝钢德盛年工作天数 330 天，24 小时连续工作制，则大约 1.6 年产生 2 个废中子管	/	中子管采用不锈钢外壳完全封闭，内含有氚靶	由厂家回收

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/m³，年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度(Bq)。

表6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月修订），中华人民共和国主席令第九号，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月修订）；</p> <p>(3) 《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六号，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第253号（根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订），2017年10月1日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修订），中华人民共和国国务院令第449号，2019年3月2修订；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修订），中华人民共和国环境保护部令第3号，2019年8月22日修订；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》环境保护部·国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月6日印发；</p> <p>(10) 《放射性废物安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第612号，2012年3月1日起施行）；</p> <p>(11) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》，环发[2012]98号文；</p> <p>(12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77号文；</p> <p>(13) 环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告2017年第65号《关于发布<放射性废物分类>的公告》（2017年11月30日）；</p> <p>(14) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，国环规环评[2017]4号，2017年11月20日施行。</p>
------------------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)；</p> <p>(4) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)；</p> <p>(5) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430号文；</p> <p>(6) 《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>(试行)的通知》(闽环保辐射〔2013〕10号)，2013年3月15日发布。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 本项目委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册第一分册》(李德平主编，原子能出版社，1990)；</p> <p>(3) 《辐射防护基础》(李星洪主编，原子能出版社，1982)；</p> <p>(4) 《中子发生器及其应用》(刘林茂等主编，原子能出版社，2005)；</p> <p>(5) 宝钢德盛不锈钢有限公司提供的本项目相关资料。</p>

表7 保护目标与评价标准

评价范围

参考《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中环境影响报告表相关要求，即“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。”结合本项目特点，本项目评价范围为元素分析仪边界外 100 范围。



图 7-1 本项目评价范围图

保护目标

根据对本项目周围环境的调查，本项目 100m 评价范围内无以文教、行政办公等为主要功能的环境敏感区，周边 100m 评价范围内主要是烧结生产设备，自动化程度高，无设备操作人员，环境保护目标主要为日常巡检人员，详见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

序号	工作场所	点位描述	环境保护对象	方位及距离	人数	年有效剂量限值
1	烧结车间元素分析仪	烧结车间元素分析仪周边	日常巡检人员	分析仪两侧 1m 处	约 1~2 人	5mSv/a

评价标准

(1) 辐射剂量约束值

①依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的要求，本项目相关限值采用标准见下表。

表 7-2 本项目相关标准限值

项目	保护目标	剂量限值	标准名称
连续五年的年平均有效剂量限值	任何工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
任何一年中的有效剂量	任何工作人员	50mSv	
年有效剂量限值	公众成员	1mSv	
辐射剂量约束值	任何工作人员	5mSv/a	取连续五年的年平均有效剂量限值的 1/4 作为约束限值
	公众成员	0.25mSv/a	公众成员取年有效剂量限值的 1/4 作为约束限值

(2) 剂量当量率控制水平

本项目参照《含密封源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ125-2009），仪表仪器在不同场所使用时，仪表仪器外围辐射剂量当量率应满足下表的要求。

表 7-3 不同使用场所对检测仪表外围辐射的剂量控制要求

检测仪表使用场所	下列不同距离的周围剂量当量率 H 控制值， $\mu\text{Sv/h}$	
	5cm	100cm
对人员的活动范围不限制	$H < 2.5$	$H < 0.25$
在距源容器外表面 1m 的区域内很少有人停留	$2.5 \leq H < 25$	$0.25 \leq H < 2.5$
在距源容器外表面 3m 的区域内不可能有人进入或放射工作场所设置了监督区 ¹⁾	$25 \leq H < 250$	$2.5 \leq H < 25$
只能在特定的放射工作场所使用，并按控制区、监督区 ¹⁾ 分区管理	$250 \leq H < 1000$	$25 \leq H < 100$

1) 监督区边界剂量率为 2.5 $\mu\text{Sv/h}$



表8 环境质量和辐射现状

1. 项目的地理和场所位置

宝钢德盛不锈钢有限公司位于福州市罗源县罗源湾开发区金港工业区。本项目位于新建烧结车间，在线元素分析仪安装于烧结矿原料和成品皮带上。本项目位置示意图见图 1-1~1-3。

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(1) 环境现状评价的对象

本次环境现状评价的对象为本项目辐射工作场所区域及周边环境。

(2) 监测因子

环境 γ 空气吸收剂量率、中子剂量当量率。

(3) 监测点位

由于目前项目尚未开工建设，本次评价只进行项目场址现状值检测，在分析仪、分析小屋拟建位置及其周围合计布设 9 个检测点，环境 γ 空气吸收剂量率、中子剂量当量率检测布点见图 8-1~2。

3. 监测方案、质量保证措施和监测结果

(1) 监测方案

① 监测单位

福建省闽环试验检测有限公司

② 监测时间及环境条件

监测时间：2021 年 4 月 13 日

天气情况：晴

温 度：21.7~22.7℃

相对湿度：65.0~69.0%

③ 监测方法

本次监测方法依据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）和《含密封源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ 125-2009）的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，仪器探头离地 1m，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算均值和标准偏差。

④ 监测仪器

本次监测仪器为便携式环境 x 、 γ 剂量仪和中子测量仪，仪器的参数见下表。

表 8-1 环境现状监测仪器及参数一览表

仪器名称	便携式环境 x、γ 剂量仪	仪器名称	中子测量仪
仪器型号	FH40G	仪器型号	2241-4
出厂编号	31664	生产厂家	美国 LudLum
主机	10 nSv/h-100 mSv/h	量程	0~100mSv/h
探头	1 nSv/h-100 μSv/h	能力范围	热到 12Mev
检定有效期至	2021 年 11 月 09 日	检定有效期至	2022 年 04 月 09 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院	检定单位	中国计量科学研究院

(2) 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- ③监测仪器已经计量部门检定，检定合格，并在检定有效期内；
- ④每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好；
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

(3) 监测结果

宝钢德盛不锈钢有限公司烧结工程在线元素分析仪项目拟建辐射工作场所及周边监测结果见下表，检测报告见附件 2。

表 8-2 辐射工作场所及周围 γ 空气吸收剂量率及中子剂量当量率本底监测结果

序号	监测点位描述	检测结果	
		γ 空气吸收剂量率 (nSv/h)	中子剂量当量率 (μSv/h)
#1	一、二次混合室拟建元素分析仪中心位置	**	**
#2	一、二次混合室处拟建元素分析仪北侧区域	**	**
#3	一、二次混合室处拟建元素分析仪南侧区域	**	**
#4	拟建 1#成分分析小屋位置	**	**
#5	成品 1 号皮带机拟建元素分析仪中心位置	**	**
#6	成品 1 号皮带机拟建元素分析仪北侧区域	**	**
#7	成品 1 号皮带机拟建元素分析仪南侧区域	**	**
#8	成品 1 号皮带机拟建元素分析仪北侧成品取样 检验室	**	**
#9	拟建 2#成分分析小屋位置	**	**

4. 环境现状调查结果评价

由表 8-2 的监测结果可知，项目周边 γ 辐射空气吸收剂量率背景监测平均值在 81.0~207nSv/h 之间即 8.1~20.7×10⁻⁸Gy/h 之间，属于天然辐射水平；中子剂量当量率均低于仪器检出限，处于较低水平。

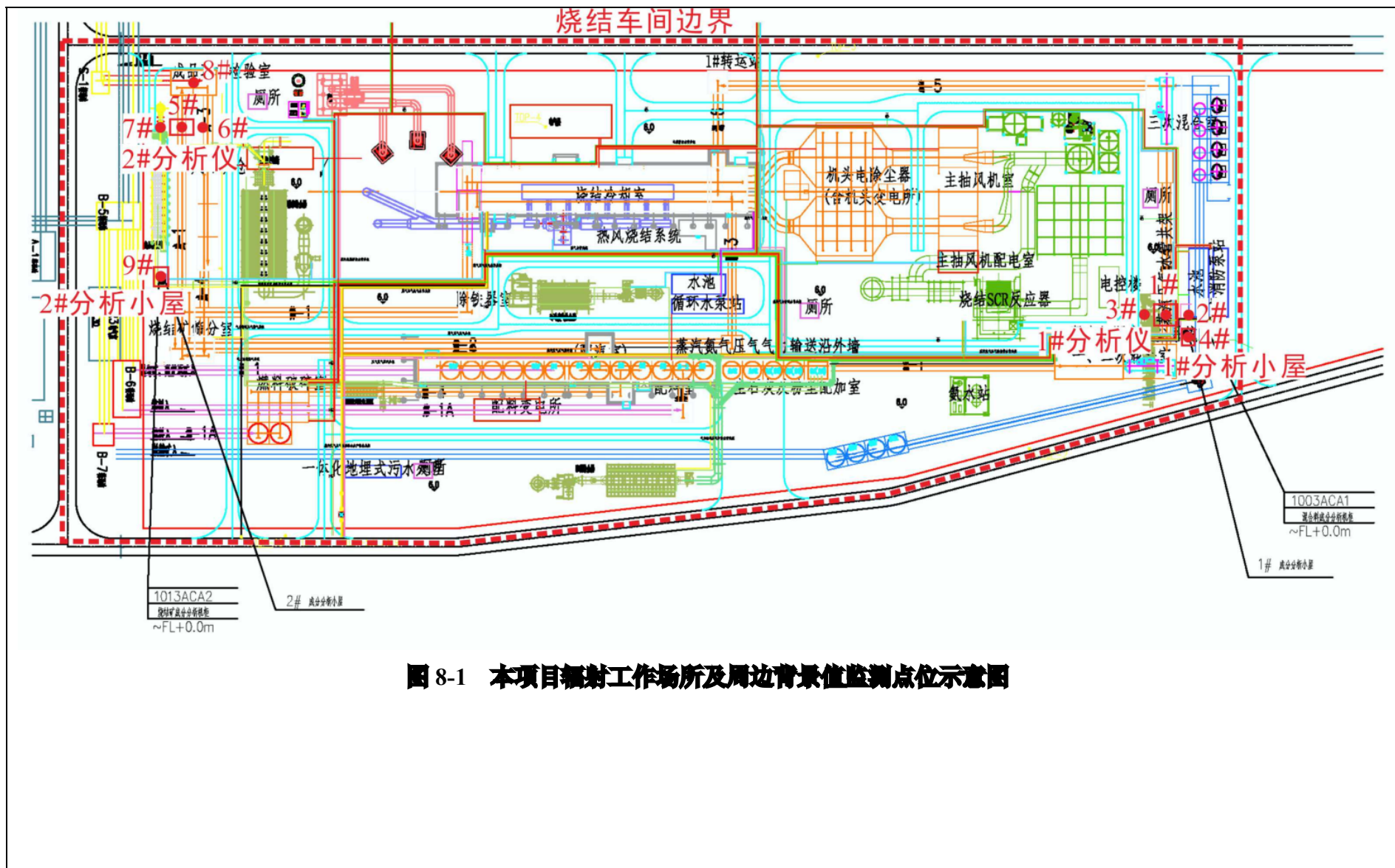


图 8-1 本项目辐射工作场所及周边背景值监测点位示意图

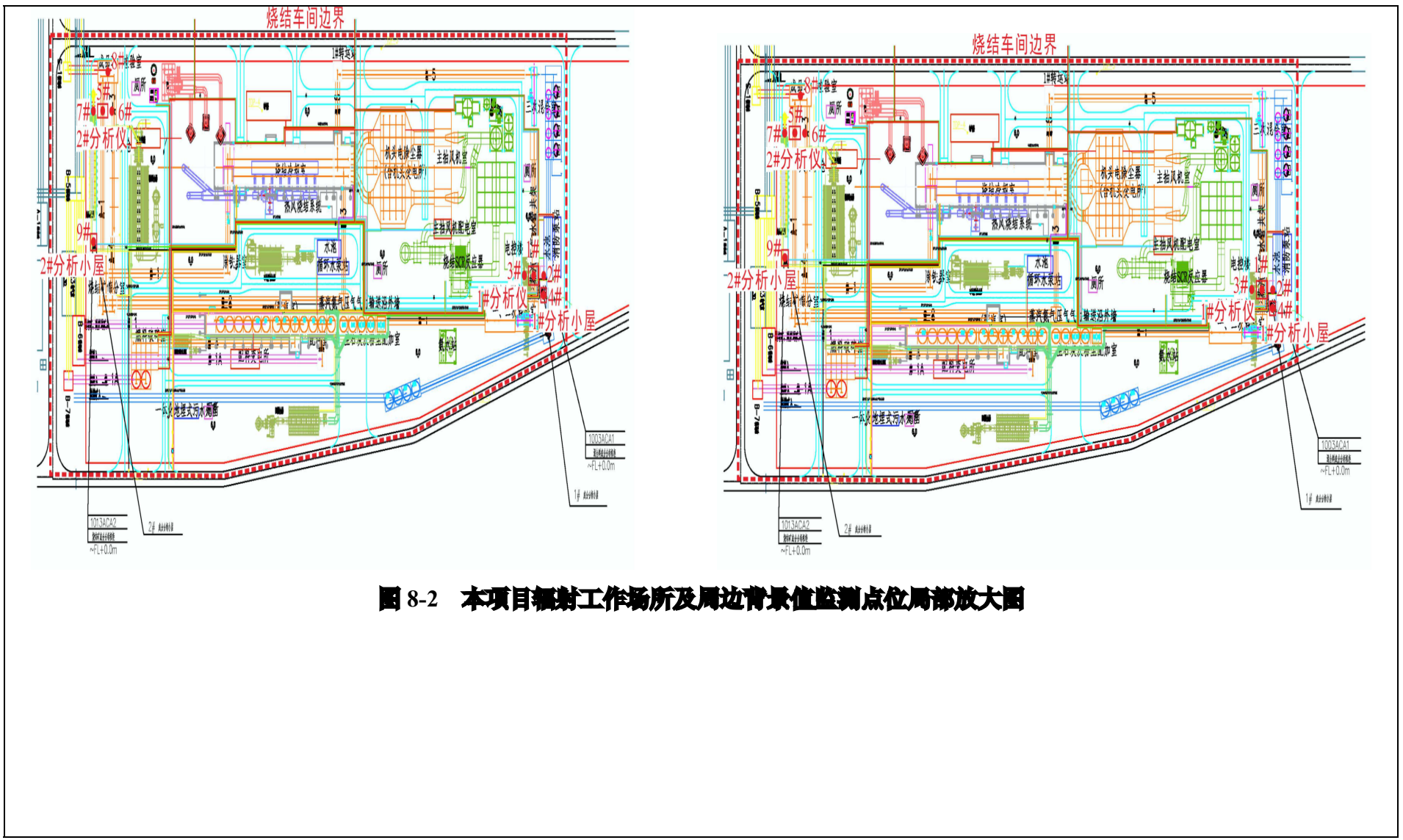


图 8-2 本项目辐射工作场所及周边背景值监测点位局部放大图

表9项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1.设备参数及工作原理

(1) 设备组成

中子发生器主要由电源和中子管组成。电源包括离子源电源、负高压电源；中子管由封闭在管内的氘靶、离子源、气压调节器组成。

(2) 工作原理

中子的产生过程如下：通过气压调节器，维持管内氘气合适的压强，在离子源内，使氘分子大量电离，氘靶上加负高压，在离子源与靶间形成一个负的加速电场，在负电场的作用下，氘核获得100keV以上的能量后，直接轰击氘靶，通过反应产生约14MeV的单能中子。中子是由以下反应得到：



本装置的中子发生器主要用于实时检测烧结混合料和烧结成品矿成分。烧结矿中的TFe、CaO、SiO₂、FeO、S等，在中子的照射下，均处于激发状态，在退激转为稳定状态的过程中放出特征γ射线，通过测量活化γ射线的照射计量率测量物料中某些元素存在及其含量。

本项目采用的中子发生器主要参数见下表。

表 9-1 本项目射线装置一览表

射线装置	型号	类别	数量	中子发射率 (中子/秒)	氘靶额定活度 (Bq)	放射源类别
中子发生器	CB Omni Agile	II类	2台	<5.0E+8	<1.22E+11	V

2.工艺流程及产污环节

(1) 概述

本项目元素分析仪主要由分析系统（含屏蔽模块部分）、中子发射子系统、伽马探测子系统、辐射防护系统、控制柜、操作员控制台等组成。另外本工程拟建设2处分析小屋，用于安装电控箱，储存标样、发生器储存盒、3kVA UPS电源（单相220V）。

当物料通过皮带穿过分析仪时，分析仪系统将测量散装固体物料的元素成分。传送带下方的中子发生器发射中子，这些中子将被传送带上的物料吸收。然后，物料中的各种元素会发射出具有特征的伽马射线，位于分析仪上部的探测器将测量这些伽马射线。电子外壳将处理来自探测器的信号，然后将它们发送至操作员控制台，以便对产品组成或工艺进行状态或工厂控制。

第1台分析仪安装于二次混合机后胶带上，对烧结混匀矿进行在线成分分析，主要分析元素为 TFe、CaO、SiO₂、Al₂O₃、MgO、S，为保证分析精度，还配备有精度 0.5%的电子皮带秤。

第2台分析仪安装于成品取样筛分室后成-1 胶带上，对烧结成品矿化学成分进行在线分析，主要分析目标为 TFe、CaO、SiO₂、Al₂O₃、MgO、S，为保证分析精度分析仪还配备有精度 0.5%的电子皮带秤。

分析仪示意图见下图。

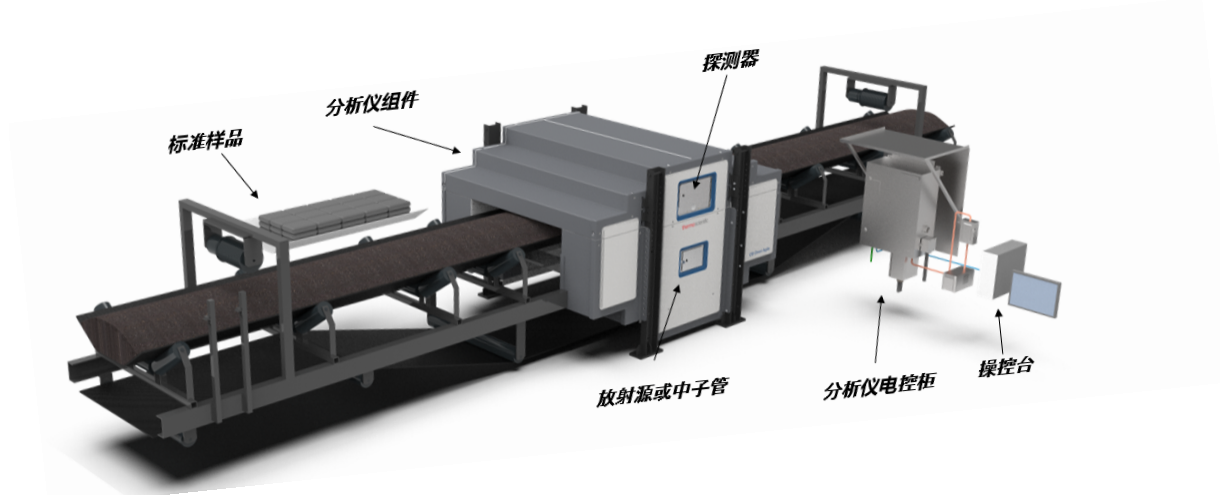


图 9-1 分析仪示意图

(2) 分析系统

分析系统主要由用于中子发射的中子管仓、用于探测伽马射线的探测器仓及相应的辐射防护系统等组成。分析系统的组成示意图见图 9-2。具体尺寸见图 9-3~4。



图 9-2 分析系统示意图

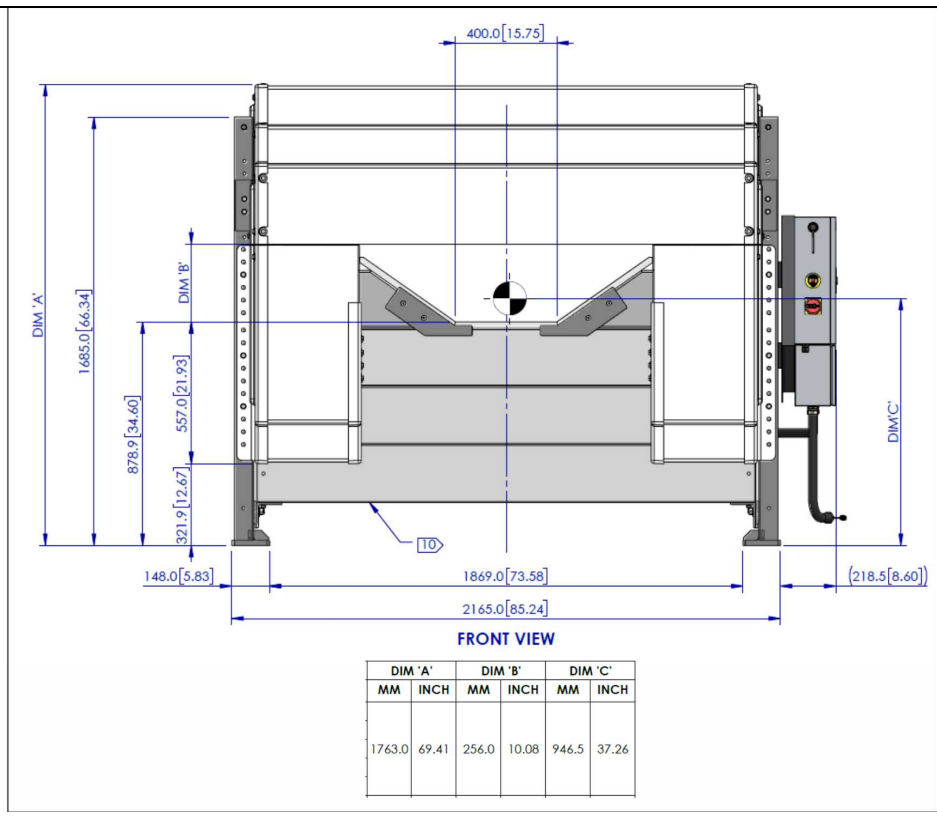


图 9-3 分析系统尺寸图（皮带方向）

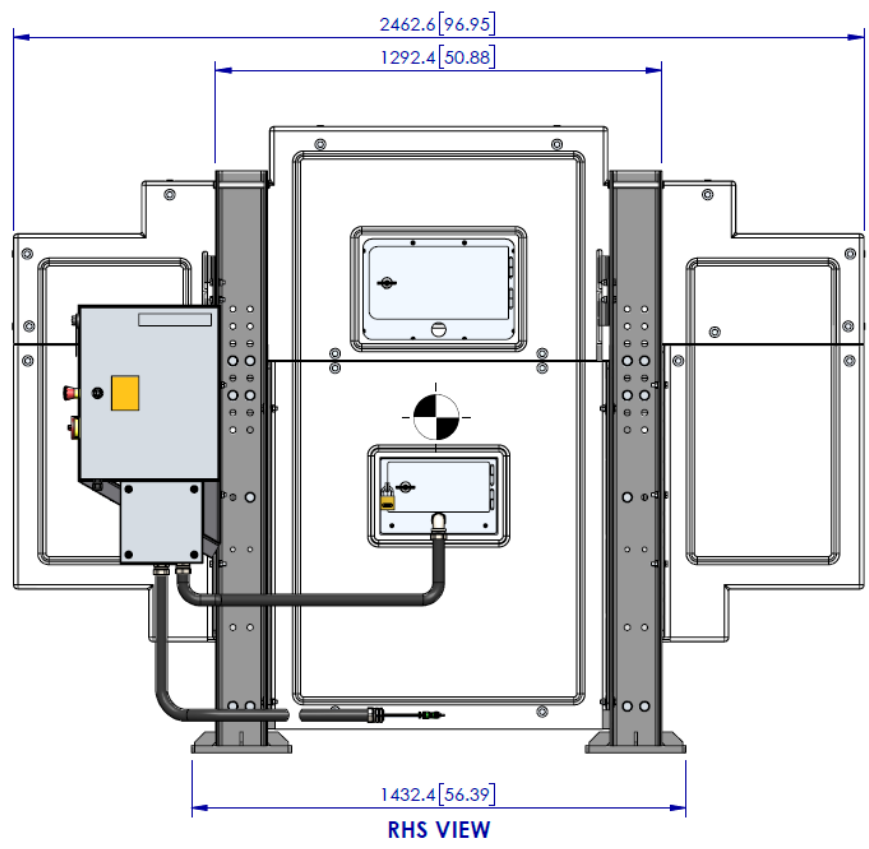


图 9-4 分析系统尺寸图（侧面）

(3) 中子发射子系统

中子发射子系统包括中子发射模块—中子发生器 (P385) 以及相关的电子设备，中子发射模块—中子发生器的外观示意图见下图。



图 9-5 中子发射子系统示意图

中子发射模块—中子发生器从图 9-4 中红框位置插入分析仪中，插入大致位置在图 9-5 中箭头所指位置。

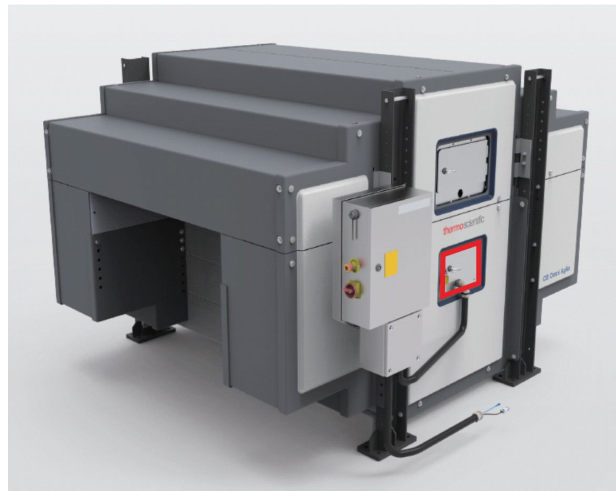


图 9-6 中子发射模块—中子发生器位置示意图（分析仪侧面图）

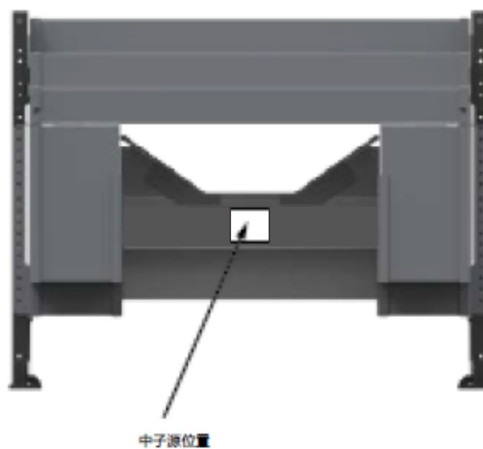


图 9-7 中子发射模块—中子发生器位置示意图（皮带方向剖面图）

本项目使用的中子发射模块由含有电路的密封式不锈钢外壳、散热片和含有以氟氢化物形式存在的氟的中子密封管组成。中子发射模块装置通过电缆连接到电控柜，以便实现该装置的远程操作。通电时，中子发射模块产生 14MeV 的中子，将中子每秒控制和限制到 $5.0E+08$ 个/秒。中子管完全密封，以防止泄漏。

本项目中子发生器所使用的中子发射模块为 P385。P385 是圆筒形设备，配有不锈钢外壳。设备长度大约为 690mm，重量大约为 12kg。不锈钢外壳的厚度为 2mm。外壳接缝经焊接封闭，但是有个金属盖板，栓接在圆筒的末端，供组装/维修时使用。P385 中的密封中子管为 A3082。A3082 管是真空密封金属和陶瓷组件。

(4) 伽马探测子系统

伽马探测子系统包括伽马探测器、相关电子设备和温度控制硬件，伽马探测器采集烧结原料和成品所发出的伽马信号，然后通过数字电子技术处理该信号，并通过电控柜发送到 PC 电脑进行数据分析。

辐射防护系统为分析系统外的屏蔽外壳，采用聚乙烯作为设备外壳主屏蔽材料，设备内部中子发生器部分采用石墨+少量铅作为屏蔽材料。

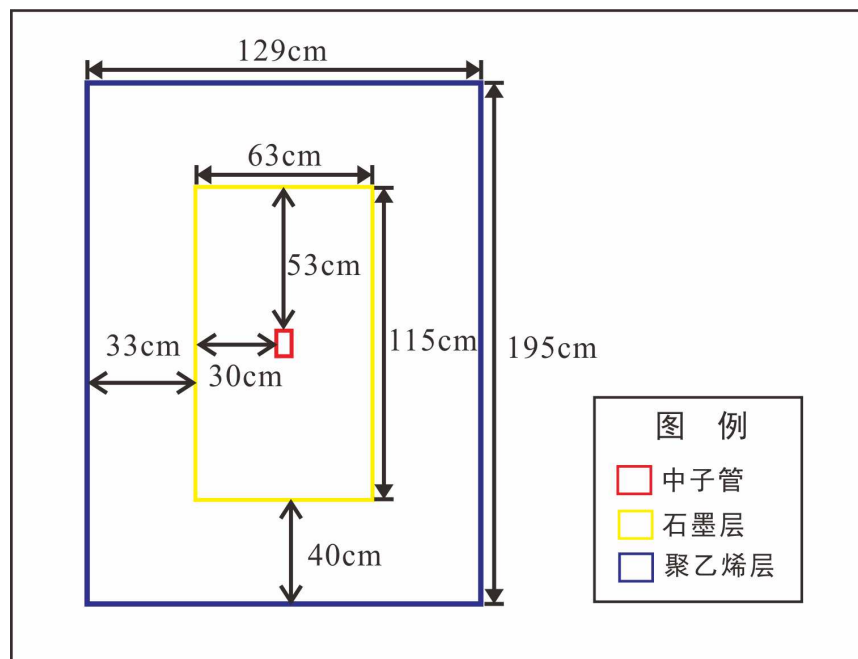


图 9-8 屏蔽材料及各屏蔽层厚度示意图

为进一步减小辐射影响，在分析仪两侧加装中子源屏蔽屏风，屏风材料为 25mm 钢板+63mm 石墨硼层+25mm 钢板，示意图见图 9-9~10。

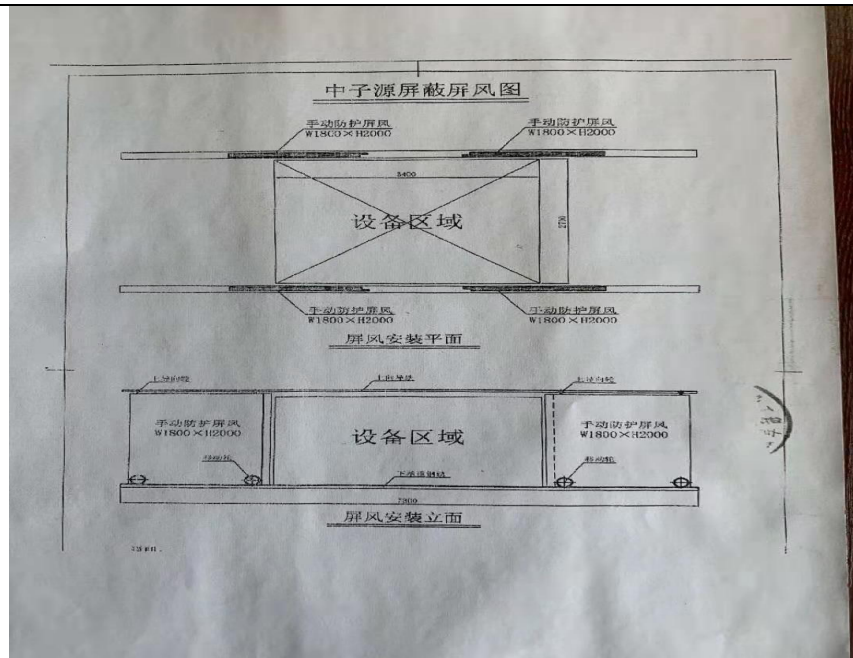


图 9-9 中子源屏蔽风示意图（俯视图）

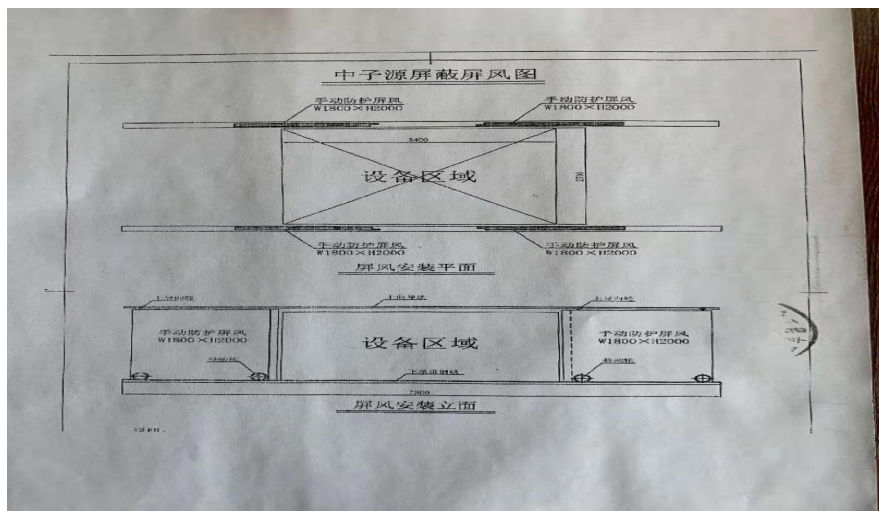


图 9-10 中子源屏蔽风示意图（立面图）

(6) 控制柜

控制柜是个多用途的电子机柜，其主要功能有：为测量模块电子设备提供电源；为 P385 提供高压电源；以太网通信中心；硬件安全系统；输入/输出信号的用户接口；测量室的温度控制。

(7) 操作员控制台

操作员控制台是分析仪的用户界面。它可以放在现场分析仪长达 1000m 之外（通过双绞线通讯）或者长达 2000m 之外（光纤通讯）。通常操作员控制台在中控室，使用 Windows 界面，菜单驱动界面，具有相当大的机动性，易于使用。主要的两个界

面是分析结果显示表和趋势实时图。本项目控制台位于宝钢德盛新建的智慧大楼，距离本项目元素分析仪最近距离约 1.7km。

元素分析仪具体规格参数如下表。

表 9-2 本项目元素分析仪规格参数一览表

规格数据		
安装位置	筛分室后成-1 胶带机	二次混合机后混-4 胶带机
传送带尺寸	1000 mm	1200 mm
主机长度	2103 mm	2103 mm
宽度	2190 mm	2190 mm
大致高度（最小值）	1670 mm	1710 mm
大致高度（最大值）	1820 mm	1860 mm
重量	5500 kg	5500 kg
标准物理规格数据		
槽形角	35°	
电控柜	NEMA 4X 防护；762 mm 高 x 610 mm 宽 x 305 mm 深（30 英寸 x 24 英寸 x 12 英寸）（确保电控柜可以在现场连接电缆范围内安装）	
与分析仪的电子连接	提供标准的 25 米线缆	
工作温度	应要求可配置-30°C to +50°C (-22°F to +122°F)	
电气规格		
电控柜	230 VAC 50 或 60 Hz，7 安培 3 线(L1, N, GND)	
操作员操控端	120 VAC 50 或 60 Hz，5 安培 1 相或者 230 VAC 50 或 60 Hz，2.5 安培 1 相	
通信		
电控柜到操作员操控端（客户提供）	光纤 62.5/125 多模（最少 2 根光纤）最长 2000 米（更长距离可选）	
操作员操控端至客户	OPC 客户/服务器连接、主流通信协议、ODBC	
控制系统（远程）通信	以太网连接至万维网（互联网）	
中子源		
中子源	中子发生器	
电源	集成高压电源	
电控柜尺寸	490 mm x 178 mm x 178 mm (19.3 英寸 x 7.0 英寸 x 7.0 英寸)	
电控柜重量	约 5 kg (11 lb)	
相关产品	AccuLink - 自动校准软件	

（8）分析小屋

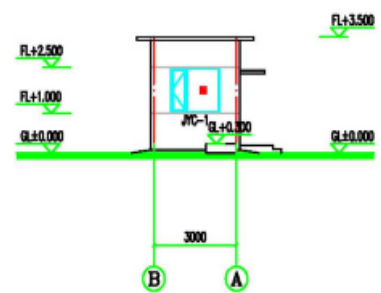
本工程拟建设 2 处分析小屋，用于安装电控箱，储存标样、发生器储存盒、3kVA UPS 电源（单相 220V）；出于安全的考虑，一旦发生放射性安全事故（如火灾、地震），放射源可由辐射工作人员就近将放置回发生器储存盒。

①分析小屋长边 4.24m，短边 3.24m，建筑面积为 13.7m²，共 1 层，按单层建筑物设计，建筑物高度 3.8m。

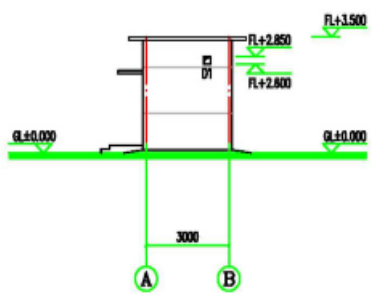
②建筑物抗震设防烈度为 6 度，设计使用年限为 50 年。

③建筑物其按火灾危险性分类为丁类，耐火等级为二级，结构形式为砖混结构。整体为 1 个防火分区，其面积为 13.7m²，满足防火规范要求。

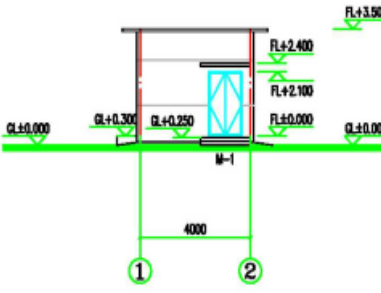
分析小屋平、立、剖面图见图 9-11~12。



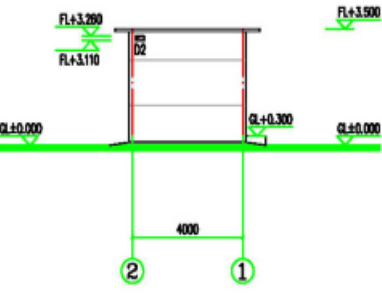
(B)-(A) 立面图 1:100



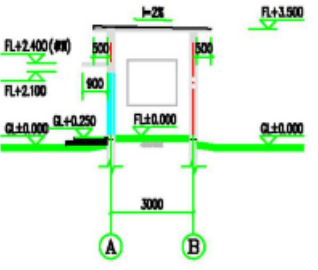
(A)-(B) 立面图 1:100



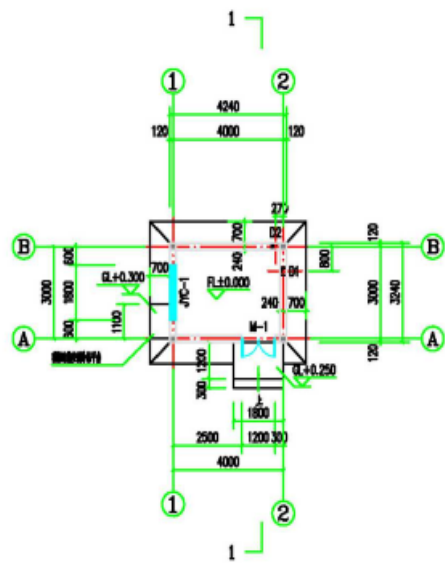
(1)-(2) 立面图 1:100



(2)-(1) 立面图 1:100



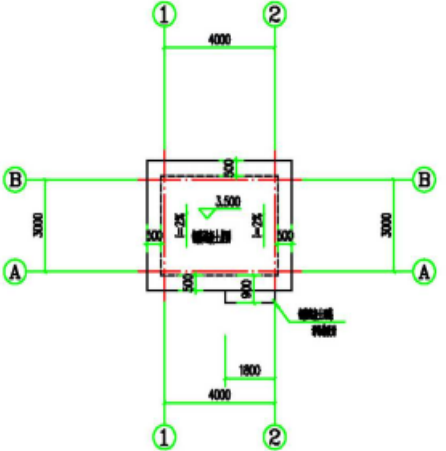
1-1 剖面图 1:100



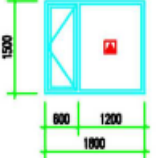
FL±0.000 平面图 1:100

FL=GL+0.300m

D1: 地上开闭气窗 250X250, 窗中柱宽 60x25 (柱×D) 柱宽 60, 窗高 25, 窗底标高 FL+2.600.
D2: 地上开闭气窗 300X150 (柱×窗), 窗底标高 FL+3.110.

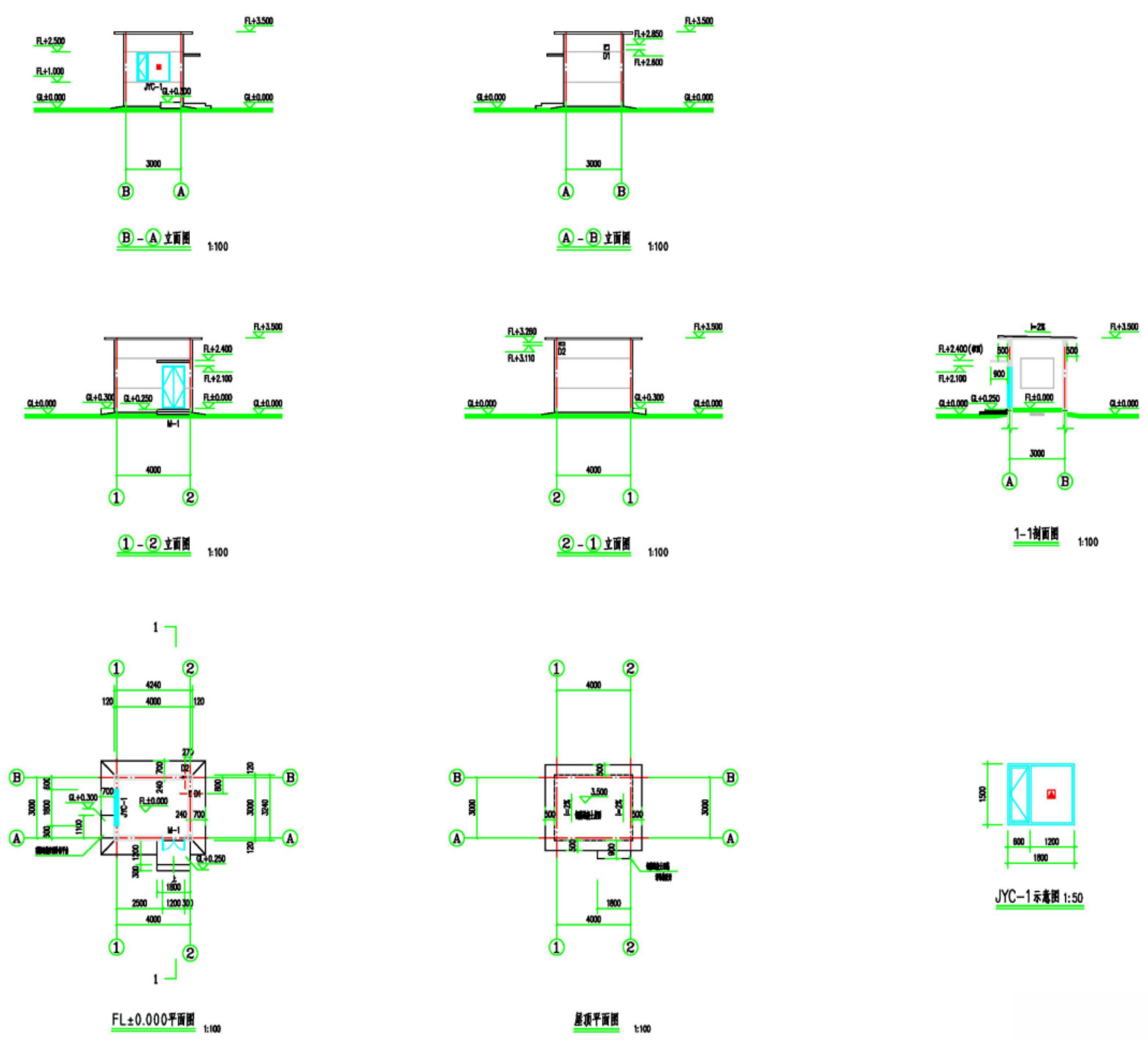


屋顶平面图 1:100



JYC-1 示意图 1:50

图 9-11 1#分析小屋平、立、剖面图



D1: 墙上不开窗换气扇 250X250, 距窗台 50x25 (供 D2) 木窗台, 距窗台 FL+2.600.
D2: 墙上开气窗 300X150 (供 D1), 距窗台 FL+3.110.

图 9-12 2#分析小屋平、立、剖面图

污染源项描述

1. 建设阶段的污染源项

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是拟建工程施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周围敏感点的影响在可接受的范围内，施工人员生活废水依托厂区已有排水系统处置。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

(1) 环境空气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，由散装水泥和建筑材料运输等施工活动将产生。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小，随着施工的结束而结束。

(2) 噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工机械、运输、及现场处理等。噪声值一般在65~80dB(A)之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

(3) 地表水

施工期污水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。依托厂区污水处理系统处理。

(4) 固体废弃物

本项目量小，产生固废主要是生活垃圾、建筑垃圾。与新建烧结工程固废一同处理。

2. 运行阶段污染源项

(1) 主要污染因子

辐射防护系统为分析系统外的屏蔽外壳，采用聚乙烯作为设备外壳主屏蔽材料，设备内部中子发生器部分采用石墨+少量铅作为屏蔽材料。分析仪产生的主要辐射是中子；中子与被检测物料作用时，被俘获产生低能 γ 射线。

(2) 正常工况污染途径分析

①在线检测装置接通电源后，产生中子。

②中子流照射在皮带上的原料或者成品上，原料或者成品中的元素俘获中子后，发出 γ 射线。

③在线检测装置断开电源后，不再产生中子和 γ 射线。

④元素分析仪长期工作对周围材料的感生放射性。

(4) 事故工况污染途径分析

①在线检测装置的聚乙烯屏蔽层受到破坏，则周围环境可能受到辐射污染，放射工作人员或公众可能受到超剂量的中子或 γ 射线外照射。

②在线检测装置与皮带联锁装置失灵，皮带不运行时，在线检测装置仍在运行，对环境产生外照射。

③工作人员在在线检测装置检修时未断开电源，致使检修人员受到超剂量的中子或 γ 射线外照射。

表10 辐射安全与防护

项目安全设施

1.工作场所布局和分区

本工程拟在新建烧结车间建设 2 台在线元素分析仪，每台分析仪含 1 套 14MeV 中子发生器，安装于烧结矿原料和成品皮带上，用于实时检测烧结矿成分。另外本工程拟建设 2 处分析小屋，用于安装电控箱，储存标样、发生器储存盒、3kVA UPS 电源（单相 220V）。本工程工作场所布局示意图见图 1-3。

2.工作场所辐射安全和防护

(1) 在线分析仪根据屏蔽中子及低能 γ 射线的特点，采用聚乙烯作为设备外壳主屏蔽材料，设备内部中子发生器部分采用石墨+少量铅作为屏蔽材料。

(2) 在线分析仪设有联锁装置，当皮带不运行或运行皮带上无原料时，设备中的中子发生器处于断电状态，不会出束产生中子。

(3) 在线分析仪设有门—机联锁装置，当设备外罩防护门打开时，通过联锁装置设备自动停止运行，中子发生器停止发射中子束。

(4) 若运行中出现紧急情况，对设备断电后，中子发生器将立即停止中子出束。

(5) 本项目设置应急放射源屏蔽贮存箱—铁板箱，以备发生应急事件时中子管的临时存放，铁板箱应同时要满足下列要求：具有防盗的贮存条件和管理措施，具有屏蔽防护措施，使非工作人员可能到达的任何位置上的剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，设有醒目规范的“电离辐射”标志。应急箱执行双人双锁管理，以防放射源丢失。

3.项目安全设施可行性分析

(1) 系统用户界面屏幕配有中子发生器选件，可监测发生器的运行情况。故障检测电路和逻辑旨在确保发生器始终正常运行。任何监测到的故障的错误情况都会导致发生器自动关闭。安全临界故障称为“联锁”。联锁跳闸需要用户交互才能重启发生器。

(2) 中子发生器配有外部硬件联锁电路。为了形成电路，可串联连接任何数量的干接点开关。开路会导致发生器关闭。如果不在用户界面上手动确认联锁情况，则在联锁跳闸后，发生器将不会重启。

(3) 微控制器板上的电路连续监测从控制器到通信接口上的活动。如果在预定时间后不存在通信量，则内部电路将切断发生器的电源。这种联锁能够确定发生器系统与通信接口之间是否发生通信失效。

(4) 配有电子中子发生器的分析仪包含一个警告灯，该灯可能安装在分析仪附近

高度可见的位置。与电子中子发生器配合使用的工业警告灯与发生器电源联锁，在产生中子时亮起。断电将导致警告灯和中子发生器关闭。电流感应电路监测警告灯的运行情况。警告灯失效将导致监测电路触发发生器控制器故障，从而关闭发生器。

综上所述，本项目辐射安全设施是合理可行的。

4.工作场所辐射防护设计符合性分析

本项目有固定的辐射工作场所，且场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第18《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目辐射工作场所采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽其辐射源产生的射线，对辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

5.本项目环保投资预算

本项目环保投资明细见表 10-1。

表 10-1 环保投资一览表

序号	类别	环保措施	投资金额（万元）
1	分析仪屏蔽措施	分析仪采用聚乙烯作为设备外壳主屏蔽材料，设备内部中子发生器部分采用石墨+少量铅作为屏蔽材料	40
2	防止人员误照	分析仪设置电离辐射警示标识、工作状态指示灯、门-机-灯联锁装置	15
3	人员安全与防护	为每名辐射工作人员配备个人剂量计；并配备了铅衣、铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品	10
4	监测设备	为辐射工作人员个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪、辐射剂量巡测仪和表面污染测量仪等监测设备	10
5	人员培训	安排辐射工作人员参加辐射安全防护专业知识及法律法规的培训并取得合格证书	2
6	辐射防护安全制度	制定了一套完善的辐射管理规章制度文件，并严格实施，并将部分文件张贴上墙	3
合计			80

三废的治理

本项目产生的废弃物主要是废中子管、氚靶。中子管使用寿命约 1.4 万小时，宝钢德盛年工作天数 330 天，24 小时连续工作制，则大约每 1.6 年产生 2 个废中子管。厂家承诺废中子管由厂家进行回收。

表11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主要涉及设备安装，分析小室的建设涉及少量土建工程量，施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对周围环境有影响。企业应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，避免因本项目建设影响其他人员工作等。由于本项目工程量小，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失，且施工人员生活废水依托厂区已有排水系统处置，生活垃圾由施工方统一收集后与厂区生活垃圾一起处置。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

运行阶段对环境的影响

1. 辐射环境影响分析

(1) 计算公式

根据《中子发生器及其应用》（刘林茂主编）P159，“中子的危害与 γ 射线的危害相比，中子是主要的，因此，主要考虑中子的屏蔽，如果屏蔽层对中子是足够的话，必然满足对 γ 射线的安全屏蔽要求”。本项目采用聚乙烯作为设备外壳主屏蔽材料，设备内部中子发生器部分采用石墨+少量铅作为屏蔽材料，对 γ 射线屏蔽能力较强；另外分析仪对产生的周围材料的感生放射性影响，由于烧结车间工作期间，车间的通风系统处于开启状态，因此不会造成车间内辐射剂量的累积；因此，本次仅考虑中子对设备外的辐射影响。

通电时，中子发射模块产生 14MeV 的中子，中子发生器的中子发射率最大为 $5.0E+8$ 中子/秒。根据《辐射防护手册 第一分册》（李德平主编，原子能出版社，1990）相关内容，中子发生器使用过程中，周围环境的剂量率水平采用以下公式进行计算。

$$H_n = \frac{k\phi}{4\pi r^2} 10^{-\frac{d}{T}} \quad (\text{公式一})$$

式中， H_n —参考点处的中子剂量当量率，mSv/h；

k —中子通量密度-剂量率转换系数，(mSv/h) / (n/cm²·s)，本项目最大中子能量为 14MeV，参考《辐射防护手册第一分册》P331，取 1.5×10^{-3} ；

ϕ —中子发射率，n/s，本项目中子中子发生器，最大发生率为 5.0×10^8 ；

r —预测点到源的距离，cm；

T —十值层（十分之一值层）厚度，cm。根据《多层复合屏蔽结构对 14.8MeV 快中子的屏蔽结果》（沈志强等，中国核科学技术进展报告第 3 卷，2013 年 9 月），保守估

算石墨屏蔽 14MeV 中子的十值层 (TVL) 厚度为 15cm; 根据《8%含硼聚乙烯板对快中子屏蔽性能的实验研究与分析》(张家宝等, 中华放射医学与防护杂志 2014 年 11 月第 34 卷第 11 期), 聚乙烯屏蔽中子的十值层 (TVL) 取值可根据以下公式估算: $TVL = (6.2 + 3.4E) \text{ cm}$, 其中 E 为中子能量。则对 14MeV 中子能量取 53.8cm。

d—屏蔽层厚度, cm。根据设计资料, 各屏蔽层厚度见下图。

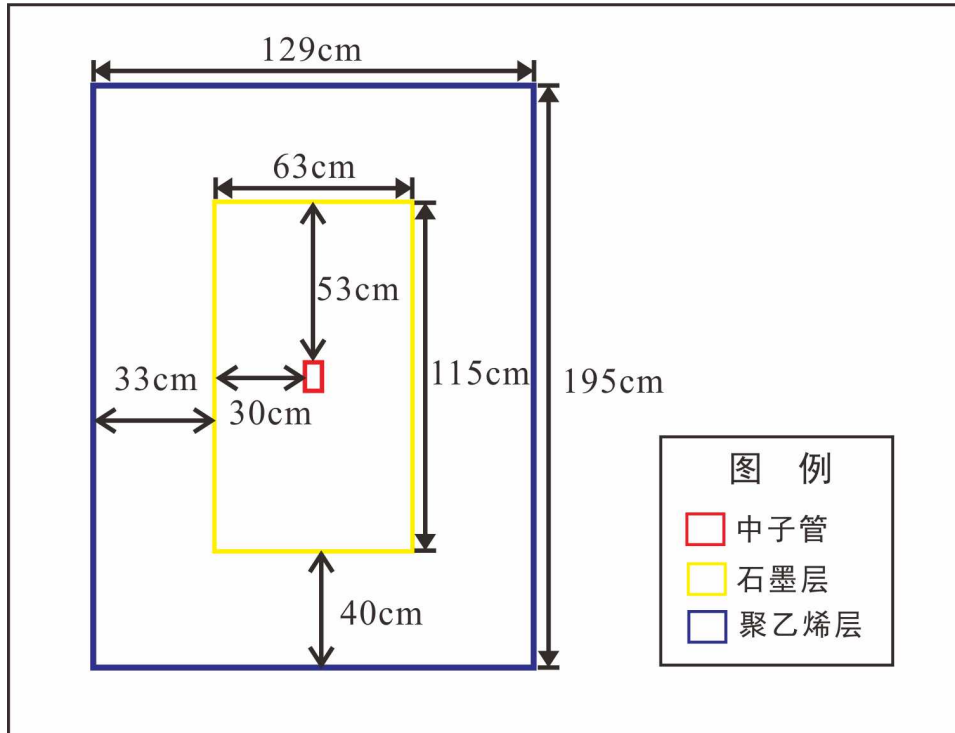


图 11-1 各屏蔽层厚度示意图

(2) 元素分析仪对周围环境的影响

因为工作人员工作不可能到达皮带上方和仪器下方, 因此本次评价主要预测计算分析仪侧面距离仪器表面 30cm 处和皮带出口外 30cm 处的中子剂量当量率。分析仪日常没有工人及其他人员驻留, 只有日常巡检人员会在分析仪旁边经过, 巡检人员距分析仪的最近距离取 1m。预测点位见下图。

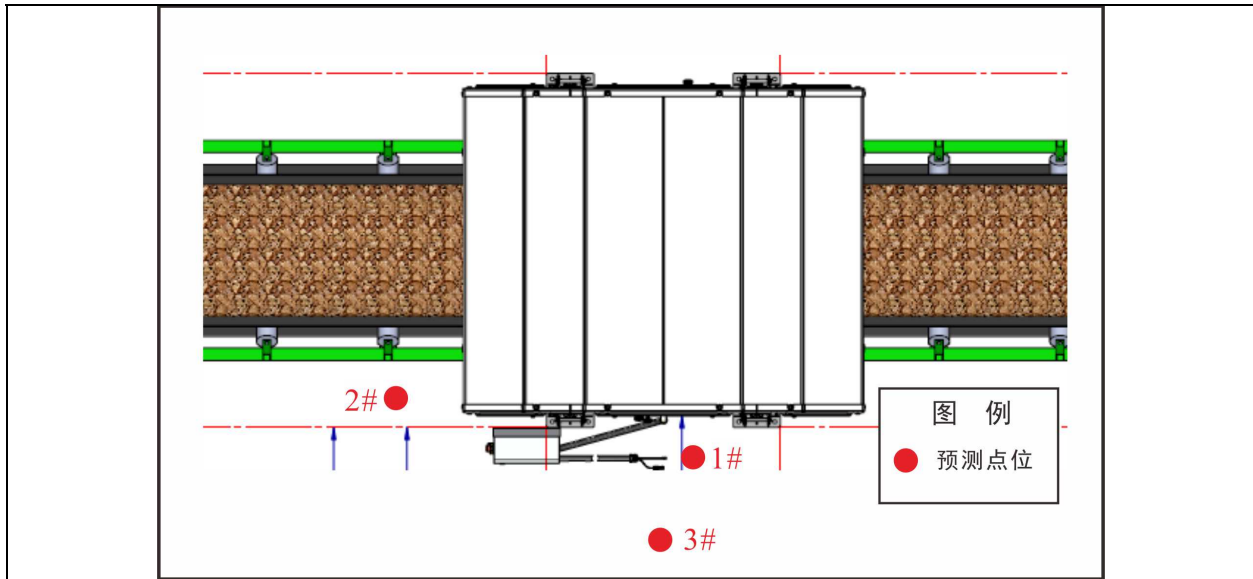


图 11-2 预测点位示意图

经公式一计算可得，各预测点预测结果见下表。

表 11-1 各预测点预测结果

序号	预测点位	预测点到源的距离 (cm)	预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	分析仪侧面距仪器表面 30cm 处	130	0.19
2	分析仪皮带出口外 30cm 处	150	6.46
3	日常巡检人员处	200	0.08

分析仪两侧还加装了中子源屏蔽屏风，屏风材料为 25mm 钢板+63mm 石蜡硼层+25mm 钢板，将进一步减小分析仪对两侧过道的辐射影响。

根据《复合材料对 14MeV 中子源屏蔽的 M - C 模拟研究》（彭凤梅等，东华理工大学研究生毕业论文，2012 年 6 月），钢板屏蔽 14MeV 中子的十值层(TVL)厚度为 36cm；根据《14.1MeV 小型脉冲中子发生器的屏蔽》（袁涛等，四川兵工学报 2012 年 7 月第 33 卷第 7 期），石蜡硼屏蔽中子的十值层 (TVL) 厚度为 34cm。

经中子源屏蔽屏风，计算可得分析仪两侧预测点预测结果见下表。

表 11-2 各预测点预测结果

序号	预测点位	预测点到源的距离 (cm)	预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	分析仪侧面距仪器表面 30cm 处	130	0.09
2	日常巡检人员处	200	0.04

(3) 年有效剂量估算

本评价采用 $D = TH/1000$ （公式二）进行估算；

式中：

D——年受外照的剂量，mSv；

H——照射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T——工作时间， $\text{h/a}\cdot\text{人}$ 。

巡检人员按每日进行 1 次巡检，每次巡检经过分析仪约 1min，生产线 1 年工作 330 天。经公式二计算，巡检人员 1 年接受的剂量约为 0.0002mSv/a ，能满足职业工作人员的年管理剂量约束值 5mSv/a 的要求。

(4) 设置监督区

由公式一计算可知，分析仪外表面 5cm 处和 100cm 处中子剂量当量率见下表。

表 11-3 各预测点预测结果

序号	预测点位	预测点到源的距离 (cm)	预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	分析仪侧面距仪器表面 5cm 处	105	0.14
2	分析仪皮带出口外距仪器表面 5cm 处	125	9.30
3	分析仪侧面距仪器表面 100cm 处	200	0.04
4	分析仪皮带出口外距仪器表面 100cm 处	220	3.00

由计算结果可知，分析仪侧面对人员的活动范围不限制；但分析仪皮带出口方向 100cm 处预测结果为 $3.00\mu\text{Sv/h} > 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，因此应设置监督区。

由公式一计算可得，皮带出口外 1.3m 处，剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。本次环评考虑皮带出口方向中子的散射可能是周围环境剂量率的来源，因此建议项目结合验收阶段实测结果设置监督区，在监督区边界上设置警戒线和警告标志，并设置醒目正规的“电离辐射”标志，防止非工作人员进入边界以内的区域。

2. 三废治理措施

本项目产生的废弃物主要是废中子管、氚靶。中子管使用寿命约 1.4 万小时，宝钢德盛年工作天数 330 天，24 小时连续工作制，则大约 1.6 年产生 2 个废中子管。厂家承诺废中子管由厂家进行回收。

事故影响分析

1、可能的风险事故（件）

(1) 人员误入或误留监督区

分析仪在工作时，中子、 γ 射线在监督区内形成高剂量率的辐射场，如果在分析仪开机状态下有人员误入或误留监督区内，将造成超剂量照射。

(2) 操作人员违规操作或误操作

操作人员违规操作或误操作，导致中子发生器破损或中子发生器对周围人员造成不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

(3) 射线装置被盗

中子发生器被盗，使中子发生器使用不当，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

2、风险事故（件）防范措施

（1）根据建设单位提供的设计资料，为防止人员误入或误留监督区造成辐射事故，本项目在监督区边界上设置警戒线和警告标志（或采取警告措施），防止无关人员进入边界以内的区域，可有效防止辐射安全事故的发生。本次评价要求建设单位定期巡检各项安全设施，确保各项安全设施均能正常运转。

（2）对操作人员违规操作或误操作的问题，建设单位拟提前对操作人员进行技术培训，确保其掌握本项目射线装置的操作流程和技术方法。在项目投运后，建设单位将加强管理，提高操作人员安全意识，禁止未经培训的操作人员操作中子发生器。

（3）本项目中子发生器不用时，放置于分析小室内，分析小室的门均处于关闭状态。建议分析小室内设置摄像监控设备，与保安室联网，便于人员随时查看分析小室内部及周边情况，防止设备丢失或被盗。在日常工作中，需加强对设备的管理，一旦发生丢失或被盗事件时，将及时报告当地生态环境部门、公安部门以及卫生部门。



表12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1. 辐射安全与环境保护管理机构

宝钢德盛不锈钢有限公司成立了以钱**为组长，林**为副组长，葛**、肖**、雷**、朱**、余**、高**、葛**、孙**、陈**、张**、林**等为成员的放射防护与放射安全委员会，委员会下设办公室，辐射安全与环境保护委员会专职负责辐射安全与环境保护管理工作，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）中规定的：“使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作”。

领导小组职责：

（一）组长职责：领导整个辐射安全工作和应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障。并向当地生态环境、卫生、公安等主管部门报告。

（二）副组长职责：配合组长工作，当组长不在时，行使组长权利。

（三）救护职责：当事故发生后，迅速与医疗救护单位联系，配合协助其工作。

（四）物质供应职责：为事故的救助提供必要的物质保障。

（五）辐射安全许可证的申请、颁发、续发、换发、变更内容。

（六）放射性同位素与射线装置设备的引入和场地的新建、改建、扩建均先上报各行政主管部门，取得相应级别行政许可后，方可购入或施工。

（七）组织宝钢德盛辐射工作人员参加辐射防护相关培训。

（八）组织宝钢德盛辐射工作人员开展个人剂量检测和职业健康检查，建立人员职业健康档案。

（九）定期组织对辐射工作场所进行日常监测，同时按要求每年委托有资质单位对全厂辐射工作场所开展年度监测，并取得相应的监测报告。

（十）领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障，并向当地环保、卫生、公安等主管部门报告。

（十一）负责全厂辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理，每年12月31日前对全厂辐射工作场所进行年度评估，并编制年度评估报告，上交管理部门备案。

2. 辐射工作人员配置

本项目拟配备3名辐射工作人员，人员未确定，待人员确定后将组织参加辐射安全

与防护专业知识考核，考核通过后可上岗。

在此基础上，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第17号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）相关规定，宝钢德盛制定了《宝钢德盛不锈钢有限公司辐射事故/事件应急预案》、《操作规程》、《岗位职责》、《辐射安全防护和安全保卫制度》、《培训计划》、《放射性同位素使用登记制度》、《辐射设备检修维护制度》和《监测方案》等辐射安全管理制度，相关制度见表12-1。

表 12-1 宝钢德盛不锈钢有限公司已建立的管理制度

序	宝钢德盛成立的管	内容
1	辐射安全防护和安全保卫制度	对宝钢德盛辐射工作人员职责、工作程序和个人防护做出要求
2	辐射事故应急预案	规定了发生辐射事故时宝钢德盛相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小
3	岗位职责	明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任
4	监测方案	规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对监测结果存档保留
5	培训计划	规定了辐射工作人员必须参加有资质单位组织的辐射安全与防护培训，持证上岗，并对内部培训做了要求
6	操作规程	规定了辐射工作人员操作射线装置的详细流程，能减少辐射事故的发生
7	辐射设备检修维护制度	提出了对放射源和射线装置的定期检修和维护要求，能防止因设备损坏造成辐射事故
8	放射性同位素使用登记制度	提出了放射性同位素购买、使用、登记、报废等流程的制度要求，能防止因放射源丢失造成辐射事故

宝钢德盛应严格执行辐射安全管理规章制度，并根据公司的发展，及时对辐射安全管理规章制度进行补充完善，在此基础上宝钢德盛的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

辐射监测

宝钢德盛已制定《监测方案》，根据监测方案对工作场所和周围环境进行监测。《监测方案》包括以下内容：

1、场所监测

(1) 日常监测计划

监测项目： γ 辐射剂量率、中子剂量当量率

监测频次：正常工况时，辐射剂量率、中子剂量当量率监测于每次开机后监测 1 次。

另在发生污染事故或怀疑有污染时，应及时进行监测。

监测布点：分析仪两侧外 30cm 处，每台分析仪两侧各布设 2 个点位，2 台分析仪合计布设 4 个点位。

(2) 年度监测

每年委托有资质单位开展年度监测工作，对各关注点处的 γ 辐射剂量率、中子剂量当量率进行监测，并出具监测报告，上报生态环境主管部门。

(3) 验收监测计划

项目投运后，及时组织开展竣工环保验收工作，开展竣工环保验收监测。

2、个人剂量的监督与检测

(1) 严格遵守国家辐射环境管理法规；

(2) 辐射工作人员必须接受个人剂量监测，建立个人剂量档案，保存至职业工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年；

(3) 辐射工作人员工作期间须按要求佩戴个人剂量计；

(4) 个人剂量计的读取时间为每 3 个月 1 次。

(5) 辐射工作人员的受照剂量超过或接近年剂量约束值时，应查明原因，采取改进措施或减少工作时间。

根据《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）要求，安全环保部负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案，本项目职业工作人员均应配戴个人剂量计（人手 1 支，由个人剂量检测单位配发），委托有资质的检测机构每三个月检测一次，检测数据填入个人剂量档案。个人剂量档案要做到人手一档，其中应包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案保存至职业工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

辐射事故应急

一、辐射事件应急处理机构与职责

宝钢德盛已根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》等法律法规的要求，制定《辐射事故/事件应急预案》。一旦发生风险事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。该预案主要包括以下内容：

1、辐射事故应急处理机构与职责

(1) 公司成立辐射事故（事件）应急处理领导小组，组织开展风险事件的应急处理工作。应急预案中明确了应急处理领导小组名单及联系方式。

(2) 应急处理领导小组职责

a. 定期组织对工作现场、设备和人员进行辐射防护情况自查和检测，发现事故隐患及时督导整改；

b. 发生辐射事故时，应启动本预案；

c. 事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；

d. 负责向生态环境及卫生行政部门及时报告事故情况；

e. 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

f. 人员受照时，要迅速估算受照人员的受照剂量；

g. 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

2、辐射事故应急原则

a. 迅速报告原则；

b. 主动抢救原则；

c. 生命第一的原则；

d. 科学施救，防止事故扩大的原则；

e. 保护现场，收集证据的原则。

3、辐射事故应急预案的启动及应急行动的终止

(1) 应急预案的启动

a、出现人员受照事故、人员个人剂量超标、辐射剂量率超标、设备无法关机等情况时及时启动应急预案；

b、当发生辐射事故时，由专人向公司辐射事故应急行动负责人报告，并由指定人员及时向卫生、公安、生态环境部门报告，应急预案中明确了内部联系人员及卫生、公

安、生态环境部门的联系方式。

(2) 应急行动的终止

a 实现受照人员得到救治、现场辐射水平降低至规定限值以下、设备修复完成等情况，且得到行政主管部门批准后，可终止本次应急行动；

b.指定专人发布应急行动的终止，并由辐射事故应急处理机构对当次辐射事故应急行动进行总结和反思，及时收集与事故有关的物品和资料，做好调查研究工作，认真分析事故原因，并采取妥善措施，尽量减少事故发生。

4、辐射事故应急处理程序

a.事故发生后，当事人应立即切断电源，同时通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报辐射事故应急处理领导小组；

b.应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

c.事故处理必须在应急处理领导小组的领导下，在有经验的工作人员和辐射防护人员的参与下进行；

d.各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

总之，为减少事故发生，必须加强管理力度，提高职业人员的技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，并加强设备检查和维修，减少故障发生，提高单位应急能力。

二、辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划

(1) 公司制定的辐射事故应急预案如下：

①发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；应当立即撤离有关工作人员，封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节。并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

②依据应急预案，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区；

④各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。并编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果的书面报告报生态环境部门，凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

(2) 应急人员的培训演习计划

①应急培训

(I) 单位辐射工作人员上岗前应取得辐射安全与防护知识考核合格证；

(II) 单位将积极开展辐射安全防护知识的内部学习，提高辐射工作人员的防护意识，避免辐射事故的发生。同时将定期邀请环境主管部门的专家讲课，主要包括辐射安全的基础知识、核技术应用项目的防护安全、辐射事故与事故应急等内容。

②应急演练

(I) 辐射安全防护领导小组根据需要，每年应至少组织一次辐射事故应急演练，辐射事故演练分为专业性演练和综合性演练，专业性演练由辐射事故应急小组的成员参加，综合性演练除了辐射事故应急小组外，单位其他部门的相关成员也应参加；

(II) 演练过程中应注重人员救助、物资援助的演练。同时应急演练前建设单位应制定相应的方案和程序，演练完成后对演练情况作出总结，发现问题及时整改。

表13 结论与建议

结论

为提高烧结混合料和烧结成品矿成分取样频度和及时性，进而提升烧结矿质量，本工程拟在新建烧结车间建设2台在线元素分析仪，每台分析仪含1套14MeV中子发生器，安装于烧结矿原料和成品皮带上，用于实时检测烧结矿成分。另外本工程拟建设2处分析小屋，用于安装电控箱，储存标样、发生器储存盒、3kVA UPS电源（单相220V）。

1. 辐射安全与防护分析结论

(1) 在线元素分析仪根据屏蔽中子及低能 γ 射线的特点，采用聚乙烯作为设备外壳主屏蔽材料，设备内部中子发生器部分采用石墨+少量铅作为屏蔽材料。

(2) 在线元素分析仪设有联锁装置，当皮带不运行或运行皮带上无物料时，设备中的中子发生器不会出束产生中子。

(3) 在线元素分析仪设有门-机联锁装置，当设备外罩防护门打开时，通过联锁装置设备自动停止运行，中子发生器停止发射中子束。

(4) 若运行中出现紧急情况，对设备断电后，中子发生器将立即停止中子出束。

(5) 本项目设置应急放射源屏蔽贮存箱—铁板箱，以备发生应急事件时中子管的临时存放，铁板箱应同时要满足下列要求：具有防盗的贮存条件和管理措施，具有屏蔽防护措施，使非工作人员可能到达的任何位置上的剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，设有醒目规范的“电离辐射”标志。应急箱执行双人双锁管理，以防放射源丢失。

(6) 本次环评建议项目结合验收阶段实测结果设置监督区，在监督区边界上设置警戒线和警告标志，并设置醒目正规的“电离辐射”标志，防止非工作人员进入边界以内的区域。

(7) 要求配备 γ 辐射剂晕率仪、个人剂量报警器等设备。并建议配备铅防护服、防护手套、防护眼镜等个人防护用品。

(8) 公司已制定各项管理规章制度，在运行过程中将各项安全防护措施落实到位的情况，可以确保工作人员、公众的安全，并能有效应对可能的突发事件。

2. 环境影响分析结论

(1) 环境现状

现状监测结果表明，本项目拟建区域中心位置及周围环境 γ 空气吸收剂量率现状值为 $81.0\sim 207\text{nSv/h}$ 之间即 $8.1\sim 20.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，属于天然辐射水平。中子剂量当量率均低于仪器检出限，处于较低水平。

(2) 建设阶段对环境的影响

本项目主要涉及设备安装，分析小室的建设涉及少量土建工程量，施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对周围环境有影响。企业应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，避免因本项目建设影响其他人员工作等。由于本项目工程量小，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失，且施工人员生活废水依托厂区已有排水系统处置，生活垃圾由施工方统一收集后与厂区生活垃圾一起处置。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

(3) 运行阶段对环境的影响

拟建设的 2 台在线元素分析仪日常没有工人及其他人员驻留，只有日常巡检人员会在分析仪旁经过。经计算，巡检人员 1 年接受的剂量约为 0.0002mSv/a，能满足职业工作人员的年管理剂量约束值 5mSv/a 的要求。

经计算可得，皮带出口外 1.3m 处，剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。本次环评考虑皮带出口方向中子的散射可能是周围环境剂量率的来源，因此建议项目结合验收阶段实测结果设置监督区，在监督区边界上设置警戒线和警告标志，并设置醒目正规的“电离辐射”标志，防止非工作人员进入边界以内的区域。

3. 可行性分析结论

按照中华人民共和国国家发展和改革委员会令 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》鼓励类中第六类核能中的第 6 点“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

项目的建设有利于生产水平，在采取各项辐射防护措施后可以满足国家各项标准要求，其产生的辐射危害远小于企业和社会从中取得的利益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

本项目选址位于宝钢德盛厂区内新建烧结车间，分析仪周围 100m 范围内无居民区、医院、学校等环境敏感区域，项目选址较为合理。

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施及落实本报告建议和内容后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，宝钢德盛不锈钢有限公司烧结工程在线元素分析仪项目是可行的。

建议

(1) 对照国家《中子发生器使用场所监督检查表》与国家《固定式 IV、V 类源使用场所辐射防护设施的监督检查表》的要求，查漏补缺，补充制定完善相关辐射安全管理制度。并对其使用情况进行自我安全检查，对存在的问题提出解决措施并及时解决。每年的自我安全评估报告要及时上报各级生态环境部门。

(2) 宝钢德盛已制定了《辐射事故/事件应急预案》。一旦发生事故，立即向生态环境和公安部门报告，按照各自的职责立即组织采取有效的应急措施，防止放射性污染蔓延，减少事故损失，同时提出书面报告。

(3) 定期组织开展应急演练，发现并及时完善应急预案和执行程序中的缺陷和不足，提高应急预案的可行性和可靠性，提高应急人员的应急处置能力。

(4) 对退役的废中子管，必须按放射性废物严格管理，及时返回生产厂家。并要求与厂家签订回收协议。

(5) 应制定严格的操作规程和管理制度并认真执行。工作人员在操作和维护射线装置时，除佩戴个人剂量仪、还应配备个人剂量报警器。单位应建立个人剂量监测档案。