

核技术利用建设项目

宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目

环境影响报告表

(公示稿)

建设单位（盖章）： 宁德新能源科技有限公司

2025 年 5 月

核技术利用建设项目

宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目

环境影响报告表

建设单位名称：宁德新能源科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：左允文

通讯地址：宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号

邮政编码：362100

联系人：

电子邮箱：

联系电话



编制单位和编制人员情况表

项目编号	mv5lty		
建设项目名称	宁德新能源科技有限公司16台工业CT机项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	宁德新能源科技有限公司		
统一社会信用代码	9135092619200598		
法定代表人 (签章)	左允文		
主要负责人 (签字)	卢春晓		
直接负责的主管人员 (签字)	侯新昭		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	厦门尚岛环保科技有限公司		
统一社会信用代码	913502007617351400		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈文	2014035350352013351006000371	BH028442	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈文	表1, 表2, 表3, 表4, 表5, 表6, 表13	BH028442	
徐世勇	表7, 表8, 表9, 表10, 表11, 表12	BH031361	



持证人签名:
Signature of the Bearer

姓名:

Full Name 陈文

性别:

Sex 女

出生年月:

Date of Birth 1983年09月29日

专业类别:

Professional Type

批准日期:

Approval Date 2014年05月25日

签发单位盖章:

Issued by

签发日期:

Issued on

管理号: 2014035350352013351006000371
File No.

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the certificate has passed national examination organized by the Chinese Government departments and has obtained qualification for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00015240
No.

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	59
表 3 非密封放射性物质	59
表 4 射线装置	60
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	62
表 6 评价依据	63
表 7 保护目标与评价标准	64
表 8 环境质量和辐射现状	74
表 9 项目工程分析与源项	88
表 10 辐射安全与防护	98
表 11 环境影响分析	122
表 12 辐射安全管理	142
表 13 结论与建议	186
附件 1 营业执照	
附件 2 委托书	
附件 3 辐射安全许可证	
附件 4 现有工程验收情况	
附件 5 辐射安全与环境管理机构	
附件 6 辐射安全管理制度汇编	
附件 7 节选二类射线装置操作人员取证情况	
附件 8 个人剂量检测报告（2024 年 3 月~2025 年 2 月）	
附件 9 辐射事故应急预案	
附件 10 环境现状监测报告	

表 1 项目基本情况

项目名称		宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目			
建设单位		宁德新能源科技有限公司			
法人代表	左允文	联系人	侯新昭	联系电话	
注册地址		宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号			
项目建设地点		宁德新能源科技有限公司湖东园区和湖西园区； 湖东园区：M4 厂房 4 层 1 号 CT 检测区，R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室； 湖西园区：W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区，W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区，W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区，W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区，W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区，W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区，W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区，W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区，W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		5500 万	项目环保投资（万元）	92.5 万	投资比例 1.68%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	877
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他		/		
1.1 建设单位情况 宁德新能源科技有限公司位于宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号（详见附件 1：营业执照）成立于 2008 年，是新能源（香港）科技有限公司在宁德投资的港资企业，从事聚合物锂离子电池的研发、生产及销售的高新技术企业，主要生产高端消费电子产品电池。					
1.2 项目建设内容与项目由来 为提高产品质量，提升产品市场竞争力，宁德新能源科技有限公司根据生产需要，在湖东园区和湖西园区新增 16 台工业 CT 机。16 台工业 CT 机均属于自屏蔽式工业 X 射线探伤装置（II类射线装置），用于电池产品质量检测，具体分布见表 1.2-1。					

表 1.2-1 本项目射线装置参数一览表

位置	射线装置	型号	管电压（kV）	管电流（mA）	类别	所在场所	场所建筑面积（m²）	数量（台）	以下文本简称	备注
湖东园区	工业CT机	CYS-T1502 型	150	0.5	II类	湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	155	1	“CYS-T1502 型” CT 机	周向式探伤机
	工业CT机	DBA-CT9200 型	150	0.5		湖西园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区		1	“DBA-CT9200 型” CT 机	周向式探伤机
	工业CT机	DBA-CT6100 型	225	3.0		湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室	28	1	“DBA-CT6100 型” CT 机	固定式探伤机（右→左）
湖西园区	工业CT机	DBA-CT9200 型	150	0.5		湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	50	1		
	高性能显微CT机	RMCT4000-M 型	225	3		湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	246	2	“DBA-CT9200 型” CT 机	固定式探伤机（左→右）
	工业CT机	DBA-CT6100 型	225	3.0		湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	20	2	“RMCT4000-M 型” CT 机	固定式探伤机（右→左）
	X 射线断层扫描仪	Phoenix V tome x M300/180	300	3.0		湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	56	1	“Phoenix V tome x M300/180”CT 机	固定式探伤机（右→左）
						湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区	32	1		
						湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区	85	2		
						湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	10	1		
						湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区	78	2		
高性能显微CT机	RMCT4000-M 型	225	3	湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区		42	1	“RMCT4000-M 型” CT 机	固定式探伤机（左→右）	

根据环境保护部、国家卫生健康委员会的公告（2017 年第 66 号）《关于发布《射线装置分类》的公告》规定，本项目使用的 16 台工业 CT 机属于Ⅱ类射线装置。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）中“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”本项目应编制环境影响报告表。因此，该公司于 2025 年 3 月特委托我司（附件 2：委托书）对宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目进行环境影响评价工作。

我公司接受委托后，对宁德新能源科技有限公司拟新增 16 台工业 CT 机项目工作场所防护情况和辐射工作人员拟采取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、污染源分析等工作的基础上，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《宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目环境影响报告表》。

1.3 项目地理位置及周边概况

1、项目地理位置

宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目分别位于：

（1）湖东园区的 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（E119.569176°，N26.726609°）和 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室（E119.566247°，N26.730787°）；

（2）湖西园区的 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区（E119.551607°，N26.732181°）、W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区（E119.551414°，N26.730301°）和 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（E119.551224°，N26.730253°）、W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（E119.553152°，N26.734716°）、W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区（E119.553228°，N26.733719°）、W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区（E119.553265°，N26.734160°）、W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区（E119.553195°，N26.733681°）、W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区（E119.551570°，N26.733302°）和 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（E119.551935°，N26.73352°）。

项目地理位置详见图 1-1，湖东园区平面布置图见 1-2.1，湖西园区平面布置图见 1-2.2。



图 1-1 项目地理位置图（蕉城区政区图）



图 1-2.1 湖东园区 3 台工业 CT 机相对位置平面布置图（方框为 CT 室或 CT 检测区位置）

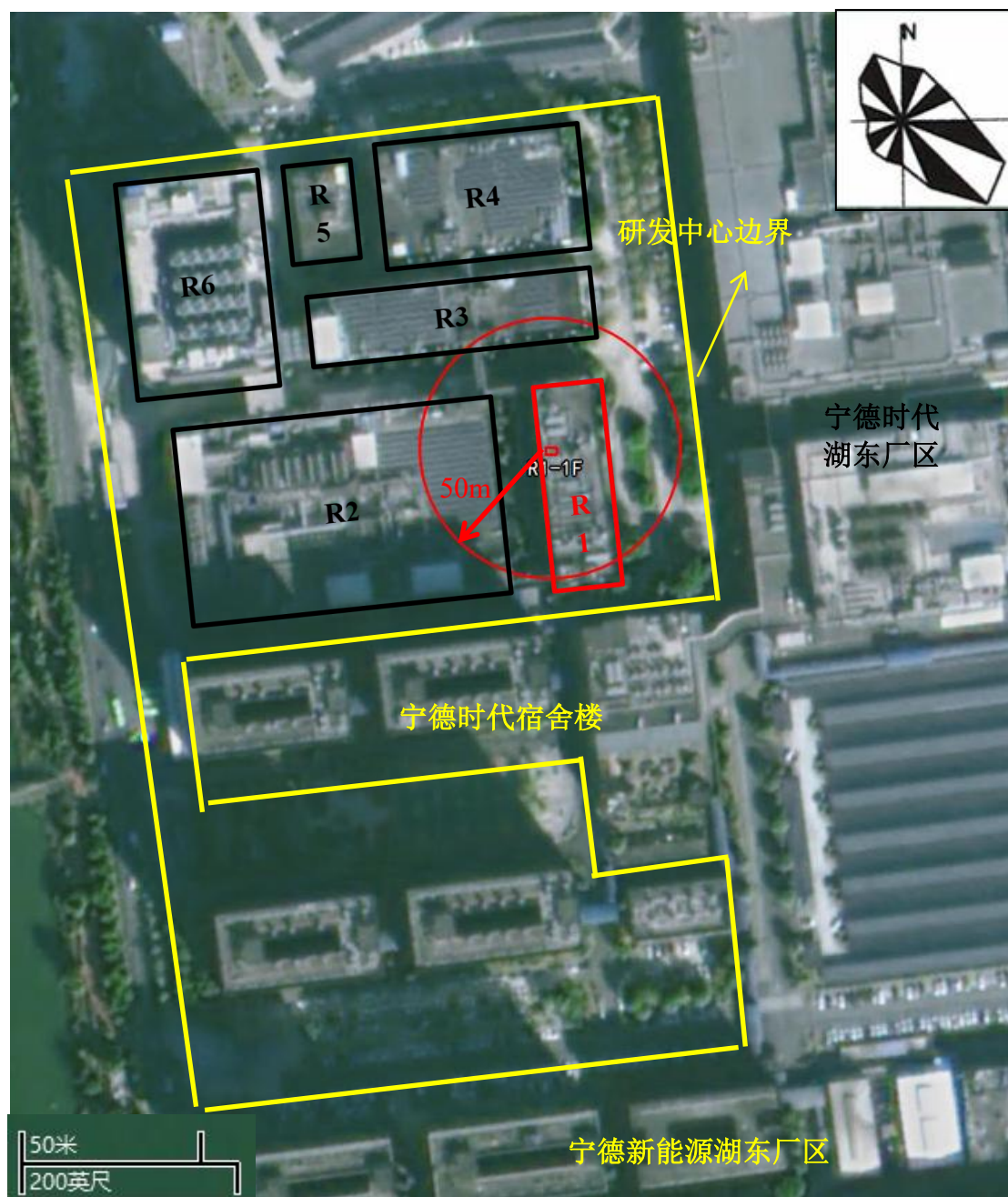


图 1-2.2 湖东园区中研发中心平面布置图



图 1-2.3 湖东园区中生产区平面位置图

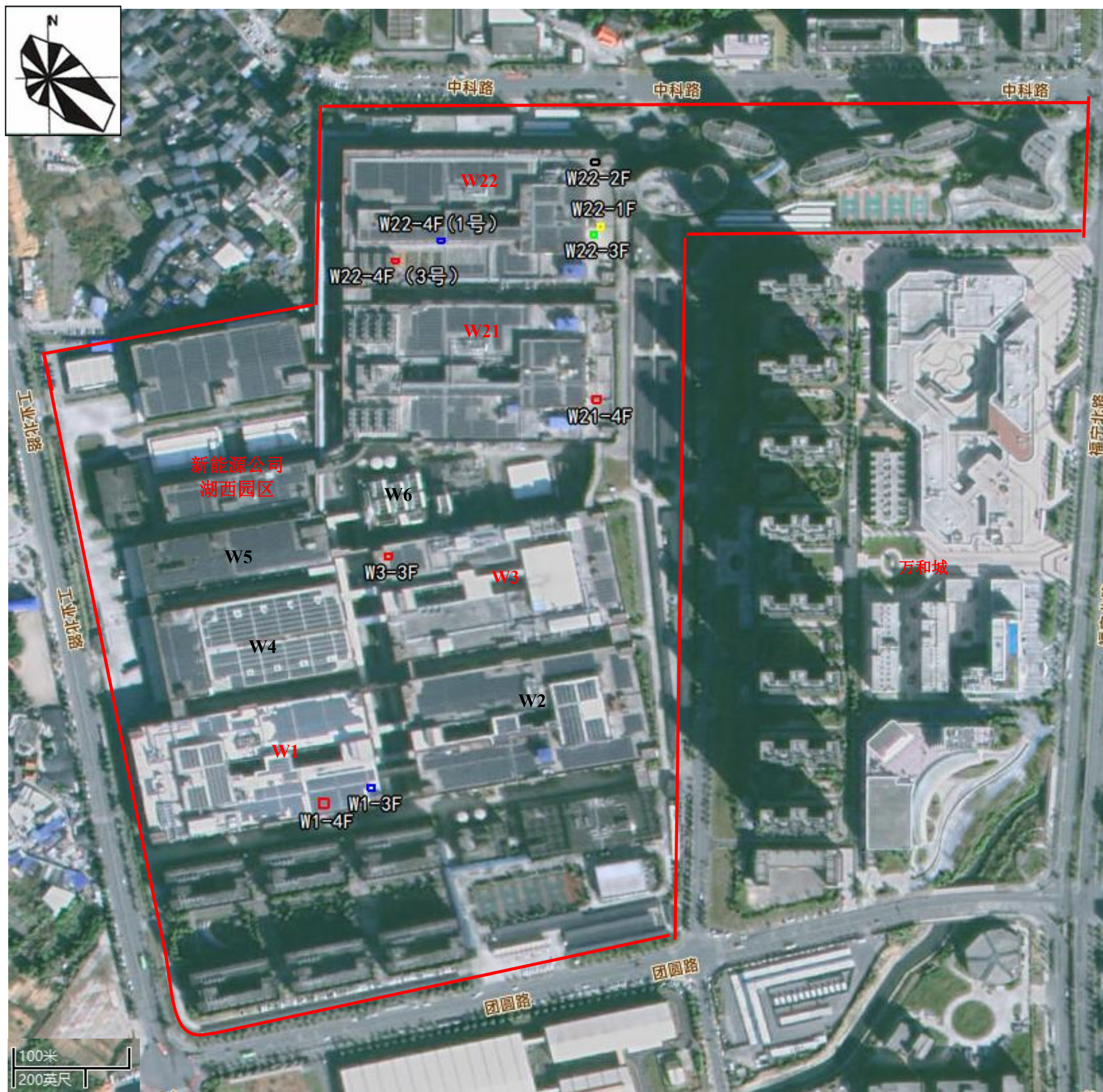


图 1-2.4 湖西园区 13 台工业 CT 机相对位置平面布置图（方框为 CT 检测区位置）

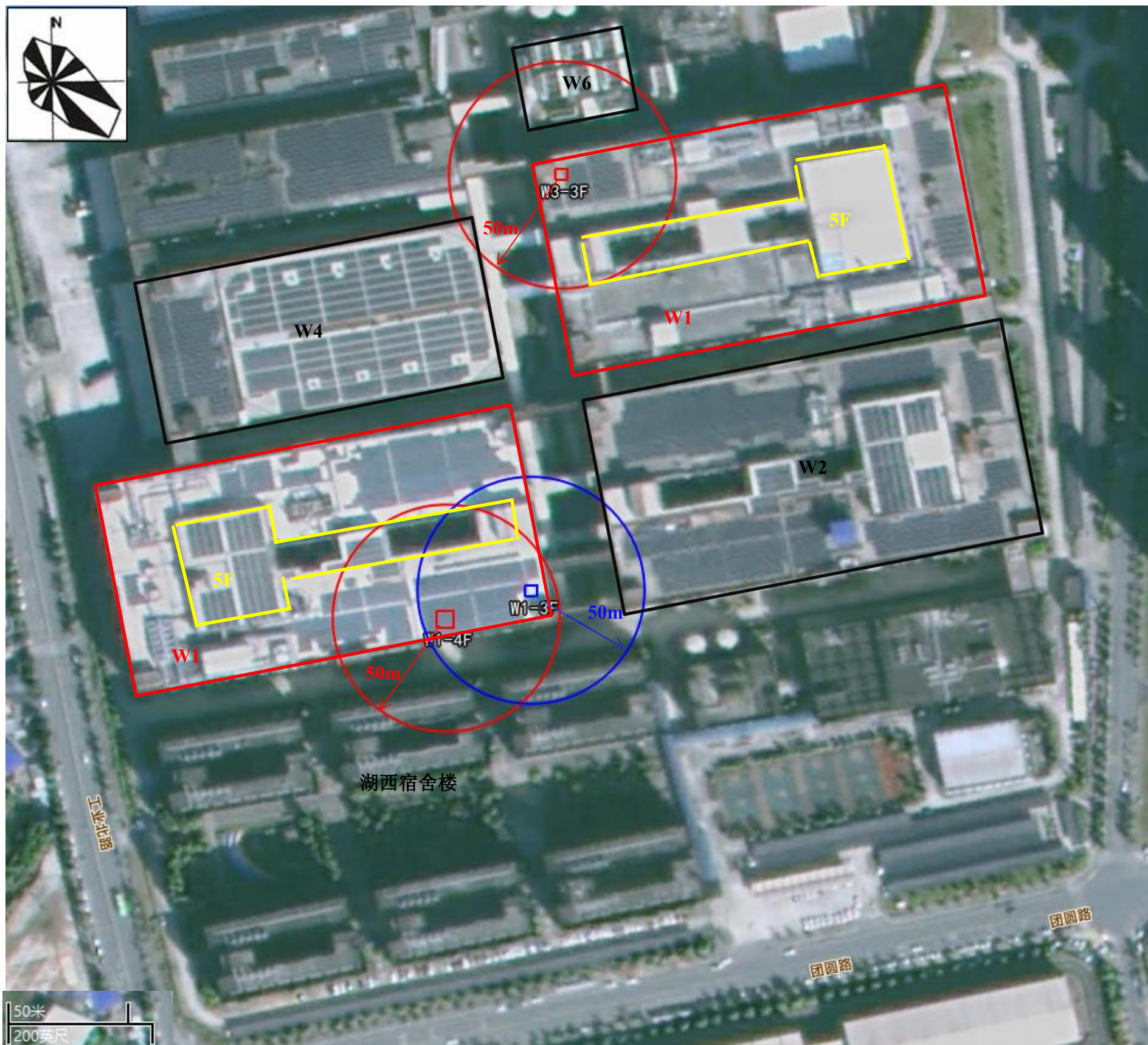


图 1-2.5 湖西园区局部图（W1/W3 栋厂房 CT 检测区位置）

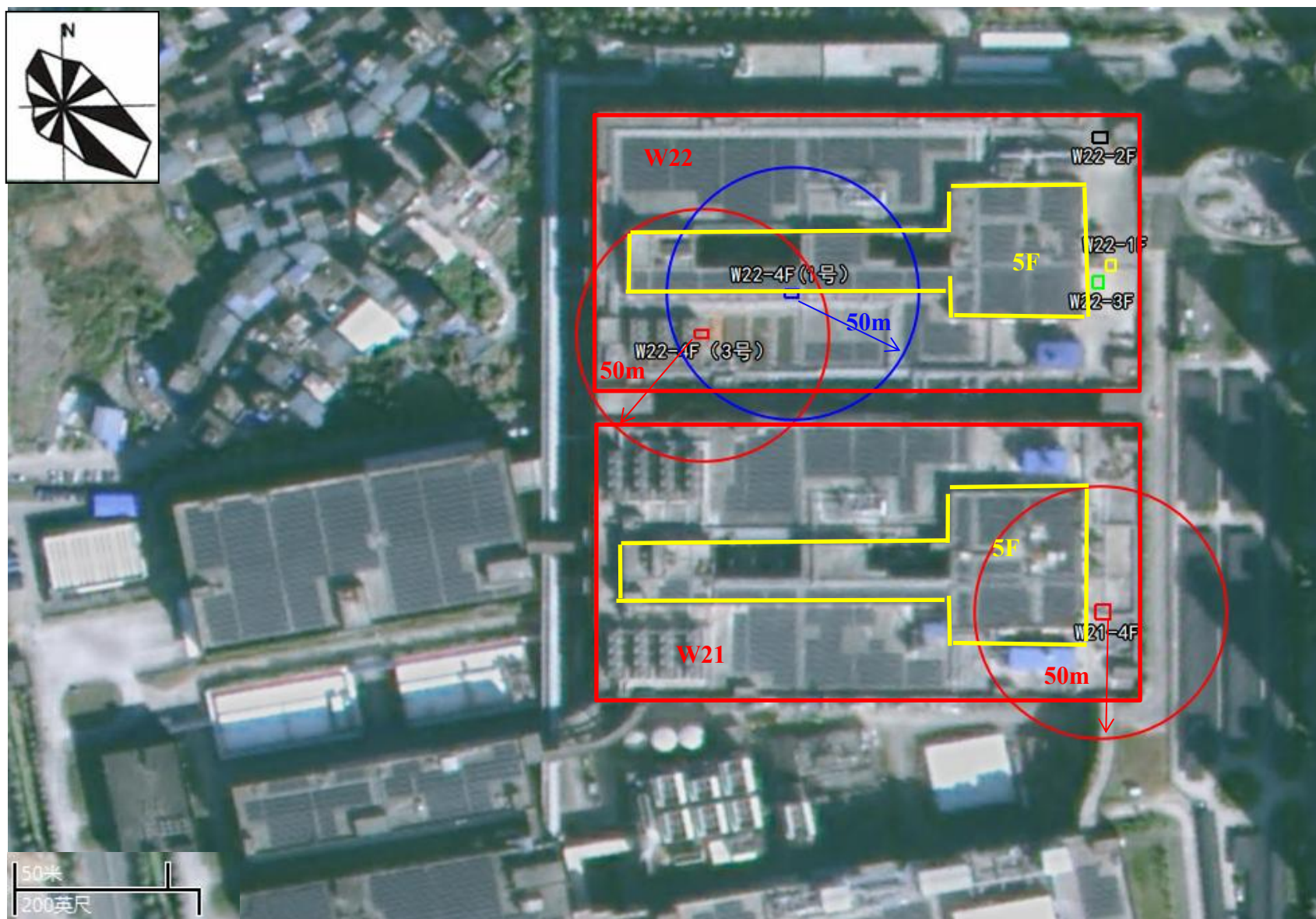


图 1-2.6 湖西园区局部图 (W21/W22 栋厂房 CT 检测区位置)

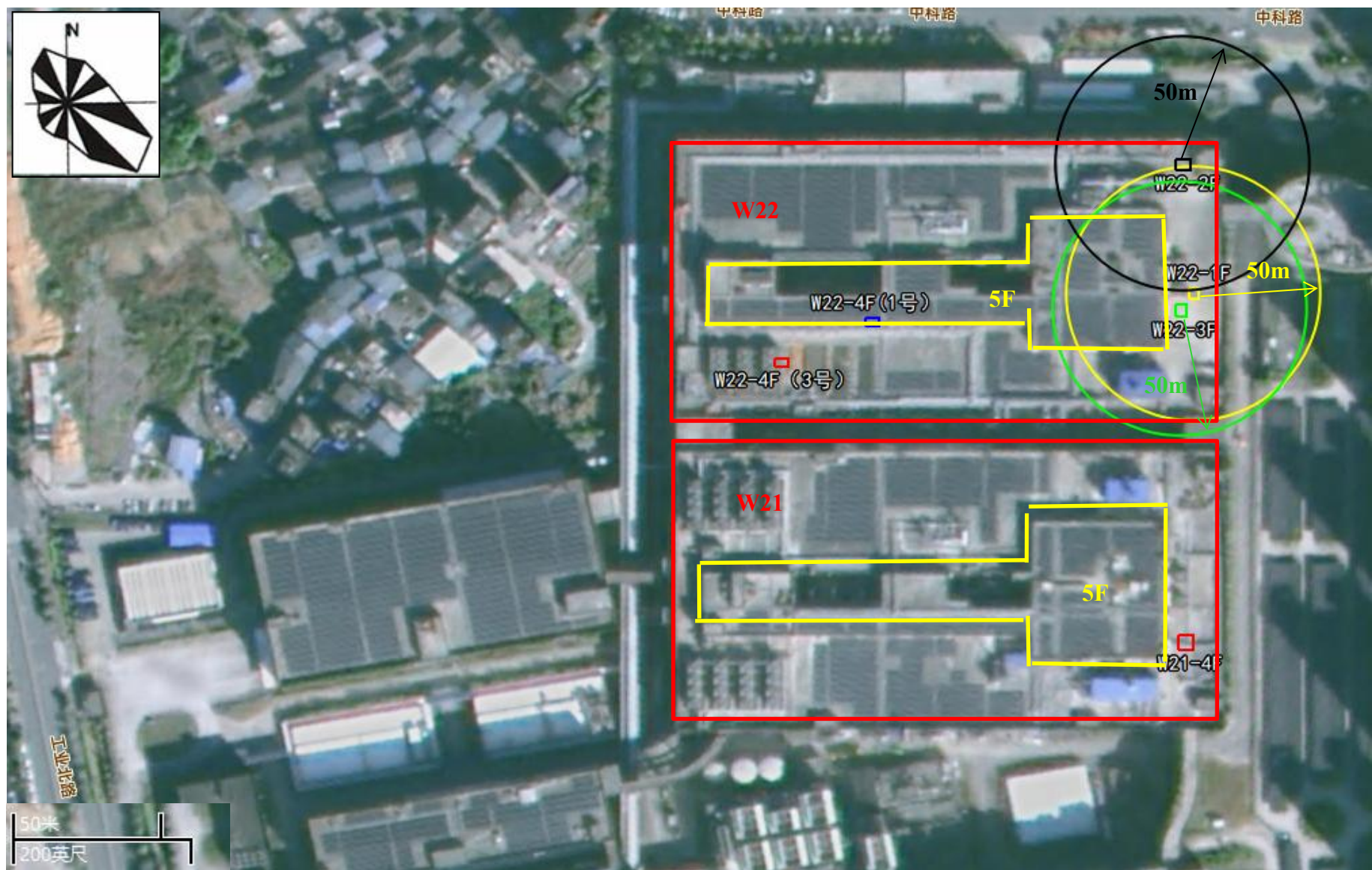


图 1-2.7 湖西园区局部图 (W21/W22 栋厂房 CT 检测区位置)

1.3.1 湖东园区 M4 厂房情况

1、项目地理位置

湖东园区 M4 厂房周边环境示意图见图 1-2.3。

2、辐射工作场所及周边关系

湖东园区 M4 厂房为北侧为厂区道路 M5 厂房（26.8m），西侧为厂区道路和公司生活区（26.4m），南侧为厂区道路和 M3 科研楼（21.1m），东侧为厂区道路。

本次在 M4 厂房 4 层西侧 1 号 CT 检测区新增的 1 台“CYS-T1502 型”和 1 台“DBA-CT9200 型”工业 CT 机，1 号 CT 检测区位于生产车间内，四周均为生产线；正上方 5 楼为天台，正下方 4 楼为生产车间。

M4 厂房 4 层平面布置图见图 1.3-1.1，正下方 3 层平面布置图见图 1.3-1.2，M4 厂房 1 号 CT 检测区平面布置见图 1.3-1.3，周围环境情况见图 1.3-1.4。

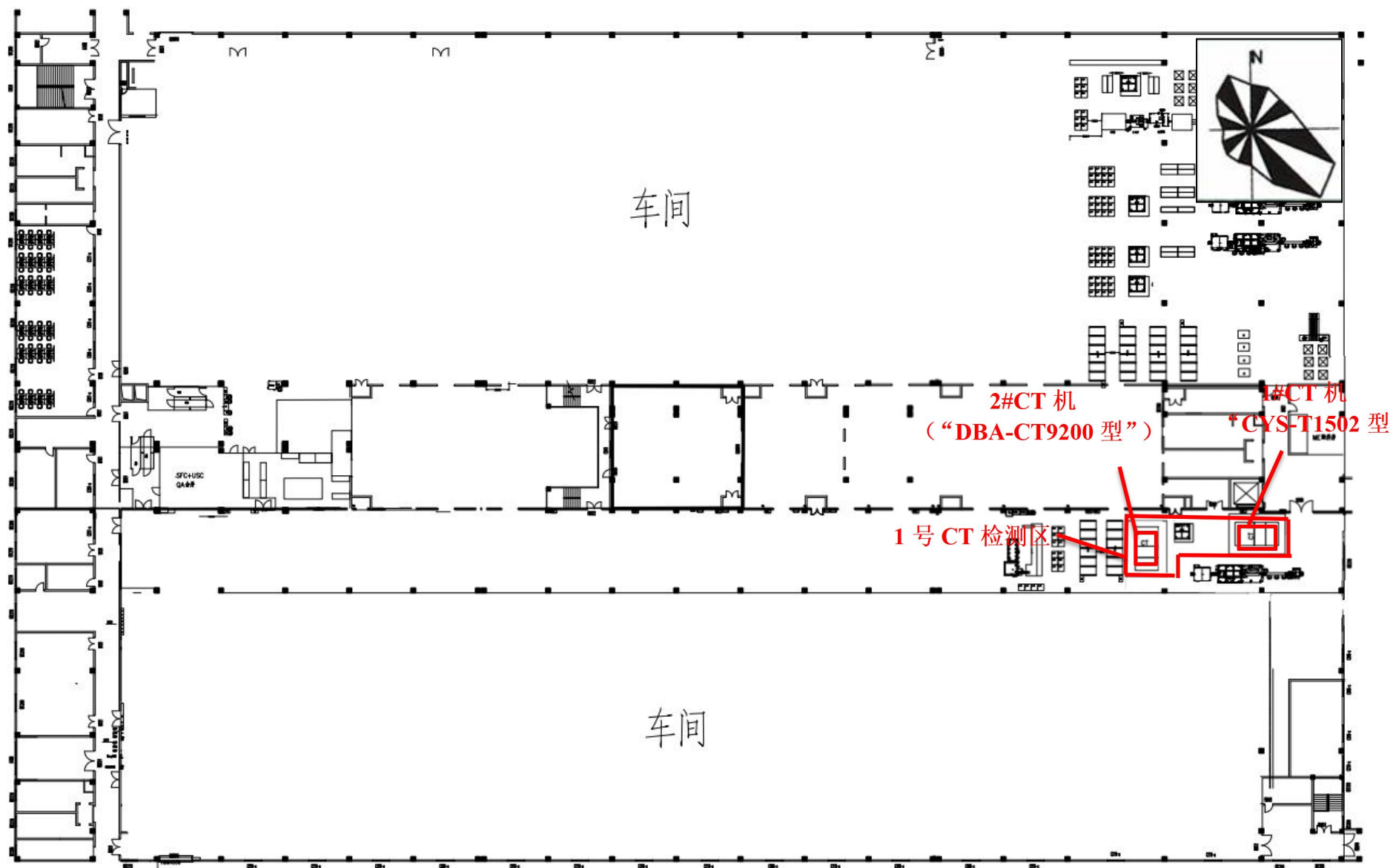


图 1.3-1.1 M4 厂房 4 层平面布置图

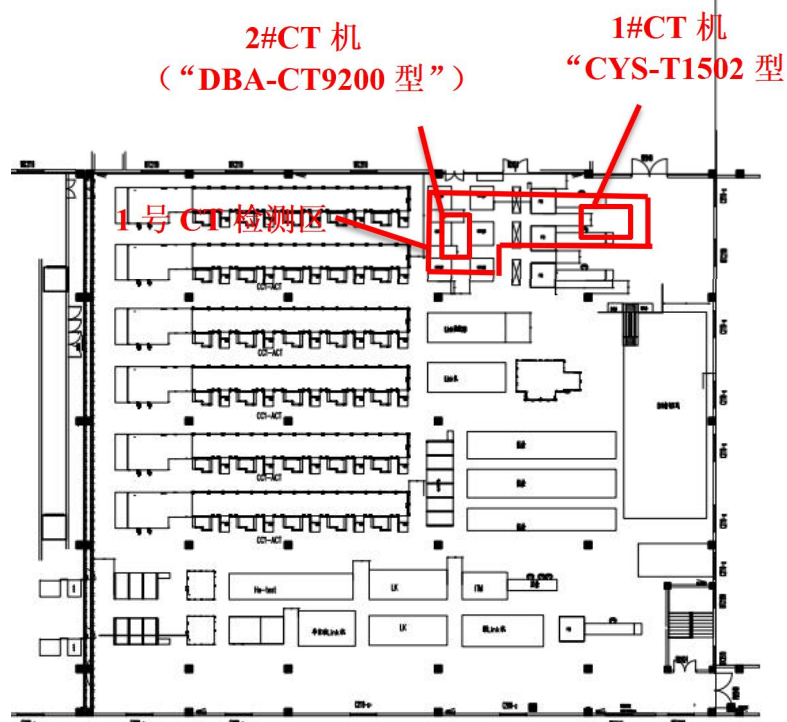


图 1.3-1.2 M4 厂房 3 层布置图（CT 机正下方位置）

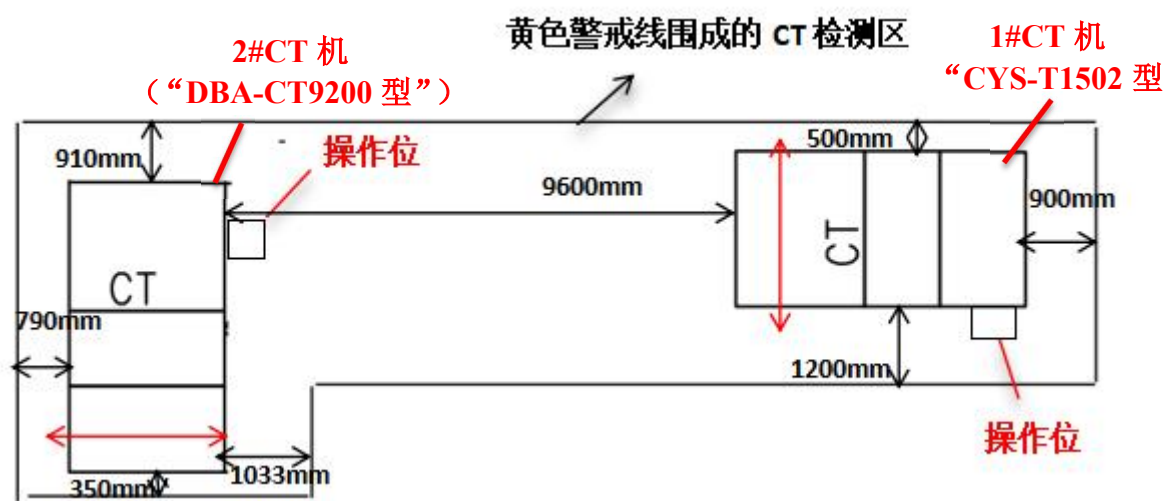


图 1.3-1.3 M4 厂房 1 号 CT 检测区平面布置图



设备拟安装位置



北侧功能房



西侧生产区



南侧生产区



南侧厂区通道



东侧厂区通道



正上方天台



正下方生产区

图 1.3-1.4 M4 厂房 CT 室周边环境现状照片

1.3.2 湖东园区 R1 科研楼情况

1、项目地理位置

湖东园区 R1 科研楼周边环境示意图见图 1-2.2。

2、辐射工作场所及周边关系

湖东园区 R1 科研楼（无地下室）北侧为厂区道路和 R3 科研楼（17.6m），西侧为厂区道路和 R2 科研楼（19.8m），东侧为厂区道路，南侧为厂区道路和宁德时代新能源科技股份有限公司宿舍（23.1m）。

本次在 R1 科研楼的 1 层西侧 1 号 CT 室新增 1 台“DBA-CT6100 型”工业 CT 机，1 号 CT 室北侧为极片测试实验室（紧邻）、厂区道路和 R3 科研楼（34.8m），东北侧为 R1-141 实验室；东侧为 R1-143 实验室和 R1-145 实验室；东南侧为科研楼前台和过道；南侧为实验室、卫生间、洽谈室、休息室和 ME 仓库；西侧为厂区通道和 R2 科研楼，正上方为实验室。

R1 科研楼 1 层平面布置图见图 1.3-2.1，R1 科研楼 1 号 CT 室平面布置图见图 1.3-2.2，周围环境情况见图 1.3-2.3。

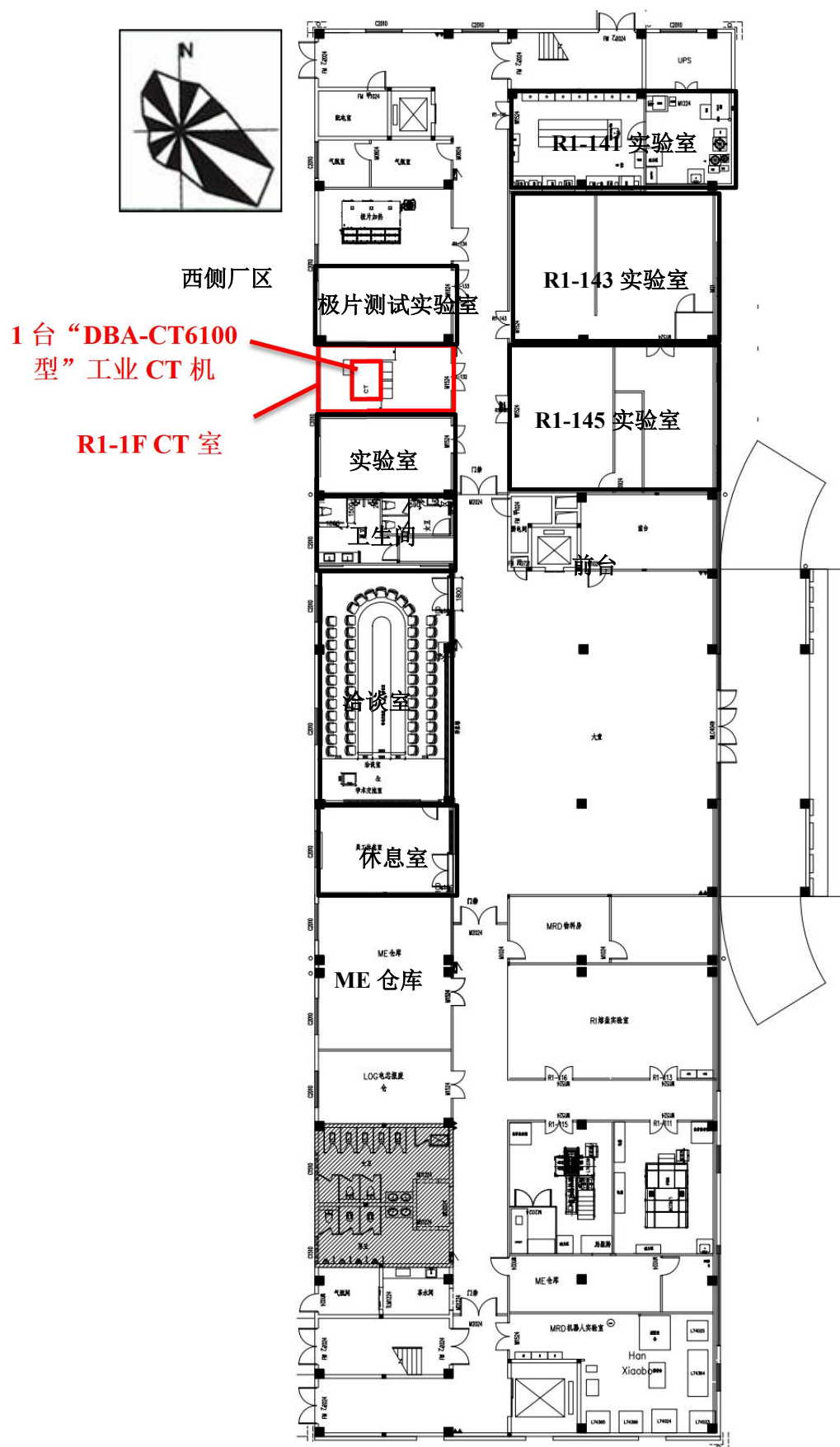


图 1.3-2.1 湖东园区 R1 科研楼 1 层平面布置图

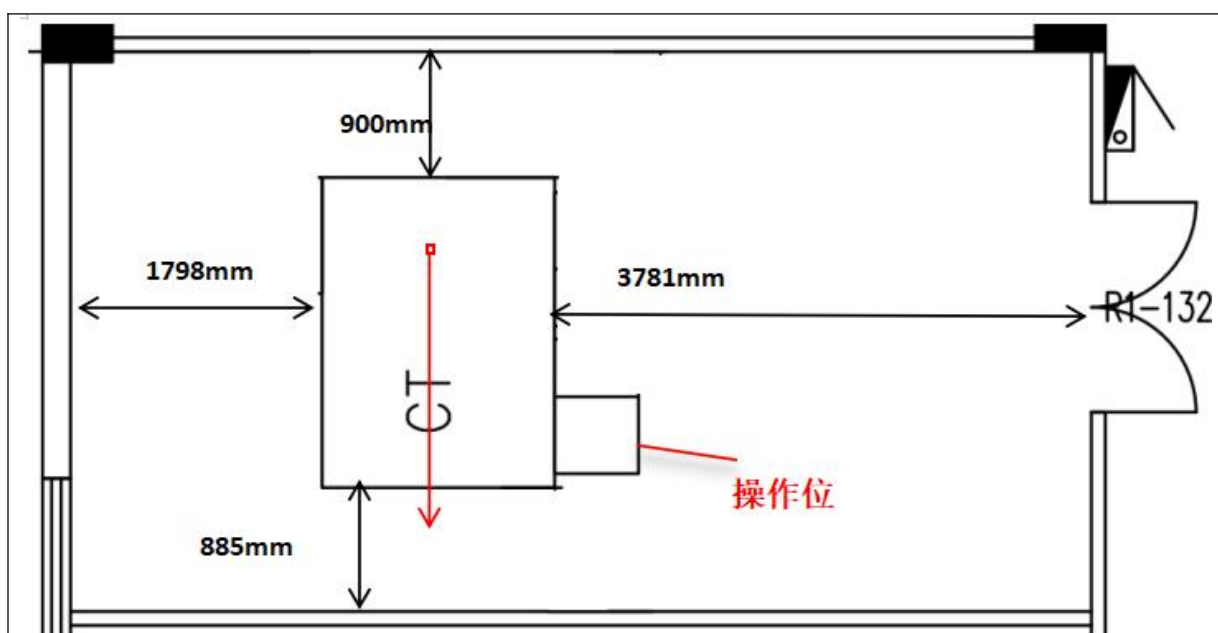


图 1.3-2.2 R1 科研楼 1 号 CT 室平面布置图

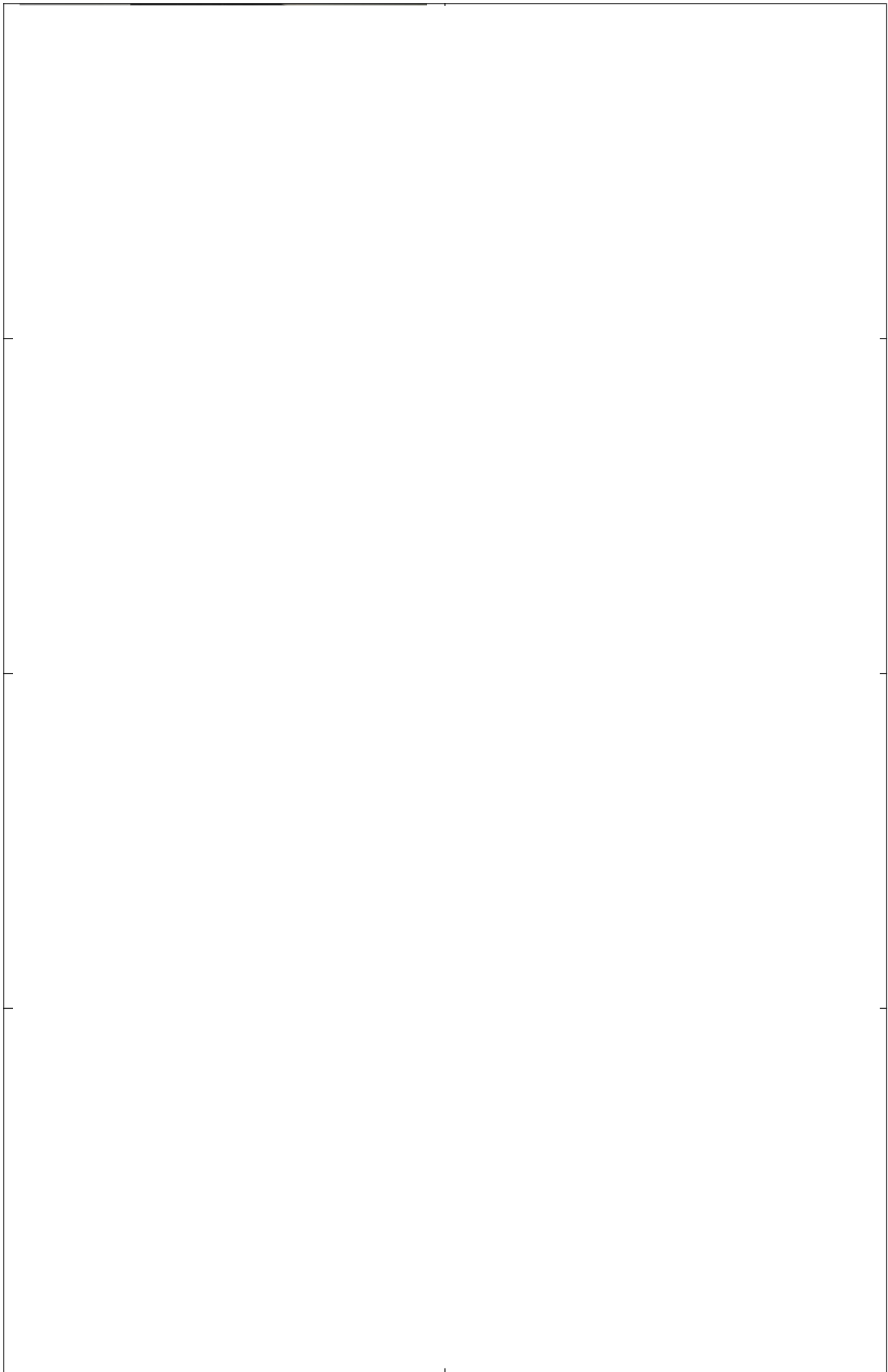


图 1.3-2.3 R1 科研楼 1 号 CT 室周边环境现状照片

1.3.3 湖西园区 W1 厂房情况

1、项目地理位置

湖西园区 W1 厂房周边环境示意图见图 1-2.5。

2、辐射工作场所及周边关系

湖西园区 W1 厂房为 5 层无地下室生产厂房，北侧为厂区道路 W4 厂房（20.5m），西侧为厂区道路、厂外工业路和六都镇（58.6m），南侧为厂区道路和湖西宿舍楼（23.4mm），东侧为厂区道路和 W2 厂房（31.7m）。

（1）W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区

在 W1 厂房的 3 层东南角的 1 号 CT 检测区新增的 1 台“DBA-CT9200 型”工业 CT 机，CT 检测区北侧、西侧均与生产区紧邻，南侧车间过道、厂区通道和湖西宿舍楼（27.1m）；东侧为车间通道、茶水间（8.5m），东北侧物料房（19.1m）正上方 4 楼为生产区，正下方 3 楼为生产区。

（2）W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区

在 W1 厂房 4 层东南角的 1 号 CT 检测区新增的 2 台“RMCT4000-M 型”工业 CT 机，与该 CT 检测区现有在建 4 台 CT 机同型号，CT 检测区北侧为生厂区，西侧为生厂区，南侧车间过道、厂区通道和湖西宿舍楼（27.1m），东侧为生产区，正上方 5 楼为天台（无人员），正下方 3 楼为测试车间。

W1 厂房 3 层和 4 层平面布置图见图 1.3-3.1、图 1.3-3.2，2 层平面布置图见图 1.3-3.3，CT 机检测区平面布置图见图 1.3-3.4 和图 1.3-3.5，周围环境情况见图 1.3-3.6。

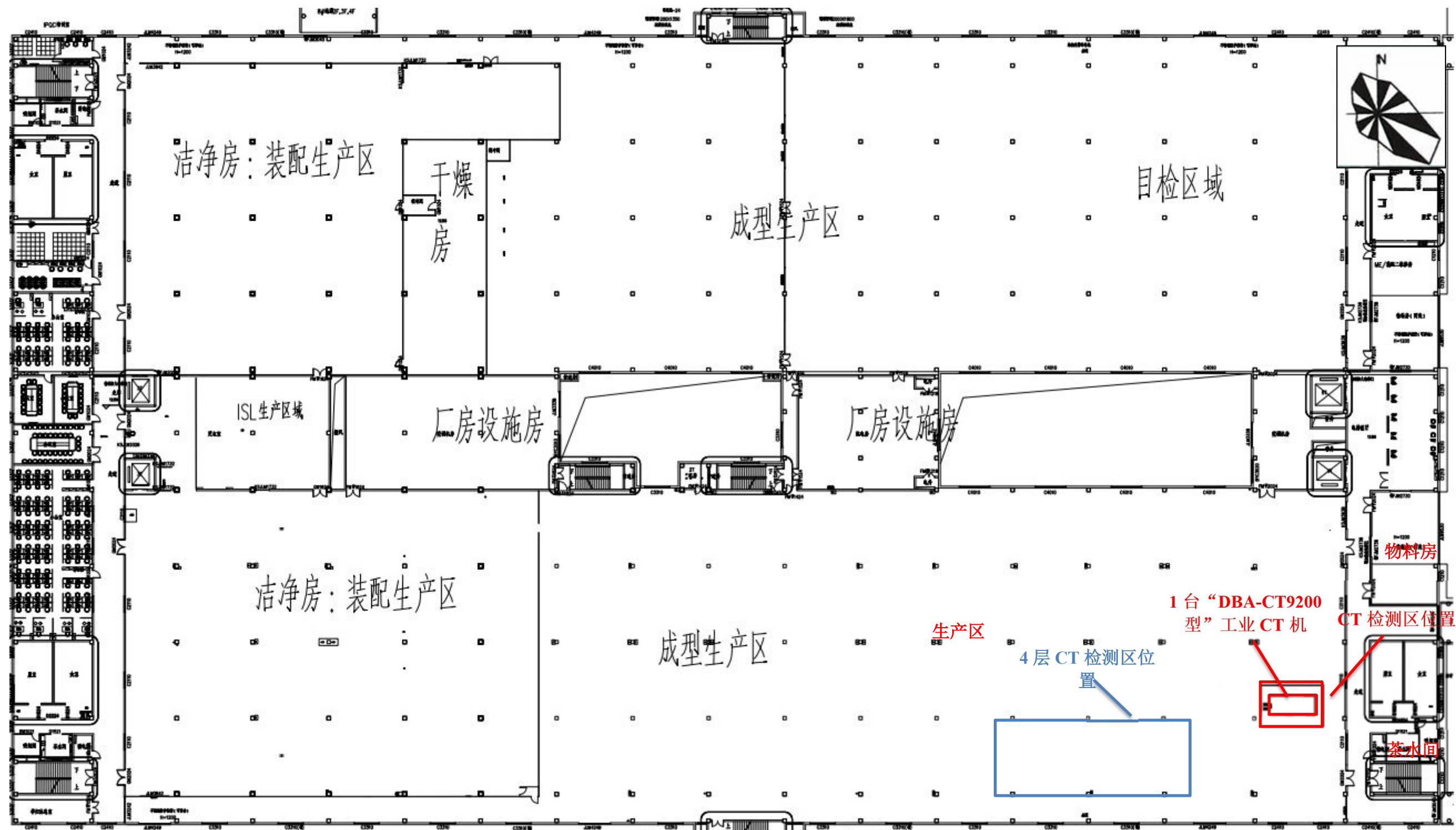


图 1.3-3.1 湖西园区 W1 厂房 3 层平面布置图

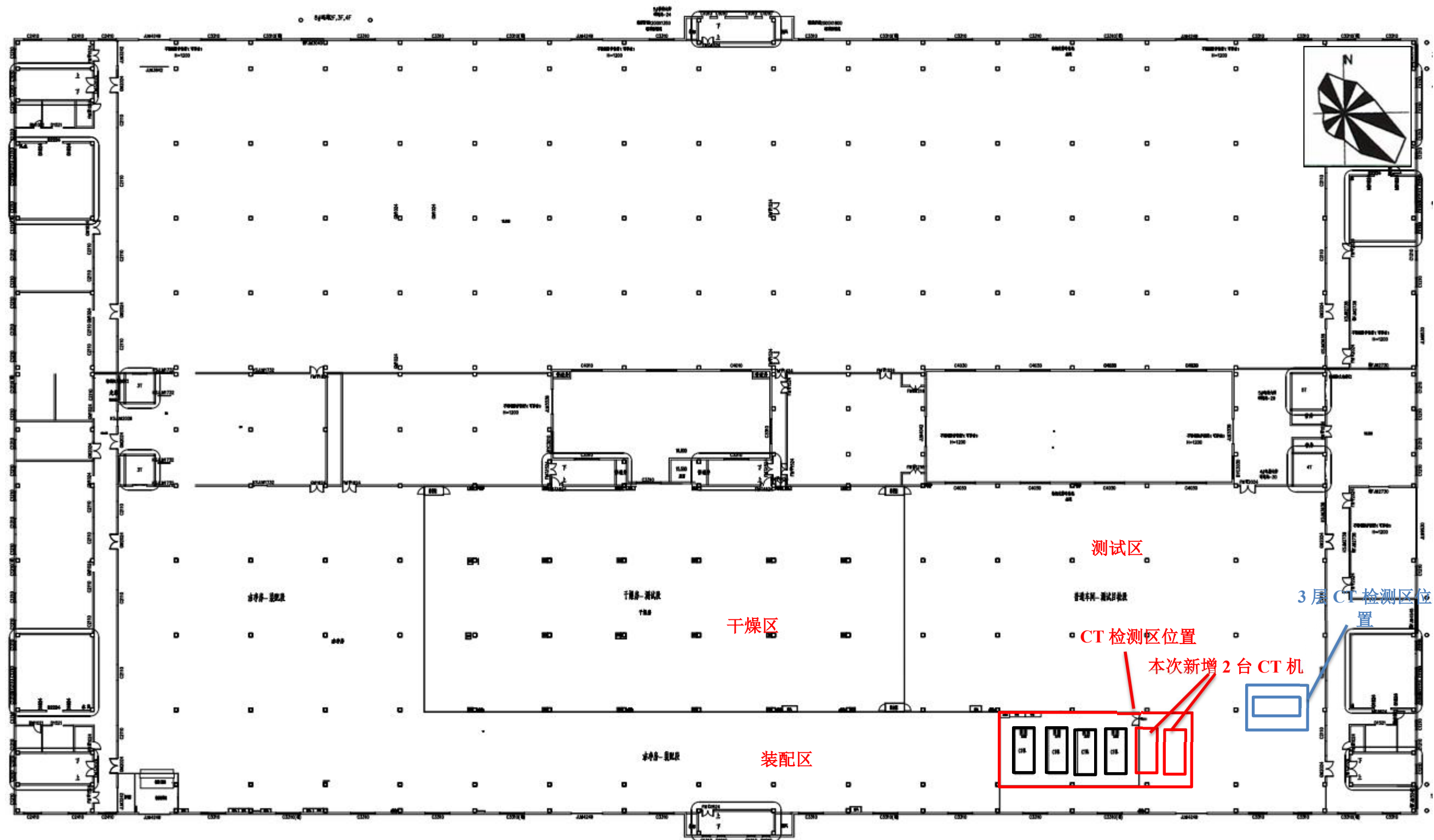


图 1.3-3.2 湖西园区 W1 厂房 4 层平面布置图

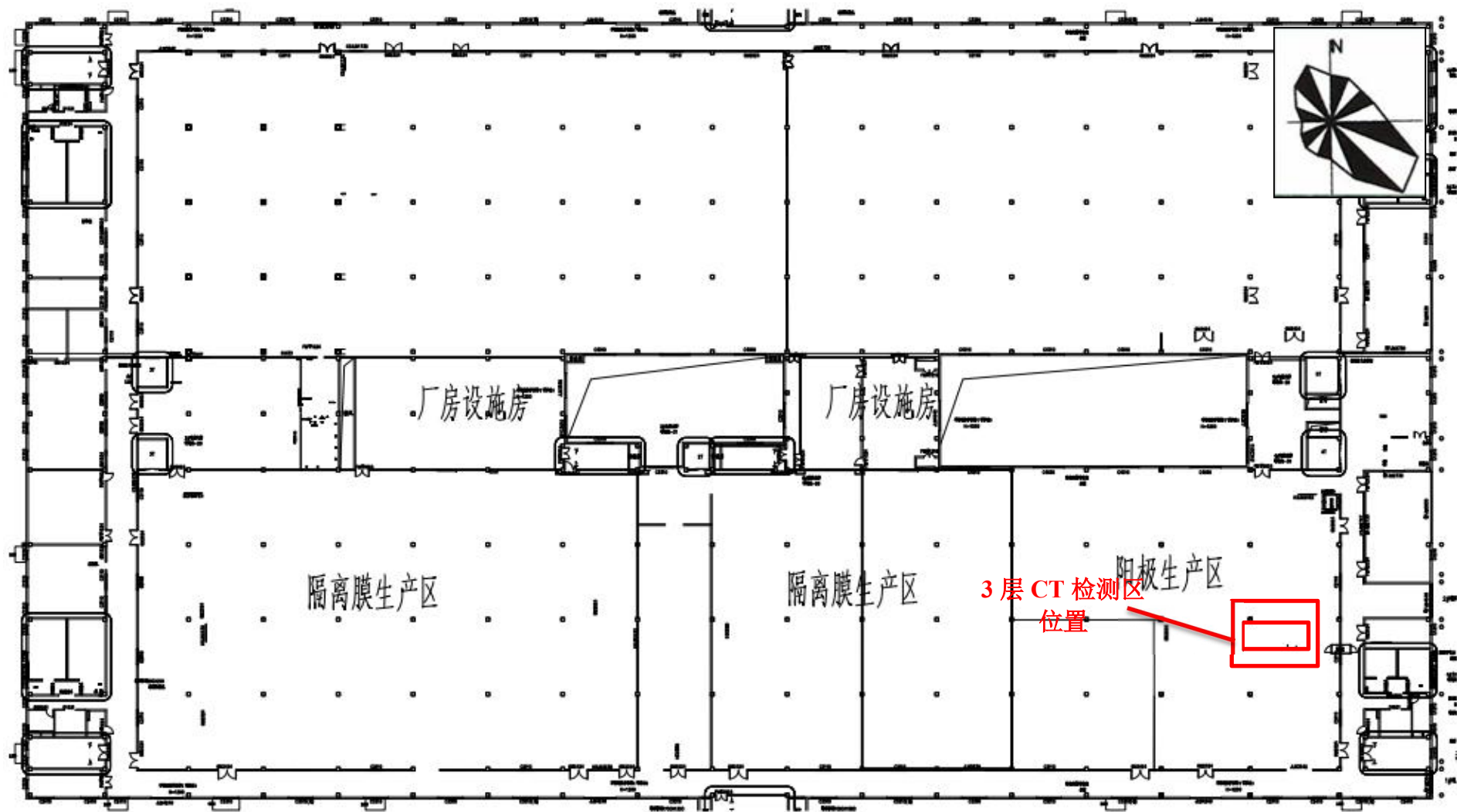


图 1.3-3.3 湖西园区 W1 厂房 2 层平面布置图

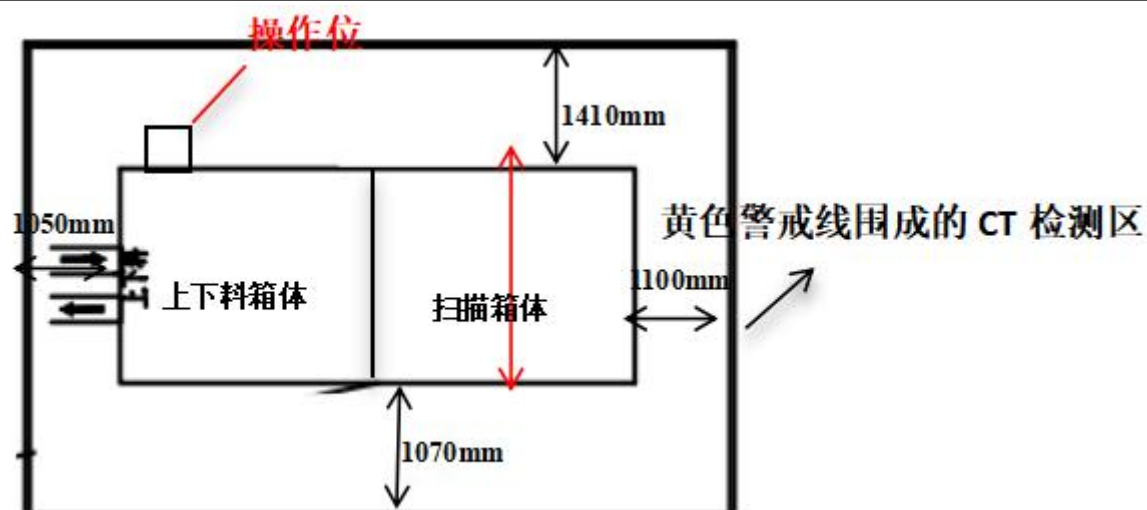


图 1.3-3.4 W1 厂房 3 层 1 号 CT 检测区平面布置图

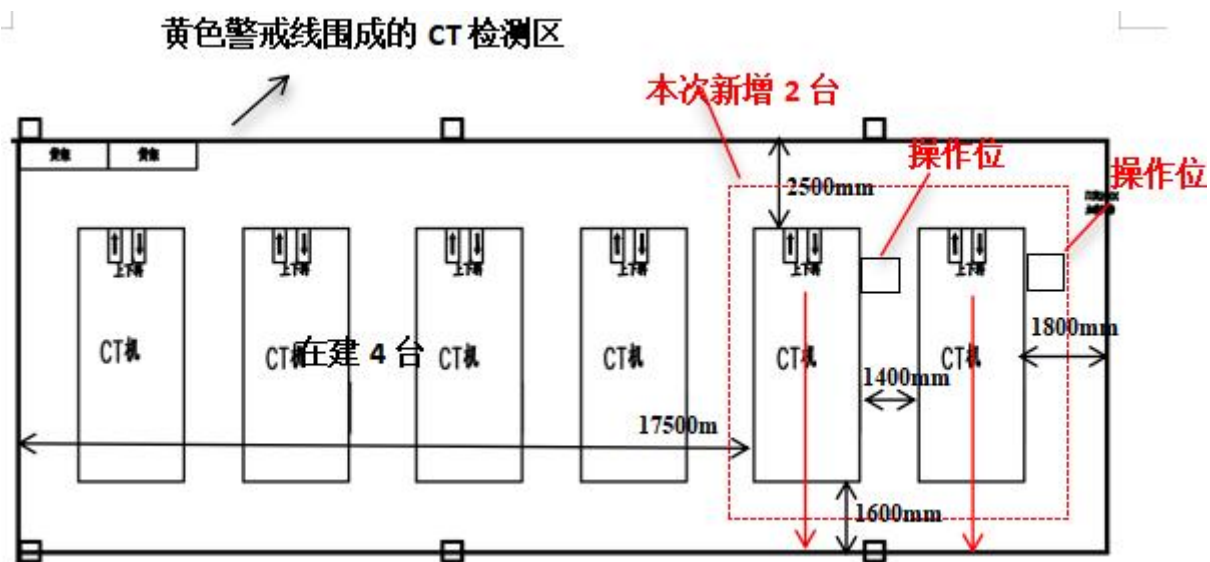


图 1.3-3.5 W1 厂房 4 层 1 号 CT 检测区平面布置图

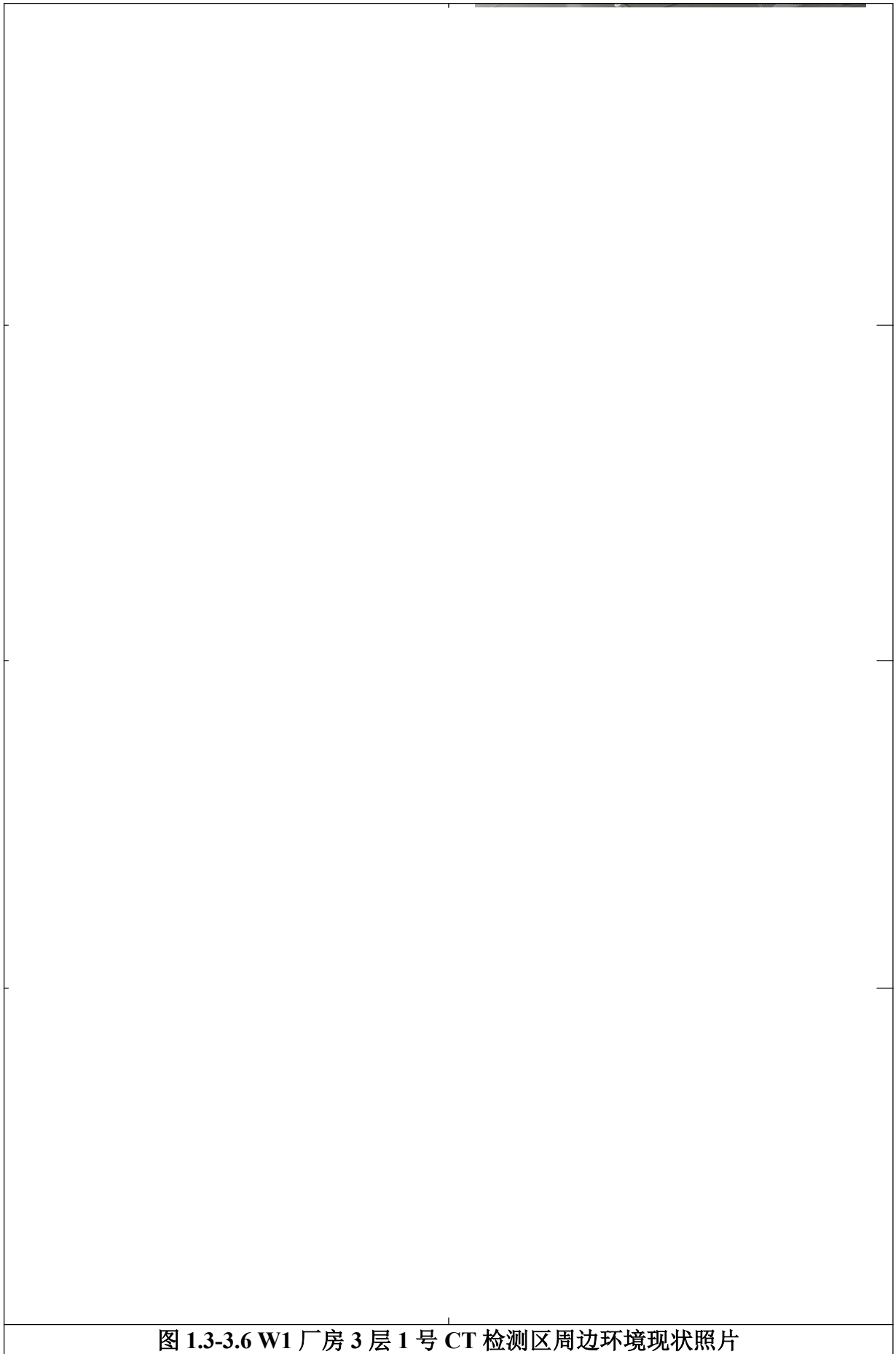


图 1.3-3.6 W1 厂房 3 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片

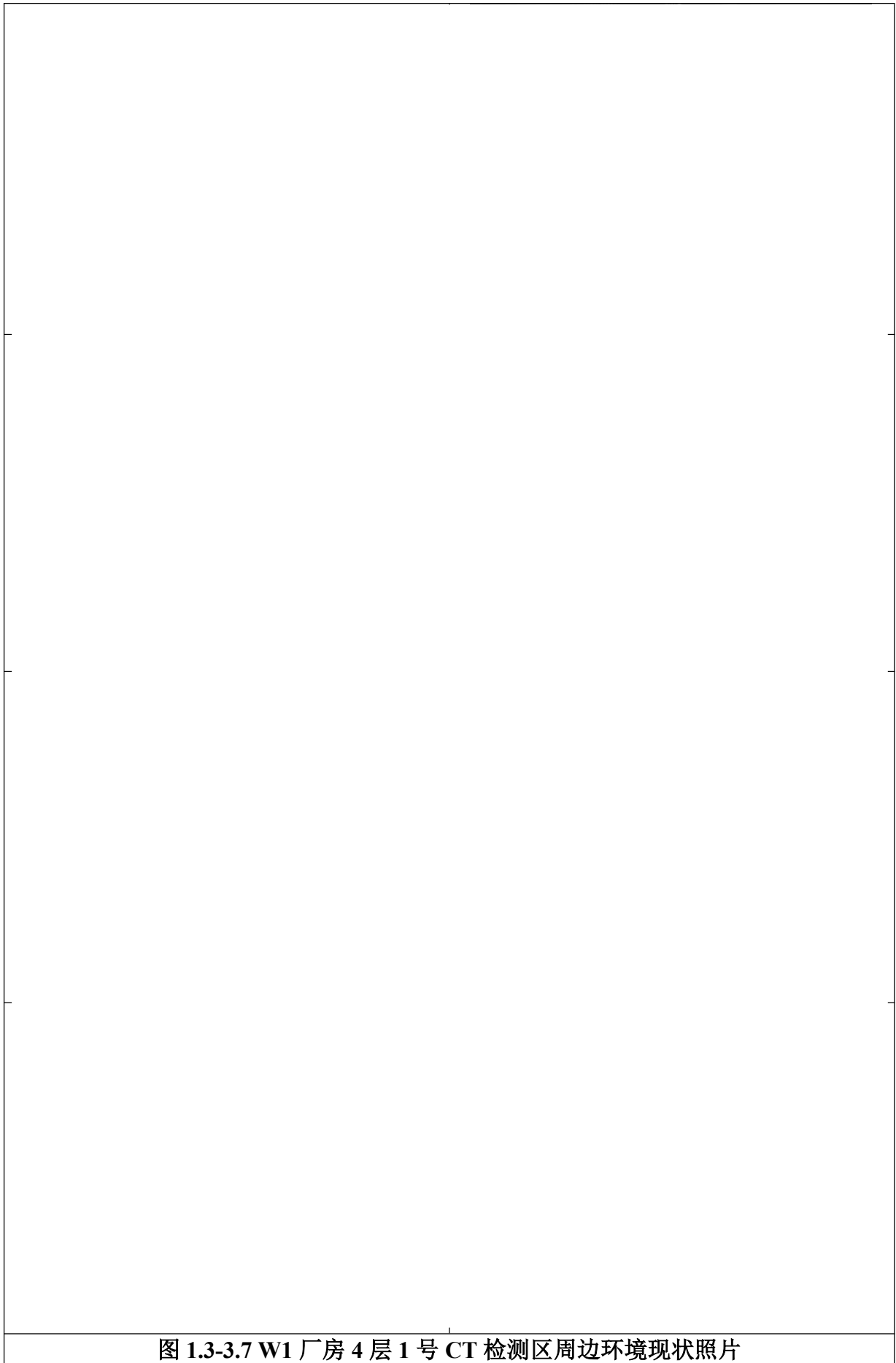


图 1.3-3.7 W1 厂房 4 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片

1.3.4 湖西园区 W3 厂房情况

1、项目地理位置

湖西园区 W3 厂房周边环境示意图见图 1-2.6。

2、辐射工作场所及周边关系

湖西园区 W3 厂房为 5 层无地下室生产厂房，北侧为厂区道路和 W6 厂房（18.5m），西侧为厂区道路和 W4 栋厂房（26.7m），南侧为厂区道路和 W2 厂房（15.7m），东侧为厂区道路。

本次 W3 厂房新增的 2 台“DBA-CT6100 型”工业 CT 机位于 3 层西南角的 CT 检测区，CT 检测区东侧、北侧紧邻车间通道，西侧、南侧均与生产区紧邻，北侧隔厂区道路为 W6 厂房（22.6m）；西南侧物料房（24.6m）、西南侧 ME/装配维修房（17.5m）、西南侧卫生间（9.0m）；西侧休息室（7.1m）、西侧厂区通道和 W4 厂房（43.2m），正上方 4 楼为生产区，正下方 2 楼为生产区。

W3 厂房 3 层平面布置图见图 1.3-4.1，正上方 4 层平面布置图见图 1.3-4.2，正下方 2 层平面布置图见图 1.3-4.3，W3 厂房 1 号 CT 检测区平面布置图见图 1.3-4.4，周围环境情况见图 1.3-4.5。

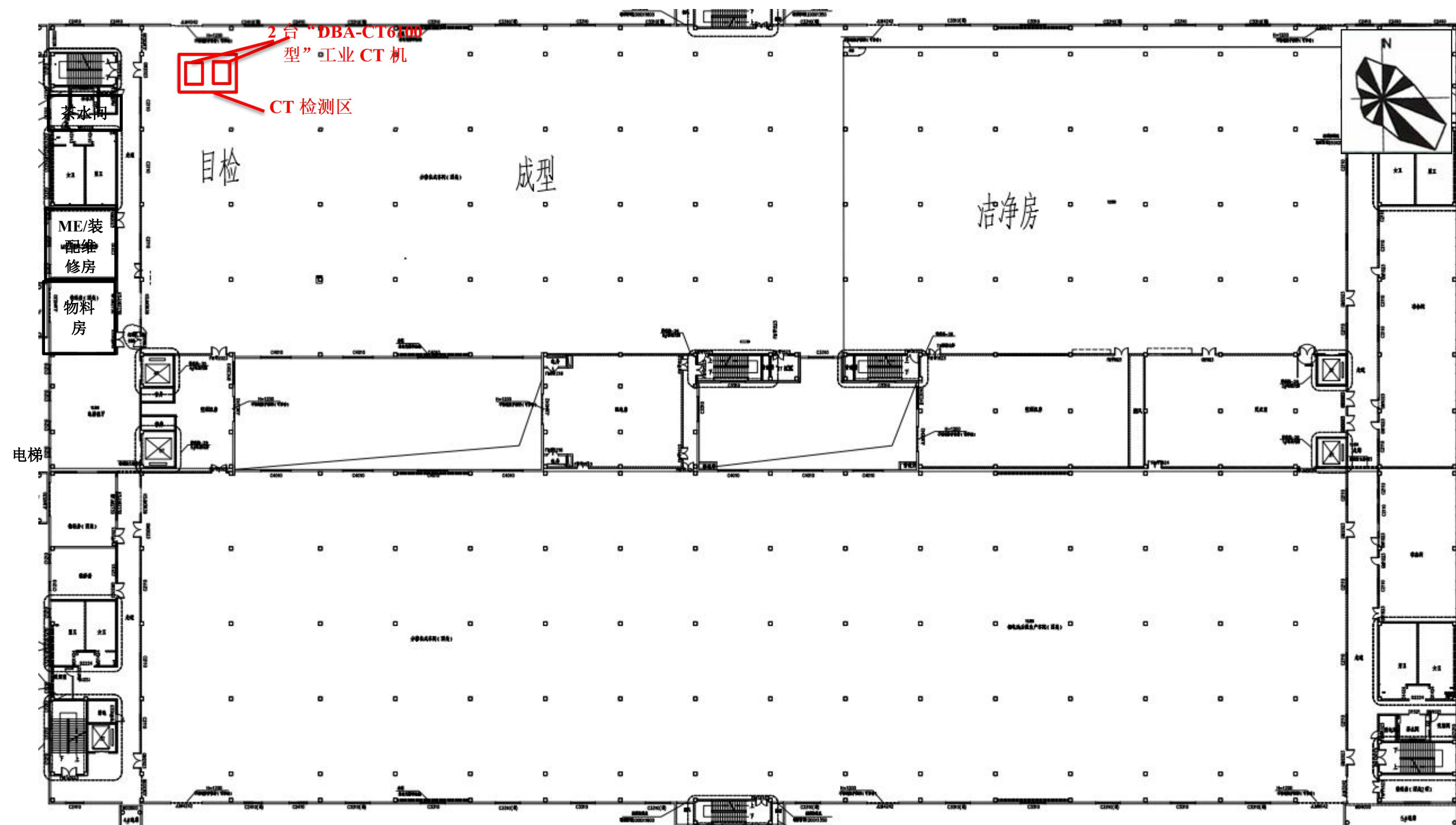


图 1.3-4.1 W3 栋厂房 3 层平面布置图

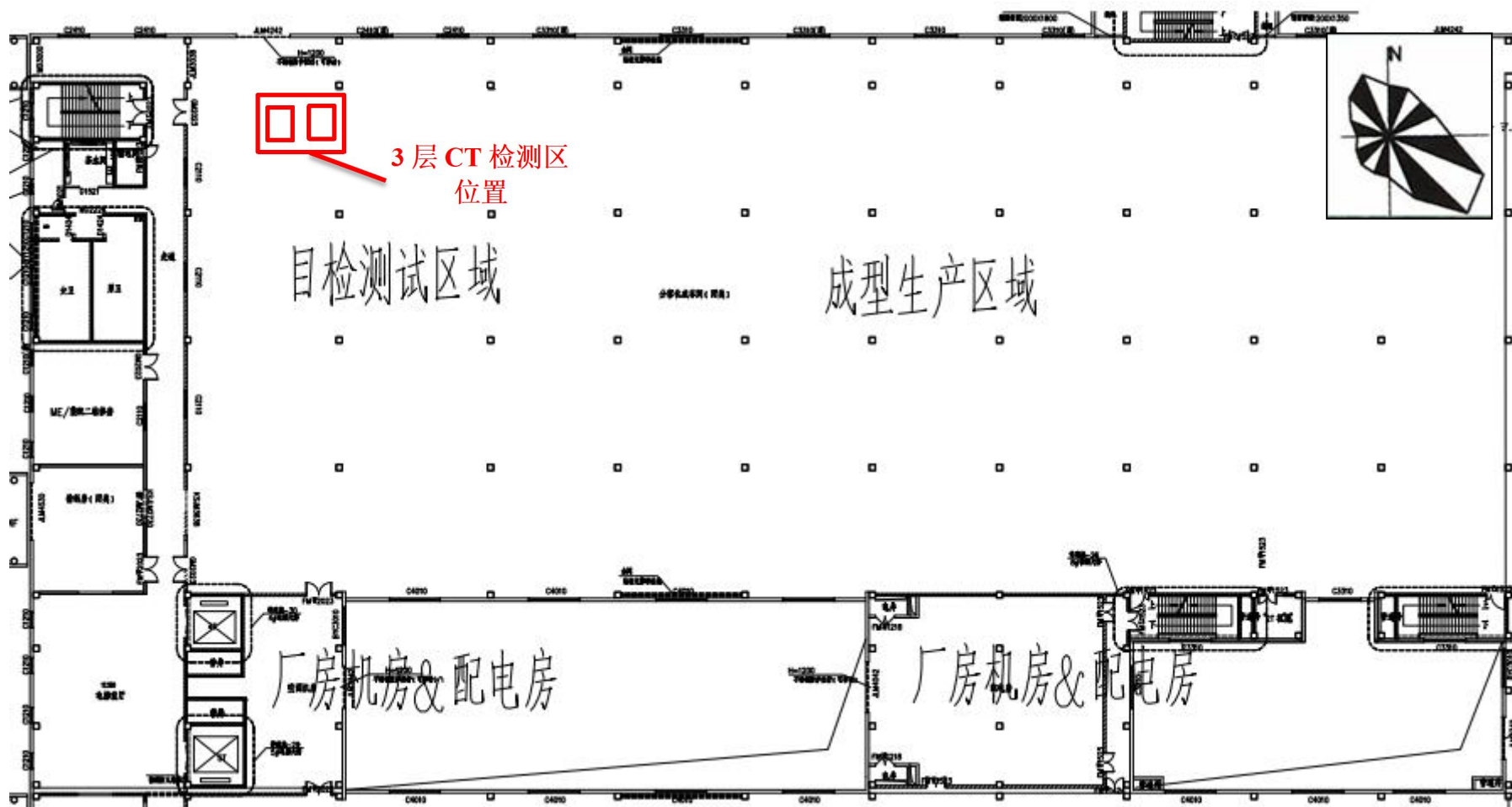


图 1.3-4.2 W3 栋厂房 4 层布置图 (CT 机正上方位置)

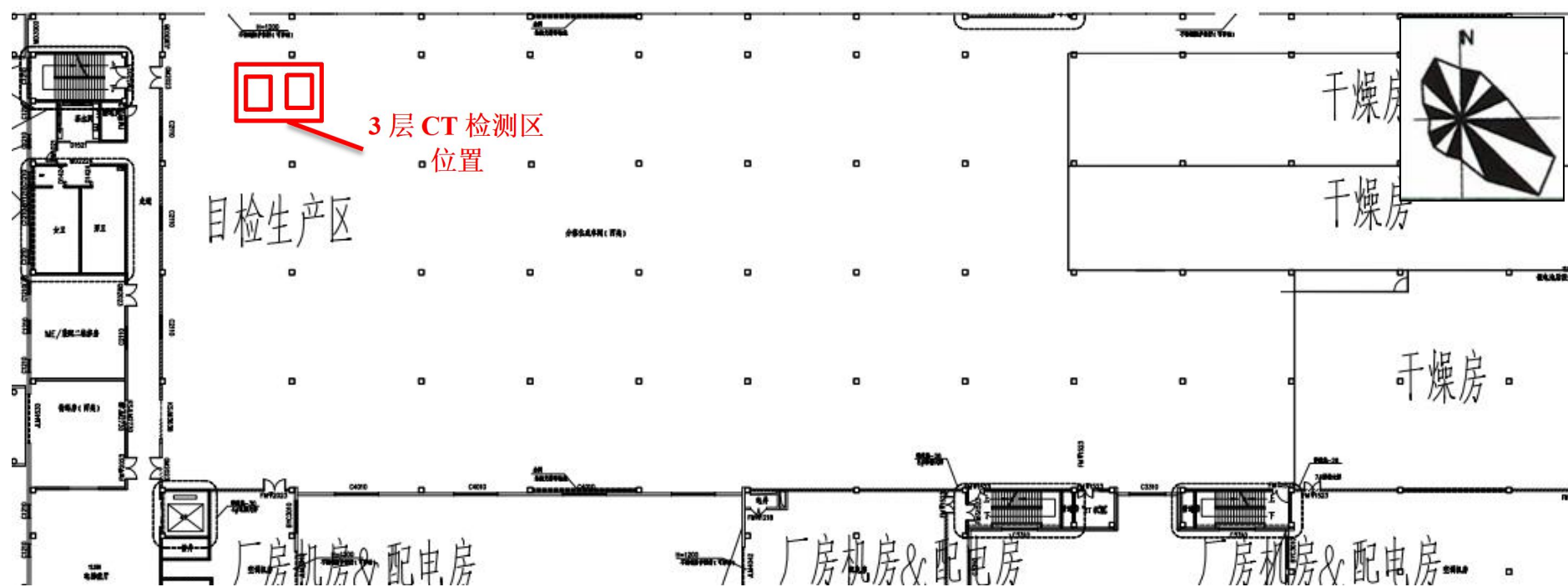


图 1.3-4.3 W3 栋厂房 2 层布置图 (CT 机正下方位置)

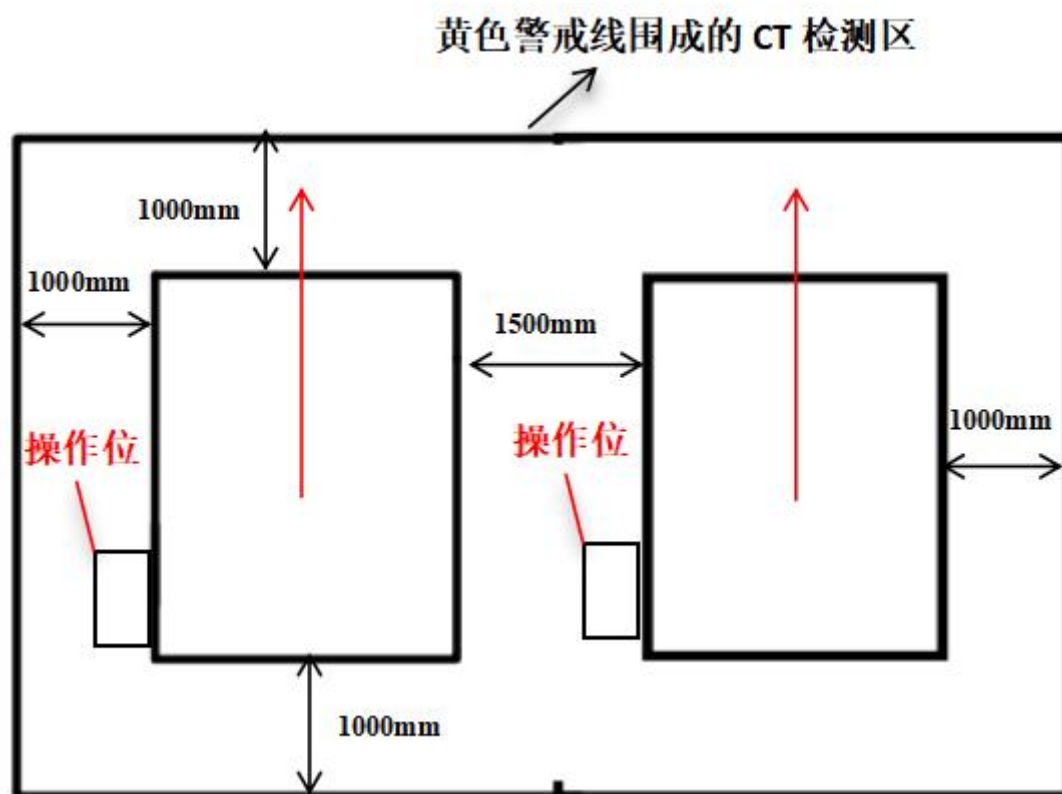


图 1.3-4.4 W3 厂房 3 层 1 号 CT 检测区平面布置图

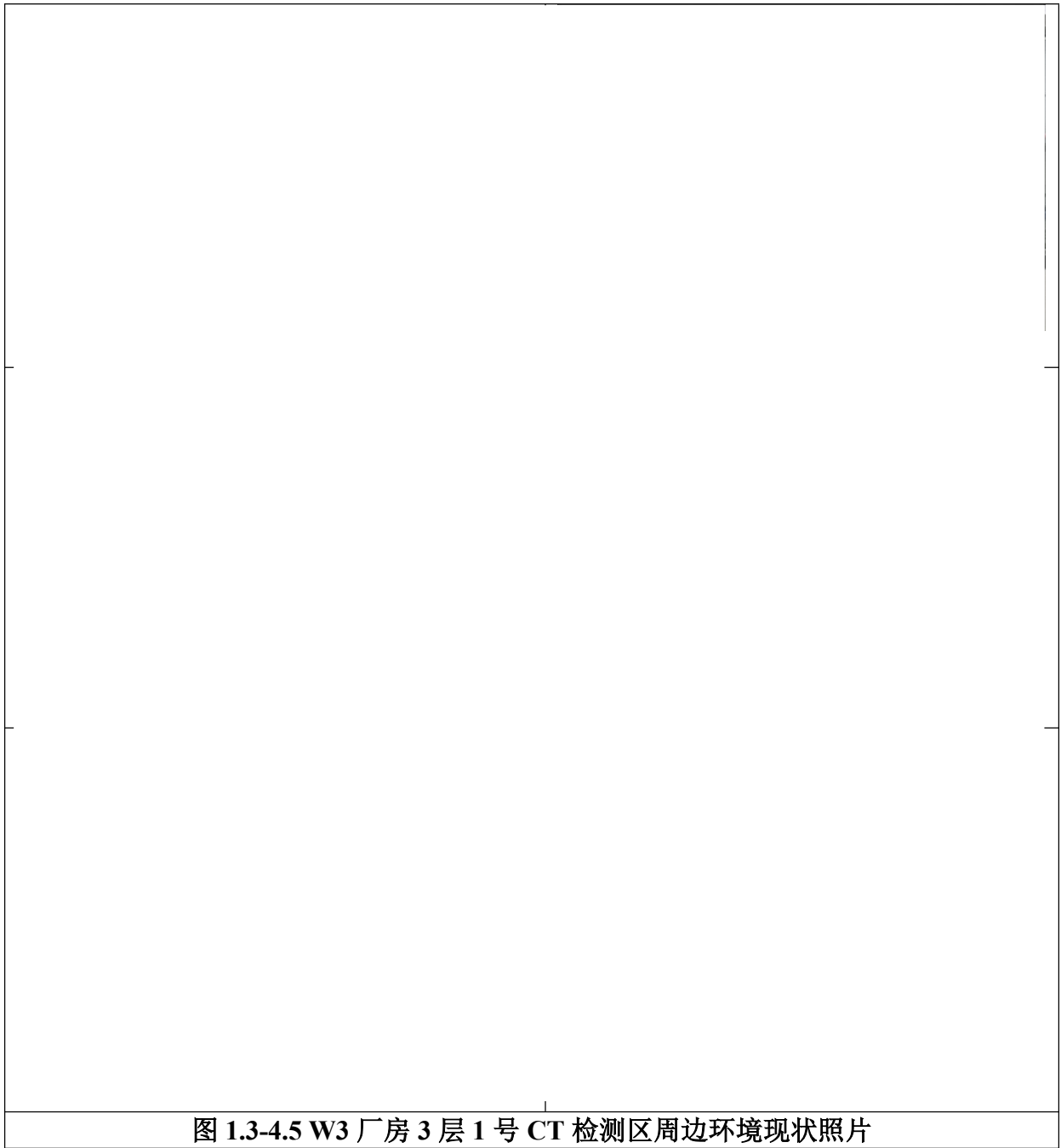


图 1.3-4.5 W3 厂房 3 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片

1.3.5 湖西园区 W21 厂房情况

1、项目地理位置

湖西园区 W21 厂房周边环境示意图见图 1-2.7 和图 1-2.8。

2、辐射工作场所及周边关系

湖西园区 W21 厂房为 5 层无地下室生产厂房，北侧为厂区道路和 W22 厂房（11.1m），西侧为厂区道路和 W4 栋厂房（26.7m），南侧为厂区道路和 W6 厂房（29.3m），东侧为厂区道路。

本次在 W21 厂房 4 层东侧的 1 号 CT 检测区新增的 1 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机，CT 检测区北侧隔车间通道为生产区（14.1m）；西侧各车间通道为 IPQC 检测房（3m）、测试车间（13.4m）；南侧隔车间通道为生产区（2.5m）；东侧为车间通道和生产车间（3.2m）、东南侧保安岗（7.2m）和更衣室（7.5m）；东北侧为更衣室（15.9m）和保安岗（21.9m）；正上方 5 层为车间过道，正下方 3 层为生产车间。

W21 厂房 4 层平面布置图见图 1.3-5.1，3 层平面布置图见图 1.3-5.2，1 号 CT 检测区平面布置图见图 1.3-5.2，周围环境情况见图 1.3-5.4。

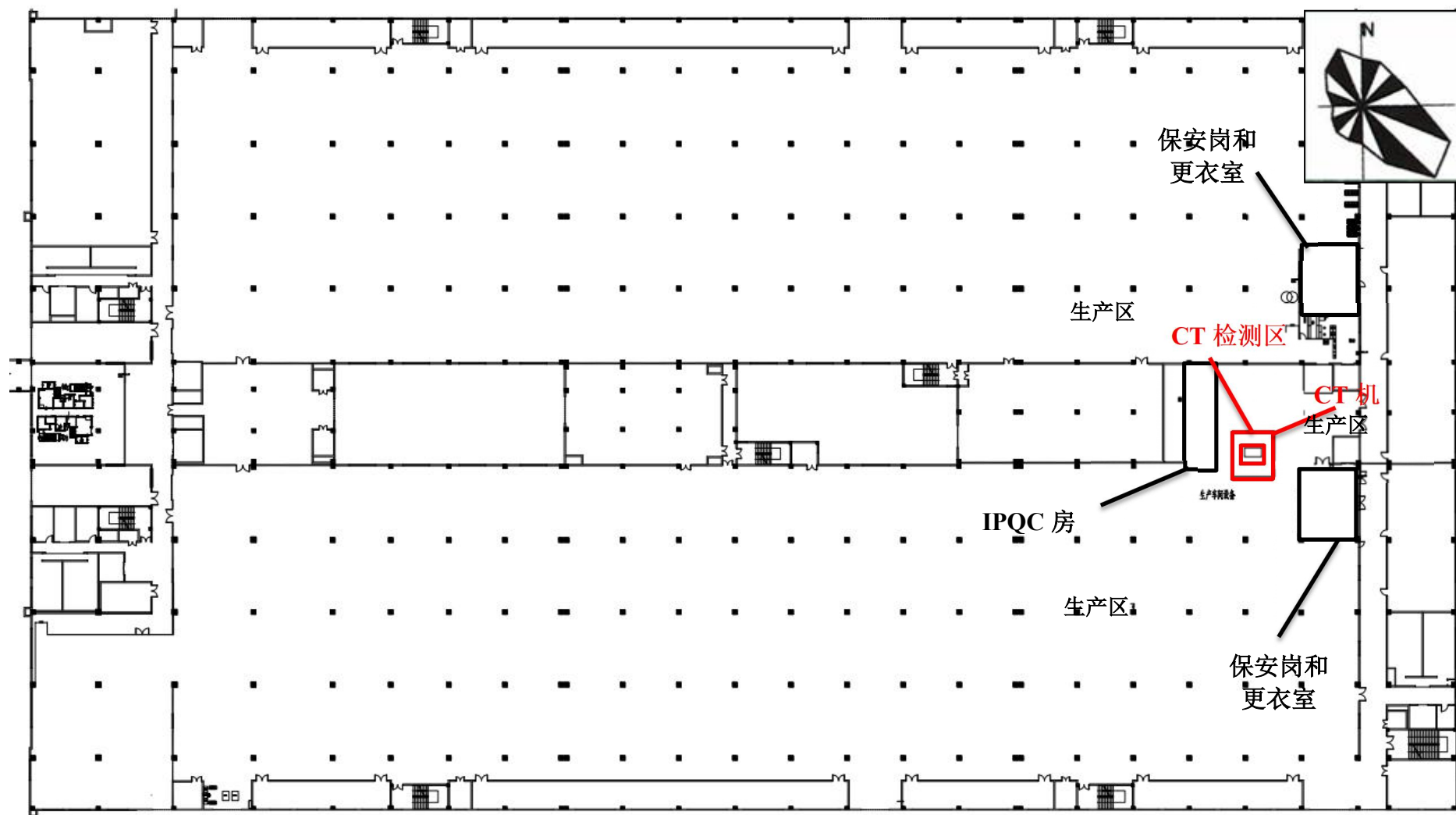


图 1.3-5.1 W21 栋厂房 4 层平面布置图

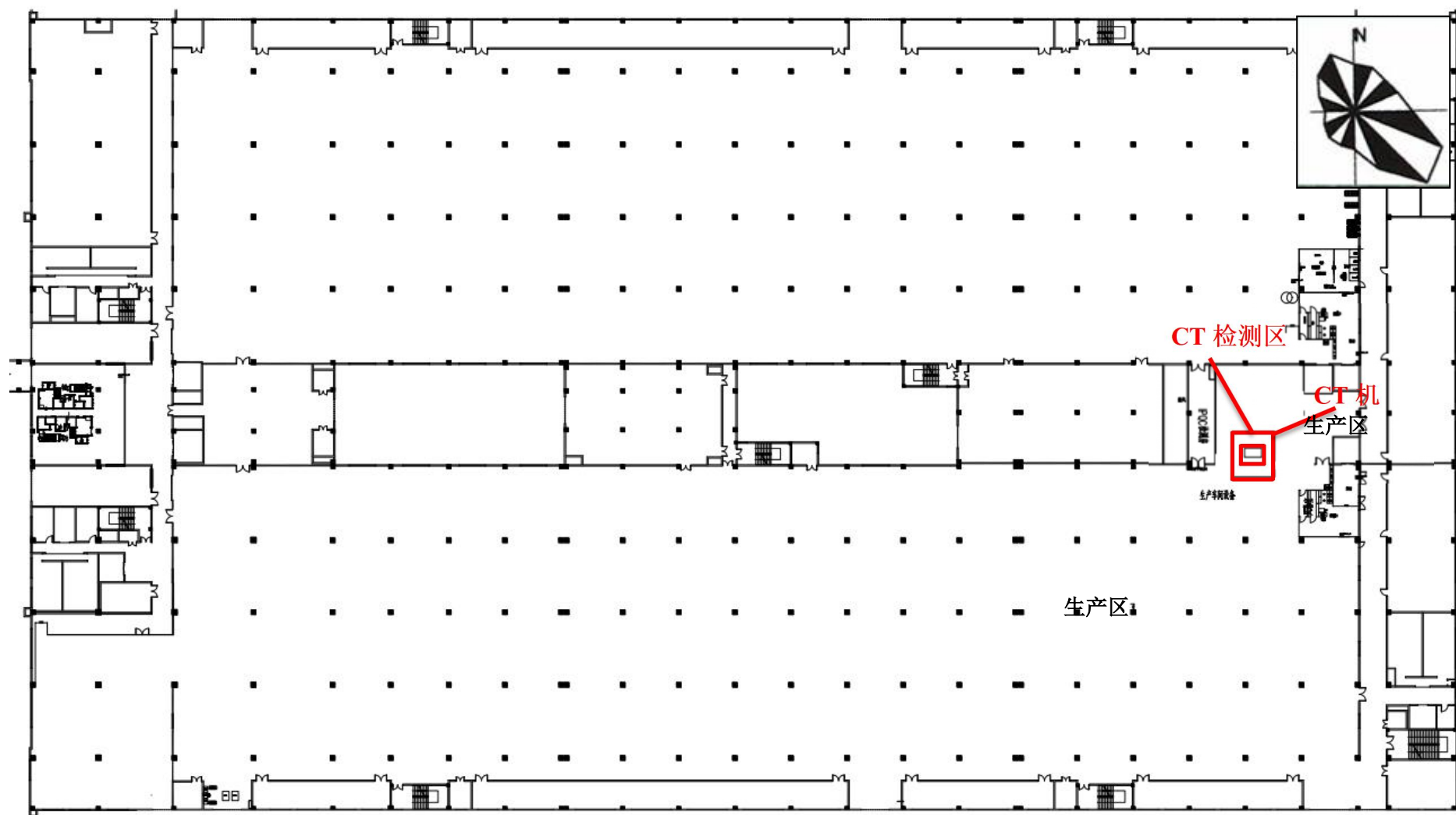


图 1.3-5.2 W21 栋厂房 3 层平面布置图

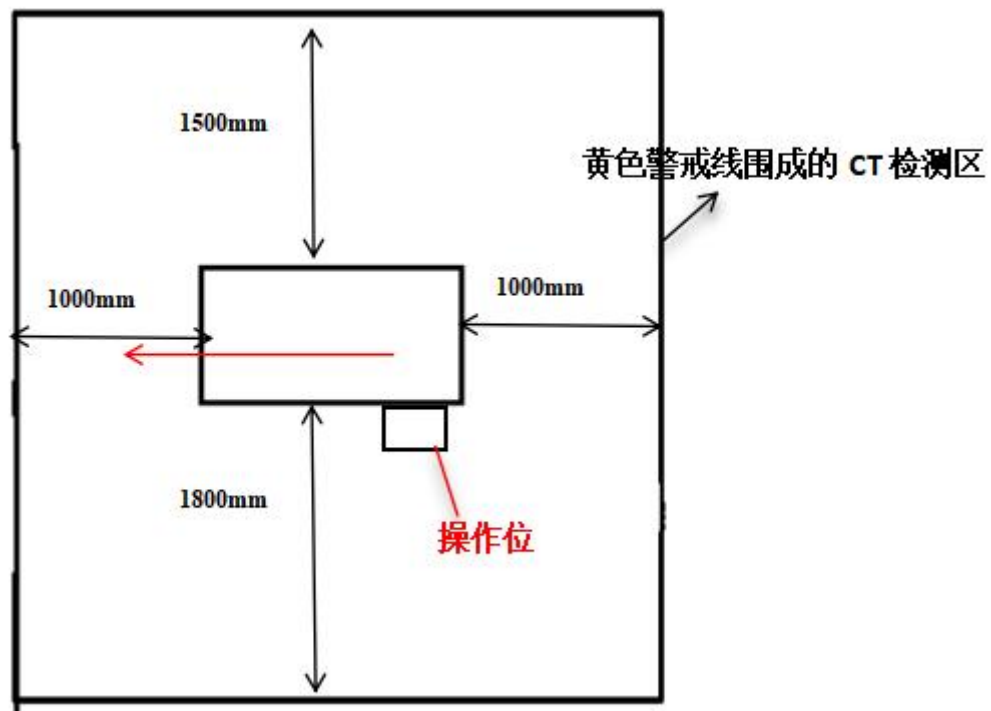


图 1.3-5.3 W21 厂房 4 层 1 号 CT 检测区平面布置图

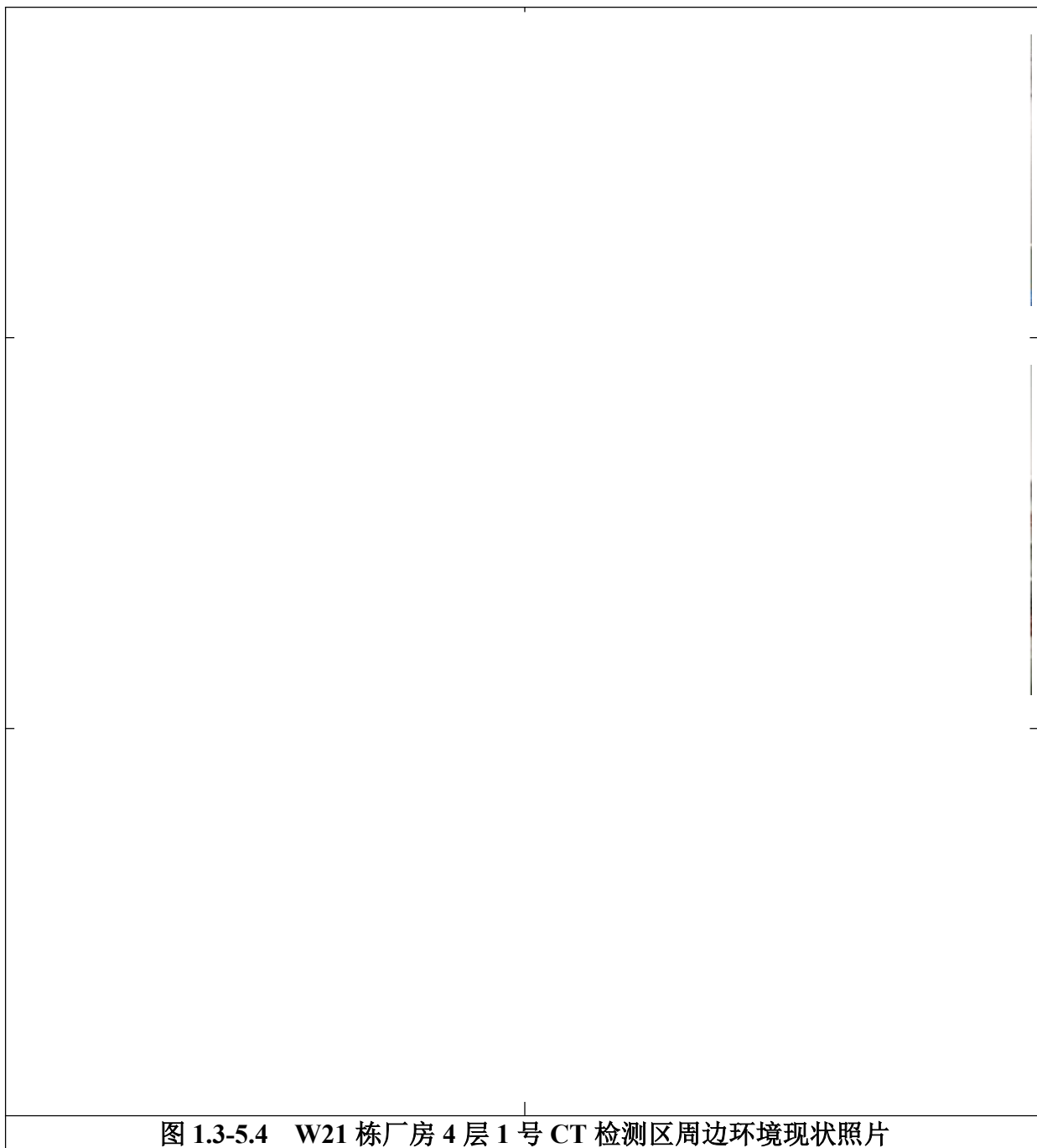


图 1.3-5.4 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片

1.3.6 湖西园区 W22 厂房情况

1、项目地理位置

湖西园区 W22 厂房周边环境示意图见图 1-2.7 和图 1-2.8。

2、辐射工作场所及周边关系

W22 栋为 5 层厂房为电池测试厂房,无地下室,北侧为厂区道路、W23 锅炉房(6.5m)和停车场(6.5m),西侧为厂区道路和东岐村(19.5m),南侧为厂区道路和 W21 栋厂房(11.1m),东侧为厂区道路和污水处理站(7.6m)。

(1) 本次在 W22 厂房 1 层东侧 1 号 CT 检测区新增的 1 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机,CT 检测区北侧隔车间通道为生产区(3.8m);西侧隔车间通道为生产区(2.4m);南侧隔车间通道为生产区(6.8m);东侧隔车间通道为生产区(4.2m),东南侧保安岗(18.4m)和更衣室(18.1m);东北侧为更衣室(17.1m)和保安岗(17.6m);正上方 2 层为生产区。

(2)在 W22 厂房 2 层东北角 1 号 CT 检测区新增的 2 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机位于 1 层的 2 层,CT 检测区北侧为车间通道、厂区道路和 W23 厂房(13.5m);西侧隔车间通道为生产区(3.1m);南侧隔车间通道为生产区(2.4m);东侧隔车间通道为休息区(13.5m);正上方 3 层为生产区,正下方 1 层为生产区;

(3)在 W22 厂房 3 层东侧的 1 号 CT 检测区新增的 1 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机,CT 检测区北侧隔车间通道为生产区(14.1m);西侧各车间通道为 IPQC 检测房(3m)、测试车间(13.4m);南侧隔车间通道为生产区(2.5m);东侧隔车间通道为生产车间(3.2m),东南侧保安岗(7.2m)和更衣室(7.5m);东北侧为更衣室(15.9m)和保安岗(21.9m);正上方 4 层为生产区,正下方 3 层为生产区。

(4)在 W22 厂房 4 层东南侧的 3 号 CT 检测区新增 2 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机,3 号 CT 检测区北侧为车间通道和测试车间(5.2m),西侧为车间通道和测试车间(4.9m)和 FQA 样品房(24.8m);南侧为车间通道和测试车间(3.3m)和厂区道路(18.8m),东侧为测试车间(紧邻),正上方 5 层为天台(无人员),正下方 3 层为生产区。

(5) 在 W22 厂房 4 层的中部 1 号 CT 检测区再新增 1 台“RMCT4000-M 型”CT 机(现有 1 台“RMCT4000-S 型”工业 CT 机),1 号 CT 检测区北侧为车间通道、连廊通道和测试车间(21.2m),西侧为车间通道和规划测试车间(1.6m),南侧为车间通

1.3.6 湖西园区 W22 厂房情况

1、项目地理位置

湖西园区 W22 厂房周边环境示意图见图 1-2.7 和图 1-2.8。

2、辐射工作场所及周边关系

W22 栋为 5 层厂房为电池生产厂房,无地下室,北侧为厂区道路、W23 锅炉房(6.5m)和停车场(6.5m),西侧为厂区道路和东岐村(19.5m),南侧为厂区道路和 W21 栋厂房(11.1m),东侧为厂区道路和污水处理站(7.6m)。

(1) 本次在 W22 厂房 1 层东侧 1 号 CT 检测区新增的 1 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机,CT 检测区北侧隔车间通道为生产区(3.8m);西侧隔车间通道为生产区(2.4m);南侧隔车间通道为生产区(6.8m);东侧隔车间通道为生产区(4.2m),东南侧保安岗(18.4m)和更衣室(18.1m);东北侧为更衣室(17.1m)和保安岗(17.6m);正上方 2 层为生产区。

(2)在 W22 厂房 2 层东北角 1 号 CT 检测区新增的 2 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机位于 1 层的 2 层,CT 检测区北侧为车间通道、厂区道路和 W23 厂房(13.5m);西侧隔车间通道为生产区(3.1m);南侧隔车间通道为生产区(2.4m);东侧隔车间通道为休息区(13.5m);正上方 3 层为生产区,正下方 1 层为生产区;

(3)在 W22 厂房 3 层东侧的 1 号 CT 检测区新增的 1 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机,CT 检测区北侧隔车间通道为生产区(14.1m);西侧各车间通道为 IPQC 检测房(3m)、生产车间(13.4m);南侧隔车间通道为生产区(2.5m);东侧隔车间通道为生产车间(3.2m),东南侧保安岗(7.2m)和更衣室(7.5m);东北侧为更衣室(15.9m)和保安岗(21.9m);正上方 4 层为生产区,正下方 3 层为生产区。

(4)在 W22 厂房 4 层东南侧的 3 号 CT 检测区新增 2 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机,3 号 CT 检测区北侧为车间通道和生产车间(5.2m),西侧为车间通道和生产车间(4.9m)和 FQA 样品房(24.8m);南侧为车间通道和生产车间(3.3m)和厂区道路(18.8m),东侧为生产车间(紧邻),正上方 5 层为天台(无人员),正下方 3 层为生产区。

(5) 在 W22 厂房 4 层的中部 1 号 CT 检测区再新增 1 台“RMCT4000-M 型”CT 机(现有 1 台“RMCT4000-S 型”工业 CT 机),1 号 CT 检测区北侧为车间通道、连廊通道和生产车间(21.2m),西侧为车间通道和规划生产车间(1.6m),南侧为车间通

道和规划生产车间（2.1m），东北侧车间通道和 QA 测量房（28.2m），东侧为生产车间（紧邻）和干燥房（24.6m），正上方 5 楼为生产车间，正下方 3 楼为生产车间。

W22 栋厂房各层平面布置图见图 1.3-6.1~图 1.3-6.5，CT 检测区平面布置图见图 1.3-6.6~图 1.3-6.10，周围环境情况见图 1.3-6.11~图 1.3-6.15。

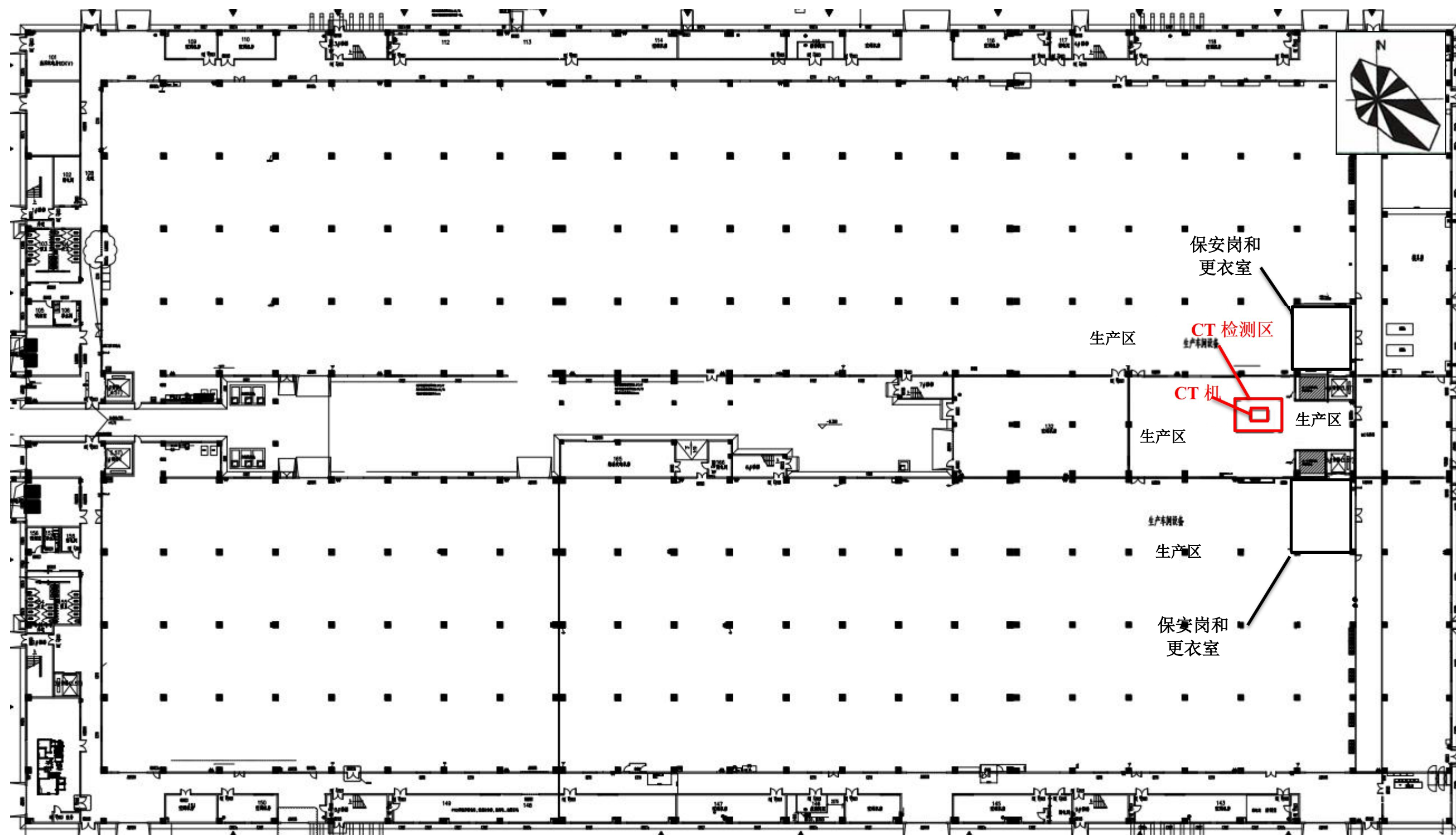


图 1.3-6.1 W22 栋厂房 1 层平面布置图

图 1.3-6.2 W22 栋厂房 2 层平面布置图

图 1.3-6.4 W22 栋厂房 4 层平面布置图

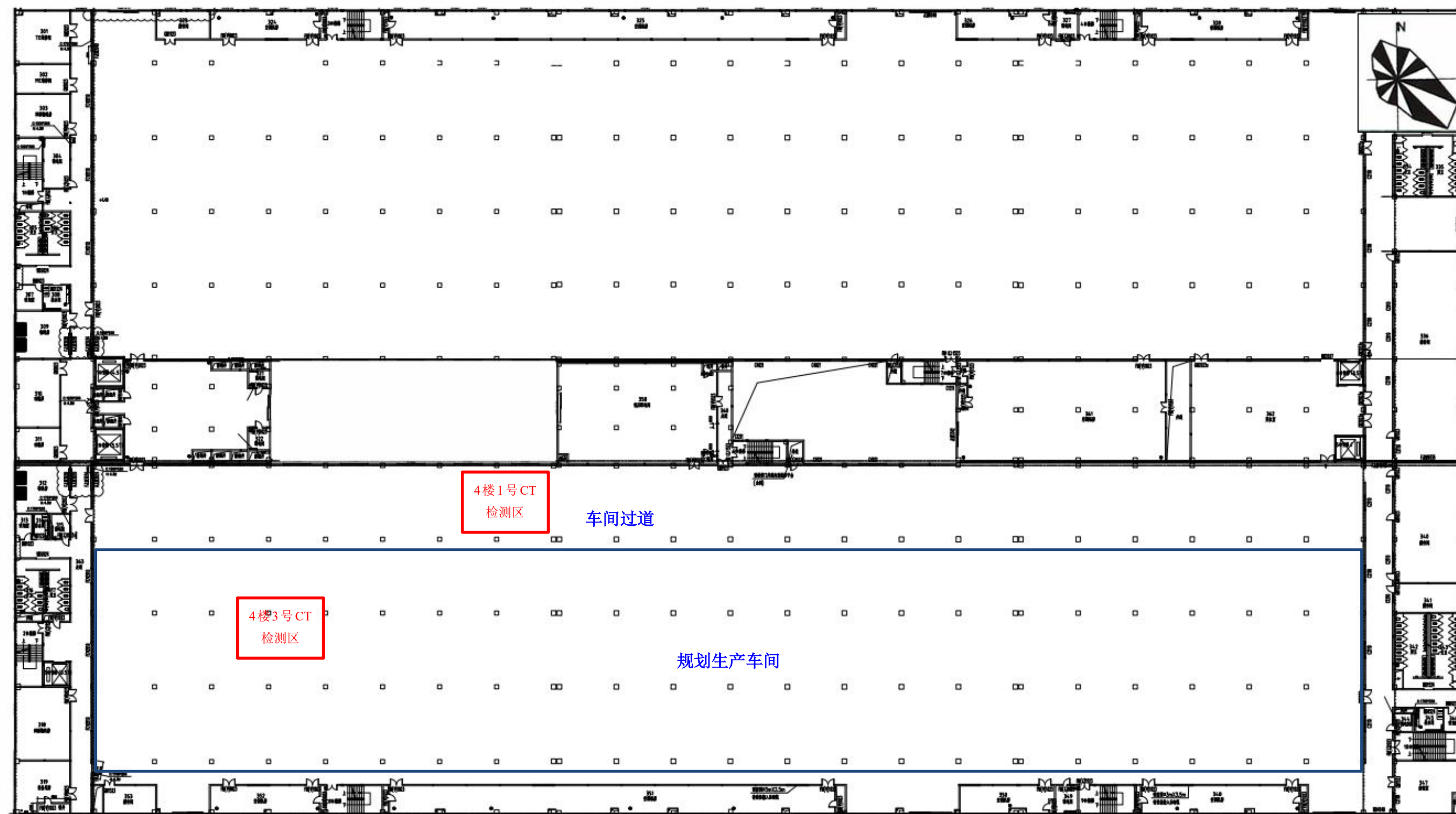


图 1.3-6.5 湖西厂区 W22 栋 5 层平面布置图

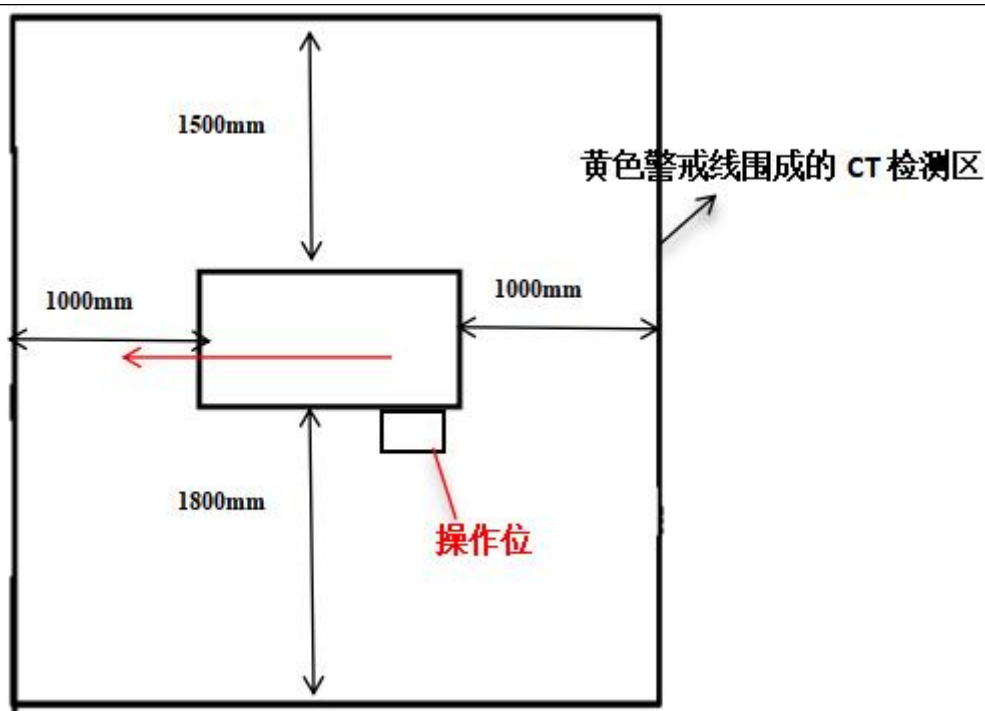


图 1.3-6.7 W22 厂房 1 层 1 号 CT 检测区平面布置图

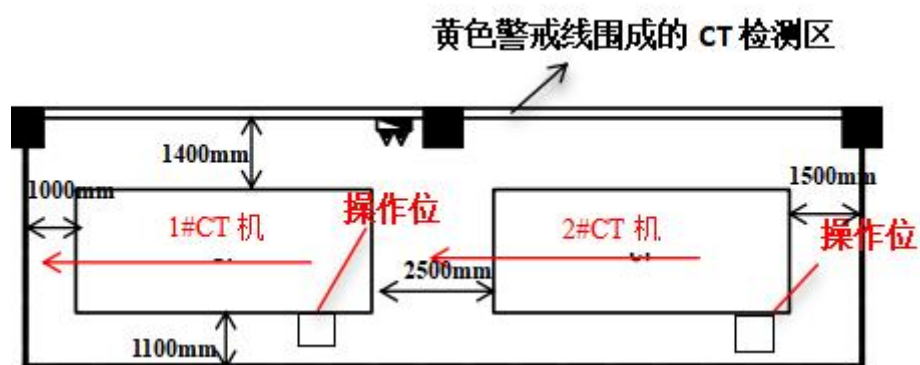


图 1.3-6.8 W22 厂房 2 层 1 号 CT 检测区平面布置图

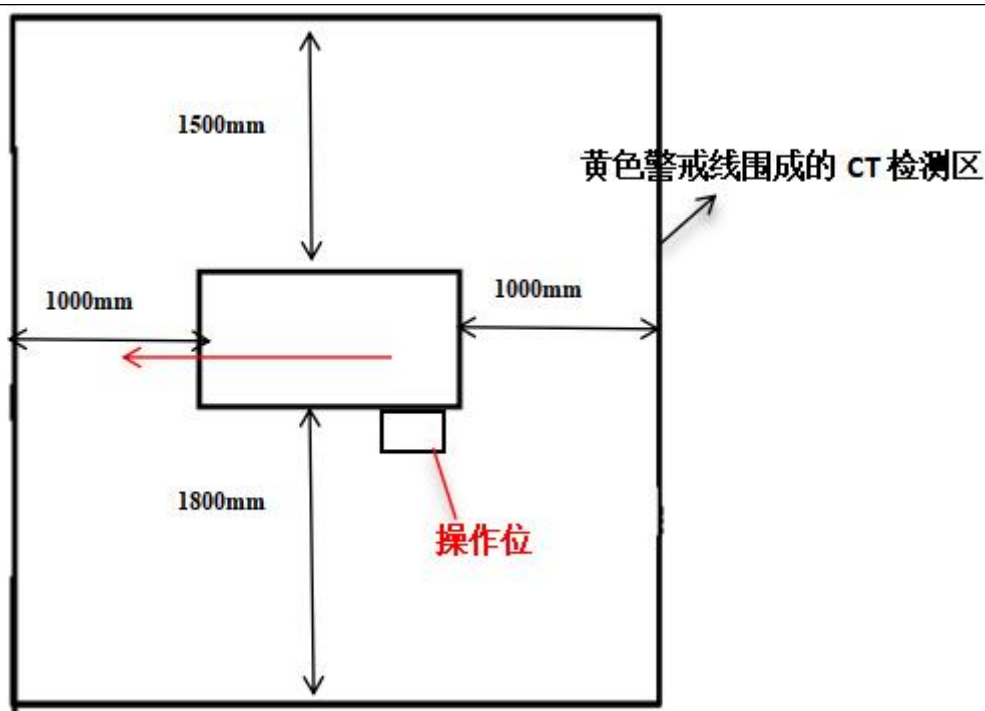


图 1.3-6.9 W22 厂房 3 层 1 号 CT 检测区平面布置图

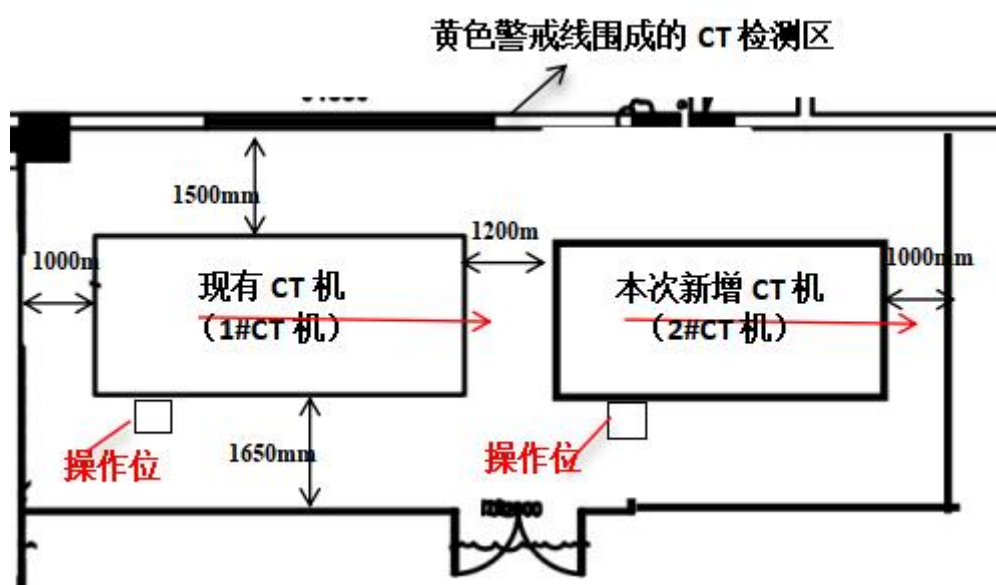


图 1.3-6.10 W22 厂房 4 层 1 号 CT 检测区平面布置图

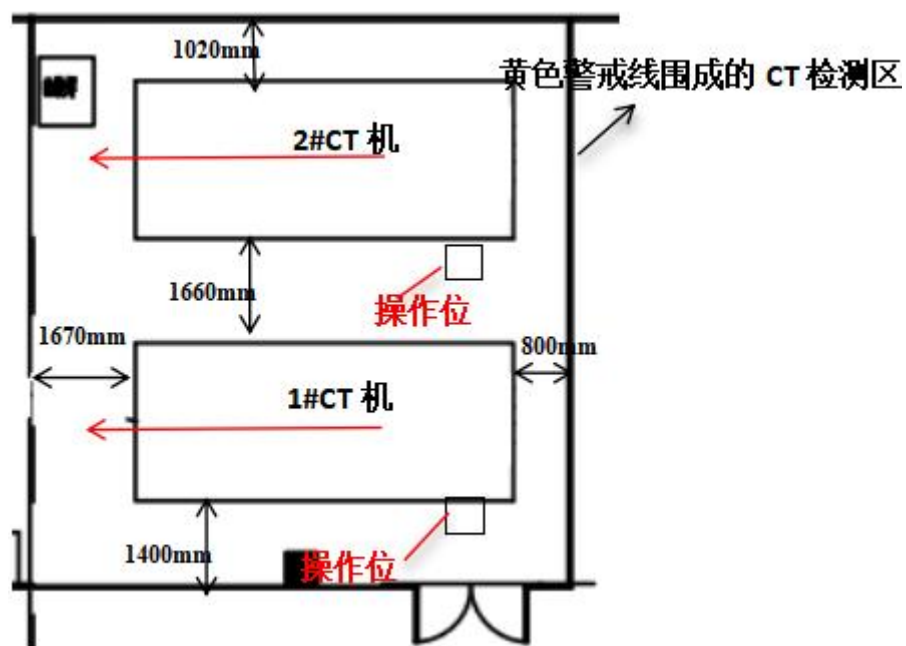


图 1.3-6.11 W22 厂房 4 层 3 号 CT 检测区平面布置图

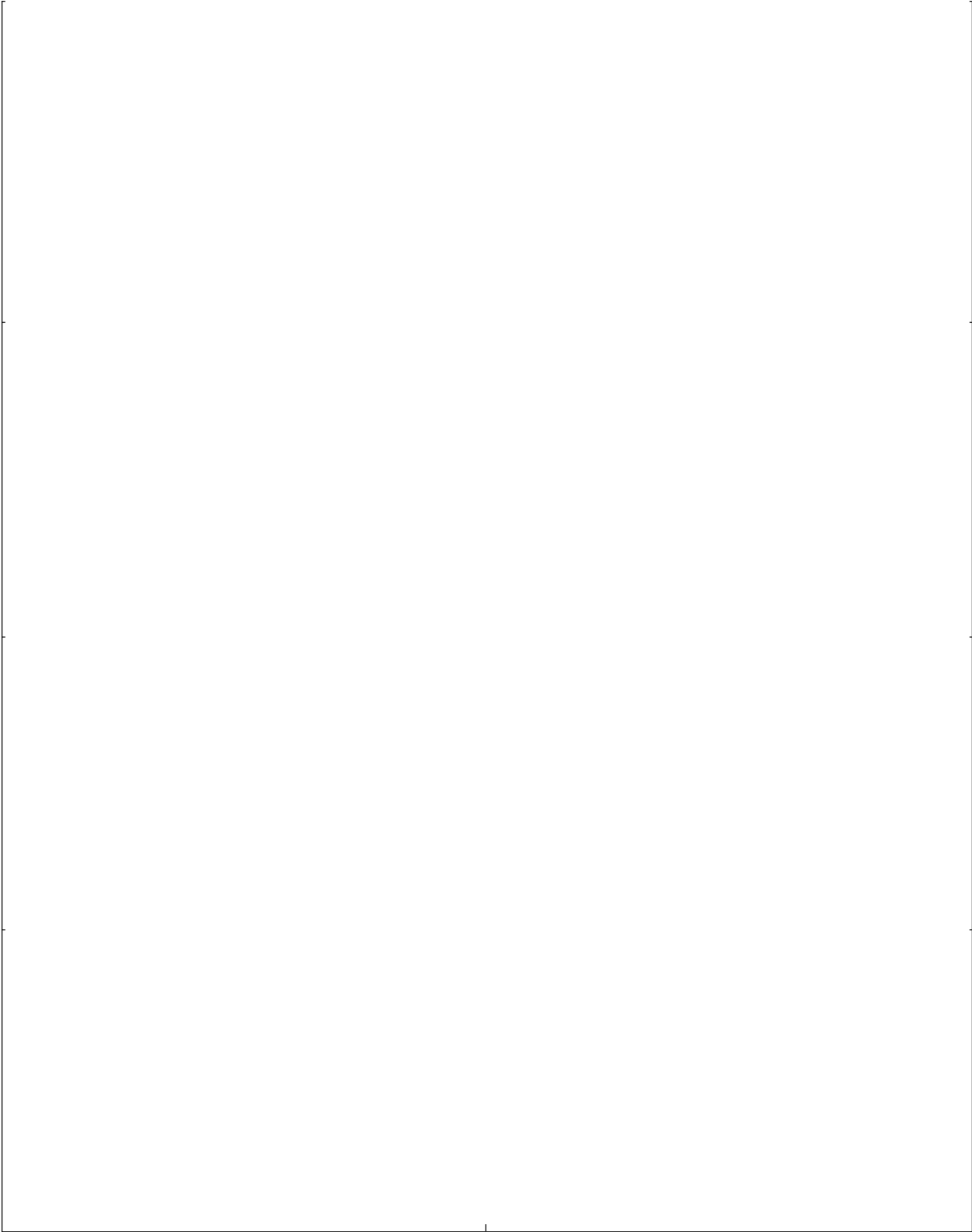


图 1.3-6.12 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片

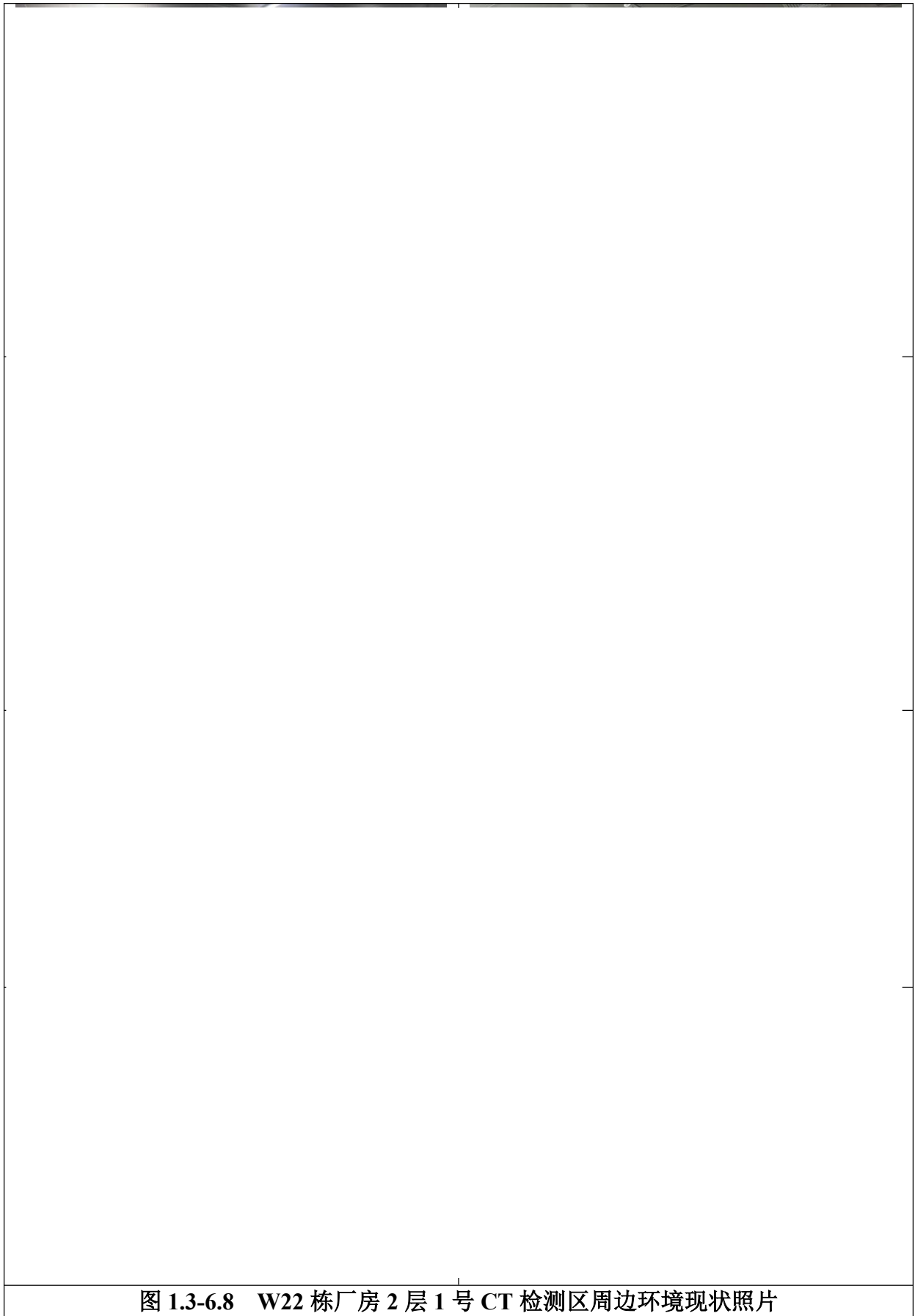


图 1.3-6.8 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片

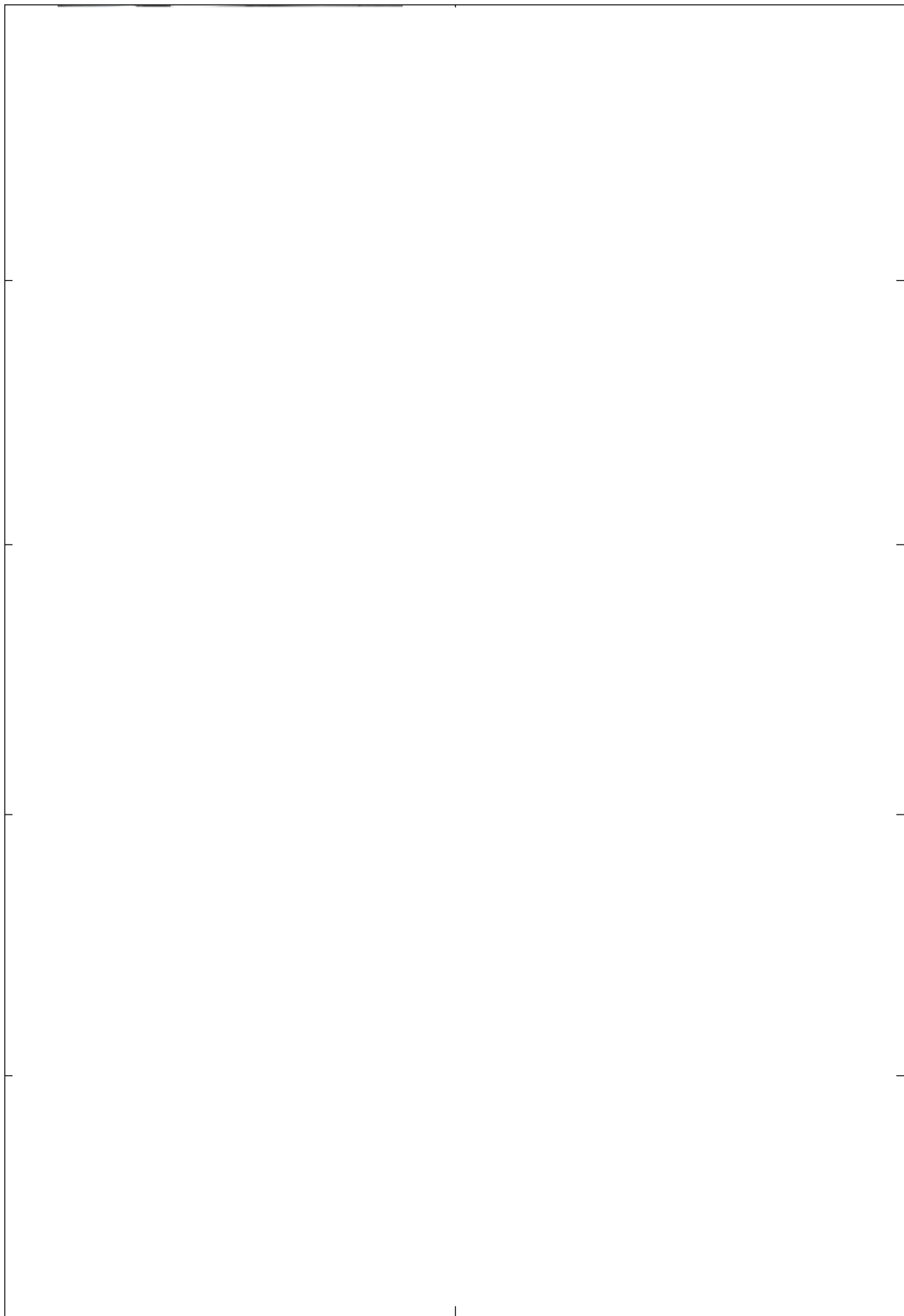


图 1.3-6.12 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片

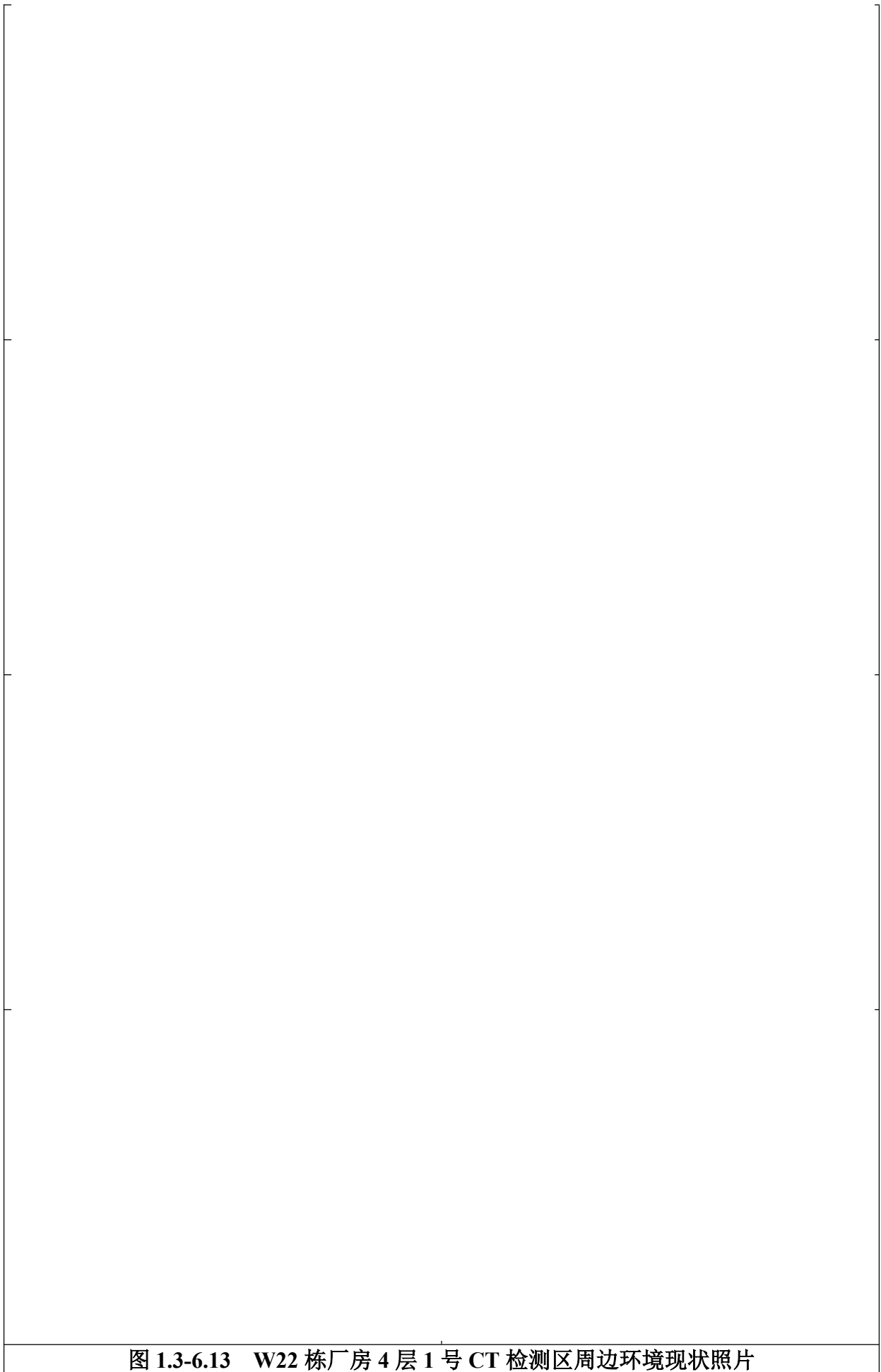


图 1.3-6.13 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区周边环境现状照片



图 1.3-6.14 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区周边环境现状照片

1.4 项目可行性分析

本项目的建设有利于提高公司所生产的产品质量以及竞争力，在保障公司生产的零部件质量的同时也创造更大的经济效益和社会效益，符合辐射防护“实践的正当性”原则。本项目考虑了经济和社会的因素之后，通过探伤室辐射防护措施将辐射环境影响保持在可合理达到的尽量低的水平，符合辐射防护“最优化”原则。本项目通过对潜在照射所致危险实时控制，使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求，符合辐射防护“剂量限值”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，因此本项目建设符合国家当前产业政策。

1.5 评价目的

（1）对本项目核技术利用场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

（2）通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求和减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

（4）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.6 原有核技术应用项目许可情况

（1）许可情况

宁德新能源科技有限公司于 2025 年 5 月 27 日完成辐射安全许可证延续办理（许可种类和范围：使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类射线装置），证书编号为闽环辐证【00227】，有效期至 2026 年 8 月 8 日（详见附件 3：辐射安全许可证）。

（2）环保手续履行情况

宁德新能源科技有限公司原有在用核技术利用项目均已履行环保手续：在用放射源见表 1.6-1，在用射线设备见表 1.6-2。

表 1.6-1 在用放射源环保手续履行情况									
名称	种类	活度 (Bq)	类别	备案数量	实际在用数量	使用场所	是否环评	是否验收	用途
Kr-85	放射源	1.10×10 ¹⁰	V 类	230	155	车间	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	1.85×10 ¹⁰	V 类	300	102		已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	1.554×10 ¹⁰	V 类	8	3		已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	3.7×10 ¹⁰	V 类	100	1		已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	4.625×10 ¹⁰	V 类	5	0		已备案	/	测厚

表 1.6-2 在用射线设备环保手续履行情况									
名称	型号	类别	在用数量	使用场所	是否环评	是否验收	验收时间	备注	
X 射线断层扫描仪	Phoenix v tome x M300/180	II 类	1	R3 栋一层断层扫描室	闽环辐评(2022) 20 号	已验收	2023.2.26 (附件 4)	在用	
X 射线断层扫描仪	Phoenix V tome x S240	II 类	1	R6 栋一层 CT 实验室	闽环辐评(2024) 19 号	已验收	2024.9.15 (附件 4)	在用	
X 射线断层扫描仪	Phoenix V tome x M300/180	II 类	1						
高性能显微 CT 机	RMCT 4000-S 型	II 类	1	W22 栋 4 层 CT 检测区	闽环辐评(2024) 1 号	已验收	2024.9.15 (附件 4)	在用	
断层扫描仪 ^①	V tome xM300 /180	II 类	2	R6 栋 1 层 2 号 CT 实验室	闽环辐评(2024) 45 号	建设中	/	/	
工业 CT 机 ^②	DX9000B 型	II 类	1	W22 栋厂房 4 层 2 号 CT 检测区	闽环辐评(2024) 78 号	建设中	/	/	
断层扫描仪 ^③	Phoenix V tome x s240	II 类	2	湖东园区 R6 科研楼 1 层 3 号 CT 室	闽环辐评(2025) 28 号	建设中	/	/	
工业 CT 机 ^③	DBA-CT6200 型	II 类	1	湖东园区 M2 厂房 1 号 CT 室					
高性能显微 CT ^③	RMCT4000-M 型	II 类	4	湖西园区 W1 栋厂房 4 层 CT 检测区					

注：①该设备于 2024 年 7 月通过审批（闽环辐评〔2024〕45 号项目），已办理辐射许可证。
 ②该设备于 2024 年 12 月通过审批（闽环辐评〔2024〕78 号），已办理辐射许可证。
 ③该项目于 2025 年 5 月 20 日通过审批（闽环辐评〔2025〕28 号），已办理辐射许可证。

1.7 原有核技术应用项目辐射安全管理及防护情况

1、辐射安全防护管理机构

宁德新能源科技有限公司已成立了辐射安全与防护管理机构（附件 5），并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以郑世文为组长，汤晓燕为副组长，成员由赵岩、林烨和谢寿长组成。领导小组负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导；负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度并组织实施；建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案；定期对辐射安全与防护工作进行督查，确保不发生辐射安全事故。

2、辐射安全防护管理制度

公司已根据现有核技术应用情况制定了辐射安全防护管理制度，制度汇编详见附件 6，制度汇编主要有：《辐射安全与防护管理机构及其职责》、《安全培训制度》、《辐射安全与防护管理制度》、《辐射个人剂量和健康管理制度》、《辐射安全与环境保护管理人员职责》、《辐射岗位职业卫生安全操作规程》、《X 射线设备检修维护制度》、《辐射监测方案》。

3、辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况

宁德新能源科技有限公司取得辐射安全培训合格证人数有 89 人，其中从事辐射工作人员人数 43 人，均在有效期内（节选二类射线装置取证人员详见附件 7）。

宁德新能源科技有限公司制定《辐射个人剂量和健康管理制度》，宁德新能源科技有限公司已为辐射工作人员配备了个人剂量计，由专人负责收集个人剂量计，目前委托厦门亿科特检测技术有限公司对辐射操作人员进行了个人剂量监测，监测频度为 90 天 1 次；间隔不超过 2 年安排辐射工作人员进行职业健康检查。个人剂量监测结果和个人职业健康检查报告均存档备案。个人剂量监测结果（见附件 8）和个人职业健康检查报告均存档备案。

根据建设单位提供的个人剂量监测和职业健康监护档案，2024 年 3 月~2025 年 2 月辐射工作人员个人剂量结果和体检结果均未见异常，个人计量数据结果见下表：

表 1.7-1 辐射工作人员年度个人剂量结果（选取最大值）

人员	个人剂量当量/mSv				合计	管理限值
	2024.3~5	2024.6~8	2024.9~11	2024.12~2025.2		
韩昆鹏	<MDL	0.18	<MDL	<MDL	0.18	5.0mSv/a
张贺磊	<MDL	<MDL	0.28	0.07	0.35	
王忠能	<MDL	<MDL	0.48	<MDL	0.45	

注：①根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 8.1.5 条款，监测结果小于 MDL（探测下限）值时，报告中的监测结果表述为<MDL*，该剂量片探测下限为 0.06mSv，为便于职业照射统计，在相应的计量档案中可记录位 1/2<MDL，即 0.03mSv。

②根据客户要求对产品进行抽检，使用工业 CT 机频次非固定。

4、辐射工作场所监测情况

在设备正常运行状态下，每年委托有监测资质的单位对工作场所及周围辐射环境剂量率进行监测，监测频次为1次/年，并将监测数据记录存档。根据已提交的2024年度辐射工作场所检测报告，辐射场所监测未出现超标情况。

5、辐射工作管理情况

宁德新能源科技有限公司已制定《宁德新能源科技有限公司湖东园区辐射事故应急预案》和《宁德新能源科技有限公司湖西园区辐射事故应急预案》（见附件9），并制定辐射应急演练计划，定期开展演练。据调查，宁德新能源科技有限公司使用的射线装置正常运行，未发生辐射事故。

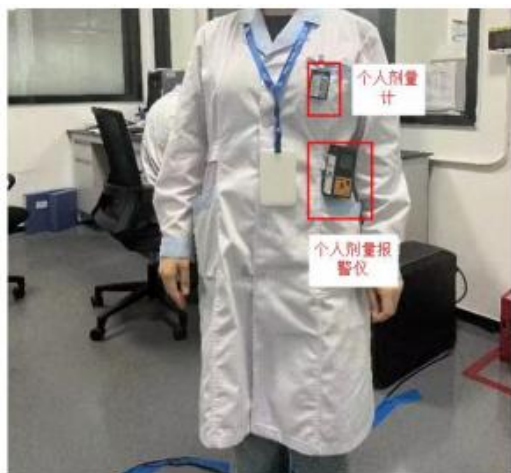
综上所述，宁德新能源科技有限公司已根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关规定，操作人员均配备个人剂量片和个人剂量报警仪，湖东园区和湖西园区各配备1台便携式辐射剂量仪，固定式场所辐射探测报警装置共计3个，已落实各项管理要求，现有在用核技术应用无存在环保问题。现有核技术应用项目辐射防护措施见图1-7。



制度上墙



便携式辐射剂量仪



个人剂量片和个人剂量报警仪



CT室警示标识



固定式场所辐射探测报警装置



便携式辐射剂量仪

图 1-7 现有工程辐射防护措施情况

1.8 环保投资

本项目拟新增 16 台工业 CT 机的环保设施及投资估算如下表所示：

表 1.8-1 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）
工业 CT 机辐射安全设施	CT 机外壳及 X 射线舱均采用铅钢防护结构	16	设备自带
	辐射警告标志	16	
	工作状态指示灯	16	
	急停按钮	16	
	安全锁装置	16	
其他	固定式场所辐射探测报警装置	12	12
	个人剂量片	16	8
	个人剂量报警仪	16	3
	便携式辐射剂量仪	16	4.5
	个人剂量片委托监测费用	/	10
	工业 CT 机周围委托检测费用	/	8
	辐射安全培训费用	/	2
	个人体检费用	16	16
	制度上墙	/	4.0
	CT 检测区界线防护护栏和警示牌	11	8
	环境影响评价及竣工环保验收费用	/	21
合计			92.5

本项目总投资 5500 万元，其中环保投资 92.5 万元，占总投资的 1.68%。今后在项目实践过程中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表 2 放射源基本情况

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

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	所在区域	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
1	湖东园区	工业 CT 机	Ⅱ类	1	CYS-T1502 型	150	0.5	产品质量检测	湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	周向式探伤机
		工业 CT 机	Ⅱ类	1	DBA-CT9200 型	150	0.5			
3		工业 CT 机	Ⅱ类	1	DBA-CT6100 型	225	3		湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室	固定式探伤机（右→左）
4	湖西园区	工业 CT 机	Ⅱ类	1	DBA-CT9200 型	150	0.5		湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	周向式探伤机
5		高性能显微 CT 机	Ⅱ类	2	RMCT4000-M 型	225	3		湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	固定式探伤机（左→右）
		工业 CT 机	Ⅱ类	2	DBA-CT6100 型	225	3.0		湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	固定式探伤机（右→左）
6		X 射线断层扫描仪	Ⅱ类	1	Phoenix V tome x M300/180	300	3.0		湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	固定式探伤机（右→左）
				1					湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区	
	2			湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区						

7		高性能显微 CT 机	II类	1	RMCT4000-M 型	225	3		湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	
				2					湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区	
				1					湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	固定式探 伤机（左→ 右）

（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（ μ A）	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
臭氧	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (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； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日实施； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），2021 年 1 月 1 日实施； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 5 月 1 日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修正版）生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (9) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，2007 年 11 月 1 日； (10) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》中华人民共和国生态环境部，2019 年 12 月 23 日； (11) 《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）； (12) 《关于发布《射线装置分类》的公告》，环境保护部，2017 年 12 月 5 日； (13) 《产业结构调整指导目录》（2024 年本），2023 年 12 月 27 日发布，2024 年 2 月 1 日起施行。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (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》（HJ10.1-2016）； (3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023 年 3 月 1 日实施； (4)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及第 1 号修改单(GBZ/T 250-2014/XG1-2017)； (5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。
其他	(1) 本项目委托书； (2) 《辐射防护技术与管理》（张丹枫赵兰才编著）第一卷； (3) 宁德新能源科技有限公司提供的本项目相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《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》（HJ10.1-2016）中的相关要求，“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）。”本项目为使用Ⅱ类射线装置，且本项目工业 CT 机自带屏蔽体并设置 CT 室和 CT 检测区。因此，本项目评价范围为 CT 室和 CT 检测区外 50m 范围。

7.2 保护目标

根据对本项目周围环境的现场踏勘和调查，结合图 1-2，本评价范围为评价范围内职业工作人员，公众人员包括周边生产人员、周边村居和偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。

根据对本项目周围环境的调查，本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目主要环境保护目标一览表

区域	场所	保护目标	方位及距离	人数(人)	管理限值(mSv/a)
湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	2	5
	东侧过道	公众	紧邻	流动人员	0.25
	1#CT 机和 2#CT 机中间生产区		3m	5	
	南侧生产区		5m	5	
	西侧生产区		16m	5	
	北侧生产区		18m	5	
	1#CT 机东北侧 ME 配件房		26m	2	
	东侧厂区通道		8m	流动人员	
	南侧厂区通道		33m	流动人员	
	正下方测试车间		4m	5	
	正上方测试车间		4m	5	
湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	1	5
	北侧 R3 科研楼	公众	16m	5	0.25
	北侧厂区通道		12m	流动人员	
	北侧极片测试实验室		紧邻	2	
	东北侧 R1-141 实验室		3m	2	
	东侧 R1-143 实验室		3m	2	
	东侧 R1-145 实验室		4m	2	

	东南侧前台		8m	1	
	东南侧过道		8m	流动人员	
	南侧实验室		紧邻	2	
	南侧卫生间		3m	流动人员	
	南侧洽谈室		5m	流动人员	
	南侧休息室		8m	流动人员	
	南侧 ME 仓库		10m	1	
	西侧厂区通道		紧邻	流动人员	
	西侧 R2 科研楼		8m	5	
	正上方实验室		4m	2	
	东侧厂区通道		15m	流动人员	
湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	2	5
	北侧车间通道	公众	紧邻	流动人员	0.25
	北侧厂区通道		3m	流动人员	
	北侧 W6 厂房		12m	5	
	东侧生产区		3m	5	
	南侧生产区		2m	5	
	西南侧物料房		6m	2	
	西南侧 ME/装配维修 房		8m	2	
	西南侧卫生间		14m	流动人员	
	西侧休息室		16m	流动人员	
	西侧厂区通道		19m	流动人员	
	西侧 W4 厂房		31m	5	
	正上方 4F 生产区		4m	5	
	正下方 2F 生产区		4m	5	
湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	1	5
	东侧车间通道	公众	紧邻	流动人员	0.25
	东侧茶水间		9m	流动人员	
	东北侧物料房		18m	1	
	北侧生产区		3m	5	
	西北侧生产区		5.6m	5	
	西侧生产区		3m	5	
	南侧车间通道		紧邻	流动人员	
	南侧厂区道路		11.2m	流动人员	
	南侧宿舍楼厂房		23.4m	50	
	正上方四楼生产区		4m	5	
	正下方二楼生产区		4m	5	
	东侧 W2 栋厂房		46.7m	5	
	东侧厂区道路		15m	流动人员	
湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	2	5
	北侧生产区	公众	紧邻	10	0.25
	西侧生产区		紧邻	10	
	宿舍楼		23.4m	50	

	东侧生产区		紧邻	10	
	3 楼测试车间		4m	5	
湖西园区 W21 栋厂 房 4 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作 人员	本项目	1	5
	北侧生产车间	公众	2.6m	5	0.25
	西侧 IPQC 检测房		3.0m	2	
	西侧测试车间		3.6m	5	
	南侧生产车间		2.5m	5	
	东南侧保安岗		7.2m	1	
	东南侧更衣室		7.5m	流动人员	
	东侧生产车间		3.2m	5	
	东北侧更衣室		15.9m	流动人员	
	东北侧保安岗		21.9m	1	
	正上方过道		4m	流动人员	
	正下方生产车间		4m	5	
	东侧车间过道		14.3m	流动人员	
湖西园区 W22 栋厂 房 1 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作 人员	本项目	1	5
	东侧生产区	公众	1.9m	5	0.25
	西侧生产区		3.5m	5	
	南侧生产区		1.2m	5	
	北侧生产区		1.3m	5	
	东南更衣室		18.1m	流动人员	
	东南保安岗		18.4m	1	
	东北更衣室		17.1m	流动人员	
	东北保安岗		17.6m	1	
	正上方生产区		4m	5	
湖西园区 W22 栋厂 房 2 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作 人员	本项目	2	5
	北侧车间通道	公众	1.45m	流动人员	0.25
	北侧厂区过道		9.12m	流动人员	
	北侧 W23 厂房		13.5m	5	
	西侧生产区		12.3m	5	
	南侧生产区		8.4m	5	
	东南侧物料房		24.1m	2	
	东侧休息区		23.2m	流动人员	
	东侧过道		18.8m	流动人员	
	东侧厂区道路		33.3m	流动人员	
	正上方生产区		4m	5	
	正下方生产区		4m	5	
湖西园区 W22 栋厂 房 3 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作 人员	本项目	1	5
	东侧生产区	公众	2.4	5	0.25
	西侧生产区		3.0m	5	
	南侧生产区		2.6m	5	
	北侧生产区		1.6	5	
	东南更衣室		10.5m	流动人员	
	东南保安岗		11.6m	1	

	东北更衣室		23.2m	流动人员	
	东北保安岗		27.6m	1	
	正上方生产区		4m	5	
	正下方生产区		4m	5	
湖西厂区 W22 栋厂 房 4 层 3 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作 人员	本项目	2	5
	东侧生产区	公众	6.28m	5	0.25
	西侧生产区		7.21m	5	
	南侧生产区		1.35m	5	
	北侧生产区		12.2m	5	
	西北侧休息区		36.6m	流动人员	
	西侧 FQA 样品房		28.6m	2	
	南侧厂区道路		20.1m	流动人员	
	正下方生产区		4m	5	
湖西厂区 W22 栋厂 房 4 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作 人员	本项目	1	5
	北侧测试车间	公众	21.2m	5	0.25
	东北侧 QA 测量房		28.2m	2	
	东侧测试车间		1.37m	5	
	东侧干燥房		24.6m	2	
	南侧规划测试车间		2.1m	10	
	西侧测试车间		1.6m	5	
	正上方过道		5m	流动人群	
	正下方测试车间		5m	8	

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

第 4.3.2.1 款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯性平均），20mSv。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv

B1.2 公众照射

Bl.2.1 剂量限值

实践使公众有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

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

表 7.3-1 本项目辐射环境影响评价标准

对象	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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 ②任何一年中的有效剂量，50mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全防护措施的性质和范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10% ~ 30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全联锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方

向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每

小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。探伤室屏蔽要求如下：

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 H_e 和导出剂量率参考控制水平 (H_{e-d}) :

1) 人员在关注点的周剂量参考水平 H_e 如下：

职业工作人员： $H_e \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众： $H_e \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

2) 相应 H_e 的导出剂量率参考控制水平 H_{e-d} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 (1) 计算

$$H_{e-d} = H_e / (t * \mu * T) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

H_e ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)

μ ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的使用因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周 ($\text{h}/\text{每周}$)。

t 按式 (2) 计算：

$$t = W / (60 * I) \dots\dots\dots (2)$$

W ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积量“mA*min 值”），mA*min/周；

60——小时与分钟的换算系数；

I ——X 射线探伤装置在最高管电源线的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)。

b) 关注点最高剂量参考控制水平 $H_{e, \max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_e 为上述 H_{e-d} 和 $H_{e, \max}$ 二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物的自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2 a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应的关注点的剂量率总和，应按 3.1.1 c) 的剂量率参考控制水平 H_e ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可以取 100 μ Sv/h。

本项目相关限值采用标准见表 7.3-2。

表 7.3-2 本项目相关标准限值

项目	内容	相关限值	标准名称
连续 5 年的年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
年有效剂量限值	非辐射工作人员	1mSv	
管理限值	辐射工作人员	5mSv/a	辐射工作人员取连续 5 年年平均有效剂量限值的 1/4 作为管理限值
	非辐射工作人员	0.25mSv/a	非辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为管理限值
剂量率参考控制水平	探伤室外表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
	对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 100\mu\text{Sv/h}$	

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，厦门尚岛环保科技有限公司委托福建宏邦检测技术有限公司分别于 2024 年 12 月 4 日、2025 年 3 月 31 日、4 月 16 日、4 月 17 日、4 月 27 日对本项目工作场所及其周围环境进行γ辐射剂量率背景水平调查。

8.1 环境现状监测点位、监测因子

(1) 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中“5.3.3 射线装置”的辐射环境监测内容，结合本项目评价范围（CT 室和 CT 检测区外 50m 范围），确定本项目检点位为工业 CT 机所放置位置及 CT 检测区周边受影响区域，具体监测点位见表 8.1-1。监测点位见图 8-1。

(2) 监测因子

γ辐射空气吸收剂量率。

表 8.1-1 项目环境质量现状监测点位情况表

位置	监测地点	监测内容
湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	设备拟安装位置	γ 辐射空气吸收剂量率
	东侧过道	
	1#CT 机和 2#CT 机中间生产区	
	南侧生产区	
	西侧生产区	
	北侧生产区	
	1#CT 机东北侧 ME 配件房	
	东侧厂区通道	
	南侧厂区通道	
	正下方测试车间	
	正下方测试车间	
湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室	设备拟安装位置	
	北侧 R3 科研楼	
	北侧厂区通道	
	北侧极片测试实验室	
	东北侧 R1-141 实验室	
	东侧 R1-143 实验室	
	东侧 R1-145 实验室	
	东南侧前台	
	东南侧过道	
	南侧实验室	
	南侧卫生间	
	南侧洽谈室	
	南侧休息室	
	南侧 ME 仓库	
	西侧厂区通道	
	西侧 R2 科研楼	

	正上方实验室	
	东侧厂区通道	
湖西园区 W3 栋厂 房 3 层 1 号 CT 检 测区	设备拟安装位置	
	北侧车间通道	
	北侧厂区通道	
	北侧 W6 厂房	
	东侧生产区	
	南侧生产区	
	西南侧物料房	
	西南侧 ME/装配维修房	
	西南侧卫生间	
	西侧休息室	
	西侧厂区通道	
	西侧 W4 厂房	
	正上方 4F 生产区	
	正下方 2F 生产区	
湖西园区 W1 栋厂 房 3 层 1 号 CT 检 测区	设备拟安装位置	
	东侧车间通道	
	东侧茶水间	
	东北侧物料房	
	北侧生产区	
	西北侧生产区	
	西侧生产区	
	南侧车间通道	
	南侧厂区道路	
	南侧宿舍楼厂房	
	正上方四楼生产区	
	正下方二楼生产区	
	东侧 W2 栋厂房	
	东侧厂区道路	
湖西园区 W1 栋厂 房 4 层 1 号 CT 检 测区	设备拟安装位置	
	北侧生产区	
	西侧生产区	
	宿舍楼	
	东侧生产区	
	3 楼测试车间	
湖西园区 W21 栋厂 房 4 层 1 号 CT 检 测区	设备拟安装位置	
	北侧生产车间	
	西侧 IPQC 检测房	
	西侧测试车间	
	南侧生产车间	
	东南侧保安岗	
	东南侧更衣室	
	东侧生产车间	
	东北侧更衣室	
	东北侧保安岗	
	正上方过道	
	正下方生产车间	
	东侧车间过道	

湖西园区 W22栋厂 房1层1 号CT检 测区	设备拟安装位置	
	东侧生产区	
	西侧生产区	
	南侧生产区	
	北侧生产区	
	东南更衣室	
	东南保安岗	
	东北更衣室	
	东北保安岗	
	正上方生产区	
	设备拟安装位置	
湖西园区 W22栋厂 房2层1 号CT检 测区	北侧车间通道	
	北侧厂区过道	
	北侧 W23 厂房	
	西侧生产区	
	南侧生产区	
	东南侧物料房	
	东侧休息区	
	东侧过道	
	东侧厂区道路	
	正上方生产区	
	正下方生产区	
湖西园区 W22栋厂 房3层1 号CT检 测区	设备拟安装位置	
	东侧生产区	
	西侧生产区	
	南侧生产区	
	北侧生产区	
	东南更衣室	
	东南保安岗	
	东北更衣室	
	东北保安岗	
	正上方生产区	
	正下方生产区	
湖西厂区 W22栋厂 房4层1 号CT检 测区	设备拟安装位置	
	北侧测试车间	
	东北侧 QA 测量房	
	东侧测试车间	
	东侧干燥房	
	南侧规划测试车间	
	西侧测试车间	
	正上方过道	
	正下方测试车间	
	设备拟安装位置	
湖西厂区 W22栋厂 房4层3 号CT检 测区	东侧生产区	
	西侧生产区	
	南侧生产区	
	北侧生产区	
	西北侧休息区	
	西侧 FQA 样品房	

	南侧厂区道路	
	正下方生产区	

8.2 监测方案、质量保证措施

1、监测方案

①监测时间及环境条件监测单位：福建宏邦检测技术有限公司；监测时间：2024年12月4日（监测环境条件：温度14℃，湿度55%RH）、2025年3月31日（监测环境条件：温度8℃，湿度92%RH）、4月16日（监测环境条件：温度24℃，湿度53%RH）、4月17日（监测环境条件：温度24℃，湿度63%RH）、4月27日（监测环境条件：温度24℃，湿度62%RH）；

②监测方法：《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。

③监测仪器：便携式X、γ辐射周围剂量当量率仪。

本次现状监测使用的仪器参数见表8.2-1，该仪器由上海市计量测试技术研究院检定校准。

表 8.2-1 环境现状监测仪器及参数

项目	参数
仪器名称	环境级便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6+探头 6150 AD-b/H
量程	10nSv/h-99.99μSv/h
相对固有误差	4.2% (¹³⁷ Cs)
辐射源	¹³⁷ Cs
检定/校准单位	上海市计量测试技术研究院
检定/校准证书编号	2024H21-20-5481710001
有效期限	2024年9月13日至2025年9月12日

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。

8.3 监测结果

本项目使用的CT机所在的CT室（CT检测区）及其周边监测结果见表8.3-1，检

测报告见附件 10。

表 8.3-1 CT 检测区及周边剂量当量率背景监测结果

区域	序号	监测地点	监测结果 (nGy/h)	监测 工况
湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	1	1#CT 机设备拟安装位置		
	2	2#CT 机设备拟安装位置		
	3	东侧过道		
	4	1#CT 机和 2#CT 机中间区域		
	5	南侧生产区		
	6	西侧生产区		
	7	北侧生产区 1		
	8	1#CT 机东北侧 ME 配件房		
	9	北侧生产区 2		
	10	东侧厂区通道		
	11	南侧厂区通道		
	12	1#CT 机设备拟安装位置正下方		
	13	2#CT 机设备拟安装位置正下方		
湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室	1	设备拟安装位置		背景 监测
	2	北侧 R3 科研楼		
	3	北侧厂区通道		
	4	北侧极片测试实验室		
	5	东北侧 R1-141 实验室		
	6	东侧 R1-143 实验室		
	7	东侧 R1-145 实验室		
	8	东南侧前台		
	9	东南侧过道		
	10	南侧实验室		
	11	南侧卫生间		
	12	南侧洽谈室		
	13	南侧休息室		
	14	南侧 ME 仓库		
	15	西侧厂区通道		
	16	西侧 R2 科研楼		
	17	正上方实验室		
	18	东侧厂区通道		
湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	1	设备拟安装位置		
	2	北侧车间通道		
	3	北侧厂区通道		
	4	北侧 W6 厂房		
	5	东侧生产区		
	6	南侧生产区		
	7	西南侧物料房		
	8	西南侧 ME/装配维修房		
	9	西南侧卫生间		
	10	西侧休息室		
	11	西侧厂区通道		
	12	西侧 W4 厂房		
	13	正上方 4F 生产区		

	14	正下方 2F 生产区		
湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	1	设备拟安装位置		
	2	东侧车间通道		
	3	东侧茶水间		
	4	东北侧物料房		
	5	北侧生产区		
	6	西北侧生产区		
	7	西侧生产区		
	8	南侧车间通道		
	9	南侧厂区道路		
	10	南侧宿舍楼厂房		
	11	正上方四楼生产区		
	12	正下方二楼生产区		
	13	东侧 W2 栋厂房		
	14	东侧厂区道路		
湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	1	设备拟安装位置		
	2	东侧车间通道		
	3	东侧生产区		
	4	北侧生产区		
	5	西侧车间通道		
	6	西侧生产区		
	7	南侧车间通道		
	8	南侧厂区道路		
	9	南侧宿舍楼		
	10	三楼生产区		
湖西园区 W21 栋厂 房 4 层 1 号 CT 检测 区	1	设备拟安装位置		
	2	北侧生产车间		
	3	西侧 IPQC 检测房		
	4	西侧测试车间		
	5	南侧生产车间		
	6	东南侧保安岗		
	7	东南侧更衣室		
	8	东侧生产车间		
	9	东北侧更衣室		
	10	东北侧保安岗		
	11	正上方过道		
	12	正下方生产车间		
	13	东侧车间过道		
湖西园区 W22 栋厂 房 1 层 1 号 CT 检测 区	1	设备拟安装位置		
	2	东侧生产区		
	3	西侧生产区		
	4	南侧生产区		
	5	北侧生产区		
	6	东南更衣室		
	7	东南保安岗		
	8	东北更衣室		
	9	东北保安岗		
	10	正上方生产区		
湖西园区 W22 栋厂	1	设备拟安装位置		

房 2 层 1 号 CT 检测区	2	北侧车间通道		
	3	北侧厂区过道		
	4	北侧 W23 厂房		
	5	西侧生产区		
	6	南侧生产区		
	7	东南侧物料房		
	8	东侧休息区		
	9	东侧过道		
	10	东侧厂区道路		
	11	正上方生产区		
	12	正下方生产区		
湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区	1	设备拟安装位置		
	2	东侧生产区		
	3	西侧生产区		
	4	南侧生产区		
	5	北侧生产区		
	6	东南更衣室		
	7	东南保安岗		
	8	东北更衣室		
	9	东北保安岗		
	10	正上方生产区		
	11	正下方生产区		
湖西厂区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	1	设备拟安装位置		
	2	北侧测试车间		
	3	东北侧 QA 测量房		
	4	东侧测试车间		
	5	东侧干燥房		
	6	南侧规划测试车间		
	7	西侧测试车间		
	8	正上方过道		
	9	正下方测试车间		
湖西厂区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区	1	设备拟安装位置		
	2	东侧生产区		
	3	西侧生产区		
	4	南侧生产区		
	5	北侧生产区		
	6	西北侧休息区		
	7	西侧 FQA 样品房		
	8	南侧厂区道路		
	9	正下方生产区		

注：以上检测结果均已扣除测量点出的宇宙射线响应值。

由表 8.3-1 的监测结果可知，宁德新能源科技有限公司 CT 机所在的 CT 室和 CT 检测区及其周边 γ 辐射空气吸收剂量率在 95.11~204.51nGy/h 之间，参考《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），福建省室外环境 γ 辐射剂量率水平在 39.4~399.1nGy/h 之间，室内环境 γ 辐射剂量率水平在 70.9~351.7nGy/h 之间。对比表明，

项目选址周围的环境 γ 辐射剂量率在该调查水平范围内，建设项目场所环境 γ 辐射现状未见异常。

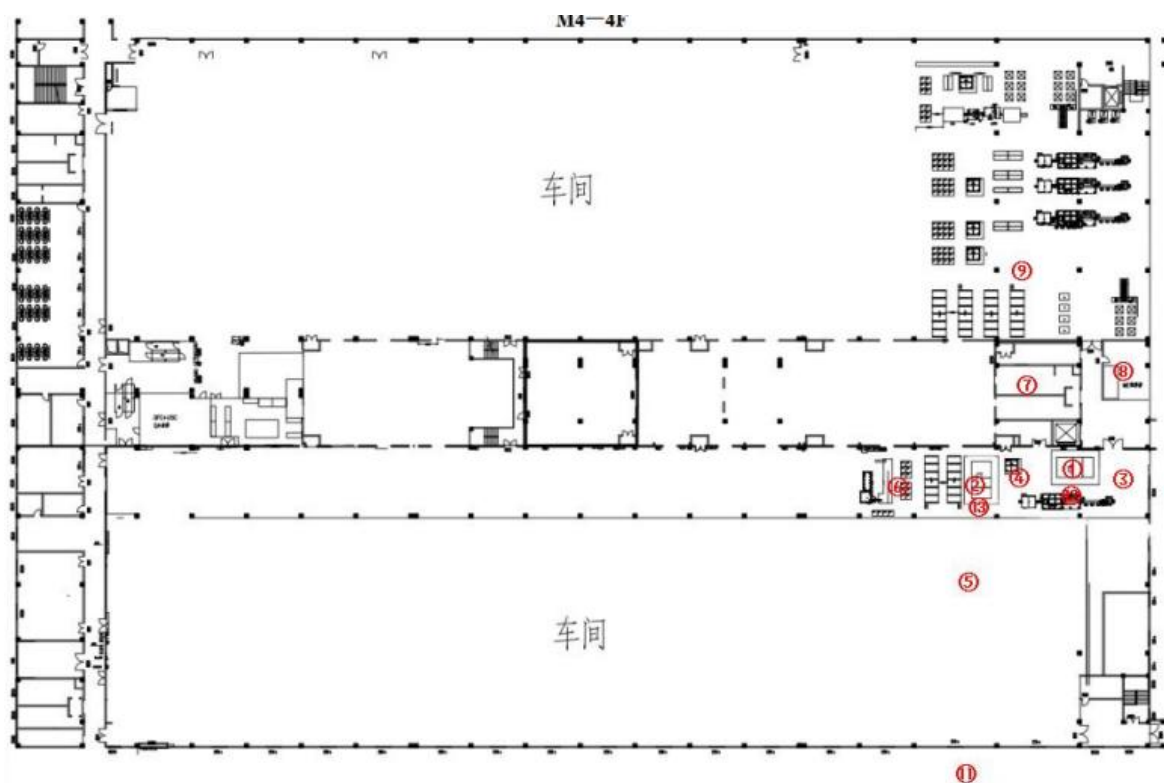


图 8-1.1 湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图

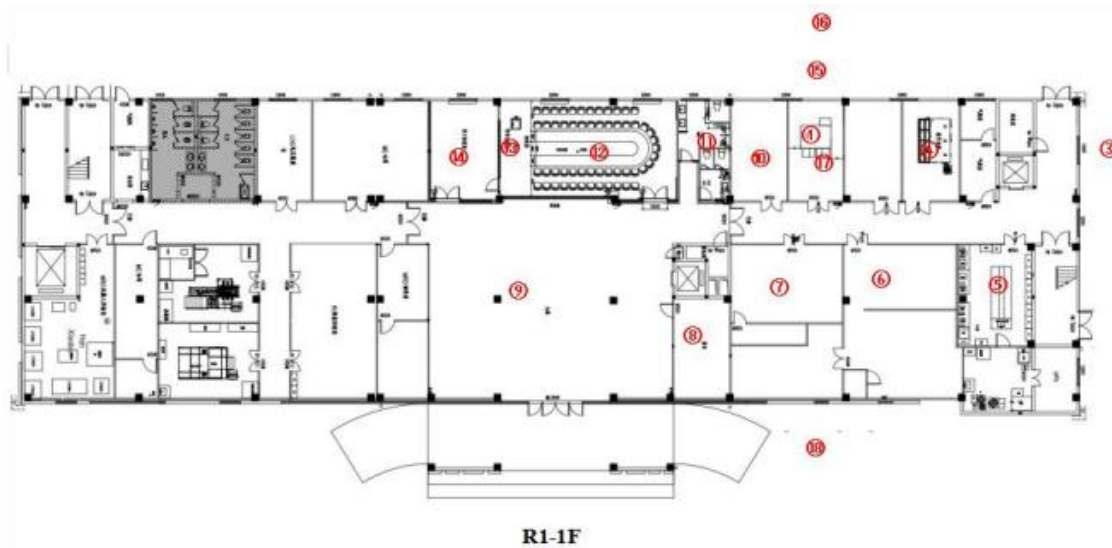
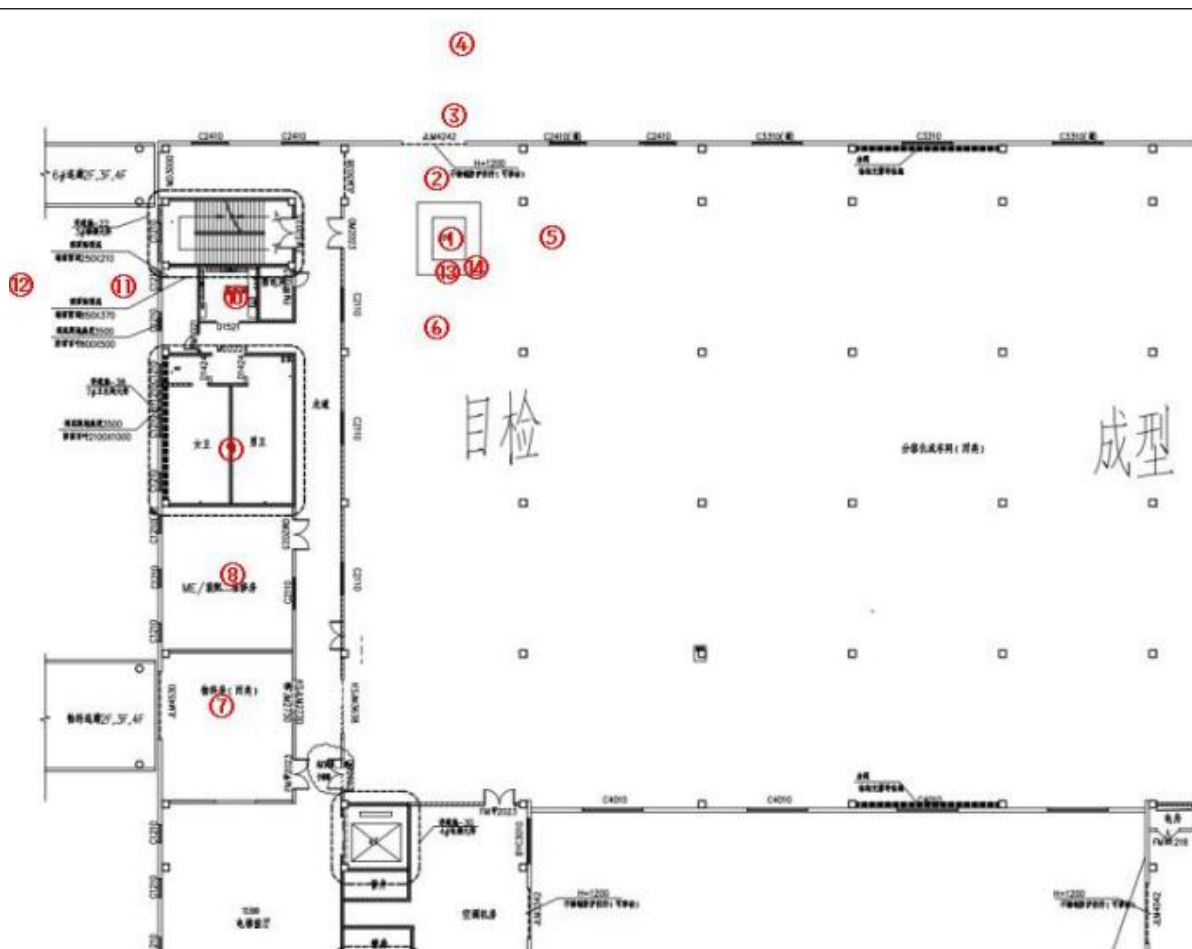


图 8-1.2 湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室及其周边监测点位示意图



W3-3F

图 8.1-3 湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图

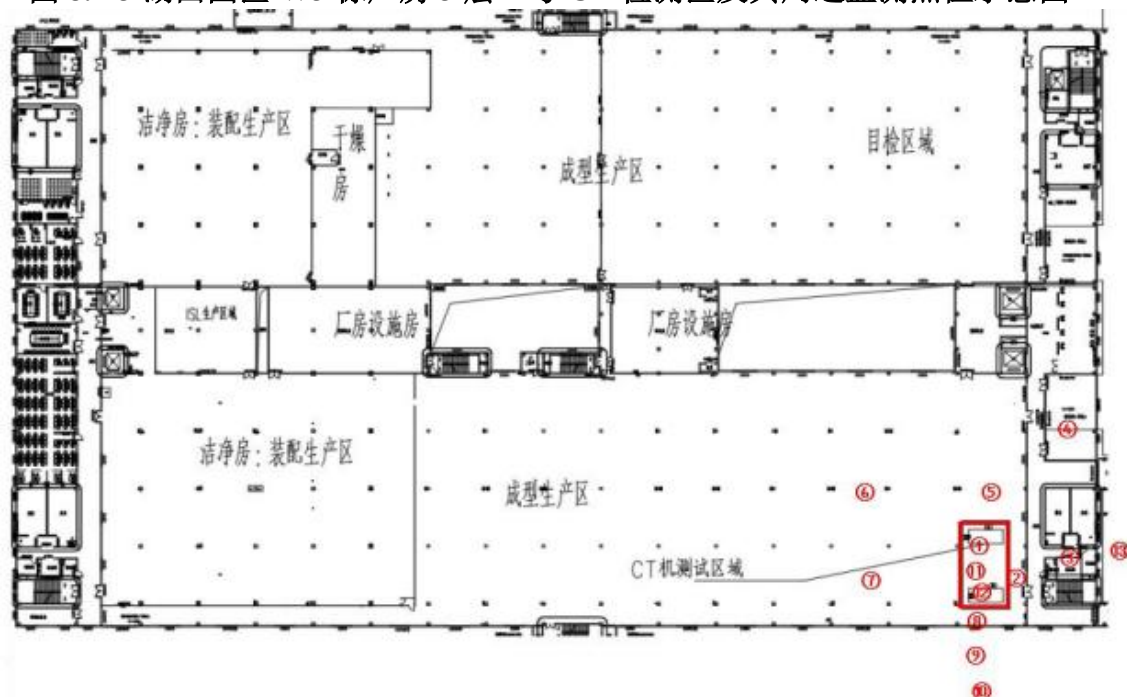
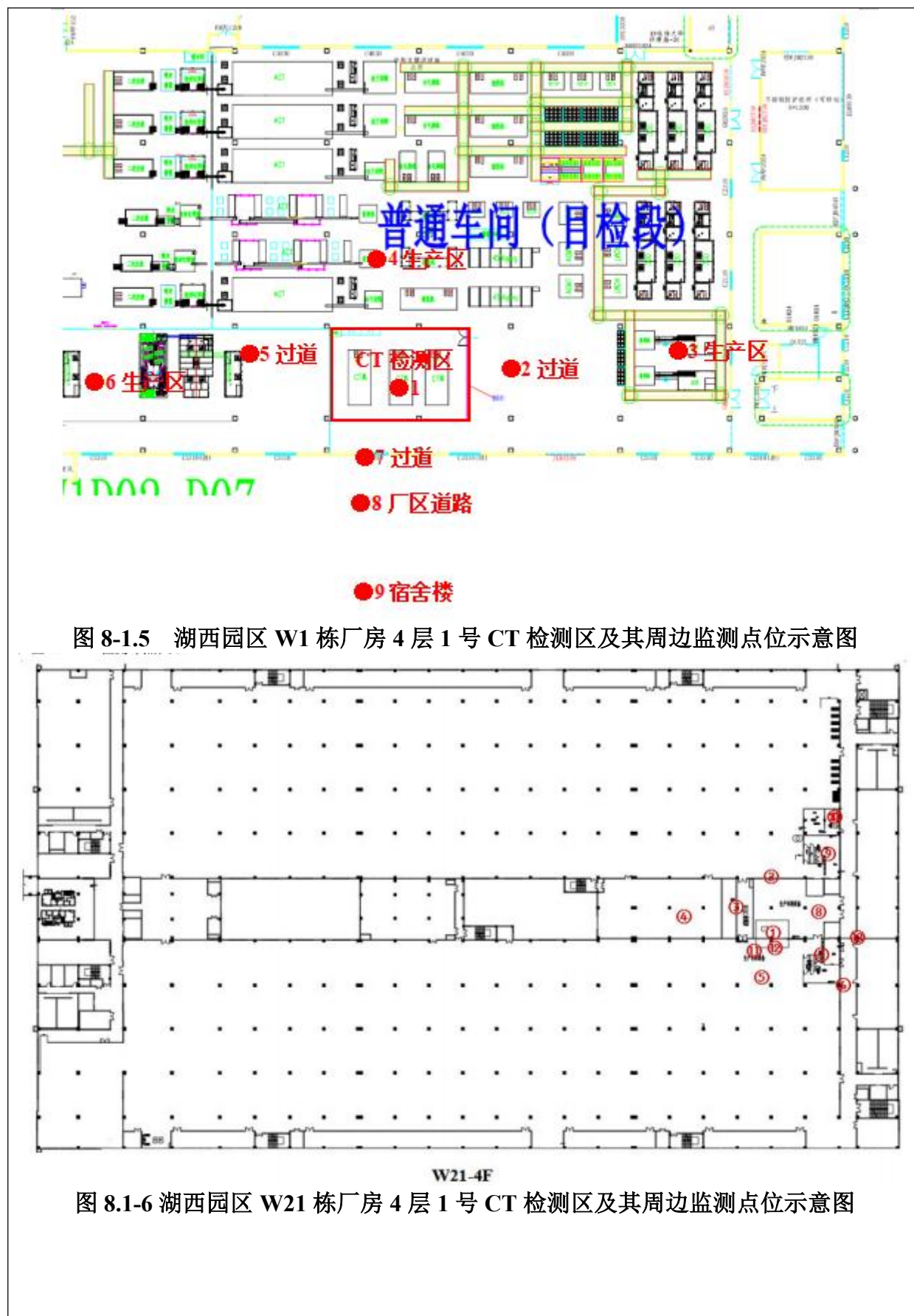


图 8.1-4 湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图



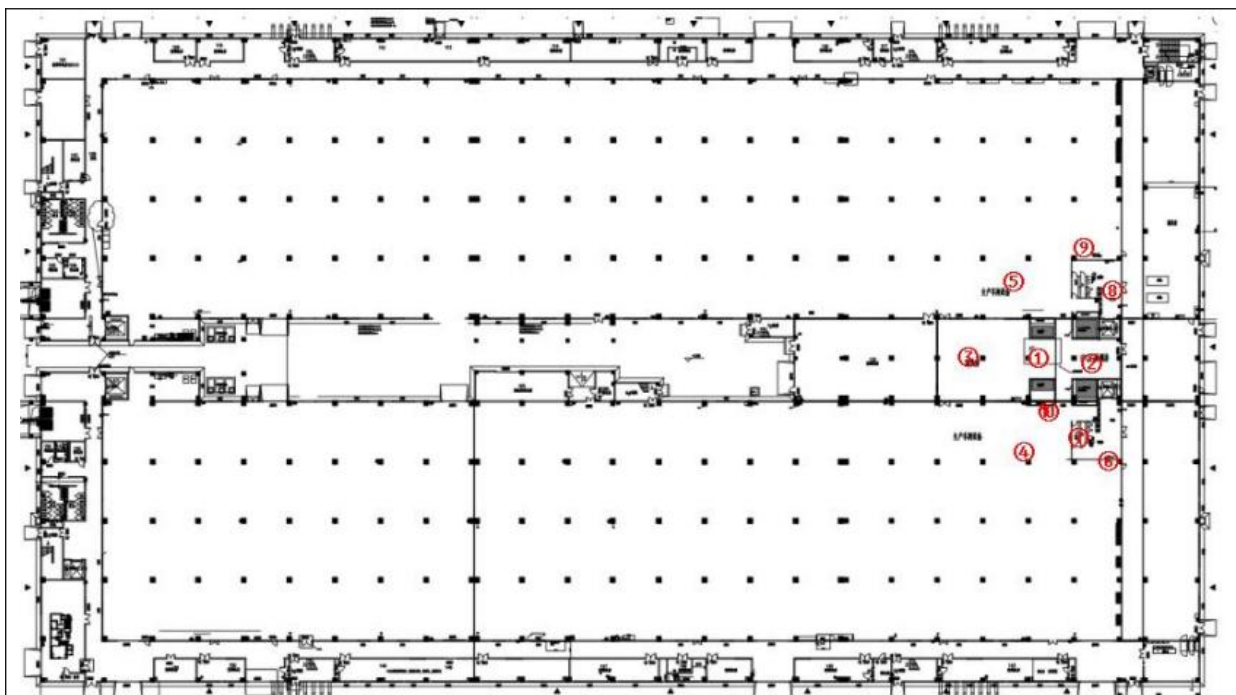


图 8.1-7 湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图

图 8.1-8 湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图

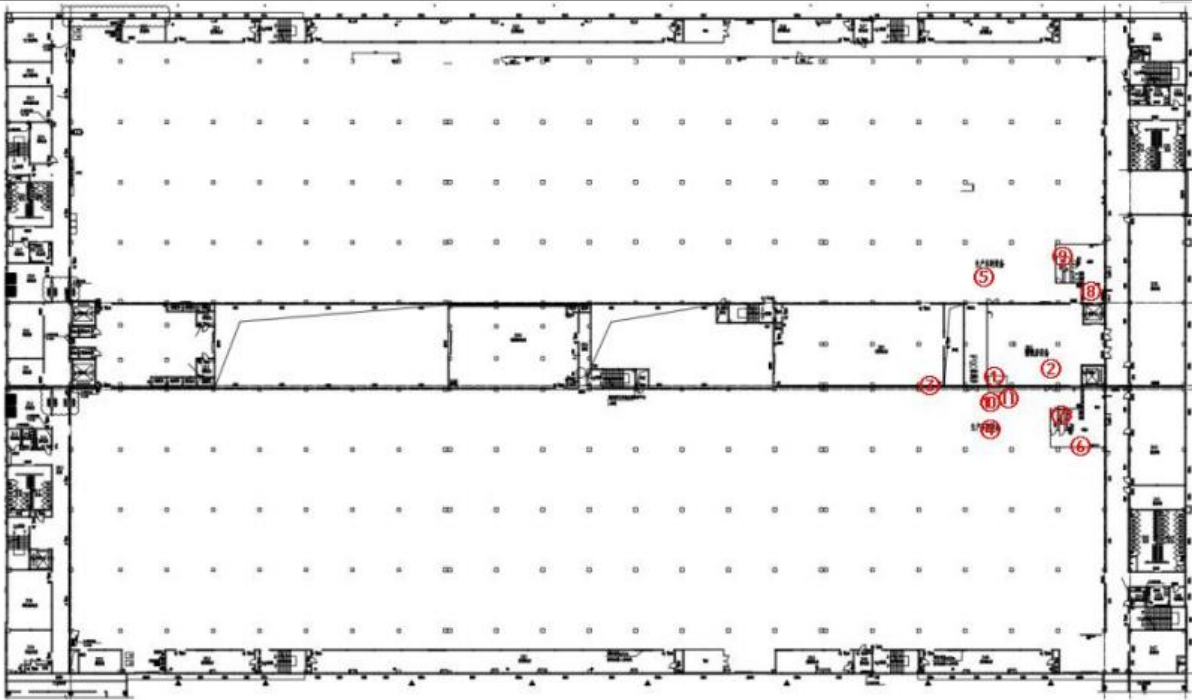


图 8.1-9 湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图

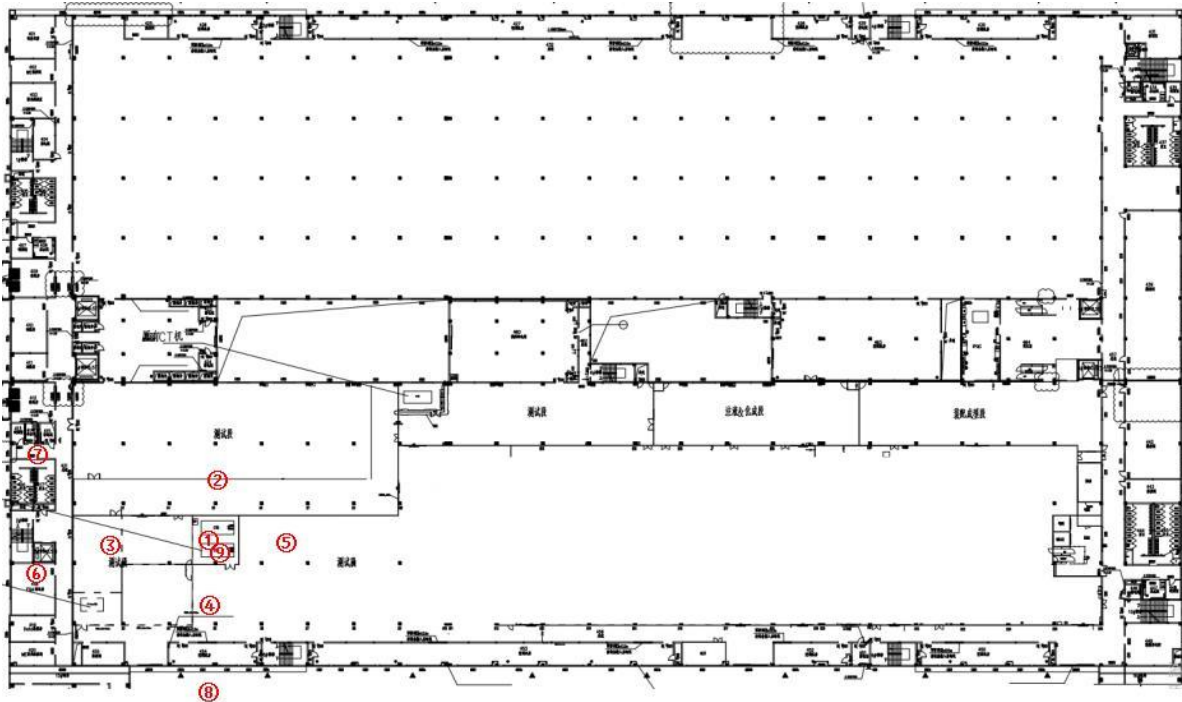


图 8.1-10 湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图

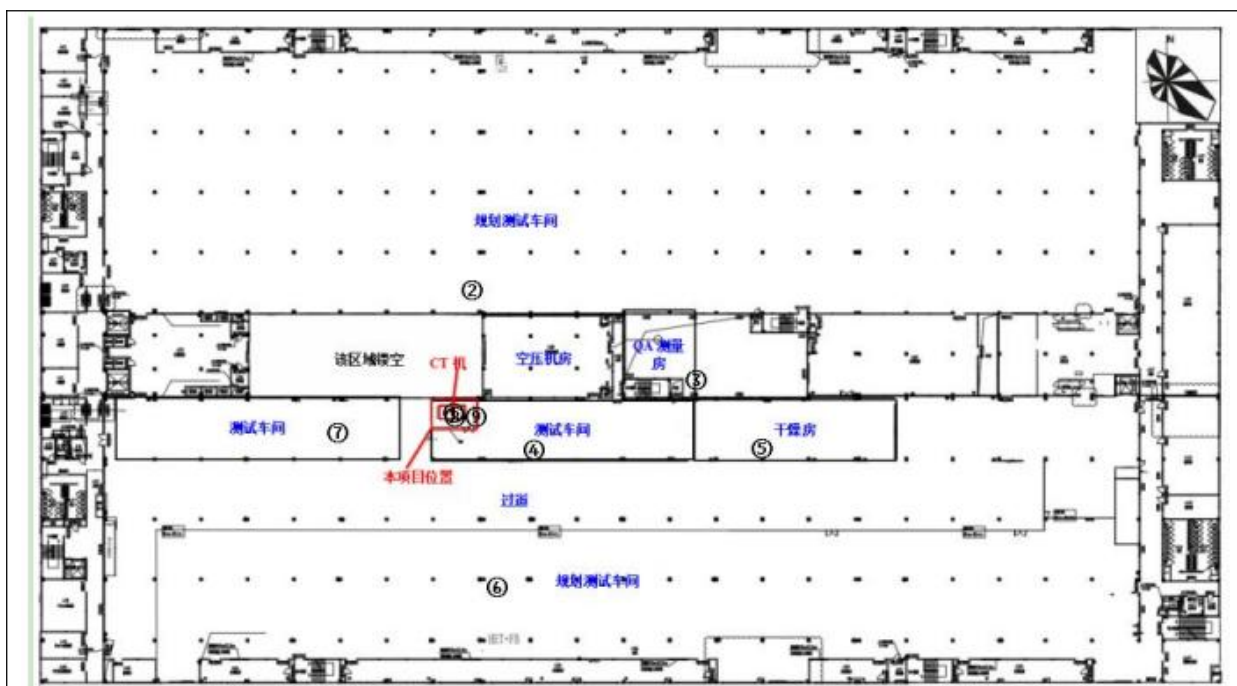


图 8.1-11 湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区及其周边监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

本项目使用的 16 台工业 CT 机型号分别为“CYS-T1502 型”（1 台）、“DBA-CT6100 型”（3 台）、“DBA-CT9200 型”（2 台）、“Phoenix V|tome|x M300/180”（7 台）和“RMCT4000-M 型”（3 台）。

9.1.1 “CYS-T1502 型” CT 机

1、设备结构组成

“CYS-T1502 型” CT 机由超音速人工智能科技股份有限公司生产，有两根相同的射线管可同时进行探伤扫描，最大管电压 150kV，最大管电流 0.5mA，设备外形长 5165mm，宽 3000mm，高 2624mm，设备主要由两级箱体（上下料箱体检测箱体）和图像采集系统、图像分析与处理软件系统组成。上下料箱体为导轨，输送样品；检测箱体为探测区，由 X 射线源、样品台、探测器等组成。

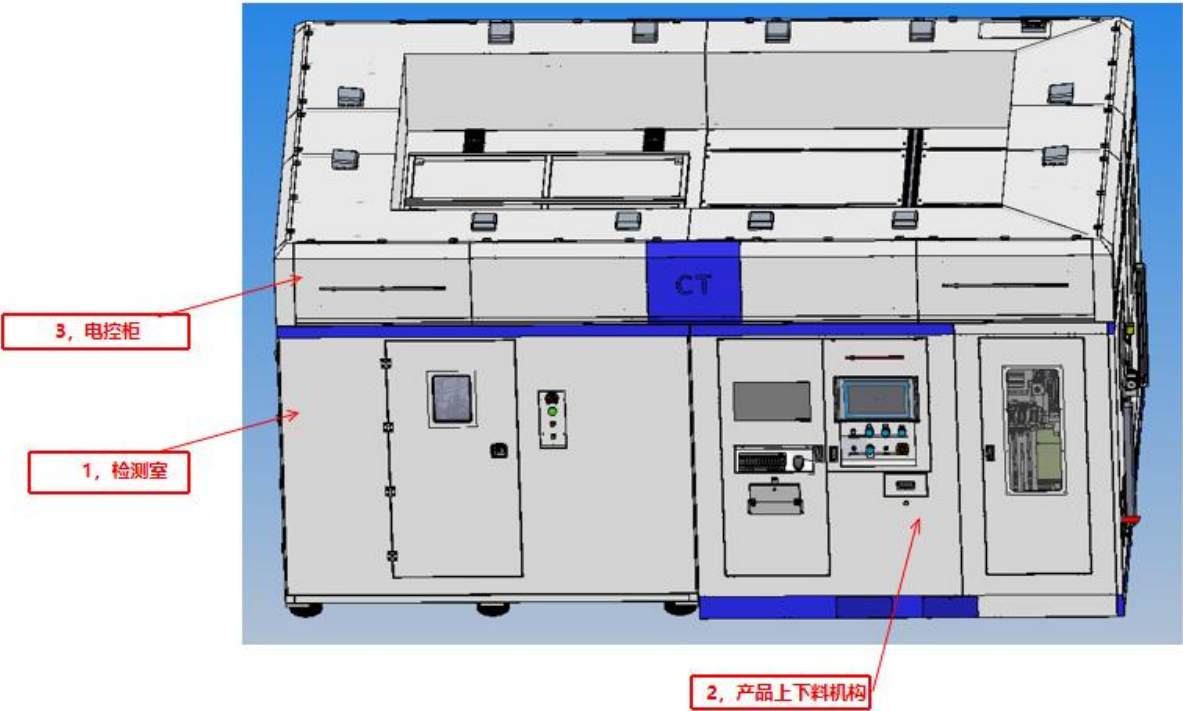


图 9-1.1 “CYS-T1502 型” CT 机外部示意图

图 9-1.2 “CYS-T1502 型” CT 机内部示意图

表 9.1-1 “CYS-T1502 型” CT 机设备基本技术参数

设备型号	CYS-T1502 型
用途	产品质检
设备尺寸	5165mm, 宽 3000mm, 高 2624mm
设备自屏蔽	带有自屏蔽箱体
扫描系统数量	2 个（完全一样）
最大管电压	150kV
最大管电流	0.5mA
成像方式	数字实时成像
主束方向	射线源及探测器围绕直径为 150mm 的圆旋转，旋转角度 0-360°（一个顺时针、一个逆时针）
射线锥束角	最大范围 40°

2、工业 CT 机工作原理

常规射线探伤工作原理为：X 射线管中的电子束轰击阳极靶产生 X 射线，经准直器准直后，窄束 X 射线射向工件进行分层扫描，X 射线与探测器分别位于工件两侧的相对位置，检测时 X 射线束从各个方向对被测工件的断面进行扫描，位于对侧相对位置的探测器接收透过断面的 X 射线，然后将这些 X 射线信息转变为电信号，再由模拟数字转换器转换为数字信号输入计算机进行处理，最后由图像显示器用不同等级的灰度等级显示出来。由于被测工件不同部位及缺陷处的原子序数及密度等均会有差异，因此 X 射线在穿过被测工件时的强弱也会有不同，X 射线检测系统可给出工件任一平面层的图像，可以发现平面内任何方向分布的缺陷，具有不重叠、层次分明、对比度高和分辨率高等特点，可准确定位缺陷的位置和性质。

“CYS-T1502 型” CT 机探伤原理与常规射线探伤原理一致，本设备设置自动化物料传送系统，免去人工上下料，物料进入设备后，抓取杆将物件从上料口放置承台中，扫描结束后再放置下料口，操作人员根据物件规格设置系统参数，对样品各侧进行探测，扫描过程上下料口的带铅层防护板关闭。本设备设置两个相同的探伤器（可同时扫描两个产品），射线源和探测器固定在转盘中，转盘可进行 0-360° 顺时针旋转（侧视图一个顺时针探伤，一个逆时针探伤）。当样品进入检测箱体后，射线源和探测器可绕样品 0-360° 旋转，对样品各侧进行探测。

9.1.2 “DBA-CT6100 型” CT 机

1、设备结构组成

“DBA-CT6100 型” CT 机由广东东博智能装备股份有限公司生产，最大管电压 225kV，最大管电流 3.0mA。外形设备长 2200mm，宽 1800mm，高 2600mm，设备组成

见图 9-2。设备基本技术参数见表 9.1-2。

图 9-2 “DBA-CT6100 型” CT 机构造示意图

图 9-2 “DBA-CT6100 型” CT 机构造示意图

表 9.1-2 “DBA-CT6100 型” CT 机设备基本技术参数

设备型号	DBA-CT6100 型
用途	产品质检
设备尺寸	长 2200mm，宽 1800mm，高 2600mm
设备自屏蔽	带有自屏蔽箱体
最大管电压	225kV
最大管电流	3mA
成像方式	数字实时成像
主束方向	定向，从设备正面看自向右左
射线锥束角	67°

2、工作原理

“DBA-CT6100 型” CT 机探伤原理与常规射线探伤原理一致。

9.1.3 “DBA-CT9200 型” CT 机

1、设备结构组成

“DBA-CT9200 型” CT 机由广东东博智能装备股份有限公司生产，最大管电压 150kV，最大管电流 0.5mA。设备外形长 5800mm，宽 3000mm，高 2600mm，设备主要由两级箱体（上下料箱体检测箱体）和图像采集系统、图像分析与处理软件系统组成。上下料箱体为导轨，输送样品；检测箱体为探测区，由 X 射线源、样品台、探测器等组成。设备组成见图 9-3。设备基本技术参数见表 9.1-3。

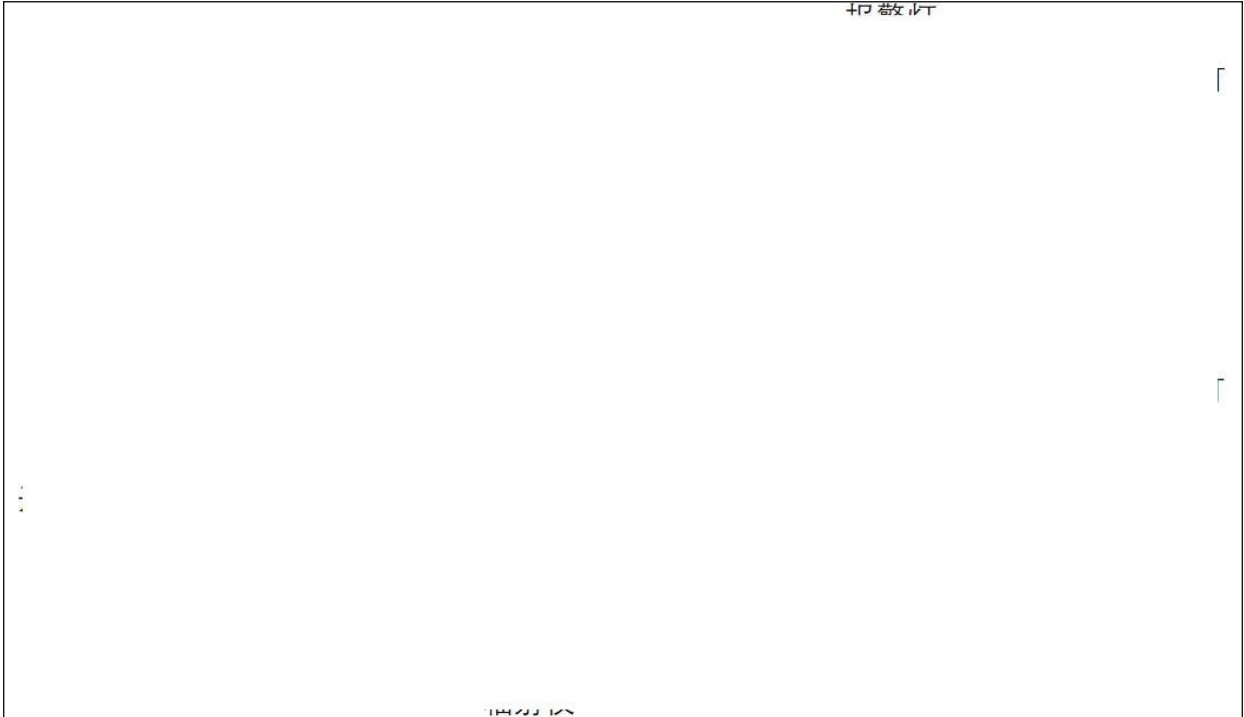


图 9-3.1 “DBA-CT9200 型” CT 机内部示意图



图 9-3.2 “DBA-CT9200 型” CT 机内部示意图

表 9.1-3 “DBA-CT9200 型” CT 机设备基本技术参数

设备型号	DBA-CT9200 型
用途	产品质检
设备尺寸	长 5800mm，宽 3000mm，高 2600mm
设备自屏蔽	带有自屏蔽箱体
扫描系统数量	2 个（完全一样）

最大管电压	150kV
最大管电流	0.5mA
成像方式	数字实时成像
主束方向	射线源及探测器围绕直径为 150mm 的圆旋转, 旋转角度 0-360°
射线锥束角	40°

2、工作原理

“DBA-CT9200 型” CT 机探伤原理与 “CYS-T1502 型” 探伤原理一致。

9.1.4 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机

1、设备结构组成

“Phoenix V|tome|x M300/180”CT 机由 Baker Hughes 公司生产,最大管电压 300kV,最大管电流 3.0mA,设备外形长 2640mm,宽 2180mm,高 2060mm,设备组成见表 9.1-1。设备基本技术参数见表 9.1-2。



图 9-4 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机效果图

表 9.1-4.1 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机组件一览表

序号	名称	序号	名称
1	辐射防护舱	8	右前警示灯
2	左前警示灯	9	后部警示灯
3	含铅玻璃板操作门	10	急停按钮
4	试样操作器（辐射防护舱内部）	11	控制台
5	X 射线管（辐射防护舱内部）	12	右侧维护门
6	后部维护门	13	钥匙开关
7	屏幕	14	主开关

表 9.1-4.2 “Phoenix V tome x M300/180” CT 机基本技术参数	
设备型号	v tome x M300/180 型
用途	质量检测
设备尺寸	长×宽×高=2640mm×1568mm×1960mm
设备自屏蔽	设备具有自屏蔽箱体
最大管电压	300kV
最大管电流	3.0mA
成像方式	数字实时成像
主束方向	定向，从设备正面看自右向左
射线锥束角	40°

2、工作原理

“Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机探伤原理与常规射线探伤原理一致。

9.1.5 “RMCT4000-M 型” CT 机

1、设备结构组成

“RMCT4000-M 型” CT 机由俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产，最大管电压 225kV，最大管电流 3mA，设备主要由微焦点 X 射线源、微焦点 X 射线源、数字平板探测器、扫描机械平台、安全防护外罩、上下料托盘、自校准装置、计算机工作站、扫描及重建软件、其他软件构成，设备外形长 3000mm，高 2680mm，宽 2495mm，设备技术参数见表 9.1-5。



图 9-5 “RMCT4000-M 型” CT 机设备效果图

表 9.1-5.1 “RMCT4000-M 型” CT 机设备功能和基本组件			
序号	系统名称	设备	作用
1	微焦点 X 射线源	定向式微焦点 X 射线管	提供高品质高分辨率 X 射线
2	数字平板探测器	高对比度实时平板探测器	支持探测器校正,有效确保探测器长期运行过程中图像质量的稳定及使用寿命

3	扫描机械平台	高精度转台、精密机械轴承与直线导轨	确保运动的定位精度与传动平稳准确性
4	安全防护外罩	钢-铅-钢夹层、安全防护装置	采用全防护设计，确保设备外表面辐射剂量率 $\leq 1.0\mu\text{Sv/h}$ ，安全防护装置全方位保证操作人员的安全，集成标准隔振系统，确保系统运行稳定性。
5	上下料托盘	上下料托盘	用精密定位机构，直接精准对接转台系统，实现工件的机外装夹及快速重复上下料
6	自校准装置	几何校准器及轴校准器	快速自校准 X 射线源、旋转中心及探测器相对几何关系以及转台轴，确保 CT 系统测量精度的长期稳定性及可靠性
7	计算机工作站	液晶显示器、电脑	安装扫描及重建软件、测量及分析软件，以满足 CT 扫描、图像重构、测量分析及报告输出等全方位操作要求。
8	扫描及重建软件	扫描及重建软件	扫描及重建软件满足实时 CT 扫描及图像重建等多任务要求。
9	其他软件	无损分析软件、统计分析软件	实现对测量数据的有效运用

表 9.1-5.2 “RMCT4000-M 型” CT 机设备基本技术参数

设备型号	RMCT4000-M 型
生产厂家	俐玛精密测量技术（苏州）有限公司
用途	产品质量检测
设备尺寸	长×宽×高=3000mm×2495mm×2680mm
防护门尺寸	宽 0.8m×高 1.5m
设备自屏蔽	设备具有自屏蔽箱体
最大管电压和最大管电流	225kV，3.0mA
成像方式	数字实时成像
主束方向	定向，从设备正面看自左向右
射线锥束角	40°

2、工作原理

“RMCT4000-M 型” CT 机探伤原理与常规射线探伤原理一致，本设备设置自动化物料传送系统，免去人工上下料，物料进入设备后，抓取杆将物件从上料口放置承台中，扫描结束后再放置下料口，操作人员根据物件规格设置系统参数，对样品各侧进行探测，扫描过程上下料口的带铅层防护板关闭。

9.1.6 工艺流程及产污环节

本项目使用的工业 CT 机主要用于产品质量检测。其工艺流程基本相同，工艺流程示意图详见图 9-3。

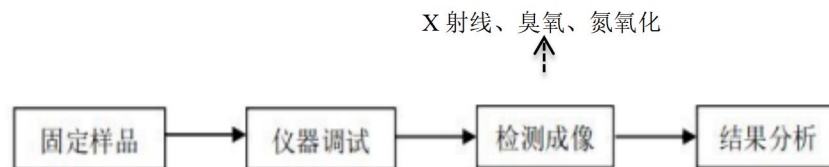


图 9-2 本项目工业 CT 机工艺流程

本项目整个无损探伤检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在设备操作台上进行监控。具体过程为：

开启设备：①开机。进行产品检测前，操作人员需检查电源连接是否正常、检查所有屏蔽设施是否正常，确认无异常后依次打开电源开关和钥匙开关。②设备初始化。

送样、设备自检：打开自检操作软件，自检内容包括：连接射线源、连接探测器、连接控制器、控制器回零、射线源预热、偏移量校正。

样品放置：打开上下料口→放入电芯→关闭铅门→门锁复位。为了确保扫描结果，电芯放置时定位要准确。

仪器调试、测试成像（“DBA-CT6100 型”CT 机、“Phoenix V|tome|x M300/180”CT 机、“RMCT4000-M 型”CT 机）：曝光，打开 X 射线，工业 CT 机开始对工件进行检测，X 射线束从固定方向对被测工件的断面进行扫描，被测工件可旋转各个角度，检测时间大约 5min~10min；此环节产生 X 射线，少量臭氧及氮氧化物。

仪器调试、测试成像（“CYS-T1502 型”CT 机、“DBA-CT9200 型”CT 机）：曝光，打开 X 射线，工业 CT 机开始对工件进行检测，X 射线束绕着被测工件进行 360° 旋转进行扫描，扫描被测工件各个面，检测时间大约 5~15min；此环节产生 X 射线，少量臭氧及氮氧化物。

结果分析：①保存图片，处理图像堆栈；②检测结束后，操作人员切断射线管电源，关闭 X 射线设备，打开上下料口，取出被检工件，继续进行下一个工件的检测工作。

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片，在工作过程中主要产生的污染物为 X 射线及极少量的臭氧和氮氧化物。

9.2 污染源项描述

1、建设阶段的污染源项

本次 R1 科研楼新增的 1 台“DBA-CT6100 型”CT 机是在现有的 1 号 CT 室内布置，其余 15 台 CT 机均布置在生产车间中，因生产车间场地限制，均采用黄色警戒线围成的 CT 检测区，在 CT 检测区内布置 CT 机。

本次新增的 16 台 CT 机均自带屏蔽体，均不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进场安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

2、运行阶段污染源项

（1）正常工况

①放射性污染

根据工业 CT 机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的工业 CT 机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，而 X 射线可以得到屏蔽室的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、反射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

②非放射性污染

本项目新增的 16 台 CT 机工作时最大管电压为 150kV、225kV 和 300kV，依据 0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此该项目运行时室内将产生少量的臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。

③其他污染

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

（2）事故工况

工业 CT 机可能发生最大概率辐射事故主要有以下几个方面：

①X 射线装置在对工件进行 X 射线检测时，人为解除门机联锁装置或门机联锁装置发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄漏使工作人员受到不必要的照射。

②由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。此时工作人员应立即关闭电源，防止事故的发生；

③设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 工作场所布局 and 分区

本项目使用的工业 CT 机自带铅屏蔽体，操作台位于铅屏蔽体外侧；按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围，将辐射工作场所分为控制区和监督区。

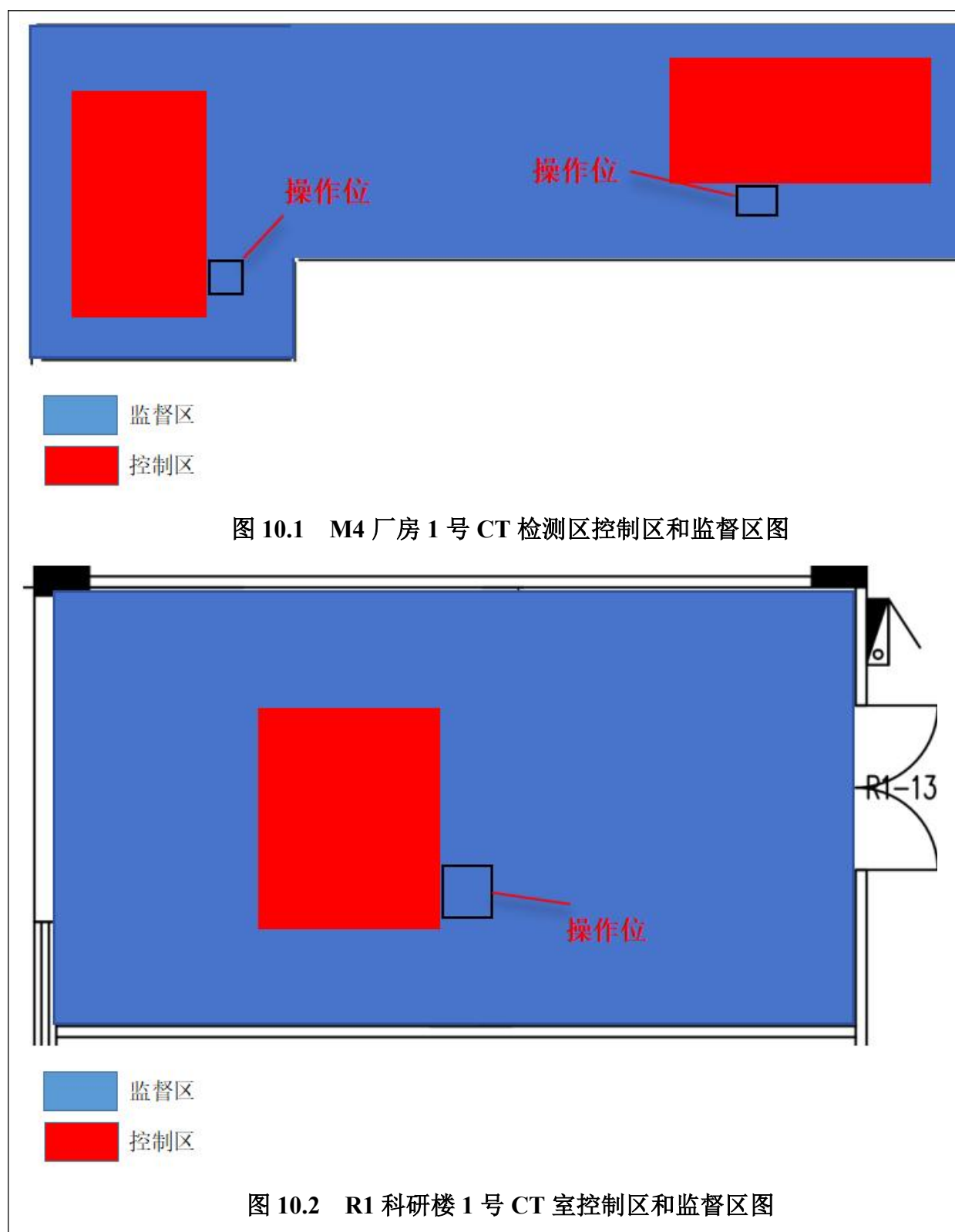
控制区：应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：应将下述区域设定为监督区：这种区域未被规定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

由于本工业 CT 机自屏蔽材料的屏蔽作用，使得出束状态下 X 射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。根据分区原则以及结合本项目情况，本项目分区如下：工业 CT 机设备自屏蔽体内部区域划为控制区。各场所监督区和控制区见图 10.1~图 10.11。

工业 CT 机控制区密封在钢结构材料内部，无法进入，控制区边界采用门机联锁装置并设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯；监督区无需专门的防护手段或安全设施，但需要对职业照射条件进行监督，工业 CT 机设备出束状态下禁止无关人员进入监督区，并在该入口处悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置标明监督区的标牌。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对工业 X 射线探伤项目的辐射防护要求，由以上分析可知，该项目固有的辐射防护设施以及公司拟为该项目落实的防护措施较全面和完善，符合相关要求。



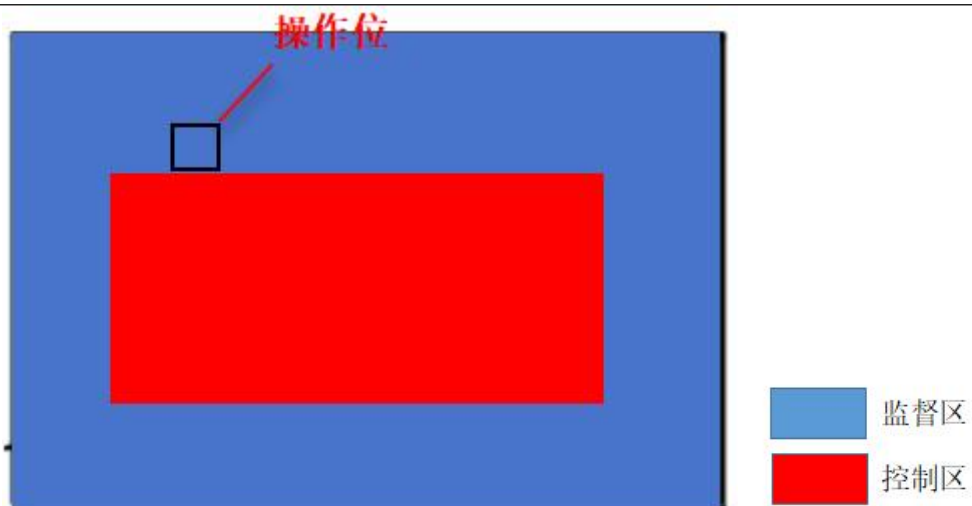


图 10.3 W1 厂房 3 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

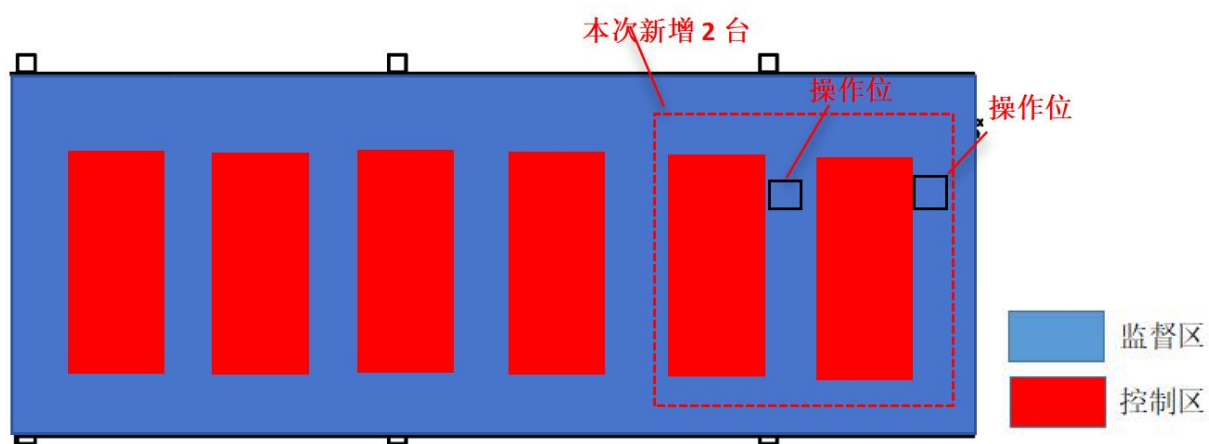


图 10.5 W1 厂房 4 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

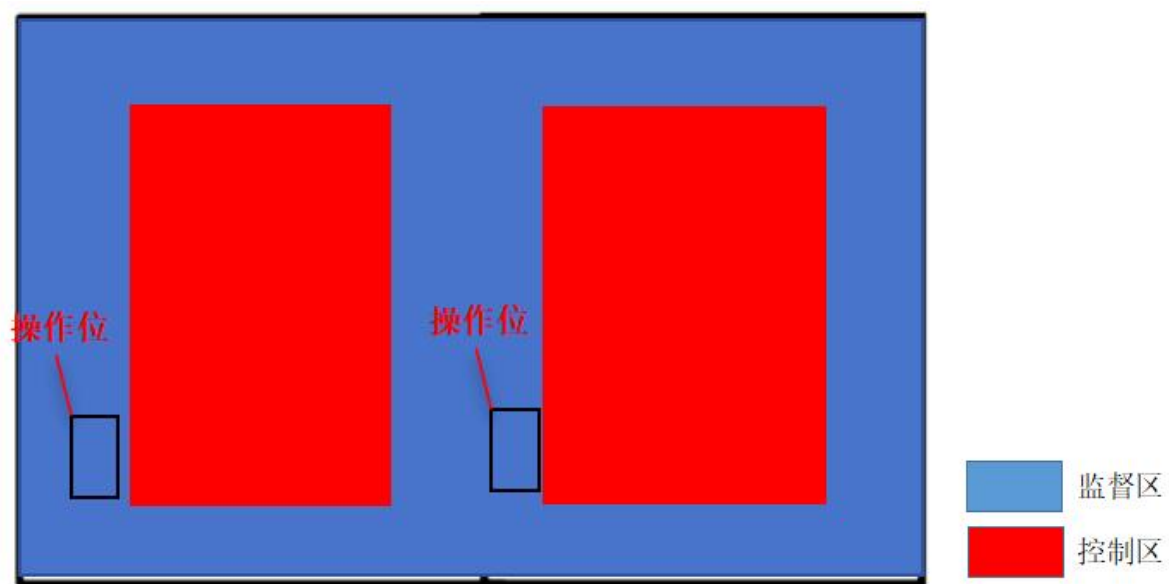


图 10.4 W3 厂房 3 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

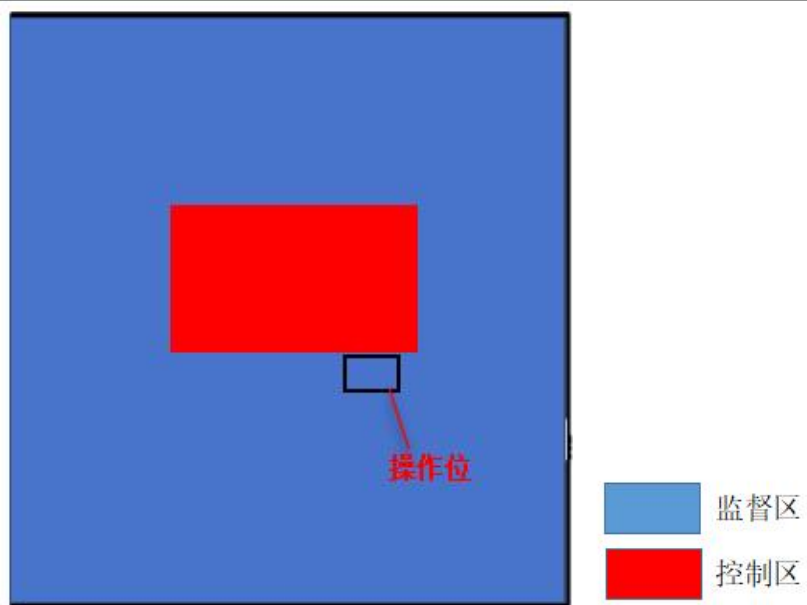


图 10.6 W21 厂房 4 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

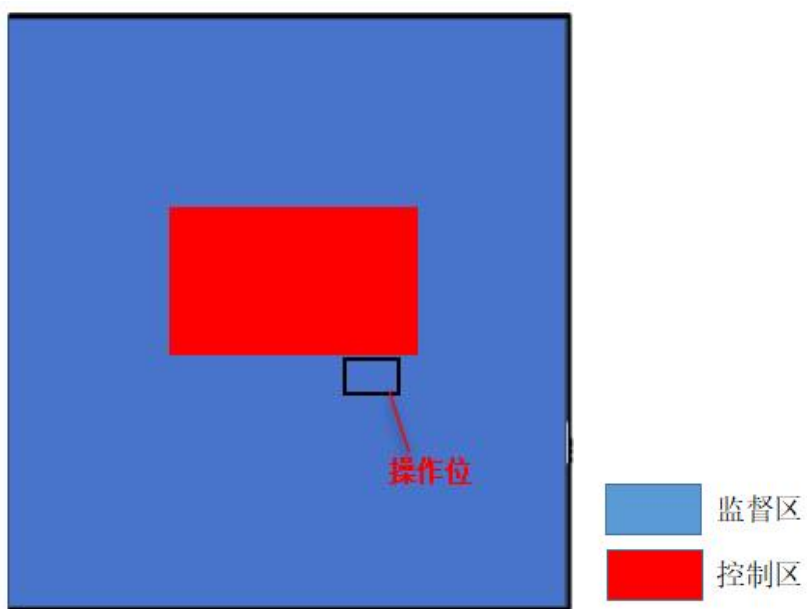


图 10.7 W22 厂房 1 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

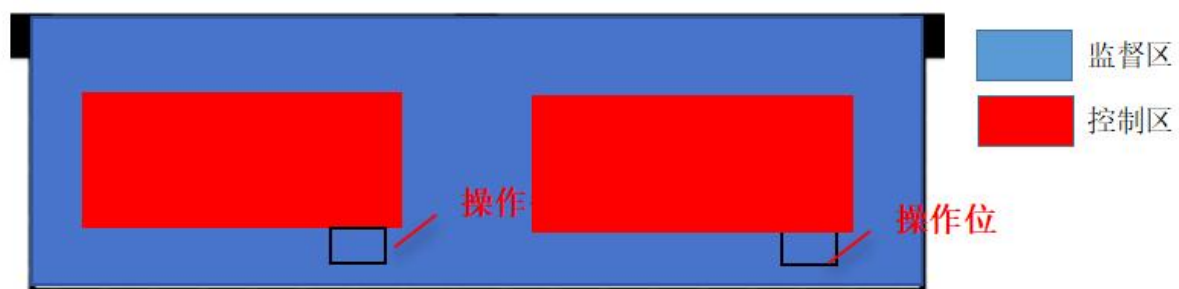


图 10.8 W22 厂房 2 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

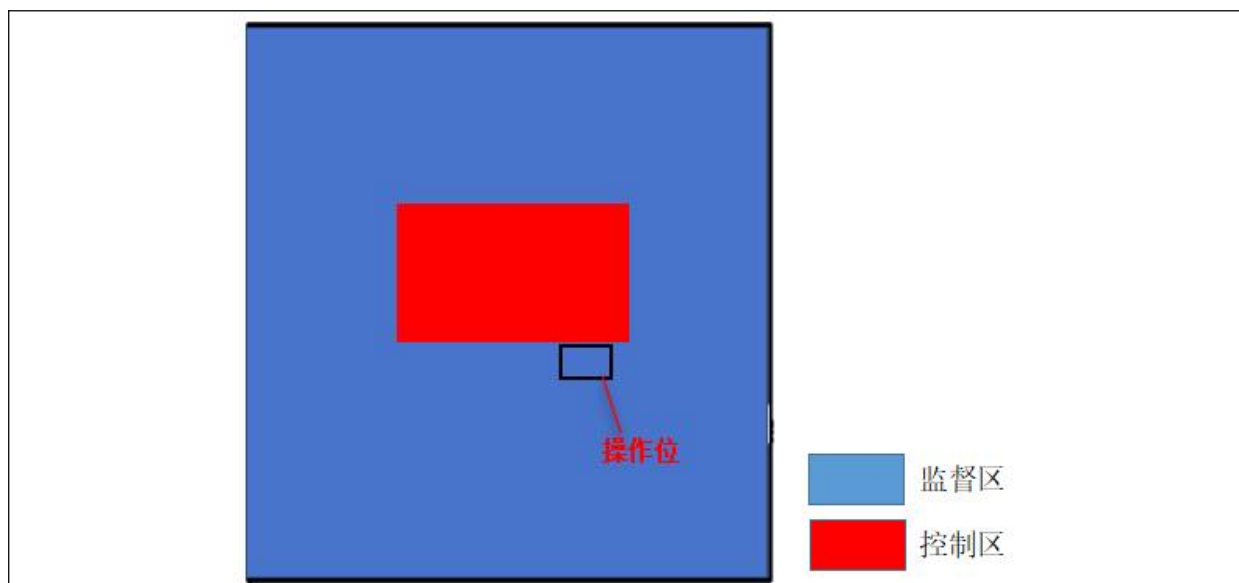


图 10.9 W22 厂房 3 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

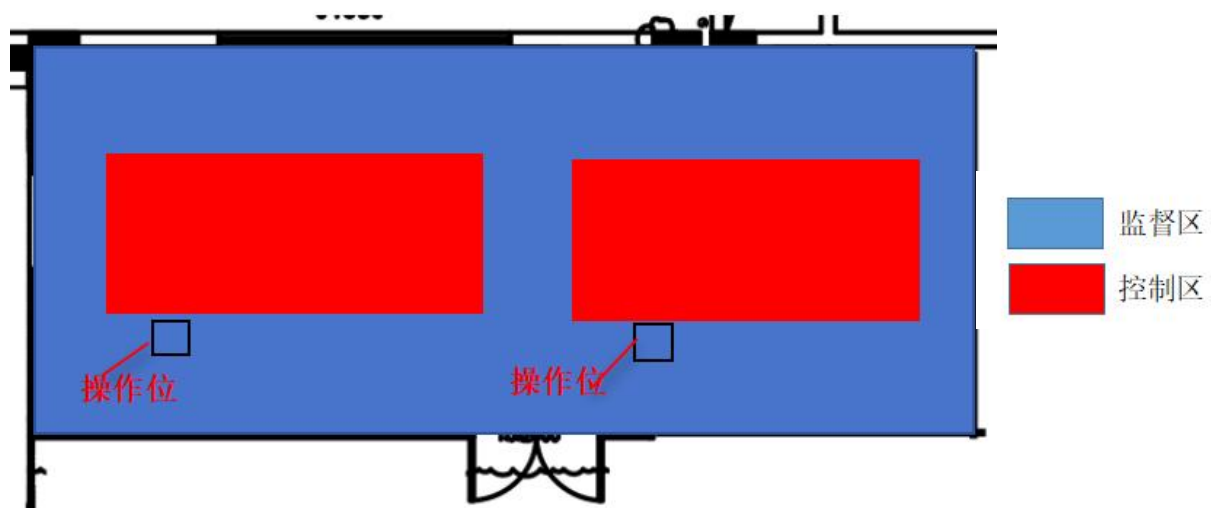


图 10.10 W22 厂房 4 层 1 号 CT 检测区控制区和监督区图

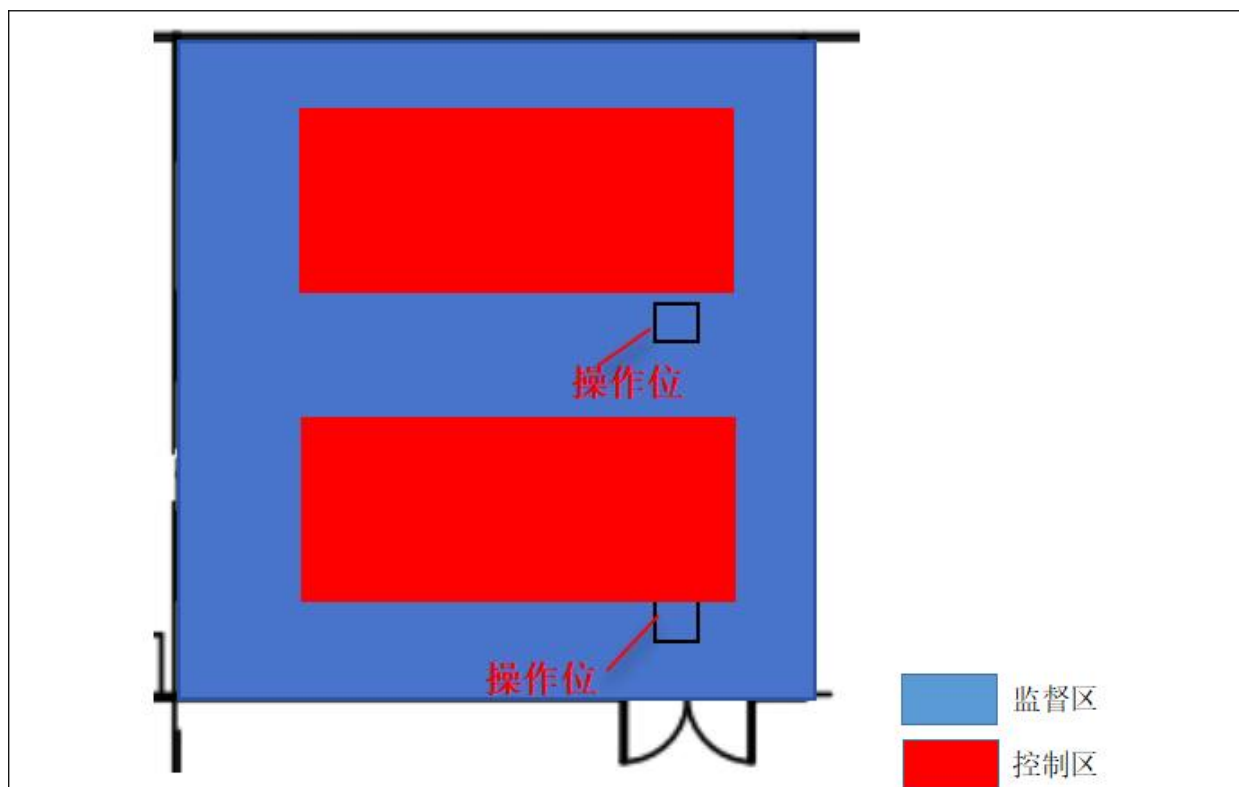


图 10.11 W22 厂房 4 层 3 号 CT 检测区控制区和监督区图

10.2 辐射防护屏蔽设计

10.2.1 “CYS-T1502 型” CT 机

“CYS-T1502 型” CT 机的结构采用带完整铅屏蔽的全铅防护设计。该 CT 机的辐射源（X 射线发生器）安装在一个全密封的自屏蔽壳内。内层为铅板，外表层为钢板，屏蔽铅板厚度在 8mm 铅当量，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表 10.2-1。CT 机三视图见图 10-1 所示。

表 10.2-1 “CYS-T1502 型” CT 机自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	位置		屏蔽防护设计	
			设计情况	屏蔽铅当量
1	铅屏蔽体	各侧	8mmPb+2mm 钢	8mmPb
		防护窗	特质含铅玻璃 25mm	8mm Pb

注：根据建设单位提供，铅屏蔽体为铅板+钢板结构，本次评价取内衬铅板厚度作为屏蔽体铅当量，不计钢板屏蔽效果

（1）警告标志及工作状态指示灯

该设备自带有工作警示灯，设备顶部一个，扫描箱体一个，操作位 1 个，X 射线束束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。

（2）门—机联锁机制

玻璃板操作门操作系统控制开关，带有安全联锁功能，防护门在打开或者没有关到

位的情况下，X 射线装置无法出束进行检测作业。关上防护门后高压电源仍不会自动打开，需人工开启高压电源，再开启 X 射线。

（3）紧急制动装置

设备上设有急停按钮和主开关，只有主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作。

（4）视频监控设施

设备设有监视器，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

（5）控制台

设备控制台连接屏幕设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。且控制台与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

（6）通风装置

防护铅房内采取顶部风扇式机械进风，侧面排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄漏，防护厚度均为 8mm 铅板。检测箱体配置 1 个风扇，每个风扇风量 50m³/h，该检测箱体内部空间约 13m³，每小时换风 3.8 次，不少于 3 次。

图 10-1 “CYS-T1502 型” CT 机三视图

10.2.2 “DBA-CT6100 型” CT 机

“DBA-CT6100 型” CT 机的结构采用钢铅钢三明治防护结构实现完全屏蔽防护设计。该工业 CT 机的辐射源（X 射线发生器）安装在一个全密封的自屏蔽壳内。内层为铅板，外表层为钢板，本评价保守仅考虑铅板厚度，屏蔽铅板厚度在 16mm 铅当量，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。具体各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表 10.2-2。CT 机剖视图见图 10-2 所示。

表 10.2-2 “DBA-CT6100 型” 自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	位置		屏蔽防护设计	
			设计情况	屏蔽铅当量
1	铅屏蔽体	各侧		—
		防护窗		

注：根据建设单位提供，铅屏蔽体为钢板+铅板结构，本次评价取内衬铅板厚度作为屏蔽体铅当量，不计钢板屏蔽效果。

（1）门—机联锁机制

本项目 CT 机带有门-机联锁设计，CT 机所有防护门（包括检修门）关闭后，X 射线管才能开启；X 射线管出束过程中，无法开启防护门，避免了 X 射线误照射的风险。

（2）急停按钮和控制锁

本项目 CT 机设备上设有急停按钮（共有 4 个急停开关，操作台、左侧、右侧、背面各设置 1 个）和主开关，只有主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作。

（3）警告标志及工作状态指示灯

本项目 CT 机自带有工作状态指示灯带，在顶部绕设备一圈，在设备上方设置 1 盏红色工作警示灯，X 射线出束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。

（4）通风装置

防护铅房内采取顶部风扇式机械进风，侧面排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄漏，防护厚度均为 16mm 铅板。系统配置 1 个风扇，每个风扇风量 40m³/h，该设备内部空间约 12m³，每小时换风 3.3 次，不少于 3 次。

（5）操作台

设备操作台连接屏幕设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电

压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。且操作台与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

（6）视频监控设施

设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

图 10-2 “DBA-CT6100 型” CT 机三视图

10.2.3 “DBA-CT9200 型” CT 机

“DBA-CT9200 型” CT 机的结构采用带完整铅屏蔽的全铅防护设计。该 CT 机的辐射源（X 射线发生器）安装在一个全密封的自屏蔽壳内。内层为铅板，外表层为钢板，屏蔽铅板厚度在 8mm 铅当量，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表 10.2-3。CT 机三视图见图 10-3 所示。

表 10.2-3 “DBA-CT9200 型” CT 机自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	位置		屏蔽防护设计	
			设计情况	屏蔽铅当量
1	铅屏蔽体	各侧		
		防护窗		

注：根据建设单位提供，铅屏蔽体为钢板+铅板+钢板结构，本次评价取内衬铅板厚度作为屏蔽体铅当量，不计钢板屏蔽效果

（1）警告标志及工作状态指示灯

该设备自带有工作警示灯，设备顶部一个，扫描箱体一个，操作位 1 个，X 射线出束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。

（2）门—机联锁机制

玻璃板操作门操作系统控制开关，带有安全联锁功能，防护门在打开或者没有关到位的情况下，X 射线装置无法出束进行检测作业。关上防护门后高压电源仍不会自动打开，需人工开启高压电源，再开启 X 射线。

（3）紧急制动装置

设备上设有急停按钮和主开关，只有主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作。

（4）视频监控设施

设备设有监视器，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

（5）控制台

设备控制台连接屏幕设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。且控制台与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

（6）通风装置

防护铅房内采取顶部风扇式机械进风，侧面排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄漏，防护厚度均为 8mm 铅板。检测箱体

配置 1 个风扇，每个风扇风量 $50\text{m}^3/\text{h}$ ，该检测箱体内部空间约 13m^3 ，每小时换风 3.8 次，不少于 3 次。

图 10-3 “DBA-CT9200 型” CT 机剖面示意图

10.2.4 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机

“Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机的结构采用带完整铅屏蔽的全铅防护设计。该 CT 机的辐射源（X 射线发生器）安装在一个全密封的自屏蔽壳内。内层为铅板，外表层为钢板，屏蔽铅板厚度在 26mm~28mm 铅当量，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表 10.2-4。CT 机三视图见图 10-1 所示。

表 10.2-4 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	位置		屏蔽防护设计	
			设计情况	屏蔽铅当量
1	铅屏蔽体	前侧		-
2		后侧		-
3		左侧（主射方向）		-
4		右侧		-
5		上侧		-
6		下侧		-
7		防护窗		-

注：根据建设单位提供，自带铅屏蔽体为铅板+钢板结构，本次评价保守取内衬铅板厚度作为屏蔽体铅当量，不计钢板屏蔽效果。

（1）警告标志及工作状态指示灯

该设备自带有工作警示灯，设备顶部左右各一个，背面一个，X 射线出束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。

（2）门—机联锁机制

玻璃板操作门操作系统控制开关，带有安全联锁功能，防护门在打开或者没有关到位的情况下，X 射线装置无法出束进行检测作业。关上防护门后高压电源仍不会自动打开，需人工开启高压电源，再开启 X 射线。

（3）紧急制动装置

设备上设有急停按钮和主开关，只有主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作。

（4）视频监控设施

设备设有监视器，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

（5）控制台

设备控制台连接屏幕设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电

压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。且控制台与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

（6）通风装置

防护铅房内采取下侧自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄漏，防护厚度均为 28mm 铅板。系统配置 1 个风扇。单个风扇排风量为 50m³/h，本设备内部净容积约 8m³，每小时通风换气 6.25 次，不少于 3 次。

图 10-4 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机剖面示意图

10.2.5 “RMCT4000-M 型” CT 机

“RMCT4000-M 型” CT 机的结构采用带完整铅屏蔽的全铅防护设计。该工业 CT 机的辐射源（X 射线发生器）安装在一个全密封的自屏蔽壳内。内层为铅板，外表层为钢板，屏蔽铅板厚度在 10mm~16mm 铅当量，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。具体各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表 10.2-5。CT 机剖视图见图 10-5 所示。

表 10.2-5 “RMCT4000-M 型” CT 机自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	位置		屏蔽防护设计	
			设计情况	屏蔽铅当量
1	铅屏蔽体	前侧		—
2		前侧（防护门）		—
3		左侧		—
4		右侧（主射方向）		—
5		上侧		—
6		下侧		—
7		后侧		—

注：根据建设单位提供，铅屏蔽体为钢板+铅板结构，本次评价取内衬铅板厚度作为屏蔽体铅当量，不计钢板屏蔽效果。

（1）门—机联锁机制

自动防护门操作系统控制开关，带有安全联锁功能，防护门在打开或者没有关到位的情况下，X 射线装置无法出束进行检测作业。关上防护门后高压电源仍不会自动打开，需人工开启高压电源，再开启 X 射线。

（2）急停按钮和控制锁

设备上设有急停按钮（控制面板一处、设备一处）和主开关，只有主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作。

（3）警告标志及工作状态指示灯

该设备自带有一个工作警示灯，舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。舱门关闭后，橙色警示灯开始闪烁。在此期间，辐射仍然保持关闭状态，一旦打开 X 射线，内部的红色警示灯就会亮起红色。

（4）通风装置

防护铅房内采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄漏。防护厚度均为 13mm 铅板。系统

配置 5 个风扇，每个风扇风量 $50\text{m}^3/\text{h}$ ，该设备内部空间约 12m^3 ，每小时换风 20.8 次，不少于 3 次。

（5）控制台

设备控制台连接屏幕设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。且控制台与安全联锁机制接口，当防护窗未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

（6）视频监控设施

设备设有监视器，连接控制台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

图 10-5 “RMCT4000-M 型” CT 机剖面示意图

10.3 工作场所辐射安全和防护

(1) 设备自带防护

①该 16 台 CT 机设备均带有工作指示灯和警示灯,舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示,并且警示灯串在安全回路里,如警示灯故障,射线不能启动。舱门关闭后,警示灯开始闪烁,在此期间,辐射仍然保持关闭状态,一旦打开 X 射线,警示灯就会亮起红色。

(2) 监测设备

①公司拟在本项目的 CT 室和 CT 检测区均配备一台便携式剂量仪(共计 11 台),对正在工作的工业 CT 机进行剂量率监测,以确认工业 CT 机是否正常工作。

②公司拟在本项目的 CT 室和 CT 检测区内各配置一台固定式场所辐射探测报警装置(共计 11 台),对正在工作的工业 CT 机的检测区场所进行实时监测,确保检测区剂量率正常。

(3) 人员防护

①建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪,工作人员在进行工作时,正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

②必须对职业人员进行个人剂量监测,对工作人员个人照射的累积剂量进行监测。各项规章制度、操作规程和应急处理设施应制定完善,严格按照相关规定操作。

(4) CT 检测区防护

拟在本项目的 CT 室和 CT 检测区的工作区外设电离辐射警告标识和中文警示说明。

10.4 辐射安全和防护分析

为分析本项目工业 CT 机的辐射防护性能,根据宁德新能源科技有限公司提供的设计资料,将本项目工业 CT 机的主要技术参数列表分析,并与《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中的技术要求对照,具体见表 10.2-1。

10.5 三废的治理

扫描过程产生少量臭氧、氮氧化物,设备配置风扇,另 M4 厂房、R1 科研楼 1 号 CT 室、W1 厂房、W3 厂房、W21 厂房、W22 厂房内安装有动力排风装置和空调,在工作期间保持开启。因此,只要室内的空气保持清新和流通,由 CT 机内部产生的少量臭氧不会对室内环境造成影响。

该项目采用数字成像方式,在显示屏上直接显示探伤结果,不涉及胶片、影液等感

光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

表 10.2-1 本项目工业 CT 机辐射防护措施符合性分析表						
《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	“CYS-T1502 型” CT 机	“DBA-CT6100 型” CT 机	“DBA-CT9200 型” CT 机	“Phoenix V tome x M300/180” CT 机	“RMCT4000-M 型” CT 机	符合情况
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。	本 CT 机操作位位于设备扫描箱体左侧，避开有用线束直射方向（主束方向为上、下、前、后）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	本 CT 机操作位位于设备前侧，避开有用线束方向（有用线束右→左）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	本 CT 机操作位位于设备扫描箱体左前侧，避开有用线束直射方向（主束方向为上、下、前、后）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	本项目操作位设置均避开有用线束方向（操作位设置于 CT 机的前侧，主束方向右→左）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	本 CT 机操作位位于设备前侧，避开有用线束方向，避开有用线束方向（有用线束左→右）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	符合
6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。	本项目按 GB18871 的要求对工作场所进行分区管理，工业 CT 机内设为控制区，CT 室或 CT 检测区设为监督区，实行分区管理。					符合
6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周； b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。	本 CT 机自带铅房屏蔽体，根据预测结果，屏蔽体外 30cm 处关注点最高剂量率参考控制水平 2.5μSv/h 的要求。					符合
6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100μSv/h。	本 CT 机自带铅房屏蔽体，屏蔽体上方无人员到达情况，根据预测结果，屏蔽体顶部外 30cm 处关注点最高剂量率参考控制水平 2.5μSv/h 的要求。					符合
6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目工业 CT 机设备防护门设有门—机联锁装置，当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。	本项目工业 CT 机设备防护门设有门—机联锁装置，当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。	本项目工业 CT 机设备防护门设有门—机联锁装置，当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。	本项目工业 CT 机设备防护门设有门—机联锁装置，当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。	本项目工业 CT 机设备防护门设有门—机联锁装置，当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。	符合
6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明	该 CT 机自带工作警示灯，设备顶部一个，扫描箱体一个，操作位 1 个，X 射线出束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。	该 CT 机自带工作状态指示灯带，绕设备顶部一周，在设备上方设置 1 盏红色工作警示灯，X 射线出束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。	该 CT 机自带工作警示灯，设备顶部一个，扫描箱体一个，操作位 1 个，X 射线出束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。	该 CT 机自带工作警示灯，设备顶部左右各一个，背面一个，X 射线出束时红色指示灯将闪动代表“照射”状态，警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。	该设备自带有一个工作警示灯，舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。舱门关闭后，警示灯开始闪烁。在此期间，辐射仍然保持关闭状态，一旦打开 X 射线，内部的红色警示灯就会亮起红色；CT 检测区设有工作状态指示灯。	符合
6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	符合
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目 CT 室和 CT 检测区外设有电离辐射警告标识和中文警示说明。					符合
6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机操作台急停按钮，出现紧急事故时，能立即 CT 机电源，确保停止	本项目工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机共设置 4 个急停按钮，出现紧急事故时，能立即 CT 机电源，确保	设备上设有急停按钮和主开关，只有主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停	设备上设有急停按钮和主开关，只有主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停	本项目工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机外部于操作位及机体各设置一个急停按钮，出现紧急事故时，能立	符合

	照射。	停止照射。	止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作	止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作	即 CT 机电源，确保停止照射。	
6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	该 CT 机系统配置 1 个风扇。单个风扇排风量为 50m³/h，本设备内部净容积约 13m³，每小时通风换气 3.8 次，不少于 3 次。	该 CT 机系统配置 1 个风扇，每个风扇风量 40m³/h，该设备内部空间约 12m³，每小时换风 3.3 次，不少于 3 次。	该 CT 机系统配置 1 个风扇，每个风扇风量 50m³/h，该设备内部空间约 13m³，每小时换风 3.8 次，不少于 3 次。	该 CT 机系统配置 1 个风扇，每个风扇风量 50m³/h，该设备内部空间约 8m³，每小时换风 6.25 次，不少于 3 次。	该 CT 机系统配置 5 个风扇，每个风扇风量 50m³/h，该设备内部空间约 12m³，每小时换风 20.8 次，不少于 3 次。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	拟在湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区配置一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的场所进行实时监测，确保剂量率正常。	拟在湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室和湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区各配置一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的场所进行实时监测，确保剂量率正常。	拟在湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区、湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区配置一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的场所进行实时监测，确保剂量率正常。	W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区各配置一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的场所进行实时监测，确保剂量率正常。	拟在湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区配置一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的场所进行实时监测，确保剂量率正常。	符合
6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	建设单位已制订详细的操作规程并进行内部培训，明确要求在使用射线装置前应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。					符合
6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。					符合
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	建设单位已委托第三方检测机构对研发区周围的环境辐射水平进行每年一次年度检测。并且日常使用 X-γ辐射剂量率仪，定期（每月不少于 1 次）对设备外周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。					符合
6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	建设单位已制订详细的操作规程并进行内部培训，明确交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作，如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。					符合
6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。	建设单位已制订详细的辐射防护制度，在工业 CT 机工作期间，辐射工作人员均已正确使用佩戴个人剂量片。					符合
6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	本项目工业 CT 机设备设有防护门，人员无法进入。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。					符合

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本次 R1 科研楼新增的 1 台“DBA-CT6100 型”CT 机是在现有的 1 号 CT 室内布置，其余 15 台 CT 机均布置在生产车间中，因生产车间场地限制，均采用黄色警戒线围成的 CT 检测区，在 CT 检测区内布置 CT 机。

本次新增的 16 台 CT 机均自带屏蔽体，均不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进场安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目工业 CT 机设备基本工作参数见表 11.2-1。射线管距离 CT 机各侧距离见表 11.2-2。

表 11.2-1 工业 CT 机工作参数

CT 机	“CYS-T1502 型”CT 机（1 台）	“DBA-CT6100 型”CT 机（3 台）	“DBA-CT9200 型”CT 机（2 台）	“Phoenix V tome x M300/180”CT 机（7 台）	“RMCT4000-M 型”CT 机（3 台）
位置	湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区	湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室（1 台）、湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区（2 台）	湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（1 台）、湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区（1 台）	湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（1 台）、W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区（1 台）、W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区（2 台）、W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区（1 台）、W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区（2 台）	湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（2 台）、湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（1 台）
最大管电压	150kV	225kV	150kV	300kV	225kV
最大管电流	0.5mA	3.0mA	0.5mA	3.0mA	3.0mA
X 射线机光电管正常工作时的电压范围	100-150kV	180-220kV	100-150kV	180-240kV	180-220kV
X 射线机光电管正常工作时的电流范围	0.1~0.5mA	1.5~2.5mA	0.1~0.5mA	1.8~2.5mA	1.5~2.5mA
每次检测 X 射线的出射时间，min/次	5~15min	5~10min	5~15min	5~10min	5~10min
每个工件的检测次数，次/件	2	2	2	2	2
每天检测工件的时间，小时/日	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
周工作天数，天/周	5	5	5	5	5
年工作天数，天/a	250	250	250	250	250
射线锥束角	67°	40°	67°	40	40°

表 11.2-2 “CYS-T1502 型” CT 机 X 射线管距离检测箱体各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
射线源 1	左侧	
	右侧	
	上侧（主束方向）	
	下侧（主束方向）	
	前侧（主束方向）	
	后侧（主束方向）	
射线源 2	左侧	
	右侧	
	上侧（主束方向）	
	下侧（主束方向）	
	前侧（主束方向）	
	后侧（主束方向）	

注：射线源 1 为顺时针绕轴旋转扫描，射线源 2 为逆时针绕轴旋转扫描（左视图）

表 11.2-3 “DBA-CT6100 型” CT 机 X 射线管距离各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
1	左侧（主束方向）	
2	右侧	
3	上侧	
4	下侧	
5	前侧	
6	后侧	

表 11.2-3 “DBA-CT9200 型” CT 机 X 射线管距离检测箱体各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
射线源 1	左侧	
	右侧	
	上侧（主束方向）	
	下侧（主束方向）	
	前侧（主束方向）	
	后侧（主束方向）	
射线源 2	左侧	
	右侧	
	上侧（主束方向）	
	下侧（主束方向）	
	前侧（主束方向）	
	后侧（主束方向）	

注：射线源 1 为顺时针绕轴旋转扫描，射线源 2 为逆时针绕轴旋转扫描（左视图）

表 11.2-4 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机 X 射线管距离各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
1	前侧	
2	后侧	
3	右侧	
4	左侧（主束方向）	
5	上侧	
6	下侧	

表 11.2-5 “RMCT4000-M 型” CT 机 X 射线管距离各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
1	前侧	—
2	后侧	—
3	左侧	—
4	右侧（主射方向）	—
5	上侧	—
6	下侧	—

11.2.1 辐射环境影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”并结合本项目情况及特点对屏蔽防护体的屏蔽效果进行计算。

1、项目 CT 机运行情况

（1）“CYS-T1502 型” CT 机（1 台）

“CYS-T1502 型” CT 机最大管电压为 150kV，最大电流为 0.5mA，建设单位提供的每天工作的时间为 8h，8h 里面包括放置件、设备自检、X 射线出束、扫描结果分析及其他准备时间，其中 X 射线出束时间 2~3h，以 3h（最大计）。配置 2 人操作（每台 1 人，轮流操作），操作位设置于设备前侧。

“CYS-T1502 型” CT 机为周向机，其 X 射线源及探测器围绕直径为 100mm 的圆顺时针旋转，故其主束方向为上侧、下侧、前侧和后侧；左侧，右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。本项目计算取电压为 150kV，电流为 0.5mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 15h。

湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区平面布置情况见下图：

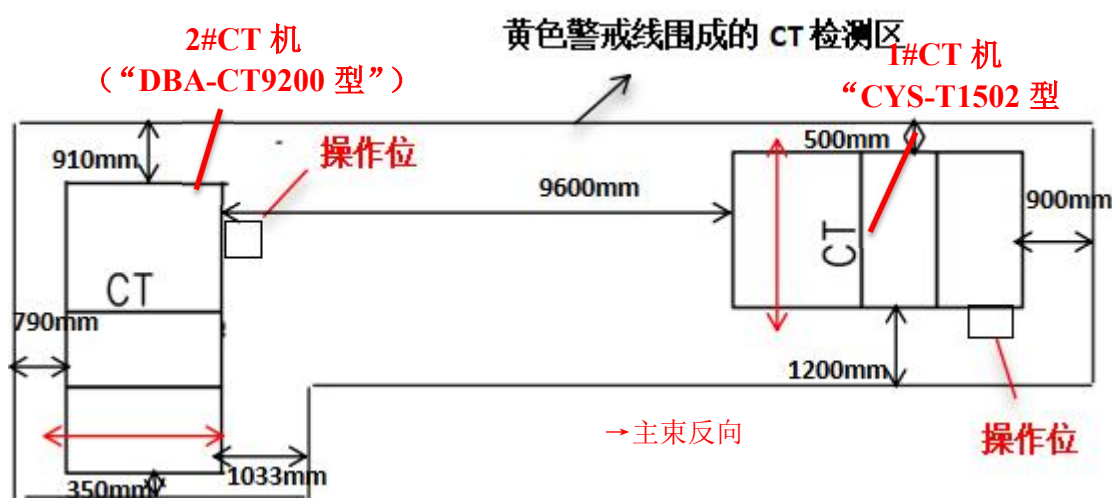


图 11-1 湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 CT 机的摆放位置图

(2) “DBA-CT6100 型” CT 机 (3 台)

“DBA-CT6100 型” CT 机最大管电压为 225kV，最大电流为 3.0mA，建设单位提供的每天工作的时间为 8h，8h 里面包括放置件、设备自检、X 射线出束、扫描结果分析及其他准备时间，其中 X 射线出束时间 2~3h，以 3h（最大计）。配置 2 人操作（每台 1 人，轮流操作），操作位设置于设备前侧。

“DBA-CT6100 型” CT 机为定向机，主射方向固定朝左照射（从机台正面看），该方向按照有用射束进行预测计算，其他方向考虑泄漏辐射和散射辐射。本项目计算取电压为 225kV，电流为 3.0mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 15h。

湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室、湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区的平面布置情况见下图：

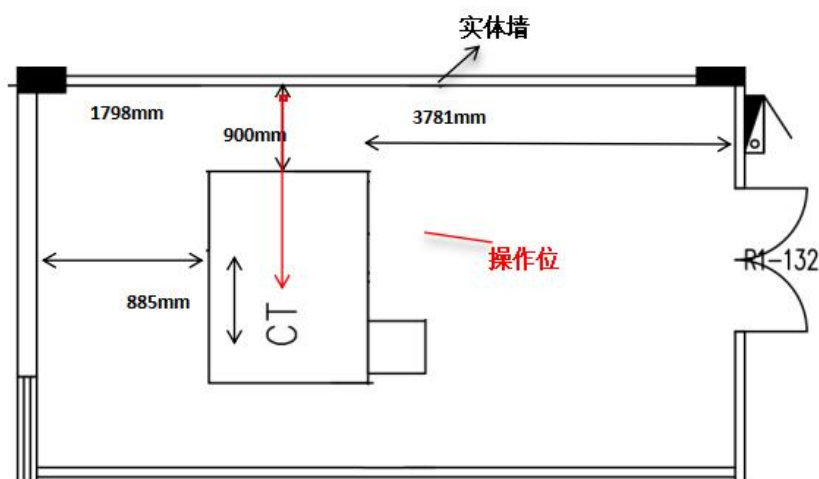


图 11-2 R1 科研楼 CT 室的 CT 机摆放位置图

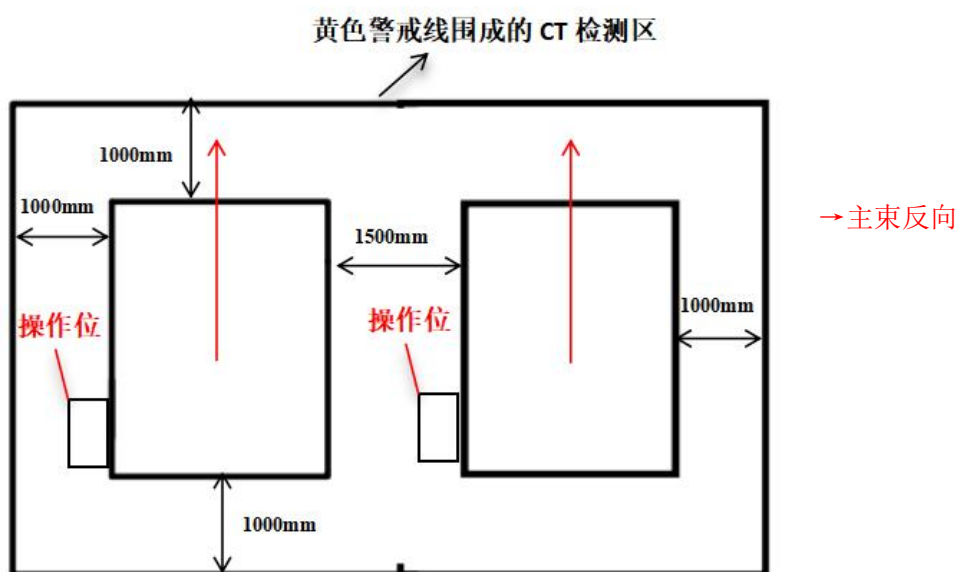


图 11-3 湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区的 CT 机摆放位置图

(3) “DBA-CT9200 型” CT 机 (2 台)

“DBA-CT9200 型” CT 机最大管电压为 150kV，最大电流为 0.5mA，建设单位提供的每天工作的时间为 8h，8h 里面包括放置件、设备自检、X 射线出束、扫描结果分析及其他准备时间，其中 X 射线出束时间 2~3h，以 3h（最大计）。配置 2 人操作（每台 1 人，轮流操作），操作位设置于设备前侧。

“DBA-CT9200 型” CT 机为周向机，其 X 射线源及探测器围绕直径为 100mm 的圆顺时针旋转，故其主束方向为上侧、下侧、前侧和后侧；左侧，右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。本项目计算取电压为 150kV，电流为 0.5mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 15h。

湖东园区 M4 厂房 4 层 1 号 CT 检测区的平面布置图见图 11-1，湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区的平面布置情况见下图：

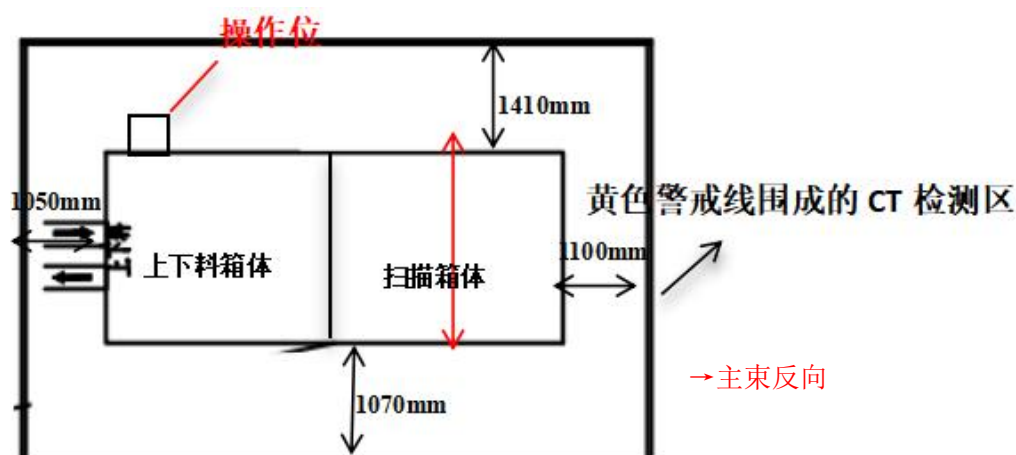


图 11-4 W1 厂房 3 层 1 号 CT 检测区的摆放位置图

(4) “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机 (7 台)

“Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机最大管电压为 300kV，最大电流为 3.0mA，建设单位提供的每天工作的时间为 8h，8h 里面包括放置件、设备自检、X 射线出束、扫描结果分析及其他准备时间，其中 X 射线出束时间 2~3h，以 3h（最大计）。配置 9 人操作（每台 1 人，轮流操作），操作位设置于设备前侧

“Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机为定向机，主射方向固定朝左照射（从机台正面看），该方向按照有用射束进行预测计算，其他方向考虑泄漏辐射和散射辐射。本项目计算取电压为 225kV，电流为 3.0mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 15h。

W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区

的平面布置情况见下图：

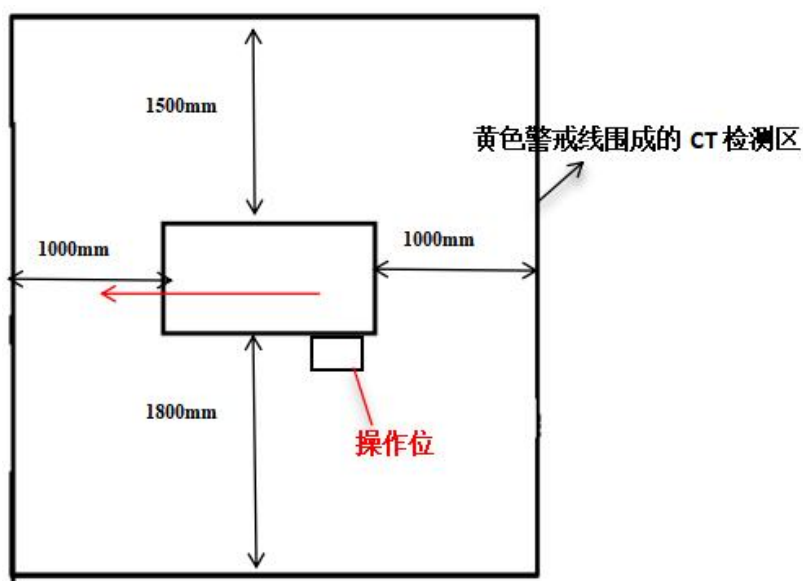


图 11-5 W21 厂房 4 层 1 号 CT 检测区摆放位置图

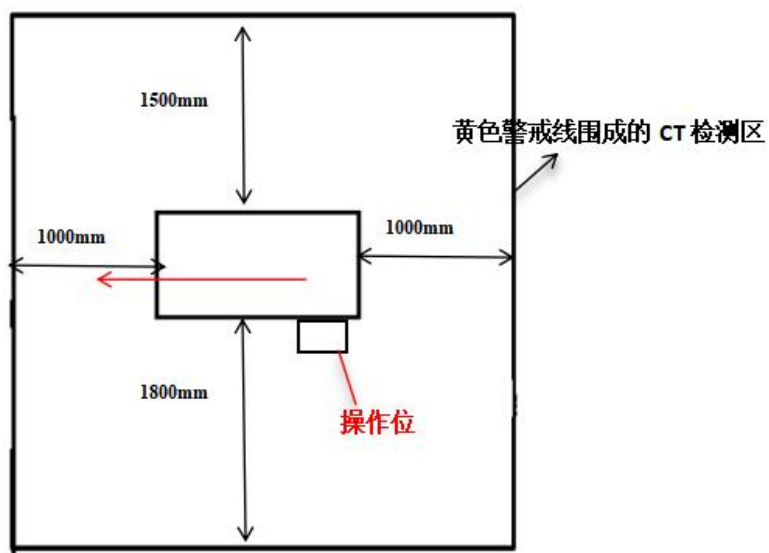


图 11-6 W22 厂房 1 层 1 号 CT 检测区摆放位置图

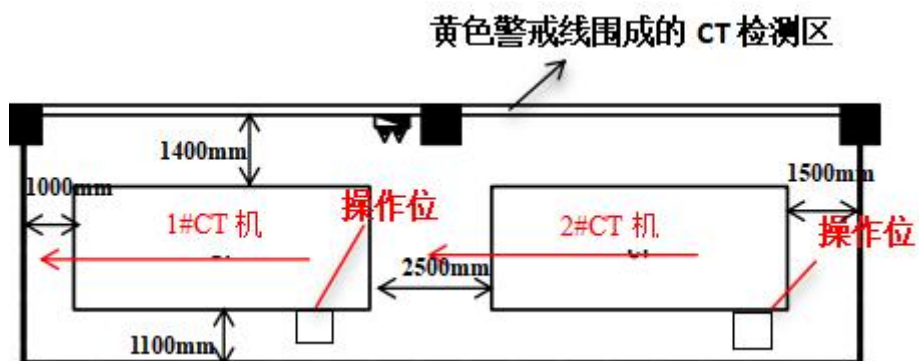


图 11-7 W22 厂房 2 层 1 号 CT 检测区摆放位置图

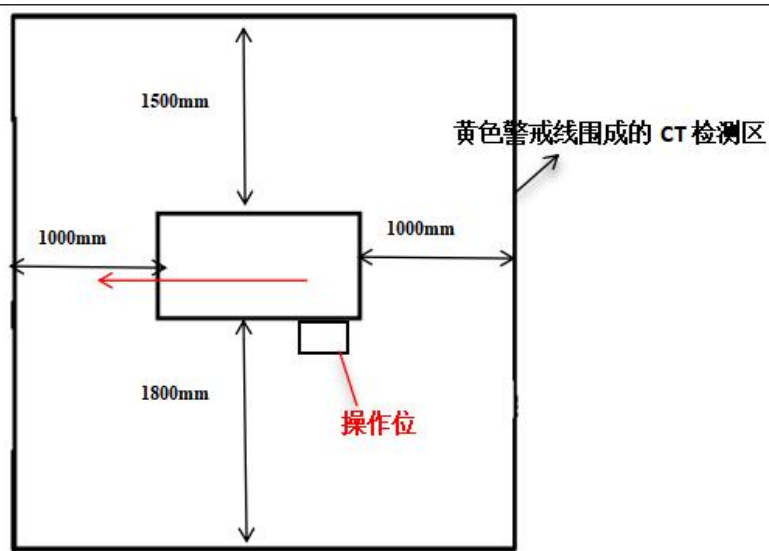


图 11-8 W22 厂房 3 层 1 号 CT 检测区摆放位置图

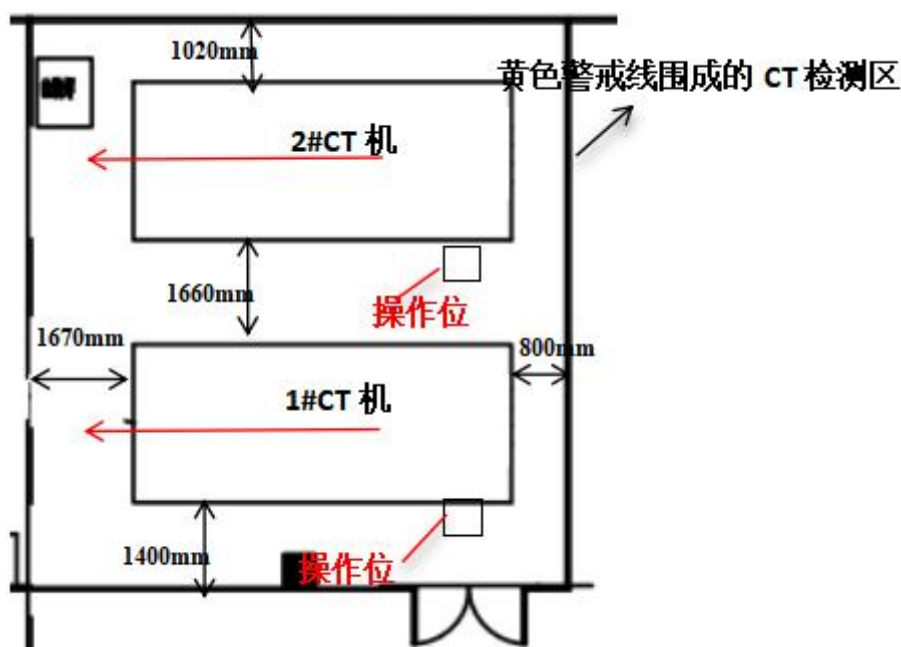


图 11-9 W22 厂房 4 层 3 号 CT 检测区摆放位置图

(5) “RMCT4000-M 型” CT 机 (3 台)

“RMCT4000-M 型” CT 机最大管电压为 225kV，最大电流为 3.0mA，建设单位提供的每天工作的时间为 8h，8h 里面包括放置件、设备自检、X 射线出束、扫描结果分析及其他准备时间，其中 X 射线出束时间 2~3h，以 3h（最大计）。配置 1 人，轮流操作），操作位设置于设备前侧。

“RMCT4000-M 型” CT 机为定向机，主射方向固定朝右照射（从机台正面看），该方向按照有用射束进行预测计算，其他方向考虑泄漏辐射和散射辐射。本项目计算取

电压为 225kV，电流为 3.0mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 15h。

湖西园区 W1 厂房 4 层 1 号 CT 检测区、W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区的平面布置情况见下图：

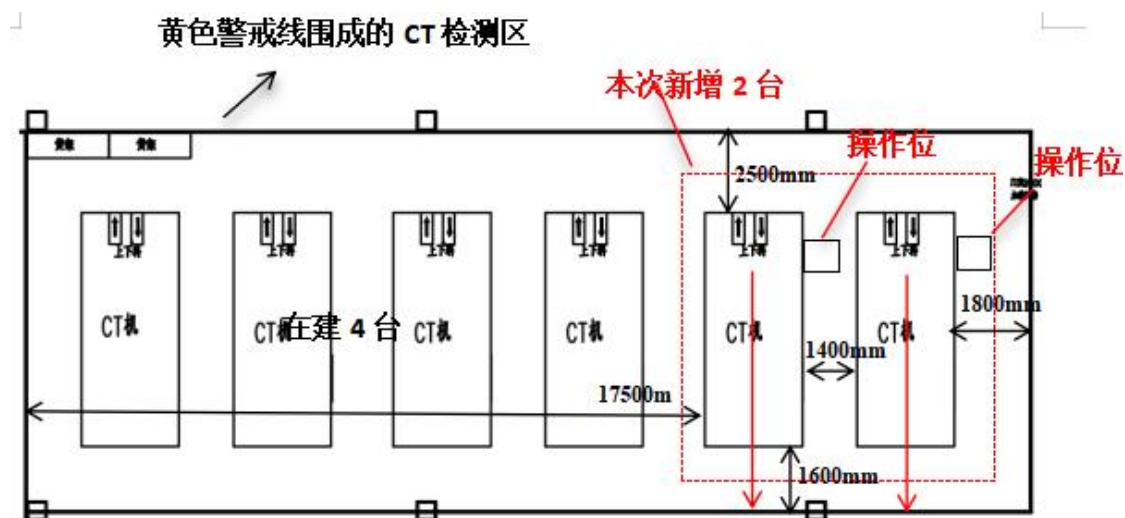


图 11-10 W1 厂房 4 层 1 号 CT 检测区平面布置图

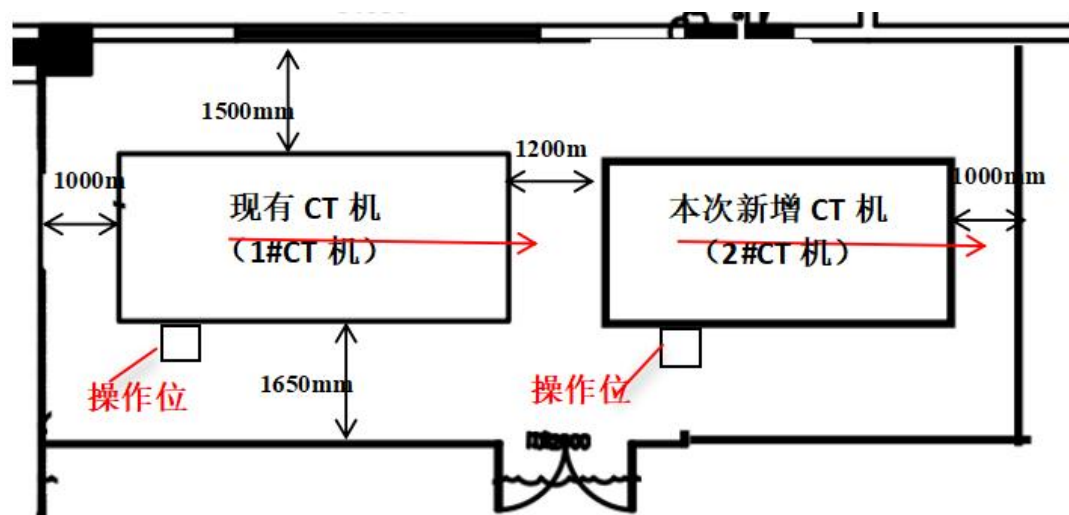


图 11-11 W22 厂房 4 层 1 号 CT 检测区摆放位置图

11.2.2 辐射工作场所周围关注点的辐射水平估算

1、关注点剂量率参考控制水平的确定

①人员在关注点的周剂量参考水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

②取屏蔽体表面 30cm 处作为关注点，计算公式如下：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-1)$$

式中：

$\dot{H}_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平。

H_c —周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ），本项目周剂量控制水平辐射工作人员取 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众取 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ （每年按 50 周计算，辐射工作人员和公众对应的年有效剂量限值分别为 5mSv 、 0.25mSv ）；

t —X 射线装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）。本项目 16 台 CT 机周照射时间均以 $15\text{h}/\text{周}$ 计。

U —使用因子：X 射线装置向关注点方向照射的使用因子；

T —居留因子：人员在相应关注点驻留的居留因子，参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值；按照本项目对辐射工作人员最不利的情况分析，本工业 CT 机在放置工件后，在操作台进行操作。

③关注点最高剂量参考控制水平 $H_{c, \max}=2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

④关注点剂量率参考控制水平 H_c 为上述 $H_{c,d}$ 和 $H_{c, \max}$ 二者的较小值。

A. “DBA-CT6100 型” CT 机和 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机关注点剂量率参考控制水平

U —使用因子：“DBA-CT6100 型” CT 机和 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机射线出束方向为右侧→左侧，左侧使用因子取 1，右侧使用因子取 $1/16$ ，其余各侧使用因子均取 $1/4$ 。

T —居留因子：“DBA-CT6100 型” CT 机和 “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机前侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1；其余各侧工作人员居留因子保守取 $1/4$ 。

则关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-5 关注点剂量率参考控制水平计算结果

CT 机	关注点	U	T	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t ($\text{h}/\text{周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率控制 要求/ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
“DBA-CT6100 型” CT 机和 “Phoenix V tome x M300/180” CT 机	左侧（主射方向）	1	$1/4$	100	15	26.67	2.5	2.5
	右侧	$1/16$	$1/4$	100		426.67	2.5	2.5
	前侧（操作位）	$1/4$	1	100		26.67	2.5	2.5
	后侧	$1/4$	$1/4$	100		106.67	2.5	2.5
	上侧	$1/4$	$1/4$	100		106.67	2.5	2.5
	下侧	$1/4$	$1/4$	100		106.67	2.5	2.5

B. “CYS-T1502 型” CT 机和 “DBA-CT9200 型” CT 机关注点剂量率参考控制水

平

U—使用因子：“CYS-T1502 型”CT 机和“DBA-CT9200 型”CT 机射线源及探测器围绕直径为 100mm 的圆旋转，因此上侧、下侧、前侧、后侧使用因子取 1。左侧，右侧保守使用因子均取 1/4。

T—居留因子：“CYS-T1502 型”CT 机和“DBA-CT9200 型”CT 机前侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1；后侧、左侧、右侧、上侧、下侧辐射工作人员居留因子保守取 1/4；

则关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-6 关注点剂量率参考控制水平计算结果

CT 机	关注点	U	T	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t (h/周)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率控制 要求/ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
“CYS-T1502 型”CT 机和 “DBA-CT9200 型”CT 机	左侧	1/4	1/4	100	15	106.67	2.5	2.5
	右侧	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5
	上侧（主束方向）	1	1/4	100		26.67	2.5	2.5
	下侧（主束方向）	1	1/4	100		26.67	2.5	2.5
	前侧（主束方向）	1	1	100		6.67	2.5	2.5
	后侧（主束方向）	1	1/4	100		26.67	2.5	2.5

C. “RMCT4000-M 型”CT 机关注点剂量率参考控制水平

U—使用因子：“RMCT4000-M 型”CT 机射线出束方向为左侧→右侧，右侧使用因子取 1，左侧使用因子取 1/16，其余各侧使用因子均取 1/4。

T—居留因子：“RMCT4000-M 型”CT 机前侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1；其余各侧工作人员居留因子保守取 1/4。

则关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-7 关注点剂量率参考控制水平计算结果

CT 机	关注点	U	T	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t (h/周)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率控制 要求/ $\mu\text{Sv}/\text{h}$
“RMCT4000-M 型”CT 机	前侧	1/4	1	100	15	26.67	2.5	2.5
	后侧	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5
	左侧	1/16	1/4	100		426.67	2.5	2.5
	右侧（主射方向）	1	1/4	100		26.67	2.5	2.5
	上侧	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5
	下侧	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5

2、工业 CT 机周围关注点的剂量率估算

“DBA-CT6100 型”CT 机和“Phoenix V|tome|x M300/180”CT 机射线固定朝左（右

→左)，因此本评价主束方向仅考虑左侧，上侧、下侧、右侧、前侧、后侧考虑泄漏辐射和散射辐射。

“CYS-T1502 型”CT 机和“DBA-CT9200 型”CT 机射线源及探测器围绕直径为 100mm 的圆旋转，因此本评价主束方向考虑前侧、后侧、上侧和下侧。左侧、右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。

“RMCT4000-M 型”CT 机射线固定朝右（左→右），因此本评价主束方向仅考虑右侧。上侧、下侧、左侧、前侧、后侧考虑泄漏辐射和散射辐射。

（1）屏蔽透射因子

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 计算公式如下：

$$B=10^{-X/TVL} \quad (11-2)$$

式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—半值层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，本项目“CYS-T1502 型”CT 机和“DBA-CT9200 型”CT 机最大管电压为 150kV，TVL=0.96mm；“DBA-CT6100 型”CT 机和“RMCT4000-M 型”CT 机最大管电压为 225kV，采用内插法计算 X 射线在铅中半值层取值，TVL=2.15mm；“Phoenix V|tome|x M300/180”CT 机最大管电压为 300kV，TVL=5.7mm。

计算可得各侧屏蔽透射因子，见表 11.2-8。

表 11.2-8 屏蔽透射因子计算结果

CT 机	关注点	X/屏蔽物质厚度 /mmPb	有用线束	
			TVL/半值层厚度 /mm	B/屏蔽透射因子
“CYS-T1502 型”CT 机	各侧			-
“DBA-CT6100 型”CT 机	各侧			-
“DBA-CT9200 型”CT 机	各侧			-
“Phoenix V tome x M300/180”CT 机	左侧（主射方向）			-
	右侧			-
	前侧			-
	后侧			-
	上侧			-
	下侧			-
	左侧			-
“RMCT4000-M 型”CT 机	右侧（主射方向）			-
	上侧			-
	下侧			-
	前侧			-
	后侧			-
	后侧			-

(2) 有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时, 屏蔽体外关心点的辐射剂量 $\dot{H}$ 按下式计算:

$$\text{有用线束: } \dot{H} = (I \cdot H_0 \cdot B) / (R^2) \quad (11-3)$$

式中:

$\dot{H}$ —关注点剂量率参考控制水平, 单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

I — X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA)。

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 单位是 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B —屏蔽透射因子;

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位是 m。

I — X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA)。

① “CYS-T1502 型” CT 机

“CYS-T1502 型” CT 机取最大管电流为 $I=0.5\text{mA}$ 。

H_0 —根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, “CYS-T1502 型” CT 机最大管电压 150kV, 则输出量 H_0 为 $1.098 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B —屏蔽透射因子; $B=4.64 \times 10^{-9}$

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位是 m, 取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体前侧、后侧、上侧、下侧表面 30cm 处作为关注点。“CYS-T1502 型” CT 机有两个射线源同时进行扫描, 故设备主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算两个射线源同时扫描结果表 11.2-9。

表 11.2-9 “CYS-T1502 型” CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率 (主射线)

点位	射线源 1		射线源 2		复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制 要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)			
前侧						2.5	满足
后侧						2.5	
上侧						2.5	
下侧						2.5	

② “DBA-CT6100 型” CT 机

“DBA-CT6100 型” CT 机取最大管电流为 $I=3.0\text{mA}$ 。

H_0 —根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 本评价保守按 250kV 取值, “DBA-CT6100 型” CT 机距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 H_0 为 $9.9 \times 10^5 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B —屏蔽透射因子; $B=3.61 \times 10^{-8}$

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位是 m, 取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽

体左侧表面 30cm 处作为关注点。

则 W1 厂房 CT 机主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-11。

表 11.2-10 “DBA-CT6100 型” CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

点位	I (mA)	B	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
左侧	.	.	.	.	.	2.5	满足

③ “DBA-CT9200 型” CT 机

“DBA-CT9200 型” CT 机取最大管电流为 $I=0.5\text{mA}$ 。

H_0 —根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, “CYS-T1502 型” CT 机最大管电压 150kV, 则输出量 H_0 为 $1.098\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B—屏蔽透射因子; $B=4.64\times 10^{-9}$

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体前侧、后侧、上侧、下侧表面 30cm 处作为关注点。“DBA-CT9200 型” CT 机有两个射线源同时进行扫描，故设备主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算两个射线源同时扫描结果表 11.2-11。

表 11.2-11 “DBA-CT9200 型” CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

点位	射线源 1		射线源 2		复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)			
前侧						2.5	满足
后侧						2.5	
上侧						2.5	
下侧						2.5	

④ “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机

“Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机取最大管电流为 $I=3.0\text{mA}$ 。

H_0 —根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机最大管电压 300kV, 则输出量 H_0 为 $6.78\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B—屏蔽透射因子; $B=2.43\times 10^{-6}$

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体左侧表面 30cm 处作为关注点。

则 W1 厂房 CT 机主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-12。

表 11.2-12 “DBA-CT6100 型” CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

点位	I (mA)	B	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
左侧	.	.	.	.	.	2.5	满足

⑤ “RMCT4000-M 型” CT 机

“RMCT4000-M 型” CT 机取最大管电流为 $I=3.0\text{mA}$ 。

H_0 —根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2, 本评价保守按 250kV 取值, “RMCT4000-M 型” CT 机距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 H_0 为 $9.9 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B—屏蔽透射因子; $B=3.61 \times 10^{-8}$

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位是 m, 取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体右侧表面 30cm 处作为关注点。

则 “RMCT4000-M 型” CT 机主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-13。

表 11.2-13 “RMCT4000-M 型” CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率 (主射线)

点位	I (mA)	B	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
右侧	.	.	.	.	.2	2.5	满足

(3) 泄漏辐射

在给定屏蔽物质厚度 X 时, 屏蔽体外关心点的泄漏辐射剂量 $\dot{H}_c$ 按下式计算

$$\dot{H} = (\dot{H}_L \cdot B) / R^2 \quad (11-4)$$

式中:

$\dot{H}$ —关注点剂量率参考控制水平, 单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

B—屏蔽透射因子, 按公式 11-2 计算

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位是 m。

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中表 1 得, “DBA-CT6100 型” CT 机、“Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机和 “RMCT4000-M 型” CT 机 $\dot{H}_L=5000\mu\text{Sv/h}$, “CYS-T1502 型” CT 机和 “DBA-CT9200 型” CT 机 $\dot{H}_L=2500\mu\text{Sv/h}$ 。

(4) 散射辐射

射线机有用线束经过工件 90° 散射后, 散射线最高能量低于入射 X 射线的最高能量, 本项目保守分析, “DBA-CT6100 型” CT 机、“Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机和 “RMCT4000-M 型” CT 机取散射后的 X 射线能量为 200kV, “CYS-T1502 型” CT 机和 “DBA-CT9200 型” CT 机取散射后的 X 射线能量为 150kV。

在给定屏蔽物质厚度 X 时, 屏蔽体外关心点的泄漏辐射剂量 $\dot{H}$ 按下式计算

$$\text{散射辐射: } \dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-5)$$

$\dot{H}$ —关注点剂量率参考控制水平，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B —屏蔽透射因子，按公式 11-2 计算。

R_s —散射体至关注点的距离，单位是 m。

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）。

F — R_0 处辐射野面积，单位是 m^2 。

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.4。

根据建设单位资料，“DBA-CT6100 型”CT 机、“Phoenix V|tome|x M300/180”CT 机和“RMCT4000-M 型”CT 机最大扫描角度为 40° ，即出束中心轴与扫描圆锥边界夹角为 20° ，根据 GBZ/T250-2014 表 B4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为 20° 时， $\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} = 0.020$ ；

“CYS-T1502 型”CT 机和“DBA-CT9200 型”CT 机最大扫描角度为 67° ，即出束中心轴与扫描圆锥边界夹角为 33.5° ，根据 GBZ/T250-2014 表 B4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为 33.5° 时， $\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} = 0.055$ ；

① “CYS-T1502 型”CT 机

“CYS-T1502 型”CT 机设备外表面 30cm 处非有用线束辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-14。

11.2-14 “CYS-T1502 型”CT 机非有用线束关注点剂量率估算结果

点位	射线源 1		射线源 2		复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制要求 / $\mu\text{Sv/h}$	评价
	R (m)	泄漏辐射和 散射辐射复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	泄漏辐射和 散射辐射复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)			
左侧						2.5	满足
右侧						2.5	

② “DBA-CT6100 型” CT 机

“DBA-CT6100 型”CT 机设备外表面 30cm 处非有用线束辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-15。

表 11.2-15 “DBA-CT6100 型” CT 机非有用线束关注点剂量率估算结果

参数		前侧（操作位）	后侧	右侧	上侧	下侧
屏蔽层铅当量（mm）						
泄漏辐射	B					
	R（m）					
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）					
散射辐射	散射线能量（kV）					
	B					
	I（mA）					
	H_0					
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$					
	R_s （m）					
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）					
泄漏辐射和散射辐射复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）						
剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

③ “DBA-CT9200 型” CT 机

“DBA-CT9200 型”CT 机设备外表面 30cm 处非有用线束辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-16。

11.2-16 “DBA-CT9200 型” CT 机非有用线束关注点剂量率估算结果

点位	射线源 1		射线源 2		复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
	R（m）	泄漏辐射和散射辐射复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	R（m）	泄漏辐射和散射辐射复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）			
左侧						2.5	满足
右侧						2.5	

④ “Phoenix V|tome|x M300/180” CT 机

“Phoenix V|tome|x M300/180”CT 机设备外表面 30cm 处非有用线束辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-17。

表 11.2-17 关注点剂量率估算结果

参数		前侧	前侧（操作门）	后侧	上侧	下侧	右侧
屏蔽层铅当量（mm）							
泄漏辐射	B						
	$\dot{H}_L$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）						
	R（m）						
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）						
散射辐射	散射线能量（kV）						
	B						
	I（mA）						
	H_0						
	$\frac{F * \alpha}{R_0^2}$						
	R_s （m）						
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）						
泄漏辐射和散射辐射复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）							
剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足

⑤ “RMCT4000-M 型” CT 机

“RMCT4000-M 型” CT 机设备外表面 30cm 处非有用线束辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-18。

表 11.2-18 “RMCT4000-M 型” CT 机非有用线束关注点剂量率估算结果

参数		前侧（操作位）	后侧	左侧	上侧	下侧
屏蔽层铅当量（mm）						
泄漏辐射	B					
	$\dot{H}_L$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）					
	R（m）					
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）					
散射辐射	散射线能量（kV）					
	B					
	I（mA）					
	H_0					
	$\frac{F * \alpha}{R_0^2}$					
	R_s （m）					
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）					
泄漏辐射和散射辐射复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）						
剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		2.5	2.5	2.5	100	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

(5) 估算结果分析

由表 11.2-9 和表 11.2-14 的预测结果可知,“CYS-T1502 型”CT 机主束射线方向最大辐射剂量率 $3.50 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$,四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用最大剂量率为 $9.57 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ 。

由表 11.2-10 和表 11.2-15 的预测结果可知,“DBA-CT6100 型”CT 机主束射线方向最大辐射剂量率为 $2.97 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$,四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用最大剂量率为 $1.65 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

由表 11.2-11 和表 11.2-16 的预测结果可知,“DBA-CT9200 型”CT 机主束射线方向最大辐射剂量率为 $3.26 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$,四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用最大剂量率为 $2.05 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

由表 11.2-12 和表 11.2-17 的预测结果可知,“Phoenix V|tome|x M300/180”CT 机主束射线方向最大辐射剂量率为 $2.35 \mu\text{Sv/h}$,四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用最大剂量率为 $0.872 \mu\text{Sv/h}$ 。

由表 11.2-13 和表 11.2-18 的预测结果可知,“RMCT4000-M 型”CT 机主束射线方向最大辐射剂量率为 $1.61 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$,四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用最大剂量率为 $0.795 \mu\text{Sv/h}$ 。

综上所述,本项目 16 台 CT 机各关注点均满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求,同时也满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中要求的“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.3 年附加有效剂量估算

年附加有效剂量估算

$$H = D_r \cdot t \cdot T / 1000 \quad (11-5)$$

式中:

H—X、 γ 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv/a;

D_r —为参考点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

t—X 射线装置周照射时间, 单位为小时每年 (h/a)。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值; 根据人员在不同场所逗留的时间长短, 取不同的居留因子, 取值参考《工业 X 射

线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）附录 A.1；

（1）湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区（1#CT 机“CYS-T1502 型”，2#CT 机“DBA-CT9200 型”）

t—X 射线装置周照射时间，本项目每天工作的时间以 2~3h，以 3 小时计，配置 2 人操作（每台 1 人），操作人员每周工作 5 天，年工作 250 天，辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作，本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，辐射工作人员居留因子取 1，非辐射工作人员（公众人员）生产区和测试车间居留因子取 1；过道居留因子取 1/8（偶然居留）；正上方真空泵房居留因子取 1/16（偶然居留）（参考 IAEA47-2006）。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区的 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-19 湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

CT 机	人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)
1#CT 机 (CYS-T150 2 型)	职业人员	1 号 CT 机操作位	1#CT 机前侧	2.27×10^{-3}	750	1	2.04×10^{-3}
		2 号 CT 机操作位	1#CT 机左侧	9.57×10^{-5}		1	8.61×10^{-5}
	公众人员	东侧过道	1#CT 机右侧	4.14×10^{-5}		1/8	4.66×10^{-6}
		1#CT 机和 2#CT 机中间 生产区	1#CT 机左侧	9.57×10^{-5}		1	8.61×10^{-5}
		南侧生产区	1#CT 机前侧	2.27×10^{-3}		1	2.04×10^{-3}
		西侧生产区	1#CT 机左侧	9.57×10^{-5}		1	8.61×10^{-5}
		北侧生产区	1#CT 机后侧	2.27×10^{-3}		1	2.04×10^{-3}
		1#CT 机东北侧 ME 配件 房	1#CT 机后侧	2.27×10^{-3}		1	2.04×10^{-3}
		东侧厂区通道	1#CT 机右侧	4.14×10^{-5}		1/8	4.66×10^{-6}
		南侧厂区通道	1#CT 机前侧	2.27×10^{-3}		1/8	2.55×10^{-4}
		正下方测试车间	1#CT 机下侧	2.85×10^{-3}		1	2.56×10^{-3}
		正下方测试车间	1#CT 机上侧	3.50×10^{-3}		1	3.15×10^{-3}
2#CT 机 (DBA-CT9 200 型)	职业人员	1 号 CT 机操作位	2#CT 机前侧	2.33×10^{-3}		1	1.75×10^{-3}
		2 号 CT 机操作位	2#CT 机前侧	2.33×10^{-3}		1	1.75×10^{-3}

	公众人员	东侧过道	2#CT 机前侧	2.33×10^{-3}		1/8	2.18×10^{-4}
		1#CT 机和 2#CT 机中间生产区	2#CT 机前侧	2.33×10^{-3}		1	1.75×10^{-3}
		南侧生产区	2#CT 机左侧	2.05×10^{-4}		1	1.54×10^{-4}
		西侧生产区	2#CT 机后侧	2.33×10^{-3}		1	1.75×10^{-3}
		北侧生产区	2#CT 机右侧	2.69×10^{-5}		1	2.02×10^{-5}
		1#CT 机东北侧 ME 配件房	2#CT 机前侧	2.33×10^{-3}		1	1.75×10^{-3}
		东侧厂区通道	2#CT 机前侧	2.33×10^{-3}		1/8	2.18×10^{-4}
		南侧厂区通道	2#CT 机左侧	2.05×10^{-4}		1/8	1.92×10^{-5}
		正下方测试车间	2#CT 机下侧	3.26×10^{-3}		1	3.26×10^{-3}
		正下方测试车间	2#CT 机上侧	2.42×10^{-3}		1	2.42×10^{-3}

因本次新增 2 台工业 CT 机相距较近，当两台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对相同关注点叠加剂量率见表 11.2-20。

表 11.2-20 湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区对相同关注点年附加有效剂量估算结果

关注点	1 号 CT 机贡献值 (mSv/a)	2 号 CT 机贡献值 (mSv/a)	叠加总附加剂量 (mSv/a)
1#CT 机操作位	2.04×10^{-3}	1.75×10^{-3}	3.79×10^{-3}
2#CT 机操作位	8.61×10^{-5}	1.75×10^{-3}	1.76×10^{-3}
东侧过道	4.66×10^{-6}	2.18×10^{-4}	2.23×10^{-4}
1#CT 机和 2#CT 机中间生产区	8.61×10^{-5}	1.75×10^{-3}	1.76×10^{-3}
南侧生产区	2.04×10^{-3}	1.54×10^{-4}	2.19×10^{-3}
西侧生产区	8.61×10^{-5}	1.75×10^{-3}	1.76×10^{-3}
北侧生产区	2.04×10^{-3}	2.02×10^{-5}	2.06×10^{-3}
1#CT 机东北侧 ME 配件房	2.04×10^{-3}	1.75×10^{-3}	3.79×10^{-3}
东侧厂区通道	4.66×10^{-6}	2.18×10^{-4}	2.23×10^{-4}
南侧厂区通道	2.55×10^{-4}	1.92×10^{-5}	2.74×10^{-4}
正下方测试车间	2.56×10^{-3}	3.26×10^{-3}	5.82×10^{-3}
正下方测试车间	3.15×10^{-3}	2.42×10^{-3}	5.57×10^{-3}

根据表 11.2-20，在湖东园区 M4 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区的 2 台 CT 机同时运行时，对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 $3.79 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，公众人员最大年附加有效剂量为 $3.79 \times 10^{-3} \text{mSv}$ 。

(2) 湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室 (1 台 “DBA-CT6100 型” 工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 1 人操作, 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 实验室、R2 科研楼、R3 科研楼、ME 仓库居留因子取 1; 洽谈室居留因子取 1/2 (部分居留); 卫生间和休息室居留因子取 1/4 (偶然居留); 通道和过道居留因子取 1/8 (偶然居留) (参考 IAEA47-2006)。

根据表 11.2-21, 湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室新增 1 台 CT 机对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 $9.99 \times 10^{-4} \text{mSv}$, 公众人员最大年附加有效剂量为 $2.67 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。

本项目保守不考虑距离衰减情况，以 CT 机参考点位剂量率进行估算 CT 机对各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-21 湖东园区 R1 科研楼 1 层 1 号 CT 室关注点年附加有效剂量估算计算结果

人员	关注点	参考点位	参考点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
职业人员	操作位	CT 机前侧	1.11×10^{-3}	750	1	9.99×10^{-4}	5
公众人员	北侧 R3 科研楼	CT 机左侧	2.97×10^{-2}		1	2.67×10^{-2}	0.25
	北侧厂区通道	CT 机左侧	2.97×10^{-2}		1/8	3.34×10^{-3}	
	北侧极片测试实验室	CT 机左侧	2.97×10^{-2}		1	2.67×10^{-2}	
	东北侧 R1-141 实验室	CT 机左侧	2.97×10^{-2}		1	2.67×10^{-2}	
	东侧 R1-143 实验室	CT 机后侧	9.30×10^{-4}		1	8.37×10^{-4}	
	东侧 R1-145 实验室	CT 机后侧	9.30×10^{-4}		1	8.37×10^{-4}	
	东南侧前台	CT 机后侧	9.30×10^{-4}		1	8.37×10^{-4}	
	东南侧过道	CT 机后侧	9.30×10^{-4}		1/8	1.05×10^{-4}	
	南侧实验室	CT 机右侧	1.65×10^{-3}		1	1.49×10^{-3}	
	南侧卫生间	CT 机右侧	1.65×10^{-3}		1/4	3.71×10^{-4}	
	南侧洽谈室	CT 机右侧	1.65×10^{-3}		1/2	7.43×10^{-4}	
	南侧休息室	CT 机右侧	1.65×10^{-3}		1/4	3.71×10^{-4}	
	南侧 ME 仓库	CT 机右侧	1.65×10^{-3}		1	1.49×10^{-3}	
	西侧厂区通道	CT 机前侧	1.11×10^{-3}		1/8	1.25×10^{-4}	
	西侧 R2 科研楼	CT 机前侧	1.11×10^{-3}		1	9.99×10^{-4}	
	正上方实验室	CT 机上侧	8.43×10^{-4}		1	7.59×10^{-4}	
	东侧厂区通道	CT 机后侧	9.30×10^{-4}		1/8	1.05×10^{-4}	

(3) 湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区 (1 台 “DBA-CT9200 型” 工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 2 人操作 (每台 1 人), 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 生产区、物料房、南侧的宿舍楼和 W2 厂房居留因子取 1, 茶水间居留因子取 1/4 (偶然居留); 通道和过道居留因子取 1/8 (偶然居留) (参考 IAEA47-2006)。

根据表 11.2-22, 在湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区新增 1 台 CT 机同时运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 $2.10 \times 10^{-3} \text{mSv}$, 公众人员最大年附加有效剂量为 $2.93 \times 10^{-3} \text{mSv}$ 。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区的 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-22 湖西园区 W1 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)
职业人员	操作位	CT 机前侧	2.33×10^{-3}	750	1	2.10×10^{-3}
公众人员	东侧车间通道	CT 机左侧	2.05×10^{-4}		1/8	2.31×10^{-5}
	东侧茶水间	CT 机左侧	2.05×10^{-4}		1/4	4.61×10^{-5}
	东北侧物料房	CT 机左侧	2.05×10^{-4}		1	1.85×10^{-4}
	北侧生产区	CT 机前侧	2.33×10^{-3}		1	2.10×10^{-3}
	西北侧生产区	CT 机右侧	2.69×10^{-5}		1	2.42×10^{-5}
	西侧生产区	CT 机右侧	2.69×10^{-5}		1	2.42×10^{-5}
	南侧车间通道	CT 机后侧	2.33×10^{-3}		1/8	2.62×10^{-4}
	南侧厂区道路	CT 机后侧	2.33×10^{-3}		1/8	2.62×10^{-4}
	南侧宿舍楼厂房	CT 机后侧	2.33×10^{-3}		1	2.10×10^{-3}
	正上方四楼生产区	CT 机上侧	3.26×10^{-3}		1	2.93×10^{-3}
	正下方二楼生产区	CT 机下侧	2.42×10^{-3}		1	2.18×10^{-3}
	东侧 W2 栋厂房	CT 机左侧	2.05×10^{-4}		1	1.85×10^{-4}
	东侧厂区道路	CT 机左侧	2.05×10^{-4}		1/8	2.31×10^{-5}

(4) 湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 (2 台 “RMCT4000-M 型” 工业 CT 机, 现有在建 4 台工业 CT 机型号相同)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 2 人操作 (每台 1 人), 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 北侧、西侧、东侧、正下方的办公区和南侧的宿舍楼居留因子取 1。

根据表 11.2-25 和表 11.2-26, 在湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区新增 2 台 CT 机同时运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 $2.17 \times 10^{-2} \text{mSv}$, 公众人员最大年附加有效剂量为 $5.06 \times 10^{-2} \text{mSv}$, 当 6 台 CT 机同时运行时, 公众人员最大年附加有效剂量为 0.163mSv。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区的 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-23 湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

CT 机	关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
						有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
1 号 CT 机	北侧生产区	左侧	3.5	1.203	4.203	/	5.05×10^{-3}	3.23×10^{-2}	3.74×10^{-2}
	西侧生产区	前侧	17.4	0.917	18.317	/	1.34×10^{-5}	8.58×10^{-5}	9.92×10^{-5}
	宿舍楼	右侧	25	1.15	26.15	1.57×10^{-4}	/	/	1.57×10^{-4}
	东侧生产区	后侧	5.8	0.477	6.277	/	1.14×10^{-4}	7.31×10^{-4}	8.45×10^{-4}
	3 楼测试车间	下侧	4	0.780	4.78	/	1.97×10^{-4}	1.26×10^{-3}	1.46×10^{-3}
2 号 CT 机	北侧生产区	左侧	3.5	1.203	4.203	/	5.05×10^{-3}	3.23×10^{-2}	3.74×10^{-2}
	西侧生产区	前侧	21.3	0.917	22.217	/	9.10×10^{-6}	5.83×10^{-5}	6.74×10^{-5}
	宿舍楼	右侧	25	1.15	26.15	1.57×10^{-4}	/	/	1.57×10^{-4}
	东侧生产区	后侧	1.9	0.477	2.377	/	7.95×10^{-4}	5.09×10^{-3}	5.89×10^{-3}
	3 楼测试车间	下侧	4	0.780	4.78	/	1.97×10^{-4}	1.26×10^{-3}	1.46×10^{-3}

因本次新增 2 台工业 CT 机相距较近，当两台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对相同关注点叠加剂量率见表 11.2-24。

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-24 W1 厂房 CT 机对关注点年附加有效剂量估算计算结果

CT 机	人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)				时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
				有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
1 号 CT 机	职业人员	操作位	1 号 CT 机前侧、2 号 CT 机前侧	/	3.02×10^{-3}	1.93×10^{-2}	2.23×10^{-2}	750	1	1.67×10^{-2}	5.0
	公众人员	北侧生产区		/	5.05×10^{-3}	3.23×10^{-2}	3.74×10^{-2}		1	2.81×10^{-2}	0.25
		西侧生产区		/	1.34×10^{-5}	8.58×10^{-5}	9.92×10^{-5}		1	7.44×10^{-5}	

2 号 CT 机		宿舍楼		1.57×10^{-4}	/	/	1.57×10^{-4}		1	1.18×10^{-4}	
		东侧生产区		/	1.14×10^{-4}	7.31×10^{-4}	8.45×10^{-4}		1	6.34×10^{-4}	
		3 楼测试车间		/	1.97×10^{-4}	1.26×10^{-3}	1.46×10^{-3}		1	1.10×10^{-3}	
	职业人员	操作位	1 号 CT 机后侧、2 号 CT 机前侧	/	3.9×10^{-3}	2.50×10^{-2}	2.89×10^{-2}		1	2.17×10^{-2}	5.0
	公众人员	北侧生产区		/	5.05×10^{-3}	3.23×10^{-2}	3.74×10^{-2}		1	2.81×10^{-2}	0.25
		西侧生产区		/	9.10×10^{-6}	5.83×10^{-5}	6.74×10^{-5}		1	5.06×10^{-5}	
		宿舍楼		1.57×10^{-4}	/	/	1.57×10^{-4}		1	1.18×10^{-4}	
		东侧生产区		/	7.95×10^{-4}	5.09×10^{-3}	5.89×10^{-3}		1	4.42×10^{-3}	
		3 楼测试车间		/	1.97×10^{-4}	1.26×10^{-3}	1.46×10^{-3}		1	1.10×10^{-3}	

因本次湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区新增的 2 台工业 CT 机相距较近，当 2 台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对于相同关注点叠加剂量率见表 11.2-25。

表 11.2-25 湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 2 台 CT 机对相同关注点年附加有效剂量估算计算结果

关注点	5#CT 机贡献值 (mSv/a)	6#CT 机贡献值 (mSv/a)	叠加总附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
北侧生产区	2.81×10^{-2}	2.81×10^{-2}	5.06×10^{-2}	0.25
西侧生产区	7.44×10^{-5}	5.06×10^{-5}	1.25×10^{-4}	
宿舍楼	1.18×10^{-4}	1.18×10^{-4}	2.36×10^{-4}	
东侧生产区	6.34×10^{-4}	4.42×10^{-3}	5.05×10^{-3}	
3 楼测试车间	1.10×10^{-3}	1.10×10^{-3}	2.20×10^{-3}	

因湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区现有在建 4 台工业 CT 机，当本次新增的 2 台设备与现有的 4 台工业 CT 机同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，6 台工业 CT 机对于相同关注点叠加剂量率见表 11.2-26。

表 11.2-26 湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 6 台 CT 机对相同关注点年附加有效剂量估算计算结果

关注点	现有在建 4 台 CT 机贡献值 (mSv/a)	5#CT 机贡献值 (mSv/a)	6#CT 机贡献值 (mSv/a)	叠加总附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
北侧生产区	0.112	2.81×10^{-2}	2.81×10^{-2}	0.163	0.25
西侧生产区	2.81×10^{-3}	7.44×10^{-5}	5.06×10^{-5}	2.94×10^{-3}	
宿舍楼	4.32×10^{-4}	1.18×10^{-4}	1.18×10^{-4}	6.68×10^{-4}	
东侧生产区	3.91×10^{-3}	6.34×10^{-4}	4.42×10^{-3}	8.96×10^{-3}	
3 楼测试车间	3.36×10^{-3}	1.10×10^{-3}	1.10×10^{-3}	5.56×10^{-3}	

注：①现有在建 4 台 CT 机型号为“RMCT4000-M 型”与本次新增 2 台 CT 机型号一致；

②现有在建 4 台 CT 机贡献值引用《宁德新能源科技有限公司 7 台工业 CT 机项目环境影响评价报告》。

(5) 湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区 (2 台 “DBA-CT6100 型” 工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 1 人操作, 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 生产区、W6 厂房、W4 厂房和 ME/装配维修房居留因子取 1, 卫生间和休息室居留因子取 1/4 (偶然居留); 通道和过道居留因子取 1/8 (偶然居留) (参考 IAEA47-2006)。

根据表 11.2-29, 在湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区新增 2 台 CT 机同时运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 $1.67 \times 10^{-3} \text{mSv}$, 公众人员最大年附加有效剂量为 $2.93 \times 10^{-3} \text{mSv}$ 。

表 11.2-27 湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

CT 机	关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
						有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
1 号 CT 机	北侧车间通道	CT 机左侧	1.0	1.6	2.6	1.59×10^{-2}	/	/	1.59×10^{-2}
	北侧厂区通道	CT 机左侧	3.5	1.6	5.1	4.13×10^{-3}	/	/	4.13×10^{-3}
	北侧 W6 厂房	CT 机左侧	22.6	1.6	24.2	1.83×10^{-4}	/	/	1.83×10^{-4}
	东侧生产区	CT 机后侧	4.3	0.8	5.1	/	6.95×10^{-6}	4.45×10^{-5}	5.15×10^{-5}
	南侧生产区	CT 机右侧	1.0	0.6	1.6	/	7.06×10^{-5}	4.52×10^{-4}	5.23×10^{-4}
	西南侧物料房	CT 机右侧	24.6	0.6	25.2	/	2.85×10^{-7}	1.82×10^{-6}	2.11×10^{-6}
	西南侧 ME/装配维修房	CT 机右侧	17.5	0.6	18.1	/	5.52×10^{-7}	3.54×10^{-6}	4.09×10^{-6}
	西南侧卫生间	CT 机右侧	9.0	0.6	9.6	/	1.96×10^{-6}	1.26×10^{-5}	1.45×10^{-5}
	西侧休息室	CT 机前侧	7.1	0.8	7.9	/	2.90×10^{-6}	1.86×10^{-5}	2.15×10^{-5}
	西侧厂区通道	CT 机前侧	37.5	0.8	38.3	/	1.23×10^{-7}	7.90×10^{-7}	9.13×10^{-7}
	西侧 W4 厂房	CT 机前侧	43.2	0.8	44	/	9.34×10^{-8}	5.98×10^{-7}	6.92×10^{-7}
	正上方 4F 生产区	CT 机上侧	4	0.96	4.96	/	7.35×10^{-6}	4.71×10^{-5}	5.44×10^{-5}
	正下方 2F 生产区	CT 机下侧	4	0.9	4.9	/	7.53×10^{-6}	4.82×10^{-5}	5.58×10^{-5}
2 号 CT 机	北侧车间通道	CT 机左侧	1.0	1.6	2.6	1.59×10^{-2}	/	/	1.59×10^{-2}
	北侧厂区通道	CT 机左侧	3.5	1.6	5.1	4.13×10^{-3}	/	/	4.13×10^{-3}
	北侧 W6 厂房	CT 机左侧	22.6	1.6	24.2	1.83×10^{-4}	/	/	1.83×10^{-4}
	东侧生产区	CT 机后侧	1.0	0.8	1.8	/	5.58×10^{-5}	3.58×10^{-4}	4.13×10^{-4}
	南侧生产区	CT 机右侧	1.0	0.6	1.6	/	7.06×10^{-5}	4.52×10^{-4}	5.23×10^{-4}
	西南侧物料房	CT 机右侧	24.6	0.6	25.2	/	2.85×10^{-7}	1.82×10^{-6}	2.11×10^{-6}
	西南侧 ME/装配维修房	CT 机右侧	17.5	0.6	18.1	/	5.52×10^{-7}	3.54×10^{-6}	4.09×10^{-6}
	西南侧卫生间	CT 机右侧	9.0	0.6	9.6	/	1.96×10^{-6}	1.26×10^{-5}	1.45×10^{-5}
	西侧休息室	CT 机前侧	11.4	0.8	12.2	/	1.21×10^{-6}	7.78×10^{-6}	9.00×10^{-6}
	西侧厂区通道	CT 机前侧	41.8	0.8	42.6	/	9.96×10^{-8}	6.38×10^{-7}	7.38×10^{-7}
	西侧 W4 厂房	CT 机前侧	47.5	0.8	48.3	/	7.75×10^{-8}	4.97×10^{-7}	5.74×10^{-7}
	正上方 4F 生产区	CT 机上侧	4	0.96	4.96	/	7.35×10^{-6}	4.71×10^{-5}	5.44×10^{-5}
	正下方 2F 生产区	CT 机下侧	4	0.9	4.9	/	7.53×10^{-6}	4.82×10^{-5}	5.58×10^{-5}

表 11.2-28 湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

CT 机	人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)
1#CT 机	职业人员	1 号 CT 机操作位	1#CT 机前侧	1.11×10^{-3}	750	1	8.33×10^{-4}
		2 号 CT 机操作位	1#CT 机后侧	9.30×10^{-4}		1	6.98×10^{-4}
	公众人员	北侧车间通道	CT 机左侧	1.59×10^{-2}		1/8	1.49×10^{-3}
		北侧厂区通道	CT 机左侧	4.13×10^{-3}		1/8	3.87×10^{-4}
		北侧 W6 厂房	CT 机左侧	1.83×10^{-4}		1	1.38×10^{-4}
		东侧生产区	CT 机后侧	5.15×10^{-5}		1	3.86×10^{-5}
		南侧生产区	CT 机右侧	5.23×10^{-4}		1	3.92×10^{-4}
		西南侧物料房	CT 机右侧	2.11×10^{-6}		1	1.58×10^{-6}
		西南侧 ME/装配维修房	CT 机右侧	4.09×10^{-6}		1	3.07×10^{-6}
		西南侧卫生间	CT 机右侧	1.45×10^{-5}		1/4	2.72×10^{-6}
		西侧休息室	CT 机前侧	2.15×10^{-5}		1/4	4.02×10^{-6}
		西侧厂区通道	CT 机前侧	9.13×10^{-7}		1/8	1.03×10^{-7}
		西侧 W4 厂房	CT 机前侧	6.92×10^{-7}		1	5.19×10^{-7}
		正上方 4F 生产区	CT 机上侧	5.44×10^{-5}		1	4.08×10^{-5}
		正下方 2F 生产区	CT 机下侧	5.58×10^{-5}		1	4.18×10^{-5}
	职业人员	1 号 CT 机操作位	2#CT 机前侧	1.11×10^{-3}		1	8.33×10^{-4}
		2 号 CT 机操作位	2#CT 机前侧	1.11×10^{-3}		1	8.33×10^{-4}
2#CT 机	公众人员	北侧车间通道	CT 机左侧	1.59×10^{-2}	750	1/8	1.49×10^{-3}
		北侧厂区通道	CT 机左侧	4.13×10^{-3}		1/8	3.87×10^{-4}
		北侧 W6 厂房	CT 机左侧	1.83×10^{-4}		1	1.38×10^{-4}
		东侧生产区	CT 机后侧	4.13×10^{-4}		1	3.10×10^{-4}
		南侧生产区	CT 机右侧	5.23×10^{-4}		1	3.92×10^{-4}
		西南侧物料房	CT 机右侧	2.11×10^{-6}		1	1.58×10^{-6}
		西南侧 ME/装配维修房	CT 机右侧	4.09×10^{-6}		1	3.07×10^{-6}
		西南侧卫生间	CT 机右侧	1.45×10^{-5}		1/4	2.72×10^{-6}
		西侧休息室	CT 机前侧	9.00×10^{-6}		1/4	1.69×10^{-6}
		西侧厂区通道	CT 机前侧	7.38×10^{-7}		1/8	8.30×10^{-8}
		西侧 W4 厂房	CT 机前侧	5.74×10^{-7}		1	4.31×10^{-7}
		正上方 4F 生产区	CT 机上侧	5.44×10^{-5}		1	4.08×10^{-5}

		正下方 2F 生产区	CT 机下侧	5.58×10^{-5}		1	4.18×10^{-5}
--	--	------------	--------	-----------------------	--	---	-----------------------

因本次湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区新增的 2 台工业 CT 机相距较近，当 2 台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对于相同关注点叠加剂量率见表 11.2-29。

表 11.2-29 湖西园区 W3 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区 2 台 CT 机对相同关注点年附加有效剂量估算计算结果

关注点	1#CT 机贡献值 (mSv/a)	2#CT 机贡献值 (mSv/a)	叠加总附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
1 号 CT 机操作位	8.33×10^{-4}	8.33×10^{-4}	1.67×10^{-3}	5.0
2 号 CT 机操作位	6.98×10^{-4}	8.33×10^{-4}	1.53×10^{-3}	
北侧车间通道	1.49×10^{-3}	1.49×10^{-3}	2.98×10^{-3}	0.25
北侧厂区通道	3.87×10^{-4}	3.87×10^{-4}	7.74×10^{-4}	
北侧 W6 厂房	1.38×10^{-4}	1.38×10^{-4}	2.75×10^{-4}	
东侧生产区	3.86×10^{-5}	3.10×10^{-4}	3.49×10^{-4}	
南侧生产区	3.92×10^{-4}	3.92×10^{-4}	7.85×10^{-4}	
西南侧物料房	1.58×10^{-6}	1.58×10^{-6}	3.16×10^{-6}	
西南侧 ME/装配维修房	3.07×10^{-6}	3.07×10^{-6}	6.13×10^{-6}	
西南侧卫生间	2.72×10^{-6}	2.72×10^{-6}	5.45×10^{-6}	
西侧休息室	4.02×10^{-6}	1.69×10^{-6}	5.71×10^{-6}	
西侧厂区通道	1.03×10^{-7}	8.30×10^{-8}	1.86×10^{-7}	
西侧 W4 厂房	5.19×10^{-7}	4.31×10^{-7}	9.49×10^{-7}	
正上方 4F 生产区	4.08×10^{-5}	4.08×10^{-5}	8.16×10^{-5}	
正下方 2F 生产区	4.18×10^{-5}	4.18×10^{-5}	8.37×10^{-5}	

(6) 湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 (1 台 “Phoenix V|tome|x M300/180” 工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 1 人操作 (每台 1 人), 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 生产区和保安岗居留因子取 1, 更衣室居留因子取 1/4 (偶然居留); 通道和过道居留因子取 1/8 (偶然居留) (参考 IAEA47-2006)。

根据表 11.2-31, 在湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区新增 1 台 CT 机同时运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.564mSv, 公众人员最大年附加有效剂量为 0.215mSv。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区的 1 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-30 湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 (μSv/h)			
					有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
北侧生产车间	后侧	2.6	1.203	3.803	/	9.49×10^{-3}	6.08×10^{-2}	7.03×10^{-2}
西侧 IPQC 检测房	左侧	3.0	1.15	3.917	0.287	/	/	0.287
西侧测试车间	左侧	3.6	1.15	4.75	0.219	/	/	0.219
南侧生产车间	前侧	2.5	0.477	2.977	/	6.90×10^{-3}	4.42×10^{-2}	5.11×10^{-2}
东南侧保安岗	前侧	7.2	0.477	7.677	/	1.04×10^{-3}	6.65×10^{-3}	7.69×10^{-3}
东南侧更衣室	前侧	7.5	0.477	7.977	/	9.62×10^{-4}	6.16×10^{-3}	7.12×10^{-3}
东侧生产车间	右侧	3.2	1.203	4.403	/	7.08×10^{-3}	4.54×10^{-2}	5.25×10^{-2}
东北侧更衣室	后侧	15.9	0.917	16.817	/	4.85×10^{-4}	3.11×10^{-3}	3.60×10^{-3}
东北侧保安岗	后侧	21.9	0.917	22.817	/	2.64×10^{-4}	1.69×10^{-3}	1.95×10^{-3}
正上方过道	下侧	4	0.997	4.997	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}
正下方生产车间	上侧	4	0.78	4.78	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}
东侧车间过道	右侧	14.3	1.203	15.503	/	5.71×10^{-4}	3.66×10^{-3}	4.23×10^{-3}

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 1 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-31 湖西园区 W21 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算计算结果

人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率 (μSv/h)				时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
			有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
职业人员	操作位	前侧	/	0.101	0.649	0.751	750	1	0.564	5.0
公众人员	北侧生产车间		/	9.49×10^{-3}	6.08×10^{-2}	7.03×10^{-2}		1	5.27×10^{-2}	0.25

	西侧 IPQC 检测房	0.287	/	/	0.287		1	0.215	
	西侧测试车间	0.219	/	/	0.219		1	0.164	
	南侧生产车间	/	6.90×10^{-3}	4.42×10^{-2}	5.11×10^{-2}		1	3.83×10^{-2}	
	东南侧保安岗	/	1.04×10^{-3}	6.65×10^{-3}	7.69×10^{-3}		1	5.77×10^{-3}	
	东南侧更衣室	/	9.62×10^{-4}	6.16×10^{-3}	7.12×10^{-3}		1/4	1.34×10^{-3}	
	东侧生产车间	/	7.08×10^{-3}	4.54×10^{-2}	5.25×10^{-2}		1	3.94×10^{-2}	
	东北侧更衣室	/	4.85×10^{-4}	3.11×10^{-3}	3.60×10^{-3}		1/4	6.75×10^{-4}	
	东北侧保安岗	/	2.64×10^{-4}	1.69×10^{-3}	1.95×10^{-3}		1	1.46×10^{-3}	
	正上方过道	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}		1/8	3.82×10^{-3}	
	正下方生产车间	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}		1	3.34×10^{-2}	
	东侧车间过道	/	5.71×10^{-4}	3.66×10^{-3}	4.23×10^{-3}		1/8	3.97×10^{-4}	

(7) 湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区 (1 台 “Phoenix V|tome|x M300/180” 工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 1 人操作 (每台 1 人), 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 生产区和保安岗居留因子取 1, 更衣室居留因子取 1/4 (偶然居留) (参考 IAEA47-2006)。

根据表 11.2-33, 在湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区新增 1 台 CT 机同时运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.564mSv, 公众人员最大年附加有效剂量为 0.172mSv。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区的 1 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-32 湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 (μSv/h)			
					有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
东侧生产区	右侧	1.9	1.203	3.103	/	1.43×10^{-2}	9.14×10^{-2}	0.106
西侧生产区	左侧	3.5	1.15	4.15	0.229	/	/	0.229
南侧生产区	前侧	1.2	0.477	1.677	/	2.18×10^{-2}	0.139	0.161
北侧生产区	后侧	1.3	0.917	2.217	/	2.79×10^{-2}	0.179	0.207
东南更衣室	前侧	18.1	0.477	18.577	/	1.77×10^{-4}	1.14×10^{-3}	1.31×10^{-3}
东南保安岗	前侧	18.4	0.477	18.877	/	1.72×10^{-4}	1.10×10^{-3}	1.27×10^{-3}
东北更衣室	后侧	17.1	0.917	18.017	/	1.89×10^{-4}	1.21×10^{-3}	1.40×10^{-3}
东北保安岗	后侧	17.6	0.917	18.517	/	1.78×10^{-4}	1.14×10^{-3}	1.32×10^{-3}
正上方生产区	上侧	4	0.997	4.997	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-33 湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算计算结果

人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率（μSv/h）				时间（h/a）	居留因子	年附加剂量（mSv/a）	约束值（mSv/a）
			有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
职业人员	操作位	前侧	/	0.101	0.649	0.751	750	1	0.564	5.0
公众人员	东侧生产区		/	1.43×10 ⁻²	9.14×10 ⁻²	0.106		1	7.95×10 ⁻²	0.25
	西侧生产区		0.229	/	/	0.229		1	0.172	
	南侧生产区		/	2.18×10 ⁻²	0.139	0.161		1	0.121	

	北侧生产区	/	2.79×10^{-2}	0.179	0.207		1	0.155	
	东南更衣室	/	1.77×10^{-4}	1.14×10^{-3}	1.31×10^{-3}		1/4	2.46×10^{-4}	
	东南保安岗	/	1.72×10^{-4}	1.10×10^{-3}	1.27×10^{-3}		1	9.53×10^{-4}	
	东北更衣室	/	1.89×10^{-4}	1.21×10^{-3}	1.40×10^{-3}		1/4	2.63×10^{-4}	
	东北保安岗	/	1.78×10^{-4}	1.14×10^{-3}	1.32×10^{-3}		1	9.90×10^{-4}	
	正上方生产区	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}		1	3.05×10^{-2}	

(8) 湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区 (2 台 “Phoenix V|tome|x M300/180” 工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 2 人操作 (每台 1 人), 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 生产区、W23 厂房和物料房居留因子取 1, 休息区居留因子取 1/4 (偶然居留)。

根据表 11.2-36, 在湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区新增 2 台 CT 机同时运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 2.32mSv, 公众人员最大年附加有效剂量为 6.68×10^{-2} mSv。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区的 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-34 湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

CT 机	关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
						有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
1 号 CT 机	北侧车间通道	后侧	1.45	0.917	2.367	/	2.45×10^{-2}	0.157	0.181
	北侧厂区过道	后侧	9.12	0.917	10.037	/	1.36×10^{-3}	8.73×10^{-3}	1.01×10^{-2}
	北侧 W23 厂房	后侧	13.5	0.917	14.417	/	6.60×10^{-4}	4.23×10^{-3}	4.89×10^{-3}
	西侧生产区	左侧	12.3	1.15	13.45	2.73×10^{-2}	/	/	2.73×10^{-2}
	南侧生产区	前侧	8.4	0.477	8.877	/	7.77×10^{-4}	4.98×10^{-3}	5.75×10^{-3}
	东南侧物料房	前侧	24.1	0.477	24.577	/	1.01×10^{-4}	6.49×10^{-4}	7.50×10^{-4}
	东侧休息区	右侧	23.2	1.203	24.403	/	2.31×10^{-4}	1.48×10^{-3}	1.71×10^{-3}
	东侧过道	右侧	18.8	1.203	20.003	/	3.43×10^{-4}	2.20×10^{-3}	2.54×10^{-3}
	东侧厂区道路	右侧	33.3	1.203	34.503	/	1.15×10^{-4}	7.39×10^{-4}	8.54×10^{-4}
	正上方生产区	上侧	4	0.997	4.997	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}
	正下方生产区	下侧	4	0.78	4.78	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}
2 号 CT 机	北侧车间通道	后侧	1.45	0.917	2.367	/	2.45×10^{-2}	0.157	0.181
	北侧厂区过道	后侧	9.12	0.917	10.037	/	1.36×10^{-3}	8.73×10^{-3}	1.01×10^{-2}
	北侧 W23 厂房	后侧	13.5	0.917	14.417	/	6.60×10^{-4}	4.23×10^{-3}	4.89×10^{-3}
	西侧生产区	左侧	20.3	1.15	21.45	1.08×10^{-2}	/	/	1.08×10^{-2}
	南侧生产区	前侧	8.4	0.477	8.877	/	7.77×10^{-4}	4.98×10^{-3}	5.75×10^{-3}
	东南侧物料房	前侧	24.1	0.477	24.577	/	1.01×10^{-4}	6.49×10^{-4}	7.50×10^{-4}
	东侧休息区	右侧	14.1	1.203	15.303	/	5.86×10^{-4}	3.76×10^{-3}	4.34×10^{-3}
	东侧过道	右侧	10.1	1.203	11.303	/	1.07×10^{-3}	6.88×10^{-3}	7.96×10^{-3}
	东侧厂区道路	右侧	24.9	1.203	26.103	/	2.01×10^{-4}	1.29×10^{-3}	1.49×10^{-3}
	正上方生产区	上侧	4	0.997	4.997	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}
	正下方生产区	下侧	4	0.78	4.78	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}

因本次新增 2 台工业 CT 机相距较近，当两台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对相同关注点叠加剂量率见表 11.2-35。

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-35 湖西园区 W22 栋厂房 2 层 1 号 CT 检测区关注点年附加有效剂量估算计算结果

CT 机	人员	关注点 位	参考点位	参考点剂量率 (μSv/h)				时间 (h/a)	居留因 子	年附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
				有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
1 号 CT 机	职业人 员	操作位	1 号 CT 机前侧、2 号 CT 机左侧	2.34	0.101	0.649	3.09	750	1	2.32	5.0
	公众人 员	北侧车间通道		/	2.45×10^{-2}	0.157	0.181		1/8	1.70×10^{-2}	0.25
		北侧厂区过道		/	1.36×10^{-3}	8.73×10^{-3}	1.01×10^{-2}		1/8	9.47×10^{-4}	
		北侧 W23 厂房		/	6.60×10^{-4}	4.23×10^{-3}	4.89×10^{-3}		1	3.67×10^{-3}	
		西侧生产区		2.73×10^{-2}	/	/	2.73×10^{-2}		1	2.05×10^{-2}	
		南侧生产区		/	7.77×10^{-4}	4.98×10^{-3}	5.75×10^{-3}		1	4.31×10^{-3}	
		东南侧物料房		/	1.01×10^{-4}	6.49×10^{-4}	7.50×10^{-4}		1	5.63×10^{-4}	
		东侧休息区		/	2.31×10^{-4}	1.48×10^{-3}	1.71×10^{-3}		1/4	3.21×10^{-4}	
		东侧过道		/	3.43×10^{-4}	2.20×10^{-3}	2.54×10^{-3}		1/8	2.38×10^{-4}	
		东侧厂区道路		/	1.15×10^{-4}	7.39×10^{-4}	8.54×10^{-4}		1/8	8.01×10^{-5}	
		正上方生产区		/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}		1	3.05×10^{-2}	
		正下方生产区		/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}		1	3.34×10^{-2}	
2 号 CT	职业人 员	操作位	1 号 CT 机右侧、2 号 CT 机前侧	/	0.162	1.038	1.2		1	1.293	5.0

机	公众人员	北侧车间通道	/	2.45×10^{-2}	0.157	0.181		1/8	1.70×10^{-2}	0.25
		北侧厂区过道	/	1.36×10^{-3}	8.73×10^{-3}	1.01×10^{-2}		1/8	9.47×10^{-4}	
		北侧 W23 厂房	/	6.60×10^{-4}	4.23×10^{-3}	4.89×10^{-3}		1	3.67×10^{-3}	
		西侧生产区	1.08×10^{-2}	/	/	1.08×10^{-2}		1	8.10×10^{-3}	
		南侧生产区	/	7.77×10^{-4}	4.98×10^{-3}	5.75×10^{-3}		1	4.31×10^{-3}	
		东南侧物料房	/	1.01×10^{-4}	6.49×10^{-4}	7.50×10^{-4}		1	5.63×10^{-4}	
		东侧休息区	/	5.86×10^{-4}	3.76×10^{-3}	4.34×10^{-3}		1/4	8.14×10^{-4}	
		东侧过道	/	1.07×10^{-3}	6.88×10^{-3}	7.96×10^{-3}		1/8	7.46×10^{-4}	
		东侧厂区道路	/	2.01×10^{-4}	1.29×10^{-3}	1.49×10^{-3}		1/8	1.40×10^{-4}	
		正上方生产区	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}		1	3.05×10^{-2}	
		正下方生产区	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}		1	3.34×10^{-2}	

因本次湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区新增的 2 台工业 CT 机相距较近，当 2 台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对于相同关注点叠加剂量率见表 11.2-36。

表 11.2-36 湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 2 台 CT 机对相同关注点年附加有效剂量估算计算结果

关注点	1 号 CT 机贡献值 (mSv/a)	2 号 CT 机贡献值 (mSv/a)	叠加总附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
北侧车间通道	1.70×10^{-2}	1.70×10^{-2}	3.40×10^{-2}	0.25
北侧厂区过道	9.47×10^{-4}	9.47×10^{-4}	1.89×10^{-3}	
北侧 W23 厂房	3.67×10^{-3}	3.67×10^{-3}	7.34×10^{-3}	
西侧生产区	2.05×10^{-2}	8.10×10^{-3}	2.86×10^{-2}	
南侧生产区	4.31×10^{-3}	4.31×10^{-3}	8.62×10^{-3}	
东南侧物料房	5.63×10^{-4}	5.63×10^{-4}	1.13×10^{-3}	
东侧休息区	3.21×10^{-4}	8.14×10^{-4}	1.14×10^{-3}	
东侧过道	2.38×10^{-4}	7.46×10^{-4}	9.84×10^{-4}	

东侧厂区道路	8.01×10^{-5}	1.40×10^{-4}	2.20×10^{-4}	
正上方生产区	3.05×10^{-2}	3.05×10^{-2}	6.10×10^{-2}	
正下方生产区	3.34×10^{-2}	3.34×10^{-2}	6.68×10^{-2}	

(9)湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区(1 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 1 人操作(每台 1 人), 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员(公众人员)生产区和保安岗居留因子取 1, 更衣室居留因子取 1/4(偶然居留)。

根据表 11.2-38, 在湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区新增 1 台 CT 机同时运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.564mSv, 公众人员最大年附加有效剂量为 0.215mSv。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区的 1 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-37 湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
					有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
东侧生产区	右侧	2.4	1.203	3.603	/	1.06×10^{-2}	6.78×10^{-2}	7.83×10^{-2}
西侧生产区	左侧	3.0	1.15	4.15	0.287	/	/	0.287
南侧生产区	前侧	2.6	0.477	3.077	/	6.46×10^{-3}	4.14×10^{-2}	4.79×10^{-2}
北侧生产区	后侧	1.6	0.917	2.517	/	2.17×10^{-2}	0.139	0.161
东南更衣室	前侧	10.5	0.477	10.977	/	5.08×10^{-4}	3.25×10^{-3}	3.76×10^{-3}
东南保安岗	前侧	11.6	0.477	12.077	/	4.20×10^{-4}	2.69×10^{-3}	3.11×10^{-3}
东北更衣室	后侧	23.2	0.917	24.117	/	2.36×10^{-4}	1.51×10^{-3}	1.75×10^{-3}
东北保安岗	后侧	27.6	0.917	28.517	/	1.69×10^{-4}	1.08×10^{-3}	1.25×10^{-3}
正上方生产区	上侧	4	0.997	4.997	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}
正下方生产区	下侧	4	0.78	4.78	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 1 层 1 号 CT 检测区对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-38 湖西园区 W22 栋厂房 3 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算计算结果

人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率（μSv/h）				时间（h/a）	居留因子	年附加剂量（mSv/a）	约束值（mSv/a）
			有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
职业人员	操作位	前侧	/	0.101	0.649	0.751	750	1	0.564	5.0
公众人员	东侧生产区		/	1.06×10 ⁻²	6.78×10 ⁻²	7.83×10 ⁻²		1	5.87×10 ⁻²	0.25
	西侧生产区		0.287	/	/	0.287		1	0.215	

	南侧生产区	/	6.46×10^{-3}	4.14×10^{-2}	4.79×10^{-2}		1	3.59×10^{-2}	
	北侧生产区	/	2.17×10^{-2}	0.139	0.161		1	0.121	
	东南更衣室	/	5.08×10^{-4}	3.25×10^{-3}	3.76×10^{-3}		1/4	7.05×10^{-4}	
	东南保安岗	/	4.20×10^{-4}	2.69×10^{-3}	3.11×10^{-3}		1	2.33×10^{-4}	
	东北更衣室	/	2.36×10^{-4}	1.51×10^{-3}	1.75×10^{-3}		1/4	3.28×10^{-4}	
	东北保安岗	/	1.69×10^{-4}	1.08×10^{-3}	1.25×10^{-3}		1	9.38×10^{-4}	
	正上方生产区	/	5.50×10^{-3}	3.52×10^{-2}	4.07×10^{-2}		1	3.05×10^{-2}	
	正下方生产区	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}		1	3.34×10^{-2}	

(10)湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区(2 台“Phoenix V|tome|x M300/180”工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间，本项目每天工作的时间以 2~3h，以 3 小时计，配置 2 人操作（每台 1 人），操作人员每周工作 5 天，年工作 250 天，辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作，本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，辐射工作人员居留因子取 1，非辐射工作人员（公众人员）生产区和保安岗居留因子取 1，更衣室居留因子取 1/4（偶然居留）。

根据表 11.2-41，在湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区新增 2 台 CT 机同时运行时，对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 1.35mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 0.145mSv。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区的 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-39 湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

CT 机	关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
						有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
1 号 CT 机	东侧生产区	右侧	6.28	1.203	7.483	/	2.45×10^{-3}	1.57×10^{-2}	1.82×10^{-2}
	西侧生产区	左侧	7.21	1.15	8.36	7.08×10^{-2}	/	/	7.08×10^{-2}
	南侧生产区	前侧	1.35	0.477	1.827	/	1.83×10^{-2}	0.117	0.136
	北侧生产区	后侧	12.2	0.917	13.117	/	7.98×10^{-4}	5.11×10^{-3}	5.91×10^{-3}
	西北侧休息区	左侧	36.6	1.15	37.75	3.47×10^{-3}	/	/	3.47×10^{-3}
	西侧 FQA 样品房	左侧	28.6	1.15	29.75	5.59×10^{-3}	/	/	5.59×10^{-3}
	南侧厂区道路	前侧	20.1	0.477	20.577		1.45×10^{-4}	9.26×10^{-4}	1.07×10^{-3}
	正下方生产区	下侧	4	0.78	4.78	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}
2 号 CT 机	东侧生产区	右侧	1.18	1.203	7.483	/	2.45×10^{-3}	1.57×10^{-2}	1.82×10^{-2}
	西侧生产区	左侧	4.12	1.15	8.36	7.08×10^{-2}	/	/	7.08×10^{-2}
	南侧生产区	前侧	2.35	0.477	2.827	/	7.66×10^{-3}	4.91×10^{-2}	5.67×10^{-2}
	北侧生产区	后侧	11.2	0.917	12.117	/	9.35×10^{-4}	5.99×10^{-3}	6.93×10^{-3}
	西北侧休息区	左侧	36.6	1.15	37.75	3.47×10^{-3}	/	/	3.47×10^{-3}
	西侧 FQA 样品房	左侧	28.6	1.15	29.75	5.59×10^{-3}	/	/	5.59×10^{-3}
	南侧厂区道路	前侧	21.1	0.477	21.577	/	1.31×10^{-4}	8.42×10^{-4}	9.74×10^{-4}
	正下方生产区	下侧	4	0.78	4.78	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}

因本次新增 2 台工业 CT 机相距较近，当两台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对相同关注点叠加剂量率见表 11.2-40。

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区 2 台 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-40 湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区关注点年附加有效剂量估算计算结果

CT 机	人员	关注点 位	参考点位	参考点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)				时间 (h/a)	居留因 子	年附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
				有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
1 号 CT 机	职业人 员	操作位	1 号 CT 机前侧、2 号 CT 机前侧	/	0.202	1.298	1.5	750	1	1.35	5.0
	公众人 员	东侧生产区		/	2.45×10^{-3}	1.57×10^{-2}	1.82×10^{-2}		1	1.37×10^{-2}	0.25
		西侧生产区		7.08×10^{-2}	/	/	7.08×10^{-2}		1	5.31×10^{-2}	
		南侧生产区		/	1.83×10^{-2}	0.117	0.136		1	0.102	
		北侧生产区		/	7.98×10^{-4}	5.11×10^{-3}	5.91×10^{-3}		1	4.43×10^{-3}	
		西北侧休息区		3.47×10^{-3}	/	/	3.47×10^{-3}		1/4	6.51×10^{-4}	
		西侧 FQA 样品房		5.59×10^{-3}	/	/	5.59×10^{-3}		1	4.19×10^{-3}	
		南侧厂区道路			1.45×10^{-4}	9.26×10^{-4}	1.07×10^{-3}		1/8	1.00×10^{-4}	
		正下方生产区		/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}		1	3.34×10^{-2}	
2 号 CT 机	职业人 员	操作位	1 号 CT 机后侧、2 号 CT 机前侧	/	0.194	1.243	1.437		1	1.29	5.0
	公众人 员	东侧生产区		/	2.45×10^{-3}	1.57×10^{-2}	1.82×10^{-2}		1	1.37×10^{-2}	0.25
		西侧生产区		7.08×10^{-2}	/	/	7.08×10^{-2}		1	5.31×10^{-2}	
		南侧生产区		/	7.66×10^{-3}	4.91×10^{-2}	5.67×10^{-2}		1	4.25×10^{-2}	
		北侧生产区		/	9.35×10^{-4}	5.99×10^{-3}	6.93×10^{-3}		1	5.20×10^{-3}	
		西北侧休息区		3.47×10^{-3}	/	/	3.47×10^{-3}		1/4	6.51×10^{-4}	
		西侧 FQA 样品房		5.59×10^{-3}	/	/	5.59×10^{-3}		1	4.19×10^{-3}	

		南侧厂区道路	/	1.31×10^{-4}	8.42×10^{-4}	9.74×10^{-4}		1/8	9.13×10^{-5}	
		正下方生产区	/	6.01×10^{-3}	3.85×10^{-2}	4.45×10^{-2}		1	3.34×10^{-2}	

因本次湖西园区 W22 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区新增的 2 台工业 CT 机相距较近，当 2 台设备同时工作时，对相同关注点存在辐射剂量叠加，2 台工业 CT 机对于相同关注点叠加剂量率见表 11.2-41。

表 11.2-41 湖西园区 W1 栋厂房 4 层 3 号 CT 检测区 2 台 CT 机对相同关注点年附加有效剂量估算计算结果

关注点	1 号 CT 机贡献值 (mSv/a)	2 号 CT 机贡献值 (mSv/a)	叠加总附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
东侧生产区	1.37×10^{-2}	1.37×10^{-2}	2.74×10^{-2}	0.25
西侧生产区	5.31×10^{-2}	5.31×10^{-2}	0.106	
南侧生产区	0.102	4.25×10^{-2}	0.145	
北侧生产区	4.43×10^{-3}	5.20×10^{-3}	9.63×10^{-2}	
西北侧休息区	6.51×10^{-4}	6.51×10^{-4}	1.30×10^{-3}	
西侧 FQA 样品房	4.19×10^{-3}	4.19×10^{-3}	8.38×10^{-3}	
南侧厂区道路	1.00×10^{-4}	9.13×10^{-5}	1.91×10^{-4}	
正下方生产区	3.34×10^{-2}	3.34×10^{-2}	6.68×10^{-2}	

(11) 湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 (1 台 “RMCT4000-M 型” 工业 CT 机)

t—X 射线装置周照射时间, 本项目每天工作的时间以 2~3h, 以 3 小时计, 配置 1 人操作 (每台 1 人), 操作人员每周工作 5 天, 年工作 250 天, 辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作, 本评价保守按人均均为 750h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 辐射工作人员居留因子取 1, 非辐射工作人员 (公众人员) 测试车间、QA 测量房、干燥房居留因子取 1; 通道居留因子取 1/8 (偶然居留) (参考 IAEA47-2006)。

根据表 11.2-43, 在湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区新增 1 台 CT 机运行时, 对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 $8.40 \times 10^{-3} \text{mSv}$, 公众人员最大年附加有效剂量为 0.116mSv。当与现有在建 1 台 CT 机同时运行时, 公众人员最大年附加有效剂量为 0.143mSv。

(12) 总结

综上所述, 本项目新增的 16 台工业 CT 机投入使用后辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求, 同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-42 CT 机关注点年附加有效剂量估算计算结果

关注点位	相对 CT 机位置	CT 机机身与关注点距离 R1 (m)	CT 机射线源到屏蔽体距离 R2 (m)	CT 机射线源距关注点距离 R3 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
					有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
北侧测试车间	CT 机后侧	21.2	1.07	22.27	/	9.06×10^{-6}	5.80×10^{-5}	6.71×10^{-5}
东北侧 QA 测量房	CT 机右侧	28.2	2.28	30.48	1.16×10^{-4}	/	/	1.16×10^{-4}
东侧测试车间	CT 机右侧	1.37	2.28	3.65	8.06×10^{-3}	/	/	8.06×10^{-3}
东侧干燥房	CT 机右侧	24.6	2.28	26.88	1.49×10^{-4}	/	/	1.49×10^{-4}
南侧规划测试车间	CT 机前侧	2.1	1.425	3.525	/	3.62×10^{-4}	2.32×10^{-3}	2.68×10^{-3}
西侧测试车间	CT 机左侧	1.6	0.72	2.32	/	2.07×10^{-2}	0.133	0.154
5 楼过道	CT 机上侧	4	1.22	5.22	/	1.65×10^{-4}	1.06×10^{-3}	1.22×10^{-3}
3 楼测试车间	CT 机下侧	4	1.46	5.46	/	1.51×10^{-4}	9.66×10^{-4}	1.12×10^{-3}

根据公式 11-5，在评价范围内，湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-43 湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算计算结果

人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)				时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
			有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
职业人员	操作位	前侧	/	1.51×10^{-3}	9.67×10^{-3}	1.12×10^{-2}	750	1	8.40×10^{-3}	5.0
公众人员	北侧测试车间		/	9.06×10^{-6}	5.80×10^{-5}	6.71×10^{-5}		1	5.03×10^{-5}	0.25
	东北侧 QA 测量房		1.16×10^{-4}	/	/	1.16×10^{-4}		1	8.70×10^{-5}	
	东侧测试车间		8.06×10^{-3}	/	/	8.06×10^{-3}		1	6.05×10^{-3}	
	东侧干燥房		1.49×10^{-4}	/	/	1.49×10^{-4}		1	1.12×10^{-4}	
	南侧规划测试车间		/	3.62×10^{-4}	2.32×10^{-3}	2.68×10^{-3}		1	2.01×10^{-3}	
	西侧测试车间		/	2.07×10^{-2}	0.133	0.154		1	0.116	

	5 楼过道	/	1.65×10^{-4}	1.06×10^{-3}	1.22×10^{-3}		1/8	1.14×10^{-4}	
	3 楼测试车间	/	1.51×10^{-4}	9.66×10^{-4}	1.12×10^{-3}		1	8.40×10^{-4}	

因湖西园区 W22 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区现有在建 1 台工业 CT 机,当本次新增的 1 台设备与现有的 1 台工业 CT 机同时工作时,对相同关注点存在辐射剂量叠加,2 台工业 CT 机对于相同关注点叠加剂量率见表 11.2-44。

表 11.2-44 湖西园区 W1 栋厂房 4 层 1 号 CT 检测区 2 台 CT 机对相同关注点年附加有效剂量估算计算结果

关注点	现有在建 1 台 CT 机贡献值 (mSv/a)	本次新增 CT 机贡献值 (mSv/a)	叠加总附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
北侧测试车间	6.95×10^{-2}	5.03×10^{-5}	6.95×10^{-2}	0.25
东北侧 QA 测量房	9.64×10^{-2}	8.70×10^{-5}	9.64×10^{-2}	
东侧测试车间	2.69×10^{-2}	6.05×10^{-3}	3.29×10^{-2}	
东侧干燥房	2.69×10^{-2}	1.12×10^{-4}	2.70×10^{-2}	
南侧规划测试车间	8.72×10^{-2}	2.01×10^{-3}	8.92×10^{-2}	
西侧测试车间	2.69×10^{-2}	0.116	0.143	
5 楼过道	5.81×10^{-3}	1.14×10^{-4}	5.92×10^{-3}	
3 楼测试车间	4.80×10^{-2}	8.40×10^{-4}	4.88×10^{-2}	

注：①现有在建 1 台 CT 机型号为“RMCT4000-S 型”（最大管电压 225kV，最大管电流 3mA），本次新增 1 台型号“RMCT4000-M 型”（最大管电压 225kV，最大管电流 3mA）；

②现有在建 1 台 CT 机贡献值引用《宁德新能源科技有限公司 1 台高性能显微 CT（工业 CT 机）项目环境影响评价报告》。

11.2.4.三废治理措施后的环境影响分析

工业 CT 机在运行过程中, X 射线管加高压轰击靶材料而产生 X 射线。在此过程中, X 射线会电离空气产生少量的臭氧和氮氧化物, 从而对周边环境产生一定的影响。由于 X 射线工业 CT 检测过程中, 每次检测时间较短, 且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门, 产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集, 且臭氧在 50 分钟后自动分解为氧气, 另 M4 厂房、R1 科研楼 1 号 CT 室、W1 厂房、W3 厂房、W21 厂房、W22 厂房内安装有动力排风装置和空调, 在工作期间保持开启, 故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

本项目不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物, 无感光材料废物产生及其他废气产生。

11.3 事故影响分析

(1) 根据原国家环保总局 2006 年 145 号《辐射事故分级》规定, “一般辐射事故: 是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”; “较大辐射事故是指 III 类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾。”本项目工业 CT 机若辐射安全管理不当, 可能发生一般辐射事故。

(2) 可能发生的辐射事故及预防措施按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》(原国家环境保护总局环发〔2006〕145 号文件)等相关规定, 发生辐射事故时, 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案, 采取应急措施, 并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

针对可能发生的辐射事故, 本项目采取的预防措施如下:

表 11.3-1 事故预防措施表

事故工况	采取措施
①X 射线装置在对工件进行 X 射线检测时, 人为解除门机联锁装置或门机联锁装置发生故障, 导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束, X 射线泄漏使周边人员受到不必要的照射。	必须进行联锁装置的定期检查, 严格按照操作规程进行作业, 确保安全。每天检测作业前, 检查确认辐射安全联锁、急停开关、工业 CT 机完好性等项安全措施, 避免联锁失灵等设施设备事故。杜绝联锁装置旁路情况下开机操作。
②在门-机联锁失效时出束, 工作人员误打开防护门, 使其受到额外的照射。	辐射工作人员佩戴个人剂量片和个人剂量报警仪, 个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测, 并建立个人剂量档案, 确保工作人员的照射剂量控制在剂量管理限值范围内。个人剂量报警仪在工作期间, 随身携带, 并设

	定安全阈值和报警，同时为确保检测值准确，建设单位应定期将个人剂量报警仪和辐射监测仪送有资质单位检定或校准。
③设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射。	调试、维修、维护作业应由专业人员按规定程序完成，作业过程中应有两名有维修资格的人员操作，拨下控制台安全联锁钥匙，并在控制台设立维修标牌。作业完工后应确认维护门关闭，安全联锁恢复。维修人员需佩戴个人剂量报警仪。
综上所述，项目拟采取的防护措施可预防事故情况发生，避免人员受到不必要的照射。	
11.4 退役对环境的影响 本次评价项目退役时，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，2011 年）相关规定，使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的场所，生产放射性同位素的场所，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》确定的甲级、乙级非密封放射性物质使用场所，以及终结运行后产生放射性污染的射线装置，应当依法实施退役。	

表 12 辐射安全管理

12.1 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

宁德新能源科技有限公司已成立了辐射安全与防护管理机构，并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以郑世文为组长，汤晓燕为副组长，成员由赵岩、林烨和谢寿长组成。领导小组负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导；负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度并组织实施；建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案；定期对辐射安全与防护工作进行督查，确保不发生辐射安全事故。

领导小组职责：

（一）组长职责：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。

（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）物资供应职责：为事故的救助提供必要的物质保障。

2.辐射工作人员配置

本项目拟新增 16 人辐射工作人员操作该 CT 机进行检测工作。要求该 16 人辐射工作人员均需参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识的培训，并取得培训合格证方可进行辐射工作。

在此基础上，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

12.2 辐射安全管理规章制度

1、安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要健全操作规程、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，并有完善的辐射事故应急措施。相关制度要求见表 12.2-1。

宁德新能源科技有限公司已成立辐射安全与环境管理机构，并根据相关要求已制定了《辐射安全与防护管理机构及其职责》、《安全培训制度》、《辐射安全与防护管理

制度》、《辐射个人剂量和健康管理制度》、《辐射安全与环境保护管理人员职责》、《辐射岗位职业卫生安全操作规程》、《X 射线设备检修维护制度》、《辐射监测方案》等辐射安全管理制度。

表 12.2-1 宁德新能源科技有限公司已建立的管理制度

管理要求	内容	相应制度
辐射防护和安全保卫制度	对单位辐射工作人员职责、工作程序和个人防护作出要求。	《辐射安全与防护管理机构及其职责》
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。	《辐射岗位职业卫生安全操作规程》
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。	《辐射安全与环境保护管理人员职责》
事故应急预案	规定了发生辐射事故时单位相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小。	《宁德新能源科技有限公司湖西园区辐射事故应急预案》
人员培训计划	规定了辐射工作人员必须参加国家核技术利用辐射安全与防护培训考核，持证上岗	《安全培训制度》
辐射环境监测方案	规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对检测结果存档保留。	《辐射监测方案》
个人剂量监测方案	提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求档案终身保存。	《辐射个人剂量和健康管理制度》
设备检修维护制度、装置使用登记和台账管理制度	公司制订的《射线装置使用登记制度》规定了操作人员 在日常操作过程中记录探伤机使用时的管电压、管电流、 曝光时间、使用人等情况。	《X 射线设备检修维护制度》

在此基础上，项目建设单位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。

本项目建成后，应对辐射安全管理制度进行及时更新。

2、辐射工作人员拟配备人数

本项目拟新增 16 人辐射工作人员操作该 CT 机。详细的人员结构在后期项目运营期将根据实际需要再进行调整。

3、监测设备配置

公司已在湖西园区和湖东园区各配置 1 台便携式 X- γ 剂量率测量仪，并拟为本项目所在号 CT 室和 CT 检测区各配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置（共计 16 台）。

4、辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位，其辐射工作人员和辐射防护管理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。

本项目正式开展运营前，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，督促本项目涉

及的辐射工作人员和辐射防护管理人员报名参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）关于辐射安全与防护知识的学习、考试，取得考核合格证书后方能上岗。

12.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等的要求，公司针对本项目制定相应的辐射监测计划，包括：

1、辐射工作人员个人剂量监测

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人受照剂量，监测周期为 3 个月，并按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

2、年度常规监测

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）的相关规定，使用射线装置的单位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；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。公司将执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对公司的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报环保行政主管部门。

3、工作场所和周围环境监测

公司已在湖西园区和湖东园区各配置 1 台便携式 X- γ 剂量率测量仪，并拟为本项目所在 CT 室和 CT 检测区各配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置，自行定期对射线装置周围环境进行监测，发现问题及时整改，所有监测记录均存档备查。

4、竣工环保验收

公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办

法》（国环规环评[2017]4号）、《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）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。本项目环保设施验收期限一般不超过3个月，需要对该类环保设施进行调试或者整改的，验收期限可适当延期，但最长不超过12个月。

具体监测计划见表12.3-1。

表 12.3-1 辐射监测计划

监测计划	监测方案	监测项目	监测频次	监测方式
辐射工作人员个人剂量监测	佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	每季度一次	委托有资质单位检测
常规监测	工业CT机自屏蔽体前、后、左、右 30cm 处；自屏蔽体周围 50m 内的巡测及人员经常停留位置	X-γ辐射剂量率	每月 1 次	自行使用便携式 X-γ 剂量率测量仪监测
工作场所和周围环境监测			每年 1 次	委托有资质单位检测
竣工环保验收			运行后监测 1 次	
监测依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）			

12.4 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行），建设单位根据本单位核技术利用类型和可能发生的辐射事故风险，制定了《宁德新能源科技有限公司湖东园区辐射事故应急预案》和《宁德新能源科技有限公司湖西园区辐射事故应急预案》。

建设单位成立了辐射事故应急处理工作领导小组，领导小组成员名单如下：

表 12.4-1 湖东园区应急领导小组成员一览表

机构组成		姓名	部门	联系方式
应急指挥中心	总指挥			
	副总指挥			
现场协调组	组长			
	组员			
现场监测组	组长			

调查处置组	组长	
	组员	
安全保卫组	组长	
	组员	
医学救援组	组长	
	组员	

表 12.4-2 湖西园区应急领导小组成员一览表

机构组成		姓名	部门	联系方式
应急指挥中心	总指挥			
	副总指挥			
现场协调组	组长			
	组员			
现场监测组	组长			
调查处置组	组长			
	组员			
安全保卫组	组长			
	组员			
医学救援组	组长			
	组员			

宁德新能源科技有限公司已制定了《宁德新能源科技有限公司湖东园区辐射事故应急预案》和《宁德新能源科技有限公司湖西园区辐射事故应急预案》，明确了放射性事故应急处理机构和职责，在发生辐射事故时，能够立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，及时向当地生态环境主管部门报告，同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。并且落实人员培训及演练情况，根据培训及演练情况及时更新预案内容。

12.5 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

建设项目竣工环境保护验收项目一览表见表 12.5-1

表 12.5-1 竣工验收一览表

验收项目	验收内容	验收标准及要求
辐射防护措施	(1) “CYS-T1502 型” CT 机，自带铅屏蔽体，各侧防护为：8mm 铅板； (2) “DBA-CT6100 型” CT 机，自带屏蔽体，各侧防护为：16mm 铅板； (3) “DBA-CT9200 型” CT 机，自带屏蔽体，各侧防护为：8mm 铅板； (4) “Phoenix V tome x M300/180” CT，自带屏蔽体，左侧防护为 32mm 铅板；后侧、上侧、下侧、右侧防护为：26mm 铅板；前侧防护为：28mm 铅板）； (5) “RMCT4000-M 型” CT 机，自带屏蔽体，左侧防护为：10mm 铅板，右侧防护为：16mm 铅板，其他各侧防护为：13mm 铅板； (6) 16 台 CT 机均安装摄像头，设置紧急开门按钮，操作台均设置急停开关。	符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）相关规定，即探伤室外表面 30cm 处剂量率控制值 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

	(7) 16 台 CT 机均设置工作指示灯、电离辐射警告标志、报警装置及设置门—机联锁安全装置。 (8) 16 台 CT 机拟配置 16 名辐射工作人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪 (9) 湖东园区和湖西园区各配备 1 台便携式剂量监测仪，本项目的 CT 室 CT 检测区各配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置（共计 12 个）。	
管理制度	(1) 成立辐射防护安全管理机构。完善射线装置台账。修订相应的规章制度和应急预案，规章制度应张贴在 CT 检测区显著位置。完善相关规章制度。 (2) 辐射工作人员及辐射防护负责人取得辐射安全与防护培训合格证书，持证上岗，并建立个人档案。个人剂量计季度检定并建立个人辐射档案建立完善 X 射线探伤作业的台账。 (3) 辐射工作人员每 2 年均应参加健康体检，并建立个人健康档案。 (4) 委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）相关规定，即辐射工作人员年平均有效剂量限值$\leq 5\text{mSv/a}$，公众人员年平均有效剂量限值$\leq 0.25\text{mSv/a}$。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1.辐射安全与防护分析结论

（1）项目安全设施

本项目工业 CT 机自带铅屏蔽体，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拟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 号《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，本项目拟采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽射线装置产生的 X 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。

（2）三废的治理

本项目所使用的工业 CT 机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物，无感光材料废物产生及其他废气产生。

由于 X 射线检测过程中，每次检测时间较短，且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门，产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集，且臭氧在 50 分钟后自动分解为氧气，另 M4 厂房、R1 科研楼 1 号 CT 室、W1 厂房、W3 厂房、W21 厂房、W22 厂房内安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启，故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

2.环境影响分析结论

通过现状监测可知，宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目所在区域的环境 X-γ 剂量率水平均在环境本底范围值内。

（1）建设阶段对环境影响

本次 R1 科研楼新增的 1 台“DBA-CT6100 型”CT 机是在现有的 1 号 CT 室内布置，其余 15 台 CT 机均布置在生产车间中，因生产车间场地限制，均采用黄色警戒线围成的 CT 检测区，在 CT 检测区内布置 CT 机。

本次新增的 16 台 CT 机均自带屏蔽体，均不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进场安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

(2) 运行阶段对环境影响

①辐射工作场所屏蔽防护设计

经估算可知,在自带的铅屏蔽体的防护作用下 16 台 CT 机主束射线方向辐射剂量率和 CT 机四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用剂量率均满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求,同时也满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中要求的“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

②年附加有效剂量估算

根据剂量估算结果,本项目新增的 16 台工业 CT 机投入使用后辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求,同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

3.可行性分析结论

项目投入使用主要对公司生产的聚合锂电池进行质量检测,项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求,不会给所在区域带来环境压力。同时,本项目属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”,符合国家产业政策。

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,宁德新能源科技有限公司 16 台工业 CT 机项目是可行的。

13.2 建议

(1) 在项目建设同时,应确保辐射防护设施和管理措施的建设,切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

(2) 对本报告表提出的辐射防护措施应严格执行,辐射防护存在不足的应完善;

(3) 公司若未来如需增加本报告表所涉及之外的污染源和射线装置或对其可能进行调整变动,则应按要求向有关生态环境主管部门进行申报,并按污标采取相应的污染治理措施,主动接受生态环境主管部门的监督管理。

(4) 本项目环评批复后,建设单位应及时向环保行政主管部门办理辐射安全许可证申领手续,并及时开展竣工环保验收工作。