中核集团核工业北京地质研究院
CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology
证书类别：甲级
证书编号：国环评证 1057 号

华南地区铀矿地质勘探设施

“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）

环境影响报告表

中国核工业地质局

二〇一五年七月

编号：

铀矿地质勘探设施退役整治工程

环境影响报告表

项目名称 华南地区铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）

项目联系人 联系电话

项目负责人签字

项目单位全名 中国核工业地质局

项目单位公章

2015 年 7 月 30 日



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：核工业北京地质研究院
住　　所：北京市朝阳区安外小关东里10号院
法定代表人：李子颖
证书等级：甲级
证书编号：国环评证甲　字第　1057　　号
有效期：至2016年3月14日
评价范围：环境影响报告书范围 — 甲级：采掘；核工业***乙级：社会区域***
环境影响报告表类别 — 一般项目环境影响报告表；特殊项目环境影响报告表***

二〇一二年三月十五日

仅供华南地区铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）项目使用

项目名称：华南地区铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）

文件类型：环境影响报告表

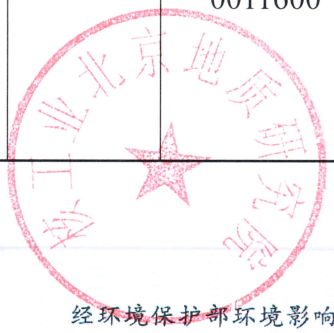
适用的评价范围：特殊项目环境影响报告表

法定代表人：李子颖　（签章）

主持编制机构：核工业北京地质研究院　（签章）

华南地区铀矿地质勘探设施“十二•五”退役整治二期工程（广东片区）环境影响报告表编制人员名单表

编制主持人		姓名	职（执）业资格证书编号	登记（注册证）编号	专业类别	本人签名
		温志坚	0004228	A10570011300	放射性地质	
主要编制人员情况	序号	姓名	职（执）业资格证书编号	登记（注册证）编号	编制内容	本人签名
	1	温志坚	0004228	A10570011300	项目退役原因及依据 项目构成及退役目标 退役治理管理限值 环境影响评价结论、问题与建议	
	2	贝新宇	0011600	A10570130800	项目停闭前的工作性质、规模简述及停闭前的工作简史 项目所在地区的环境特点简述 污染源项统计 退役治理方案简介 环境影响分析与退役终态描述 监督、监测与管理计划	贝新宇



经环境保护部环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，温志坚具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：0004228

登记证编号：A10570011300

有效期限：2008 年 04 月 25 日至 2010 年 02 月 08 日

所在单位：核工业北京地质研究院

登记类别：核工业类环境影响评价



2008 年04 月25日



再 次 登 记 记 录

时间	有效期限	签章
2010.1.5	延至 2013 年 2 月 28 日	
2013.02.04	延至 2016 年 2 月 28 日	
2013.02.04	延至 2016 年 2 月 28 日	
	延至 年 月 日	

单位名称	中国核工业地质局		
地址	北京市东城区和平里七区十四号楼		
通讯处	北京市东城区和平里七区十四号楼	**邮编**	100013
法人代表姓名		**电话**	
联系人姓名		**电话**	
项目名称	华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）		
项目地点	广东省韶关市、广东省河源市、广东省清远市、广东省云浮市		

项目退役原因及依据

一、项目退役原因

列入本次治理评价的矿（床）点包括广东省核工业地质局二九一大队（以下简称“二九一大队”）101 矿点、114 矿床、231 矿点、235 矿点、275 矿点、2405 矿床、7401 矿点、7404 矿点；广东省核工业地质局二九二大队（以下简称“二九二大队”）1738 矿点、1783 矿点、1742 矿点、95 矿点、173 矿点；广东省核工业地质局二九三大队（以下简称“二九三大队”）斜仔矿点、张光营矿点；广东省核工业地质调查院（以下简称“地调院”）塘洞 38 矿点、古洞 201 矿点、古洞 1814 矿点、天井山 204 矿点、西米洞 215 矿点、老蓬 216 矿点、老蓬 1812 矿点、芦溪山 259 矿点、蒋公村 1815 矿点、竹园 401 矿床。

在本期工程所列退役治理项目中，各铀矿（床）点均为已提交储量报告且勘探工作完全终结的项目，均属未列入开发规划或无开采价值的铀矿（床）点，这些铀矿（床）点基本是 1986 年以后国家政策性调整，停止继续勘探而遗留的待治理项目，均已列入“中核集团公司军工核设施退役及放射性废物治理‘十二·五项目调整计划”。

项目业主单位为中国核工业地质局；设计单位为中核第四研究设计工程有限公司；组织实施单位是核工业华南放射性矿产地质管理办公室；具体实施单位是二九一大队、二九二大队、二九三大队和地调院。

二、项目退役依据

（1）《中华人民共和国环境保护法》

（2）《中华人民共和国放射性污染防治法》

（3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（4）《中国核工业总公司军工核设施退役及放射性废物整治项目管理办法》

（5）《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》（GB14586-1993）

（6）《铀矿地质辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009）

（7）《铀矿地质辐射环境影响评价要求》（EJ/T977-1995）

（8）《中核集团公司军工核设施退役及放射性废物治理“十二五”项目调整计划》

（9）《华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程项目建议书》

项目构成及退役目标

一、项目构成

列入本次治理评价的共有 3 个铀矿床和 22 个铀矿点，工程子项包括 128 个坑口（有水坑口 91 个，无水坑口 37 个），5 处浅（竖）井，94 处废石堆，2 处剥土，2 处塌陷坑、12 条污染道路，1 条污染水体，项目构成见表 1。

二、退役目标

（1）坑口、浅（竖）井进行永久性封堵，并植被、恢复原来的地形地貌，退役治理后达到有限制开放使用深度。

（2）对废石堆进行覆土植被与稳定化处置、设立警示牌，以抑制氡的析出和屏蔽γ辐射，退役治理后一般达到有限制开放使用深度。对于具备清挖和相对集中条件的废石场，经过经济技术比较，实施完全挖除、迁移和集中处置的方案，实施后其原址的退役治理达到无限制开放使用深度；若清挖后原址天然基底高于无限制开放使用控制标准限值，则原址为有限制开放使用。

（3）塌陷坑退役治理后达到有限制开放使用深度。

（4）对剥土进行覆土、植被，退役治理达到有限制开放使用深度。

（5）被污染的水体、道路得到有效治理，退役治理后达到无限制开放使用深度。

表 1　华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二五”退役整治二期工程（广东片区）项目统计

序号	矿（床）点名称	废石堆			坑口		剥土		浅（竖）井（个）	塌陷坑（m^3）	被污染道路		被污染水体	
		个	废石量（t）	裸露面积（m^2）	无水（个）	有水（个）	数量（处）	面积（m^2）			数量（条）	长度（m）	数量（条）	长度（m）
一	**二九一大队**	**34**	**154875**	**73240**	**12**	**31**			**5**		**1**	**530**	**1**	**58**
1	101 矿点	7	23402	6915	1	7								
2	114 矿床	2	8626	5231		2			4				1	58
3	231 矿点	3	17417	10539		3					1	530		
4	235 矿点	8	35955	24537	2	7								
5	275 矿点	4	27504	7601	2	3								
6	2405 矿床	4	17511	6080	5	4			1					
7	7401 矿点	3	10240	5198		3								
8	7404 矿点	3	14220	7139	2	2								
二	**二九二大队**	**12**	**244420**	**125266**	**7**	**21**				**6261**				
9	1738 矿点	2	81479	25361	1	5				2145				
10	1783 矿点	4	96453	41562		5				4116				
11	1742 矿点	2	40492	36967		8								
12	95 矿点	2	12205	11471		2								
13	173 矿点	2	13791	9905	6	1								
三	**二九三大队**	**8**	**40859**	**10648**	**3**	**7**								
14	斜仔矿点	3	2374	1107		3								
15	张光营矿点	5	38485	9541	3	4								
四	**地调院**	**40**	**276582**	**130856**	**15**	**32**	**2**	**3001.9**			**11**	**11790**		
16	塘洞 38 矿点	3	54995	18670	2	2					2	2560		
17	古洞 201 矿点	3	15728	12150	2	3					2	1500		
18	古洞 1814 矿点	4	12373	7199		4								
19	天井山 204 矿点	7	31243	19173	1	6					2	1350		
20	西米洞 215 矿点	4	32182	17620	3	4					1	1050		
21	老蓬 216 矿点	2	7527.4	4380		2								
22	老蓬 1812 矿点	4	17244.1	8870	1	3								
23	芦溪山 259 矿点	6	36544	16559	5	2					2	2430		
24	蒋公村 1815 矿点	3	9769.5	5685	1	2								
25	竹园 401 矿床	4	58976	20550		4	2	3001.9			2	2900		
总计		**94**	**716736**	**340010**	**37**	**91**	**2**	**3001.9**	**5**	**6261**	**12**	**12320**	**1**	**58**

退役治理管理限值

一、管理限值的确定原则

（1）凡属国家或部颁标准中已确定的现行管理限值，将直接采用。

（2）凡属国家或部颁标准中没有确定的管理限值，而在退役治理项目中又存在不可忽视的某种危害时，可根据以下原则确定其管理限值：

管理限值所控制的特定生活环境或工作环境使受照人群的辐射剂量必须低于个人剂量的基本限值，并为其它照射留有余地。

根据现有国情国力，对永久终止使用的地质勘探设施或场地，退役治理后不可能达到交给地方无限制使用的深度，只能达到相当于 IAEA 的Ⅱ级退役深度，相应的设施或场地要根据其使用方式和退役深度来确定其管理限值。

二、废石的控制指标

根据《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009），废石应集中堆放并建挡渣墙稳定存放或就地浅埋，然后覆盖黄土，植被绿化。

三、地表 ^{222}Rn 析出率的管理限值

根据《铀矿地质设施退役环境安全规程》（EJ913-1994）和《铀矿地质辐射环境影响评价要求》（EJ/T977-1995），废石堆等经最终处置后，其表面 ^{222}Rn 析出率不超过 0.74Bq/（m^2·s）。

四、γ外照射吸收剂量率的管理限值

根据《铀矿地质辐射环境影响评价要求》（EJ/T977-1995），退役治理后，有限制开放使用设施γ外照射吸收剂量率在扣除本底后不超过 17.4×10^{-8}Gy/h，无限制开放使用设施周围γ外照射吸收剂量率应接近当地本底水平。

五、地表水体中放射性核素的管理限值

按照《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009），退役治理后坑口流出水流入环境时，保证在最不利条件下，距排放口下游最近饮用水取水点水中天然铀浓度小于 0.05mg/L，^{226}Ra 浓度小于 1.11Bq/L。

六、土壤中 ^{226}Ra 残留量的管理限值

参照《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009）和《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》（GB14586-93），对于土地去污整治后，平均 100m^2 范围内土层中 ^{226}Ra 平均值不高于 0.18Bq/g，对于移走废石堆后的土地，按照 0.56Bq/g 控制。

七、个人剂量管理限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009）要求，确定本退役工程个人剂量约束值：

①工作人员

退役治理过程中，对于工作人员的个人剂量约束值为 15mSv/a，结合本项目实际情况，选取 5mSv/a 作为退役治理过程中的职业照射剂量管理目标值。

②公众

退役治理过程中，对于公众的个人剂量管理目标值为 0.5mSv/a。

退役治理后最终状态下，以单个矿（床）点对敏感点影响确定公众个人剂量管理目标值为 0.25mSv/a；考虑部分矿（床）点周围有其他铀矿地质勘探设施，退役治理后应为这些设施可能的照射留有足够份额，因此对于周围存在其他铀矿地质勘探设施的矿（床）点，最终状态下所致公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

二九一大队 231 矿点、235 矿点、7401 矿点、7404 矿点和 275 矿点周边存在未治理矿点，待治理，因此，退役治理后最终状态下 231 矿点、235 矿点、7401 矿点、7404 矿点和 275 矿点所致公众年有效剂量不应超过 0.1mSv，其余矿（床）点所致公众年有效剂量不应超过 0.25mSv。

项目停闭前的工作性质、规模简述及停闭前的工作简史

铀矿地质队伍专门从事铀矿地质勘探工作，任务是通过各种找矿手段来探明矿床的存在、分布、储量等，其勘探工作场所在运行时属于开放式操作。

各勘探单位和矿点工作简史如下：

一、二九一大队

二九一大队前身为原中南三〇九队第二分队，于 1955 年组建于湖南省长沙市，1959 年部分职工调入广东，组建广东省第三地质队，1964 年更名为中南二〇九队第三队。1984 年“兵改工”后，编为核工业部华南地质勘探局二九一大队。2000 年属地化后更名为广东省核工业地质局二九一大队，同年大队机关由广东省乳源县迁入佛山市河口镇。

二九一大队列入“十二·五”二期退役治理的铀矿（床）点共有 8 个，即 101 矿点、114 矿床、231 矿点、235 矿点、275 矿点（剩余部分）、2405 矿床（剩余部分）、7401 矿点、7404 矿点，治理项目规模祥见表 1。

101 矿点于 1972~1976 年发现，后对其开展揭露，发现岩体较小，构造规模不大；1964 年省 705 队进入 114 矿床所在区域工作，在 705 队撤出后，二九一大队相继进入该区工作。231 矿点、235 矿点的勘探工作主要由中南二〇九队三队完成，曾进行过坑探揭露。2405 矿床的勘探工作主要由中南二〇九队四队完成，曾进行过坑探揭露。275 矿点、7401 矿点、7404 矿点的勘探工作主要由中南二〇九队七队等完成，曾进行过坑探揭露。

二、二九二大队

二九二大队前身为原中南二〇九队第七队，于 1955 年组建于新疆。2000 年属地化管理后，归属广东省核工业地质局，是一支专门从事铀矿普查与勘探的专业性队伍，其队部现位于广东省河源市。建队至今，在粤四十多年铀矿地质勘查工作期间，主要以 211 矿区、212、213、214、277、278、279 矿床等为中心开展区调、普查、揭露、勘探等工作。本次列入“十二·五”退役整治二期工程的矿（床）点包括 1738 矿点、1783 矿点、1742 矿点、95 矿点、173 矿点共 5 个矿点，均属 211 矿区范围。

桃源 211 矿区，包括 108、1738（剩余部分）、1783（剩余部分）、1794 四个矿床及 109、95（剩余部分）、104、1237、103、1742、173 等一批矿点。最早由广东省惠阳地质大队于 1956 年发现，后经原中南 309 队 12 队于 1958 年 6 月组织力量进行了普查勘探，原中南 209 队第一队（现为二九二大队）于 1964 年 2 月进入矿区，在前人工作的基础上开展钻、硐探揭露、勘查工作，直至 1995 年完成勘探任务。

三、二九三大队

二九三大队（前身为 309 队 11 队）于 1956 年 8 月 1 日组建，主要从事铀矿地质勘查。列入“十二·五”退役整治二期工程的矿点包括斜仔矿点、张光营矿床共 2 个矿（床）点。

斜仔矿点是二九三大队在 1962 年发现的，并进行地表及深部钻硐探揭露，于 1974 年 4 月底，结束该区勘查工作，并对该区进行了地质评价，编写了地质评价报告。张光营矿床是中南二〇九队十一队普查二队于 1960 年发现，1965 年进行深部揭露。1972 年工作结束，提交初步评价报告。

四、地调院

地调院（前身为核工业华南地质局二九六大队）组建于 1956 年，从事铀矿普查找矿和揭露勘探工作，先后在四川、重庆、西藏、青海、云南、贵州、湖南、江西、广东、福建、新疆等省区展开了大规模的地质普查勘探工作。列入“十二·五”退役整治二期工程包括塘洞 38 矿点、古洞 201 矿点、古洞 1814 矿点、天井山 204 矿点、西米洞 215 矿点、老蓬 216 矿点、老蓬 1812 矿点、芦溪山 259 矿点、蒋公村 1815 矿点、竹园 401 矿床 10 个矿（床）点。

塘洞 38 矿点于 1964 年由华东 608 队 3 分队发现，1965 年初进入该区开展普查工作，1973 年停止勘探工作；古洞 201 矿点 1958 年由广东省地质局发现，1964 年中南 209 队第二队开始开展普查工作，1970 年结束勘探工作；古洞 1814 矿点、天井山 204 矿点、西米洞 215 矿点、老蓬 216 矿点、老蓬 1812 矿点、芦溪山 259 矿点、蒋公村 1815 矿点、蒋公村 1815 矿点均于 60 年代由中南二〇九大队发现，并相继开展了普查或揭露工作，进行了钻探、坑探、槽探等工作，并于 1978 年之前停止了勘探工作；竹园 401 矿床由广东省地质局 705 地质大队发现，随后在这些点上开展初步至详细评价找矿工作。

项目所在地区的环境特点简述（地形、地貌特点；地质特征；气象特征描述；污水汇入的地表水系简介；地震、滑坡、泥石流、溶洞、暴雨洪水等的概述；项目所在地区人文环境的概况介绍）

一、二九一大队退役整治工程所在地区环境概况

1、地理位置及交通

二九一大队拟退役治理的矿（床）点有 8 个。

2、地形地貌

101 矿点所在区域地形大致呈西南-东北流向，地势西南高、东北低，地貌多为丘陵，丘陵海拔 100m~450m 之间。剩余其它矿（床）点属低山地貌，海拔高度在 200~1000m。

3、地质特征

区域范围内断裂构造较发育，待治理的矿（床）点处于花岗岩、火山岩及灰岩。2405 等矿床铀矿化赋存于硅化带及下盘的碎裂花岗岩中；231、235、275、7401、7404 等矿点所在区域内出露的岩性有：白垩系~第三系的紫红色砾岩、砂砾岩、粉砂岩，前泥盆系变质砂岩、页岩、石英云母片岩，印支~燕山期的粗粒、中粒、细粒斑状黑云母二长花岗岩；114 矿床赋存于灰岩中；101 矿点赋存于花岗岩中。

4、气候与气象特征

矿（床）点所在地区属南亚热带湿润气候，常年气温较高、雨量充沛，四季分明，春季阴雨连绵，夏季炎热多雨，秋季干燥凉爽，冬季雨量较少，春冬多雾潮湿，无霜期长约 240~310 天，偶有短期暴冷和霜冻，区内总体为气候潮湿、植被发育，植物生长较茂盛。新兴县境处在北回归线以南，距海洋最近点 100km，属亚热带季风型气候，有气候温和、热量丰富、光照充足、雨量充沛、霜期短的特点。

多年平均气温 22.1℃，1~2 月气温最低，一般在 12.9℃；最热月份为 7~8 月，平均气温 28℃;年均降雨量 1555mm,每年雨季多发生在 5~7 月,雨季降雨量占全年降雨量的 51%，年蒸发量 1100mm；该区有明显的季风气候特点，风向随季节转变而改变，当年 9 月至翌年的 5 月主导风向为西北和东北风；冬春多盛行北风、东北风，夏季以东南风和西南风为主，秋季盛行西北风。

5、地表水

2405 等矿床所在区域内有内洞、桑树坑两条小溪汇入锦江河；231、235、275、7401、7404 等矿点所在区域地表水系较发育。114 矿床所在区域内主要河流有星子水、东陂水，由北向南流；101 矿点所在区域地表水资源主要来源于降水，该区有珠江水系西江干流西江段支流的新兴江，矿点附近有共成河。

6、自然灾害

区内受沿海台风的影响，常有暴雨降水易造成山洪暴发、水土流失、山体滑坡、泥石流、河水泛滥等自然灾害；寒露、风、低温、阴雨和干旱也是主要自然灾害之一；区内构造活动较微弱，地震烈度≤Ⅵ级，历史上无大的地震灾害记录。

7、人文环境

矿（床）点所在地区均属地处较偏远的山区，人口密度 100~120 人/km^2，近邻矿床的村落居民均属居住多年的汉族村民。

当地居民收入以农业为主，农业以种植水稻为主，兼种番薯、黄豆、花生、黄烟、水果等，山区村民食用蔬菜及果品多为自给。工业方面有水利发电、土法造纸、机械制造、采矿、冶炼、化工、建材等。林业以松、杉、毛竹为主。

二、二九二大队退役整治工程所在地区环境概况

1、地理位置及交通

二九二大队拟退役治理的矿点有 5 个。

2、地形地貌

项目所在地区地势西北高，东南低，平均海拔 300~500m，绝大部分属低山丘陵地区，局部为中低山地貌形态。

3、地质特征

项目所在区域构造发育比较复杂，岩浆热液活动频繁，九连山岩体出露的主要岩性在本区几乎均有出露，异常点带广泛分布，为成矿有利地段。

4、气候与气象

河源市位于广东省的中北部，属亚热带季风气候，四季分明，温度适宜、光照充足、雨水充沛，气候资源丰富。河源市各县区历年平均温度 19.5~21.3℃，历年极端最高温度 38.0~39.6℃，历年极端最低温度-5.4~3.6℃，历年平均年降雨量 1700~1931mm，历年平均年雨日 153~165 天，历年平均年光照时数 1658~1989 小时，历年平均无霜期为 299~334 天。

5、地表水

项目所在区域主要地表水体为山间小溪，山间小溪汇入桃源河，流入优胜河、鱼潭江。

6、自然灾害

河源地区大部分地震烈度为小于Ⅵ度或在Ⅵ度之间，地震震级为 4.8~5.9 级之间，属于地壳基本稳定地段。其中，河源和龙川一带地震烈度为Ⅶ度，河源新丰江水库区一带为 6.0 级以上地震震中。本地区处于广东省地震活动七个带之一的河源—和平地带内。

本地区水土流失，滑坡、泥石流现象时有发生。水土流失的面积约占陆地面积的 2.5%，多发育于植被稀疏的红色碎屑岩、花岗岩和混合岩组成的丘陵、台地区，水土流失常形成冲沟。

7、人文环境

项目所在区域地势南高北低，气候温暖宜人，盛产优质水稻。土地资源、森林资源丰富，林木茂密，森林面积达 21 万多亩，具有极大的开发价值。矿藏丰富，据初步探明有黑耀岩、膨润土、沸石、高岭土、稀土、黄铁矿等 10 多种矿产资源。

三、二九三大队退役整治工程所在地区环境概况

1、地理位置及交通

二九三大队拟退役整治的矿（床）点有 2 个。

2、地形地貌

斜仔矿点及张光营矿床所在地区属中高山地区，地形陡峻，切割深，区内标高一般 600~800m，沟谷发育，植被发育良好。

3、地质特征

二九三大队拟退役治理矿（床）点的地质特征如表 2 所示。

表 2　二九三大队治理矿（床）点地质特征

序号	矿（床）点名称	地质特征
1	斜仔矿点	矿点地区主要出露岩性为花岗岩，矿点构造主要有 NE 方向、NNE 方向、近南北向构造、近东西向构造。硅化破碎带及上下盘次级构造，硅化带与辉绿岩相交部位为主要含矿部位。
2	张光营矿床	区内出露的岩性主要是花岗岩和辉绿岩脉等。区内构造以近东西向和东北向两组为主。近东西向的硅化带与辉绿岩脉呈斜接重接关系，分布于工作区西部。北北东向硅化带与近东西向硅化带，分布于工作区东部。

4、气候与气象

区内属季风型的中型亚热带和南亚热带潮湿气候，具有山地气候特征，冬季降雨较少，春季阴雨连绵。全年平均气温为 20℃，年平均降雨量为 1573.3mm，丰水期月降雨量 470mm，枯水期月降雨量 50mm。

5、地表水

矿区内水系发育，属于珠江水系。

6、自然灾害

由于地形影响，丰水期有时一次降雨量达几百毫米以上，可能引起山洪爆发，亦有泥石流发生的可能。矿（床）点所在区为多雷区，丰水期伴随大雨常有雷击现象出现。区域地震的基本烈度为六度，设计基本地震加速度为 0.05g。

7、人文环境

矿（床）点所在地区内有四个乡镇及矿山国有垦殖场，总人口为 5.27 万人。区内工业不发达，居民以从事农业和林业为主。农业以种植水稻为主，其次以甘蔗、香菇、木耳、蔬菜、水果和蚕茧等为辅生活来源；林业主要有木材、毛竹等。

四、地调院退役整治工程所在地区环境概况

1、地理位置及交通

地调院拟退役治理的矿（床）点有 10 个。

2、地形地貌

地调院拟退役治理各矿（床）点的地形地貌情况如表 3 所示。

表 3　地调院治理矿（床）点地形地貌

序号	矿（床）点名称	地形地貌
1	塘洞 38 矿点	属中高山地貌，区内地形起伏较大，最高海拔 1559m，平均海拔 800m，相对高差 400~1000m。沟谷发育，植被不发育。
2	古洞 201 矿点	属中低山地貌，海拔标高一般为 400~600m，相对高差 500~200m；矿区内地形起不大，总体东、西、北部高，中部低，地形相对较缓。山坡植被发育，以松、杉、灌木为主，土壤多为灰色或灰白色全风化花岗岩土。
3	古洞 1814 矿点	
4	天井山 204 矿点	属中高山地貌，海拔在 800m 之内，相对高差 150~450m，地形切割较深，植被发育良好。
5	西米洞 215 矿点	属中高山地貌，海拔标高一般为 600~1000m，相对高差 200~400m；矿区内地形起伏大，总体北、南、西部高，东、中部低，地形切割强烈，山坡植被发育，以松、杉、灌木为主。

6	老蓬 216 矿点	属中高山地貌，山脉走向东西向、北东向，区域地势为北东高、南西低。
7	老蓬 1812 矿点	
8	芦溪山 259 矿点	属中高山地貌，海拔标高一般为 500~1000m，相对高差 300~600m；矿区内地形起伏大，总体南西及西部高、中部低，地形切割强烈。山坡植被发育。发育，以松、杉、灌木为主。
9	蒋公村 1815 矿点	属中高山地貌，海拔标高一般为 500~900m，相对高差 300~500m。矿区内地形起伏大，山坡植被发育，以松、杉、灌木为主。
10	竹园 401 矿床	属低山丘陵地带，地形总的趋势为北东高，南西低。地形平坦，多为浑园馒头状的山顶，山坡平缓，局部较陡，“U”字谷发育，有再切割的现象。地貌单元为剥蚀堆积类型，平坦的稻田均为冲积而成。

3、地质特征

地调院拟退役治理各矿（床）点的地质特征情况如表 4 所示。

表 4　地调院治理矿（床）点地质特征

序号	矿（床）点名称	地质特征
1	塘洞 38 矿点	矿点处于华夏古陆闽赣加里东隆起与湘桂粤海西-印支坳陷带的接壤部位，岩浆岩发育、断裂构造纵横交错，铀矿（化）及异常点星罗棋布。
2	古洞 201 矿点	矿点位于粤北山字型构造脊柱和前面弧锒嵌部位之大东山岩体中东部。外接触带由泥盆、石炭系浅变质岩组成，被方解石脉和石英脉穿插，局部见萤石化，且有异常产出。全由花岗岩和后期浅成侵入脉岩及构造带组成，与泥盆和石炭系呈侵入接触。
3	古洞 1814 矿点	
4	天井山 204 矿点	区内岩浆活动频繁，出露中粗粒黑云母花岗岩、中细粒花岗岩、二云母花岗岩。局部有碱交代岩，岩石蚀变较强烈，构造复杂。构造以南北向组为主，北东向、东西向次之，充填有硅化碎裂岩、石英岩。
5	西米洞 215 矿点	矿点处于南岭东西向复杂构造带大东山花岗岩体东半部的猪蹄石补体南西边缘，粤北山字型构造脊柱西南端与马蹄形盾地接壤部位。区域上构造活动强烈，以北东向断裂最为活跃，为本区的主要成矿、贮矿断裂。
6	老蓬 216 矿点	矿点所在区域出露中粗粒似斑状花岗岩、细粒花岗岩、或中细粒少斑状花岗岩。局部有碱交代岩。区内断裂发育，有北北东向、近东西向、北西向、北东向组构造。
7	老蓬 1812 矿点	矿点处于广东省大东山岩体西部北缘内凹部位。
8	芦溪山 259 矿点	矿点所在区域内区域性北东~北北东向、东西向、北西向构造发育，其中北东、北北东向构造为本区的构造骨架，主要构造形迹以断裂为主。
9	蒋公村 1815 矿点	矿点所在区域内出露粗粒黑云母花岗岩、细粒花岗岩，局部有碱交代岩。区内断裂发育，有北北东向、近东西向、北西向、北东向组构造。
10	竹园 401 矿床	矿床位于南岭东西向复杂构造带的第四亚带佛岗花岗岩基中。而佛岗花岗岩基的北缘与粤北山字型孤顶及其两翼呈重接或斜接。在区域上同印支期形成的新华夏系褶断带，西部与吴川一四会大断裂带反接，东部则与台山一连平大断裂带反接。

4、气候与气象

广东省韶关市属亚热带气候，气候温热潮湿，也有山区气候特征，全年无霜期 277 天。夏季昼热夜凉，冬季则较寒冷，常有霜冻现象，年降雨量 1000~2200mm，年均降雨量为 2140.8mm，雨季多发生在 3~7 月份，秋冬雨水较少，区内年平均风速 1.7m/s，冬春以西北风为主，夏季多为东南风，沿海气候影响不大。

广东省清远市属亚热带海洋性气候，年平均气温多在 17℃~21.6℃，以 6 月至 9 月为最热，日平均气温 27℃，最高 38.9℃；1 月至 2 月最冷，平均气温 12.6℃，靠近北部山区温度有时达 l℃至~2.4℃，有霜冻；4 月至 8 月为雨季，其中以 5 月至 6 月雨水最多，年最大降雨显为 2863.4mm，最大蒸发量 1925.1mm。

5、地表水

地调院拟退役治理各矿（床）点的地表水情况如表 5 所示。

表 5　地调院治理矿（床）点地表水情况

序号	矿（床）点名称	地表水
1	塘洞 38 矿点	区内沟谷和水系发育，几乎每条小沟都有大小不等的地下水补给小溪。这些小溪流入白洞河、塘洞河等主要水系，最终汇入锦江。
2	古洞 201 矿点	区内地表水系较发育，各个溪沟均有水流出，流入古洞河，平均流量为 2.5m^3/s，最终汇入南水水库。
3	古洞 1814 矿点	
4	天井山 204 矿点	区内水系发育，河流切割深。各支流汇集到主干河崎仔坑河后，流入古母水、大潭河。矿区支流流量小，平均流量为 0.5$m^{3/}$s。
5	西米洞 215 矿点	区内地表水系较发育，北东向寮岩石河、东西向正坑尾河从矿区流出，汇入东西向路下河，流入江湾河，于龙归汇入南水。
6	老蓬 216 矿点	本区地处高山，陡坡侵蚀构造地貌单元，地形受强烈的切割，沟谷纵横呈“V”字形，植被发育，地表水系发育。
7	老蓬 1812 矿点	
8	芦溪山 259 矿点	矿点所在区域为陡坡侵蚀构造地貌单元，地形受强烈的切割，沟谷纵横呈“V”字形，水系发育，流经矿区的大窝及住牛坑、大麻坑等小溪往东流向芦溪河，沿北东方向与樟市河交汇。
9	蒋公村 1815 矿点	矿点所在区域地处高山、陡坡侵蚀构造地貌单元，地形受强烈的切割，沟谷纵横呈“V”字形，地表水系发育。
10	竹园 401 矿床	地表水系发育，较多山间溪水汇成小河由北向南注入浈江和北江。

6、自然灾害

地调院二期治理矿（床）点的所处区域地震烈度为 6 度区，地震频度较小，地区自然灾害主要有有暴雨、崩塌滑坡、泥石流和地震，主要以山洪、泥石流、崩塌滑坡为主。

7、人文环境

地调院二期治理矿（床）点的所处地区人口密度总体不大，属经济欠发达地区，其中塘洞 38 矿点周边人口密度最大，5km 范围内约 1.36 万人，绝大多数为汉族，少数民族人口较少，区内工业基础比较薄弱，主要以农、畜、林业为主，耕地面积较小，部分地区旅游资源丰富，生态旅游属于产业支柱。

污染源项统计

列入退役治理的各矿（床）点源项调查工作由核工业华南放射性矿产地质管理办公室和项目具体实施单位合作完成。设计单位中核第四研究设计工程有限公司在编制项目建议书时对部分源项数据进行了重新核实，各矿（床）点污染源项统计见表 6，表中相关污染参数数据参考项目建议书。坑口流出水中重金属含量见表 7。

表 6　各矿（床）点污染源项统计

矿点(床)	治理项目	个数	总数量	几何尺寸	总活度	有害物排放量	相关污染参数
101 矿点	坑口	8	2159m	平均几何尺寸：1.7×2.2m		总流出水量：0.86L/s	流出水浓度：天然铀：0.0054~0.0088mg/L，均值：0.007mg/L；^{226}Ra：0.164~0.271Bq/L，均值 0.22Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：118~223Bq/m^3，均值：181.5Bq/m^3。
	废石堆	7	23403t	裸露面积 6915m^2	5.68×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：3.28×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.44~1.94 Bq/（m^2/s），均值：1.19Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：21~1232×10^{-8}Gy/h，均值：204 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：163~286mg/kg，均值：195.7mg/kg ^{226}Ra 含量：2039~3492Bq/kg，均值：2427.7Bq/kg
114 矿床	坑口	2	711.6m	平均几何尺寸：1.4×1.9m		总流出水量：0.026L/s	流出水浓度：天然铀：0.0035~0.0053mg/L，均值：0.0044mg/L；^{226}Ra：0.164~0.217Bq/L，均值 0.191Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：187~216Bq/m^3，均值：202Bq/m^3。
	浅井	4	64m	6.7×6.7m			
	废石堆	2	8626t	裸露面积 5231m^2	1.91×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：3.99×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.89~1.78 Bq/（m^2/s），均值：1.22Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：54~1005×10^{-8}Gy/h，均值：98.1×10^{-8}Gy/h 铀含量：157~205mg/kg，均值：181mg/kg ^{226}Ra 含量：1917~2503Bq/kg，均值：2210Bq/kg
	污染水体	1	58m	被污染宽度×深度：2.2m×0.65m		流量：0.6m^3/s	水体中平均浓度：天然铀含量：0.0046~0.0076 mg/L，均值：0.0064mg/L ^{226}Ra 范围值：0.057~0.401 Bq/L，均值：0.25Bq/L 底泥中平均含量：天然铀含量：253mg/kg；^{226}Ra 含量：5600Bq/kg
231 矿点	坑口	3	1203m	平均几何尺寸：1.7×2.2m		总流出水量：1.61L/s	流出水浓度：天然铀：0.0035~0.0076mg/L，均值：0.0051mg/L；^{226}Ra：0.153~0.217Bq/L，均值 0.177Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：134~187Bq/m^3，均值：162.4Bq/m^3。
	废石堆	7	17632t	裸露面积 10539m^2	5.20×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：3.81×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.63~1.56 Bq/（m^2/s），均值：1.15Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：51~798×10^{-8}Gy/h；均值：94.5×10^{-8}Gy/h 铀含量：185~263mg/kg，均值：240mg/kg ^{226}Ra 含量：2276~3358Bq/kg，均值：2948.1Bq/kg
	污染道路	1	58m	污染面积：1590m^2		^{222}Rn 析出总量：0.81×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：1.18~3.25 Bq/（m^2/s）；均值：1.63Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：69~588×10^{-8}Gy/h，均值：150.9×10^{-8}Gy/h 铀含量：315~432mg/kg，均值：340mg/kg ^{226}Ra 含量：2000~3400Bq/kg，均值：2370Bq/kg
235 矿点	坑口	9	2476m	平均几何尺寸：2.3×2.2m		总流出水量：0.676L/s	流出水浓度：天然铀：0.0042~0.0064mg/L，均值：0.0057mg/L；^{226}Ra：0.118~0.238Bq/L，均值 0.169Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：110.5~352.7Bq/m^3，均值：240.6Bq/m^3。
	废石堆	8	35954t	裸露面积 24537m^2	1.06×10^{11}Bq	^{222}Rn 析出总量：8.49×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.52~1.86 Bq/（m^2/s），均值：1.1Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：45~642×10^{-8}Gy/h，均值：106×10^{-8}Gy/h 铀含量：214~267mg/kg，均值：219mg/kg ^{226}Ra 含量：2613~3334Bq/kg，均值：2962Bq/kg
275 矿点	坑口	5	1167m	平均几何尺寸：2.7×2.3m		总流出水量：1.75L/s	流出水浓度：天然铀：0.0063~0.0079mg/L，均值：0.0073mg/L；^{226}Ra：0.185~0.265Bq/L，均值 0.225Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：174.2~391.8Bq/m^3，均值：226.3Bq/m^3。
	废石堆	4	27505t	裸露面积 7601m^2	5.60×10^{11}Bq	^{222}Rn 析出总量：2.87×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.64~1.85 Bq/（m^2/s），均值：1.2Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：52~813×10^{-8}Gy/h，均值：148.5×10^{-8}Gy/h 铀含量：118~197mg/kg，均值：164.5mg/kg ^{226}Ra 含量：1443~2463Bq/kg，均值：2036Bq/kg
2405 矿点	坑口	9	1882.9m	平均几何尺寸：2.7×2.1m		总流出水量：0.076L/s	流出水浓度：天然铀：0.0045~0.0062mg/L，均值：0.0054mg/L；^{226}Ra：0.174~0.416Bq/L，均值 0.249Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：211.3~483.3Bq/m^3，均值：308.7Bq/m^3。
	废石堆	4	17511t	裸露面积 6080m^2	4.55×10^{11}Bq	^{222}Rn 析出总量：1.89×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.54~1.65 Bq/（m^2/s），均值：0.99Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：53~219×10^{-8}Gy/h，均值：79.6×10^{-8}Gy/h 铀含量：173~241mg/kg，均值：211.8mg/kg ^{226}Ra 含量：2112~2943Bq/kg，均值：2598.5Bq/kg

（续 1）表 6　各矿（床）点污染源项统计

矿点（床）	治理项目	个数	总数量	几何尺寸	总活度	有害物排放量	相关污染参数
7401 矿点	坑口	3	715.2m	平均几何尺寸：1.6×1.4m		总流出水量：0.015L/s	流出水浓度：天然铀：0.0031~0.0042mg/L，均值：0.0036mg/L；^{226}Ra：0.202~0.295Bq/L，均值 0.241Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：111~164Bq/m^3，均值：136.3Bq/m^3。
	废石堆	3	10240t	裸露面积 5198m^2	2.37×10^{11}Bq	^{222}Rn 析出总量：1.77×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.27~1.86 Bq/（m^2/s），均值：1.08Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：51~310×10^{-8}Gy/h，均值：78.7×10^{-8}Gy/h 铀含量：175~205mg/kg，均值：189mg/kg ^{226}Ra 含量：2137~2508Bq/kg，均值：2312Bq/kg
7404 矿点	坑口	4	878.4m	平均几何尺寸：1.7×1.3m		总流出水量：0.061L/s	流出水浓度：天然铀：0.0054~0.0062mg/L，均值：0.0058mg/L；^{226}Ra：0.165~0.173Bq/L，均值 0.169Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：118.5~265.0Bq/m^3，均值：173.3Bq/m^3。
	废石堆	3	14220t	裸露面积 7139m^2	3.60×10^{11}Bq	^{222}Rn 析出总量：2.63×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.21~1.90 Bq/（m^2/s）；均值：1.17Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：60~219×10^{-8}Gy/h；均值：86.3×10^{-8}Gy/h 铀含量：188~216mg/kg，均值：204mg/kg ^{226}Ra 含量：2289~2699Bq/kg，均值：2529Bq/kg
1738 矿点	坑口	6	5948.2m	平均几何尺寸：2.2×2.5m		总流出水量：0.78L/s	流出水浓度：天然铀：0.0062~0.0072mg/L，均值：0.0068mg/L；^{226}Ra：0.348~0.862Bq/L，均值 0.632Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：1874~3092Bq/m^3，均值：2461.5Bq/m^3。
	废石堆	2	81479t	裸露面积 25361m^2	1.40×10^{11}Bq	^{222}Rn 析出总量：9.58×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.77~1.89 Bq/（m^2/s）；均值：1.20Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：34~2670×10^{-8}Gy/h；均值：240 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：92~188mg/kg，均值：140mg/kg ^{226}Ra 含量：1129~2292Bq/kg，均值：1710Bq/kg
	塌陷坑	1	2145m^3	上口面积：684m^2 下底面积：220m^2 深度：6m			
1783 矿点	坑口	5	6284.9m	平均几何尺寸：2.0×2.3m		总流出水量：0.88L/s	流出水浓度：天然铀：0.0053~0.0094mg/L，均值：0.0071mg/L；^{226}Ra：0.372~0.638Bq/L，均值 0.550Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：872.6~2379.2Bq/m^3，均值：1579.2Bq/m^3。
	废石堆	2	96453t	裸露面积 41562m^2	2.33×10^{11}Bq	^{222}Rn 析出总量：1.63×10^{12}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.82~1.78 Bq/（m^2/s）；均值：1.25Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：52~642×10^{-8}Gy/h；均值：206 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：127~235mg/kg，均值：188mg/kg ^{226}Ra 含量：1556~2938Bq/kg，均值：2314Bq/kg
	塌陷坑	1	4116m^3	上口面积：895m^2 下底面积：281m^2 深度：8.7m			
1742 矿点	坑口	6	3461.7m	平均几何尺寸：1.6×1.8m		总流出水量：0.59L/s	流出水浓度：天然铀：0.0064~0.0071mg/L，均值：0.0066mg/L；^{226}Ra：0.637~0.967Bq/L，均值 0.692Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：529.7~1274.5Bq/m^3，均值：1215.3Bq/m^3。
	废石堆	2	40492t	裸露面积 36967m^2	6.98×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：1.31×10^{12}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.71~1.75 Bq/（m^2/s）；均值：1.13Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：45~1254×10^{-8}Gy/h；均值：150 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：96~186mg/kg，均值：141mg/kg ^{226}Ra 含量：1176~2272Bq/kg，均值：1724Bq/kg
95 矿点	坑口	2	1552m	平均几何尺寸：2.3×2.7m		总流出水量：0.17L/s	流出水浓度：天然铀：0.0088~0.0095mg/L，均值：0.0092mg/L；^{226}Ra：0.62~0.93Bq/L，均值 0.78Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：1137.6~3216.6Bq/m^3，均值：2177Bq/m^3。
	废石堆	2	12205t	裸露面积 11471m^2	2.51×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：4.26×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.57~1.81 Bq/（m^2/s），均值：1.18Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：53~1974×10^{-8}Gy/h，均值：190 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：162~175mg/kg，均值：168mg/kg ^{226}Ra 含量：1982~2133Bq/kg，均值：2057Bq/kg
173 矿点	坑口	7	1084.8m	平均几何尺寸：1.6×1.8m		总流出水量：0.23L/s	流出水中有害浓度：天然铀：0.0078mg/L；^{226}Ra：0.75Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：432.8~7504.1Bq/m^3，均值：1837.7Bq/m^3。
	废石堆	2	13791t	裸露面积 9905m^2	2.3×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：3.52×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.65~1.68 Bq/（m^2/s），均值：1.13Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：42~446×10^{-8}Gy/h，均值：116 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：84~190mg/kg，均值：173mg/kg ^{226}Ra 含量：1021~2315Bq/kg，均值：1668Bq/kg

（续 2）表 6　各矿（床）点污染源项统计

矿点（床）	治理项目	个数	总数量	几何尺寸	总活度	有害物排放量	相关污染参数
斜仔矿点	坑口	3	195.1m	平均几何尺寸：2.1×2.2m		总流出水量：1.37L/s	流出水浓度：天然铀：0.022~0.048mg/L，均值：0.038mg/L；^{226}Ra：0.0424~0.676Bq/L，均值：0.526Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：576~867Bq/m^3，均值：732.7Bq/m^3。
	废石堆	3	2374t	裸露面积 3736m^2	4.68×10^{9}Bq	^{222}Rn 析出总量：1.29×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.87~1.26 Bq/（m^2/s）；均值：1.10Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：92~397×10^{-8}Gy/h；均值：176 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：123~187mg/kg，均值：162mg/kg ^{226}Ra 含量：1496~2279Bq/kg，均值：1973Bq/kg
张光营矿点	坑口	7	2050m	平均几何尺寸：2.2×2.0m		总流出水量：0.78L/s	流出水浓度：天然铀：0.042~0.056mg/L，均值：0.051mg/L；^{226}Ra：0.0477~0.521Bq/L，均值：0.494Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：464~558Bq/m^3，均值：517Bq/m^3。
	废石堆	5	38485t	裸露面积 9541m^2	7.06×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：3.66×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.87~1.43 Bq/（m^2/s），均值：1.22Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：81~596×10^{-8}Gy/h，均值：172 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：57~213mg/kg，均值：149.2mg/kg ^{226}Ra 含量：693~2629Bq/kg，均值：1836Bq/kg
塘洞 38 矿点	坑口	4	2170m	平均几何尺寸：1.7×2.0m		总流出水量：1.26L/s	流出水浓度：天然铀：0.038~0.058mg/L，均值：0.048mg/L；^{226}Ra：0.711~0.821Bq/L，均值 0.766Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：323~1579Bq/m^3，均值：855Bq/m^3。
	废石堆	3	54995t	裸露面积 18670m^2	7.81×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：7.22×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.77~2.62 Bq/（m^2/s），均值：1.23Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：30~1294×10^{-8}Gy/h，均值：191 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：105.25~121.42mg/kg，均值：115.6mg/kg ^{226}Ra 含量：1290.36~1493.46Bq/kg，均值：1420.72Bq/kg
	污染道路	2	2560m	5888m^2		^{222}Rn 析出总量：1.31×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.47~1.13 Bq/（m^2/s），均值：0.71Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：29~95×10^{-8}Gy/h，均值：53 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：46~93mg/kg，均值：73mg/kg ^{226}Ra 含量：171~406Bq/kg，均值：265Bq/kg
古洞 201 矿点	坑口	5	2159m	平均几何尺寸：1.8×2.1m		总流出水量：0.025L/s	流出水浓度：天然铀：0.029~0.039mg/L，均值：0.034mg/L；^{226}Ra：0.571~0.662Bq/L，均值 0.629Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：916~1765Bq/m^3，均值：1312.6Bq/m^3。
	废石堆	3	15728t	裸露面积 12150m^2	1.57×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：4.43×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.76~1.92 Bq/（m^2/s），均值：1.16Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：20~786×10^{-8}Gy/h，均值：113 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：76.67~88.22mg/kg，均值：81.9mg/kg ^{226}Ra 含量：943.04~1085.1Bq/kg，均值：997.4Bq/kg
	污染道路	2	1500m	2080m^2		^{222}Rn 析出总量：0.49×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.43~1.15 Bq/（m^2/s），均值：0.76Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：26~88×10^{-8}Gy/h，均值：48×10^{-8}Gy/h 铀含量：51~97mg/kg，均值：75mg/kg ^{226}Ra 含量：157~413Bq/kg，均值：233Bq/kg
古洞 1814 矿点	坑口	4	593.6m	平均几何尺寸：1.8×2.3m		总流出水量：0.86L/s	流出水浓度：天然铀：0.018~0.037mg/L，均值：0.028mg/L；^{226}Ra：0.473~0.651Bq/L，均值 0.579Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：1051~1521Bq/m^3，均值：1250.5Bq/m^3。
	废石堆	4	12373t	裸露面积 7199m^2	1.21×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：2.58×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.73~2.05 Bq/（m^2/s），均值：1.14Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：26~542×10^{-8}Gy/h，均值：121.8×10^{-8}Gy/h 铀含量：74.21~82.06mg/kg，均值：79.4mg/kg ^{226}Ra 含量：912.78~1009.22Bq/kg，均值：976.2Bq/kg
老蓬 216 矿点	坑口	2	351m	平均几何尺寸：2.0×2.5m		总流出水量：0.09L/s	流出水浓度：天然铀：0.031~0.044mg/L，均值：0.038mg/L；^{226}Ra：0.662~0.756Bq/L，均值 0.71Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：1021~1423Bq/m^3，均值：1222Bq/m^3。
	废石堆	2	7527.4t	裸露面积 4380m2	7.43×109Bq	222Rn 析出总量：1.64×1011Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.73~1.82 Bq/（m^2/s），均值：1.19Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：28~992×10^{-8}Gy/h，均值：205 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：76.16~84.43mg/kg，均值：80.3mg/kg ^{226}Ra 含量：936.76~1038.48Bq/kg，均值：987.62Bq/kg
天井山 204 矿点	坑口	7	1667.3m	平均几何尺寸：1.8×2.3m		总流出水量：0.038L/s	流出水浓度：天然铀：0.019~0.041mg/L，均值：0.028mg/L；^{226}Ra：0.342~0.722Bq/L，均值 0.485Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：780~1556Bq/m^3，均值：1193.9Bq/m^3。
	废石堆	7	31243t	裸露面积 19173m^2	2.92×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：7.06×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.72~2.05 Bq/（m^2/s），均值：1.17Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：20~825×10^{-8}Gy/h，均值：132.9 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：72.32~79.65mg/kg，均值：75.9mg/kg ^{226}Ra 含量：889.51~979.7Bq/kg，均值：934.1Bq/kg
	污染道路	2	1350m	2295m^2		^{222}Rn 析出总量：0.55×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.38~1.15 Bq/（m^2/s），均值：0.76Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：30~115×10^{-8}Gy/h，均值：61×10^{-8}Gy/h 铀含量：45~91mg/kg，均值：71mg/kg ^{226}Ra 含量：152~413Bq/kg，均值：277Bq/kg

（续 3）表 6　各矿（床）点污染源项统计

矿点（床）	治理项目	个数	总数量	几何尺寸	总活度	有害物排放量	相关污染参数
西米洞 215 矿点	坑口	7	2845.9m	平均几何尺寸：1.9×2.5m		总流出水量：0.103L/s	流出水浓度：天然铀：0.029~0.051mg/L，均值：0.042mg/L；^{226}Ra：0.579~0.903Bq/L，均值 0.728Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：1135~1996Bq/m^3，均值：1500Bq/m^3。
	废石堆	4	32182t	裸露面积 17620m^2	3.23×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：6.71×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.76~1.91 Bq/（m^2/s），均值：1.21Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：21~1008×10^{-8}Gy/h，均值：204.8×10^{-8}Gy/h 铀含量：69.68~94.33mg/kg，均值：81.9mg/kg ^{226}Ra 含量：854.27~1156.48Bq/kg，均值：1004.3Bq/kg
	污染道路	1	1050m	1575m^2		^{222}Rn 析出总量：0.39×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.41~1.21 Bq/（m^2/s），均值：0.79Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：25~82×10^{-8}Gy/h，均值：45×10^{-8}Gy/h 铀含量：52~93mg/kg，均值：75mg/kg ^{226}Ra 含量：167~423Bq/kg，均值：248Bq/kg
老蓬 1816 矿点	坑口	4	913.6m	1.9×2.4		总流出水量：0.013L/s	流出水浓度：天然铀：0.022~0.032mg/L，均值：0.027mg/L；^{226}Ra：0.551~0.791Bq/L，均值 0.650Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：782~1323Bq/m^3，均值：1065.2Bq/m^3。
	废石堆	4	17244.1t	裸露面积 8870m^2	1.75×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：3.32×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.73~1.83 Bq/（m^2/s），均值：1.19Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：26~1089×10^{-8}Gy/h，均值：199.2 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：80.12~84.57mg/kg，均值：82.38mg/kg ^{226}Ra 含量：985.47~1040.21Bq/kg，均值：1013.2Bq/kg
芦溪山 259 矿点	坑口	7	2593m	平均几何尺寸：1.9×2.3m		总流出水量：0.009L/s	流出水浓度：天然铀：0.031~0.041mg/L，均值：0.072mg/L；^{226}Ra：0.667~0.741Bq/L，均值 0.71Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：852~1688Bq/m^3，均值：1109Bq/m^3。
	废石堆	6	36544t	裸露面积 16599m^2	3.41×10^{10}Bq	^{222}Rn 析出总量：6.01×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.65~1.83 Bq/（m^2/s），均值：1.15Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：34~966×10^{-8}Gy/h，均值：131.5 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：71.65~89.69mg/kg，均值：75.86mg/kg ^{226}Ra 含量：754.11~1103.5Bq/kg，均值：933.1Bq/kg
	污染道路	2	1430m	3510m^2		^{222}Rn 析出总量：0.84×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.43~1.16 Bq/（m^2/s），均值：0.76Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：23~87×10^{-8}Gy/h，均值：46×10^{-8}Gy/h 铀含量：53~133mg/kg，均值：88mg/kg ^{226}Ra 含量：153~423Bq/kg，均值：218Bq/kg
蒋公村 1815 矿点	坑口	3	542m	平均几何尺寸：1.7×2.2m		总流出水量：0.11L/s	流出水浓度：天然铀：0.032~0.043mg/L，均值：0.038mg/L；^{226}Ra：0.663~0.781Bq/L，均值 0.722Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：902~1462Bq/m^3，均值：1156Bq/m^3。
	废石堆	3	9769.5t	裸露面积 5685m^2	9.11×10^{9}Bq	^{222}Rn 析出总量：2.11×10^{11}Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.76~1.91 Bq/（m^2/s），均值：1.18Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：20~742×10^{-8}Gy/h，均值：118.7×10^{-8}Gy/h 铀含量：73.82~77.41mg/kg，均值：75.9mg/kg ^{226}Ra 含量：907.98~952.14Bq/kg，均值：933.6Bq/kg
竹园 401 矿点	坑口	4	3234.5m	平均几何尺寸：1.9×2.3m		总流出水量：0.02L/s	流出水浓度：天然铀：0.025~0.049mg/L，均值：0.035mg/L；^{226}Ra：0.412~0.878Bq/L，均值 0.563Bq/L。^{222}Rn 浓度范围：1118~2175Bq/m^3，均值：1640Bq/m^3。
	废石堆	4	58976t	裸露面积 20550m^2	6.72×1010Bq	^{222}Rn 析出总量：7.44×1011Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.72~1.86 Bq/（m^2/s；均值：1.15Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：20~1562×10^{-8}Gy/h；均值：212.8 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：81.28~108.21mg/kg，均值：92.71mg/kg ^{226}Ra 含量：999.76~1330.98Bq/kg，均值：1140.3Bq/kg
	剥土	2	3009.1m^2	剥离深度 2.3m			^{222}Rn 析出率范围：0.48~1.73 Bq/（m^2/s），均值：0.99Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：29~118×10^{-8}Gy/h，均值：66.5 ×10^{-8}Gy/h 铀含量：55.0~64.0mg/kg，均值：59.5mg/kg ^{226}Ra 含量：670.2~780.8Bq/kg，均值：725.5Bq/kg
	污染道路	2	2900m	5160m^2		^{222}Rn 析出总量：1.27×1011Bq /a	^{222}Rn 析出率范围：0.41~1.18 Bq/（m^2/s），均值：0.78Bq/（m^2/s） γ 辐射剂量率范围：31~142×10^{-8}Gy/h，均值：77×10^{-8}Gy/h 铀含量：52~114mg/kg，均值：85mg/kg ^{226}Ra 含量：172~402Bq/kg，均值：261Bq/kg

表 7　各矿（床）点坑道流出水中重金属含量

矿（床）点		重金属含量（μg/L）								检测单位
		Hg	Cd	Cr	As	Pb	Ni	Be	Ag	
二九一大队	101 矿点 YD-3	0.28	0.22	2.60	0.21	6.30	5.30	2.00	2.30	国土资源部放射性矿产资源监督检测中心
	101 矿点 YD-4	0.31	0.18	3.10	0.18	7.20	5.80	1.00	2.50	
	101 矿点 YD-2	0.25	0.28	2.80	0.17	6.80	4.40	2.00	2.40	
	101 矿点 101-0	0.33	0.35	3.30	0.22	6.20	4.60	1.00	2.10	
	101 矿点 YD-1	0.32	0.23	3.50	0.23	7.30	5.20	1.00	2.60	
	101 矿点 101-1	0.26	0.25	3.10	0.19	6.60	6.10	2.00	2.50	
	101 矿点 101-2	0.35	0.24	2.50	0.21	6.10	5.50	2.00	2.70	
	114 矿床 ШT-3	0.32	0.38	2.60	0.23	7.10	4.80	3.00	2.30	
	114 矿床 ШT-5	0.35	0.43	3.30	0.24	8.30	5.60	2.00	2.10	
	231 矿点 ШT-1	0.25	0.33	2.10	0.16	6.80	6.20	1.00	2.50	
	231 矿点 ШT-2	0.28	0.37	2.30	0.19	6.40	5.60	1.00	2.40	
	231 矿点 ШT-3	0.32	0.28	3.20	0.23	7.50	4.80	2.00	2.50	
	235 矿点 ШT-215	0.38	0.41	3.80	0.22	8.20	5.70	3.00	2.40	
	235 矿点 ШT-214	0.35	0.46	3.40	0.23	7.30	6.00	2.00	2.31	
	235 矿点 ШT-213	0.28	0.38	2.80	0.18	7.20	6.70	2.00	2.70	
	235 矿点 ШT-4	0.26	0.43	3.50	0.19	8.60	5.30	1.00	2.10	
	235 矿点 ШT-5	0.40	0.35	3.30	0.23	7.30	4.70	3.00	2.60	
	235 矿点 ШT-2	0.32	0.33	2.70	0.21	6.90	5.50	2.00	2.30	
	235 矿 ШT-71	0.37	0.42	3.20	0.20	8.00	6.20	1.00	2.60	
	275 矿点 ШT-16	0.26	0.26	3.10	0.23	7.70	6.30	2.00	2.30	
	275 矿点 ШT-18	0.30	0.31	3.60	0.18	6.60	6.70	1.00	2.20	
	275 矿点 ШT-14	0.29	0.25	2.80	0.21	7.10	5.90	1.00	2.50	
	2405 矿床 ШT-1	0.33	0.32	2.10	0.18	6.30	4.20	2.00	2.10	
	2405 矿床 ШT-2	0.26	0.27	2.80	0.19	6.50	4.80	1.00	2.70	
	2405 矿床 ШT-5	0.31	0.23	2.20	0.22	7.90	5.60	2.00	2.30	
	2405 矿床 ШT-13	0.36	0.24	3.00	0.18	7.30	6.10	2.00	2.50	
	7401 矿点 ШT-7	0.28	0.34	2.50	0.23	6.80	4.40	3.00	2.70	
	7401 矿点 ШT-4	0.25	0.31	3.50	0.24	7.00	5.20	2.00	2.10	
	7401 矿点 ШT-9	0.29	0.38	3.20	0.19	6.50	5.80	2.00	2.50	
	7404 矿点 ШT-2	0.34	0.42	2.90	0.18	6.30	5.50	1.00	2.60	
	7404 矿点 ШT-1	0.27	0.39	2.30	0.21	7.60	6.20	2.00	2.20	
二九二大队	1738 矿点坑-3	<0.10	0.013	6.64	4.55	0.568	4.34	0.009	0.004	核工业北京地质研究院
	1738 矿点坑-4	<0.10	0.181	0.482	3.07	0.21	2.09	0.136	0.026	
	1738 矿点坑-5	<0.10	0.163	0.55	3.52	0.104	2.21	0.142	0.018	
	1738 矿点坑-6	<0.10	0.017	0.343	0.96	0.027	0.459	0.139	0.031	
	1738 矿点坑-7	<0.10	0.002	0.277	0.73	0.326	<0.002	0.092	0.039	
	1783 矿点坑-1	<0.10	0.008	5.94	4.69	0.649	2.25	0.004	0.007	
	1783 矿点坑-2	<0.10	0.013	0.466	0.95	0.014	0.834	0.112	0.023	
	1783 矿点坑-3	<0.10	0.214	0.372	3.60	0.678	19.8	0.197	0.013	
	1783 矿点坑-7	0.44	0.002	0.352	0.64	0.346	<0.002	0.105	0.024	
	1783 矿点坑-8	<0.10	0.003	6.36	5.21	0.455	3.39	0.002	0.02	
	1742 矿点 ШT-1	<0.10	0.004	0.493	<0.60	0.34	0.543	0.103	0.052	
	1742 矿点 ШT-2	<0.10	0.008	5.58	4.97	0.331	2.66	0.002	<0.002	
	1742 矿点 ШT-3	<0.10	0.016	0.565	1.46	<0.002	0.558	0.103	0.042	
	1742 矿点 ШT-9	0.10	0.009	5.75	4.88	0.463	2.49	0.003	0.003	
	1742 矿点 ШT-10	<0.10	0.014	0.529	1.38	<0.002	0.611	0.106	0.028	
	1742 矿点 ШT-11	<0.10	<0.002	5.35	4.96	0.474	2.46	0.005	<0.002	
	1742 矿点 ШT-14	<0.10	0.004	4.95	5.11	0.725	2.94	0.01	0.02	
	1742 矿点 ШT-15	<0.10	0.256	0.468	1.03	<0.002	1.17	0.796	0.017	
	95 矿点坑-4	<0.10	0.011	5.17	5.60	0.738	3.39	0.007	0.009	
	95 矿点坑-5	<0.10	0.307	0.479	<0.60	<0.002	1.42	1.2	0.02	
	173 矿点坑-8	<0.10	0.014	5.26	4.44	0.994	2.28	0.014	0.021	

二九三大队	斜仔 ШT1	<0.10	0.043	1.02	3.16	0.149	11.3	1.05	0.002	核工业北京地质研究院
	斜仔 ШT4	0.10	0.056	1.12	4.82	0.08	3.32	1.31	<0.002	
	斜仔 ШT5	<0.10	0.01	2.58	0.89	0.22	2.96	0.041	0.038	
	张光营 ШT2	<0.10	0.004	4.55	0.67	0.28	1.05	0.028	0.042	
	张光营 ШT3	0.10	0.028	4.47	0.94	0.236	23.6	0.029	0.018	
	张光营 ШT4	<0.10	0.386	4.37	0.90	0.31	95.8	0.032	0.021	
	张光营 ШT5	0.10	0.022	11.1	0.73	0.157	12.4	0.027	0.032	
地调院	塘洞 38 矿点 ШT4	＜0.40	1.00	＜4.00	4.50	3.30	＜6.00	＜0.20	＜13	国土资源部放射性矿产资源监督检测中心
	古洞 201 矿点 ШT-4	＜0.40	0.74	＜4.00	1.90	1.00	＜6.00	＜0.20	＜13	
	天井山 204 矿点 KD-7	＜0.40	0.31	＜4.00	4.20	0.98	＜6.00	＜0.20	＜13	
	西米洞 215 矿点 KD-15	＜0.40	0.48	＜4.00	2.30	1.00	＜6.00	＜0.20	＜13	
	竹园 401 矿床 CDl	0.55	1.00	＜4.00	5.10	0.80	＜6.00	＜0.20	＜13	
	塘洞 38 矿点 ШT3-2	<0.10	0.033	0.505	<0.60	2.22	0.76	0.123	0.024	核工业北京地质研究院
	古洞 201 矿点 ШT-1	0.10	0.07	1.32	<0.60	3.49	0.91	0.351	0.038	
	古洞 201 矿点 ШT-7	<0.10	0.079	0.451	<0.60	12	<0.002	0.178	0.041	
	古洞 1814 矿点 ШT-1	<0.10	0.031	0.333	1.01	13.5	0.735	0.315	0.035	
	古洞 1814 矿点 ШT-2	<0.10	0.019	0.366	<0.60	9.15	0.222	0.253	0.047	
	古洞 1814 矿点 ШT-3	<0.10	0.044	0.15	1.04	24.3	<0.002	0.403	<0.002	
	古洞 1814 矿点 ШT-4	0.10	0.048	0.42	0.90	35.7	5.19	0.457	0.02	
	天井山 204 矿点 KD-3	0.10	0.074	0.139	<0.60	10.6	1.21	0.209	0.045	
	天井山 204 矿点 KD-4	0.23	0.083	0.258	0.75	26.9	1.38	0.324	0.027	
	天井山 204 矿点 KD-5	0.11	0.068	0.219	2.33	12.7	<0.002	0.17	0.027	
	天井山 204 矿点 KD-6	<0.10	0.022	0.083	1.13	17.4	<0.002	0.341	0.027	
	天井山 204 矿点 KD-11	0.10	0.068	3.34	1.08	35.3	1.05	0.892	0.026	
	西米洞 215 矿点 KD-9	<0.10	0.038	2.32	1.88	28.3	0.295	0.444	<0.002	
	西米洞 215 矿点 KD-13	<0.10	0.058	3.37	1.80	17.1	0.144	0.315	0.045	
	西米洞 215 矿点 KD-16	0.10	0.086	3.87	0.78	6.2	57.6	0.453	0.034	
	老蓬 216 矿点 KD1	<0.10	0.071	4.3	1.56	10.3	0.833	1.1	0.042	
	老蓬 216 矿点 KD2	<0.10	0.04	3.16	0.96	1.31	0.177	0.101	0.029	
	老蓬 1812 矿点 KD1	<0.10	0.016	4.31	1.34	6.6	0.241	0.15	0.03	
	老蓬 1812 矿点 KD2	0.10	0.07	1.22	15.1	9.53	0.58	0.211	0.04	
	老蓬 1812 矿点 KD4	0.10	0.104	0.24	1.08	3.37	<0.002	0.294	0.012	
	芦溪山 259 矿点 KD6	<0.10	0.011	0.145	<0.60	1.91	2.61	0.12	0.022	
	芦溪山 259 矿点 KD7	0.10	0.015	0.141	0.77	2.09	<0.002	0.096	0.025	
	蒋公村 1815 矿点 KD1	0.15	0.042	0.384	1.01	13.6	0.484	0.269	0.031	
	蒋公村 1815 矿点 KD3	<0.10	0.026	0.321	0.79	9.94	<0.002	0.211	0.03	
	竹园 401 矿床 YD1	0.16	0.037	0.467	0.71	5.46	3.37	0.14	0.038	
	竹园 401 矿床 YD2	0.16	0.027	0.445	1.48	13.1	0.664	0.335	0.05	
	竹园 401 矿床 YD3	0.10	0.063	1.08	7.20	6.35	2.84	0.156	0.033	
最高允许排放浓度*		50	100	1500	500	1000	1000	5	500	/

*《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）、《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）

由上述检测结果可知，取样检测的矿（床）点坑口流出水中所测重金属含量未超出《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）及《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）要求，治理过程中同时密切关注其它重金属。

退役治理方案简介

治理工程方案由中核第四研究设计工程有限公司（工程咨询资格证书编号：工咨甲 20320070001）负责完成。

一、坑口治理

为阻止坑口内 ^{222}Rn 气体外逸，防止人畜误入废弃的坑口造成不必要的伤害，对地表坑口进行封堵治理。

1、治理分类

坑口治理分为无流出水坑口、有流出水坑口治理。本次治理坑口共 145 个，其中有水坑口 102 个，无水坑口 43 个。

2、治理方案

（1）无流出水坑口治理方案

采用两道（长度小于 30m 的坑口采用一道）毛石墙封堵、中间废石充填的治理方案。在坑口往里 12.4m 岩性较稳固处砌筑第一道嵌入底板和两侧 0.2m 深的浆砌毛石墙、墙厚 1.2m；中间充填废石，之后在坑口附近往里约 2m 处采用同样的方法砌筑第二道浆砌毛石墙，然后覆土掩埋坑口，夯实并植被、种树。封堵方案示意图见图 1。

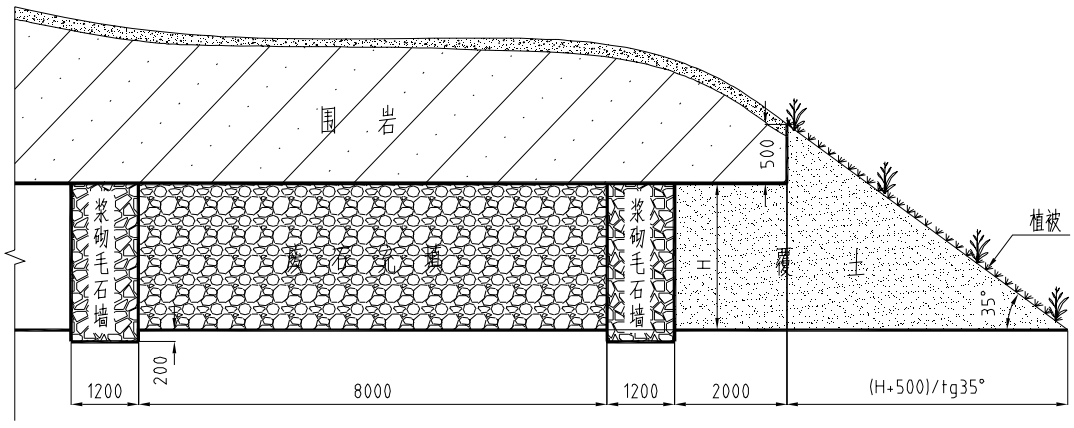


图 1　无流出水坑口封堵方案示意图

（2）有流出水坑口治理方案

采用两道混凝土墙封堵，在两墙间设疏水过滤池的治理方案。

在坑口内约 10m 岩性较稳固处砌筑第一道嵌入底板和两侧各 0.2m 深的混凝土墙，墙厚 1.0m，在砌筑第一道墙时预埋 4 根管。从坑口处开始往里约 1.5m 处设置一道浆砌石墙（墙厚 0.3m，墙高 1.2m），浆砌石墙外侧地面铺设一层厚 0.2m、宽 0.5m 浆砌石做为过滤池，在砌筑浆砌石墙时，预埋 PVC 管。在墙的另一侧及底板 2m 长的范围内堆放砾石，堆放砾石时按照砾石的自然安息角堆放在浆砌石墙的内侧，同时保证 PVC 管的完整性；在砾石及 PVC 管的上面铺设一层土工布，并用砾石压住。砌筑第二道混凝土墙，注意预埋水泥涵管；砌到与浆砌石墙高度相同时，在过滤池上放置钢筋砼预制板，然后覆土掩埋坑口，夯实并植被、种树。坑口封堵示意图见图 2。

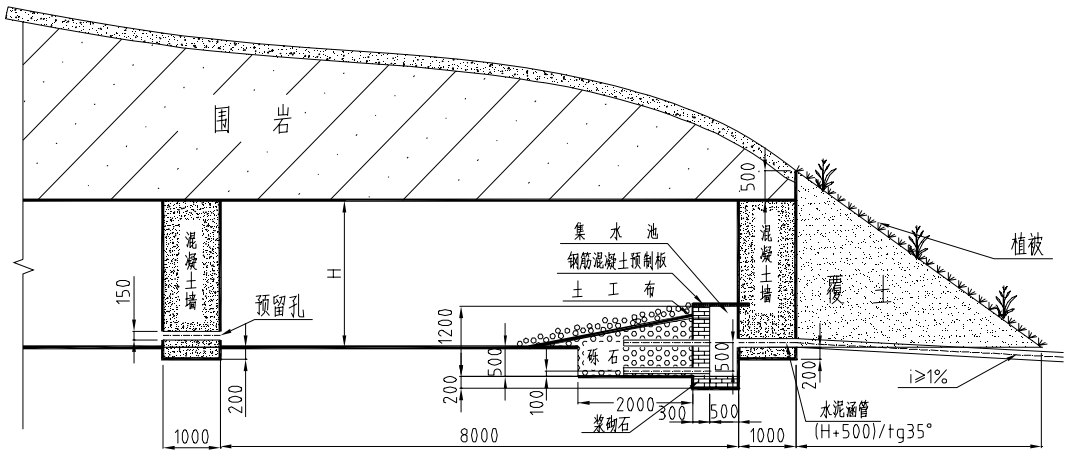


图 2　有流出水坑口疏排水示意图

根据项目所在地情况，广东片区各矿（床）点坑口流出水受纳水体无足够稀释效果，治理后的坑口流出水即执行天然铀浓度小于 0.05mg/L，^{226}Ra 浓度小于 1.11Bq/L 的标准。

在有农业生产活动的地区，将坑口流出水以暗沟形式排至小溪或小河等受纳水体，防止百姓进行取水灌溉等活动。竣工后加强下游取水口铀、镭的监测，特别是枯水期。

根据《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009），退役治理施工时，先通风不少于 15min，坑道中 ^{222}Rn 浓度不大于 2700Bq/m^3 时方可进入进行砌筑等操作，且坑内有人时不得停止通风。

二、浅井（竖井）治理

浅井一般指探矿浅井，深度一般小于 30m，浅井极易使人、畜坠落，为确保人畜安全和阻止氡气外逸，需进行治理。采用的治理方案：用附近废石堆的废石把井回填至距地表 1.5m 处，然后夯填黄土至地表并植被，浅井治理方案示意图见图 3。

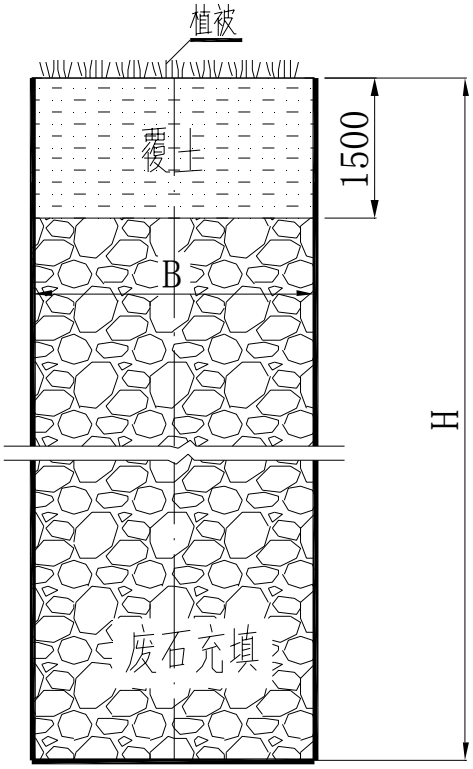


图 3　浅井治理方案示意图

竖井一般常指通风井等深度较大的井，常与下部平巷连通，竖井极易使人、畜坠落，为确保人畜安全和阻止氡气外逸，需进行治理。采用的治理方案：利用附近废石堆的废石把竖井回填至距地表 1.5m 处；下部采用大块废石回填，自然堆积，上部采用 0.5m 厚钢筋混凝土板封堵，混凝土板四周深入井壁 0.5m；最后覆土至井口并植被。竖井治理方案示意图见图 4。

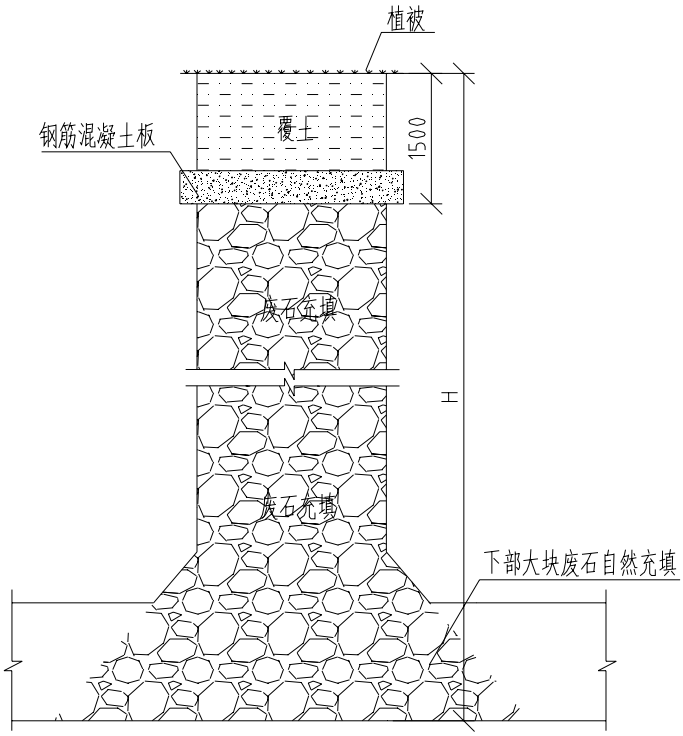


图 4　竖井治理方案示意图

三、废石堆治理

广东片区纳入二期治理的废石堆共 94 处，废石总量 71.6736 万 t，裸露面积约 34 万 m^2。

1、治理要求

（1）充分考虑当地的自然环境、地形地貌，作到因地制宜、切合当地实际，采用技术成熟、施工简便的治理方案。

（2）废石场退役整治一般达到有限制使用深度：进行覆土、植被与稳定化处置、设立警示牌；以达到控制贯穿辐射水平和表层土中 ^{226}Ra 核素含量以及 ^{222}Rn 的析出的治理目的；退役后不得随意破坏和变动治理设施。

（3）原地治理的废石堆，通过采取一定的工程措施，治理后达到长期稳定、废石不流失。

（4）对于具备施工条件和运输条件的废石堆，经过技术经济比较后，尽可能采用挖除、迁移、集中的处置方案，治理后其原址达到无限制开放使用的深度；若清挖后原址天然基底高于无限制开放使用控制标准限值，则原址为有限制开放使用。

2、治理方案

（1）原地覆盖治理方案

首先平整场地、消除土包、整坡并根据需要设置马道；然后覆土并分层压实（压实度要求达到 90%以上）；最后植树、种草并设置警示标志。为稳固废石场边坡及覆土，在废石堆坡脚砌筑挡土墙，同时为防止雨水冲刷覆土层，在废石场上部以及马道上修砌截水沟以防土坡受到雨力侵蚀。最后，废石堆旁边设立警示牌，治理达到有限制使用深度。

废石堆边坡一般采取植草护坡进行防护；对于高大及坡度的边坡则采用浆砌片石截水骨架护坡和土工网复合植被护坡进行防护。

（2）清挖回填、迁移集中治理方案

将废石及下部污染土一并挖除，在施工过程中贯彻“边施工边监测、监测指导施工”的原则。将污染物就近运至坑口内回填，回填后余下的污染物就近运至相邻的废石堆进行集中处置，最后对原址平整、恢复植被，治理后的原场址达到无限制开放使用的深度。

对于周边土地现状为耕地的废石堆，应考虑采取迁移、集中的治理方案，防止治理后再次遭到开挖耕作。

根据《华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二•五”退役整治工程项目建议书》，各矿（床）点废石堆治理方案及覆土厚度情况见表 8~11。

表 8　二九一大队各矿（床）点废石堆治理方案及覆土厚度

矿（床）点	废石堆	氡析出率（$Bq/m^2 \cdot s$）	治理方案	覆土厚度（cm）
101 矿点	YD-3	0.78~1.82	原地覆盖，植树种草	55
	YD-4	0.82~1.88	迁移、集中于 101-1 废石堆	-
	YD-2	0.85~1.62		
	101-0	0.72~1.63	原地覆盖，植树种草	60
	YD-1	0.81~1.76	迁移、集中于 101-0 废石堆	-
	101-1	0.79~1.87	原地覆盖，植树种草	60
	101-2	0.65~1.79		65
114 矿床	ⅢT-3	0.89~1.57	原地覆盖，植树种草	55
	ⅢT-5	0.93~1.78		65
231 矿点	ⅢT-1	0.63~1.56	原地覆盖，植树种草	60
	ⅢT-2	0.89~1.53		60
	ⅢT-3	0.67~1.46		50
235 矿点	ⅢT-215	0.52~1.47	原地覆盖，植树种草	45
	ⅢT-214	0.93~1.85		60
	ⅢT-213	0.85~1.76		55
	ⅢT-212	0.99~1.68		60
	ⅢT-4	0.72~1.86		55
	ⅢT-5	0.69~1.79		55
	ⅢT-3	0.77~1.68		55
	ⅢT-2	0.65~1.62		45
275 矿点	ⅢT-16	0.88~1.73	原地覆盖，植树种草	55
	ⅢT-18	0.64~1.82		60
	ⅢT-14	0.89~1.77		60
	ⅢT-14-1	0.86~1.85		60
2405 矿床	ⅢT-1	0.69~1.65	原地覆盖，植树种草	45
	ⅢT-2	0.54~1.65		45
	ⅢT-5	0.63~1.51		45
	ⅢT-13	0.74~1.56		50
7401 矿点	ⅢT-7	0.79~1.73	原地覆盖，植树种草	50
	ⅢT-4	0.44~1.65		50
	ⅢT-9	0.27~1.86		60
7404 矿点	ⅢT-2	0.21~1.45	原地覆盖，植树种草	55
	ⅢT-1	0.52~1.9		60
	ⅢT-12	0.89~1.85		60

表 9　二九二大队各矿（床）点废石堆治理方案及覆土厚度

矿（床）点	废石堆	氡析出率（Bq/m^2·s）	治理方案	覆土厚度（cm）
1738 矿点	坑-2~坑-5	0.77~1.81	原地覆盖，植树种草	65
	坑-6、坑-7	0.79~1.89		60
1783 矿点	坑-1	0.79~1.85	原地覆盖，植树种草	65
	坑-2	0.45~1.67		65
	坑-3	0.88~1.65		65
	坑-7、坑-8	0.82~1.78		60
1742 矿点	ⅢT-1、ⅢT-2、ⅢT-3	0.85~1.75	原地覆盖，植树种草	60
	ⅢT-9~-11、ⅢT-14、15	0.71~1.67		55
95 矿点	坑-4	0.72~1.81	原地覆盖，植树种草	55
	坑-5	0.57~1.57		60
173 矿点	坑-1~5、坑-8	0.74~1.62	原地覆盖，植树种草	50
	罗村 D-1	0.65~1.68		60

表 10　二九三大队各矿（床）点废石堆治理方案及覆土厚度

矿（床）点	废石堆	氡析出率（Bq/m^2·s）	治理方案	覆土厚度（cm）
	PD112-2	0.87~1.65		
	PD-28-1	0.87~1.73		
	PD113-29	0.82~1.76	原地覆盖，植树种草	55
斜仔矿点	ⅢT1	0.87~1.26	迁移、集中于 ⅢT5 废石堆	-
	ⅢT4	0.96~1.22		
	ⅢT5	1.03~1.18	原地覆盖，植树种草	55
张光营矿点	ⅢT1	0.96~1.52	原地覆盖，植树种草	55
	ⅢT2	0.87~1.38		60
	ⅢT3	0.87~1.43		60
	ⅢT4	0.94~1.17		50
	ⅢT5	0.96~1.16		50

表 11　地调院各矿（床）点废石堆治理方案及覆土厚度

矿（床）点	废石堆	氡析出率（$Bq/m^2 \cdot s$）	治理方案	覆土厚度（cm）
塘洞 38 矿点	ШT1、ШT2、ШT4	0.77~2.62	原地覆盖，植树种草	60
	KD-1	0.79~1.96		65
	KD-2	0.78~1.83		65
古洞 201 矿点	ШT-1、ШT-2	0.76~1.75	原地覆盖，植树种草	55
	ШT-4	0.76~1.88		55
	ШT-5、ШT-7	0.77~1.92		60
古洞 1814 矿点	ШT-1	0.76~2.05	原地覆盖，植树种草	60
	ШT-2	0.75~1.78		55
	ШT-3	0.82~1.99		55
	ШT-4	0.73~1.88		55
天井山 204 矿点	KD2-1	0.73~2.05	原地覆盖，植树种草	60
	KD-3	0.72~1.74		55
	KD-4	0.75~1.82		50
	KD-5	0.82~1.89		60
	KD-6	0.73~1.63		60
	KD-7	0.77~1.77		55
	KD-11	0.82~1.69		60
西米洞 215 矿点	KD-9	0.81~1.73	原地覆盖，植树种草	65
	KD-11、KD-13、KD-14	0.76~1.78		65
	KD-12、KD-15	0.79~1.82		65
	KD-16	0.76~1.91		65
老蓬 216 矿点	KD1	0.77~1.82	原地覆盖，植树种草	65
	KD2	0.73~1.76		65
老蓬 1812 矿点	KD1	0.75~1.83	原地覆盖，植树种草	65
	KD2	0.82~1.77		65
	KD3	0.73~1.79		65
	KD4	0.77~1.65		65
芦溪山 259 矿点	KD-1	0.76~1.71	原地覆盖，植树种草	60
	KD-2	0.77~1.66		50
	KD-3	0.71~1.83		60
	KD-4、KD-5	0.7~1.71		55
	KD-6	0.65~1.77		60
	KD-7	0.72~1.83		55
蒋公村 1815 矿点	KD1	0.81~1.91	原地覆盖，植树种草	55
	KD2	0.81~1.73		60
	KD3	0.76~1.81		65
竹园 401 矿床	CD1	0.78~1.62	原地覆盖，植树种草	65
	YD1	0.79~1.78		65
	YD2	0.77~1.71		65
	YD3	0.72~1.86		60

根据退役治理方案，本着有利于恢复当地地貌和植被的需要，考虑辐射防护最优化原则，覆土材料选择项目所在地当地的土壤。取土前，对所取土壤进行放射性水平监测，γ剂量率、氡析出率等指标为当地本底水平时方可取土，并对取土点进行生态恢复。

施工过程中严格遵循“边监测边施工、以监测指导施工”的原则，确保覆土后各废石堆贯穿辐射剂量率和氡析出率满足管理限值要求。

治理过程应根据《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009）要求确保环境敏感点（重点是居民区与饮用水源等）与辐射工作场所满足相关的防护距离；若不能满足，则根据要求划定限制区，对限制区内的放射性物质定期进行监测。

3、工程措施、方法及标准

（1）废石堆边坡

一般采用与天然安息角相应的边坡坡率，根据废石堆具体情况确定边坡坡率，如：不含杂质的废石堆其坡率可为1:0.75~1:1.25；废石被小颗粒包围、互不接触的废石堆坡率可为1:1.50~1:2.00。根据《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001、2009版），边坡稳定系数取值为Fs≥1.10。

对边坡高度超过雨力冲刷临界高度的废石堆，分段设置边坡内部排水沟或马道；马道宽度一般为3m，马道上根据需要设置挡土墙和边沟。

废石堆边坡一般采取草灌护坡进行防护；对高大及坡陡的边坡则采用土工网复合植被护坡、浆砌片石截水骨架草灌护坡进行防护，护坡形式详见图5、图6。

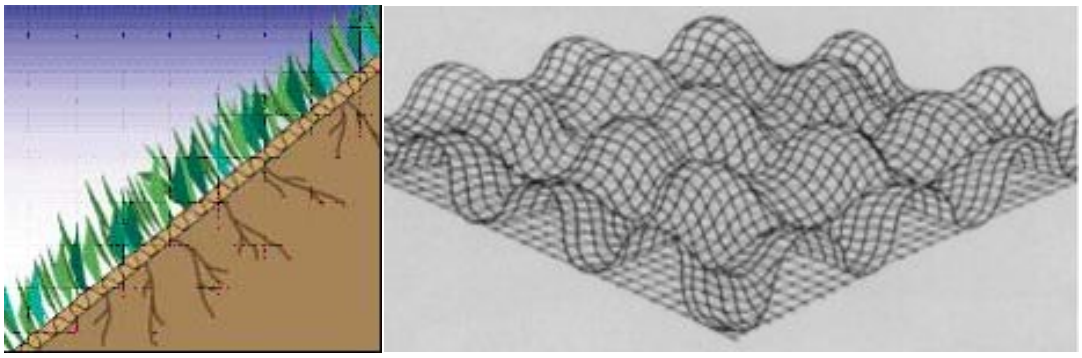
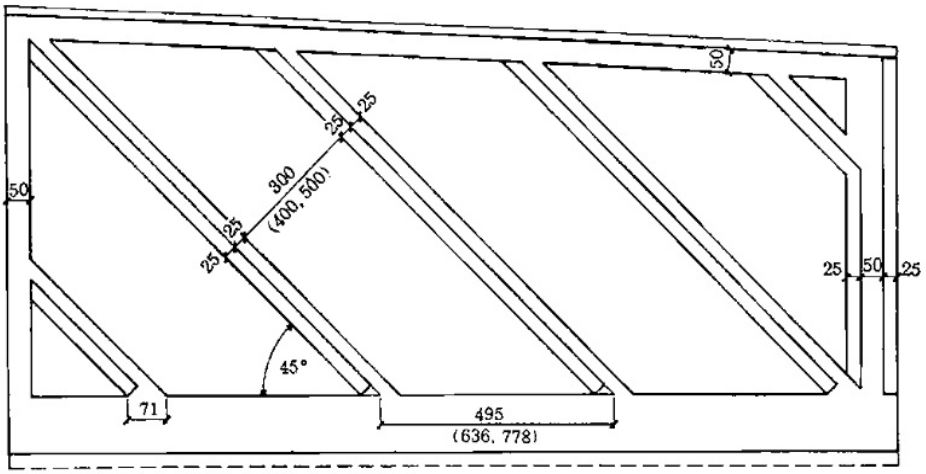
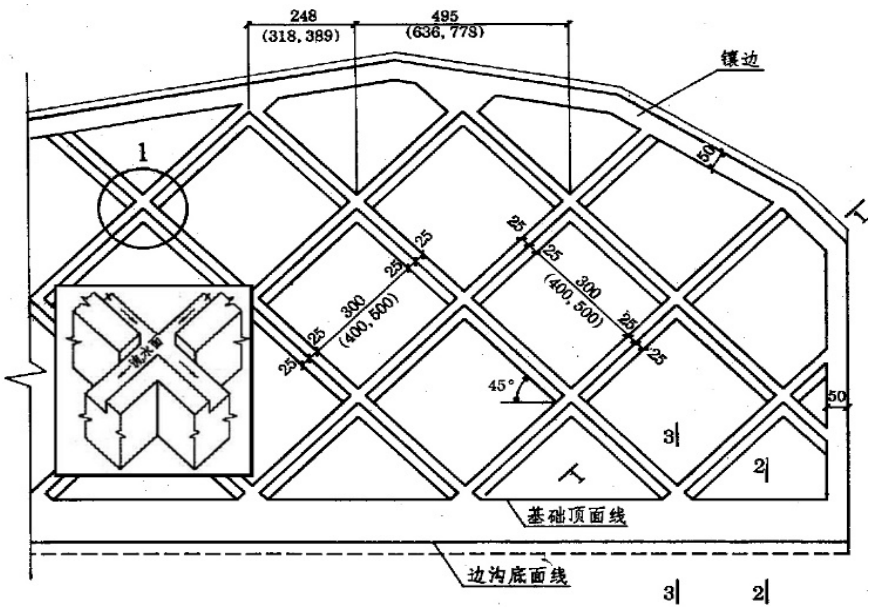


图5　三维土工网护坡形式



（a）方格型截水骨架护坡形式



（b）斜型骨架护坡形式

图 6　浆砌片石截水骨架护坡形式

（2）覆土压实

屏蔽层压实度不低于 0.90、植被土层压实度不低于 0.85，并按《土方与爆破工程施工及验收规范》（GB50201-2012）和《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2004）的有关规定加以控制。

（3）挡土墙

普通重力式挡土墙根据所在地区抗震设防烈度设计，或选用国家建筑标准设计图集《挡土墙》（图号 04J008）。浸水挡土墙依据《公路路基设计规范》（JTG D30-2004）设计。

（4）截水沟

截水沟按百年一遇重现期进行防洪设计，根据全国 P＝1%的暴雨等值线图，本项目设计雨力 Sp 范围值在 70~120mm/h 之间。截水沟设计应因地制宜，按所在地区相关降雨数据设计。

（5）边坡防护与植被恢复

为保持废石堆边坡覆盖层长期稳定，结合植被恢复的需要，通常采用草灌护坡、截水骨架内草灌护坡、三维土工网复合植被护坡、土工格室植被护坡等形式的植被护坡进行防护，是利用植被涵水固土的原理稳定岩土边坡同时绿化生态环境的工程防护技术。

废石堆边坡植被绿化防护既是退役治理的重要组成部分，更是保持废石堆长期稳定的重要工程措施之一。设计采用的植物群落类型为草灌型，以灌木、草本类为主而建造的植物群落适用于陡坡、易侵蚀坡面及周围农田、山地等，是废石场治理的主要选型。

根据中国草坪气候生态区划图，本区属Ⅸ区热带亚热带。Ⅸ区常用的护坡植物为狗牙根、结缕草、竹节草、假俭草、巴哈雀稗、白三叶、夹竹桃等。

4、施工应急措施

本工程地处多雨的华南地区。在覆土过程中和植被形成前，如遭遇短时强降雨易发生因雨力冲蚀引起裸露的覆盖土层大量流失，甚至造成严重的水毁损失，因此，在废石场治理过程中，必须遵循“预防为主、防治结合”的原则，一方面治理单位必须合理组织施工，做到“避免在雨季进行覆土施工、覆盖后必须及时防护”，加强施工过程中全面的质量控制；另一方面，相关单位要制定应急预案，在植被护坡形成过程中，采用草帘或植被网等材料进行覆盖养生及防水蚀。

四、剥土治理

剥土存在放射性危害，且破坏了当地自然植被和生态环境，需要治理。,治理方案为：在剥土底部进行覆土、植被和种树。

五、塌陷坑治理

利用附近废石堆的废石对塌陷坑进行充填，然后覆相应厚度的土，夯实并植被。

六、污染水体治理

清除河流淤泥，清挖出的淤泥运至附近废石堆或无水坑口回填，减少了污染源。

七、污染道路治理

清挖道路上的污染物，覆土夯实，清挖出的污染物运至附近废石堆或无水坑口回填。

环境影响分析与退役终态描述

一、环境影响分析

评价采用的标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（2）《核设施环境质量评价一般规定》（GB11215-1989）

（3）《铀矿地质辐射环境影响评价要求》（EJ/T977-1995）

（4）《铀矿地质辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009）

（5）《铀矿地质设施退役辐射环境安全规程》（EJ913-1994）

（6）《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）

（7）《污水综合排放标准》（GB8978-1996）

（8）《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）

（9）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

1、辐射环境质量调查

各矿（床）点的环境背景值见表 12，实施竣工环境保护验收时需对各矿点 γ 辐射剂量率、氡析出率本底值进行监测。

表 12　各矿（床）点辐射环境质量背景值

矿（床）点		γ 辐射剂量率 $\times10^{-8}$Gy/h	土壤中核素含量		水中核素含量	
			$U_{天然}$（mg/kg）	^{226}Ra（Bq/kg）	$U_{天然}$（μg/L）	^{226}Ra（Bq/L）
二九一大队	101 矿点	42~45	5.85	73.16	2.33	0.016
	114 矿床	38~42	5.53	72.52	1.92	0.018
	231 矿点	35~65	5.74~9.32	72.8~117.4	1.84~2.56	0.016~0.022
	235 矿点					
	275 矿点					
	7404 矿点					
	7401 矿点					
	2405 矿床	50~55	6.56	75.69	1.88	0.019
二九二大队	1738 矿点	30	4.62	58.63	4	0.019
	1783 矿点					
	1742 矿点					
	95 矿点					
	173 矿点					

二九三大队	斜仔矿点	45				
	张光营矿点	40				
地调院	塘洞 38 矿点	22	3.8	49.3	0.006	0.018
	古洞 201 矿点	19	3.6	48.2	0.006	0.015
	古洞 1814 矿点					
	天井山 204 矿点	19	3.5	47.5	0.006	0.015
	西米洞 215 矿点	21	3.7	48.8	0.006	0.017
	老蓬 216 矿点	19	3.6	48.6	0.006	0.015
	老蓬 1812 矿点					
	芦溪山 259 矿点	20	3.8	49.9	0.006	0.015
	蒋公村 1815 矿点	19	3.6	47.5	0.006	0.014
	竹园 401 矿床	25	3.7	48.4	0.008	0.018

注：数据来自《华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程项目建议书》（中核第四研究设计工程有限公司，2014 年 9 月）

华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）列入治理的工程子项包括 128 个坑口，5 个浅（竖）井，94 处废石堆，2 处剥土，2 处塌陷坑，12 条污染道路，1 处污染水体。各工程子项 ^{222}Rn 析出率、γ外照射吸收剂量率等指标，多数超出国家限值，对周围环境形成辐射影响，另外开放的坑（井）口（如浅井等）还存在人畜坠落等安全隐患。

2、治理过程中的环境影响分析

在治理过程中，由于主要工作为废石堆的治理、坑口封闭等，工程量相对较小，因此，对环境的影响较小。废石治理期对环境可能造成的影响有：生态环境、固体废物、大气环境、水环境和声环境等。

（1）对生态环境的影响

取土覆盖废石堆，在取土处造成植被破坏，短期内造成水土流失；减少影响的措施为施工结束后对取土处进行有效的植被恢复，从而达到减少水土流失，将对生态环境的影响减少到最小。

（2）固体废物对环境的影响

治理过程中可能产生少量的生活垃圾，通过集中堆放，治理结束后就近掩埋，减少对环境影响。

（3）对大气环境的影响

施工期，车辆运输排放的汽车尾气与运输过程和施工产生的扬尘对大气环境有轻微影响，排放特点为无组织低空排放。

（4）对水环境的影响

施工期废水主要来自无组织排放的生活污水和施工后期排放的少量坑道涌水。施工期生活废水经简易化粪池沉淀后排放；天然铀浓度小于管理限值 0.05mg/L，^{226}Ra 浓度小于管理限值 1.11Bq/L 的坑道涌水可直接排放，大于管理限值的经处理（沉淀）达标后方可排放。

（5）对声环境的影响

主要为施工噪声。所产生的噪声对施工现场的声环境产生一定的干扰，这些施工噪声多为突发性的噪声，为短期效应，因大多数矿点远离居民点，因而对周围居民产生噪声影响较小。

（6）人员受照剂量分析

①职业照射剂量

本退役治理项目实施过程中，施工人员所受照射剂量包括γ外照射和氡气吸入内照射。根据各工程子项源项数据，在年工作 2400h 情况下，通过计算退役治理过程中施工人员所受照射最大剂量为 2.83mSv/a，满足 5mSv/a 的管理目标要求。

退役治理施工过程中，科学管理，确保施工人员剂量满足管理限值要求；为进一步降低工作人员个人剂量，应适当采取个体防护措施，如配戴口罩等。

②公众照射剂量

本退役治理项目实施过程中，公众所受照射包括γ外照射和氡气吸入内照射。退役治理施工持续时间较短，通过计算公众最大剂量为 0.235mSv/a，满足 0.5mSv/a 的剂量约束值要求。

3、治理工程竣工后的辐射环境影响分析

铀矿地质勘探设施退役整治工程由于采取了合理的污染物治理措施，其对环境的影响为减量效应，即显著降低铀矿地质勘探过程中产生的污染物对环境的影响。

治理工程竣工后，液态途径主要为坑道水流出，由于治理工程采用了在坑口修建被动式滤水集水池进行疏排水治理方案，液态途径的影响可以忽略。由于废石堆经覆盖治理后没有铀粉尘的产生，因此，治理工程竣工后的辐射环境影响包括γ外照射和氡气（^{222}Rn）吸入所致内照射。

（1）γ外照射所致剂量

$$H_p(d)=0.7\times R\times T\times 0.05$$

式中：H_p（d）为γ外照射所致剂量，Sv/a；

0.7 为剂量转换系数；

R 为γ剂量率增量，Gy/h；

T 为受照时间，h/a；

0.05 为居留因子。

（2）氡气吸入所致内照射剂量

根据相关项目覆盖厚度与氡析出率的相关性试验公式，各矿（床）点治理后氡气释放总量如表 13。

表 13　各矿（床）点治理后废石堆氡气释放总量（Bq/a）

矿（床）点	氡气释放总量	矿（床）点	氡气释放总量	矿（床）点	氡气释放总量
101 矿点	1.16×10^{12}	1738 矿点	5.56×10^{11}	古洞 1814 矿点	1.12×10^{12}
114 矿床	5.86×10^{11}	1783 矿点	1.14×10^{12}	天井山 204 矿点	2.00×10^{12}
231 矿点	8.49×10^{11}	1742 矿点	5.49×10^{11}	西米洞 215 矿点	1.09×10^{12}
235 矿点	2.23×10^{12}	95 矿点	5.76×10^{11}	老蓬 216 矿点	5.35×10^{11}
275 矿点	1.15×10^{12}	173 矿点	5.63×10^{11}	老蓬 1812 矿点	1.01×10^{12}
2405 矿床	1.09×10^{12}	斜仔矿点	2.73×10^{11}	芦溪山 259 矿点	1.70×10^{12}
7401 矿点	8.25×10^{11}	张光营矿点	1.41×10^{12}	蒋公村 1815 矿点	8.43×10^{11}
7404 矿点	8.52×10^{11}	塘洞 38 矿点	8.45×10^{11}	竹园 401 矿床	1.05×10^{12}

据工程特点，保守考虑将各矿点全部废石堆氡气释放总量分别集中作为 1 个源项，采用高斯烟羽浓度模式进行计算。

（3）剂量计算汇总

治理工程竣工后，对环境带来辐射影响的途径为γ外照射和氡气（^{222}Rn）析出所致的吸入内照射。根据上述公式计算，所致周围最大个人剂量范围为 0.055~0.137mSv/a，满足个人剂量约束值要求。

4、非放射性污染物的环境影响分析

治理工程结束后，所有坑（井）口全部封堵，放射性废石覆盖处置并植被，对周边不构成非放射性的环境影响。

5、事故的环境影响

治理工程竣工后，可能发生的事故或事件可以分为两类：一类是工程稳定性问题造成的事故；另一类则为人为侵扰。前者可能发生的事故有：（1）废石边坡自身稳定性问题，（2）上游客水对废石场的冲刷，（3）坡脚水流冲刷和洪水淹没事件，（4）废石场覆盖层的雨蚀。后者可能发生的事故有：（1）挖掘浆砌块石和破坏护坡，（2）在废石堆上从事放牧等活动。

为避免上述事故发生应定期进行监护和维护，防止各种人为破坏活动，以保证退役工程的长期稳定和安全；当发生人为侵扰事件时，必须劝阻。

二、退役整治工程长期稳定性分析

铀矿地质勘探设施退役整治工程稳定性包括挡土墙、排洪沟、覆土的长期稳定可靠性和人为侵扰的影响等几个方面。

1、废石边坡自身自稳定性分析

本次列入治理的废石堆为土石混合堆积体。为了确保整治工程稳定性，废石堆边坡采用与天然安息角相应的边坡坡率，一般按缓于 1:1.50 的坡率控制。对边坡高度超过雨力冲刷临界高度的废石堆，分段设置边坡内部排水沟或马道；马道宽度一般为 3m，马道上根据需要设置挡土墙和边沟。根据《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001、2009 版），边坡稳定系数取值为 Fs≥1.10。

另外，废石堆所在范围的山体基本无崩坍、滑坡、泥石流等不良地质现象。因此，该工程废石堆边坡稳定性是可以得到保证的。

2、上游河水对废石场冲刷的稳定性分析

废石堆外围均设置了浆砌片石截水沟，以此截流上游汇水面积内的客水，可排泄重现期 100a 的设计暴雨洪水。排水沟断面考虑到上游冲下的悬浮物对泄洪能力影响，按规范设置安全超高，排水沟水流流速 V 满足：$V_{不淤} \leqslant V \leqslant V_{允}$。

该项目的废石堆属核设施退役治理，需要长期监管，特别是在雨季到来之前，应及时加以维护。因此，在保持必要维护基础上，本工程防洪安全是可以得到保障的。

3、坡脚水流冲刷和洪水淹没事件分析

对于滨河的废石堆，在其岸边设置浸水重力式挡土墙，基础埋置在冲刷线以下。当冲刷线很深、施工有困难时，根据地质条件、工程量和施工难易程度等，采用浅基防护措施或深基防护。本工程主要采用浸水挡墙（扣墙）、护坦式基脚等浅基防护措施。

对最高洪水位以下部分的边坡采用浆砌片石护坡进行防护：防护高度按最高洪水位加 0.5m 安全超高，根据具体的防护地段，考虑局部股流壅高和河湾凹岸的壅高及冲高。

华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）无滨河废石堆。

4、覆土防止水蚀分析

从当前国情和国力出发，对废石边坡治理主要采用植被绿化、综合防护的方法，这是利用植被涵水固土的原理稳定岩土边坡，同时美化生态环境的一项技术，水土保持实践证明此项技术是行之有效的工程措施。设计采用的植物群落类型为草灌型，以灌木、草本类为主而建造的植物群落适用于陡坡、易侵蚀坡面及周围为农田、山地等处，是废石边坡治理的主要选型。

根据中国土壤侵蚀类型图，本区为以水蚀为主的III_4 类型区，因此，防止水蚀是本工程的重点之一。土质坡面雨力侵蚀的机理为：早期侵蚀模式为面蚀，面蚀包括雨滴的击溅侵蚀、降雨产流初期的鳞片状侵蚀和细沟侵蚀。治理工程中把防止雨蚀的重点放在防止早期面蚀的发生。即在施工过程中的覆土阶段和植被护坡形成阶段，为避免近乎裸露的土坡可能会因暴雨而出现水毁、造成损失，治理施工必须在雨季采用草帘或土工布等材料，及时对尚属幼期的植被层进行覆盖，这样能够避免或减少水毁。

另外，根据土壤侵蚀原理，在非农耕地坡面上，由于人为不合理活动如过度采樵、放牧和自然等原因，使植物种类减少，生长退化，覆盖率降低，导致发生鳞片状面蚀。鳞片状面蚀发生程度及其发展强度主要与地表植物的生长状况，覆盖率高低和分布有关。因此植被护坡的验收标准确定为 1 级无鳞片状面蚀，即地面植物生长良好、分布均匀、覆盖率大于 70%。除此之外，设计还采用了截水骨架护坡、土工网复合植被护坡防护等措施，这样更加能够有效的防止水蚀的发生。

综上所述，本工程废石场覆盖层抗水蚀能力的有效性是可以保障的。

5、人为侵扰的影响

人为侵扰主要考虑人们在废石堆上的活动，其形式主要有人为挖掘浆砌片石、破坏护坡和放牧等。

（1）挖掘浆砌块石和破坏护坡的事件分析

原地覆盖治理的废石堆采用浆砌块石挡土墙进行支挡，设置浆砌片石排水沟，采用土工网复合植被护坡和骨架土工网护坡，如发生人为挖掘浆砌片石砌体、破坏土工网，无疑会危及废石堆长期稳定。

由于原地覆盖治理的废石堆属于有限制使用的核退役设施，需要长期监管。一旦发生危及废石堆的人为破坏事件时，应立即采取补救措施加以修复，可以防止事故的发生。

（2）放牧的事件分析

废石堆属于有限制开放使用的核退役设施，原则上禁止放牧。为了避免和减少牲畜破坏植被护坡，采用适口性差的植物种恢复植被，并设立铁丝网或木头栅栏。另外本工程所治理的地区，基本为林区，不具备放牧条件。

综合上述分析，治理方案和治理过程都充分考虑到治理工程的长期稳定性，项目实施单位通过合理组织施工、加强施工过程中全面质量控制及监理，竣工之后按照有限制开放使用核退役设施的要求进行监管，治理工程能够保持长期稳定。

三、退役终态描述

华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）实施后，原来各超出管理限值的源项均得到有效治理与处置，退役整治设施处于长期安全稳定状态，从而使工程所在地区的区域环境质量得到明显改善，也消除了当地居民的担忧。

（1）坑（井）口得以有效、严密封堵，避免了坑内氡气外逸，也避免了人畜误入坑口造成的意外伤害；有水坑口封闭及疏排水后，坑道水经过沉淀、过滤后流出，可以改善污水满流的现象。

（2）废矿石堆经稳定化处置、覆盖与植被后，γ外照射吸收剂量率、氡析出率降到管理限值以下。在渣堆下方舌状前缘构筑挡渣墙，阻挡了废石的冲散流失；另外，在废石堆的周围砌筑了排水沟，具有一定的泄洪能力，在因暴雨发生洪水时，可以导引洪水，避免其对已经治理的废石堆的冲刷，治理工程具备了抗风蚀、雨蚀的能力，保证治理效果。植被不仅恢复了自然生态原貌，又防止了人为破坏。

（3）剥土经覆盖、植被后，氡析出率、贯穿辐射剂量率降到管理限值以下。

（4）塌陷坑经充填，覆土夯实、植被后，氡析出率、贯穿辐射剂量率降到管理限值以下。

（5）污染道路经清挖污、回填，夯实后，达到无限制开放使用深度。

（6）污染水体通过淤泥清挖，水体中天然铀浓度和 ^{226}Ra 浓度达到管理限值以下，切断了液态途径可能对于周围居民食物链可能造成的影响。

（7）退役治理完成后，周围居民可能受到的辐射剂量低于剂量约束值要求。

综上，该治理工程实施后，各单项指标均能满足管理限值的要求，退役整治设施处于长期安全稳定的状态，其辐射危害达到可接受水平。退役治理较大程度改善了当地环境质量，可达到改善环境、保护民众的目的。

监督、监测与管理计划

一、监督方案

整个退役治理工程的不同阶段主动接受广东省环保厅以及工程所在地环保部门对于工程质量的监督和治理工程的环境监测，在治理工程不同阶段，主动向环保部门通报工程进展状况及相关监测结果。对于环保部门提出的意见、建议积极采纳并在施工过程中及时加以改进。

二、管理计划

为加强废渣治理工程的领导，确保铀矿地质勘探设施退役整治工程设计方案顺利实施，达到预期目的，以核工业华南放射性矿产地质管理办公室牵头并有安全、财务、计划和工程等专业人员参加成立华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二•五”退役整治二期工程（广东片区）领导小组，全面负责治理工程方案论证、实施和质量管理工作，定期检查施工现场，并对单项工程进行竣工验收，对不合质量要求的工程一律补做和返工，确保工程质量。

治理工程竣工后，每年需到治理工程现场定期进行的工程质量观察，拦渣墙的稳固性和排水沟的排水能力以及绿化的长势情况，及时将后期管理情况汇报上级主管部门。严格禁止在治理工程上种植可食植物和块茎植物作农作物，禁止对其挖石、取土以及各种人为破坏活动，禁止在治理工程上建房和破坏已封闭好的坑（井）口、排水沟、防洪沟等设施。加强对植被的管理。每年雨季过后或发生重大自然灾害后要对全部治理工程进行检查，发现异常及时采取补救措施；当发生人为侵扰事件时，必须劝其搬离，并进行监测、跟踪。

对于退役治理相关的申请报告、退役治理方案、施工、验收、环境监测数据、环境影响报告表以及有关的质量保证文件都应建立档案，永久保存。

根据《铀矿地质设施退役辐射环境安全规程》（EJ913-94），废矿石处置场工程结束后，应有一年的监护和监测，一年内至少监测两次。为确保退役设施长期稳定，退役治理后可考虑移交项目所在地人民政府进行长期监护；在未移交前，由业主单位进行监护。

三、监测方案

1、监测内容

（1）个人监测

对工作人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）有必要时进行内、外职业照射的监测；在事故或特定的环境条件下对相关人员及少数有代表性的公众进行个人监测。

（2）治理场所监测

治理场所监测项目包括：空气中氡、氡子体的 α 潜能浓度；γ 辐射水平；氡析出率；排出废水中的铀、镭等含量；土壤中镭等核素含量。

（3）竣工验收监测

对竣工后环境中各相关介质的有害物浓度、水平进行监测。监测项目包括：γ 辐射水平；氡析出率；排出废水中的铀、镭等含量；土壤中镭等核素含量。

（4）事故监测

为防止各种可能意外事故对放射性环境带来的危害而计划安排的监测，或已发生事故后，为查清事故的原因、性质、程度而补充进行的监测。事故监测按照应急响应中的计划安排，进行应急监测。

2、监测频度

每季 1 次到每年 1 次。监测频度可根据被测对象、被测介质的测量项目及工作、环境等条件的不同，作适当调整。

环境影响评价结论、问题与建议

一、环境影响评价结论

1、环境质量现状分析

华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）列入治理的工程子项包括 128 个坑口，5 个浅（竖）井，94 处废石堆，2 处剥土，2 处塌陷坑，12 条污染道路，1 处污染水体。各工程子项 ^{222}Rn 析出率、γ外照射吸收剂量率等指标，多数超出国家限值，对周围环境形成辐射影响，另外开放的坑（井）口（如浅井等）还存在人畜坠落等不安全隐患。

2、治理方案有效性分析

坑（井）口得以有效封堵，避免了氡气外逸和人畜误入造成的意外伤害；废矿石堆经稳定化处置、覆盖与植被后，γ外照射吸收剂量率、氡析出率降到管理限值以下。剥土、塌陷坑经覆盖与植被后，氡析出率、贯穿辐射剂量率降到管理限值以下。污染道路治理后达到无限制开放使用深度。污染水体通过淤泥清挖，水体中天然铀浓度和 ^{226}Ra 浓度达到退役治理目标值，切断了液态途径可能对于周围居民食物链可能造成的影响。

退役治理完成后，周围居民可能受到的辐射剂量低于管理限值。综上，该治理工程实施后，达到了改善环境、保护民众的目的。

3、治理过程环境影响分析

治理过程的环境影响涉及生态环境、固体废物、大气环境、水环境和声环境等，总体上影响轻微。

对生态环境的影响可以通过对取土处进行有效的植被恢复，减少水土流失，将对生态环境的影响减少到最小。固体废物对环境的影响通过集中堆放，治理结束后就近掩埋。对大气环境的影响表现为车辆运输排放的汽车尾气与运输过程和施工产生的扬尘对大气环境的轻微影响。施工期生活污水和施工后期排放的少量井下涌水对水环境有轻微影响，施工期生活废水经简易化粪池沉淀后排放；天然铀浓度小于管理限值 0.05mg/L，^{226}Ra 浓度小于管理限值 1.11Bq/L 的井下涌水可直接排放，大于管理限值的经处理（沉淀）达标后方可排放。施工产生的噪声对施工现场的声环境产生一定影响，但这些施工噪声多为突发性的噪声，为短期效应，因而对周围居民产生噪声影响较小。

根据各工程子项源项数据，在年工作 2400h 情况下，退役治理过程中施工人员所受照射最大剂量为 2.83mSv/a，满足 5mSv/a 的管理限值要求；施工过程中科学管理，确保施工人员剂量满足管理限值要求；为进一步降低个人剂量适当采取配戴口罩等个体防护措施。退役治理施工持续时间较短，公众最大剂量为 0.235mSv/a，满足 0.5mSv/a 的剂量约束值要求。

4、治理工程竣工后的辐射环境影响分析

华南地区军工铀矿地质勘探设施“十二·五”退役整治二期工程（广东片区）实施后，原来各超出管理限值的源项均得到有效治理与处置，退役整治设施处于长期安全稳定状态，从而使工程所在地区的区域环境质量得到明显改善，也消除了当地居民的担忧。

治理工程竣工后，对环境带来辐射影响的途径为γ外照射和氡气（^{222}Rn）析出所致的吸入内照射，各矿（床）点所致周围居民最大个人剂量范围为 0.055~0.137mSv/a，满足个人剂量约束值要求。

5、退役整治工程长期稳定性分析

本次列入治理的废石堆为土石混合堆积体，治理前废石堆均处于稳定状态。废石堆边坡采用与天然安息角相应的边坡坡率且邻近区域基本无崩坍、滑坡、泥石流等不良地质现象。废石堆外围均设置了浆砌片石截水沟，以此截流上游汇水面积内的客水，可排泄重现期 100a 的设计暴雨洪水。在雨季到来之前，应及时加以维护。废石边坡治理主要采用植被绿化、综合防护的方法，设计采用的植物群落类型为草灌型并采用了砌石骨架护坡防护等措施，有效的防止水蚀的发生。人为侵扰主要有人为挖掘浆砌片石、破坏护坡和放牧等。一旦发生，应立即采取补救措施加以修复。综合上述分析，治理方案和治理过程都充分考虑到治理工程的长期稳定性，项目实施单位通过合理组织施工、加强施工过程中全面质量控制及监理，竣工之后按照有限制开放使用核退役设施的要求进行监管，治理工程能够保持长期稳定。

综上，建设单位主动接受环保主管部门管理，严格执行国家各项法规，落实本报告提出的环保措施后，本项目从环境保护角度可行。

二、建议

1、建议铀矿地质勘探设施退役整治工程与工程所在地人民政府、环保部门协商，制定有效的管理制度，广泛宣传保护已竣工的治理工程设施，加强退役工程施工期与竣工后的环境保护与质量管理。

2、退役施工过程中必须遵守“边监测边施工，以监测指导施工”的原则，确保污染源项的有效治理与周边辐射环境的有效改善；科学管理，确保施工人员剂量满足管理限值要求；退役施工过程中，如发生设计变更情况及时履行相关设计变更手续；严格按照《铀矿地质勘查辐射防护和环境保护规定》（GB15848-2009）要求，做好退役过程辐射防护工作。

3、工程竣工后，每年需到治理工程现场进行工程质量巡查，了解边坡和挡土墙的稳固性、排水沟的排水能力和植被的长势情况，并对周边环境状况进行检测。

4、对于有限制开放使用的场地，严禁任何破坏治理工程设施的生产、生活活动，严格禁止在治理工程上种植可食植物和块茎植物作农作物，禁止对其挖石、取土以及各种人为破坏活动，禁止在治理工程上建房和破坏已封闭好的坑（井）口、排水沟、防洪沟等设施。

5、老蓬 216 矿点、老蓬 1812 矿点退役治理全过程严格按照相关规定做好生态保护和恢复等工作。

地质（总）局预审意见： 经办人签字：　　单位盖章 年　月　日　　年　月　日
国家环境保护部审查意见： 经办人签字：　　单位盖章 年　月　日　　年　月　日