

电离放射对机体的作用

A. A. 列塔維特等

科学出版社

电离放射对机体的作用

A. A. 列塔維特等著

李清壁等译

华光王錦江等校

科学出版社

1958

内 容 提 要

本书是苏联代表团在1955年召开的日内瓦国际和平利用原子能会议上所作的几篇有关放射生物学的报告。其中包括人及动物的放射病例,电离放射引起的机体生理、生化、新陈代谢、免疫等变化,电离放射对微生物体的影响及有关放射性同位素的劳动卫生问题。这七篇文章总结了1955年前苏联在有关问题上进行科学研究所获得的主要成就。

电 离 放 射 对 机 体 的 作 用

[苏] A. A. 列塔维特等著

李 清 璧 等 译

华 光 王 锦 江 等 校

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街117号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1958年5月第一版

书号:1159 字数:143,000

1959年10月第二次印刷

开本:850×1168 1/32

(京) 1,256—2,755

印张:5 1/8 插页:11

定价: (10) 1.40 元.

目 录

从事接触放射性物质和放射工作的劳动卫生

..... A. A. 列塔維特 (1)

两例人的急性放射病

..... A. K. 古斯科娃 Г. Д. 巴依索戈洛夫 (18)

电离放射对动物机体的影响..... A. B. 列別登斯基 (40)

电离放射对微生物的生物学作用..... M. H. 梅依謝尔 (81)

机体对射线的早期反应及其与照射部位的关系

..... Г. M. 佛兰克 (123)

照射时物质代谢改变的性質..... H. M. 西薩江 (147)

电离放射作用于机体时的某些免疫学問題

..... И. A. 彼格列夫 (165)

从事接触放射性物质和放射工作的 的劳动卫生

A. A. 列塔維特 (Летавет)

在各种和平利用原子能的工作中，工作人員都可能受到电离放射的作用，为了保护他们的健康，苏联采取了下列一些全国性的措施：

1. 以立法的方式规定放射的最大容許量和放射性同位素在空气中及水中的最大容許浓度的标准。
2. 规定工作持續時間及假期的法定标准。
3. 頒布各种从事接触放射性物质和放射工作中必須执行的衛生規程。
4. 組織对本項內現有法規的执行情况进行国家监督。
5. 組織医疗服务，对有关类别的工人的健康状况进行系統的觀察。

在苏联由保健部規定由外放射的最大容許量和放射性同位素在空气及水中的最大容許浓度的衛生学标准。所規定的标准具有法律上的作用，所有的企業和机关都必須遵守这些标准。

苏联保健部所規定的外部 γ -放射的最大容許量为每一工作日 0.05 倫琴 (或对 β -放射則为 0.05 倫琴的物理当量)。該标准符合 1950 年在倫敦举行的国际放射綫学会議的推荐。

但是在这次国际會議上以及在一些国家 (美国、英国等) 的各种科学組織及委員會的推荐中还采用每周 0.3 倫琴 (或倫琴的物理当量) 作为同样的标准。我們認為宁可采取每一工作日 0.05 倫

琴的一日量作为主要标准；因为根据苏联及外国的许多研究结果所得出的总的情况看，微量多次照射后的恢复较佳，所以也就比集中剂量的危险性为小。因此苏联所采取的各项预防措施（防护，制定各种不同情况下所容许的工作持续时间及其他等）都是为了使剂量每天不超过 0.05 伦琴。只有一些个别情况，根据工作性质的条件，遵守每日量有困难时，才作为一种例外，允许采用每周总量 0.3 伦琴的标准。

苏联所采用的各种放射的相对生物学效应系数及与此相应的以伦琴的物理当量表示的每日容许照射量如下表：

表 1 各种放射相对生物学效应系数

放 射 种 类	相对生物学效应系数	以伦琴物理当量表示的每日最大容许照射量
γ 及伦琴射线	1.0	0.05
β 放射	1.0	0.05
α 放射	10.0	0.005
热中子	5.0	0.01
快速中子(到 20 百万电子伏特)	10.0	0.005
快速中子(20 百万电子伏特以上)	20.0	0.0025

为了防止放射性物质进入体内的有害作用，制定了放射性物质在空气中及水中的最大容许浓度。保健部为所有最常用的放射性同位素制定了如此的最大容许浓度。随着放射性同位素使用范围的扩大以及关于它们的作用的科学知识的积累，苏联保健部所制定的最大容许浓度表也不断地得到补充和完善。

放射性同位素在空气中及水中的最大容许浓度是根据下列几点计算的：

(1) 根据动物实验研究，研究各种放射性同位素的吸收、分布和排泄以及对机体的作用。

(2) 根据同位素物理特性的材料——蜕变类型，致电离粒子的能量，半衰期，以及化合物的溶解性及其分散度。

在进行动物实验研究时，特別注意了放射性同位素由胃腸道及肺的吸收，它們在各器官內的分布，排泄速度，侵入及排出之間的平衡情况。同时也估計到人体及动物体内稳定性生物元素的自然侵入，維持及代謝；也就是說自然礦物質的代謝。对于那些在胃腸道內吸收甚差的放射性物質及其化合物，則估計到放射性物質在胃腸道內停留时对腸管本身的特殊放射作用，并注意到消化器官內神經感受器装置的特点。

为了解决所提出的任务而采用动物实验时，考虑到将放射性物質送入体内的方法，实验的持續時間，不同动物的代謝强度，它們的放射敏感性，生命持續時間，以及人和实验动物的組織內各种化学元素含量的差异。

为了解决所提出的任务，主要采取了微量放射性物質长期作用的慢性試驗。

根据所有这些材料，最大容許浓度的数量是根据在人体的任何組織內，包括在胃腸道內，在放射性元素的最大容許浓度时，每昼夜照射量不超过 0.05 倫琴的生物学当量的条件下計算的。

某些放射性同位素，其稳定性同位素是人体的生物元素，它們的最大容許浓度还可以根据这些稳定性同位素在人体組織內的最大浓度及其每昼夜随食物进入体内的量进行計算。

将苏联所制定的放射性同位素在空气中及水中的最大容許浓度和国际上推荐的标准进行比較，可以看出其中并無显著的差异。这可从关于某些同位素在水中的最大容許浓度的表 2 中看出。

在表 3 中列出苏联所采用的某些放射性同位素在空气中及水中的最大容許浓度。

对于集中供水的飲水以及城市住宅区和工人村的大气的衛生学要求則較高。

在某些工作中即使按所定标准，电离放射的作用也还較大，这时苏联就以法律規定延长假期而照付工資及縮短工作日作为特殊

表2 苏联及伦敦放射生物学国际学会所制定的各种
放射性同位素的最大容许浓度

元 素	苏联所制定的水中的 最大容许浓度, 每一 升居里数	1950年伦敦放射生物学国际学会推荐的标 准, 每一升居里数
Ra ²²⁶	$5 \cdot 10^{-11}$	$4 \cdot 10^{-11}$
I ¹³¹	$0.5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$
Co ⁶⁰	$5 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$
P ³²	$1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-7}$
Na ²⁴	$1 \cdot 10^{-5}$	$0.8 \cdot 10^{-5}$
Sr ⁹⁰ →Y ⁹⁰	$1 \cdot 10^{-9}$	$0.8 \cdot 10^{-9}$

优待。

在评价苏联所制定的以及国际上所推荐的照射的最大容许量

表3 放射性物质在工作场
所空气中及地面水中
的最大容许浓度

元 素	最大容许浓度, 每一升 居里数	
	空 气	水
Ra ²²⁶	$1 \cdot 10^{-14}$	$5 \cdot 10^{-11}$
Ru ²²²	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Sr ⁹⁰ →Y ⁹⁰	$1 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-9}$
I ¹³¹	$5 \cdot 10^{-12}$	$5 \cdot 10^{-9}$
Sr ⁸⁹	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-8}$
Ca ⁴⁵	$5 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-8}$
Ba ¹⁴⁰ →La ¹⁴⁰	$5 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-8}$
P ³²	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Cs ¹³⁷ →Ba ¹³⁷	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Zr ⁹⁵ →Nb ⁹⁵	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Ag ¹¹⁰	$5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-8}$
Ci ¹⁴	$5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-8}$
Mn ⁵⁶	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-8}$
S ³⁵	$5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Na ²⁴	$5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-5}$

如0.05伦琴或伦琴的物理当量时, 必须注意, 假如把天然放射量的大概数估计每天为0.0004伦琴的物理当量的话, 那么这种最大容许量终究还超过天然放射量100多倍。

所以为了最大限度地保障接受电离放射作用的人们健康起见, 除了从技术措施上设法进一步减低工作地点的放射量以外, 合理的是还应缩短总的工作时间并延长每年的工资照付的假期。这些措施的意义在于改善恢复过程乃至达到完全恢复, 而恢复过程对于保持健康是

極端重要的。

苏联立法中关于某些接触放射性物质及放射性放射作用的工人的工作持續時間及延长工資照付的假期的一些例子如下：所有从事原子核反应堆、迴旋加速器、电子加速器及其他加速设备的工作，接触中子源及制造中子源的工作，从事不論是移动设备或固定设备的金屬及制件的 γ 探伤器的工作，开敞地使用一些半衰期较长的人工放射性同位素，或者开敞地使用一些在体内分配部位不良的人工放射性同位素，当工作地点处的量超过1毫居里时（进行其他的同位素的工作，則当量超过10毫居里时）工業上使用放射性不断作用的發光成份，制造氡浴时等为病人进行 γ 綫疗法的医疗机构中，工作日縮短为5小时。必須注意的是，縮短工作日并不减少工資。

所有接触放射性同位素的工作，工作面射綫量超过1毫居里的工作，从事固定式 γ 探伤器的工作，制造氡浴的工作等工資照付的假期延长为24个工作日，从事原子核反应堆以及加速设备（迴旋加速器，电子加速器）的工作，制造中子源，从事移动式 γ 探伤器的工作，使用不断作用的發光成份的工作，为病人进行 γ 綫疗法的医务人员及其他等工作工資照付的假期为30个工作日。

当采用了現代的防护技术，照射的平均总量仍約超过天然电离放射量10倍的情况下，采用不同数量的縮短工作日及延长每年的假期是合适的。苏联保健部国家衛生監督为工業中、科学研究中、医学中及其他机构中使用放射性物质的一些最常見的工作制定了特殊的衛生規則，其宗旨在于完全防止放射性物质对机体的有害作用。目前已为下列一些工作制定了如此的全国性的規則。

- (1) 接触放射性同位素的工作；
- (2) 工業 γ 探伤器；
- (3) 接触放射性發光成份的工作；
- (4) 医学机构。

表4 铅防护的减弱

减弱倍 数 K	γ 射线的能量								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1.5	0.5	1	1.5	2	2	3	4	6	7
2	1	2	3	4	5	7	8.5	10	11
5	2	4	6	9	11	15	19	22	25
8	2	5	8	11	15	19	23	28	32
10	3	5.5	9	13	16	21	26	30	35
20	3	6	11	15	20	26	32	38	44
30	3.5	7	11.5	17	23	30	36	43	50
40	4	8	13	18	24	31	38	45	52
50	4	8.5	14	19	26	32	39	46	53
60	4.5	9	14.5	20	27	34	42	49	56
80	4.5	10	15.5	21	28	37	45	53	60
100	5	10	16	23	30	38	47	55	63
200	6	12.5	19	26	34	44	53	63	72
500	6.5	14	22	31	40	51	61	72	82
1000	7	15	24	33	44	57	69	81	92
2000	8.5	17	27	38	50	63	76	88	100
5000	9	19	30	42	55	70	85	99	112
8000	10	20	31.5	44	57	73	90	104	118
10^4	10.5	21	33	46	59	75	91	106	120
$2 \cdot 10^4$	11	22	35	48	63	80	97	113	128
$5 \cdot 10^4$	11.5	23	37	52	69	87	105	123	140
$1 \cdot 10^5$	11.5	24	38	54	72	92	111	130	148
对“斜线” 的校正数 $s =$	0.17	0.85	2.10	3.98	5.80	7.30	8.9	10.1	11.6

附注: 1. 表中列出铅的厚度数值 (x), 以毫米为单位 (铅的密度为

2. 只有在 24 度角下能看见的距离极长的放射源或则在用距离
由表中所得到的 x 数值中计算出。校正数的大小等于 $\Delta x_0 =$

这些规则包括对保存和运输放射性物质的详细要求, 包括对使用放射性物质的工作场所的安置和设备的详细要求, 包括对隔绝放射, 保证空气环境的纯洁度及个人预防措施详细要求以及

倍数(平行宽束)

(百万电子伏特)

1	1.25	1.5	1.75	2.0	2.2	3	4	6	8	10
8	9	11	12	12	12	13	12	10	9	9
13	15	17	18	20	20	21	20	16	15	14
28	34	38	41	43	44	46	45	38	33	30
35	42	48	52	55	57	59	58	50	43	38
38	45	51	56	59	61	65	64	55	49	42
49	58	66	72	76	78	83	82	71	63	56
55	65	73	80	85	88	93	92	80	72	63
58	69	78	86	91	94	100	99	87	78	68
60	72	82	90	96	100	106	110	92	83	73
63	75	86	95	101	104	110	109	97	87	77
67	80	92	101	107	111	117	116	104	94	82
70	84	96	106	113	117	122	121	109	99	87
80	96	111	122	129	133	140	138	126	114	102
92	113	129	142	150	154	163	161	149	133	119
102	123	141	155	165	170	180	178	165	151	133
111	135	154	168	179	185	197	195	181	166	148
124	149	170	186	198	205	219	217	203	185	166
130	158	180	196	208	215	230	229	215	196	175
133	161	183	201	213	221	235	234	220	201	180
142	172	195	213	227	235	251	250	236	217	195
156	188	214	233	247	255	273	272	258	237	215
165	201	227	247	262	270	289	289	275	253	229
12.6	15.3	17.3	18.7	19.6	20.0	21.8	21.2	19.6	18.2	16.7

11.34 克/立方厘米)。

偏长的检波器测量的点状放射源的情况下才对“斜射线”进行校正。该校正数应

$$\frac{d_0}{\mu_0} = ed_0$$

式中 e 可在本表中未行内找到, 而 d_0 则见表 5。

其他等等。

所有使用放射性物质的企业和机构内的领导人, 都必须遵守上述的规则。国家工业卫生监督机关对于这些规则和标准的执行

情况实行监督。当发现破坏规则和标准时，国家工业卫生监督人员有权根据所发现的违章性质采取不同的制裁：(1)对企业或机关的领导人处以行政罚款；(2)关闭有关的部门或实验室，以及(3)当违背规则程度严重时——可向法院控告肇事人。

国家卫生监督不仅对企业内执行有关卫生规则和标准的情况进行经常性的监督，而且也实行所谓的预防性卫生监督，也就是国家卫生监督新建和改建企业的设计图就遵守卫生要求和标准方面作出结论。如此，任何使用放射性物质的设备或实验室，在未经由医师和物理学家所组成的专门委员会就是否遵守所有的安全规程问题作出检查性结论之前，是不能开工的。

计量准确的对 γ 放射和中子放射的防护，在保证使用放射性物质的各种设备和实验室的工作能有安全的条件上有极重要的意义。

近来，在苏联及外国的文献中曾经广泛采用过关于防护 γ 放射的表，在这些表中采用放射源的放射性和 γ 射线的能量作为原始数字(例如：著名的 Гаммертсфельдер 表)。这些表的共同的缺点是准确性小，因为表中没有估计到 γ 射线在防护设备中的多次扩散，还有一个缺点就是它们的使用范围有限。

苏联编制了“防护 γ 射线万能计算表”(表4及表5)，这些万能计算表大大地改善了上述的缺点。编制这些表的原始数字是减弱的倍数和 γ 射线的能量。这些表是根据宽束 γ 射线对各种主要建筑材料(铅、铁、水泥、水)的减弱理论来编制的。不论在单能源上或在 γ 射线的复杂能谱源上对这些表进行实验性检查时，都得到了满意的结果。这些表格之所以万能，是因为它们能很快而且很容易地计算出实际工作中所能遇到的任何情况下，对能量为由0.1到10百万电子伏特的 γ 射线的防护；例如，可以保证任何大小的物理剂量，适用于离开放射源任何距离，适用于任何型式的放射源，适用于任何比放射强度，适用于平行束、斜束和分散束等。这

些表能用以计算防护单能源及产生复杂的 γ 射线谱的放射源。

在本报告的附录中附一用铅防护 γ 射线的计算表作为例子。

对于个别同位素及其混合物同样也编制了一些很方便的图解表，俾能迅速地进行防护。在本报告的附录中同样也附有防护放射性钴的 γ 放射的计算图解表。附录中还有换算系数表，该表使我们能从为放射性钴所用的图解表中获得范围在0.1到10百万电子伏特之内的任何其他同位素的 γ 射线的防护条件。

通风设备对保证空气环境的纯洁度有很大的意义。但是必须指出，只有当通风设备，和便于操作的密闭设备及工作场所的合理设计有机地相结合时，空气环境才能达到符合于空气中放射性物质的最大容许浓度标准的要求。不考虑密闭设备和合理设计，单憑一项通风设备空气环境是不可能达到所要求的纯洁度的。

为了防护空气环境，广泛采用密闭罩，其前壁按有操作设备及橡皮手套。罩子内按密闭的系统进行通风：从单独的气道送入空气，排出的污染空气则在罩内的单独的过滤器内净化。这种在单独的过滤器内的净化能防止抽气管和通气机系统的污染。

为了防止罩内气体漏泄，保持罩内空气稀薄约5到50毫米水柱。

当在不密闭的抽气柜（化学用）内从事少量放射性物质的工作时，应尽力缩小操作作用敞口的面积。

在密闭的罩内也相同，其前壁上应要装操作者用的橡皮手套。在操作作用敞口处，为避免放射性物质的进入工作场所的空气环境中去，根据放射性物质的性质及所操作的工作种类的不同，采用高速气流——1—2米/秒。

在塗抹放射性发光颜料时，采用特殊的单独小桌（вакуумстолы）并有罩及局部抽风机，这样可完全保证室内空气不受氮的污染。

表 5 对“斜綫”效应的校正数

减弱倍数, K	$\psi=15^\circ$	$\psi=30^\circ$	$\psi=45^\circ$	$\psi=60^\circ$	$\psi=75^\circ$	$\psi=90^\circ$
1.5	0.012	0.03	0.06	0.10	0.17	0.27
2	0.016	0.05	0.11	0.18	0.29	0.42
5	0.036	0.11	0.24	0.41	0.62	0.80
8	0.050	0.14	0.30	0.50	0.75	0.95
10	0.057	0.15	0.33	0.55	0.80	1.02
20	0.071	0.20	0.44	0.70	0.99	1.23
30	0.083	0.23	0.49	0.79	1.08	1.31
40	0.092	0.24	0.52	0.83	1.13	1.37
50	0.096	0.25	0.54	0.87	1.17	1.42
60	0.105	0.27	0.57	0.91	1.22	1.47
80	0.114	0.28	0.60	0.97	1.28	1.52
100	0.118	0.29	0.63	1.00	1.32	1.56
200	0.128	0.34	0.71	1.10	1.43	1.68
500	0.162	0.41	0.82	1.25	1.56	1.82
1000	0.176	0.45	0.89	1.32	1.66	1.92
2000	0.186	0.48	0.94	1.39	1.72	1.99
5000	0.215	0.54	1.04	1.49	1.83	2.10
8000	0.231	0.58	1.09	1.55	1.89	2.17
10^4	0.240	0.59	1.10	1.57	1.91	2.19
$2 \cdot 10^4$	0.254	0.61	1.15	1.62	1.97	2.26
$5 \cdot 10^4$	0.266	0.66	1.23	1.71	2.06	2.34
10^5	0.279	0.69	1.28	1.76	2.12	2.40

附注: 表中有 d_0 的数值。校正数 Δx_0 根据 $\Delta x_0 = \frac{d_0}{\mu_0} = \epsilon d_0$ 的公式求得, 其中 μ_0 为窄束的减弱系数; Δx_0 为校正数。校正数应自表 4 中所获得的厚度基数 x 中减去。 ψ 为观察到放射源的可视角的一半, 或者为点状放射源到检波器的可视角的一半。 ϵ 由表 4 中查得。

送入的空气在滤过器内经过预先净化后主要送到工作带。大气的防护得到了特别的重视, 通风系统所排出的空气先在各种干式滤过器净化, 以后才经气筒排入大气高層。

当从事接触放射性物质工作时, 除了房間设备, 防护设备,

通风及其他等总的预防措施以外，苏联同样也很注意工作人员的个人防护问题，例如防护服问题。

所有从事放射性物质的工作，都无偿地供给该种工作所必需的防护服及其他防护装置（联合服，罩衫，手套，套袖，围裙，特殊气衣，口罩及其他等）。当进行小量放射性物质的工作时，防护服则采用罩衫、联合服及半身联合服，这些衣服由表面最平滑的白色棉衣制做，例如，滑绫布，假缎子。为了以后便于清除放射性的污染，应力求防护服的构造简单。

防护两手则用橡皮和塑料制的手套，以及胶膜套袖。

当进行大量的放射性物质工作时，在棉布工作服外还穿上一件由苏联生产的塑料所制成的特殊的联合服或围裙及套袖，这些衣物（图 1、2）保证比较完善地防止放射性物质落在工作者的身体表面，同时也能防止酸碱的作用。采用高频率焊接的接缝，使成一个完整的塑料，以保证完全密闭并能对工作服采用有效的用酸鹼脱活动化的方法。

在进行修理工作时，如因某种原因，工作室空气中有大量放射性物质污染时则采用特殊的有空气输入的防护服。

这种所谓的气衣是由苏联生产的各种塑料制成的。

图 3 为气衣的概貌。

气衣由三个主要部份组成：(1) 头部——由有机玻璃做成的轻的透明头盔；(2) 由塑料制成的特别构造的联合服；(3) 输气部



图 1

份——蛇管和压气机(移动式或固定式)。

我們所采用的头盔和各种防毒面具及口罩比較起来有下述几个优点:工作者的呼吸器官和周围含放射性物質的空气完全隔絕;能保証良好的視力并且不限制視野;不压迫头部并且也不刺激面部皮膚。头盔的构造还允許向联合服內輸送空气,从而使能正常地蒸發散热。

胶膜联合服的构造保証能完全保护体表不致落上放射性物

質。同时制成联合服和头盔的材料極便于清洗,以防止由外面污染它們的放射性物質。

为了保証穿着气衣工作时能有最适宜的条件,需要每分鐘向气衣內輸送150—200升的空气。这样,工作者既不感到蒸發散热机能的障碍,而所送入的空气也不致把气衣吹起。所送空气的量足够維持一定的压力(25—30毫米水柱),以阻止染有放射性物質的空气进入气衣。

曾对穿着气衣



圖 2

工作的人进行了生理变化的研究,証明气衣內保持良好的小气候,能保証工作者长期停留于污染空气中而主觀感觉不致恶化。

在个别場合下,为了短期在有放射性气溶胶污染空气的危險的环境下工作,可采用滤过式防塵口罩,这种防塵口罩的滤过器效能極高,适用于高分散度的气溶胶。

当进行小量放射性物質的工作时,采用各种熟悉的鉗子、鑷子及鉤鈎等工具,这些工具的用途在于增加放射性制剂和人体之間的距离。

在大量放射性物質时,采用复杂程度不同的操作器。关于这些設備的技术构造問題,由于它超出了医学生物学的范围,所以在此沒有必要加以叙述。

必需指出一种借助最簡單的水下操作器的工作法。这种方法对配装放射性鈷时,能保証完全有效地保护工作者。

反应堆的操縱自动化。工作人員利用远距离操縱設備进行零件的更換,此时并有厚墙保护而完全不会受到放射的作用。此



圖 3