

铁路运输放射性物质车辆高效 洗消剂的研究

韩开春 刘学成 于伯勇 高生伟 许洛盛

(南京铁道医学院预防医学系, 南京)

郑英龙 范修华 丁建仁 张秀佩

(上海铁路局中心卫生防疫站)

一、概述

稀土精矿放射性比活度达 $70\text{kBq}\cdot\text{Kg}^{-1}$, 属于第7类危险物品。对于这类物品, 传统的运输方式是采用毒品车装运, 1989年开始, 曾试用钢质敞车运输放射性矿物, 而这种车辆原是运输普通货物的, 因此必须在运载放射性矿物后立即进行可靠的高效洗消, 使车体表面的放射性活度降低至国家规定限值^[1,2,3]以下。本工作正是结合铁路运输车辆的特殊去污要求, 寻求高效去污而又不损害车体的洗消剂研究工作。

二、方法

本研究分为两个阶段进行

第一阶段是实验室研究, 主要工作是: 采用固定的擦洗方式, 对常用的去污剂和我们研究制出的新型去污剂(FW系列)的去污效果进行比较。方法是: 在制备好的 $10\times 10\text{cm}^2$ 的钢板上划出 $5\times 5\text{cm}^2$ 的小区域, 在该区域里人为地污染上一定量的放射性物质, 包括天然放射性矿物(如独居石)和天然放射性矿物的化学浓缩物(如硝酸铀), 人工污染后, 静置24小时, 然后用表面污染监测仪测量污染区域里的放射性活度(设为 N_1); 测量后, 按拟定的擦洗方法, 用各种去污剂进行擦洗, 擦洗时, 由外至里连续三次, 在经擦洗区域干燥后再用上述仪器测量其上面的放射性活度(设为 N_2)。去污效果用放射性去污率 D_F 来评价, D_F 由下式计算:

$$D_F = \frac{N_1 - N_2}{N_1 - N_b} \times 100\%$$

式中 N_b 是探测仪器的本底。 N_1 和 N_2 分别为

污染后和擦洗后, 固定区域的计数率, 都以计数/分为单位。有人主张 D_F (30~60)%时, 可认为该去污剂能有效地去污; D_F 在(60~80)%时, 可认为去污效果良好; 而当 D_F 达90%以上时, 去污效果属优良。

第二阶段是现场使用试验。这阶段的工作是利用实验室中筛选出的最佳去污剂, 到生产现场, 对运输过放射性物质的车辆进行洗消试验, 评价选定的洗消剂对铁路运输放射性物质的车辆的洗消效果。

三、结果

1. 实验室中各种洗消剂去污效果的比较
根据铁路运输放射性物质车辆的特性, 我们选择五种洗消剂, 按拟定的方式进行去污效果的试验, 结果列于表1。

2. 现场洗消效果的评价

根据现行有关规定天然放射性矿砂采用整车运输, 采用多为钢质敞车, 由于放射性污染面积大, 且多为非固定污染, 所以对此类车辆采用常规冲洗方法再加FW-I号洗消剂进行洗消, 方法是: 先用自来水冲洗(水压力为 $6\text{Kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)总的使用水量为 1.5m^3 ; 然后再用1吨FW-I号洗消剂冲洗(压力也为 $6\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$); 冲洗前后均用表面污染监测仪进行定点测量。经上述冲洗后车体表面放射性活度均达到可以用于运输普通货物的容许水平。在现场使用试验中获得FW-I号对于装运天然放射性矿砂的车辆的去污效果如表2所示。从表2中可知FW-I号洗消剂对 α 和 β 发射体的去污率平均都在95%以上。

对于装运天然放射性矿砂(石)的化学浓缩物(如重铀酸铵)的车辆, 放射性污染

表1 各种洗消剂对被硝酸铀污染的钢板的去污效果*

洗消剂名称	pH 值	样 品 数	钢板污染水平 (计数/分)		D _F 平均值(%)			
					α		β	
			α	β	新钢板	旧钢板	新钢板	旧钢板
1%加酶洗衣粉溶液	7.5	5	—	$(1\sim 2)\times 10^8$	—	—	81.0	43.0
FW-I号	6.5	5	$(1\sim 2)\times 10^8$	$700\sim 10^8$	95.0	91.0	93.6	93.6
5%的金属洗液	8.0	10	$(1.5\sim 1.9)10^8$	$600\sim 900$	85.0	67.0	84.0	84.0
FW-II号	5.8	10	$(1\sim 2)\times 10^8$	$650\sim 10^8$	95.0	93.0	96.0	93.0
5%的活力821洗衣粉溶液	9.5	5	$(1\sim 1.8)\times 10^8$	$650\sim 900$	12.0	15.0	48.0	45.0

*表中“新钢板”指的是表面没有锈蚀的钢板；“旧钢板”则是表面有锈蚀的钢板。

表2 FW-I洗消剂在整车洗消中的去污效果*

车号	洗消前的污染水平 (Bq·cm ⁻²)		D _F 值(%)	
	α	β	α	β
PD ₅ -266	2.5	31	99.2	99.9
PD ₅ -108	1.6	22	98.7	99.8
PD ₅ -575	3.6	42	99.4	99.9
PD ₅ -72	0.84	14	97.6	99.1
PD ₅ -821	2.5	36	99.7	99.6
平均			98.8	99.7

*表中“洗消前的污染水平”是各点监测结果求得的平均值；表中D_F值也是平均值。

呈局部分布，被污染总面积比车体总面积小得多，为了防止交叉污染，采用FW-II号洗消剂进行局部擦洗，利用FW-II号较高的去污率，局部去污取得了预期效果，现场使用中显示FW-II号洗消剂能有效地消除化学浓缩物所致的放射性污染，FW-II号洗消剂的去污效果列于表3。

表3 FW-II号洗消剂对装载重铀酸铵车辆的局部去污效果*

车号	洗消前的污染水平 (Bq·cm ⁻²)		D _F (%)	
	α	β	α	β
1	0.5	22	92.4	89.0
2	0.3	19	92.0	88.0
3	1.5	56	96.6	95.0
均值			93.7	90.9

*表中“洗消前的污染水平(Bq·cm⁻²)”是各污染点的平均水平；D_F值也为平均值。

四、讨论

1.从表1可以看到在实验室中模拟使用FW-II号洗消剂，其放射性去污率也很高；

但在整车洗消中使用一套有利于提高洗消效率的程序，FW-I号洗消剂已经满足安全防护要求，所以没有必要考虑FW-II号的使用，因为FW-II号的价格比FW-I号高30倍；

2.利用FW-I号洗消剂，按上述程序洗消过的车辆，车体表面有一定的光亮，不易生锈。但如果洗消程序颠倒过来，即：先用1.0m³FW-I号洗消剂冲洗，然后再1.5m³清水冲洗，则不可能获得这个效果，这意味着FW-I号对钢质车体有一定保护作用；

3.利用FW-I号洗消剂洗消整车运输放射性物质的车辆，按上述方法，每辆车的洗消费用（指清水和FW-I号洗消剂）较低，所以它能广泛用于实际车辆洗消工作中；

4.从表3中可见，对局部污染的专用车，为了防止交叉污染，采用FW-II号洗消剂进行局部擦拭，也取得了良好的去污效果，因该洗消剂偏酸性，所以用FW-II号洗消剂擦拭后，必须用FW-I号洗消剂清洗并擦干，以防止对车体造成影响。

5.FW系列洗消剂的去污机理和对金属表面的保护性能，将另行探讨和论述。

（致谢：本研究工作在现场试验中得到核工业总公司272厂和衡阳铁路分局卫生防疫站的支持和有效的帮助，在此一并表示感谢。）

参 考 文 献

- 1.中华人民共和国国家标准，放射性物质安全运输规定（GB11806-89），中国标准出版社1990
- 2.中华人民共和国国家标准，放射卫生防护基本标准（GB4792-84）中国标准出版社1985
- 3.中华人民共和国铁道部标准，铁路运输放射性物质卫生防护规定。（TB2089-89）。

（1993年2月25收稿）