

某车站 X 射线行李包检查系统辐射水平分析

丁金焕^{1,2}, 李杰², 盖正东³

摘要: [目的] 检测某车站 X 射线行李包检查系统外表面辐射水平, 进行安全评价和放射性豁免分析。[方法] 使用便携式电离室射线巡测仪, 按国家标准规范要求布点检测。[结果] 该车站工作人员因 X 射线行李包检查工作而增加的辐射剂量为 76~91 $\mu\text{Sv/a}$, 远低于放射职业人员连续 5 年的年平均有效剂量限值 20 mSv/a , 但高于公众个体受照剂量 10 $\mu\text{Sv/a}$ 。[结论] 正常使用 X 射线行李包检查系统不会对工作人员和旅客造成辐射损害, 但不能予以放射性豁免。

关键词: X 射线行李包检查系统; 辐射检测; 放射性豁免; 辐射安全; 辐射防护

Radiation Level of X-Ray Luggage Inspection System in a Train Station DING Jin-huan^{1,2}, LI Jie², GAI Zheng-dong³ (1. Jinan Railway Center for Disease Control and Prevention, Shandong 250001, China; 2. School of Public Health, Shandong University, Shandong 250012, China; 3. Occupational Health Department, Jinan Railway Bureau, Shandong 250001, China). Address correspondence to LI Jie, E-mail: hjwsli@sdu.edu.cn
• The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To determine the radiation level of an X-ray luggage inspection system in a train station for safety evaluation and radioactivity exemption analysis. [Methods] A pressurized microR ion chamber survey meter was used to quantify radiation level of a selected luggage inspection system according to relevant national standards. [Results] The increased radiation level caused by the X-ray luggage inspection system to the station staff was around 76-91 $\mu\text{Sv/a}$, far less than the national exposure standard that allows an average exposure dose over 5 years to radiation professionals of 20 mSv/a . However, this increased dose was higher than the standard for public individuals (10 $\mu\text{Sv/a}$). [Conclusion] The routine usage of the X-ray luggage inspection system does not cause radiation harm to inspection staff and travelers. Nevertheless, the system does not meet the national radioactivity exemption regulation.

Key Words: X-ray luggage inspection system; radiation detection; radioactivity exemptions; radiation safety; radiation protection

目前, X 射线行李包检查系统在车站、机场、地铁、海关中应用广泛, 在设备及防护完好且正确操作的条件下, 其表面辐射水平能控制在国家标准限值范围内^[1], 不会对工作人员和周围公众产生辐射危害。但由于该设备数量日益增多, 如在有限的空间内安置多台设备、操作间栅栏简化、防护铅帘损坏、操作和管理不当, 则可能对工作人员和公众产生额外照射。本研究拟对济南铁路局某车站 X 射线行李包检查系统辐射强度检测结果进行辐射安全性评价与豁免分析, 以促进全局的放射卫生监管工作。

1 对象与方法

1.1 对象

该车站候车大厅两套 X 射线行李包检查系统(型号:

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0067

[作者简介] 丁金焕(1982—), 男, 硕士生, 主管医师; 研究方向: 环境卫生与职业医学; E-mail: diaoba007@163.com

[通信作者] 李杰, E-mail: hjwsli@sdu.edu.cn

[作者单位] 1. 济南铁路疾病预防控制中心, 山东 250001; 2. 山东大学公共卫生学院, 山东 250012; 3. 济南铁路局劳卫处, 山东 250001

THSCANCX100100T), 均为 2005 年购置。操作员共 18 名, 3 人一小组, 实行四班制, 每天操作行李包检查系统 6 h, 连续操作 2 h 后组内轮转, 连续工作 2 个月后, 调离辐射岗位 1 个月。

1.2 方法

按照 GBZ 127—2002《X 射线行李包检查系统卫生防护标准》^[1]的要求取系统行李包入口、出口、外表面两侧及上表面 5 个测量点, 其中外表面一侧为旅客通道, 一侧为操作员位置。另外, 在离出口 1 m 处的人工安检岗位设 1 个测量点。当系统正常检查行李时, 在各测量点直线距离 5 cm 内, 横截面不小于 10 cm^2 的多个位置进行测量, 取其算术平均值。测量系统入口、出口时, 铅帘处于垂直状态。各测量点测量位置分布如下: 系统入口、出口及旅客通道侧各选取 4 个角及中间 5 个位置; 系统上表面选取 4 个角的位置; 操作台及人工安检岗位选取垂直于系统截面的头、胸、腹 3 个位置。X 射线行李包检查系统工作条件为 140 kV、0.6 mA、 $\geq 2.0 \text{ s}$ 。

1.3 检测仪器

美国 INOVISION 公司 451P 型 X、 γ 便携式电离室射线巡测仪(编号: 283), 该仪器经中国计量科学研究院检定合格, 并在有效期内。

2 结果

2.1 工作场所情况

两套 X 射线行李包检查系统分布在候车大厅入口两侧，相距 3 m，操作台位于系统一侧。两套系统每天 24 h 工作，轮流使用，常使用南侧机器。现场查看两套系统通电指示灯和 X 射线发射指示灯均正常工作，操作间栅栏完好，南侧行李包检查系统入口、出口铅胶帘部分卷曲损坏，北侧机器铅胶帘完好。

2.2 检测结果

该车站两套 X 射线行李包检查系统各测量点空气比释动能率检测结果见表 1。该车站天然辐射本底均值为 0.02 $\mu\text{Gy/h}$ ，表中数据均已扣除本底均值。从表 1 中检测数据可知，南侧系统入口空气比释动能率最大，为 0.19 $\mu\text{Gy/h}$ ；南侧系统检测数据均高于北侧系统，但 1 m 处的安检岗位检测数据一致；系统入口、出口处的检测数据高于其他测量点；所有测量点的检测结果远小于 GBZ 127—2002《X 射线行李包检查系统卫生防护标准》^[1]限值（5 $\mu\text{Gy/h}$ ）要求。

表 1 X 射线行李包检查系统空气比释动能率检测结果（ $\mu\text{Gy/h}$ ）

检查系统	入口	出口	外表面	旅客通道侧	操作台	安检岗位
南侧系统	0.19	0.16	0	0.02	0.07	0.04
北侧系统	0.06	0.08	0	0.01	0.04	0.04

3 分析

3.1 安全性分析

从检测结果可知，系统操作员和安检人员接受的辐射水平（比释动能率）均值分别为 0.07 $\mu\text{Gy/h}$ 和 0.04 $\mu\text{Gy/h}$ 。车站统计的操作员和安检人员 1 年最长工作时间分别为 1300 h 和 1900 h，由此推算操作员和安检人员每年因工作而增加的辐射剂量分别为 91 μSv 和 76 μSv ，远低于 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》^[2]连续 5 年的年平均有效剂量 20 mSv 的限值。旅客在放、取行李时与通道口的距离和安检人员相当，但停留时间短，其个体接受的辐射水平可以忽略不计。因此，X 射线行李包检查系统在正常工作情况下，不会对操作员、安检人员以及公众产生辐射危害。

3.2 豁免分析

GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》附录 A1.3 规定，经监管部门确认在任何实际可能的情况下下列准则均能满足，则可不作更进一步的考虑而将实践或实践中的源予以豁免：a) 被豁免实践或源使任何公众成员 1 年内所受的有效剂量预计为 10 μSv 量级或更小；b) 实施该实践 1 年内所引起的集体有效剂量不大于约 1 人 $\cdot\text{Sv}$ ，或防护的最优化评价表面豁免是最优选择。附录 A2.1a 规定，符合下列条件并具有监管部门认可的型式的辐射发生器和符合下列条件的电子器件予以豁免：1) 正常运行操作条件下，在距设备的任何可达表面 0.1 m 处所引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率不超过 1 $\mu\text{Sv/h}$ ；2) 所产生辐射的最大能量不大于 5 keV^[2]。

该车站 X 射线行李包检查实践如申请放射性豁免需同时满足以上条件。如“3.1”中所述，操作员与安检人员每年最多因工作而增加的辐射剂量分别为 91 μSv 和 76 μSv ，远远低于放射工作人员连续 5 年的年平均有效剂量 20 mSv 的限值，但是

超过了 GB 18871—2002 附录 A1.3 中 a) 项规定的水平。2012 年该车站共发送旅客 150 万人次，按每位旅客 10 s 通过时间推算，因 X 射线行李包检查实践 1 年内引起的集体有效剂量为 0.004~0.008 人 $\cdot\text{Sv}$ ，远小于 1 人 $\cdot\text{Sv}$ 。从两套 X 射线行李包检查系统表面辐射水平看，距设备任何表面 0.1 m 处引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率均远远小于 1 $\mu\text{Sv/h}$ 。此两套系统 X 射线球管工作条件均为 140 kV、0.6 mA、 $\geq 2.0\text{s}$ ，其正常工作时产生辐射的最大能量约为 14 keV，不符合 GB 18871—2002 附录 A2.1 a 中 2) 项规定。

综上所述，该车站 X 射线行李包检查实践除非满足监管部门根据这些豁免准则所规定的要求，否则不能予以放射性豁免，应按放射工作监管，与其他文献^[3-4]结果一致。

4 讨论

从放射工作监管看，济南铁路局已经将 X 射线行李包检查作为放射工作监管，但措施、效果有限，有的工作人员不清楚 X 射线行李包检查有辐射，有的了解一点辐射危害知识就谈辐射色变，甚至少数临床医师也把健康检查中发现的异常与其工作岗位联系起来，产生不必要的恐慌^[5]。有学者发现，放射相关工作人员职业健康检查发现的常见病与慢性病与不接触辐射岗位的人群基本一致，与职业性接受电离辐射之间不存在因果关联^[6]，或者其关联仍然是一个需要更多生物学和流行病学研究的问题^[7]。为进一步促进 X 射线行李包检查实践的辐射管理工作，需落实如下 4 项措施以尽量减少不必要的辐射暴露：（1）操作、安检及管理人员应接受辐射安全知识培训；（2）定期进行辐射剂量检测、及时更换损坏铅帘；（3）在传送带旅客通过侧设置护栏，防止旅客将手伸进铅帘取行李时增加辐照水平^[8]；（4）并列布置的行李包检查系统之间要留有足够的防护距离，或建立有效的防护屏蔽。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献：

[1] 中华人民共和国卫生部. GBZ 127—2002 X 射线行李包检查系统卫生防护标准[S]. 北京：法律出版社，2004.
[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京：中国标准出版社，2004.
[3] 李连波，李炜，张显鹏，等. 某机场 X 射线行李包检查系统辐射安全评价[J]. 中国辐射卫生，2005，14（4）：282-283.
[4] 刘慧，潘兴平，赵强，等. 机场 X 射线行李包检查系统辐射检测与安全评价[J]. 职业卫生与病伤，2006，21（3）：169-171.
[5] 马好，李承隆，邱欲晓，等. 济南铁路局车站 X 射线行李包检查仪职业危害防护调查分析[J]. 中国辐射卫生，2012，21（1）：66-67.
[6] 宋艳丽，高娟，侯强，等. 山东省直管单位放射工作人员健康监护分析[J]. 中国辐射卫生，2003，12（1）：62.
[7] 傅颖华，杜维霞，孙全富，等. 我国放射工作人员职业健康管理现状及其问题[J]. 中国职业医学，2008，35（1）：44-46.
[8] 卢小清，潘兴平，涂程，等. 某地铁 X 射线行李包检查系统的放射防护状况[J]. 职业与健康，2012，28（12）：1436-1438.

（收稿日期：2013-07-26）

（英文编辑：汪源；编辑：何蓉；校对：徐新春）