

在南非的核查

核实南非申报的核清单及其核武器计划的终止情况

曾是一项复杂的任务

Adolf von
Baeckmann,
Garry Dillon
和 Demetrius
Perricos

南非于 1991 年 7 月 10 日加入《不扩散核武器条约》(NPT) 之后, 立即于 1991 年 9 月 16 日与 IAEA 签署全面核保障协定。4 天之后, IAEA 大会通过一项旨在确保尽早实施该核保障协定和核实南非核设施核材料清单完整性的决议。

1991 年 11 月, IAEA 总干事专门任命的一个由 IAEA 高级核保障官员组成的小组, 根据全面核保障协定的要求进行了第一轮检查。核实南非核材料申报单正确性的这一活动延续了几个月, 动用了长期建立起来的一些手段。这些手段包括查验同一时期的运行记录和衡算记录, 分析核材料的性质和数量等。南非的核燃料循环涉及面广, 使得这项任务比较复杂, 因而需要消耗大量的人力物力, 并在进入已关闭的核设施和查阅历史运行记录方面需要得到南非主管部门的广泛合作。

南非总统德克勒克于 1993 年 3 月 24 日宣布, 南非曾发展过“有限的核威慑能力”, 包括设计和制造了 7 个枪式核装置, 但后来又摧毁了这一能力。这就使这项核查任务进一步复杂化。这一新闻促使 IAEA 扩大其在南非的核保障小组, 除增加其他专家外还增加了几名核武器专家。该小组的任务扩大到

包括评估前核武器计划的状况和查明该计划涉及的全部核材料是否已回收和已置于核保障之下。

在以后的数月内, 该小组彻底查验了详细的记录, 并核实了南非的核材料存量。结果是可以得出这样的结论: 没有迹象表明南非的初始申报单是不完整的或南非的核武器计划还没有完全终止和摧毁。

本文着重介绍 IAEA 在南非的核查活动及与 IAEA 评估南非前核武器计划的终止状况有关的一些主要活动。

核实南非申报的核清单的正确性

正如全面核保障协定所要求的那样, 南非向 IAEA 提交了一份有关其核计划的初始报告。这是一份包罗万象的文件, 包括一个设施一个设施地列出了所有类型核材料的定量数据。并用附件形式扩充了该报告, 这些附件详细地给出了每个设施内的核材料的所在部位和数量。

对 IAEA 来说, 这就有可能以初始报告中的数据 and 后来的存量变动为基础, 编制每个设施中的核材料存量一览表。在实施全面核保障协定的头几个月里, 对这些一览表进行了核实。这项工作是根据《IAEA 的 1991—1995 年核保障准则》中规定的核实期末盘存量(PIV)的要求利用多种既定的衡算核实手段进行的。

与早已缔结了全面核保障协定的其他

von Baeckmann 先生曾是 IAEA 核保障司的一位处长。Dillon 先生是该司高级职员, 目前任 IAEA 伊拉克行动小组副组长, Perricos 先生是该司业务一处处长。

国家所不同的是，南非一直在运营着从未置于核保障之下的许多核设施，而且这些核设施都是土生土长独一无二的。因而在缔结全面核保障协定的那个时候，对 IAEA 来说，有关这些核设施的设计和运行的详细情况相当不清楚。（参见右框。）

这种情况使 IAEA 必须花费很多精力去了解这些核设施的工艺过程。只有这样才能制订出可操作的核保障方案，供谈判核设施附件期间临时执行。曾举行过一次联席会议，才使这一过程变得比较容易。IAEA 在会上解释了作为全面核保障协定（INFCIRC/153 型）一部分的核算操作，南非的国家核算和管制体系（SSAC）与运营者则给 IAEA 介绍了这些设施及其操作程序。

自 1991 年底开始“初次检查”时起，在南非进行的核查活动始终以 IAEA 的 1991—1995 年核保障准则为基础。1992 年 10 月，成功地进行了涉及南非所有核设施的几乎是同时的 PIV。在第一个材料平衡间隔期间就达到了全部定量指标。在 1993 年 8 月和 1994 年 10 月，也进行了类似的核实活动。

正如所预料的那样，结果表明初始报告中的数据需做若干修正。这是因为该国的 SSAC 继续在为确保这些数据准确无误而工作，检查过程中发现了若干差错，以及根据设施运营者在初始报告发表后进行的测量对原先的估计值所作的多处修正。对于材料需通过设备部件去污后才能回收的情况，后一个因素的作用更加明显。

迄今，6 座设施的设施附件正在实施，并打算于 1995 年期间完成其余设施的谈判。

评估南非申报的核清单的完整性

IAEA 在南非实施核保障的一个重要方面是评估南非核清单的完整性，这种评估涉及许多方面。这项复杂的任务是由总干事为此目的而专门任命的一个由 IAEA 核保障司高级职员组成的小组作为一项独立的任务进行的。这需要消耗大量的人力物力，

南非的核设施

以前按照 INFCIRC/66 型核保障协定检查过的早已置于 IAEA 核保障之下的核设施：

- 原子能公司的 SAFARI-1 研究堆，佩林达巴；
- 原子能公司的热室群，佩林达巴；
- 南非电力供应委员会的科贝赫核电机组 1 号和 2 号。

自 1991 年 9 月起按照全面核保障协定（INFCIRC/153 型）置于 IAEA 核保障之下的另外一些核设施：

- 铀转化和六氟化铀 (UF₆) 生产厂；
- 中试性高富集铀 (HEU) 富集厂 (Y 工厂)，现已关闭；
- HEU 贮存设施；
- HEU-UF₆ 和金属/合金生产厂；
- HEU 燃料元件生产厂；
- 半工业性低富集铀 (LEU) 富集厂 (Z 工厂)；
- MLIS 激光铀富集研究与开发设施；
- LEU 燃料元件生产厂；
- 天然铀/贫化铀金属厂；
- 去污厂；
- 废物贮存综合设施；
- 设施外的一些场所。

并在进入已关闭的核设施和查阅历史记录方面需要得到该国主管部门的广泛合作。

为判断核设施和核材料清单的相互一致性以及它们的完整性，制定了一个实用的判别依据。第一步是根据生产量、进口量和使用量评估已申报的核清单，第二步则计算该清单的同位素分量，并与其天然铀中的这个分量比较。

通过这一过程看出，申报的存量与申报的产量和使用量数据是相符的。但是，就已关闭的中试性铀富集厂（称作 Y 工厂）生产的高富集铀 (HEU) 和半工业性铀富集厂（称作 Z 工厂）生产的低富集铀 (LEU) 而论，计算过的同位素分量表明存在着“明显的不一致”。这些“明显不一致”的符号可解释成



作为 IAEA 检查小组评估南非前核武器计划状况的一部分，该小组有机会访问一度与核计划有关联的所有设施。此页的几幅照片示出的是 ARMSCOR/Circle 设施的一些牢固的地下室，是南非生产和贮存核武器的所在地（上和下）；AEC 佩林达巴场地附近已拆除的进行一般性临界研究的设施（左下）；和站在卡拉哈里试验竖井井口建筑物外面的 IAEA 检查员（左），该竖井已作了无害化处理（下页）。（来源：V. Mouchkin, IAEA；AEC）



有一些铀-235下落不明。

考虑到所涉及的时期（尤其是Y工厂）和缺乏对贫化铀废物流的准确衡算，因而这种“明显的不一致”并不是出乎意料的。当然，有必要继续工作以进一步澄清这些不一致，优先关注的是Y工厂的数据。通过进一步查验记录，尤其是查验该工厂关闭后回收HEU材料的那些记录，使此种“明显不一致”的数量大大缩小。

作为这些活动的补充，对Y工厂在其整个运行历史期间的实际运行情况进行了彻底的检查。这次检查涉及到分析数千份运行记录。这些记录逐日详细地记载着该厂的状态，内容包括当时可利用的分离单元数、每日进料量，以及进料、产品与尾料流的分析结果等等。还研究了描述曾影响工厂实绩的那些事件的技术文件。

这部分检查的结果表明，申报的Y工厂已生产的HEU总量与该厂的生产能力相符。

根据这些研究，IAEA断定，有理由得出这样的结论，即Y工厂生产的HEU，LEU和贫化铀中的铀-235同位素总量与天然铀进料中的含量相符；以及该工厂所能生产的HEU总量与初始报告中申报的数量相符。

对Z工厂的运行记录也做了详细的检查，以致能对该工厂的运行情况从其开始运行那天起直到提出初始申报那天止逐日



南非的前核武器计划：大事记

- 1970年——宣布铀富集计划；
- 1971年——批准以与和平利用核爆炸有关的枪式装置为基础的研究与开发计划；
- 1973年——研究锂同位素的分离方法；
- 1974年——南非总理批准发展有限的核武器威慑能力的计划；
 - 中试性铀富集厂第一期工程投产；
 - 批准在卡拉哈里沙漠建设试验场；
- 1975年——开始开挖卡拉哈里试验竖井；
- 1976年——停止从美国进口SAFARI-1号研究堆用核燃料；
- 1977年——放弃卡拉哈里试验场；
 - 中试性铀富集厂全级联运行；
- 1978年——从中试性铀富集厂取出首批HEU产品；
- 1979年——南非原子能公司（AEC）研制成第一个核装置；
 - 决定由ARMSCOR接管AEC的核计划，并生产其余的核装置；
- 1980年——建成氟处理实验室；
- 1981年——建成ARMSCOR/Circle设施；
 - 批准开发商用压水堆技术并在将来可能生产氟和钷的Gouriqua计划；
- 1982年——制成第二个核装置；
- 1985年——南非政府决定把核装置的数量和类型限制为7个枪式装置，并决定进一步开发内爆技术和研究更先进的概念；
 - 有关锂-6的Avlis计划转向生产供商业动力堆中水化学控制用的锂-7；
- 1987年——开始执行有关氟射线发光光源的工业计划；
- 1987—1989年——制成了另外4个核装置；
- 1989—1991年——在ARMSCOR/Advena中心实验室建造一批设施；
- 1990年——中试性铀富集厂停止生产（2月）；
 - 总统下令拆解6个已完成的核装置和未完成的第7个核装置（2月26日）；
- 1991年——加入《不扩散核武器条约》（NPT）（7月10日）；
 - 全部HEU从ARMSCOR/Circle运回AEC（3月14日至9月6日）；
 - 核保障协定的签署并生效（9月16日）；向IAEA提交初始报告（10月30日）；
 - IAEA开始进行临时检查（11月）；
- 1993年——南非总统3月17日下令销毁与核武器计划有关的文件，销毁工作3月23日完成；
 - 南非总统向国会宣布执行过但随后已放弃这个核武器计划（3月24日）；
 - IAEA小组成员初访ARMSCOR/Circle设施（3月25日）；
 - IAEA小组多次出访以评估南非前核武器计划的状况（4月22日至5月4日，6月3—11日，和8月9—13日）。

进行模拟。对记录所作的比较表明，就工厂某一运行周期而言，运行记录中标出的转移到贫化铀废物贮存库的铀-235数量，要比衡算记录中记录到的大得多。此外，进一步查验记录和测量库存贫化铀样品证实，衡算记录中记录的数据是建立在不准确的名义值基础之上的；运行记录中包含的数据则比较正确地反映了真实的材料转移量。

以这一结论为基础随后修改了记录，这就基本上解决了先前计算Z工厂的同位素分量时发现的“明显不一致”。此外，还在初始报告中找出了其他一些重要性较小的差错和遗漏，所进行的修正也有助于得出Z工厂的同位素分量状况是令人满意的这一结论。

查明南非前核武器计划的状况

南非在其初始报告中申报的HEU存量相当大。IAEA认识到，材料这么多也许已经能表明HEU存量中的相当大部分是从已放弃的核武器计划中收回的；或者说可能性较小的一种情况是为了给已有规划的核武器计划供料而积存起来的，但该计划尚未执行就已放弃。

南非没有义务申报这些核材料过去的用途。同样地，IAEA的主要任务是查明所有核材料都已申报并已置于核保障之下。在1992年期间，这是一项优先考虑的任务。

除使用既定的衡算核实手段之外，IAEA还曾根据成员国提供的情报进行了多次检查。这些检查包括在卡拉哈里沙漠中后来按未用过的核武器试验设施申报的一个场所，及紧靠着佩林达巴安全围栏外侧的一些已废弃建筑物（包括一个一般用途的临界装置）等处采集环境样品。南非官员在让检查人员进入这些地点方面是非常合作的，但声称对这些设施过去的使用情况知之甚少。

现在已成了有案可查的是，1993年3月24日德克勒克总统在南非议会上宣读的演说中曾声明，“在某一阶段，南非确实发展过有限的核威慑能力”。

德克勒克总统的陈述包括介绍此种“核威慑能力”的规模和目的，以及南非放弃计划与加入NPT的理由。

值得指出的是，在发表这一声明的当天，IAEA检查小组的两位成员就在佩林达巴的原子能公司(AEC)。当时他们正在进行一些后续行动，目的是要弄清Y工厂生产的HEU材料的同位素分量方面的“明显不一致”。该声明发表后的第二天，这两位小组成员初步察看了与已放弃的核武器计划有关的若干关键设施。

在随后的5个月内，该检查小组在增补了几名核武器专家之后，检查了声明中提到的曾参与前核武器计划的若干设施和场所。这些检查的目的是：

- 确信核武器计划中所用的一切核材料已转为和平利用，并已置于IAEA核保障之下；

- 评估这些核装置的所有武器专用非核部件是否已被拆毁；曾参与核武器计划的所有实验室和工程设施是否已彻底退役和废弃，或者已转成工业性非核用途或核能的和平利用；所有的核武器专用设备是否已拆毁，以及所有的其它设备是否已转为工业性非核用途或核能的和平利用；

- 获得有关核武器拆解计划、设计与制造资料（包括图纸）的销毁情况，以及核武器销毁工作所遵循的原则等方面的资料；

- 评价南非提供的关于核武器计划的时间表与规模，以及核武器的研制、制造和后来的拆解情况的资料的完整性与正确性；

- 就有关使卡拉哈里试验竖井无利用的行动安排和最后亲临现场等问题进行磋商；

- 访问以前参与核武器计划或与之有关的设施，并证实这些设施已不再用于这类目的；

- 就今后为了维持不再恢复核武器能力这一保证而准备采用的战略进行磋商。

上述目的是以核保障协定中规定的IAEA的权利与义务，和南非政府声明的要使该国的前武器计划完全透明的政策为依

据的。IAEA 检查小组与南非主管部门及 AEC 和国营武器装备公司 (ARMSCOR, 曾负责核武器计划的生产阶段) 的技术人员进行了广泛的讨论。他们详细地提供了关于核武器计划的各个阶段及与之相关的研制与生产设施方面的基本情况。还提供了解除核武器计划的命令下达之前设想的关于该计划的未来发展的资料。

在确认所有有关设施和场所都已检查过时, 使用了来自 IAEA 成员国的情报。

根据官方文件、该计划的记录以及通过与在不同设施和场所中参加过该计划的主要工作人员的交谈得到的资料, IAEA 检查小组得以编写出核武器计划的时间表与规模的文件。(参见第 45 页方框《大事记》。)

在直至 1979 年的 10 年间, 核爆炸装置的所有研究与开发工作是由南非原子能委员会 (AEC 的前身) 进行的。这项工作生产出了一个“不可投掷的验证装置”。这个装置是按照这样的方式设计的, 即如果需要, 南非就可以迅速将此装置用于地下核试验, 以显示南非的核武器能力。这个装置在整个核武器计划中始终是一个验证装置; 它从来没有转变成可投掷的装置。

到了 1979 年, 执行核武器计划的责任转交给了 ARMSCOR, AEC 则负责生产和供应高富集铀, 以及核武器制造技术的理论研究与某些开发工作。ARMSCOR 的主要核武器活动是在离佩林达巴的 AEC 中心约 15 公里的称作 Circle 的设施群内进行的。这个 Circle 设施群是 1980 年根据 AEC 提供的设计建造的, 并于 1981 年 5 月投入使用。那时已确立的核武器计划包括:

- 研制和生产若干个可投掷的枪式装置;
- 分离锂-6, 以便生产将来的增强型装置中可能要用到的氘;
- 研究内爆与热核技术;
- 生产和回收钚与氚方面的研究与开发工作。

1985 年 9 月, 南非政府决定将该计划的规模限制为生产 7 个枪式装置, 停止与钚装置有关的所有工作, 限制锂-6 的生产; 但

是, 它允许进一步开发内爆技术和更先进装置的理论工作。

1982 年 12 月, 南非完成了第一个可投掷的原型装置, 但是直到 1987 年 8 月才交出了第一个合格产品。延期的主要原因是要执行严格的工程合格验收计划, 目的是要使核装置在设想的一系列贮存、交货和事故情景下的安全与保安得到保证。1989 年 11 月, 当政府决定停止生产核武器时, 另外 4 个合格的可投掷的枪式装置已制成, 供第 7 个装置使用的 HEU 芯和某些非核部件也已加工好。1990 年 2 月 26 日, 南非总统发布书面命令, 其中包括要求拆解全部现有的核装置, 融化这部分核材料并送回 AEC, 为南非加入 NPT 作准备。

到 1993 年 4 月 IAEA 检查小组访问南非时, 拆解与毁坏核武器部件以及销毁技术文件的工作已接近尾声。核武器 HEU 部件的拆解记录留着。这些记录详细得足以使 ARMSCOR 的数据能够与 AEC 保存的核材料衡算记录中的相应数据相对照。

核武器非核部件的拆解工作已按照经南非主管部门批准的程序进行。保留了若干已毁坏或部分毁坏的部件, 并在 1993 年 4 月向检查小组的某些成员展示了这些部件。检查小组检查了以“制造史”形式保留下来的有关已完成的核武器与实验装置的记录, 并与拆解表册作了比较。比较了保留部件的识别号, 认为与这些记录中记载的数字是一致的。

检查小组审核了 AEC 与 ARMSCOR/Circle 之间交接富集铀的记录。由于进行了这种审查, 检查小组得出结论: 最初提供给 ARMSCOR/Circle 的富集铀已返回 AEC, 并且在核保障协定生效时已置于 IAEA 核保障之下。

检查小组访问了确定为与前核武器计划有关的所有设施。值得一提的是, 南非主管部门在安排进入检查小组请求访问的所有设施方面给予了积极的合作——这些设施既有南非主管部门临时列出的与前核武器计划或与其外围活动直接有关的设施, 也有检查小组额外指定的设施。IAEA 没有能

表明存在着与该计划有关的任何未申报设施的任何信息。

按照吸取了 IAEA 检查小组的具体建议的计划, ARMSCOR 采取行动使位于瓦斯特拉普(卡拉哈里)的试验竖井无用化。虽然实施这项计划开始时遇到一些实际困难, 但是使试验竖井无用化的这些措施还是在 1993 年 7 月顺利执行了, 而且是在 IAEA 核保障检查员在场的情况下执行的。

在该计划终止时, ARMSCOR/Circle 处用于铀冶金的设备已返回 AEC。ARMSCOR/Circle 的整个铀冶金加工区已被拆除和去污。用于加工高富集铀和高效爆炸部件的机床已做过去污处理, 现在可供工业性的非核应用使用。南非主管部门说, 通过销毁专用软件, 已使支持武器系统的计算机化测试设备形式的专用设备变为无用。

总的结论

根据 IAEA 在南非进行的大量核查活动, 得出了若干条结论。

可以断定, 关于与 Y 工厂有关的铀-235分量方面的“明显不一致”问题——在考虑到该厂历年的运行和衡算记录中预计会涉及的正常不确定度的情况下——有理由得出这样的结论, 即中试性铀富集厂生产的 HEU, LEU 和贫化铀中的铀-235同位素总量与天然铀进料中的含量相符。根据 AEC 向 IAEA 检查小组提供的运行记录和旁证性技术数据, 对中试性铀富集厂生产能力的评估表明, 有理由得出这样的结论, 即该厂能够生产的 HEU 总量与初始报告中申报的总量相符。

IAEA 检查小组对有关记录的审核表明, AEC 提供给核武器计划的所有 HEU 已返回 AEC, 而且在核保障协定生效时已置于 IAEA 核保障之下。

检查小组在查验了记录、设施和核武器拆解或毁坏后保留下来的核武器的非核部件之后, 以及评价了中试性铀富集厂生产的 HEU 数量之后得出的结论表明, 实际情况与已申报的核武器计划的规模相符。

检查小组认为, 没有迹象表明南非仍然保留着未无用化或未转用于工业性非核应用或核能的和平利用的、与核武器计划有关的任何敏感部件。

同样, 对 Z 工厂来说, 以检查小组查验运行记录, 对某些尾料容器中的 UF₆ 的取样和分析, 以及对初始申报单中其它较小差错的修正为基础, 可以得出这样的结论, 即所报告的由该厂生产的 LEU 数量与该厂的运行记录相符。

之所以能得出这些总结论, 一方面是因为有确凿的技术依据, 且在查阅资料和进入场所方面得到了南非主管部门的透明度与公开性政策的大力支持, 特别是主管部门说到做到, 给 IAEA 进入它所指定的任何场所提供了方便。

当然, IAEA 对南非核设施和核材料清单完整性的评估, 及其对前核武器计划状况的评估——与开始将一项庞大的核计划置于核保障之下的所有情况一样——不可能是十分准确的。

从南非的情况来看, 大量的检查与评估所产生的结果, 以及所表明透明度与公开性, 已使我们可以得出结论: 没有迹象表明初始申报单是不完整的, 或者说核武器计划没有完全终止和摧毁。但是, 在将来, 在核保障协定中规定的 IAEA 权利不受到损害的情况下, IAEA 打算接受南非政府——根据南非反复说明的透明度政策——提出的长期有效的邀请, 即给 IAEA 提供进入与前核武器计划有关的任何场所或设施的充分权利, 并逐例地准许 IAEA 进入其特别希望访问的其它场所或设施。 □