



第四届和平利用原子能国际会议文献

# 辐射防护文集

53

原子能出版社

## 目 录

保健物理仪表装备和系统	1
意大利原子能发电站辐射防护经验	15
体内沉积放射性核素远期效应评价	36
核研究中心引起的个人累积剂量（卡尔斯鲁厄 和于利希核研究中心的经验）	56
日本实施保健物理的经验和监测技术的进展	74
德意志联邦共和国核动力工厂气体与液体排放 物中放射性核素对环境的照射	88
放射性裂变产物在农业链中的生物效应和行为	105
关于捷克斯洛伐克居民所受电离辐射照射的研究	116
苏联对使用电离辐射源人员进行医学监督现阶段的 基本总结及其任务	128

---

# 保健物理仪表装备和系统\*

穆日捷卡(S. MUŽDEKA)

卡图罗维茨(A. KOTUROVIĆ)

绍巴基茨(M. ŠOBAJIĆ)

施米尔采罗维茨(M. ŠMELCEROVIĆ)

达姆尔佳诺维茨(D. DAMLJANOVIĆ)

考维齐(B. KOVAČ)①

## 1. 前 言

新型电子学器件例如绝缘栅场效应管、集成电路、半导体探测器、固体指示器等,使现代电子学仪表装备和系统得到发展。由于这些器件的某些特性,降低了电子学仪器的成本并缩小了尺寸,同时提高了仪器的可靠性、灵敏度和精确度,增加了工作的温度范围。

具有这些特性的器件,已经用在鲍里斯·基德里奇研究所研制的保健物理仪器和系统中。

## 2. 可携式测量仪表和监测器

### 2.1. 可携式照射量率测量计 PD-6F

图1给出了一个宽量程(从10毫伦/小时到1000伦/小时,有

---

\* 文献编号 A/CONF.49/P/352。

① 南斯拉夫鲍里斯·基德里奇核科学研究所。

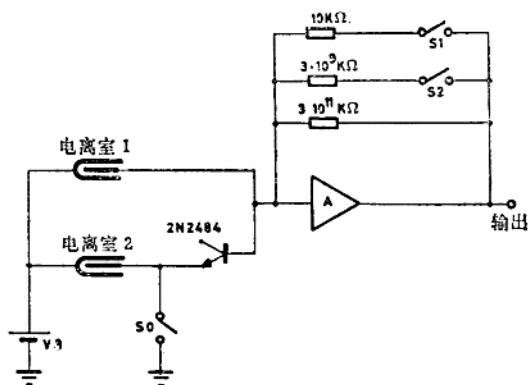


图1 宽量程可携式照射量率测量计原理图

六个线性量程)可携式照射量率测量计的原理图。这样宽的测量范围是借助两个固定并联的电离室实现的。又应用了一种新的解决方法:通过使用一个特殊的二极管,甚至在比较高的照射量率的量程内,当较大的那一个电离室的收集极短路时,仍能维持高的输入阻抗<sup>[1]</sup>。

电流测量是用高输入阻抗的运算放大器完成的,而运算放大器的输入电路,使用绝缘栅场效应管。对于所有的量程,只使用 $3 \times 10^{11}$ 欧姆和 $3 \times 10^9$ 欧姆的两个高电阻作为反馈元件。

## 2.2. 万能辐射测量仪 KOMO-10

万能辐射测量仪KOMO-10是一种用于 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\beta/\gamma$ 、X和 $\gamma$ 辐射测量的可携式晶体管化仪器。

使用不同的探头,这种测量仪可用于:

- (i) 从10微伦/小时到1000伦/小时照射量率的测量;
- (ii)  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\beta/\gamma$ 表面污染的测量;
- (iii) 放射性样品的测量。

连接卤素盖革-弥勒计数管,可对 $\beta$ 、 $\beta/\gamma$ 、X和 $\gamma$ 进行辐射测量,而连接正比计数管可用于 $\alpha$ 和中子探测。这两种探测器(盖革-弥勒计数管和正比计数管)也可同时与该设备相联接。装有能量

补偿器的盖革-弥勒计数管可以在较宽的 $\gamma$ 能量范围内,使单位辐射量率的计数率不变。

在仪器中装入了特殊的保护电路,以使指示计甚至在强过载情况中仍维持满刻度偏转。对高的照射量率,提供了一个直流测量档。

计数电路包括一个具有三个线性量程的计数率表:0—10;0—100;0—1000 计数/分。

这个仪器的工作可由两个 1.5 伏的电池,或者通过特殊的附件由 220 伏的交流,或者由 6—12 伏的汽车用的蓄电池供电。

正在计划 KOMO—10 用镍镉电池供电,镍镉电池可用太阳能电池充电。输出的成形脉冲可在数据集合系统中进一步进行数据处理。

### 3. 样品测量

#### 3.1. $\beta$ 放射性样品的测量

为了对 $\beta$ 放射性样品进行测量,研制了 LOLA-10。带有盖革-弥勒计数管(菲利浦 18516/18518 或者 18536/18518)并且用一些“无源元件”设计而成的一个简单的反符合电路,放置在 65 公斤重的铅屏蔽中。这种反符合线路和铅屏蔽把本底降低到每分钟小于 1.2 次计数,这样就能使放射性样品测量到  $10^{-12}$  居里的数量级。电子学元件的数目减少到最低限度,这就保证了高度可靠性和低功耗(5 瓦)。用市电或者汽车用的 12 伏的蓄电池做电源,所以这个装置也能用于野外。

表 1 表示仪器的某些特性以及对不同的同位素,在 30 分钟计数中( $\delta_{\text{最大}}=12\%$ )能够测出的最低放射性。

如果不用反符合线路,而用盖革-弥勒计数管 18536 型,采用厚样品方法,比如对液体样品也能测到从  $10^{-10}$  居里/毫升到  $10^{-6}$  居里/毫升的比放射性。

表1 仪表特性

盖革-弥勒计数管	18516		18536	
有效面积(厘米 <sup>2</sup> )	6.1		6.1	
窗口厚度(毫克/厘米 <sup>2</sup> )	10		1.5—2	
同位素	效率(%)	最低放射性 (微微居里)	效率(%)	最低放射性 (微微居里)
C <sup>14</sup>	1	51	10	5.4
Co <sup>60</sup>	11	4.9	25	2.1
Tl <sup>204</sup>	24	2.3	34	1.6
Bi <sup>210</sup>	34	1.6	43	1.2
Po <sup>214</sup>	46	1.2	47	1.1

### 3.2. 连续监测长寿命气溶胶的装置

长寿命 $\beta$ 放射性气溶胶浓度的测量是在滤纸上沉淀后四天进行的。在反符合线路中,用18518和18516型卤素盖革-弥勒计数管做的探测器。对数计数率表的输出信号可被连续记录。这个计数率表包括四个十进位级量程:从每分钟0.1直到每分钟10000次计数。同时,脉冲可以传送到计数系统,在那里进行计数并且打印。长期考验证明,倘若在整个测量期间 $\gamma$ 辐射的本底是不变的,那么在反符合线路中,18516型计数管的平均本底亦不变。因为每分钟一次计数就相当于 $5 \times 10^{-14}$ 居里/升,所以这个装置非常灵敏<sup>[3]</sup>。

对于气溶胶浓度值的脉冲连续记录时间,每次以30分钟到60分钟为宜。

### 3.3. 可携式核谱仪

鲍里斯·基德里奇研究所电子学部设计研制了一种小型核谱仪MINUS-10。分析器采用微型电子学集成电路。电荷灵敏放大器或者脉冲前置放大器产生的电压脉冲正比于入射辐射的能量。这些脉冲经过放大和成形后进入分析器,分析器按照微分或者积分的方式进行工作。最大甄别阈是5伏,而道宽从5毫伏到500毫伏连续可调,甄别阈可用手调节或者借助于电子学线性扫描线路自动调节。

线性扫描是使用 FT100 型绝缘栅场效应管和线性集成电路  $\mu A709$  和  $\mu A710$  来进行的。时间座标可做成十个不同的电压变化率:

0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500(毫伏/秒),

这意味着 5 伏的全部动态范围都能在 10 秒到 14 小时的时间间隔内进行分析。

MINUS-10 装置也包括一个具有六个线性量程(从每秒 10 次计数到每秒 10000 次计数)的计数率表。用做测量指示的附件可以是自动记录仪,也可以是具有固体数字指示器 MIS-10 的定标器。这种仪器的应用,曾经用若干种典型谱进行验证,用 Ge-Li 半导体探测器得到的  $Co^{60}$  和  $Cs^{137}$  的能谱表示在图 2 中。由于消耗的电能很小(12 伏, 3 瓦),它也能用于野外污染和环境的监测。

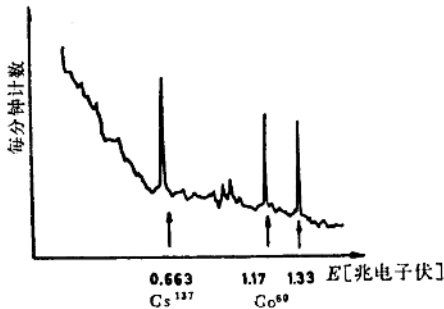


图 2 使用 Ge-Li 半导体探测器和可携式能谱仪得到的  $Co^{60}$  和  $Cs^{137}$  的能谱

#### 4. 辐射防护用的活动实验室

由于存在着不同种类的放射源和不同类型的辐射,事故情况的探测是一个复杂问题。为了对事故情况所包括的电离辐射进行探测、鉴别和测量,需要用各种不同的仪器。假如需要在野外进行测量而且测量的放射性范围很宽,直到重大的核事故所造成的那

样的水平,那么,问题就变得更为复杂。使用现代电子学器件和简化了的电子学线路,使得我们有可能设计一种可以装在吉普车上的完全的活动实验室,这样就能满意地进行工作。

鲍里斯·基德里奇研究所<sup>[4]</sup>设计的活动实验室可作下列测量:

- (I) 个人照射;
- (II)  $\gamma$  照射量率和对源的位置的定向;
- (III) 表面污染;
- (IV) 各种样品的放射性(水、食物、空气和生物医学样品)。

活动实验室还备有急救和人体去污的设备。

除已经叙述的仪器外,活动实验室 PRL 还包括 CONURA-10 和 MEER-10 装置。

CONURA-10 可给出声音报警信号和视觉报警信号,而且能在对数标尺上读出照射量率。

CONURA-10 有两个探头,因此它可用来作为“核辐射罗盘”。原理如图 3 所示。探测器是两个差动联接的卤素盖革-弥勒

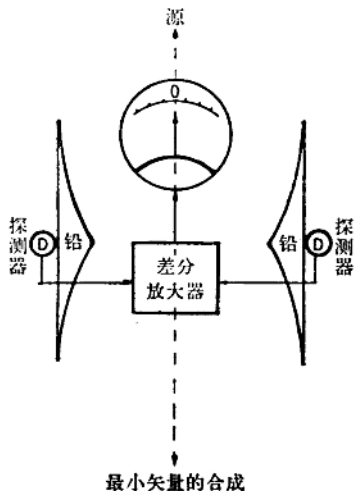


图 3 “CONURA” 的工作原理



计数管，在这两个计数管之间有一个吸收辐射的铅屏蔽。仪器表头的指针或者往左偏离零点，或者往右偏离零点，这是由哪一个计数管受到较高辐射强度决定的。从表头指针指于零点的位置可以确定辐射中心的方位，准确度可达到数度。

作为应用此原理的一个例子，已制成一种辐射源寻找器(图

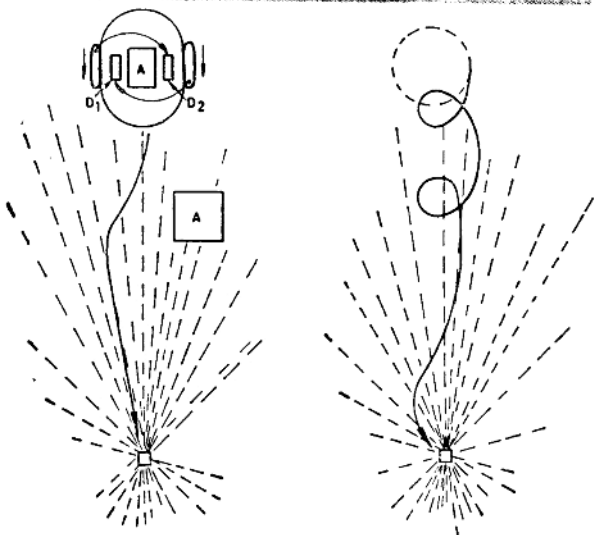
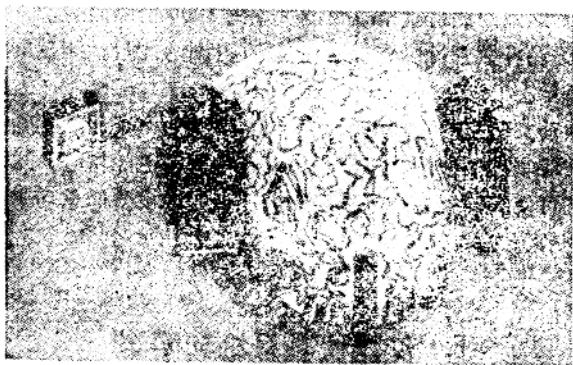


图4 “辐射源寻找器”

4)。寻找器的每一个轮子独立地被一种与相应的探测器一致的电流所驱动。结果寻找器自动地向辐射源移动。也可以安装一个控制系统，这样这个装置可以在一个包括各种不同强度的源的地区选择最佳途径(照射最小的途径)。

设计的 MEER-10 仪器是用来测量从 10 微伦/小时到 1000 伦/小时之间的照射量率以及测量直到 1000 伦的照射量。用两个盖革-弥勒计数管可以进行这样宽的范围的测量。测量结果是数字化指示。

活动实验室的主要电源是一个 12 伏的汽车用的蓄电池。在活动实验室外面使用的仪器也由装在内部的电池供电。这样的电源系统可使实验室完全不依赖于交流市电，设备的总功率损耗大约为 30 瓦。

## 5. 仪器仪表系统和网络

当然，可以使用模拟仪表来研制更复杂的仪器仪表系统，但是，它有许多缺点。然而，如果需要的话，利用数字化仪表，可以简单地或者通过有机的组合形成稍微复杂的仪器仪表系统，在必要时可以配合使用。这样的仪器仪表系统需要事先配备一个逻辑附属系统，作为这些仪表互相连接之用。如果需要的话，这个逻辑附属系统本身也由仪表组成。

用于保健物理仪器仪表的这种系统正在鲍里斯·基德里奇研究所研制。具有成形输出脉冲的仪器如 KOMO-10, LOLA-10 和 MINUS-10 可以作为这个系统的主体，这个系统也包括如下的数字化测量仪表：定标器 MYS-10，照射量和照射量率测量计 MEER-10，以及具有电动机械指示的照射量计 MID-10，如图 5 所示。数字化仪表所给出的结果，可以用打印机，或者用磁带记录器记录，或两者并用。当然也可以在凿孔纸带上记录，或者进行数据传送，如图 5 所示。为了使仪器的运转在时间上同步，它必须有

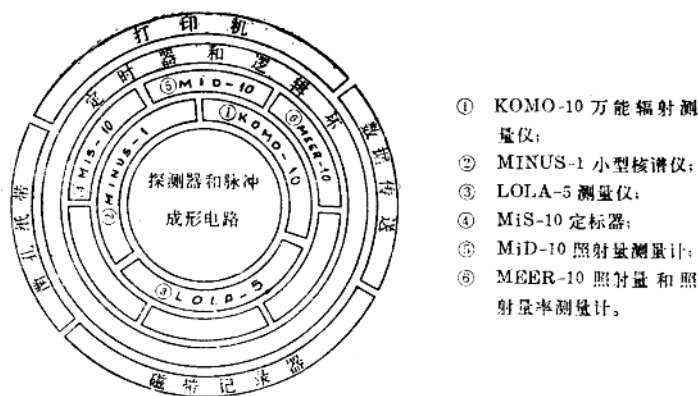


图5 数字化仪器仪表系统

一个公共的时间脉冲源，也就是计时器。由于 KOMO-10 和组成系统主体的其它仪表是可携带的，因而整个系统应该做成可动的并且是可携带的。当用 12 伏电压作为电源时，这个系统可由汽车用的蓄电池供电。为了避免对活动仪器的电源电池充电，可以使用太阳电池，这样，这个系统可以持久地独立地工作。在图 5 所表示的仪器仪表系统中，数字化仪表只用于脉冲计数的测量，但是，数字化仪器仪表也能用于模拟信号的测量，例如直流电流的测量。通过适当的模拟——数字转换器，把模拟信号变为数字信号，这样就扩大了图 5 所示系统的应用范围。

### 5.1. 测量站

现在了解如图 6 所示的一种更复杂的仪器仪表系统就更容易了<sup>[4]</sup>。它属于一组数据集合系统。试图通过这样的系统，在保健物理测量中采用现代测量技术和简单地实现多参数的测量。这个系统由两个基本部分组成：一部分用于接受和处理连续的模拟信号，另外一部分用于接受和处理脉冲信号。通过一个控制单元，控制这两部分并且结合成一个测量系统；这个控制单元由一个计时器和图 5 所标记的“逻辑环节”的部分所组成。在鲍里斯·基德里

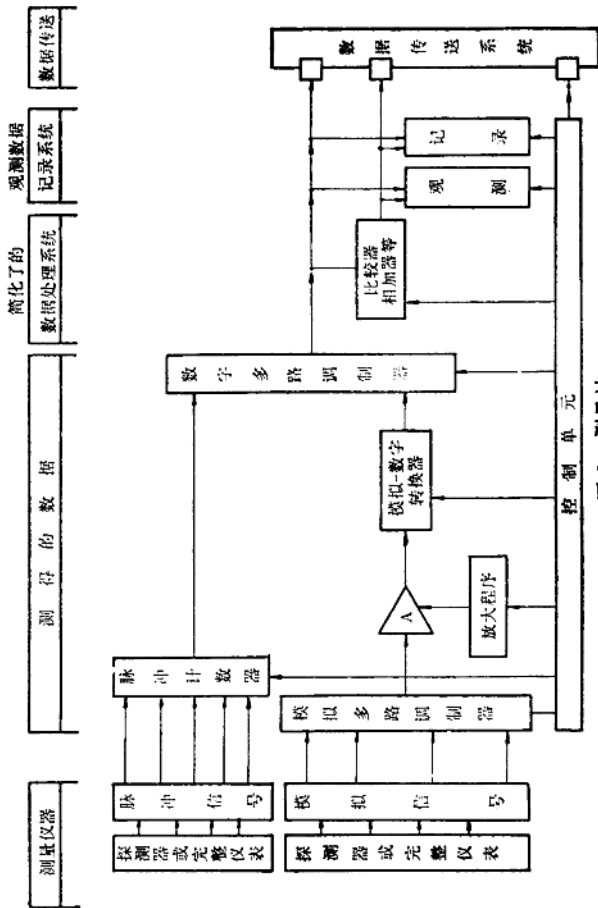


图6 测量站

奇研究所为了测量环境的辐射而建成了这样的一个实验站。

图7示出了1969年1月测得的长寿命 $\beta$ 放射性气溶胶浓度

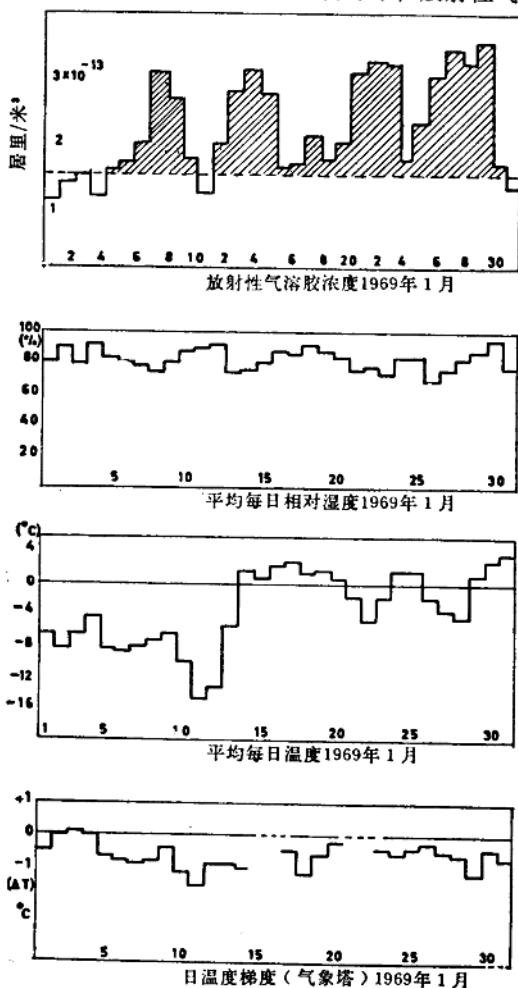


图7 实验站测得的鲍里斯·基德里奇研究所环境辐射的某些结果

的结果,在这些测量中计数器所在的小室里,  $\gamma$  本底是从 10 微伦/小时到 12 微伦/小时<sup>[5]</sup>。

### 5.2. 结构更复杂的测量系统

显然,借助于一个适当的传送系统可以把测量站所得的数据进一步送到一个中心。在这种情况下,图 6 所表示的那个系统应该是测量点。因此,在更复杂情况下,可以借助于计算机来记录数据并加以处理。这样,人们就可以得到测量记录、报告等等。监测的报警也可以包括进去。

显然,可以用很多方法,构成测量系统。图 8 说明了这种可能性。这些水平柱代表各种结构,其中某些结构单元可以省略。

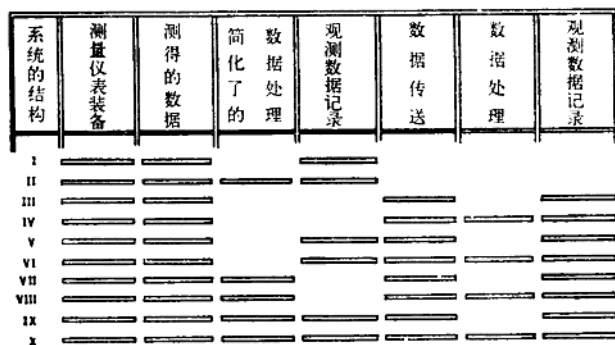


图 8 典型测量网络中测量系统的变化

测量站能够全部独立工作,如果有必要的话,可以把数据传送到测量中心。另一方面,也能够建成这样一个系统,在这个系统里,测量站是测量中心不可分割的部分。在这种情形下,测量站仪仅在给定的测量点获取数据,而对于已经取得的数据的处理则在测量中心进行。

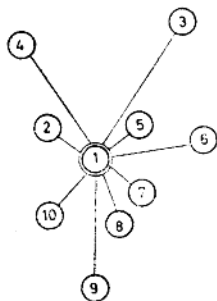
这个系统的选择,也就是结构单元的选择,将决定于测量系统工作的一般条件。

### 5.3. 测量网络

由于数据的传送,可以在离开测量点任意远的地方得到测量

信息。这样一个网络有一个测量中心(图9中的1),从测量点(2, 3……等)得到的数据将送进这个测量中心。

但是,在一般情况下,如图9所示的网络的构形不是最经济的。因之,就出现了数据传送网络最佳化的问题。根据从测量点传送到测量中心去的一定的信息量,就可以得到必要的数学模型的元素,用这些元素就可以进行综合<sup>[6]</sup>。



关于保健物理、气象和大气污染的特种测量网络,是鲍里斯·基德里奇研究所当前

研究的问题。这些就是按某种方式可以随时图9 测量网络的实例间变化的网络结构<sup>[7-9]</sup>。它们是在事故情况下需要的,那时它们要传递比正常情况更多的信息,这就意味着在这种情况下需要扩大网络结构。

可靠地传送数据是一个中心问题,要求网络系统即使在某些部分遭受损坏时,应能不受干扰地连续工作。这方面的工作是我们在保健物理领域中的研究活动的必然继续。

### 参 考 文 献

- [1] ŠOBAJIC, M., MUŽDEKA, S., BLAGOJEVIĆ, R., "New solution of input circuit for wide range portable exposure rate meter", 2nd Int. Conf. of IRPA, Brighton, 1970.
- [2] KOVAČ, B., MUŽDEKA, S., ŠOBAJIC, M., G-M counters as switching elements in the coincidence and anticoincidence circuit, Nucl. Instr. Meth. **23** (1963) 129.
- [3] KOVAČ, B., MUŽDEKA, S. et al., Measurements of radioactive aerosols and low level activities using simplified and reliable circuits, Acta IMEKO Stockholm (1961) 453.
- [4] MUŽDEKA, S., FRANTLOVIĆ, P. et al., "A mobile laboratory for radioprotection", Coll. sur l'electr. nucl. et radioprotec, Toulouse, 1968.
- [5] MUŽDEKA, S., KOTUROVIĆ, A., STOJANOVIĆ, D., Multiparametric measurement of environmental radioactivities, Sec. Int. Conf.

of IRPA, Brighton (1970).

- [ 6 ] KOTUROVIĆ, A., Synthesis of a measuring net treated as a kind of communication net, Proc. Vth Congr. IMEKO (Versailles May, 1970), paper D-TH-24.
- [ 7 ] KOTUROVIĆ, A., MUŽDEKA, S., STAMENKOVIĆ, B., "Problems of synthesis of radiological protection measuring networks for accidental situations", (in Yugoslav), 5th Yug. congr. radioprotect., Bled, 1970.
- [ 8 ] Conference on Radiological Protection of the Public in Nuclear Mass Disasters (Interlaken, 1968).
- [ 9 ] Environmental Monitoring in Emergency Situations, Safety Series №18, IAEA, Vienna (1966).

[朱桂山 年宝和译 李树德校]



# 意大利原子能发电站辐射防护经验\*

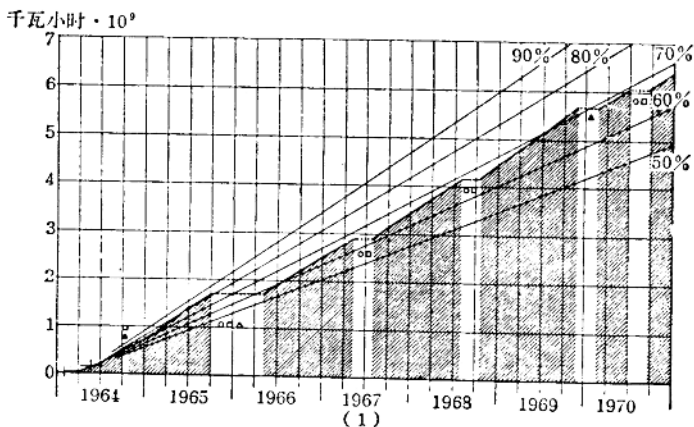
科墨托(M. COMETTO) 托卡冯地(G. TOCCAFONDI)①

意拉瑞(O. ILARI) 塔格里亚蒂(S. TAGLIATI)②

## 1. 引 言

意大利关于原子能发电站工作人员及其周围居民辐射防护方面的经验是在 21 个“反应堆年”中得到的。在这个期间有充分的机会应付范围很广的不同情况,包括大修、检查和修理工作。

三个原子能发电站的运行历史概要地列于图 1(1)至图 1(3)。



\* 文献编号 A/CONF.49/P/191。

① 意大利全国电力公司(ENEL)。

② 意大利全国核能委员会(CNEN)。