

50 GeV 北京质子同步加速器环境 辐射安全的预评价

K. 戈贝尔

(瑞士日内瓦 欧洲核子研究中心)

叶嗣宗 朱育诚 刘桂林 邵贝贝 肖廷汉

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

中国科学院准备建造的 50 GeV 质子同步加速器(简称 BPS)的地点拟选在北京十三陵附近。这里是中国著名的文化古迹和游览区,周围有一些居民点,又处在首都的上风、上水方向。因而,加速器在这里建成运行后对环境的影响,尤其是在辐射方面的影响,是人们非常关心的。

本文表明, BPS 对其环境的辐射影响是非常小的,围墙外杂散辐射水平可保持低于 20 毫雷姆/年;采取某些防护措施后,其排放到大气中的短寿命放射性气体所造成的“浸没”剂量不超过 10 毫雷姆/年;进入水中的放射性物质,按很保守的估计,也不会使排出水的放射性浓度高于中国“放射防护规定”中所列适用于居民饮水的露天水源限制浓度的 1/10。采取本文中建议的防护措施后, BPS 不构成对环境的污染。

本文是在参考欧洲核子研究中心(CERN)及其它高能加速器的经验的基础上,根据中国的有关标准或规定,以及加速器的设计参数,由高能所和 CERN 合作完成的。

一、引 言

中国科学院决定建造 50 GeV BPS 及相应的实验装置。该工程拟建于北京市区以北约 40 公里的十三陵附近,距十三陵水库 3 公里,距八达岭 15 公里,与北京大学(分校)、清华大学(分校)毗邻;周围有若干分散的居民点,在半径为 3 公里的范围内,居民人数近一万人。这个地区地处首都上风、上水方向。这样,无论从生态学的观点或从中国著名的文化古迹游览的观点看来,这里都是有重要意义的地区。

按照中国环境保护法的规定,只有论证了该设计能满足环境保护的各项要求,并提出

相应的报告,高能加速器才能建造。因此,估价这个新的高能研究中心对其环境的影响是完全必要的。

二、有关法规

本文中涉及的适用于公共场所或广大居民的法规是明确的。那些在核装置上工作的人员必需遵守为放射性工作人员制定的规定,但通常认为这部分人的数目小于总人口的百分之一。因而,用于广大居民的有关规定同适用于放射性工作人员的规定相比,有更严格的限制。早些时候的国际辐射防护委员会(ICRP)建议书曾建议以放射性工作人员限制剂量的 1/30 作为对居民的限制标准。最新的 ICRP 建议书之一,ICRP 第 26 号出版物,仅建议以放射性工作人员的限制剂量的十分之一作为对关键居民组的限制。中国则规定了更低的限制剂量值:对全身外照射或第一类人体器官,规定以放射性工作人员限制剂量值的 1/100 (即每年 50 毫雷姆)为居民的限制剂量,对人体其它器官则为 1/30。

BPS 将能产生杂散辐射以及放射性气体和水。假若 BPS 的防护设计能够做到:使围墙外的杂散辐射水平低于 20 毫雷姆/年;由排放到大气中的短寿命放射性气体造成的浸没剂量不高于 20 毫雷姆/年;进入水中的放射性物质不致使实验中心排出水的放射性浓度高于相应的限制浓度值的 1/10;那么,上述适用于居民的法规便能被满足。

关于人员的划分:在加速器和实验区有经常性工作任务的人,属于“放射性工作人员”;虽然在高能物理实验中心工作但并不直接从事放射性工作的人,被看成“公众中的个人”,他们在那里的年工作小时数以 2000 计算;生活在高能中心附近居民区的居民,包括高能中心本身职工住宅区的人,按“广大居民”考虑,在计算他们接受的年剂量时,以加速器每年运行 6000 小时计算。

高能加速器产生并被排放到大气中的若干短寿命气态放射性物质,其照射途径是在非常大的体积的这类放射性气体中造成的“浸没”照射。无论是 ICRP 的建议书,或者是中国的“放射防护规定”都没有这类短寿命同位素在空气中的最大容许浓度值。根据文献[5],对于象 BPS 这样能区的加速器在空气中产生的大多数核素来说,一个“浸没”在浓度为 1 微微居里/厘米³无限大的这类气体中的人,受到的“浸没”剂量大约 1 毫雷姆/小时。为了不超过对居民的年限制剂量 50 毫雷姆/年,以每年 6000 小时计算,每小时剂量率应

表 1

核素	对居民的空气限制浓度(微微居里/厘米 ³)				
	Pusell ^[8]	Rindi ^[9]	Peetermans ^[10]	Yamaguchi ^[11,12]	本报告
¹¹ C	—	2×10^{-2}	6×10^{-2}	1.9×10^{-2}	6×10^{-3}
¹³ N	5×10^{-2}	2×10^{-2}	5×10^{-2}	1.6×10^{-2}	5×10^{-3}
¹⁵ O	5×10^{-2}	2×10^{-2}	4×10^{-2}	1.5×10^{-2}	5×10^{-3}

对空气中由散裂反应产生的气态核素,以浸没剂量为关键照射途径,不同作者推出的对居民的空气限制浓度。

1) 相应于 5 雷姆/30 年的剂量限制。

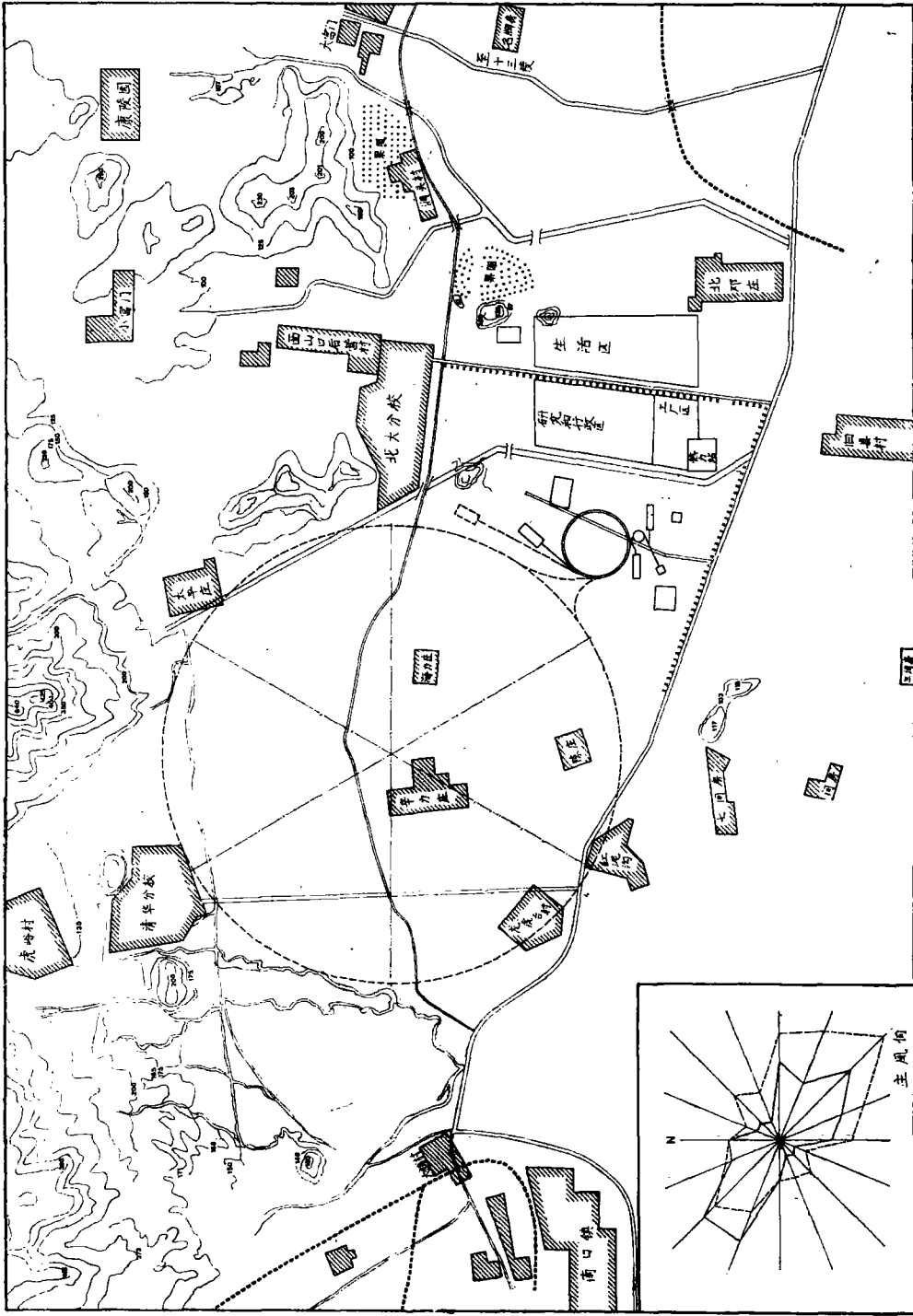


图1 高能物理实验中心总平面布置图

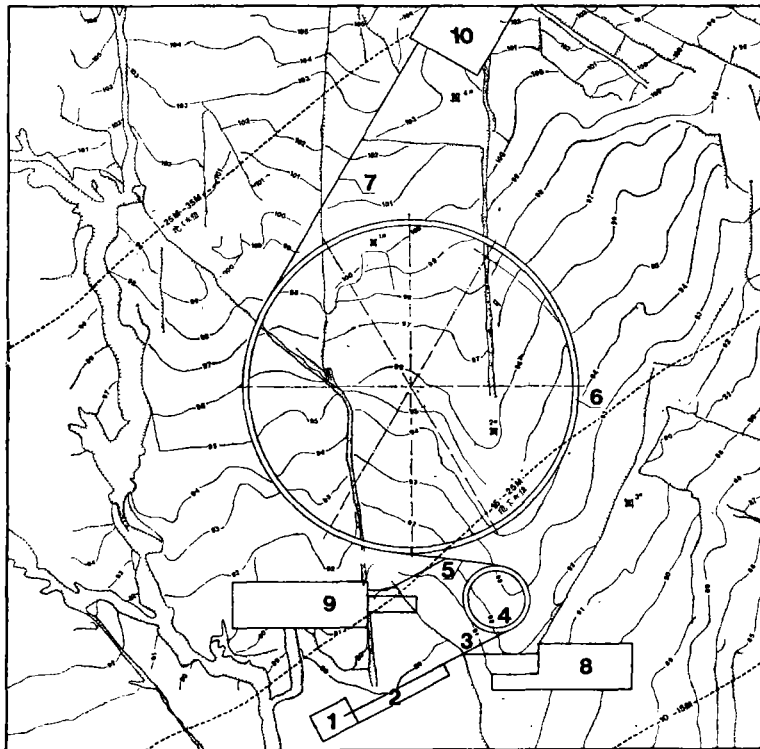
不高于 8 微雷姆/小时,相应的限制浓度约为 8×10^{-3} 微微居里/厘米³。(较为细致些的推算值为 5×10^{-3} 微微居里/厘米³^[15])。由表 1 可见,建议用于 BPS 的这个限制浓度值,是迄今世界上所提出的数据中最低的。

放射性物质在居民饮水中的限制浓度值(根据中国“放射防护规定”中的规定)列于表 8 第五栏。

三、场址情况

北京高能物理实验中心场址情况如图 1 所示。除它的地势情况(这对屏蔽方面的考虑很重要)外,地下水、地表水的情况、气候条件及周围居民点分布等情况,对估价环境的辐射生态学方面的影响也有重要的意义。

1. 地势 如图 2 所示, BPS 所在地区的坡度大约为 1—1.5%, 北高南低, 水平差 8—9 米。地下水位标高在主环南端是 77 米。从防护的角度看, 把主环隧道的地面标高放在约 84 米(相应地, 束流线标高约 86 米)是合适的, 这样就提供了足够厚的土层以保护地下水不被活化。同时, 放在这样的标高上可使北面开挖的土差不多等于直线加速器、增强器和主环南端屏蔽所需的土方量, 这样一来, 主环基础的深度仅在目前地面水平以下几米。这种选择主环标高的考虑, 旨在提供一种以土当作主要屏蔽材料的很经济的屏蔽设计。



1	予注入器
2	直线加速器
3	第一段中能输运线
4	增强器
5	第二段中能输运线
6	主加速器
7	高能输运线
8	应用研究厅
9	物理实验研究厅
10	计数器实验厅

图 2 加速器布局及水文地貌图

这种方式的屏蔽设计可以做到使离主环中心 0.8 公里以外的杂散辐射水平低于 20 毫雷姆/年。把杂散辐射降到这样低的水平所需的屏蔽设计,将在另一篇文章中讨论。拟沿去长城八达岭的公路(距主环中心约 0.8 公里)、沿去北大(分校)的马路(距主环中心约 1 公里)设置高能中心的围墙。围墙以北、以西,即该公路以北、马路以西,划作辐射监测区;在辐射监测区内一些辐射水平高的局部区域可划作辐射控制区。其它地方,即围墙以南、以东,以及在主环西部和北部离中心约 1 公里以外的区域,则没有任何因放射性构成的限制。

根据下节要提到的理由,加速器建筑物的基础和渗水疏水管的最低标高不应低于 82 米。

2. 水位 场址的土地现在用于农业。平均降雨量约为 600 毫米/年,在 300—1000 毫米/年范围内波动。降雨主要集中在 7 月至 9 月间。在环周围钻孔勘探土层、岩石的情况表明,地下没有不透水层。雨水渗入土地并逐渐下降到地面以下 15 米至 22 米之间,与水位标高约 77 米至 78 米间的地下水相遇(这层地下水为附近居民饮用水水源)。

根据这种情况,加速器初级束流隧道基础周围最好设有有效的疏水管沟,使流经隧道附近的水被收集起来,经过地面上的排出水监测站再排出。这就防止了这种渗透水与用作当地饮用水水源的地下水直接混合。下面要提到,虽然这种水中预期的放射性浓度远低于饮用水的限制浓度,但把它同地下水分开并在进行监测,将是一项很好的措施。

考虑到这儿土壤在一年中的大部分时间是非常干燥的,土壤中生成的放射性物质主要是在雨季里被渗进的雨水冲刷下来。所以在后面的计算中有理由假设,土壤中的放射性是由加速器在全年运行(6000 小时)中产生的,然后在一周至一个月的期间里冲刷下来。

3. 气象条件 炎夏(平均最高气温 31°C)和寒冬(平均最低气温 -9°C)使大气作有规律的交替变化。如图 1 中风向玫瑰所示,主风向是西北和东南。西北方向上,两公里内没有民房。东南方向上,实验中心的居民区在 1 公里以外,此方向上,排入空气的放射性气体以年平均 45° 角的张角向外扩散。根据 Vogt 的分类,在这样的风向条件下,可能性最大的大气扩散稳定性等级是 D 级。该地区年地面平均风速约 3 米/秒。

四、照射途径和主要危险

现有的高能加速器已表明,对于放射性物质向空气中的排放,所有照射途径中只有来自放射性气体云的 β 辐射和 γ 照射需作为关键照射途径考虑^[6,13]。实测的气溶胶浓度是很低的,其造成的内照射比来自于放射性气体的浸没剂量低几个数量级。加速器产生的放射性气体只包含一些短寿命的同位素,所以这些放射性物质不可能进入食物链。进入肺中的放射性气体或进入血中的 ^{15}O 所造成的内照射比该放射性气体造成的外照射低得多。因此,我们只需估价外照射,即由于人浸没于放射性气体云中所接受到的剂量。

对于放射性物质向水中排放所造成的照射,要考虑两个来源:

1. 在加速器隧道外被活化了的水,或流经隧道周围已被活化了的土壤而含有放射性物质的水。这种活化是由穿出隧道混凝土结构的杂散辐射引起的。

2. 由冷却水系统排出的水, 或个别情况下实验室中开放性的放射性湿操作排出的放射性水。这项来源须控制在允许的总排放限额以下。这只需适当的投资就可以办到。办法是用一些罐子把水储存起来, 或者当作固体废物处理。对废水问题的解决办法将有另外的报告。

土壤中产生的核素种类, 取决于土壤的元素成份。这些放射性物质有可能进入水源中。因而, 正如前面提到的, 在水排走之前, 对于来自加速器及初级束流周围区域的下水道中的水进行监测, 是个很有效的实际措施, 主环附近现成的四口水井(图 2)可用于地下水的监测。

五、结 果

1. 杂散辐射引起的居民剂量的估算

计算表明^[7], 设高能物理实验中心围墙(离主环中心约 800 米)处, 杂散辐射的剂量率为 $H_0 = 20$ 毫雷姆/年, 由于杂散辐射引起的居民剂量将是 34 人·雷姆/年。这个剂量值的 99% 分布于以主环中心为原点, 半径 3 公里的区域内(人口密度 464 人/公里²)其 80% 集中分布于实验中心本身的职工生活区, 这是因为该生活区设计得离主环相当近, 又有众多的人口(按 5000 人计算)。如果该生活区能移到离环中心两公里的地方(现在是 1.2 公里), 那么居民剂量将大幅度地降至 10 人·雷姆/年^[7]。

要估算初级束流隧道内产生的空气放射性总量, 需知隧道内质子的相互作用率。在设计的前期阶段, 假设束流损失比较高是偏安全的。经验表明, 加速器运行良好时, 束流损失可以很低, 而流强还可以超过原设计。例如 CERN 的 SPS, 预期最终的流强将是设计值的 2—3 倍, 然而引出处的束流损失却非常小, 只有设计值的 1/2—1/3。所以束流损失的绝对值并不随流强增加而增加。

基于以上经验, 并征得 BPS 加速器设计部门的赞同, 我们设 BPS 主环束流损失如下:

慢引出	3%
快引出	1%
束流捕集和束流刮集	10%
沿环随机损失	3%
内靶	3%

计算表明^[5], 当束流损失为流强 2.5×10^{12} 质子/秒的 20% 时, 隧道内空气中的高能粒子的平均通量密度大约是 6×10^5 粒子/厘米²·秒。这些高能粒子的能谱很宽, 放射性核素产额可以用平均通量密度和平均作用截面来估算。表 2 列出了隧道空气中产生的各种放射性核素的饱和值。

为了估算放射性气体的排放, 需对辐照时间 T , 衰变时间 t 作些假设。由于所产生的主要是短寿命核素, 很明显, 若空调系统是密闭的, 只在每次打算让人进入隧道时才向外排气, 那么每年向大气中排放的放射性总量将急剧减少。如采用这种方式, 并且假定每周只进入隧道一次, 计算得的排放量列于表 3 第 2 栏中。

现有的高能加速器的换气次数在每小时 1—4 次之间。如果每小时换气两次, 且衰变

表 2

核 素	单位通量密度时空气中产生的饱和放射性浓度微微居里/厘米 ³	BPS 主环隧道空气中的饱和放射性浓度微微居里/厘米 ³
³ H	4.2×10^{-5}	25
⁷ Be	1.3×10^{-5}	8
¹¹ C	1.3×10^{-5}	8
¹³ N	3.7×10^{-5}	22
¹⁵ O	1.8×10^{-5}	11
⁴¹ Ar	2.0×10^{-5}	12
总的饱和放射性浓度		86

单位高能粒子通量密度时及 BPS 隧道内平均高能粒子通量 6×10^5 质子/秒·厘米²时在空气中产生的不同核素的饱和放射性浓度(计算时假定每个高能粒子伴有 10 个热中子, 2 个 γ 光子; 照射时间 $T = \infty$, 衰变时间 $t = 0$)。

表 3

核 素	全 年 排 放 量 (居 里)			
	$T = 1$ 周 $t = 0$	$T = 30$ 分 $t = 0$	$T = 30$ 分 $t = 5$ 分	$T = 30$ 分 $t = 20$ 分
³ H	0.013	0.013	0.013	0.013
⁷ Be	0.37	0.37	0.37	0.37
¹¹ C	4.0	840	720	444
¹³ N	10.8	3360	2400	840
¹⁵ O	5.5	1800	348	2.4
⁴¹ Ar	6.0	384	372	360
总放射量	27	6384	3840	1647

对于各种照射时间 T , 衰变时间 t 时, 从 BPS 主环隧道向大气中排出的放射性, (计算时假定, 主环内 50 GeV 能量的初级粒子的束流损失率为 5×10^{11} PPS; 隧道有效空间 $V = 1.4 \times 10^4$ 米³, 每年按 6000 小时或 35 周运行考虑)。

时间为零, 则排放量将如表 3 第 3 栏所示。

然而, 也可以这样来设计通风系统, 即让排气口远离主要的束流损失点(如慢引出、束流清除器等), 以使大量的放射性在排出前有 5—20 分钟的衰变时间, 这种情形下排放量的估算列于表 3 的第 4、5 栏中。

为了估算空气排放对环境的影响, 需要知道排放点位置和有效排放高度。如 SPS 的经验已表明的, 以 10 米/秒或更高一点的速度垂直向上喷出欲排的气体是比较容易做到的。这样, 空气喷出后能达到 50—60 米的有效高度。Rindi 给出了烟囱有效高度为 10—60 米, 在风速为 1 米/秒及单向排放条件下的扩散参数(图 3)。因为 BPS 地区的平均风速是 3 米/秒, 风向在东南张 45° 扇形角, 在西北为 15° , 相应的扩散参数值至少减小到图 3 所示值的 $1/3$ 。取放射性排放量如表 4 所列的数值, 我们可以计算出对于不同的排放条件, 在围墙边界或其他地点处的空气中放射性浓度及浸没剂量值。从表 5 可见, 对应于条件 3 (喷出高度 60 米, 风速 3 米/秒, 张角 45°) 及 $T = 30'$, $t = 5'$ 的情形, 在南围墙处及

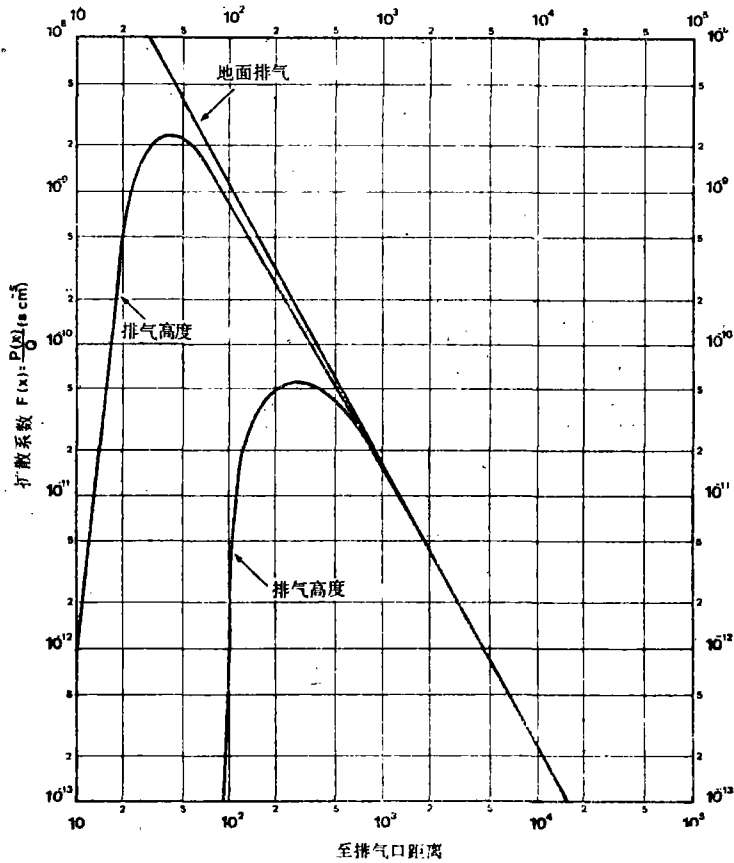


图 3 在风速为 1 米/秒情况下的空气扩散系数随排出口距离变化关系

表 4 在若干典型地点处的空气中放射性浓度及相应的浸没剂量

地 点	去长城的公路上主环中心以南 700 米				冲沟主环中心以东 400 米				去北大分校的马路上离主环中心 1000 米			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
排放条件 ¹⁾												
放射性物质排放量 ²⁾ 毫居里/秒	0.18	0.18	0.18	0.08	0.18	0.18	0.18	0.08	0.18	0.18	0.18	0.08
扩散系数 K, 10 ⁻¹² 秒/厘米 ³	30	30	10	10	80	50	17	17	15	15	5	5
放射性浓度 毫微微居里/厘米 ³	5.4	5.4	1.8	0.8	14	9.0	3.1	1.4	2.7	2.7	0.9	0.4
年剂量 ³⁾ /毫雷姆	33	11	11	4.8	84	54	19	8.4	16	16	5.4	2.4

1) 排放条件:

1. 按 Rindi 方法相应的条件是排放高度为 10 米, 单方向扩散, 风速为 1 米/秒。
2. 同 1, 但排放高度为 60 米。
3. 同 2, 但风速为 3 米/秒及风向有 45° 张角。

2) 0.18, 0.08 毫居里/秒的放射性排放量是分别对应于 (T=30 分, t=5 分) 和 (T=30 分, t=20 分) 的条件, 见表 3。

3) 按照 1 毫微微居里/厘米³ 的放射性浓度造成 6 毫雷姆/年的浸没剂量(按 1 年运行 6000 小时计算)。

去北大分校的马路上的剂量率分别为 11 毫雷姆/年及 5.4 毫雷姆/年。在最近的居民区(高能实验中心职工生活区),它离主环中心 1200 米,剂量率为 4 毫雷姆/年。

当用不同方法来估算向大气中排放的放射性量时,获得了同样的结果^[5]。表 4 综合了一些有代表性的地点,采取不同通风系统方案和不同的计算方法得到的浸没剂量的计算结果。

2. 土壤和地下水放射性的估算

为了估算在初级束流隧道周围土壤中产生的放射性和由于水的渗透所带走的放射性,需要估算射到混凝土结构外土壤上的中级辐射的量。Gabriel 等人^[16-18]估算了 3 GeV, 200 GeV 和 500 GeV 质子加速器周围土壤的放射性。他们计算时用的条件是,在壁厚 30 厘米混凝土外面包以土的隧道内有一个靶,全部辐射都可射到土壤中,(土壤成份见表 5),沿隧道剖面对不同深度中产生的放射性积分,可估算出对应于靶上每 kW 的束流作用,在土壤中产生的放射性总量(表 6)。由于放射性物质从土壤中的转移主要出现在雨季,7 月—9 月,因而短寿命的同位素可以不必考虑在内。所以,我们用这样的模型,即假设照射时间是一年,在放射性同位素进入饮水前有一个月的衰变,看来是合理的。根据 Gabriel 等人给出的计算值,每 kW 功率束流作用产生的放射性将会随能量的增加而减少(见表

表 5 土壤成分(按重量百分比)

元素	ORNL ^[16] 计算	FNAL ^[17] (主环位置)	CERN ^[18] (PS 地区)
H	1.2	—	1.8
C	3.3	6.0	—
O	55.0	64.0	51.0
Na	0.4	0.34	0.47
Mg	2.1	3.8	1.5
Al	5.5	2.4	5.1
Si	23	14.5	25.0
K	0.5	0.8	0.7
Ca	6.1	7.0	6.9
Fe	2.9	1.1	2.7
	100	100	100

表 6 初级束流隧道周围土壤(及混凝土)中所产生的总放射性的估算

质子能量 (GeV)	3	200	500
混凝土结构壳(厘米)	20	30	—
束流功率 (kW)	5	300	800
纵向积分的总放射性(居里)			
r: 122—152 厘米(混凝土)	185	3580	6750
152—183 (30 厘米土层)	33	400] 2250
183—244 (60 厘米土层)	22	260	
244—335 (90 厘米土层)	14	60	
335—457 (120 厘米土层)	4	20	
土壤中饱和放射性居里/kW	17	2.5	2.8

10^{13} PPS 的束流作用于隧道内的铅靶上。隧道内半径为 122 厘米,照射时间 $T = 25$ 年,冷却时间 $t = 1$ 月。

表 7 BPS 周围土壤中产生的核素的总放射性

核 素	半 衰 期 T _{1/2} (年)	T = 25 年 t = 1 月 居里/kW	T = 1 年 t = 1 月 居里/kW	T = 1 年 t = 1 月 4kW 的居里数
⁵⁵ Fe	2.7	1.9	0.43	1.7
³ H	12.3	4.2	0.231	0.93
²² Na	2.58	1.3	0.30	1.2
⁴⁵ Ca	0.45	0.35	0.27	1.1
⁵⁴ Mn	0.80	0.28	0.16	0.64
⁷ Be	0.15	0.65	0.65	2.6
⁵¹ Cr	0.076	0.07	0.07	0.28
⁴⁹ V	0.044	0.08	0.08	0.32

表 8 高能加速器周围渗滤水中放射性浓度的预计值 C

核素	土中放射性(相应于 4kW)(居里)	转移到水中的放射性(居里)	水中放射性浓度 C 居里/升	居民饮水的限制浓度 (MPC) _w 居里/升	C/(MPC) _w
⁵⁵ Fe	1.7	0.085	8.5×10^{-10}	2×10^{-8}	0.04
³ H	0.93	0.93	9.3×10^{-9}	3×10^{-7}	0.03
²² Na	1.2	0.06	6.0×10^{-10}	3×10^{-9}	0.2
⁴⁵ Ca	1.1	0.055	5.5×10^{-10}	3×10^{-9}	0.2
⁵⁴ Mn	0.64	0.03	3.0×10^{-10}	3×10^{-8}	0.01
⁷ Be	2.6	0.13	1.3×10^{-9}	5×10^{-7}	0.03
⁵¹ Cr	0.28	0.014	1.4×10^{-10}	5×10^{-7}	0.03
⁴⁹ V	0.32	0.016	1.6×10^{-10}	8×10^{-9}	0.02

6). BPS 质子能量为 50 GeV, 从表 6 列出的数据中, 我们可以假定, 相应于 1kW 功率的束流作用在土壤中产生的饱和总放射性为 10 居里(土壤成份见参考文献 [18]). 根据这个数值和隧道外边最主要的活化区中算得的放射性核素的分布情况^[18], 可以计算出在照射时间为 1 年、衰变时间为一个月条件下, 产生的放射性核素总量(列于表 7 中).

在表 8 中我们还给出了在下列条件下计算得的流出的渗滤水的比放射性.

(i) 在加速器的区域内(约 200,000 米²)降雨量是 100,000 米³/年.

(ii) 对除 ³H 外所有核素, 水与土壤间的离子平衡系数为 0.05 或更小.

上述离子平衡系数比大多数文献上给出的值要高得多. Hoyer^[19] 给出的值对 ²²Na 是 0.01, 而 Sullivan 算出的值是 0.02, Borak^[21] 对费米实验室 500 GeV 加速器周围土壤测得的值是 0.1—0.02.

表 8 第 5 栏给出了中国《放射防护规定》中对广大居民的水的放射性推定极限. 算出的地下水浓度中只有 ²²Na 和 ⁴⁵Ca 接近以上推定极限. 然而在评价危险时, 必须指出, 在以上估算中我们是假定了一个比较高的放射性产生率, 实际上初级束流粒子和次级粒子的大部分是被磁铁、加速器部件和周围屏蔽材料吸收了, 只有很小一部分是被土壤吸收的. 还有, 在计算中混凝土结构的厚度, 我们只取了 30 厘米. 此外, 我们也没有考虑进一步的稀释因子. 从拟议中的疏水系统, 水经过排水监测站向外排放时, 单单由于实验中心和居民区排出的生活污水的稀释作用, 就可以认为还有一个 5—20 的稀释因子. 因此

我们可以得出结论,从高能物理实验中心排出的水,放射性浓度最多只有广大居民饮用水限制浓度的十分之一。

六、结 论

可以看出, BPS 的运行对研究中心外环境的影响是异常小的。实际上屏蔽设计完全可以做到让杂散辐射在实验中心围墙以外的剂量率小于 20 毫雷姆/年。同样可做到,由放射性气体造成的浸没剂量小于 30 毫雷姆/年,即使在加速器所在位置也能小于这个值,如果从加速器初级束流区排出的空气有 10—15 米/秒的垂直向上的初速度的话。用于屏蔽初级束流的土中产生的放射性只有很少一部分进入疏水系统,这些溶解于水中的放射性会被雨水、实验中心用的冷却水,同样还有这个地区的生活污水所稀释。其结果,从高能实验中心排出的水的放射性浓度会远低于广大居民饮用水的限制浓度。

根据《高能物理实验中心工程设计简介》中介绍的资料, 50 GeV 北京质子同步加速器的设计运行,在采取了本报告中建议的防护措施后,不会出现任何影响环境的辐射安全问题。

我们感谢欧洲核子研究中心辐射防护室的同事们为准备本报告所作的有益的讨论,感谢中国科学院高能物理所、高能物理实验中心筹建处,及欧洲核子研究中心对我们这次合作给予的支持。

参 考 文 献

- [1] The Preliminary Design of the Beijing Proton Synchrotron (BPS), Academia Sinica, Beijing (1979).
- [2] 中华人民共和国国家标准《放射防护规定》, GBJ 8—74 (1974).
- [3] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26 (1977).
- [4] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 9 (1965), No. 77—95, Exposure of populations.
- [5] M. Höfert, Proc. 2ed Ind. Conf. on Accelerator Dosimetry and Experience, Stanford 1969 (SLAC, Stanford, 1970), p. 111.
- [6] K. Goebel, *CERN*, 79—09 (1979).
- [7] Liu Kuei-lin, *CERN*, HS-RP/TM/80-18.
- [8] J. E. Russel and R. M. Ryan, *IEEE*, Trans. Nucl. Sci., NS-12, 3(1965), 678.
- [9] A. Rindi, *CERN*, LABII-RA/72-5(1972).
- [10] A. Peetermans, *CERN* DI/HP/157(1972); A. Peetermans and J. Baarli, Proc. Symp. Environmental Surveillance around Nuclear Installations. Warsaw 1973 (IAEA-SM-180/10, Vienna, 1974), p. 433.
- [11] C. Yamaguchi, *Health Physics*, 29(1975), 393.
- [12] K. J. Vogt, Zentralabteilung für Strahlenschutz der KFA Jülich, 637 ST (1970).
- [13] R. H. Thomas, LBL-8101 (1978), also published as KEK-78-20(1978).
- [14] R. H. Thomas and A. Rindi, LBL-6169(1979).
- [15] Liu Kuei-lin, *CERN*, HS-RP/TM/80-21.
- [16] T. A. Gabriel, ORNL-RM, 3033(1970).
- [17] T. A. Gabriel, R. G. Alsmiller and J. Barish, ORNL-46-99(1971).
- [18] T. A. Gabriel and R. T. Santoro, ORNL-TM-3262(1970).

- [19] F. Hoyer, *Health Physics*, **23**(1972), 679.
[20] A. H. Sullivan, Int. Report, HS-71-104(1971).
[21] T. B. Borak et al., *Health Physics*, **23**(1972), 679.
[22] G. B. Stapleton and R. H. Thomas, *Health Physics*, **23**(1972), 689.

ASSESSMENT OF THE RADIOLOGICAL IMPACT OF THE 50 GeV BPS¹⁾ ON ITS ENVIRONMENT

K. GOEBEL

(CERN, Geneva Switzerland)

YE SI-ZONG ZHU YU-CHENG LIU GUI-LIN SHAO BEI-BEI XIAO TING-HAN

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

The site proposed for the construction of the 50 GeV Proton Synchrotron of the Academia Sinica near Beijing is close to residential areas and places with a high cultural and touristic value. The impact of the construction and operation of the accelerator on the environment and in particular the radiological impact is of prime concern to the authorities who licence and support the project. It is shown in the present report that the influence on the area outside the fence of the proposed site is indeed very small: the stray radiation level can be kept below 20 mrem/y outside the fence, and the radioactivity released in air will not, in the most exposed location outside the accelerator area, give rise to a submersion dose of more than 10mrem/y. Provided some precautions are taken. The release of activity by water will not result in activity concentrations of more than one tenth of the maximum permissible concentrations according to the legislation of the People's Republic of China. The estimations in this report have been based both on calculations and on experience with the CERN and other accelerators. The conclusions arrived at confirm that the radiological impact on the environment of high-energy accelerators of such beam powers (~20 kW) are insignificant.

1) Beijing Proton Synchrotron.