

原子能译丛

世界各国反应堆建造概况

3

1958

“原子能”編譯委員会編

科学出版社

目 录

美国原子能部門的工作状况.....	1
美国示范性原子核动力装置.....	9
有机減速剂反应堆的原子能发电站.....	39
功率为 18 万瓩的沸騰水反应堆原子能发电站	50
英国反应堆建造方面的工作.....	61
卡德尔豪尔.....	75
汉福特地区放射性废料的排除.....	99
原子站废热的利用.....	109
各国反应堆一覽表.....	113

重 要 启 事

为了使篇幅和出版日期不受期刊出版方式的限制,我社出版的各种譯报自 1959 年起改为論文集出版,由新华书店发行,希讀者随时留意新书汇报,及时向新华书店购閱为荷。

1958 年 9 月 30 日

美国原子能部門的工作状况*

美国 1956 年的矿石开采量为 300 万吨,据計算,美国鈾矿(产地主要位于西部各州)的总儲量大約有 6000 万吨。开采出的矿石由 12 个选矿厂进行加工,这些工厂也位于西部各州。这些工厂的每年的总生产率为 8000 吨二氧化鈾。为了扩大选矿厂的生产能力,计划在 1957 年—1958 年还有 8 座选矿厂建成和投入生产。上述数字只是指在美国国内开采的鈾矿而言。这里沒有包括从加拿大、比利时、南非联邦、澳大利亚和葡萄牙运入的矿石和精矿的数字。西方世界各国經一定时期俟計劃完成后(目前这一計劃还正在設計和执行中),据計算,二氧化鈾年总产量将增加到 3 万吨。

制取鈾和濃縮鈾是下一阶段的生产計劃。目前在華盛頓州的汉福脫(Хэнфорд),有 8 个石墨反应堆,在南加罗林納州的薩凡納河(Саванна-Ривер)有 5 个重水反应堆进行鈾的生产。这些企业設有生产释热元件及其化学加工的装置。其中包括从使用过的释热元件(由反应堆取出)中分离鈾的装置

进行濃縮鈾生产的有三个气体扩散工厂,它們分別設在:田納西州的橡树岭(Окридж);肯塔基州的巴都卡(Падьюка)和俄亥俄州的波尔茨慕特(Портсмут)。这里也有生产六氟化鈾的装置

原子能部門的科学研究工作和試驗設計工作正在美国各地区的許多實驗室中进行着。

美国目前执行的設計反应堆的計劃可以粗略地分成二部分:民用和軍用反应堆的設計。一部分計劃在某种程度上有其共同点;某些技术和結構問題既和第一个計劃有关,也和第二个計劃有关。

最卓越的成就之一就是在海軍中成功地使用“鳶鳶螺”(Наутилус)号原子潛水艇。这艘潛水艇从三年前第一次下水时起已航行了 9 万公里。

* 这篇文章是“原子能工程公司”(ИнтерньюкLEAR Co)的經理,巴烏爾斯(Ф. Н. Пауэрс)于 1957 年一月在巴黎原子能訓練班上向工业家們所作講演的节譯。

7/里以上。除此之外,目前正在建造或設計的还有 13 艘原子潛水艇、原子航空母艦和原子軍艦(輕巡洋艦),用以发射導彈。

美国陸軍部和原子能委員會(KAEC)正在共同执行設計不大的具有專門用途的反应堆的計劃,例如,在隔离区内生产电能的反应堆。第一个这样的反应堆——便于运输的軍用动力反应堆(或称之为 APPR 反应堆)——应在 1957 年建成。它的設計电功率为 1825 瓩。現在正进行着另一些設計更为完善的軍用反应堆的研究工作,其中包括一些不大的气体冷却反应堆,这些反应堆可以在高温下工作并能和气輪机一同使用。

美国陸軍部給养处拟定的一个計劃是很有意义的,这个計劃規定利用射綫来保藏或消毒食品。一个照射食品的专用反应堆应在 1958 年以前开始运转。

設計航空反应堆的計劃是为了在飞机制造业中实际利用核反应堆。这个計劃的詳細情况是保密的。

民用动力反应堆的設計計劃包括三个較小的計劃。第一个計劃規定进行九个不同类型的反应堆的試驗工作。(見表 1)

表 1 設計和建造試驗性动力反应堆的計劃

反 应 堆 类 型	反 应 堆 符 号	电功率 (仟瓦)	建成日期
压力水反应堆	PWR	60000	1957 年
沸騰反应堆	Borax-III	2000	1953 年
	Borax-IV	2000	1956 年
	EBWR	5000	1957 年
实验性鈾反应堆	SRE	7500	1957 年
快中子增殖反应堆	EBR-1	250	1950 年
	EBR-II	15000	1959 年
水均匀反应堆	HRE	—	1957 年
	LAPRE-I	—	1956 年
	LAPRE-II	—	1957 年
有机物減速的实验性反应堆	OMRE	—	1957 年
以液体鈾作燃料的实验性反应堆	LMFR	—	1959 年
实验性鈾反应堆	EPFR	—	—
实验性气冷反应堆	GCRE	—	1958 年

这个計劃的費用由国家支付。每一实验工作的目的在于設計一定结构的、公认为有发展前途的反应堆,而且值得对这种反应堆进行专门的研究。那怕是試驗性质的也行。一般认为,由于执行这一計劃的结果,反应堆的建造工艺将大大地完善,并使今后私人企业也能加入这一工作,最后着手設計,建造和出售动力反应堆及其设备。

第二个計劃——这就是設計公开的实验性动力反应堆的計劃。(見表 2)

表 2 公开实验性动力反应堆的設計和建造計劃
(原子能委员会同意作为談判基础的建議)

机 构 名 称	反 应 堆 类 型	电 功 率 (仟瓦)	預 定 建 成 日 期
美国原子电气公司,馬薩諸塞州 (Янки атомик електрик Ко, Массачусетс)	压力水反应堆	134000	1960年
内布拉斯加服务消费电力公司 (Консьюмерс паблич пауэр дистрикт, Небраска)	鈉-石墨反应堆	15000	1960年
动力反应堆发展公司, 密西根州, (Пауэр реактор девелопмент Ко, Мичиган)	快中子增殖反应堆	100000	1960年
楚加奇电力联合公司, 阿拉斯加州 (Чугач-электрик ассошиэйшн, Аляска) 和美国原子能发展公司 (Ньюклеар девелопмент корпорейшн оф Америка)	鈉重水反应堆	10000	1962年
毕卡城公司, 俄亥俄州, (Сити оф Пика, Огайо)	有机物減速剂反应堆	12500	1962年
乡村合作动力公司, 明尼苏达州 (Рурал ко-оператив пауэр ассошиэйшн, Миннесота)	沸騰反应堆	22000	1960年
沃尔威林电气公司, 密西根州, (Волверин електрик кооператив, Мичиган)	均匀水反应堆	10000	1959年
荷利俄克城公司, 馬薩諸塞州 (Сити оф Холиоук, Массачусетс)	气体冷却反应堆	15000	1961年
奥兰多公共事业委员会, 佛罗里达州 (Орландо ютилитиз комишн, Флорида)	液体金属燃料反应堆	25000—40000	1961年
佛罗里达大学	压力水反应堆	500	1959年

这里有很大一部分費用由非政府組織負担，这些組織自己出入建造为各自私有的反应堆装置。原子能委员会也給予这些組織以某些帮助，如帮助进行研究和試驗-設計工作。在这种情况下按道理也需要政府方面的財政援助，因为虽然反应堆装置将属私人所有，但按其性質來說，装置是用来公开研究反应堆的新工艺的實際采用問題的。

第三个計劃規定完全由私人企业在沒有政府方面的直接帮助下設計和建造动力反应堆。(見表3)

在政府計劃所規定設計和建造的實驗性动力反应堆中还包括一个压力水堆。“鸚鵡螺”号原子潛水艇用的反应堆曾起过試驗性装置的作用。这种类型电功率至少有6万瓩的大型装置应在1957年建成于宾夕凡尼亚州的希平港(Шиппингпорт)。該反应堆将属政府所有。反应堆以外的其他装置由将使用这个堆的“都奎森电灯”公司建造，并由該公司支付建造反应堆本身的費用：其分担部分为500万美元。

其次是沸騰反应堆。在进行过数次初步实验之后，即着手在阿拉崐国家实验室建造一个实验性沸騰反应堆(EBWR)，預定这个反应堆于1957年投入生产；其电功率为5000瓩*

表3 私人企业投資建造的原子核动力反应堆

公 司 名 称	反 应 堆 类 型	电功率 (仟瓦)	預定建成 日 期
联益爱迪生公司，伊利諾斯州 (Каммонуэлс Эдисон, Иллинойс)	設有兩級蒸汽发生迴路的沸騰反应堆(德勃斯登) 压力水反应堆	180000	1961年
紐約爱迪生公司(Консолидейтед Эдисон, Нью-Йорк)		140000	1960年
佛罗利达电力电灯公司(Флорида пауэр энд лайт Ко)(和其他二个佛罗利达公 用公司)		200000	1962年
通用电气公司和太平洋煤电气公司，加利 福尼亚州，(Дженерал электрик и Пасифик гэс энд электрэк)	沸水反应堆	3000	1958年
宾夕凡尼亚电力电灯公司，(Пенсильвания пауэр энд лайт Ко)	水均匀反应堆	150000	1962年

* 指今年达到的設計功率——原編者。

鈉石墨反应堆属于目前正在研究的第三类型反应堆。一个实验性鈉反应堆以 (SRE) 命名而著称的小型模式反应堆装置的建造工作将近结束。根据和“国际原子”公司 (北美航空公司分号) 签订的合同, 反应堆建造在加利福尼亚州。

第四类型是快中子增殖反应堆。第一个实验性增殖反应堆 (EBR-1) 建成于 1952 年, 在 1955 年由于在做一个实验时功率突然急增而遭毁坏。目前正在进行建造第二个实验性增殖反应堆 (EBR-2)。这个新建的反应堆应在 1958 年运转, 它的电功率为 15000 瓩。

第五类型的反应堆为均匀反应堆。第一个这种类型的实验性反应堆 (HRE-1), 在顺利地工作了二年后于 1954 年拆除。第二个实验性均匀反应堆 (HRE-2) 应于 1957 年运转。和在橡树岭 (Окридж) 进行工作的同时, 在洛斯阿拉莫斯 (Лос-Аламоский) 科学实验室中正进行着另几种类型的均匀堆的实验工作。其中一个著名的反应堆就是罗斯阿拉莫斯实验性动力反应堆 No. 1 (LAPRE-1)。

以有机物作减速剂的反应堆属于第六类型的反应堆。承建这个反应堆的也是“国际原子”公司。以有机物作减速剂的实验性反应堆 (OMRE) 应建造在爱达荷 (Айдахо) 州的国家反应堆试验站上。这种反应堆的主要优点就是它可在高温条件下工作而不需要在工作系统中造成高压状态, 且具有一般使用水的反应堆所固有的那些优点。预计, 这个反应堆 (OMRE) 将在 1957 年运转。

以液体金属作燃料的反应堆属于第七类型的反应堆。首先由勃罗克海文国家实验室 (Брукхейвенская национальная лаборатория) 负责设计这个堆。以液体金属作燃料的实验性反应堆 (LMFR) 的建造和使用归“巴伯柯克-维尔可克斯 (Бабкок энд Вилкоккс) 公司”负责。

以铀和天然铀的混合物作燃料的反应堆属于第八类型的反应堆。这个堆的设计对其他国家来说具有特别的意义, 因为它提供了设计一种经济而有效的反应堆的可能性, 在这种反应堆中不需用浓缩铀。

最后, 属于第九类型的反应堆是气体冷却反应堆。1956 年下半年美国原子能委员会和通用航空公司 (Аэроджет дженерал) 签订了一项设计和建造这一类型的实验性反应堆的合同。反应堆应建造在爱达

荷州的国家反应堆試驗站上。

属于反应堆建造方面的其他一些值得注意的工作有：研究天然铀重水反应堆动力利用的可能性和有关研究反应堆安全防护方面的实验，該实验以“SPERT”计划著名。在爱达荷州一个新的工程試驗用反应堆的建造工程即将完工。这个反应堆建成后将扩大材料照射实验基地，目前这个基地拥有一个材料試驗反应堆(MTR)。

最后，美国原子能委员会和船舶局共同进行设计的商船用反应堆具有特别的意义。第一艘原子商船用的反应堆由“巴柏柯克-维尔可克斯”公司负责设计。目前正在研究在第二艘和今后的一些原子輪船上使用完善的反应堆系统的途径问题。

公开的实验性动力反应堆的设计计划规定要设计和建造十个反应堆。“美国原子电力”公司(馬薩諸塞州)计划建造一个电功率为134000瓩的压力水反应堆。

“动力反应堆发展”公司(Пауэр реактор девелопмент Ко, 密西根州, 底特律)计划建造一个快中子增殖反应堆, 其电功率为十万瓩, 此种反应堆的效用较好, 但比之压力水反应堆则研究得较差些, 所以是否决定出资建造这个反应堆, 尚在争论中。

第三个公开的实验性反应堆由“内布拉斯加服务消费电力”公司的社会团体计划建造。建议建造一个电功率75000瓩的钠石墨反应堆。

其他七条建议规定建造一些不大的反应堆。建议建造下列几种类型的反应堆：1) 重水减速和钠冷却的反应堆；2) 气冷反应堆；3) 有机物减速剂反应堆；4) 液体金属燃料反应堆；5) 沸腾反应堆；6) 压力水反应堆；7) 均匀水反应堆。在上列各种反应堆中，沸腾堆建议建造在明尼苏达州(AM² 原子公司)；有机物减速剂反应堆——俄亥俄州(国际原子公司)和均匀反应堆——密西根州。这些反应堆现在很可能正处于较高级的设计阶段。

在完全由私人企业投资建造的一些反应堆中，至少有两个反应堆值得注意。

联益爱迪生公司(伊利诺斯州)和其他联益公司共同设计建造沸水反应堆。这个反应堆的电功率应为18万瓩。

爱迪生公司(紐約)计划建造一个功率为 14 万瓩的压力水反应堆, 承制者是“巴伯柯克-維尔可克斯”公司。

通用电气公司和太平洋煤气电气公司计划建造一个功率 3000 瓩的沸騰堆。反应堆規定建在加利福尼亚州, 其建成期限为 1957 年年底。

但是, 某些专家指出, 上类各类反应堆大部分仅仅是紙上的计划。

表 4 美国已建成的、建造中的和计划建造的核反应堆
(根据 1956 年 10 月 1 日前的情况)

	已拆 除的	已运 轉的	正在 建造 的	正在 設計 的	总 計
低 温 反 应 堆					
1. 研究和試驗用的反应堆有:					
a) 研究用反应堆——美国用	6	12	7	10	35
b) 研究用反应堆——国外用	—	1	—	10	11
B) 一般試驗用反应堆	—	1	1	2	4
r) 教学用反应堆	—	—	1	—	1
d) 专门試驗用反应堆	—	12	3	10	25
2. 臨界实验性装置和零功率反应堆(包括生产武器的 反应堆):					
a) 公开的	3	10	5	3	22
b) 未公开的	—	10	9	1	20
3. 生产性反应堆	—	13	—	—	13
总 計	9	59	27	36	131
高 温 动 力 反 应 堆					
4. 軍用模式堆和实验性反应堆:					
a) 公开的	—	2	4	2	8
b) 未公开的	1	1	2	4	8
5. 軍用各种规模的动力反应堆。	—	2	8	17	27
6. 民用实验性动力反应堆	4	4	5	4	17
7. 美国国内用工业动力反应堆	—	—	3	14	17
8. 国外用工业动力反应堆	—	—	—	6	6
总 計	5	9	22	47	83
反 应 堆 总 数	14	68	49	83	214

这些专家同时认为目前已面临着为积累有关建造和使用大型原子电站所必需进行的试验工作。曾经围绕着所谓“追求仟瓦”这一问题发生过争论。有一方确信，美国要建造一些设备容量超过苏联电站设备容量的原子发电站，以此来显示出自己的主导作用。但是原子能委员会却坚持自己的观点，并声称：九个各种类型的现代化实验性反应堆的设计计划将能获得大量的有关在经济上有利可图的原子电能获取方法的资料。

困难主要在于缺乏经济上应有的关注。利用煤和其他各种化学物燃料可以得到如此廉价的电能，以至原子燃料在最近将来不可能胜过普通燃料。这就意味着，在美国建造原子电站是一种赔本的事情，而看来，这种状况还将继续存在若干年。

但是，从发展远景看来，未来是属于原子能的，所以工业已经表现出强烈的愿望，要求发展原子能动力学。因之，目前有大量的资金投入原子能部门的事业。

译自 *Атомная техника* № 1, 5—10 (1957)

美国示范性原子核动力装置*

所发表的文章是在 1956 年 11 月举行的美国机械工程师协会年会上宣读的报告的概述。文章讨论了五种类型的原子核反应堆,这些反应堆已由美国原子能委员会 (AEC) 选出按照已拟定的建造示范性动力反应堆的大纲在美国领土上建造。

高浓集铀压力水反应堆

米尔恩 (G. R. Milne) 和瓦尔德 (F. R. Ward)**

纽约爱迪生公司 (Consolidated Edison Company of New York) 预定在纽约以北约 40 公里的哈得逊河东岸建造一个原子能发电站。用压力水冷却和再生核燃料的反应堆是用高浓集铀并利用铀作为原料生产二次核燃料的第一个工业装置 (图 1), 从反应堆引出的热量如不用附加的蒸汽过热能产生 14 万千瓦的电功率。

使用石油燃料的蒸汽过热器保证了提高了反应堆的电功率至 236000 瓩, 降低了单位装置功率的投资费用和减少了单位电功率所消耗的热量。预计在 1959 年秋季活性区将装入反应堆中, 1960 年 5 月开到全功率。表 1 列举没有蒸汽过热和有蒸汽过热的原子能发电站的计算指标。

已经研究了过热饱和蒸汽所获得的经济效果, 从反应堆出来进入汽轮机的蒸汽温度从 230°C 提高至 457, 538 和 565°C 。表 1 仅仅列举最经济的情况, 当蒸汽过热至 538°C 时的数据。由于过热器和蒸汽管道中的压力差, 汽轮机进口处的蒸汽压力从 27.5 降至 24.1 绝对大气压。

从表 1 看出, 过热可以把功率从 140000 千瓦提高至 236000 千瓦, 并把投资费用从仅用核燃料工作的发电站的 322 美元/瓩平均降低至

* Nuclear Power Plants, Mechanical Engineering 79 (3), 233 (1957).

** G. R. Milne, Mem ASME, Consolidated Edison Company, New York; and F. R. Ward, The Babcock and Wilcox Company, Atomic Energy Division, New York.

用核反应堆和石油燃料过热器的发电站的 233 美元/瓩。

过热引起的指标变化

提高的功率, 仟瓦

96000

增加的价值, 美元

10000000

1 仟瓦附加功率的投资费用, 美元/瓩

104

生产附加功率的热耗率, 大卡/瓩小时

1930

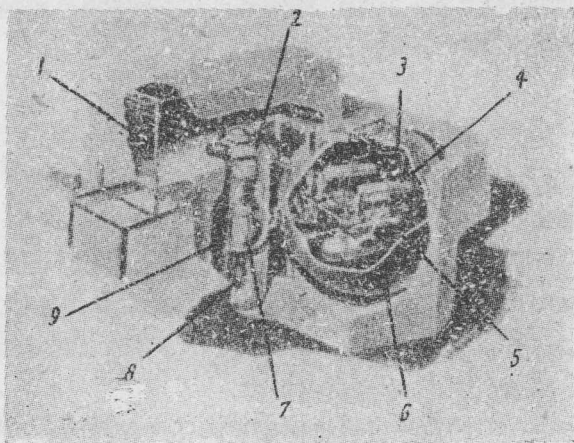


图 1. 印迪庞印脱 (Indian Point) 原子能发电站:

1——进行燃料操作用的吊车; 2——反应堆外壳; 3——至蒸汽过热器;
4——汽鼓; 5——蒸汽发生器; 6——屏蔽壳; 7——用浓集铀和钍的
反应堆; 8——调节棒的传动装置; 9——已用过燃料的贮藏室

表 1 印迪庞印脱原子能发电站的计算指标

指 标	方案 1——饱和蒸汽	方案 2——过热蒸汽
1	2	3
锅炉中的蒸汽压力, 相对大气压	28.5	28.5
汽轮机入口处的蒸汽压力, 绝对大气压	27.5	24.1
汽轮机入口处的蒸汽温度, °C	230	538
总电功率, 仟瓦	140000	236000
汽轮机的热耗率, 大卡/仟瓦小时	3250	2700
装置的总价值, 美元	45000000	55000000
1仟瓦装置功率的投资费用, 美元/仟瓦	322	233

每 年 費 用	总数, 万美元	分 / 厨 小 时
主要設備折旧費	743	0.485
燃料(核的和石油)	465	0.303
运行和修理	150	0.100
共 計	1358	0.888

自用电的供电

为了保証对发电站自用电不间断的供电, 这对反应堆装置是必要的, 設有三条饋电綫: 二条电压 138 仟伏的送电綫和由主汽輪发电机端来的第三条綫。此外, 为了保証在所有三条饋电綫故障时能保証供电給装置, 將設有事故饋电綫(可能, 来自小汽輪发电机)。

反应堆控制的特点

反应堆将这样調节, 以保証蒸发器中的蒸汽压力恒定不受汽輪机負荷的影响。这就能够在主回路中避免使用減压閥, 如果保持反应堆恒定的温度来进行調节就必须用減压閥。設計制定在半小时内可以把反应堆的負荷从 15% 增加至 100% 并可在同样時間內下降。

反应堆的結構

所設計的反应堆是热中子鈾轉化堆。起初它装载着浓集鈾; 用受压的普通水作为反应堆中的載热剂和慢化剂。

反应堆的活性区是高和直径大約各为 180 厘米的圓柱体。它由可更換的方形截面的释热元件形成, 每一释热元件由相互交替的并用載热剂隔开的燃料板和再生区板組成。活性区释热元件的总数超过 100。

燃料板由包在 zircaloy* 壳內的鈾鉍合金构成; 再生区板由具有同样外壳的鈾构成。

15 厘米的水层(反射层)从側面环绕着活性区, 整个再放在厚壁压力外壳中。設有鋼制的热屏蔽。利用部分的載热剂主流来冷却压力外壳和热屏蔽。

* 一种鉍合金

活性区空间有 55% 充满着水。活性区装载的燃料(燃料装载量)约为 8275 千克的钍和 275 千克的 U^{235} , 过量燃料足够补偿反应率各种不同的变化。

在正常条件下每分钟大约通过反应堆 450 立方米的冷却水。水经过四根连接管进入反应堆压力外壳的下部, 通过活性区并在外壳上部的四根连接管流出。外壳中大约保持 102 大气压的压力, 这足够防止活性区的沸腾。载热剂的温度不超过燃料板的最大容许表面温度 (315°C)。反应堆入口处水的温度平均是 248°C , 出口是 266°C 。

在工作周期初期热流量的平均强度当反应堆工作在全功率时约是 456700 大卡/米³小时。当钍板中热量释出时这个数值有些降低。因为更换的燃料板不会超过 1/3, 那么显然, 决不会超过这个热流量的初始值。

为了使反应堆能正常工作需要有过剩反应率(与纯净的冷活性区的反应率比较)以补偿以下效应: 1) 慢化剂(水)的加热, 2) 有毒的分裂产物的积累, 3) 损耗和较重同位素的形成, 4) 当停堆时短时的 Xe^{135} 中毒。这个过剩反应率被由硼钢制成的十字形状的 21 根调节棒所吸收, 每一根棒有单独的传动装置, 棒有效部分的长度约为 168 厘米。

正在研究利用外部传动和特殊密封的水力和电动机械执行机构的可能性。

反应堆外壳和屏蔽壳

反应堆外壳是直径约 3 米高 9 米的碳钢制成的圆柱体, 内壁用牌号 304 的不锈钢制成。

反应堆外壳垂直地安装在反应堆的屏蔽壳中。杯形支承把外壳支持在一定位置上并使外壳在加热时有可能膨胀。外壳将按照美国机械工程师协会制造锅炉和高压容器的标准来制造; 它的设计压力是 123 大气压温度是 287°C 。

屏蔽壳将充以已去除矿物的水, 它在反应堆外壳顶盖以上的厚度是 5.5 米。这个厚度保证反应堆正常工作时的防护并在更换释热元件时也将保护管理机械操作的工作人员。

第一載热剂回路

第一載热剂回路由四个起同等作用的部分組成，每一部分传给蒸汽系統四分之一活性区释出的总能量。每一部分包括蒸汽发生器，二个生产率为 57 米³/分的泵及相应的閘門，直径 610 毫米不銹鋼 (309 型) 制成的管道和二个为隔断本部分用的远距离控制的止动閘。上面已經指出，压力 102 大气压已去除矿物的普通水作为載热剂。

释热元件

释热元件是与 0.203 毫米厚的鈾板相互交替的 0.152 毫米厚的燃料板的装配件；它們之間有 0.254 毫米寬的水沟。每块板的寬度約为 63.5 毫米；二块板排成一行，以获得側边比板的双倍寬度稍許大些的方形截面。准确的尺寸和装配件总数与最后选择調节棒的地点有关。所有装配件具有相同的尺寸，以簡化反应堆的装載工作。

生物防护层

为了保护在厂房內和在蒸汽发生器主平台上工作的工作人員，环境反应堆的外壳和部分生产房間将安置厚达 180 厘米的普通水泥层。防护范围外的輻射水平在大多数地方不超过 2.5 微倫/时，在个别区段不超过 7.5 微倫/时。

在反应堆外壳上面将有厚約 6 米的水层。水层保护工作人員当反应堆工作时在吊車下的通道上不受中子輻射以及在更換燃料时不受 γ 輻射。

稍加浓集的氧化鈾压力水反应堆

里特 (G. A. Reed) 克萊根 (R. G. Creagan)

和伍德門 (W. C. Woodman)

美国楊子原子电气公司 (Yankee Atomic Electric Company) 計劃建造一个示范性的压力水动力反应堆，預定利用稍加浓集的氧化鈾

*G. A. Reed, Yankee Atomic Electric Company; R. G. Creagan, Westinghouse Electric Corporation; and W. C. Woodman, Stone and Webster Engineering Corporation.

