



粒子加速器和高能物理界关注的第15届国际高能加速器会议于去年7月20日—24日在德国汉堡召开。来自14个国家的大约500名代表参加了会议。会上发表了约400篇论

文,包括18份邀请报告和12篇综述文章。有54篇论文在会上进行了报告,其余则以张贴的方式分9个专题交流与研讨。表1列出了会议代表和论文的分布统计。

表1 代表与论文统计

国家	美国	西欧中心	德国	日本	俄国	乌克兰	亚美尼亚	中国	法国	意大利	英国	加拿大	罗马尼亚	韩国	总计
代表	139	51	122	59	75	4	6	7	4	5	3	9	5	3	492
大会报告	15	12	11	9	3		1	1	1			1			54
张贴论文	88	25	74	45	60	9	2	14	5	6	1	11	2	2	344
论文总计	103	37	85	54	63	9	3	15	6	6	1	12	2	2	398

出席会议的7名中国代表分别来自北京、合肥和台北。中国科大的两位代表出席了会议,在会上发表了四篇论文。合肥同步辐射光源(HESYRL)的优异性能在会上引人注目。高能所派出两位代表参加了会议,提交了7篇论文,并应邀在会上报告了北京正负电子对撞机(BEPC)的状况、性能和改进计划,赢得了各国代表的赞誉。大会组织委员会主席福斯(A. G. Voss)教授热情地称赞中国为这次会议增添了光彩。斯坦福直线加速器中心主任里克特(B. Richter)教授高兴地祝贺BEPC在 τ 轻子质量测定等方面的成果,期望双方的合作进一步加强。著名加速器专家海伦·爱德华(Helen Edward)博士十多年前就曾与许多中国访问学者共事,她回忆说,那时中国的高能加速器刚刚起步,而现在已和我们站在同一条起跑线上,真了不起!一位真空专家说,中国一定能在加速器和众多高技术领域取得成功,“我需要重新认识中国!”

世界需要了解中国,中国也需要研究世界。国际高能加速器的现状如何?今后的发展趋势怎样?我国加速器的发展战略应作什么考虑?下面,我们就这次会议作一个综述。

一、HERA——“世界第一”

尽管80年代建成的PEP和TRISTAN正负电子对撞机上都有电子-质子对撞的计划,但最终都未能实行。因而,世界第一台电子-质子对撞机的荣誉就为HERA获得。

HERA计划于1984年获准建造。在短短六年内,DESY实验室建造了质子注入器,改造了电子注入器,并将正负电

子对撞机PETRA改建为14GeV(e^\pm)和40GeV(p)的电子-质子储存环,最后建成了周长为6.3公里的电子(30GeV)-质子(820GeV)对撞机,在1991年实现对撞,去年6月份起提供物理实验。十多个国家的科学家和工程师参加了HERA的建设,中国在H⁻直线加速器、DESY III高频系统、磁铁测量、真空、辐射防护、低温工程和失超保护等方面作出了重要贡献。

HERA目前的峰值亮度为 $6 \times 10^{28} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, 距离设计指标 $1 \times 10^{31} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 尚远。在提高亮度、改进性能的同时,一大批物理学家正聚集在HERA上的两个大型探测器H1和ZEUS旁,用这个被称为研究物质最小微粒的超级“电子显微镜”来进行其独特的高能物理实验。

二、环型正负电子对撞机——精彩纷呈

世界上目前正在运行的五台环型正负电子对撞机LEP、TRISTAN、CESR、DORIS和BEPC都在这次会议上亮相了,其精彩之处是亮度和性能竞相提高。表2列出了它们的情况。

从表中可见, BEPC在低于优化能量2.8GeV和未采取设计以外的措施的情况下,亮度就达到了 $8 \times 10^{30} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, 下一步采用单点对撞和Mini- β 技术,亮度将达到 $3 \times 10^{31} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, 在其所工作能区的领先地位。将更加巩固。

俄国是世界上最早研制正负电子对撞机的国家之一,会上新西伯利亚研究所报告了他们的情况(表3)。

显然,表3列出的机器之性能,较之表2所列要低一个层

表2 正在运行的环型正负电子对撞机

机器	LEP	TRISTAN	CESR	DORIS III	BEPC	
国家	西欧	日本	美国	德国	中国	
能量 (GeV)	46	30	5.3	5.3	1.55—2.2	
物理	Z ⁰ , W [±]	?	B	B	τ/c	
周长 (m)	26659	3018	768	288	240	
β*(cm)	5	4	1.77	3	8.5	
束流寿命 (hrs.)	~5	3—4	~3	2—3	8—10	
峰值亮度 (10 ³⁰ cm ⁻² s ⁻¹)	6	45	250	13	8.2	
提高亮度措施	已采用	Mini-β 工作点优化	Mini-β	Mini-β 单点对撞 N _b = 2 → 7	Mini-β	Low-β 发射度控制 工作点扫描
	将采用	N _b = 4 → 8 E ↑ 90 GeV	→ B 工厂	N _b = 7 → 14		E ↑, Mini-β 发射度控制 单点对撞

表3 俄国的正负电子对撞机

机器	VEPP-1	VEPP-2	VEPP-2M	VEPP-4	VEPP-4M
建造时间	1965—67	1967—70	1971—75	1975—80	1987—90
能量 (GeV)	0.16	0.7	0.7	5.5	5.5
峰值亮度 (cm ⁻² s ⁻¹)	3 × 10 ²⁷	2 × 10 ²⁸	2 × 10 ²⁸	?	6 × 10 ²⁹
现状	停止	改造 →	运行	改造 →	运行

次。尽管他们有将 VEPP-4M 亮度提高到 $5 \times 10^{31} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的打算和下面将讨论的粒子工厂和线型对撞机的计划,但由于政治、经济和技术的因素,俄国代表在会上普遍表示悲观,给人以“无可奈何花落去”的感觉。

三、各种粒子工厂(计划)——雨后春笋

在目前工作能区的粒子发现和丰富物理的春雨滋润下,亮度比现有加速器高 2—3 个量级的正负电子对撞机——粒子工厂的计划如春笋出现。

Φ 粒子工厂,有意大利 Frascati、俄国新西伯利亚、美国加州大学 UCLA 和日本 KEK-Φ 等方案,前两个在这次会议上已有报告。这些方案中束流能量均为 510 MeV,设计亮度为 $10^{32}—10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。其中意大利的 DAΦNE 已获批准,它采用直线加速器—积累环—储存环的布局,目前正在建造中,预计 1995 年底建成。

τ/粲粒子工厂,会议上公布了三个方案: CERN—西班牙,俄国 JINR (杜布纳)和 ITEP (莫斯科),能量为 1.5—2.5 GeV,亮度为 $1 \times 10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$,采用双环单点对撞,周长为 330—380 m。目前尚无一家得到政府批准,即使呼声较高的 CERN—西班牙计划中,也没有提及预期建成时间。

B 粒子工厂有 CESR (美国)、KEK-B (日本)、PEP-II (美国)、HELENA (德国)和新西伯利亚(俄国)五个方案。由于物理的要求,均采用能量不对称方案:高能环(电

子)为 7—9 GeV,低能环(正电子)为 3—4 GeV。为了避免束流斜撞引起的纵向与横向运动共振,有三个方案中采用了 crab 交叉技术。

粒子工厂对加速器物理和技术提出了一系列挑战,包括多束团效应、寄生束团对撞、束团长度控制、离子俘获、束流寿命、对撞区束流分开、本底干扰问题等等。再加上经费上的挑战,使得多数粒子工厂之“笋”未必最终成“竹”。但可以相信,每一类粒子工厂中,将会有一、二家在本世纪内问世。

四、线型对撞机——五彩缤纷

环型正负电子对撞机向更高能区发展遇到了同步辐射能量损失随束流四次方增长的困难,因而线型对撞机作为下一代高能加速器就应运而生。现在,世界上已有一台在运行,又有五台更大的在设计中,它们各有特点,加上物理和各部件的大量研究,可谓五彩缤纷。这次会议上关于线型对撞机的大量报告有 2 篇,综述报告 4 篇,其它大会报告 9 篇,张贴论文 59 篇。表 4 列出了六台线型对撞机的主要参量。

SLC 通过提高流强 ($2 \times 10^{10} \rightarrow 3 \times 10^{10}$)、提高重复频率 (60 Hz → 120 Hz),减小束团尺寸,亮度比 1991 年提高 1 倍,并用极化束对撞, Z 粒子产额增加到每星期 1000 个。DLC、JLC、NLC 和 VLEPP 都采用常规微波技术,其中 DLC 工作在 S 波段,其余三个为 X 波段。CLIC 是一台双束加速器,它利用感应直线加速器产生的低能驱动束通过多级波荡

表4 线型对撞机

机器	美国 SLC	德国 DLC	日本 JLC	美国 NLC	俄国 VLEPP	西欧中心 CLIC	国际 TESLA
能量 (GeV)	2×50	2×250	2×250	2×250	2×250	2×250	2×250
亮度 ($10^{31}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	0.0002	4.2/2.2	2.4	6	12	0.8	5
工作频率 (GHz)	2.856	2.856	11.4	11.4	14	30	1.3
重复频率 (Hz)	120	50	150	180	300	1700	10
每束团粒子 (10^{10})	3	0.7/2.2	1.3	0.65	20	0.6	5.1
加速梯度 (MV/m)	17	17	25.3	37.6	96	80	25
总长度 (km)	5	30	19	14	6.4	6.25	20
总功耗 (MW)		112/145	54.6	152.3	91	9	137
束团长度 (μm)	1000	260 500	150	100	750	200	1000
束团截面 $\sigma_x \times \sigma_y$ (r.m.^2)	1.7×1.4	$165 \times 5.5 / 316 \times 40$	335×4.5	300×3	2000×4	90×8	636×101

器产生 30GHz 的自由电子激光加速主束流。作为国际合作的 TESLA 则是一台超导线型对撞机。

为了研究获取高流强小发射度束流的可行性,日本 KEK 将从 1993 年起建造一台能量为 1.54GeV 的阻尼环,SLAC 则提出了建造一台 0.54—1.28GeV 的试验加速器 NLCTA 的计划,采用 50—100MW 的速调管,要求加速梯度达 50—100MV/m。各国在加速器物理和技术上作了大量研究,包括尾场效应、束-束作用等物理问题和诸多关键技术,KEK 正在研制激光触发光阴极高频电子枪,流强达到 3.5×10^{12} 电子/ μs 。SLAC 正在研制 S 波段 150MW 速调管,并研制了用于 X 波段的能量倍增器 SLED-II,功率增益可达 4—5。在毫微米束流测量方面,KEK 发展了一台利用激光与束流康普顿散射来测量束斑尺寸的装置,误差为 2—9nm;法国则采用脉冲气体靶和多通道板阵列来测量。

下一代线型对撞机目前仍处于部件和关键技术研究阶段,要变成现实则是下一个世纪初的事。

五、强子对撞机——努力奋斗

在目前和近期的能区内,强子在环型加速器中的同步辐射损失仍然是不重要的,因而强子对撞机依然采用常规的环型加速器技术。但偏转高能束流需要强大的积分场强,使加速器造价十分昂贵。在这次会议前一个月,美国众议院以 232 票对 181 票否决了预算为 83 亿美元的超导超级对撞机 SSC 计划,给强子对撞机的发展笼罩了一片乌云。经过一番努力奋斗,在 SSC 报告的前一天,又传来参议院支持 SSC 计划的消息,会上才舒了一口气。

目前世界上有一台强子对撞机在运行,有四台在建造中,

都应邀在这次大会上作了进展报告。表 5 是这些机器的简介。

TEVATRON 对 FNAL400GeV 质子加速器进行改进,于 1985 年完成的,玩仍雄心勃勃地要在 SSC 的时代占一席之地,目标是寻找 t 夸克。现已改进了分离器和反质子,期待亮度提高到 $5.7 \times 10^{30}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$;将直线加速器能量提高到 400MeV,使亮度再增一倍,最后在 1997 年建成一台 120GeV 的新注入器将亮度提高到 $5.7 \times 10^{31}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。

UNK 的计划实施已有多多年,但进展缓慢,作为注入器的 UNK-1 的磁铁和高频腔只完成一半,人们对会上公布的 1996 年建成不感到乐观。

LHC 的指标受现有 LEP 隧道周长的限制,其最高场强 10T 具有冒险性,亮度也是诸方案中最高的。但在会上公布它们的二合一结构的超导磁铁在 1.9K 下场强达 9T,性能与单一结构的磁铁一样好,从而给人们增添了信心。

SSC 的方案相对比较稳妥保守,会上报告的 BNL 和 FNAL 为 SSC 做的 6.7T 的超导磁铁均达到了指标。但 SSC 从头开始工作量很大,会上公布的计划是,1994 年完成 600MeV 直线加速器,1995 年完成 12GeV 低能增强器,1996 年建成 200GeV 中能增强器,1998 年建成 2TeV 高能增强器,最后在 1999 年建成探测器和主环 SSC,并开始物理实验。

RHIC 作为一台相对论性重离子对撞机,其优势在于重离子物理,它可以加速从质子一直到原子量为 200 的金离子并使之对撞,作为其注入器的 AGS 复合体已完成改造,增建了一台 1.2GeV 的增强器,使 AGS 的空间电荷限提高。现 RHIC 的磁铁已批量生产,整个工程可望在 1997 年完成。

表5 强子对撞机

机器	美国 TEVATRON	俄国 UNK	西欧中心 LHC			美国 SSC	美国 RHIC	
周长 (km)	6.3	20.8	26.7			87	3.833	
对撞粒子	$p-\bar{p}$	$p-p$	$p-p$	$p-e$	$p_b^+-p_b^+$	$p-p$	$p-p$	Au^+-Au^+
能量 (TeV)	2×1	2×3	2×7.7	1.36	2×0.63	2×20	2×0.25	2×0.1 TeV/u
亮度 ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	2×10^{30}	1×10^{33}	1.6×10^{34}	2.8×10^{32}	1.8×10^{27}	1×10^{33}	1.4×10^{31}	2×10^{24}
最高偏转 场强 (T)	4.4	5	10			6.762	3.5	
建成时间	1985	1996	1998			1999	1997	

六、强流加速器——进展顺利

美国的 CEBAF 即连续电子束加速器装置自 1987 年开始建造, 去年已是其第五个年头。CEBAF 采用两台强流超导直线加速器给电子束能量, 返航五次得到能量为 4GeV、流强 200 μA 的高性能(发射度为 $2\times 10^{-9}\text{m}\cdot\text{rad}$, 能散度 2.5×10^{-3}) 的电子束, 输送到三个实验站打靶进行核物理和粒子物理研究。现 45MeV 的注入器已工作 3000 余小时, 一台超导直线加速器和东返航线已安装完毕, 即将开始调束。整个装置计划在 1993 年底建成, 1994 年底达到设计指标。

K 介子工厂是一种束流在 K 中的强流奇夸克源, 它要产生比目前的加速器高 1-2 个量级的 K 介子和其它强子、中微子, 以便研究稀有的 K 介子衰变等。世界上的 K 介子工厂方案有加拿大的 TRIUMF, 意大利的 EHF, 俄国的 INR-K, 美国的 LAMPF, 日本的 KEK-K, 美国的 AGS 和 FNAL 等, 工作方式是采用 12-60GeV 的强流质子束打静止靶。曾经拟建的北京质子同步加速器也是这个能区。这次会上加拿大 TRIUMF 的进展报告引起人们很大兴趣。束流从一台 452 MeV、100 μA 的 H^- 回旋加速器注入到积累环, 再送到一台增强器加速到 3GeV, 输入一台直流收集环, 并进到一台驱动环加速至 30GeV, 最后在扩展环慢引出。由于中间环节的积累、收集, TRIUMF 能提供 30GeV、100 μA 的准连续束。整个工程将耗资 7.08 亿加元, 现已从加拿大政府和英联邦各得其 1/3, 另外 1/3 争取从国际合作获得, 期望今年 4 月开始建造。

在重离子加速器方面, 德国的 GSI 1989 年建成的 1-2GeV/u 同步加速器 SIS 和 1990 年建成的 3-830 MeV/u 储存环 ESR 的情况在会上作了报告。ESR 采用电子冷却技术, 获得了高亮度的重离子束。

七、同步辐射光源——前途无量

同步辐射开初是作为电子同步加速器的有害产品而加以研究的, 现在已成为一种有着广泛应用的高性能光。而同步辐射光源也成为一类前途无量的加速器, 在这次会议上得到特别的重视。

同步辐射光源通常有两个工作能区, 一个是真空紫外/软 X 光, 相应束流能量为 1-2.5GeV; 另一个是硬 X 光源, 束流能量 5-8GeV。

目前, 世界上有 30 台同步辐射光源正在运行, 有 16 台在

建造中, 还有 13 台在设计阶段, 分布在 15 个国家的 41 个实验室里。

如果把电子同步加速器算作第 0 代同步辐射光源的话, 那么为高能物理建造的储存环可看成第一代光源, 有 14 台在运行, 2 台在建造, 光源亮度为 $10^{19}-10^{20}$ (单位为光子/(秒· $\text{mm}^2\cdot\text{mrad}^2$)) 0.1% 带宽, 下同。这类光源的优势在于能量较高, 目前运行的硬 X 光源如德国的 DORIS III、美国的 CESR 和俄国的 VEPP-4M 等都属于这一类。BEPC 虽然就其性能可与第二代光源相媲美, 但从运行时间分配看, 仍属于第一代之列。第二代光源是同步辐射专用储存环, 有 12 台在运行, 5 台在建造中, 亮度 $10^{17}-10^{18}$ 。美国的 NSRS 和日本的光子工厂, 流强达 200-300mA, 各有数十条光束线在其上使用。中国的 HESYRL 流强也达到 300mA。第三代光源则以注入元件为主, 束流发射度更小, 亮度为 $10^{17}-10^{19}$, 现只有一台在运行, 即法国的 SUPER-ACO; 有 12 台在建造中, 其中有 3 台在硬 X 光能区, 还有计划在今年底建成的中国台北 1.3GeV 同步光源 SRRC。利用现有的正电子注入器, 在 BEPC 一侧建造一台 1.5GeV 光源的计划引起会议的重视。人们把超低发射度 ($\sim 10^{-10}\text{m}\cdot\text{rad}$) 束流, 能产生接近短波长衍射限的辐射, 或优化于自由电子激光的直线加速器或储存环称为第四代同步辐射光源。目前最有希望成为第一批第四代光源的是美国和日本行将退役的正电子对撞机 PEP 和 TRISTAN, 但这两台机器也有可能被改作 B 粒子工厂。无论作何种选择, 同步辐射光源迅速发展的前景是确定无疑的。下面是会上列举的同步辐射研究的前沿:

——X 光显微术/全息术 ($<10^{-12}$ 秒)

——核共振散射 ($\Delta\lambda/\lambda\sim 10^{-12}$)

——结构研究(原子排列, 化学催化, 生物酶, 蛋白质结晶体, DNA, 等)

——时间相关($10^{-3}-10^{-12}$ 秒)的研究(肌肉收缩, 化学反应中间体, 等)

——环形极化 X 光(磁材料, 蛋白质空间螺旋特性, 生命起源, 等)

——环境研究, 等等。

八、加速器物理——四个方面

加速器物理渗透于各类加速器之中, 会上共发表论文 72 篇, 主要涉及四个方面: 非线性粒子动力学, 束流集体效应,

束束相互作用和极化束流。

非线性粒子动力学是一个“古老”的题目。传统的方法基于正则扰动理论,即假定系统在线性扰动下仍然可积,求出其不变面。这个理论在求解复杂的非线性系统特别是高阶解时遇到困难,大型计算机的出现为跟踪研究提供了手段。近年来,人们又发展了显式正则积分、台劳变换和李变换、微分变换等方法,在解析研究与数值处理上都有所突破。

束流在加速器中存在空间电荷效应和与环境的相互作用,产生频移、分布变化和不安定性。自60年代以来发展的一套用阻抗描述环境的特征,求解束流分布满足的符拉索夫方程的方法在解释纵向和横向不安定性方面取得成功,除束团拉长效应外,理论与实验观测结果符合甚好。在直线对撞机中的尾场效应和同步辐射光源与粒子工厂中的多束团效应方面,人们正在做深入研究。

束束相互作用的研究随对撞机的发展与改进深入进行。BEPc上的观测研究为束束作用补充了数据,在会上颇受注意。各环型正负电子对撞机的束束相互作用参量 ξ 的最大值不约而同地达到0.04。作为唯一运行中的质子-反质子对撞机,TEVATRON的 $\xi_{max} \sim 0.002$ 。在线型加速器中,束束作用引起的亮度增长、束致辐射、相干与非相干粒子对产生、强子喷射和本底问题,粒子工厂中的非零夹角对撞等研究都有进展。

在储存环中电子束自发极化的问题已经深入研究过,有人又采用李算子研究其非线性自旋动力学。会上还有采用整圈变换的方法用计算机跟踪粒子自旋的研究报道等等。极化束理论在SLC的极化正负电子束对撞、LEP用极化束方法测束流能量和HERA的极化度测量等方面得到成功的应用。

九、加速器技术——两个热点

加速器技术在与加速器本身的互相促进中发展。控制技术向高速度和高性能进展,控制规模增大但设备体积减小;束流反馈系统普遍采用,专家系统开始应用。束流测量的实时

性更好、灵敏度更高,如LEP的BPM可以测量每一束流的位置,它的同步光探头能实时显示束团的三维尺寸。线型对撞机中高梯度加速结构、微波功率源、强流小发射度电子枪和毫微米束截面和位置测量技术等都在发展。常规磁铁和电源的技术更加完善,性能和精度提高。HESYRL的控制系統、束流探头和电源稳定,BEPc的相对触发电源研究、特种磁铁、冲击磁铁、参考磁铁和能量稳定与测定,SRRC的磁铁测量等论文在会上发表,表明中国在加速器技术方面的迅速进展,受到会议的重视。

会议的热点有二,一曰超导磁铁,二曰超导腔。

超导磁铁。表6列出了会上报导的各台加速器上超导二极磁铁的情况。

这些磁铁都采用先进的超导技术,并在工业的批量生产中证明其性能(如HERA)。从测试和运行看,在4.5K下不需要很多老炼即能达到6-7T的磁场,失超和失超保护的问题已较好解决。在1.8K下工作的LHC铌钛(NbTi)超导磁铁已达到9T的磁场。而高临界温度超导材料在4.2K下则可达到更高的磁场,人们已开始考虑场强高达20T的超导磁铁。

超导腔。在1976年提出其概念以来,超导腔技术迅速发展。在1988-1991年第一批超导腔先后在TRISTAN、LEP和HERA等电子储存环和德国的S-DALINAC上使用。迄今为止,共有约200个超导腔在各类加速器上工作,这些腔的主要参量列于表7,表括号里的值为实验室中获得的最佳值。

目前超导腔的最高加速梯度大约为5MV/m,限制其进一步提高的因素有同步光的可能照射、品质因数下降、高次模抑制器冷却不足及其失超、功率耦合器打火、高频陶瓷窗发热、高频接头烧坏以及故障保护跳闸等。

超导腔在加速器中有广阔的应用前景,除了现已采用的电子储存环和连续束直线加速器以外,还将应用于粒子工厂、同步辐射光源、超导型对撞机(TESLA)、强子对撞机

表6 各台加速器上的超导二极磁铁

机器	美国 TEVATRON	德国 HERA	美国 RHIC	俄国 UNK	西欧中心 LHC	美国 SSC
数量	774	422	372	4352	1280	7736
长度(m)	6.12	8.824	9.46	5.664	13.145	15.0
内孔径(mm)	76	75	80	80	50	50
工作温度(K)		4.5°	4.6°	4.6°	1.8°	4.25°
场强(T)	4.4	4.68	3.45	5.0	10	6.762
状况	运行	运行	批量生产	批量生产	样机	样机

表7 现有超导腔的主要参量

加速梯度(MV)		品质因数 (10^9)	空腔 最大功率 (kW)	高次模 功率损失 (kW)	高次模 品质因数 (10^3)
实验室	有束流				
9-10(16.5)	4-5	3.5-5.4(7)	60	0.07-0.1	0.3-7

《物理学报》(海外版)创刊

《ACTA PHYSICA SINICA》(Overseas Edition) 是中国物理学会主办的物理学综合性高级英文学术刊物,登载国内外未曾公开发表的具有创造性的物理学研究成果。欢迎国内外物理学工作者踊跃投稿。

该刊由科学出版社出版,国内外公开发行,已于1992年创办3期,1993年开始出版月刊。欢迎国内外物理学工作者及有关部 门订阅。

投稿地址:北京603信箱物理学报编辑部,100080

订购地址:北京东黄城根北街16号科学出版社发行处,100707

(RHIC、LHC等)以及重离子直线加速器和回旋加速器(ATLAS、ALPI、JAERI等)。各类机器上的超导腔要求 and 难点各异,正在分别研究。

人们曾期望超导腔能提供40—50MV/m的加速场,但至今这仍然是一个梦想。也许已经开始实验研究的“高温”超导腔能把梦想变成现实。

十、新加速原理——任重道远

常规加速器在高能区已经接近技术和经济力量的极限。如果没有新的加速原理,粒子加速器向更高能量挺进的步伐将不得不停缓下来。

早在70年代,人们就认识到这个问题的紧迫性,各种加速方案纷纷出笼。要实现对粒子的持续加速,一是要存在纵向加速电场,二是这个场要与粒子运动同步。目前的新加速原理就其能量来源,可分为两大类。一类是能量从光子传递给粒子,属于这一类的有各种激光加速器,如逆契伦科夫加速器、逆自由电子激光加速器、等离子体拍波加速器和光栅加速器等。另一类是从粒子到粒子,如集团加速器、尾场加速器、双束加速器和等离子体尾场加速器等。

人们就这些新加速原理进行了一系列研究。逆契伦科夫加速器遇到了介质散射和横向场的困难,美国BNL的一个实验组试图采用波长与气体分子固有谐振波长相当的偏振激光来解决。在等离子体拍波加速器方面,加拿大的一个组将电子从0.6MeV加速到2.5MeV,德国DESY实验室的一台尾场加速装置上获得了8MeV/m的加速梯度。日本、俄国和西欧中心有三个组在进行双束加速器的研究,特别是西欧中心的CLIC已作为其下一代线型对撞机的方案。前苏联的一个实验组采用 $2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 的等离子体在一台等离子体尾场加速装置上将粒子从20MeV加速到25MeV。阿贡实验室在一台电介质尾场加速装置上获得了粒子加速,在这次会议上又公布了一台非线性等离子体尾场加速装置的方案,计划把电子在不到10米的距离内从100MeV加速到1GeV。

总的来说,目前各种新加速原理尚处在小规模实验阶段,这些原理虽然大多得到验证,但加速梯度较低,有效加速长度也短,还存在许多困难,离开实际使用尚远。会上普遍认为,激光加速器和集团加速器只有在遥远的将来才能变为现实(如2010年以后);尾场加速器、双束加速器和高梯度超导直线加速器等也许在2010年左右问世;而本世纪末、下世纪初

出现的高梯度加速器仍然是常规和半常规的。显然,新加速原理任重而道远!

国际高能加速器界正处于发展技术、积累力量的阶段,这对中国加速器的发展既是天赐良机,又是严峻挑战。经过几代人许多年的努力,我国已经建立了自己加速器的基地和相应工业,培养出一支队伍,又有良好的国内、国际条件。那么,我们应该怎样把握时机、迎接挑战?我国加速器的发展应该采取何种战略?笔者曾与诸多同事就此进行了多次讨论,得到了一致意见。

1.花大力气运行好、改进好现有的加速器,特别是七五期间建成的三大加速器,培养一大批人材,做出高水平物理成果,巩固、发展刚占领的一席之地。

2.根据国际发展趋势和我国实际情况,着手研制第三代同步辐射光源和重离子储存环,为诸多学科的高水平研究提供有效工具。

3.在新技术研究方面,结合加速器的运行、改进和研制,可考虑发展高性能电子枪和离子源、高梯度加速腔和相应微波功率源、超高真空器件、高性能接口和高精度束测装置、插入件、自由电子激光和超导磁铁、超导腔等等。

4.在新加速原理方面,在调研、消化现有工作的基础上,根据我们的优势,选择一、二个原理,在理论上做透,并开展实验研究。

5.加强与工业界的联系与合作,用加速器的高技术开发工业产品,以工业发展支持加速器的研制。

6.积极参与国际合作。在方式上灵活多样:可采取BES方式(国外派人来参加合作研究,互来互往),HERA、LHC方式(以派人参加合作研究为主),POSTECH(韩国)方式(以承接项目为主)和SSC方式(既派人又承接项目)等。合作的规模和范围也力争扩展,不仅做好现有的SSC、LHC和POSTECH上的合作,还可争取在西班牙的 τ /粲粒子工厂和KEK的B粒子工厂、工作在s波段的德国DLC、将动工的加拿大K介子工厂和重离子加速器等项目上进行合作。这种国际合作有助于锻炼队伍,发展技术,创造效益,为国争光。

立足当前,瞄准未来,会议经过交流和讨论形成共识,即粒子加速器界在高能物理的未来发展中肩负着光荣的使命,需要努力工作。