

科学发现新时期的高能物理研究前沿与发展趋势^{*}

谭宗颖

(中科院文献情报中心情报研究部, 研究员 北京 100080)

〔摘要〕 本文通过文献调研了亚洲、欧洲和北美等国家(地区)高能物理研究的基本情况,归纳了国际高能物理研究计划和研究前沿、国际合作的重点领域,归纳分析了高能物理的发展趋势,以期为我国在科学发现的新时代把握发展的良机提供决策参考。

〔关键词〕 高能物理 发展趋势 研究开发国际合作 文献调研 [中图分类号] O4 N8 N1

〔文献标识码〕 A [文章编号] 1000-7857(2004)08-0021-05

TRENDS AND FRONTIER OF HIGH-ENERGY PHYSICS
IN A NEW ERA OF SCIENTIFIC DISCOVERY

TAN Zong-ying

(Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Based on document surveys, research programs regarding high-energy physics in the world are introduced briefly in the first part. Then, the article summarizes accelerator-based road map for the high-energy physics, and focal fields of international R&D co-operation regarding high-energy physics in Asia, Europe and America. Finally, research trends for high-energy physics are analysed.

Key Words: high-energy physics, trends analysis, international R&D co-operation, document surveys

CLC Number: O4 N8 N1

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2004)08-0021-05

当今,“高能物理处在科学发现的新时代”^[1]。物理学的新突破,在很大程度上依赖高能物理的新突破。高能物理研究在带动其它基本物理研究和在推动高科技发展等方面起了重要作用。美国国家研究理事会下设的物理学调查综合委员会对近 10 年来世界范围内的物理学发展状况进行了历时两年的广泛调查,认为物理学的发展已进入了新时代,其对科学技术和国家经济的发展有着日益重要的影响,并确定了 6 个具有挑战性的重点研究领域:量子技术、创造新材料、了解复杂系统、统一自然力、探索宇宙,以及物理学在生物学的应用。该委员会还认为,每个重点领域的新突破极大地依赖精密、极高能或计算能力强大的新仪器设施^[2]。

本文通过文献调研了亚洲、欧洲和北美等国家(地区)的国际高能物理研究计划和重点、国际合作的重点领域,归纳分析了高能物理的发展趋势,以期为我国在科学发现的新时代把握发展的良机提供决策参考。

1 国际高能物理研究计划^[3,4,5,8,9,10]

“基本粒子物理标准模型”是高能物理在 20 世纪取得的最伟大的科学成就之一。研究人员发现基本粒子物理标准模型尚存在缺陷,有待进一步扩展和完善。为此,各国政府和国际高能物理界积极行动,制定了以大型直线对撞机为核心的高能物理研究计划。

国际上大型直线对撞机的研究开发主要集中在欧洲、美洲和亚洲。这 3 大洲的代表机构主要有:德国的 DESY 和瑞士的欧洲粒子物理研究中心(CERN);日本文部省所属的

高能加速器研究所(KEK);美国斯坦福直线加速器中心(SLAC)、费米国家实验室和康乃尔大学(Cornell)等。目前,世界上已有更多的实验室和大学加入到研究大型直线对撞机的研究行列中^[3]。

亚洲 1996 年建立了亚洲未来加速器委员会,负责协调并加强亚洲 12 个成员国(地区)在加速器方面的国际合作。1997 年,该委员会提出了在亚太地区建造电子-正电子直线对撞机(electron-positron linear collider,LC)的国际计划。2001 年该委员会又进一步规定了发展目标:(1)强调在亚太地区建造大型直线对撞机,并将此作为国际合作计划,由日本作为东道国,敦促 KEK 进行调查;(2)敦促日本政府为 KEK 作预算,以促进大型直线对撞机的工程设计、选址研究和民用工程研究,以及该计划的国际化进程研究;(3)电子-正电子直线对撞机必须在 2009~2010 年与高亮度大型强子对撞机(Large Hadron Collider, LHC)同时运行,电子-正电子直线对撞机的对撞能量应至少达到 250~500GeV(目前提出达到 500GeV~1TeV),甚至提高到 1TeV 以上。可以预期到 2025 年整个计划会有进展^[4]。

欧洲未来加速器委员会 2001 年 9 月的“基于加速器的欧洲粒子物理的未来发展”报告,提出了继 LHC 之后要达到的目标^[4]:采取国际合作形式建造大型直线对撞机,并将此作为粒子物理方面的下一代加速器发展计划,电子-正电子直线对撞机的对撞能量至少达到 400GeV;组建协作机构,负责选择建造地点、建造技术和协调参加国间关系。德国 DESY 提出了建造世界一流、能量强度达到 TeV 级的超导直线加速器(TESLA)国际合作计划,并于 2001 年 9 月提出了技术设计报告(TDR)^[9]。欧洲粒子物理研究中心也致

* 中国科学院院长特别基金资助项目。

力于研究兼容直线对撞机(CLIC)的先进技术,为建造电子-正电子直线对撞机做技术准备^[3]。

美国能源部与国家科学基金会于2002年1月出台了美国高能物理的长期发展规划,提出了重点关注的5个方面^[8]。(1)重中之重是发展高能、高亮度的电子-正电子大型直线对撞机,无论该设施建造在世界何处。该设施的建造是高能物理领域下一步发展的重要步骤,其设计、建造和运行都应当完全置于国际合作环境之中。(2)美国在大型电子-正电子对撞机国际合作计划中,在对撞机的设计、建造和运行诸多方面都应该居世界领先地位,建议美国组建筹备组,协调美国有关直线对撞机方面的所有事宜。(3)因美国具有基础物理研究和加速器开发方面的坚实基础,有国际合作的丰富经验,应争取成为建造大型直线对撞机的东道国。美国对直线对撞机给予投资是明智之举,这将使美国在知识产权、教育、国家资源和社会收益等方面获益匪浅。(4)将长期的研究开发大型计划瞄准未来的高能物理加速器,这是美国科技计划的重中之重,对此的投资能使美国广泛获益。(5)大学和国家实验室在高能物理领域的健康和平衡的发展是美国高能物理长期发展计划成功实施的关键。

在美国,高能物理方面的研究主要由大学的有关研究组和国家实验室承担。他们对高能物理的发展起着非常重要的作用。大学的物理学家将学生引入高能物理领域,在建造大型加速器设施方面提出了许多新思想。国家实验室在建造大型加速器设施方面,主要培养工程、技术和科学实验专家,从事高能物理多方面的研究开发,推进该领域的发展。美国从事高能物理研究的国家实验主要集中在费米实验室和SLAC,它们为美国提供高能物理领域的基础设施。它们既能开发加速器和探测器,也能提供用于分析实验数据和精密测量的计算机,从理论上起到数据分析和解释实验结果的重要作用。他们是创造知识产权的中心。

世界经济合作组织于2000年6月设立了国际高能物理咨询组,由来自美国、英国、德国、日本、法国和中国等20多个成员国和非成员国的科学界专家、政府官员和国际高能物理界的主要科学团体的代表组成。国际高能物理咨询组历时两年的调查,在2002年6月向世界经济合作组织提交的调研报告中确定了今后20~30年基本粒子物理的研究前沿、它们与新的大型加速器设施之间的关系,并提出了与国际合作相关的组织和管理问题。高能物理咨询组勾画的高能物理未来发展蓝图,为各国政府提供了制定国家高能物理发展战略、促进高能物理的协作和合作等方面的指南。世界高能物理咨询组一致认为^[3]:(1)在今后的几年里,应当发展高能电子-正电子直线对撞机,这关系到高能物理今后的新发现;(2)建造直线对撞机基于两种现存的基本技术,一是德国DESY的TESLA设计技术,二是日本KEK和美国SLAC的合作研究开发项目——日本直线对撞加速器/美国国家直线对撞加速器(JLC/NLC)的设计技术;(3)在高能物理科学计划的重点领域应以国际合作为主,并应重点开发基于加速器、高能量前沿的专门大型设施。

经调查,世界一些国家和地区提出的高能物理发展重点主要集中在高能量前沿(Energy-frontier)电子-正电子对撞机、高能量前沿质子对撞机、高能量前沿电子(正电子)-质子对撞机、低能和中能高亮度电子-正电子对撞机、固定靶强子和轻子实验、加速器驱动的中微子束等方面。

2 高能物理的发展蓝图^[3,4,5,7,8,10]

亚洲、欧洲和国际未来加速器委员会等国际专业组织,国际经济合作组织下设的国际高能物理咨询组,以及美国的高能物理长期发展计划勾画了高能物理今后几十年的发展蓝图,确定了粒子物理的发展目标和高能物理的研究发展重点。

2.1 粒子物理的发展目标 国际未来加速器委员会在2003年1月的一份报告中指出,粒子物理的发展目标是探索物质、能量、空间和时间的最前沿,在今后二十几年,粒子物理将向4个目标发展^[7]:研究大统一理论(Ultimate Unification);寻找隐藏维,即在已知的4维时空之外探寻是否存在超维(extra dimensions),实施大型直线对撞机计划有可能寻找到这样的新维度;研究宇宙间的联系;了解基本粒子物理与决定宇宙结构的天体物理之间的深层联系。目前,研究人员已了解到宇宙中的大多数物质是暗物质,它们不同于地球上观测到的任何物质。研究人员利用未来的加速器实验有望“看”见这些暗物质。随着高能对撞机和粒子天体物理技术的并行发展,也许在不久的将来可以识别暗物质。

粒子物理的进步在很大程度上依赖理论和实验的互动。粒子物理的成功奠定了粒子物理标准模型的基础结构。然而,还有很多科学奥秘有待于进一步去探索。现已揭示出,Higgs粒子是自旋为零的基本粒子,它不同于今天发现的任何粒子。发现Higgs粒子是粒子物理学迈出的革命性的一步。“发现和研究Higgs粒子是高能物理领域下一个关键的里程碑”^[7]。

2.2 高能物理的研究发展重点 理论、现象和数据分析为粒子物理研究计划提供了科学基础。高能物理的研究重点主要包括以下几方面。

2.2.1 探索更高能量前沿 能量前沿(Energy Frontier)是粒子物理发展的核心^[8],美国费米实验室的Tevatron对撞机(Fermilab Tevatron)在近期仍将是世界上的高能量前沿加速器。在今后的5年间,德国DESY的HERA II加速器(产生高能电子-质子碰撞)是高能量前沿加速器。欧洲粒子物理研究中心正在研制的大型强子加速器(LHC)将是继HERA II加速器之后的高能量前沿加速器,它将产生质子-质子碰撞,碰撞能量为14 TeV,是费米Tevatron加速器的7倍。它将是首次为粒子物理学家提供的在TeV能量规模下物理研究的设施。探索高能量前沿需要高能、高亮度电子-正电子直线对撞机,这已是世界高能物理界达成的共识。LHC和电子-正电子直线对撞机LC是在TeV能量规模下发现和了解新物理的基础。研究能量前沿超过LHC和直线对撞机的大型加速器设施是粒子物理发展的最终目标。如上所述,世界有关的国家正在制定利用极大型的强子对撞机或多TeV电子对撞机或 μ 介子对撞机产生超高能量前沿的大型加速器研究计划。

2.2.2 提高LHC的亮度 预计LHC在开始运行之后的4~5年内将达到其设计的亮度。之后,LHC的亮度将增加一个数量级。跟踪、控制、获取数据以及探测 μ 介子将是这方面研究面临的巨大挑战。美国计划投资1亿美元用于加速器的升级。

2.2.3 电子-正电子直线对撞机 亚洲、欧洲和国际未来加速器委员会、美国高能物理界均认为电子-正电子直线

对撞机是下一步了解世界存在的基本力和粒子物理亚微观世界的重中之重领域。电子-正电子直线对撞机计划无疑将是我们所处时代最重要的科学发展计划之一。

2.2.4 μ 介子碰撞/中微子工厂 μ 介子是不稳定的基本粒子,要在 μ 介子寿命期内完成 μ 介子产生、 μ 介子冷却和加速,是巨大的技术挑战。美国计划集中开发增强的 μ 介子,计划每年投资 800 万美元研究开发经费,加强对新概念和详细模拟等方面的研究开发,鼓励加强国际合作。

2.2.5 多-TeV 电子-正电子直线对撞机 欧洲粒子物理研究中心通过与欧洲、俄罗斯、日本和美国的国际合作进行多 TeV 电子-正电子直线对撞机的研究开发。欧洲粒子物理研究中心通过 Compact Linear Collider (CLIC) 项目探索技术上的可行性。

2.2.6 超大型强子对撞机 美国高能物理界认为,超大型强子对撞机 (VLHC) 将成为高能物理研究领域的长期发展目标。美国将大力支持 VLHC 的研究开发。VLHC 的能量将超过欧洲粒子物理研究中心目前正在建造的 LHC 的质子-质子对撞机,计划其碰撞能量为 100 TeV,而 LHC 的为 14 TeV。VLHC 是美国高能物理长期发展目标的中心。经验表明,强磁场对 LHC 和 VLHC 的研究非常重要,它可以在新的强子或 μ 介子对撞机的设计中发挥重要作用。

2.2.7 B 介子工厂^[12, 13] “B 介子”是一种基本粒子,是科学家研究的重要对象之一。B 介子工厂是能量不高,但亮度很高的加速器。B 介子工厂可以制造大量的“B 介子”和“反 B 介子”。美国的 SLAC、康乃尔大学实验室、日本 KEK 等都建造有 B 介子工厂。研究人员可以通过 B 介子工厂加速器对一些重要物理过程如 CP 破坏进行高精度测量(1999 年,日本 KEK 的国际联合科研小组利用“B 介子工厂”加速器将 CP 破坏现象存在的概率精度界定到 99.999%^[12]) 和探索稀有衰变。2003 年,日本 KEK 的一个国际科学家小组利用 KEK 的“B 介子工厂”加速器让电子和质子以近于光速的速度相撞,制造基本粒子“B 介子”和“反 B 介子”。在 1.5 亿对“B 介子”和“反 B 介子”中,科学家发现,有 68 个“B 介子”衰变后 CP 破坏测量值违反了“标准模型”的预测。这很可能预示着存在未知的新粒子。

3 高能物理领域的国际合作重点

国际合作重点主要集中在如下几方面^[3, 4, 8, 9]。

3.1 电子-正电子对撞机 (正负电子对撞机) 电子-正电子对撞机是 1993 年由国际未来加速器委员会和欧洲未来加速器委员会签订的多实验室合作研究计划。1995 年和 2001 年国际技术评价委员会分别及时评价了各国的直线对撞机技术,并成立了地区间工作组。该评价为在不同地区促进 500 兆 TeV 直线对撞机的建造奠定了稳固的基础,因此,通过日本直线对撞加速器 (JLC)、美国国家直线对撞加速器 (NLC) 和德国 DESY 主持的国际合作 TESLA 等计划,建立了更为正式的国际合作关系。

3.2 强子对撞机 (LHC) 欧洲、美国和日本的研究人员目前正合作进行与 LHC 的建造密切相关的研究开发,其面临的重大挑战在于:开发高临界磁场 (higher critical magnetic fields) 的新超导合金,控制极高能束,寻求在由液氦温度控制的真空腔内吸收同步辐射的方式。美国在 LHC 设计和建造经验的基础上,瞄准未来的 VLHC 的研究开发,

积极寻求国际合作。

3.3 中微子束 理论研究和模拟证明,可以通过(介子在储存环中的衰变创造“中微子工厂”;可以通过多兆瓦特质子束的介子产生高密度中微子束作为中微子工厂的第一步。目前国际上正在研究开发这方面的关键技术,但国际合作有待加强。

3.4 μ 介子对撞机 将进一步利用源自高密度质子束的 μ 介子研究开发 μ 介子- μ 介子对撞机,它具有达到超过几 TeV 能量的潜力,这正是物理新发现所必备的条件。

3.5 高能物理与其它科学领域的合作 直线对撞机的完成对基于自由电子激光器的下一代同步辐射源有很大的影响,如德国 DESY 的 TESLAFEL、美国斯坦福直线加速器中心的直线加速器相干光源 (LCLS)、日本 Harima 的 SPring-8 兼容 SASE 源。这些辐射源为化学、材料科学、等量子体物理和生物学的研究打开了新思路。

研究开发用于中子蜕变源(日本的 JHF、美国的 SNS、欧洲的 ESS)的高密度质子束离不开粒子物理加速器试验。研究人员期望这些中子源能极大地促进固态物理、物理化学、材料科学和生物学的发展。质子源非常有益于未来先进的中子源。欧洲(EURISOL)和美国(RIA)正在进行一项基于核物理的极高密度质子束放射性离子生产计划。这些放射性核束非常有助于加速器驱动的核废物的转变。

4 高能物理发展趋势分析^[3, 6, 8, 11]

基本粒子物理与宇宙学、粒子天体物理的联系日益紧密,新概念和新研究方法为高能物理的发展展现了新视野。高能物理的显著进步使天体物理学、宇宙学高度依赖加速器科学、探测技术和信息处理等方面的技术进步。处在科学发现新时代的高能物理的发展趋势主要体现在以下方面。

4.1 科学驱动引发高能物理向探索自然的更深层结构发展 因标准模型未臻完美,由此引发了高能物理界探索自然的更深层结构。近 30 年来,高能物理的主要成就是建立标准模型。标准模型揭示出构成宇宙的最基本的粒子是夸克、轻子和 4 种类型的粒子。到目前为止,4 种类型的粒子中已发现了 3 种 (W、Z 玻色子和顶夸克),但仍然未发现 Higgs 粒子。标准模型精确描述了已知粒子之间的相互作用,但是,却无法解释粒子相互作用的相对强度、粒子的质量为何存在较大的差异等问题。由此引发出以下未解的深层问题:为什么粒子会有不同的质量;为什么宇宙是由物质而非反物质构成;宇宙的暗物质是什么;在已知的 4 维时空之外是否存在超维(extra dimensions)。这些问题开启了物理学发现的新时代,高能物理从此进入了新的科学发现时期,从而敦促物理学家采取措施,探索自然的更深层结构。

4.2 两种互为补充的研究方法并举 近年来,国际高能物理界为了寻求高能物理领域未解问题的答案,从有效性和成本效益等方面确定了高能物理领域的短期、中期和长期研究重点。在广泛调查的基础上,国际高能物理学界认为,高能物理研究主要有两种互为补充的方法^[3]。一是非加速器(不使用加速器)研究粒子物理的方法。这是天体粒子物理最基本的研究方法,也是跨学科研究的新方法,即物理学家将宇宙作为实验室,应用标准模型(及其可能的扩展)研究原始宇宙及其所包含的粒子的方法。宇宙学领域的新发现,对更深入地了解粒子物理有直接的影响,反之亦然

(暗物质问题就是粒子物理和宇宙物理之间相互作用的实例);中微子、伽马射线和引力波天文学可以打开研究宇宙的新窗口。科学家利用太阳、大气和核反应堆中的中微子进行不使用加速器的一系列试验,在了解中微子的特性方面取得了巨大的进展。中微子有质量的发现,它们的类型可以相互转换,为扩展标准模型的新理论提供了极为重要的线索。国际物理学界从各种非加速器实验(基于反应堆的中微子、电偶极矩、 β 衰变谱、双 β 衰变)获得了包括天体粒子物理(如太阳和大气中微子、暗物质探索)等方面的信息,用于标准模型的进一步扩展研究。二是基于加速器研究粒子物理的方法。围绕大型实验设施进行高能物理的研究将逐渐集中化,并将通过组织和加强管理继续改变高能物理研究领域的方式。物理学家期望通过大型实验设施获得的结果能在更大范围解释低能观测方面的理论,并促进这些理论的发展,从而引导物理学家拓展新的研究方向。

4.3 大型加速器设施向更高能量前沿、高亮度的方向发展 业已证明,粒子物理的进步高度依赖各种不同的加速器。毫无疑问,粒子物理的未来进步仍将如此。由于标准模型存在缺陷,要探索更深层的自然结构,要进入物理学发现的新时代,能量达到 500TeV 以上的高能量前沿、高亮度的电子-正电子直线对撞机必须成为国际高能物理界关注的焦点。它将是基础科学、先进技术、国际合作和教育创新的科学研究前沿。它将吸引世界许多一流科学家为之努力拼搏。它涉及的科学研究将是引人瞩目的;所涉及的技术不仅将使高能物理领域受益,而且将使整个社会受益。

4.4 信息技术已成为高能物理研究的组成部分 信息技术已成为高能物理研究的重要组成部分^[8]。基于大型加速器的高能物理研究获得的实验数据量巨大(兆兆位比特)、数据非常复杂(数千至数百万的信道),科学家将面临海量信息过滤、存储和分析等方面的巨大挑战。随着信息技术的发展,在加速器、探测器设计和开发方面所使用的计算机辅助设计和模拟技术将更为先进,从而为研究人员进行更复杂的模拟和设计提供方便。

未来,信息技术将朝着为全球合作研究的大量分布式计算和数据文档提供快速访问的方向发展,将对超过 10 年的国际合作研究提供坚实而灵活的支撑。信息技术系统具有很大的发展潜力,网络技术能力的日益提升为开展网上国际合作研究提供了可能性。全球加速器网络发展战略计划(GAN)^[6]勾画了支持网上国际合作研究的框架,GAN 提出了数据格点概念,可通过高速网络将分布式计算机和存储资源连接在一起,旨在方便世界各地的科学家访问、利用共享的技术资源,这是国际合作研究的新模式。

高能物理研究领域必须高度重视信息技术的未来发展方向,高能物理研究团体和有关的资助机构都必须持续投资于高能物理研究开发用的信息技术工具和技术,以加强未来的国际合作研究、提高研究设施的生产率。粒子物理学家还必须密切关注国际网络技术的发展,这对高能物理的全球合作极其重要。

4.5 高能物理研究面临新的合作方式和组织管理方面的挑战 高能物理的发展和新突破不仅面临科学技术方面的挑战,而且还面临新的国际合作方式和组织管理方面的挑战^[3]。高能物理的发展在很大程度上得益于国际合作网的建立、国际人才的交流和研究设施的交互使用。然而,目前

的大型加速器实验设施在极大程度上是以国家为基础投资建造或以跨地区合作的方式建造的,如欧洲粒子物理研究中心(CERN)的建立。高能物理研究的未来发展将继续依赖强大的国家计划(项目),将继续在国家或地区的研究设施中发挥重要作用。

当前高能物理乃至整个物理学科正进入新的发现时期。新发现必须依赖基于加速器的超高能、高亮度的先进大型设施。随着研究开发经费的日益增多(建造一台大型直线对撞机需数十亿美元)和加速器结构的日趋复杂,此阶段所需的财力和智力资源将是某国甚至某个地区(如欧洲、亚洲)难以独自承担的,需要在比以往更大范围内借助国际人力和物力等资源的基础上加强国际合作研究。旧的国际合作模式已不能满足科技发展的新需要,这就要求改变思维范式,即国际合作从以往由国家或区域(如欧洲、亚洲)投资建造研究大型设施,向在全球范围内进行合作研究的方向发展。在全球范围有计划地建造新设施、制定实施方案、加强组织管理,是高能物理领域未来发展的需要和发展方向。亚洲、欧洲和北美已组建了地区筹备组,协调加速器、物理学和探测器等研究开发和处理各国之间的关系。国际高能物理界 2002 年 7 月建立了国际直线对撞机筹备委员会,负责协调国家和地区间有关加速器、物理学和探测器等方面的事宜,向公众和政府传播有关的信息,向直线加速器联盟组织提出建议,提出建造直线对撞机的技术选择方案。

在有效的组织管理下,世界各国的高能物理实验室将建立长期稳定的联系,便于进行有效的一体化(包含概念设计、技术选择、确定全球计划的技术规范等)的国际合作研究。国际高能物理咨询组针对电子-正电子大型直线对撞机项目,认为在国际合作的新模式中,应考虑国际合作协议的标准和内容,如计划的法律基础、管理结构、东道国实验室/东道国的特殊作用、人员配备、财政安排、已有的基础、加速器-探测器界面、知识产权、参加国的责任,等等。

从技术管理层面看,全球加速器网络是实现设计、建造、运行和管理未来大型加速器的国际合作研究新模式的手段。这将涉及许多法律、社会和技术问题。亚洲、欧洲和北美洲的每一个参加国(地区)的政府,必须为未来的全球高能物理合作提出合作研究的新体制和组织框架。参加国必须担负起研究加速器和探测器的重任,保证这些跨国跨地区计划的顺利进行。科研人员需具备有效利用计算机网络以使大型仪器良好运行、数据分析顺利进行的能力。

高能物理处在科学发现的新时期,高能物理的发展对天体物理、宇宙学、核物理、固态物理、生物技术、医学和材料科学等领域以及对社会的发展都有很大的影响。高能物理的发展急需纳入更大范围的国际合作研究中。我国在高能物理方面虽然已有相当的基础,但如何制定长期稳定的高能物理研究开发计划;如何采取措施,积极加入到大的国际合作研究中,以提高研究能力、分享知识产权、共享研究开发成果、培养人才,乃是值得我们高度关注的问题。

主要参考文献(Reference)

- [1] Neil Calder. Physics Leaders Contemplate "New Era of Discovery" at SLAC meetings [R]. Stanford Report. March 20, 2002
- [2] Physics in a New Era: An Overview. The National Academy of

(下转第 64 页)

《科技导报》理事会人员名录

名誉理事长:

周光召 中国科协主席、院士
韩启德 全国人大常委会副委员长、中国科协副主席、院士
王 选 全国政协副主席、中国科协副主席、院士
程 路 全国工商联副主席

理事长:

冯长根 中国科协书记处书记兼科技导报社社长、主编

(以下均按姓氏笔画排序)

副理事长:

王永民 北京王码电脑有限公司总裁、教授级高工
王柯敏 湖南省科技厅厅长、教授
匡镜明 北京理工大学校长、教授
杜玉波 北京航空航天大学党委书记、教授
张育林 解放军装备指挥技术学院院长、教授、少将
姜澄宇 西北工业大学校长、教授
徐井宏 清华紫光股份有限公司董事长
袁家军 中国空间技术研究院院长、研究员
潘留仙 湖南涉外经济职业学院常务副院长、教授

常务理事:

王海波 河北省农林科学院副院长、研究员
王渝生 中国科学技术馆馆长、研究员
牛政斌 中国科技会堂党委书记、总经理
严陆光 中国科学院电工研究所研究员、院士

严纯华 北京大学教授
杨 卫 清华大学教授、院士
杨海成 中国航天科技集团公司副总工程师、教授
贺福初 军事医学科学院副院长、研究员、院士、少将
彭克刚 北京时代佳音广告公司总经理

理事:

卫民堂 西安交通大学出版社社长、教授
王子桓 西安生命源生物工程有限公司总经理
李 敏 河北省万全县人民政府县长
乔少杰 北京航空航天大学出版社社长、总编辑
苏 丹 长沙市商业银行建湘支行行长
肖锦清 哈尔滨工程大学出版社社长、教授
罗 勇 中国气象局国家气候中心副主任、研究员
杨振江 河南省新华书店南阳市店总经理
张 骏 西北工业大学研究生院副院长、教授
张懋兰 河北北方学院院长
郁文贤 国防科技大学科研部副部长、教授
郑胜国 河北省秦皇岛市直属机关印刷厂厂长
贾 清 北京计然电子科技有限公司总经理
聂 锐 中国矿业大学管理学院院长、教授
贾纬民 精碳伟业(北京)科技有限公司董事

秘书长:

陈家俊 科技导报社副社长

副秘书长:

苏 青 科技导报社副社长、副主编

(上接第 24 页)

Sciences. 2001

[3] Report of the Consultative Group on High-Energy Physics [R]. June 2002

[4] JLC Roadmap Report Draft for General Release.Feb[R]. 2003

[5] Particle Physics Experiments at JLC. 2003

[6] A Global Accelerator Network: ICFA Task Force Report [R]

[7] Understanding Matter, Energy, Space and Time :The Case for the e+e- Linear Collider. February 2003

[8] DOE/NSF High -Energy Physics Advisory Panel Subpanel on

Long Range Planning for U.S. High -Energy Physics. January 2002

[9] TeV-Energy Superconducting Linear Accelerator.2001

[10] J Rogers. Cornell University Accelerator R&D.2002

[11] R Bacher. DESY Germany. The Global Accelerator Network. 2002

[12] 日直接观测到电荷宇称失衡现象[N]. 科技日报,2002-03-01

[13] 科学家说: 宇宙间可能存在全新的未知粒子. 新华社,2003-08-19

(责任编辑 肖庆山)

(上接第 29 页)

因此,有利于防洪减淤的水沙搭配按优先程度分别如下。(1)四段全冲区、艾利段冲刷区要求洪水平均流量在 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 以上,随着含沙量的增大所要求的洪水平均流量也要相应增加,而随着其它参数的变化所要求的洪水平均流量也会有一定的变化。(2)其它水沙条件:一定的洪峰变化幅度、较小的流量沿程衰减、较长的洪水历时、较大的平滩流量,都将有利于河道的输沙。(3)边界条件:前期冲刷较少时也将有利于河道的冲刷。

最后,笔者要特别指出:本文提出的排沙比公式可以用于黄河下游河道;得出的排沙比关系以及冲淤临界水沙条件基本反映了黄河下游河道的实际情况,可为黄河下游河道治理以及小浪底等水库的水沙联合调度运用提供参考;本文的研究方法和有关计算公式也能够用于其它多沙河流。

参考文献(Reference)

- [1]尹学良.黄河下游河道的改造问题[A].见:河床演变河道整治论文集.北京:中国建材工业出版社,1978
[2]钱宁,张仁,周志德.河床演变学[M].北京:科学出版社,1987
[3]梁志勇等.黄河下游断面形态与水沙关系及其数学模拟方法[J].地理研究,1993(2)
[4]齐璞等编.黄河高含沙水流运动规律及应用前景[M].北京:科学出版社,1993
[5]刘继祥等.黄河下游河道冲淤特性研究[J].人民黄河,2000,(8)
[6]李国英.黄河调水调沙[J].中国水利,2002(11)
[7]梁志勇等.冲积河流冲淤临界流量的探讨[J].水力发电学报,2003,(3)
[8]梁志勇等.渭河与黄河下游冲淤特性研究[J].人民黄河,2003,(10)
[9]梁志勇等.黄河下游河道洪水冲淤临界水沙条件[J].中国水利水电科学研究院学报,2004(1)

(责任编辑 王宏章)