

# 现代加速器控制系统的优点和局限

W. Busse

## 1. 导 言

加速器控制系统起着操作员和机器之间媒介的作用,以改变加速器的运行状态,一般地我们把加速器运行状态的改变称作‘过程’。当前,控制系统是以电子计算机为基础的,它有着:诸如监测、人机对话和闭环控制等广泛的用途。

在目前的技术水平下,硬件能设计成换块结构而且高度标准化,使得这些系统可靠,易于维修,在应用上灵活而且具有可扩充性。加上微处理机后可使人们实现局部智能控制。

计算装置的使用,开辟了新的应用领域,

便利了加速器运行,并可实现硬线控制所无法提供的功能。然而这些应用取决于计算机操作系统和操作系统提供的便利条件。

加速器通常是具有特定要求的各不相同的装置,它们经常涉及新的技术领域。因此,我们发现,控制的基本原理可以移用于新的加速器,但是特定的控制装置通常是不能被搬用的。

## 2. 控制要求和策略

设计加速器是为了产生具有某些束流品质的粒子束。控制系统可视为加速器操作人员和各加速器单元之间的联系者,以使加速器产生具有设定品质的束流。也就是说,它

表1 TESSA 中25%的Ge探测器的峰总比

探测器类型	<sup>137</sup> Cs源		<sup>60</sup> Co源	
	无抑制	抑制	无抑制	抑制
GeLi	0.30	0.66	0.18	0.53
Ge n型	0.32	0.75	0.20	0.60
平均	0.31	0.71	0.19	0.57
γ-γ 份数	0.09	0.50	0.04	0.32

表2 不同闪烁体的某些性质

材料	NaI	BaF <sub>2</sub>	BGO
密度	3.7	4.9	7.1
能量分辨( <sup>137</sup> Cs)	8%	~11%	~17%
时间分辨( <sup>60</sup> Co)	~3ns	0.8ns	~4ns

## 参 考 文 献

- 1 L. L. Riediger, 核物理动态 1983年 第三期 增刊 1.
- 2 P. J. Twin, 在佛罗伦萨的国际核物理会议上的报告1983.9.
- 3 B. Herskind, 私人通信
- 4 D. G. Sarantites, 核物理动态1983年第三期 增刊23.
- 5 J. D. Garrett, 在近物所的报告 1983.9
- 6 D. Habs等, Nordic Meeting on Nuclear Physics 1982. 8. 59.
- 7 W. Wahl, GSI 科学报告 1983.3. 45.

用图1中“灰线”区表示。

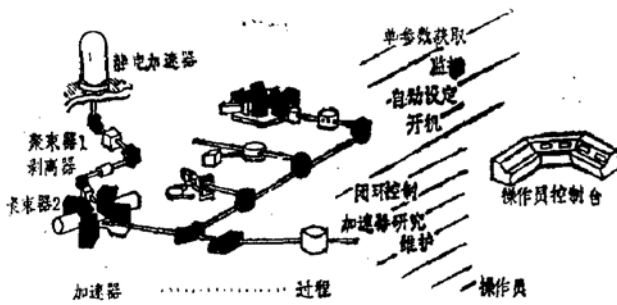


图1. 控制系统需满足的种种要求概图

作为一个极端，可以将灰区布以硬线，这些硬线建立了按钮、仪表，指示灯与加速器参数、状态之间一一对应的关系。参数的控制是直接的，反应易于追踪，但随着加速器参数的增多，控制台面板越来越大，最终操作人员在操作加速器时将不得不来回行走。此外，若要改变束流的某一品质，操作人员必须知道与束流品质有关的各参数之间的算法关系。

作为另一个极端，在当前的技术条件下你可以想象：在灰区内有一个支持控制系统的高功能计算机，使操作人员得以坐下来，只是感兴趣的参数落入他的视界，作为“直接参数”改变某个束流品质。他处理的是束流光学参数而不是电源。计算机系统保持并执行必要的算法程序。它将设置所有相应的加速器参数并显示束流的动力学反应。

无需说，“灰区”能被简化为某种黑箱。这个黑箱对“固定束流应用”（如同位素生产等）的加速器，仅有几个可供使用的按钮。而在科学研究领域内，全计算机控制系统必须满足多种运行的要求，例如投入运行、开机、正常运行、检验、查错和维护以及加速器的发展等，既满足了工程师、加速器物理学家的需要，也满足了那些仅仅被训练来作正常运行的操作人员的需要。一方面系统必须提供从通用控制站进行单参数获取作就地控制，另一方面还应提供闭环控制的可能性。

上面讨论的几种不同的计算机控制方法

在现有的加速器装置中都有采用，主要取决于：是从一开始就采用计算机控制还是在以后阶段才把计算机加进去。

控制方法可以归纳如下<sup>1)</sup>：

### ①简单设定、记录和监测

计算机系统按照预先计算的值或以前记录的值来设定各种参数。如果参与工作的整个系统都是稳定的并有很高的重复性，则这种方法可以提供有着预定品质的束流。

### ②连续的非破坏束流品质的测量或半连续拦截式测量

在具有某些品质的束流已经产生的基础上，计算机系统可以监测这些品质，把它们和要求的值进行比较，计算出校正量并自动进行调节。这种情况下，需要有一个高度发展的束流诊断系统以及对加速器参数和束流品质之间关系的透彻了解。

这种方式也可以结合自动设定，记录和监测实行。这种策略要么是静态的，如控制到一预定值，要么对迭代过程是动态的。

## 3. 控制系统的硬件和软件

迄今所有的论述从操作人员的观点来看都是人机通讯处理的。现在，让我们仔细观察一下“灰区”，也就是计算机控制系统本身。通常可以把它分成以下三个部分：

硬件——计算机（网络）

——接口系统

软件——计算机操作系统

——控制软件

人机接口——通用或专用控制台，包括直接有关控制台的软件

近十年来已建立了上述三部分的一些基本法则，然而某些法则仍然未能实现。

计算机（网络）以及它的操作系统（和信息传输系统）应该作为商品可以买到的，操作系统必须提供面向事件和多用户实时操作能力，包括所有装备控制系统硬件和软件的工具。

接口系统和控制软件应该最好和计算机无关,应将之设计成换块结构并严格标准化,以致只需要少量不同的换块就可以裁拼成满

足特定需要的控制系统,以便于系统的使用、维护、查错,并提供可扩充性和灵活性。如果增加加速器的硬件而又不导致耗尽控制系统的资源的话,这个系统就具有可扩充性。如果不需要化费很大的重新设计的气力就能在系统中加进原来不曾设计有的新的控制特性的话,系统就具有灵活性。在应用领域内,控制系统应把所有标准的和已明确规定的过程接管过来,从而使操作人员集中精力于他所感兴趣的问题上。

人机接口必须易于使用,同时具有高度的自解释能力,为操作人员提供所有必要的工具以使他得以集中精力于过程上。

下面我将对几个例子加以研究,以阐明对硬件的一些考虑。

由于控制系统目前大大得益于大型加速器的控制系统,我就用一个未来的例子作为开始,然后由它引伸到通常回旋加速器的控制需要。

图2是CERN—SPS控制组<sup>2)</sup>为未来加

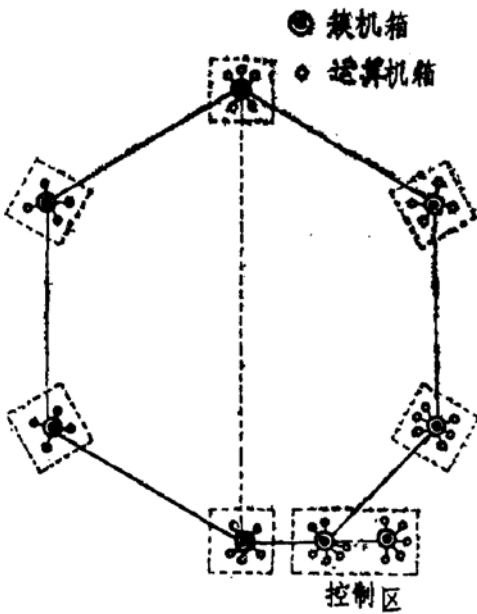


图2 文献2建议的微处理器“环型”分布图。装配微处理器和相应扩充部分,构型相同的机箱控制信息流,提供信息转换和运算,和连接加速器各设备单元。

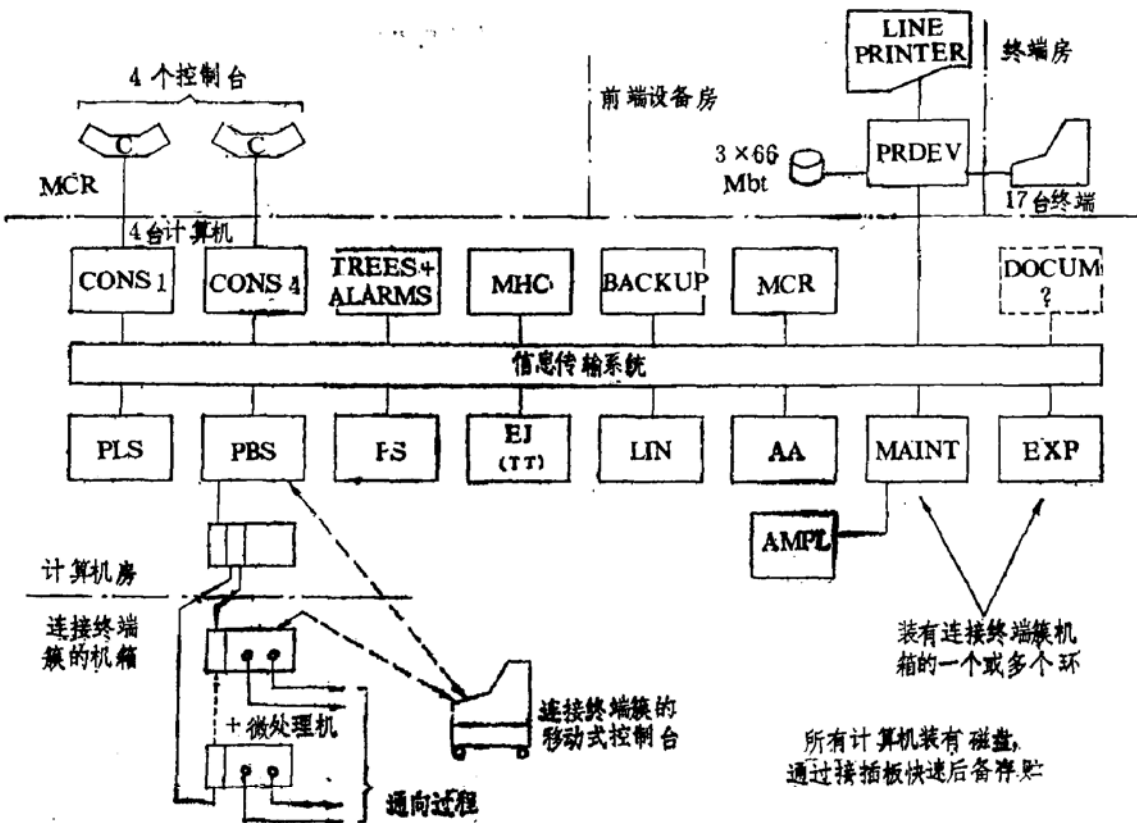


图3 新的CERN—CPS控制系统的硬件结构。上半部分是面向运行和系统的,下半部分是面向“过程”的,对每个过程装配一台小型计算机和一个或多个串行CAMAC环。

速器控制所提出的原理图，这是微处理器对控制系统最可能发挥作用的一个例子。他们建议使用“一个具有足够内存能力的微处理器群，每个微处理器处理一个单个任务流”，包括任务的调度和任务间的通讯。它的设计思想是把计算机和控制接口网络分成具有通讯、计算和控制能力的类似小单元。

图3给出的例子是CPS的控制系统<sup>3)</sup>简图，这套控制系统目前正在装配到西欧高能物理中心(CERN)的LINAC、BOOSTER和PS加速器上。它的结构是从SPS的控制系统<sup>9)</sup>引伸而来的。类似的结构用于多数使用分散控制系统的大型加速器控制中。上述的每台加速器或者一个特别重要的任务都有一台专用的小型计算机，CAMAC数据处理系统(串行的或并行的)用作控制接口标准。当前，在几乎所有具备自动控制工程的机构里，人们会发现不同程度地装备着CAMAC数据处理系统。微处理机是在机箱级水平上添加进去的，以同于某些子过程的自主控制。例如本例中束团的脉冲对脉冲的调制。

当我们翻阅一些中型加速器(如具有或不具有注入器的大多数回旋加速器)的平面图时，你会发现，一般其控制系统的硬件象是所举例子CERN—SPS系统中的一条控制分支，即包括一台小型计算机用作控制而另一台作为后备。我在此要举的例子(图4)就是目前正装配到GANIL回旋加速器<sup>4)</sup>上的GANICIEL的结构图。

事实上，GANICIEL的设计思想与回旋加速器的计算机控制系统的先行者所采用过的设计思想类似，他们在本会议中的文章将使你对此有详细了解。

虽然硬件在很大程度上已经标准化，并且当前小型计算机的操作系统也相当类似，但这未必适用于对装备控制系统软件上所需的支持。这主要是由于因历史和政治的原因，在不同的控制系统中所用的小型计算机或微处理机各有不同。由于缺乏一种一般化的高级工具语言(这种语言使得描述过程硬

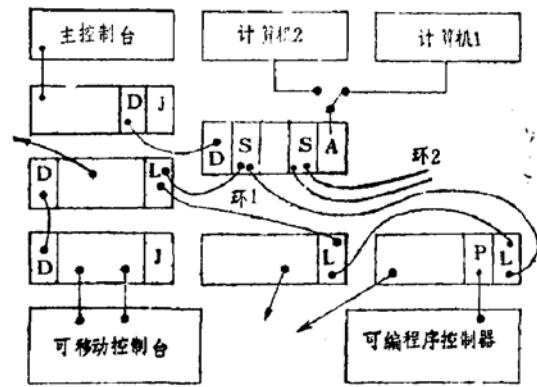


图4 GANIL 加速器控制的硬件结构

- A: A类机箱控制器 L: L类机箱控制器
- J: 自主控制器 S: 串行驱动器
- D: CAMAC系统间数据链
- 箭头: 连到加速器
- P: 装有可编程序控制器的数据链

件和操作结构成为可能)，迫使各个控制组去编写他们各自的软件。尽管控制设计思想和策略可以从一个工程转用于另一个工程，但除非采用了完全同样的硬件结构，其软件大多不能转用。在实现你所期望的设计时，软件人力的费用是相当可观的。

#### 4. 利弊相比

不用说，计算机控制系统增加了加速器的复杂性，亦即增加了在运行和维护此控制系统所需的人力资源。不过，经验表明：由计算机控制系统引起的加速器故障时间是极小的，相反，控制系统帮助加速器增加了运行时间。

不过，更严重的人力问题可能来自计算机控制系统的装置。我们已经看到，大部分硬件可以购买到的(或可以商品化的)，因此，硬件可以在合理的时间内安装完成。但在软件方面却需要花费很大气力和很多时间。CERN声称，他们装配了一种易于学习和使用的解释性语言，以致有关人员能够写他们自己的操作软件，克服了“软件壁垒”。这种解决方法在某些方面也许是有用的，但从另一方面来看，这种方法可能由于过量的计算机文件而失控。这些文件常常意味着重复劳

动，甚至有时在这些文件的作者本人离开控制组后成为无用。

虽然计算机控制系统的建立要花费很大的气力，但其利大于弊。在注入器束流注入回旋加速器要求匹配的场所，在等时场或束流需要同心因而需要大量调节线圈的场所，自动控制就成为必不可少。此时测量束流品质可以更快，更经常，保证了精度和重要性。扰动和偏离值的校正可以快得多。此外，如果让计算机干诸如监测、记录、设定等常规工作，可以使操作人员腾出更多时间以专心于一些感兴趣的问题。

## 5. 结 束 语

目前，我们已经看到很多使用计算机的

加速器控制系统的成功例子。虽然其中很多控制系统都采用类似的设计思想，软件人力的投资一般说来都是相当高的。这种形势反应了这样一个事实，即目前可用的满足控制系统设计人员需要的程序语言缺乏可搬用性。不过从原则上说，总可以设计并建成一个控制系统，以实现所有的控制要求。如果有适当的诊断设备和控制元件，闭环控制也是可以达到的。

### 参 考 文 献 (略)

(刘瑞译自 Ninth International Conference on Cyclotrons and their Applications, P555 焦敦庞校)