

# 电站自动化译文集

下 册

阿城电站设备自动化设计研究所

一 九 八 五 年 十 二 月

贵州省图书馆

目 录 期限表

请注意按照期限归还 书  
电 话: 25562

1. 动力系统反事故自动装置和复杂事故过程(俄).....西安交通大学发电教研室 张庆书 (1)
2. 美国CE公司SAFE SCANIT<sup>TM</sup>可见光火焰检测器在改善低负荷运行及减少辅助燃料方面的经验(英).....哈尔滨锅炉厂研究所 姜义道 (9)
3. 同步发电机的新型失步保护继电器.....第一部分简化方案(英).....阿城电站自动化研究所 雷云山 (18)
4. 同步发电机的新型失步保护继电器.....第二部分完整方案(英).....阿城电站自动化研究所 雷云山 (35)
5. 基于热应力预测和控制原理的汽轮机启动方法(英).....阿城电站自动化研究所 展广连 (56)
6. 电容耦合式电压互感器的暂态响应 IEEE 委员会报告(英).....阿城电站电自动化研究所 雷云山 (69)
7. 有关核电站运行人员选择、资格审查和培训的美国国家标准(英).....阿城电站自动化研究所 展广连 (76)
8. 培训压水堆核电站运行人员用的模拟器(日).....阿城电站自动化研究所 王子峰 (102)
9. 莫斯科电力系统运行人员培训中心热力过程培训器模型的研制和实现(俄).....阿城电站自动化研究所 张宝林 (114)
10. 火电站数字控制的发展方向(日).....阿城电站自动化研究所 全炳浩 (121)
11. 核电站运行人员培训原则的选择(俄).....阿城电站自动化研究所 张宝林 (131)
12. Loviisa NPS培训模拟器的研究、开发及培训应用(英).....阿城电站自动化研究所 孙曙光 (141)
13. 法国和安全有关电气设备的质量鉴定方法、手段和试验设备(英).....阿城电站自动化研究所 孙曙光 (147)



# 动力系统中反事故自动装置和复杂事故过程

姚费耶夫 波·依

本论文的目的在于说明大动力系统(ЭЭС)在复杂事故过程中保证其供电和寿命应有的可靠性所用反事故自动装置(ПА)的作用。为此,ПА应当与其他一系列反事故措施对比,首先在结构性能上对比。论文只是谈到在结构上,即在技术和工艺上保证可靠性和寿命。论文范围以外还有两个观点:组织技术的保证和在过渡过程、恢复期间工作人员为可靠性和寿命而作的努力。对这两个观点的研究很不够,妨碍了分析的一致性。所以研究很不够,原因是不仅它们很复杂,而且对它们的重要性也估计不足。

在结构上保证可靠性、寿命和输送给用户的电能质量,在于建立动力资源的储备、建立发电机容量和电网输送能力的储备(以及为此所需要的一切—从矿井到无功功率),并建立自动装置系统和操作(调度)控制系统。对以上所指一切投资的最佳分配是一个复杂的问题,这一问题在整体上解决不了的时候,可分部分的来解决,而且经验告诉我们如何更正投资的分配。对电站供给燃料的可靠性、对电站设备的可靠性、对负荷中心来谈电源分布的均匀性、对发电机总的装机容量、特别是对自动可控机动容量等的投资越是经济,要求电网输送能力越大。理论和经验明确告诉我们,在一定范围内,通过电网既传输能量又传输功率是合理的。与此类似,靠发展控制系统减少一些输送能力的储备的正确性被证实了,这样做的目的是,将可靠性、寿命和质量维持在可以接受的水平上以节约总的投资。

后者论点尚未被人们所公认。在这方面,对控制系统用于现代化复杂动力系统的有效性尚存在着疑虑和忧心,因为大事故最佳的解决实际上似乎是不能令人满意的。但我们知道,即或是在仅限于有意识地控制电能用户的情况下,事故也会造成很严重的经济损失。由于按性质来说的经济上的损失(一般忽视中断向企业供电的损失)或非经济上的损失,不控制切断用户可能使供电可靠性降低到不可接受的程度。后一种情况原则上应该排除,不得已时,也要在我们所分析的可控动力系统所有方案中进行选择。

从另一方面来看,对电能质量低和可能的事故的后果估计不足和对电能用户的利益考虑不够,与对控制系统(其中首先是反事故自动装置)广泛的可能性的信心有关,而不在于动力系统的可控制性水平和控制系统本身的性能。

两个观点都将使投资过多。对控制论的怀疑者来说一使今天的投资过多,而对控制论的幻想者来说一使明天的花费过多。

如果在输送能力储备不足的情况下对提高它或建立应有的控制系统都不投资,那更

是危险的。

反事故自动装置的任务根据两个观点之间的折衷办法来规定<sup>①</sup>。例如，动力系统应该具有哪样的电网和各个元件本身应该具有哪样的自动装置（汽轮机调速器、发电机励磁调节器和继电保护装置等），以使在这些元件的一般的、最经常发生的故障（如果它们发生在最可能的运行方式下）中不需要采用PIA来保持并联运行的稳定性。为此目的，采用PIA的范围，首先是一般故障与比最可能的运行方式较为严重的运行方式相结合，比一般故障较为严重的故障与最可能的运行方式相结合和至少是严重的故障与严重的运行方式相结合，在后者的条件下，PIA的效率一般不高（图1）。

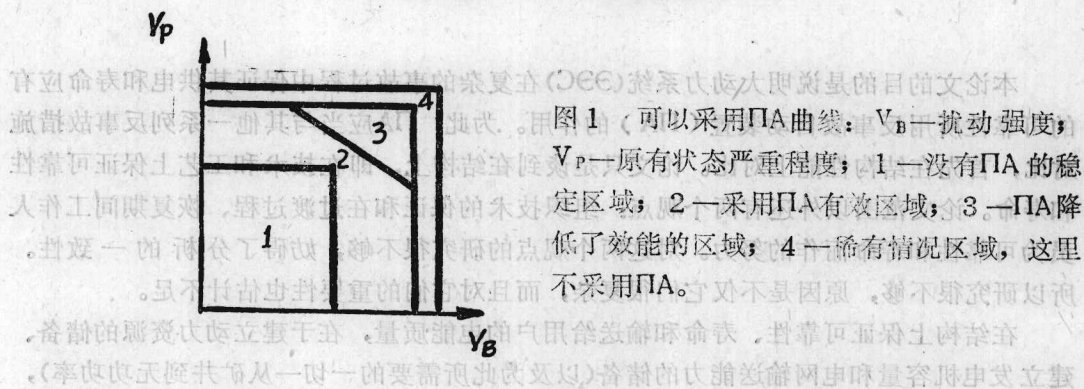


图1 可以采用PIA曲线： $V_B$ —扰动强度； $V_P$ —原有状态严重程度；1—没有PIA的稳定区域；2—采用PIA有效区域；3—PIA降低了效能的区域；4—稀有情况区域，这里不采用PIA。

按照运行经验的估计，现有PIA提高了沿着苏联动力系统联系网络传输功率的总数为数百万千瓦，对PIA的投资约为建设等效输送能力电网所需投资的1/10。计算表明，拒绝采用预防破坏苏联联合动力系统主要联系网络稳定性的自动装置，一次事故就会引起用户最大计算损失达一亿卢布之多，增多了用户损失年平均为1,000—1,500万卢布（只是计及可控切断用户和可控降低频率的后果）。

事故过程永远是一些偶然事件相结合的结果。根据所研究的反事故自动装置的型式，容许使这些事件的具体内容不同程度地抽象化。这样，在事故扰动状态下，根据扰动状态选择控制作用，再根据PIA的型式我们可以理解为<sup>②</sup>单一的事件（如工作人员错误切断动力系统某一元件），就是这样，常常遇到的从动力系统某一元件的故障或工作人员的错误开始的一连串事件相结合而形成了扩大化的现象。

举例，对用于保持稳定性的PIA系统来说，事故扰动之一是切断线路。在这里我们理解到，线路切断是一些事件相结合的结果（图2）。事故功率不足的发生常常是事件极其复杂的发展的结果。对自动消除异步运行方式的系统来说，这种运行方式出现（发电机电势之间的夹角超过了极限值）就是事故扰动，与所谓什么过程无关，电网接通和切断，就会导致这种情况。

<sup>①</sup>与规定任务的同时着手反事故自动装置数据方面的研究（见《动力网设计》学院著作：1980年20期）。

<sup>②</sup>也采取另一种途径：这种或那种PIA系统的工作要求是，或者是最初事件—事故扰动本身，或者是随着过程的发展而发生的情况。



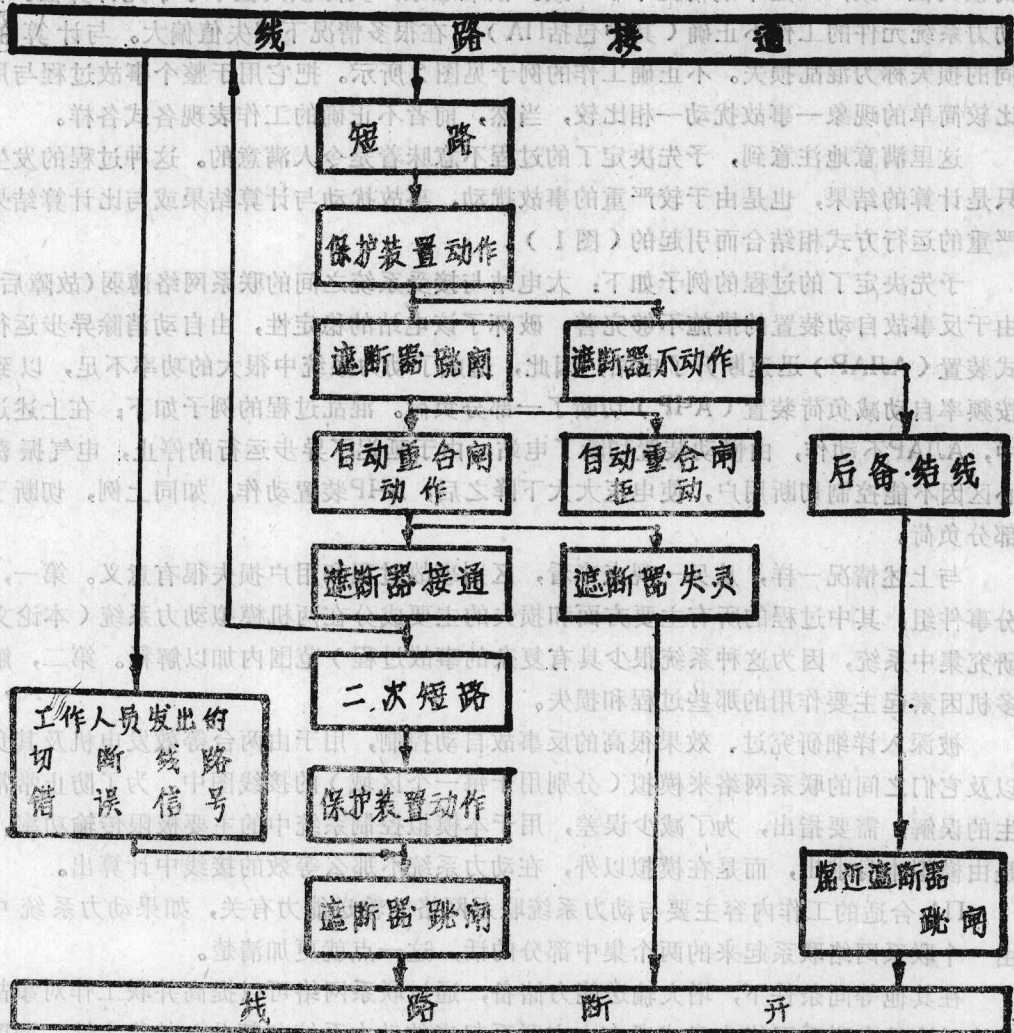


图2 导致事故扰动而切断线路的事件结构简化图

事故扰动的危险性与发生扰动瞬间前的动力系统接线和运行方式有关。接线和运行方式主要是偶然形成的。扰动也是在一瞬间发生的，因而它碰上这样和那样接线和运行方式同样是偶然的。

虽然，详细研究反事故控制，需要搞接线、运行方式和扰动可能有的相互作用的模拟。现在搞的模拟很简单，可能过于简单了。其中包括，取扰动潮流为固定值，不考虑不同区域网络传输功率的相互关系等。研究考虑这些现象可以给模拟以附加的效果。

可以肯定地讲，如果排除信息不充分和不准确的话，经常起作用的PIA在工作的每个具体情况下都与接线、运行方式和扰动发生关系。这样就提出了找出控制作用并把它优化的问题，使PIA动作时比在研究PIA阶段要简单得多。恰好，这一点不妨碍解决上述问题的可能性。

用户损失值可以与控制稍不准确范围内通过接线、运行方式和扰动一起预先算出来

的损失值一致，只是个别情况下不一致。很难想象，实际损失值小于预先计算值。由于动力系统元件的工作不正确（其中包括 $\Pi A$ ），在很多情况下损失值偏大。与计算值不同的损失称为混乱损失。不正确工作的例子见图2所示。把它用于整个事故过程与用于比较简单的现象—事故扰动—相比较，当然，前者不正确的工作表现各式各样。

这里满意地注意到，预先决定了的过程不意味着是令人满意的。这种过程的发生不只是计算的结果，也是由于较严重的事故扰动，事故扰动与计算结果或与比计算结果更严重的运行方式相结合而引起的（图1）。

预先决定了的过程的例子如下：大电站与接受系统之间的联系网络薄弱（故障后），由于反事故自动装置的措施不够完善，破坏了该电站的稳定性，由自动消除异步运行方式装置（АЛАР）迅速断开了电站，因此，造成了动力系统中很大的功率不足，以致由按频率自动减负荷装置（АЧР）切断了一部分负荷。混乱过程的例子如下：在上述过程中，АЛАР不动作，由慢动装置切断了电站，由于延迟了异步运行的停止，电气振荡中心区因不能控制切断用户，使电压大大下降之后，АЧР装置动作，如同上例，切断了一部分负荷。

与上述情况一样，从另一观点来看，区别事故过程和用户损失很有意义。第一，划分事件组，其中过程的所有主要方面和损失的主要成分在两机模拟动力系统（本论文不研究集中系统，因为这种系统很少具有复杂的事故过程）范围内加以解释。第二，解释多机因素起主要作用的那些过程和损失。

被深入详细研究过、效果很高的反事故自动控制，用于由两台等效发电机及其负荷以及它们之间的联系网络来模拟（分别用于每一个区域）的接线图中。为了防止常常发生的误解，需要指出，为了减少误差，用于本模拟控制系统中的主要极限传输功率，不是由模拟本身求出，而是在模拟以外，在动力系统不那么等效的接线中计算出。

$\Pi A$ 合适的工作内容主要与动力系统联系网络的输送能力有关，如果动力系统中有由一个联系网络联系起来的两个集中部分的话，这一点就更加清楚。

在其他等同条件下，增大输送能力储备，通过联系网络可以提高并联工作对事故扰动（无论是在联系网络本身或者在由它联系起来的动力系统各部分）的稳定性，同时联系网络损失的后果变化很小。从这一点我们了解到，随着储备的增大来评价 $\Pi A$ 工作的可能性。

不然的话，如果不作为储备来增大输送能力，而是象通常那样增大联系网络传输功率负荷，那就影响了输送能力的增大。为了弄清楚这一点，比较具有同样相对储备的三种联系网络（例如具有传输功率20%的规定的最小储备）。

第一种联系网络—弱联系，按绝对值来说具有小的储备。对并联工作稳定性来说，沿着联系网络常常发生很多危险的扰动，但在联系网络过负荷之后的异步运行方式和切断联系网络并不危险，因为不会引起动力系统被联系起来的各部分的电压大大下降和事故功率不平衡。所以，预防该联系网络损失的复杂的 $\Pi A$ 装置未必适宜，而需要的是АЛАР装置。

第二种联系网络—具有中等输送能力。因为它的储备按绝对值来说比第一种联系网络大一些，发生过负荷比较少。但它是那样的重要，不只是АЛАР需要 $\Pi A$ ，为了保证



稳定性也需要 $\Pi A$ 。这种联系网络是采用 $\Pi A$ 的主要区域。

第三种联系网络—强联系。这种联系网络破坏稳定性的威胁很少有，但它是很危险的。因为它可以造成很大的电压下降和很大的事故功率不平衡。从世界经验可知，与损害动力系统寿命有关的严重事故，就是发生在具有很大的足够的输送能力（但不是所有情况下）的强联系网络中。一系列情况阻碍借助 $\Pi A$ 来保持这种联系网络的稳定性。其中主要情况是，在对强联系网络有危险的那样严重的扰动下，需要紧急的控制作用（例如发电机的电气制动，迅速切断大量电能用户的集中系统），但实现这一切需要高的费用，引入这些作用危险而且费用高，很少应用。后者只考虑可控制切断用户的强联系网络使用 $\Pi A$ 的一般经济论证，是不能说服人的。虽然我们知道在强联系网络中采用 $\Pi A$ 的例子，但整个来说，与相当强有力联系网络上的事故作斗争的问题，还远远没有解决。

但有很多接线图，也有复杂化了的小电网，它们都越来越大，从两机模拟观点来控制它们是不能令人满意的。在多机接线图中，稳定工作的范围相当大，控制作用是这些电机功率的函数。不考虑多机的实际特性，会导致必须计算对比较差的接线和运行方式的控制作用（举例，会过多的切断负荷，这种情况发生在为了不容许功率不平衡而进行平衡控制时），或导致这样的控制作用，当引用这种控制时对网络的一个区域有好处，但引起对另一个区域的过负荷。

为了考虑上述过负荷现象，引用了很有效果的容许功率不平衡的概念，即一个地区的不平衡和与该地区并联运行的所有地区的容许功率不平衡。在该地区的控制需要这样完成，使由扰动和控制造成的不平衡不超过对其他地区容许值的范围。现在实现的局部（地方性的）控制（分散控制或者集中控制没有意义）与可能的协调控制不同之点，首先在于按绝对值计取容许不平衡等于我们所研究的接线和运行方式所有范围内可能有的最小值。在大多数接线和运行方式中这样控制会导致负荷的过多损失。对10年前已经提出的分级协调来说，原则上可消除这一缺点。必须考虑今后进行协调控制的可能性，它基本上决定了在程序装置（控制计算机）基础上把今天的局部化系统作成集中系统。

在多机接线中，每一条联系网络的重要性和对 $\Pi A$ 的要求都提高了，这也是由于失掉一条联系网络会造成其他联系网络一连串的过负荷及其切断，假若联系网络很弱而且是唯一的，也可以不予考虑。

在两机和多机接线图中，据了解没有作过严格的对比，但根据类似所讲过的情况，可以推测多机接线图的特征是损失较多。

这样一来，说明了事故过程和损失可以分为预先决定了的、混乱的、两机的和多机的四种类型。

上面给出了两机过程的例子：预先决定了的和混乱的过程。为了简便起见，用符号 $2\Pi$ 和 $2X$ 来标志它们。现在举出多机预先决定了的过程（ $N\Pi$ ）：发生故障后切断线路，然后靠在系统送出端发电站透平机减负荷的作用和在系统接受端切断负荷的作用下，由反事故自动装置使减弱了的区域减负荷。后者情况的完成，不是由于送出端和接受端不利的功率对比关系（两机接线图的特征），而是为了减小由于透平机减负荷而引起事故功率不足到送出端和接受端所有区域的容许值。多机混乱过程（ $NX$ ）的例子：在上述例子中，被切断负荷部分的远距传送命令通道不正确，未动作，事故功率不足超过容许

值,送出端或接受端区域之一过负荷,其中发生异步运行方式,由АЛАР装置切断这一区域的线路,由于系统解列首先发生未予见到的功率不平衡,在АЛАР、АЧР和自动限制频率等装置的作用下系统完全解列前其他区域过负荷。

下面以表格形式在整体上列举保证大动力系统的可靠性和寿命的措施的对比,其中具有具体的目标和通过这些措施来达到具体目标(表中以两个标记),或者这些措施附带地促进达到具体目标(以一个十字标记),这里必须说明,不管是措施的项目或目标项目,都不追求完备,这些项目只是为了方便叙述。作为直接目标(这有多大可能),只是采用措施时提出的那些目标,在一些栏内不是两个十字,而只是一个十字,这绝不意味着认为这种限制是正确的决定。相反,该表可以促进更好地理解各措施相互间的联系性和目标的优化问题。填表的某些观点尚要求加以说明。

措施6为予防无事故扰动而发生的电网区域过负荷和该截面中的异步运行方式—这是对АЛАР装置来说的事故扰动(措施11)。只有在保证机动的功率储备下才能够限制超功率。所以,予防事故扰动属于适宜的措施了。在其他方面,机动储备和非机动储备的建立,是为了抵补负荷,并考虑到负荷的变化和发电机的修理。

继电保护装置的迅速动作(措施7)虽然完全消除扰动,但能够降低扰动的强度。

对措施8、11、12和13来说予防事故扰动是附带目标,对这些措施来说,不能说该目标是主要的,但这完全不反映该目标也不对,因为完成任一措施都得考虑到不必要的动作本身会造成事故扰动。

改进动力系统结构和接线图(措施4)包括:靠不建立多联系环状结构来简化电网;改变一系列联系网络彼此并联为可控联系网络和建造可以在动力系统各个地区独立地调节频率的可控区域等。以上所指对与复杂的事故过程作斗争都特别有效,除局部化问题外,对给定措施来说称做某种直接目标为时尚早。

从表可以看出,由于事故过程复杂,并未向动力系统中采用的大多数措施(1—9)提出直接的要求。但这些措施将用于予防事故扰动和使其局部化,以及用以降低2Π类型的损失,同时促使减少其他类型的损失。

实际上只是ΠА(10—12)有效地抵制复杂事故的发展。这种抵制作用不包括现象的各个方面,为此可以提出更薄弱而更具有保护性的定则:在研究设计时只是ΠА考虑复杂的事故过程。

**结论** 大动系统的可靠性和寿命借助多种措施原则上可以保持在可以接受的水平上。它们之间的任务的有机分配是最复杂的问题。结构性质的措施中的反事故自动装置的作用极其重要。对它的作用估计不足,会导致输送能力储备过大和动力系统电气联系结构上的完好,而使投资不合理,估计过高一则导致降低可靠性和寿命。

由于复杂事故过程各式各样,反事故自动装置发展成为分层系统,它是由具有以下任务的分系统组成,如保持并联运行的稳定性,消除异步运行方式和予防频率以及电压不容许的偏离额定值等任务。事故扰动(对它建立起这些分系统,并制造很多装置)常常是一系列偶然事件和继初始扰动后的复杂事故过程的结果。因此,各种分系统和装置对事故过程都有影响,使事故过程在发展的各个阶段中和途径上停止下来。各种分系统和装置可作其他措施的备用和互为备用。



顺序	措施	措施的目标						
		予防事故扰动	事故扰动局部化	各种事故过程下 降低用户损失				恢复供电
				2Π	2X	NΠ	NX	
1	提高动力和高电压电气设备的可靠性	++	++	+	+	+	+	+
2	靠非机动电源增大发电功率的储备							+
3	保证发电功率的机动储备	++	+	+	+	+	+	+
4	改进动力系统的结构和接线		++	+	+	+	+	+
5	提高电网输送能力的储备	++	+	+	+	+	+	
6	在电网截面中自动限制超速率	++	+					
7	速动继电保护装置	++	++	+			+	
8	继电保护装置和遮断器拒绝动作的后备	+	++			+		+
9	继电保护装置动作后自动重合闸	++	++	+	+	+	+	+
10	为了保持稳定性自动控制功率	++	+	+	+	+	+	
11	自动消除异步运行方式	+	++	+	+	+	+	
12	自动限制频率的事故变化	+		+	+	+	+	
13	把电站划分给划分出来的负荷和把发电机划分给自用负荷	+		+	+	+	+	++

把事故过程分类为：由于动力系统工作条件预先决定了的过程、混乱的过程、两机或多机的过程。可以确认，反事故自动装置在任何种类的过程下都是有效的。在多机过程中，达到这一点需要过多的负荷损失的代价。减少这种损失原则上是可以办得到的，方法是建立层次协调。在混乱过程下增强反事故自动装置的作用，靠增高其层次来完成。

发展反事故自动装置须考虑保证具有重负荷电气联系网络的动力系统的复杂的寿命问题。

译自《苏联电杂志》1984年№ 3  
西安交通大学 张风书译  
葛耀中校

对反事故	不器长站事特谷				事站	字	理
	XI	ΠИ	XΣ	ΠΣ			
+	+	+	+	+	+	+	1
+							2
+	+	+	+	+	+	+	3
+	+	+	+	+	+	+	4
	+	+	+	+	+	+	5
				+	+	+	6
		+		+	+	+	7
	+		+	+	+	+	8
+	+	+	+	+	+	+	9
	+	+	+	+	+	+	10
	+	+	+	+	+	+	11
	+	+	+	+	+	+	12
+	+	+	+	+	+	+	13

时西，器站前居群，器站前下安央次于并系并工能系代由，代类代器站事特  
 长时安亦。前器官器器不器站前类特同并置器自站事只，为前以何。器站前器安  
 式，前器官以可器上似器类器特安代。符升前夫器站前安器安需点一安器安，不器  
 。如安来为器其高器安，用并前置器安自站事只器站不器站前居群。器站前器安器安



## 美国CE公司SAFE SCANI™

# 可见光火焰检测器在改善低负荷运行及减少辅助燃料方面的经验

P·H·Chase F·E·Johnson

### 背景：

对于UV型检测器来说，煤粉火焰与油、气火焰相反，它始终存在一个灵敏度问题。即使燃煤发出的UV（紫外线——译者注）数量少于油或气火焰发出的数量，但在传感器的检测范围内它是满足要求的，而检测器对紫外线辐射通量的感受主要受限于这样一个因素，即在紫外线到达感受器之前，紫外线的相当大一部份会被散漫在空间的煤粉粒子所吸收。

在机组带较高负荷的情况下，现今的UV型检测器能够圆满地完成检测任务，只是当锅炉在降低负荷运行时，检测器的灵敏度就成问题了。大多数电厂在夜间都会经历这种负荷波动。在这期间，电厂运行人员就采用投运点火器的办法来防止错误的灭火跳闸，因为投点火器可以有效地把火焰检测器从锅炉跳闸逻辑中解列出来。这是一个为人们所接受的运行方法，直到最近也没引起人们的注意。不断增长的燃料费用才使电厂的上级领导查问这一操作方法。这样一来，对反应灵敏的检测器的需要就成了当务之急。

面对寻找一个同样安全而又更灵敏的检测器以取代UV型火焰检测器这样一个任务，燃烧工程公司集中力量发展一种以可见光检测为基础的检测器。开发计划从SAFE SCANI可见光火焰检测器开始着手进行。这个全电子装置已被证实，它对煤粉火焰的响应特性很好并且易于适应燃烧器锅炉几何形状的变化以及各种化石燃料。

### 检测器概述：

SAFE SCANI火焰检测器是一个光学型式的检测器，它采用了一个光导纤维构成的传光导管，它能识别从燃料喷嘴处火焰发射出的可见光的特有的性质。可见光与燃烧过程有直接关系，由于在此处稳定的火焰不能被未燃煤粉所遮盖，故能发出大量的可见光。

从燃烧器区域发射出的光经过光导管传到炉外侧的予放大器电子组件处，该电子组件把可见光转换成电流信号，然后将其传送到集控室内的机箱中去，以使用附加的电子线路来识别火焰的有无，除了分析电流信号以判断有、无火焰之外，该电子装置还能连续地检查安装在锅炉侧的电子组件及连接电缆是否有故障。如果检测出故障，则该角火焰检测器的火焰信号就被否定，在实现这种自检功能中没有使用机械的快门机构。

从安装在锅炉侧的电子组件发出的电流信号要同时送到三个独立线路中进行分析检

验，即 1) 强度板，2) 频率板，3) 故障板。只有当三个检验条件都满足（有强度许可，频率许可且没有故障——译者注）时，代表火焰信号的C型继电器才动作。强度许可和频率（“频率”指的是标志火焰光强度的固有脉动频率，而不是光检测的波长值。）许可两者都有单独的门槛值调节元件，以便与各种形状尺寸的锅炉燃烧器及专用燃料的火焰特性相配合。

机箱放在机架或装配盘上，一个机箱是四个检测器的控制中心（图 1）。每个通道有一块强度表。而远方配置的强度表是作为任选设备提供的。有三套水银湿式继电器触点：1) 单独角检测到火焰触点，2) 一层中四个检测器至少二个或二个以上检测到火焰的触点，3) 检测器故障报警触点。新的包装修改还为输入与输出连接提供前方接近

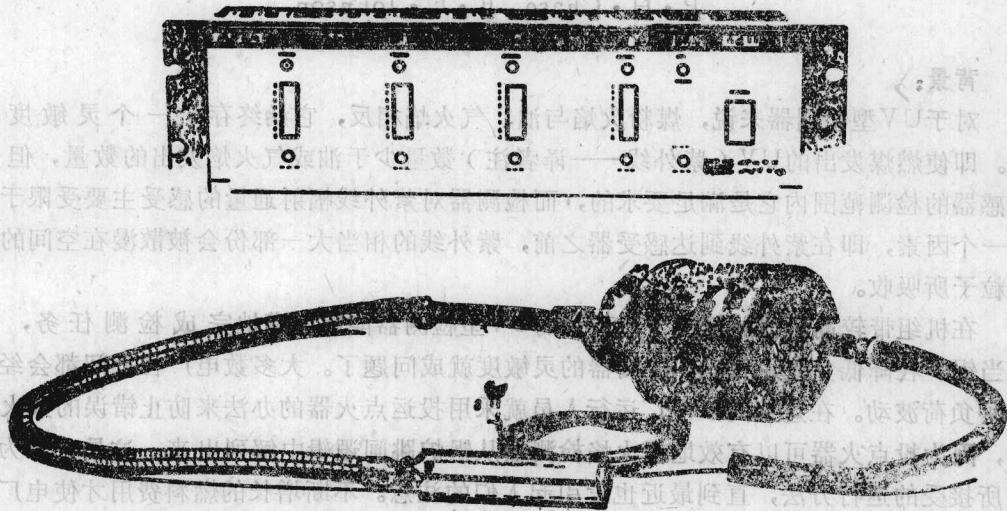


图 1

的接线端子。机箱尺寸的高×宽×深是  $8\frac{3}{4} \times 19 \times 10\frac{3}{8}$  英寸。

把已装的CE公司UV型火焰检测器改成安装SAFE SCAN1火焰检测器是相当容易的。检测器冷却风的要求是一样的，但是，原有的检测器电缆规格必须加以检查，以保证其满足加屏蔽的新要求。

#### 在西海岸一综合企业中进行减少辅助燃料方面的实践经验

两台CE VU—40型锅炉为制碱提供蒸汽并且还发电，两台锅炉都是切圆燃烧，出力600000磅/时，VU40型锅炉原设计是燃用煤粉，6号重油，天然气，焦炭与煤或是焦炭与沥青烯。中西部高挥发份“B”级烟煤是主要燃料，石油蒸馏的焦炭是精馏过程的副产品。它是购于Los Angeles地区，在制成粉之前是以压碎的形式运到的。电厂通常是按42%焦炭和58%煤这一比例配制燃料，这时两台机组可在满负荷下连续运行。

含有低份额挥发份及高份额碳的焦炭所产生的火焰与煤火焰比较，用UV型检测器来检测困难更大。吹灰器工作时，会产生能吸收紫外线的灰尘粒子组成的云状物，这就使检测器的能见度更成问题了。在例行的吹灰期间内，几次出现的“灭火”引起锅炉跳



闸，使运行人员对这些火焰检测器丧失了信心。为了弥补检测器的灵敏度问题，在每次吹灰程序开始时，都把天然气点火器投入运行。虽然这种作法在消除由于错误的灭火信号致使锅炉跳闸方面是有效的，但它也导致天然气的耗量增加。

图2示出了一个典型的角式燃烧器喷口布置图。在三层煤粉或焦炭粉之间放置了两层油枪或天然气喷嘴。每台锅炉有两层火焰检测器和煤气点火器。检测器放置在油/气喷口内，在此处它们能监视油/天然气或煤/焦炭火球。1982年7月两台锅炉原有的UV型火焰检测装置都被CE新型可见光火焰检测器所代替。由于这种改造的结果，在吹灰时不需要再投点火器，使天然气的耗量显著减少。进一步分析表明：为新检测器本身所支付的费用在不到两个月期间内就由所节省的燃料费用中回收了。除了减少辅助燃料之外，采用可见光检测器还使之可能进行几个有益的运行试验（图3）。

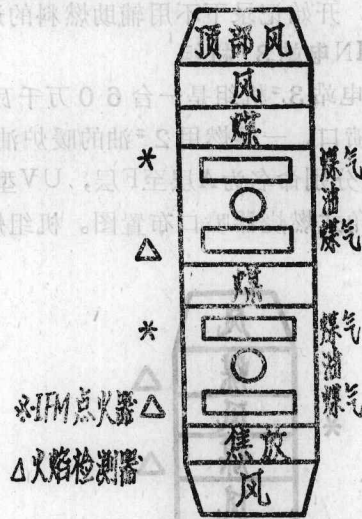


图2：西海岸工业综合企业的典型角式燃烧器喷口布置图

1. 在吹灰器运行期间辅助燃料减为零。
2. 全年度的燃料费用投低1%。
3. 两个月回收改装投资。
4. 在不加辅助的燃料条件下，可投两台磨煤机运行。
5. 当锅炉在最大连续负荷时，可进行两种型式火焰检测器的更换工作。

图3. 西海岸工业综合企业中Safe Scan<sup>TM</sup>改型的优点

例如两台锅炉上的火焰检测器的更新是在锅炉带满负荷的情况下进行的。要在运行中完成更换任务必须具备两个条件，一是旧检测器的电缆应与可见光火焰检测器的电缆一致，第二个条件是原有的风箱导管或冷却风源没有修改的必要。新型检测器的机箱安装在单独的机柜内，它们的火球火焰检测继电器的触点，按照与原有火焰检测允许条件并联的方式接到燃烧器管理系统中。当在炉前转换每个检测器组件时，就把从旧机箱拆下的电缆接到新机箱上。在检测器探头末端处的电缆接上新接头，然后把电缆接到可见

光火焰检测器的探头组件上，从而完成了更换工作。一次就可使一层检测器投入运行。检测器灵敏度的提高使石油焦炭从燃烧器的中间喷口层向底层喷口重新分配成为可能。这样改变所得到的好处是当焦炭输送到底层喷口时，焦炭在炉内就有较长的停留时间，停留时间的增加就减少了飞灰中的含碳量，从而提高了两台锅炉和除尘器的效率。当三台磨中的一台因修理而停运时，检测器就显示出在降负荷运行条件下的效益，稳定工作的火焰检测器允许在没有点火器支持下两台磨运行。改装前这样的事是决不可能的。但是，当运行人员试图在只投一台磨煤机的情况下使锅炉运行时，发现检测器的灵敏度已达极限，这时点火器只好投入运行。

SAFE SCAN1可见光火焰检测器的运行验收很快引起人们的注意，在检测器更型后二个星期，火焰检测器就不再是运行人员用肉眼进行检查的设备了。当它出现在控制室时，人们对它的功能非常欣赏，开始记录下不用辅助燃料的运行天数。

#### 伊利诺斯电力公司BALDWIN电站3\*机组

伊利诺斯电力公司BaLdwin电站3\*机组是一台60万千瓦辅助循环、幅射再热、切向燃烧锅炉。锅炉有六层煤粉喷口，一层燃用2#油的暖炉油枪和五层燃用2#油的点火器。为了识别，把煤层从底到顶分别命名为A层至F层，UV型火焰检测器安装在AB、CD及EF层。图4示出了典型的角式燃烧器喷口布置图。机组燃用当地混煤，即地下矿与露天矿两种煤的混合物。

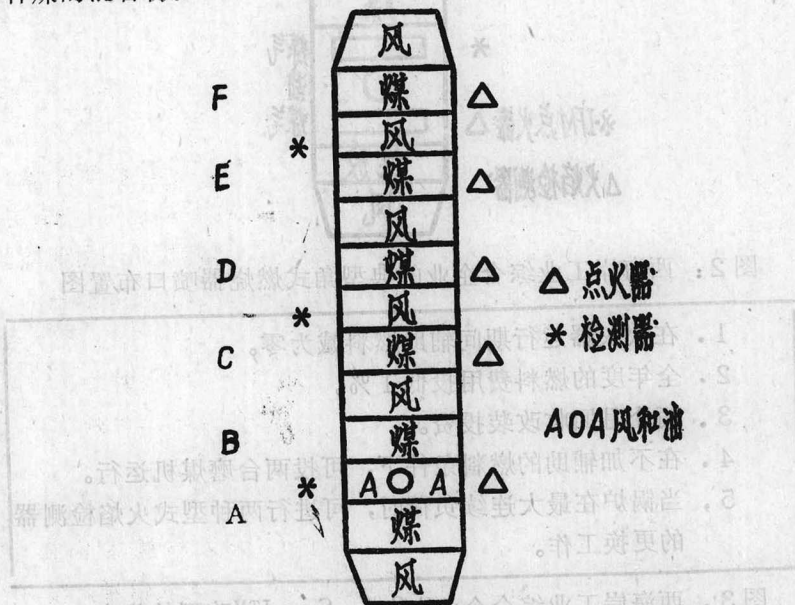


图4 Baldwin电站3\*机组角式燃烧器喷口布置图

该机组是调峰机组，在低谷期间，其负荷从60万千瓦降到30万千瓦。运行人员发现，在低负荷时，UV型火焰检测器检测火焰有困难。通过实践他们确信：为了防止由于检测器发出灭火信号而使主燃料跳闸（MFT），必须在45万千瓦左右投入点火器。虽然这项措施在防止锅炉灭火跳闸是有效的，但也是个造成浪费的方法。

由UV型检测器改为SAFE SCAN1可见光火焰检测器的工作分二个阶段：第一阶



段于1982年4月完成，CD层的一层UV型检测器换成了可见光检测器。这些检测器被纳入了燃烧器管理系统，并且控制盘上的四个火焰指示灯分别与四个检测器的输出触点连接。

1982年6月完成了低负荷试验以便鉴定CD层SAFE SCANI火焰检测器的性能。把F层（顶层）点火器投入运行以防万一火焰检测器故障而造成锅炉跳闸，但在没有影响火焰稳定的条件下，可把它们撤下来。锅炉负荷从60万千瓦逐渐降到21.5万千瓦，在这一运行状态下，C、D和F层相应的给煤机速度分别在43%、40%及55%下工作，燃烧情况良好而且火焰稳定。CD层上的火焰检测器的响应信号在三个角上都是连续的，第四个角时而出现“没火焰”信号（燃烧器管理逻辑要求一层火焰检测器四个中至少二个以上检测到火焰就能维持燃烧流量）。对火焰情况及检测器性能观察了约0.5小时，炉膛状态的观察和检测器试验数据表明：在这种降负荷的情况下，SAFE SCANI可见光火焰检测器能够成功地监视煤粉火焰。

1982年11月进行了检测器更新的第二阶段工作，在机组按计划停炉期间，把AB、EF层的UV型检测器换成了SAFE SCANI可见光火焰检测器，在启动期间对检测器的性能作了细致地观察，锅炉带27万千瓦负荷时，就把全部辅助燃料撤掉了。这时，B、C、D层相应的给煤机速度在50%下运行，而E层的则在25%下运行。但是过去使用UV型检测器的经验是：在冷态启动期间，直到锅炉带45万千瓦负荷还需要辅助燃料。

另一个低负荷试验是为了对可见光火焰检测器进行更充分的了解，1983年5月3#机组按计划停炉过程中，对检测器的低负荷性能进行了观察。在停炉前，当锅炉运行在58万千瓦负荷时，A、B、C、D和E磨煤机都在运行。负荷逐渐降低，第一次观察记录是在40万千瓦负荷下进行的，这时A、B、C和D磨煤机运行，AB层和CD层检测器全部都有火焰指示（全部指示的含义是一层上的四个检测器都连续地检测到火焰，与此相反的是四个检测器中一个或二个及以上的检测器偶而发出灭火信号）。

在记录下观察结果及数据后，锅炉自动调节器整定到30万千瓦，然后锅炉自动降负荷，在30万千瓦负荷下A、B及C磨煤机在运行中，其中A及B磨为自动调节燃料而C磨处于手动。这时AB层检测器全部指示有火焰，而CD层的四个检测器有二个以上时发出灭火信号。

因为从负荷调度系统那里接受到许可指令，锅炉负荷进一步降到18万千瓦，A及B磨的给煤速度在50%，而C磨的给煤机速度在35%，AB层检测器仍然全部指示有火焰，CD层检测器仍保持稳定。有一个或二个以上偶而发出灭火信号，没有试图在不加辅助燃料的情况下进一步降负荷；这是因为还要进行预定的透平关闭阀门的严密性试验。因此，在记下检测器的数据后，把CD层点火器投入了运行。但是从现有的事实可以认为：AB层检测器的稳定性联系着A、B层稳定的煤粉燃烧，而C层磨煤机将可在没有辅助燃料的情况下允许更多的负荷降低。

从十一月份更换了检测器以来，分析逐日的运行记录表明：在没有投入辅助燃料的前提下，运行人员按常规使3#机组的负荷在60万千瓦30万千瓦之间变化。假定继续维持这种作法，记录表明全年油耗将降低50%以上。把这项节约换算成检测器装置

费用及安装费用，那么两个月就可回收这些费用。图5列出了各项运行效益。

1. 低负荷运行期间，辅助燃料可降低50%
2. 两个月回收改装投资
3. 不投辅助燃料可在30%MCR下运行
4. 减少定期维护（没有紫外光敏管更换问题）

图5 伊利诺斯电力公司BaLdwin电站3\*机组检测器更型的效益使用的要点

SAFE SCAN1可见光火焰检测器可分成两部分，一是装在锅炉上的部件，一是遥控的信号处理板的机架。两部份合成一体构成一个有效的火焰检测系统。光导纤维和固体线路板合在一起以识别从燃烧器火焰中发射出的可见光的特有的频率及强度水平。

从所监视的燃烧区发出的光经过光纤构成的光导管由燃抢器区传到炉外的电子组件上，再经过光电二极管把光转换成电信号，把带有红外光学滤波的蓝色增强型硅光电二极管用作主要的感受元件。如图6所示，限制检测器光谱灵敏度的唯一因素就是其一次感受元件的特性，光导纤维传光管和光电二极管两者对紫外线辐射均无反应，传光管的传输特性从450毫微米至1500毫微米之间是平坦的直线，但是，红外滤波限制了二极管的响应度在波长短于700毫微米范围内。由于这种光学滤波的结果，使SAFE SCAN1火焰检测器只对可见光起作用。光纤光缆及光电二极管的总体响应曲线与人眼响应曲线是很相似的。如果燃烧是可见的，那么检测器就能反应出来。

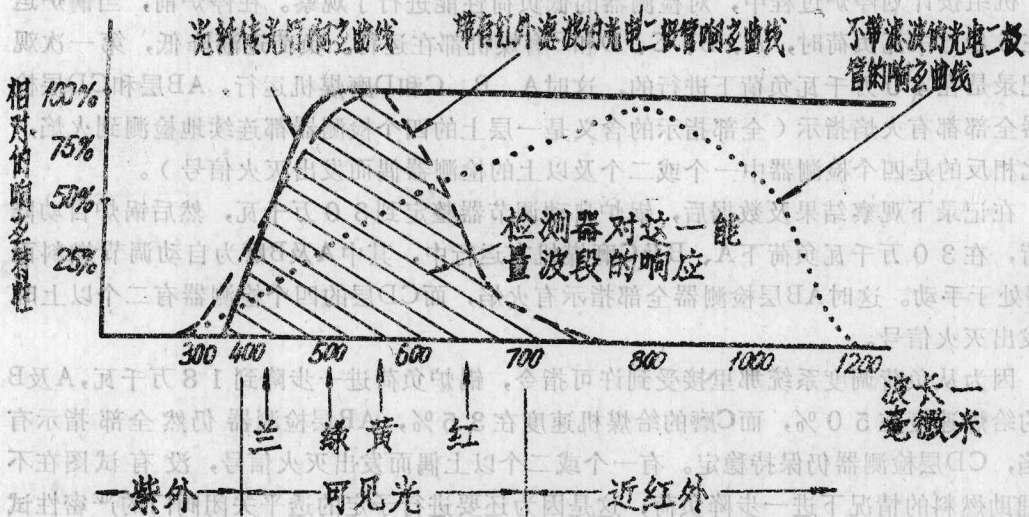


图6 Safe SCAN ITM灵敏度范围

炉前的电子组件把光电二极管送来的火焰强度及火焰脉动的频率加以放大。图7示出了从光信号转换成电流信号的简化框图。采用四蕊屏蔽电缆把电流信号送到遥控机箱以便进行信号处理。



### 炉前安装的电子组件框图

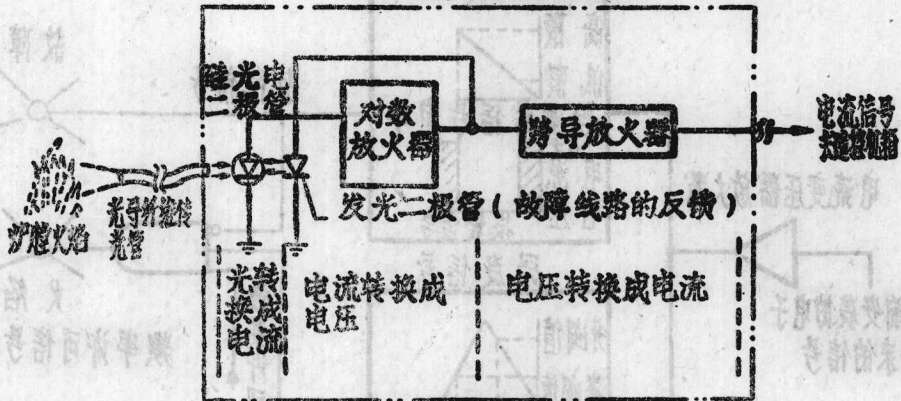
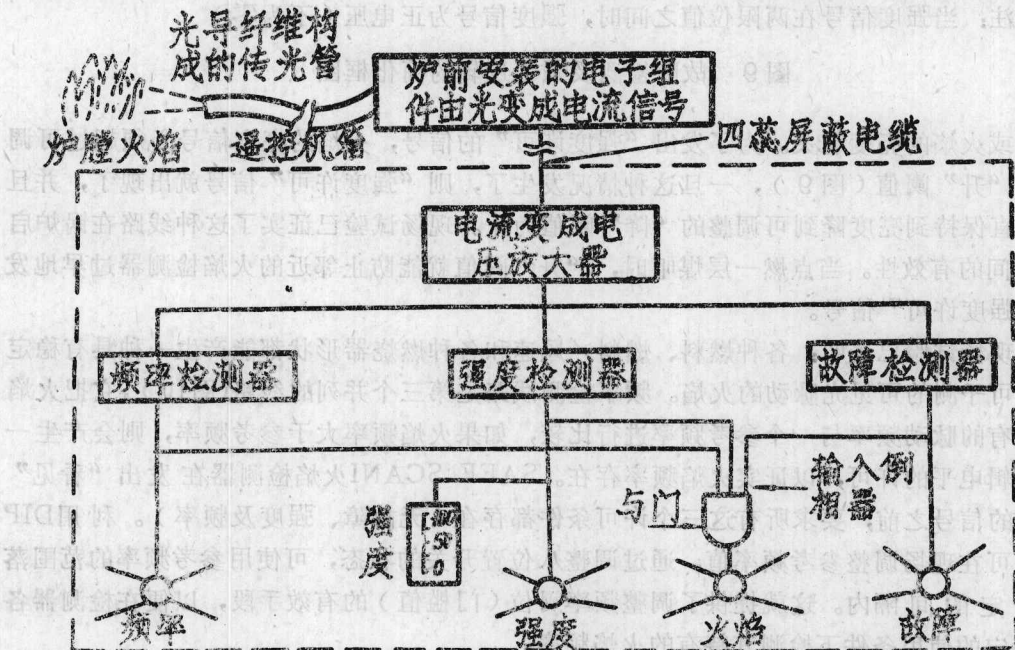


图7 火焰信号转换组件的简化框图

在图8示出了四个相同的遥控机箱通道之一，首先把电流信号转换成电压信号，然后靠三个并联的线路同时且各自独立地分析上述信号的强度、频率以及绝对幅值。故障检查线路则连续地把火焰信号的幅值与调整好的高、低限位值进行比较（图9）。假如在光电二极管和遥控机箱之间的某处有故障出现，诸如电缆断了，那么火焰信号将会偏离正常信号所在范围，比较器线路会检查出这个偏差，从而发出一个故障报警并且使火焰允许失去作用。同时，强度检查线路是在火焰信号的直流电压电平下工作，它直接与



注：去与门的全部输入必须为正（是零），火焰指示灯才亮。当线路调整时，从故障检查器来的倒了相的输入给出一个信号。

图8 Safe Scan I™火焰检测器信号通道简化框图