

报警管理

评估报警的有效性和必要性

冯科智 王从梁

中海炼化惠州炼化分公司

鲁毅 冯双虎 朱海奇

北京华清国诚安全技术有限公司

摘要: 本文通过对国内外发生的多种化工事故的原因分析,指出产生事故均与报警管理的缺陷有关,不完善的报警管理可能导致不必要的停车,降低了装置的平稳安全运行的能力。

为减少因报警管理缺陷带来的经济损失,本文主要从 KPI 指标、报警优先级评估、设计阶段优化报警管理、在役阶段优化报警管理以及加强人员技能培训等 5 个方面来重点提高报警管理的水平,并以某工艺装置为例,分别阐述了报警管理在设计阶段及在役阶段等不同阶段的应用,并举例说明了报警分级的具体方法。

关键词: 报警性能指标 (KPI); 报警优先级; 人机界面优化

引言

目前国内装置在设计阶段没有完整的报警管理程序，同时随着近年 DCS 系统的迅速发展，报警组态变得非常容易，人们可以在不增加成本的基础上随意设置报警，因此“报警越多越好”以及“组态不花钱”等因素主导了人们的主要思想，从而忽略了报警管理重要性。据统计目前工艺装置中单个 PID 回路通常有 15-20 个报警，包括高低报警、偏差报警、速率报警等，这些报警的数量繁多，有时甚至比工艺参数报警更多。

除上述问题外，报警的分级的现状是仅依靠系统供应商根据工程经验进行设置。以某 ITCC 集成商为例，系统中 90% 的报警默认为高优先级报警，报警指示灯及声音始终处于活跃状态，极大的牵扯了操作人员的精力。经过长时间的运行，操作人员往往已经习惯这种反复无常的报警，所以当报警发生时，操作人员往往会直接进行报警确认，因此则可能忽略了重要的安全隐患。

随着近年来各类事故的不断发生，更多的化工企业开始加强对重视报警管理的重视程度。如何能够更好的实现报警的功能是目前所遇见的典型问题。本文将从设计阶段及运行阶段两方面对报警管理生命周期的重要环节进行阐述。

1 报警定义

报警就是采用声光等手段提醒控制室操作人员对工艺装置采取有效的行动。可以通过各种措施来消除报警，恢复平稳操作，如调整工艺参数、通过对讲机通知外操调节操作、查询仪表读数、停启设备等。设置有效的报警，能够良好的反应装置的运行状态，操作人员采取正确的处理手段，能够使装置平稳安全长周期的运行下去。报警作为关键的预防风险发生的手段，是保护层中非常关键的一环，如下图所示。

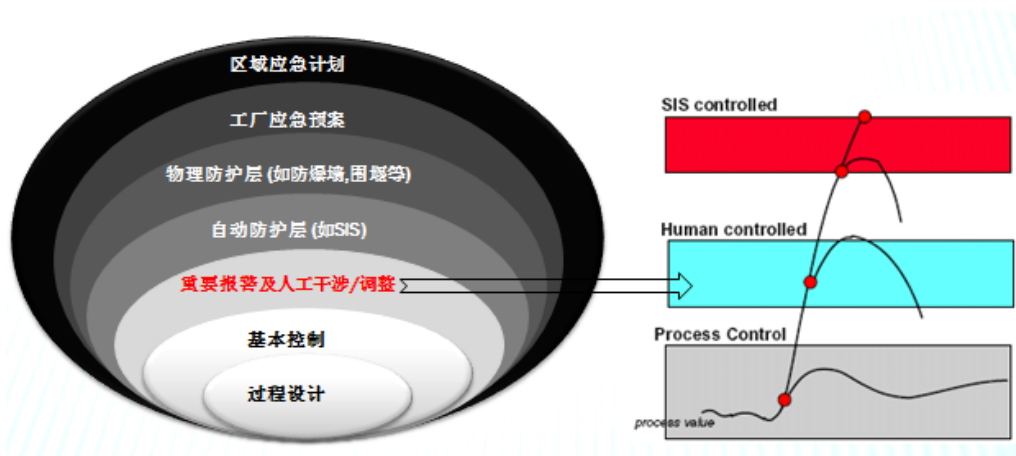


图 1 保护层

Fig.1 Protection layer

报警管理是通过制定完整有效的报警设计流程和管理策略，或改善现有装置中已有的报警管理体系，来避免更大的财产损失以及环境、安全事故的一种手段。报警系统是协助操作人员发现工艺、设备或系统问题并优先作出响应，防止发生不可控的后果。同时为其他分析人员采集离线信息，方便后期的维修工作及事故的调查工作。但报警不是万能的，它并不能够取代操作人员对装置的操作和监控。

某化工装置在设计阶段进行了危险与可操作性 (HAZOP) 分析对设计及操作过程中潜

在的危害进行了识别,但并没有在此基础上执行报警管理等相关工作。本文通过介绍国内石油化工行业在报警管理方面存在的主要问题,说明报警管理的有效性及其必要性。并且提出化工装置应当在设计阶段及操作阶段等不同阶段的执行要点,并举例说明了报警分级的方法。

2 报警管理

2.1 KPI 指标

无论设计阶段还是运行阶段,KPI 指标均为评估报警系统有效性的重要手段。设计阶段 KPI 指标 (EEMUA191) 如下图所示:

表 1 KPI 指标 (设计阶段)
Table 1 KPI (design phase)

Priority band	Alarms configured during system design
Critical	About 20 altogether
High	5%
Medium	15%
Low	80%

运行阶段的 KPI 指标 (EEMUA191) 如下表所示:

表 2 KPI 指标 (在役阶段)
Table 2 KPI (operation phase)

Priority band	Target maximum occurrence rate
Critical	Very infrequently
High	5 per shift
Medium	2 per hour
Low	5 per hour

2.2 报警优先级评估

国际标准中,EEMUA191、ISA18.2 以及 SCADA1167 分别制定了不同的报警优先级评估方法。本文以 SCADA1167 风险矩阵法为例,对报警优先级划分进行阐述。首先,需要评估出每一个报警回路的后果严重性等级和相应时间,参见表 3 和表 4。

表 3 后果严重性
Table 3 Severity of consequence

Impact	Category	Severity: MINOR	Severity: MAJOR	Severity: SEVERE
Personnel Safety	No injury or health effect	Personnel injuries	1 death	More than 1 death

Impact	Category	Severity: MINOR	Severity: MAJOR	Severity: SEVERE
Public or Environmental	No effect	Operating permit levels or other mandates not exceeded	Operating permit levels exceeded to a degree involving local or state reporting	Operating permit levels exceeded to a degree involving federal reporting
		Local environmental effect not crossing fence line or right-of-way, no community complaints	Single exceedance of statutory or prescribed Limit	Limited or extensive release, crosses fence line or right-of-way
Cost / Financial Loss / Down-time	No loss	Contained release with little, if any, clean up and negligible financial consequences	Contamination causes some non-permanent damage	Impact involving the community, multiple complaints expected
		Internal or routine reporting requirements only	Single or very few community complaints expected	Repeated exceedances of limits
Cost / Financial Loss / Down-time	No loss	Event costing <\$10,000.	Event costing \$10,000 to \$100,000	Event costing >\$100,000
		Only internal reporting required.	Reporting required at the regional level	Reporting required at senior management level
Cost / Financial Loss / Down-time	No loss	No pipeline outage or delivery impact	Short duration outage; daily throughput not significantly affected	Pipeline outage; customer deliveries and/or schedule affected

表 4 响应时间

Table 4 Response time

Classes for maximum time to respond	
Response time introduction	Response time
Immediately	>5minutes
Rapidly	5-15 minutes
Promptly	15-30 minutes
Upper Limit	>30 minutes

其中,HAZOP 分析出来的危险场景及相应的后果严重性可以作为报警等级划分的输入,可以作为支撑报警管理的一项重要内容。具体的分级方法可以参见表 5。

表 5 报警矩阵 (SCADA 1167)
Table 5 Alarm matrix (SCADA 1167)

Maximum time to respond	Alarm consequence severity		
	Minor	Medium	Severe
>30 minutes	cancel	No need	reconfiguration
15~30 minutes	small	small	medium
5~15 minutes	small	medium	medium
>5 minutes	medium	high	high

Note: Risk severity need consider combine all the safety, environment and asset consequence.

响应时间通常是指操作人员从发现报警到处理正常所必须花费的时间。由此可见,如果一组报警值与其相对应的联锁值设置不当的话(如,一个液位低报警至液位低报警的时间只有 5 分钟,实际需要 15 分钟才能恢复正常操作),那么这样的报警值就是无效且不必要的,因为它失去了报警的意义,它虽然提醒了操作人员,但是没有留出足够的响应时间,操作人员无法在此时间内将操作调节回正常,从而使装置产生不必要的非计划停车或其他严重事故。因此在设计阶段需要对报警值和联锁值的确定投入更多的精力,即提高对 HAZOP 分析等一些分析方法的重视程度,保证报警值设置有着充足的响应时间,这样才能在运行过程中降低各种非计划停车的次数和概率。

风险严重性主要是风险发生后,对于人员、环境和财产所造成的经济损失之合。根据企业自己的内部标准或统一标准来判断后果的严重性。由于地区的差异以及成本的不同,可能相应的风险严重性等级也有所不同。

通过每一个风险场景的响应时间和风险严重性等级,我们能够对每一个报警进行分级。对分级过后的报警进行管理,从人机界面的角度,有如下方法:

- 针对不同级别的报警,我们可以用报警颜色来加以区别(如,红、黄、绿),便于操作人员在众多报警中,准确且及时的处理紧迫性较高的风险,从而稳定装置的运行;
- 对于不同级别的报警,我们可以在报警声音上加以区别;
- 不同级别的报警复位要设置不一样的要求,对紧急性高的报警,要提高复位的要求,防止操作人员麻痹大意,对报警进行了复位而未进行操作上的调整,可以通过增加确认对话框等手段来实现。

2.3 设计阶段优化报警管理

在装置的设计阶段,报警值及联锁值的确定往往是十分关键但又可能容易忽略的步骤。谈其重要,是因为报警值及联锁值在装置运行过程中起着至关重要的作用,直接影响到装置的平稳安全运行;说其容易被忽略,则是设计阶段需要关注的要点太多,工期也较为紧张,确定的报警值及联锁值可能同实际运行时的值产生偏差,尤其是报警值,与装置运行过程中的值可能产生较大偏差。这样不仅没有能够有效的提醒操作人员对装置的运行进行及时干预,而且使控制室充斥着各种各样的报警声,加大了操作人员的心里压力,也麻痹了操作人员对报警的敏感程度。设计阶段报警优先级划分及 KPI 指标的确定是执行的重点与难点。

2.4 在役阶段优化报警管理

设计阶段报警值的确定如果满足要求，那么在运行阶段对报警加强管理的话，能够更加有效的发挥报警的功能，并保证装置的长周期运行，分析过程如下所示：

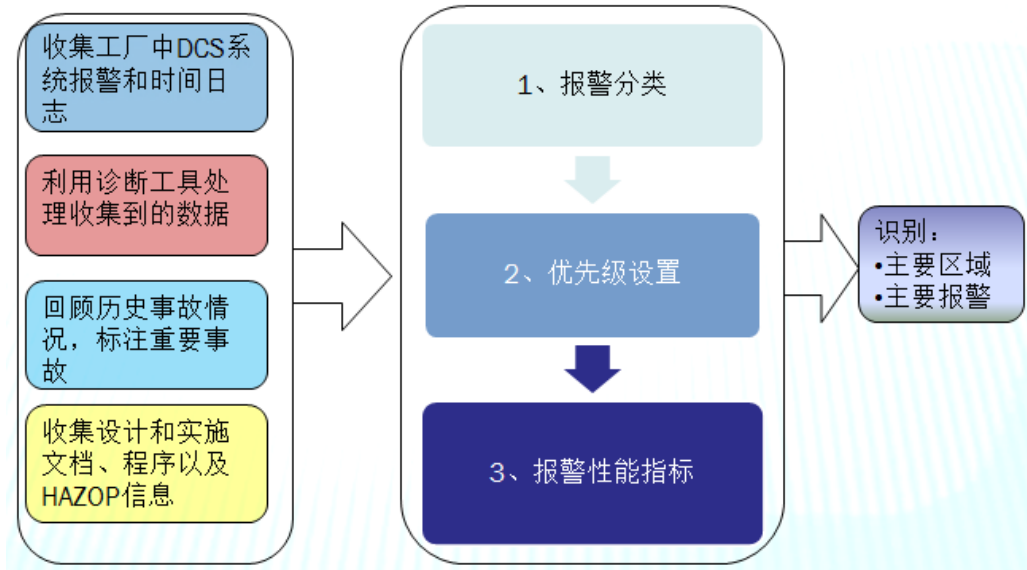


图 2 在役阶段报警管理流程

Fig.2 Alarm management process in operation phase

在装置正常运行过程中出现的报警一定是有问题的。它可能是报警设置的不当、仪表故障、或者是出现异常工况等。因此，无论报警的真假而或报警设置的不合理，均需要管理人员和操作人员对出现的每一个报警进行关注。

1) 加强数据的收集

在役装置对报警进行优化管理，首先要对报警数据进行收集，具体的内容如下：

- 收集工厂中 DCS 系统报警和时间日志；
- 利用诊断工具处理收集到的数据；
- 回顾历史事故情况，标注重要事故；
- 收集设计和实施文档、程序以及 HAZOP 信息。

收集完成这些数据之后，需要管理人员和技术人员对其进行系统的分析和梳理并完成归档，把报警分为：

- 常驻报警数量；
- 厌烦报警数量；
- 无响应报警数量；
- 停用的报警。

同时分析归纳同类报警的报警频率，列出报警的平均报警率，列出优先级设置不合理的报警，辨识出特定时间段或区域严重等级，对这些不合理的报警，管理人员组织人员对报警进行合理化改进，对报警进行变更，使其使用与目前的装置运行。

2) 加强报警变更管理

步骤一：找出不合理的报警之后，需要对这些报警值进行优化变更。针对不同级别的报警值变更，需要技术人员和管理人员投入不同的关注度，但是均需要仔细讨论变更前后的工艺参数变化，识别出场景可能发生的危险，判断出变更后可能产生的后果，找出正确快速处理报警的办法。使变更后的报警更加合理有效。去除和新加的报警比之变更的报警需要更为慎重的处置方式。

步骤二：将这些不合理的报警进行进一步的归类，确立报警性能指标，参见表 6。

表 6 报警性能

Table 6 Alarm performance

Average of alarm rate (steady operation)	Acceptable level
1 per minute	Unacceptable
1 per 2minutes	Over load
1 per 5 minutes	Controllable
<1 per 10 minutes	Easily accept

装置正常运行过程中出现了报警，需要对该报警进行仔细的记录和分析。记录中的内容应包括：报警的具体位号和位置，报警时间，分析报警原因，处理方法，恢复至正常操作的时间。还可以进一步扩展得出，如何避免该报警的发生，是否有类似的报警等内容。每天汇总各个班组的报警记录，将报警按表 4 的方式进行分类，以每 1~2 周为一个周期，管理人员、技术人员和操作人员一起对超载和不能接受的报警进行进一步的处理和优化变更。从而提高报警的有效性和必要性，使装置平稳安全长周期的运行。

每天各个班组的记录汇总之后，制成饼图、平均报警率、最大报警率、TOP10 报警等等，对全年装置报警优化成果进行分析，方便存档、年度总结和制定未来的运行和管理计划。

2.5 加强人员技能培训

无论设置多么可靠的报警、多么精良的设备和良好的安装，如果操作人员的操作水平不能满足要求，突发情况的处理手段不到位，紧急事故状态下的应急响应不清楚。那么再好的装置、再准确的报警、再充足的响应时间也无法保证装置平稳安全的运行。

如今装置的自动化程度很高，工艺参数、报警和联锁多达几百上千个，对操作人员的技能水平提出了更高的要求。因此，不仅需要加强员工普通的操作技能水平，还需要进一步加强人员对报警及联锁时的响应即异常工况的处置。

正常操作的调整和处理通常不会产生问题，往往在出现异常工况和报警的时候，操作人员因为紧张，操作水平不到位，很可能无法在规定的响应时间内完成操作的调整，甚至可能出现错误的操作，从而产生更加严重的后果，如非计划停车等。因此不仅需要在报警值的设置上准确、有效、可靠和必要，还要加强员工自身对异常工况处理的能力。可以通过制作异常工况卡片，试卷问答，应急演练等方式，而其中好的应急演练是提升效果最为明显的。

应急演练的仿真度高低和演练方案的好坏决定了一次应急演练的效果，重视每一次的演练，才能让员工在真正发生突发状况时，能够做出最正确的应对，降低事故发生的后果，减少不必要的损失，使装置能够平稳安全长周期的运行。

2.6 案例分析

本文以某化工装置耐硫变换单元中第一变换反应器出口温度 TAH2003 为例，采用报警矩阵法进行分级。变换反应器 PID 图如下所示：

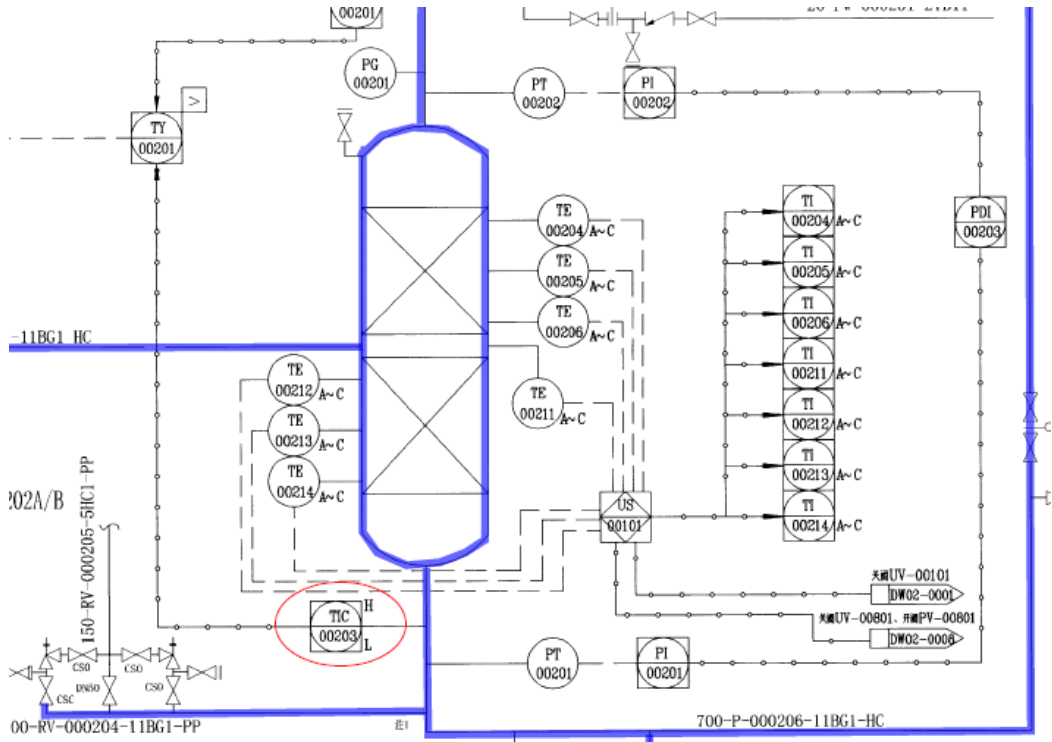


图3 第一变换反应器PID图

Fig.2 Alarm management process in operation phase

本次报警分级采用 SCADA1167 报警矩阵，报警矩阵如下所示：

表7 报警矩阵

Table 7 Alarm matrix

Maximum time to respond	Alarm consequence severity		
	Minor	Medium	Severe
>30 minutes	cancel	No need	reconfiguration
15~30 minutes	small	saml	medium
5~15 minutes	saml	medium	medium
>5 minutes	medium	high	high

Note: refer to table 3 and 4 to confirm consequence and response tim

报警分级过程需结合 HAZOP 分析的成果，列出导致报警的所有原因，根据各原因中后果严重性及相应时间确定报警优先级，具体的工作表如下图所示：

序号	位号	原因	后果	保护场景	设定点	物理边界点	变化速率	响应时间	操作时间	修正	S (后果严重性)	T (时间紧迫性)	Alarm等级
1	TAH 00203	进合成气分液罐T21-D101原料气流量过低或无流量	变换系统压力降低，第一变换炉T21-R-101出口温度可能升高。	变换反应器超温	425	475	10	5			中	低	低
		进变换反应器T21-R-101原料气温度过高	变换反应器T21-R-101床层温度升高，催化剂活性受影响，可能飞温。	变换反应器飞温	425	475	20	2.5			大	中	中

图3 报警分级工作表

Fig.2 Alarm classification worksheet

由于 HAZOP 阶段，报警一览表尚未完善，因此报警设定无法确定。通过查询“工艺

说明书”，确定正常操作温度为 400℃，此处假设报警值为 425℃。通过查询“设备数据表”，得出物理边界点为 475℃。

由 HAZOP 分析结果可以看出，导致第一反应器温度高报警 TAH00203 的原因分别：(1) 合成气分液罐 721-D101 原料气流量过低或无流量；(2) 进变换反应器 721-R-101 原料气温度过高。原因 (1) 导致的后果为变换系统压力降低，变换反应器出口温度可能升高，由此判断其后果严重性为“中”。假设温升为 10℃/Min，则其响应时间为 5Min，综合判断报警优先级为“低优先级”。同理，原因 (2) 由于其后果存在反应器飞温场景，所以其后果严重性为“大”。假设温升为 20℃/Min，其响应时间为 2.5Min，则其报警优先级为“高优先级”。综合考虑两个原因，其优先级为“高优先级”。根据 SCADA1167 标准要求，“高优先级”报警应配置为高频率声光报警。

按上述方法可对装置内所有报警进行定级，同时还需考虑 KPI 指标的影响，以控制报警数量在合理可接受的范围。

3 结论

一个好的报警管理系统可以及时的为操作人员提供适当的信息，这对于鉴别引起非正常状态的原因以及系统恢复到正常状态至关重要，因此这样的报警系统需要完善的系统报警管理程序来实现。

本文仅是抛砖引玉，从设计阶段、在役阶段的报警优化管理对报警管理的必要性进行了阐述。需要在具体的实践中不断的完善和改进方法，以适应国内化工企业的要求。

安监总管三[2014]116 号-《国家安全监管总局关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见》重点强调了报警管理的重要性，并规定了安全仪表功能完整性相关的报警参照安全仪表功能进行管理和检验测试。因此制定一套完整的报警生命周期管理程序已经迫在眉睫。报警的有效性和必要性及报警管理是化工行业一个任重而道远的工程，需要上至企业决策者，下至普通员工共同的努力，才能使装置得以平稳安全长周期的运行。

References

- [1]. APIRP1167 Pipeline SCADA Alarm Management
- [2]. EEMUA191-2007 Alarm Systems
- [3]. ISA18.2 Expected Re-Issue
- [4]. IEC-61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- [5]. GBT20438.4-2006 Functional safety of electrical/ electronic/ programmable electronic safety-related systems
- [6]. ISA-84.00.01-2004 Part 1 (IEC61511-1 Mod) Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector
- [7]. ISA S88.01 Batch Control
- [8]. IEC 62682:2014 Management of alarm systems for the process industries
- [9]. Norwegian petroleum directorate 2011 YA-711 Principles for alarm system design
- [10]. EPRI 2008 Alarm Management and Annunciator Applications Guidelines
- [11]. PAS 2010 The Alarm Management Handbook