

ICS 75.180.10  
CCS E92

# 团体标准

T/CNPCI0027—2024

## 智能优化控制系统运行评价和验收 规范

Evaluation and Acceptance Criteria for Intelligent Optimization Control System Operation

2024-10-01 发布

2024-12-01 实施

中国石油和化工自动化应用协会 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 综合运行评价..... 2

    4.1 评价内容及评价方法.....2

    4.2 CEI 安全性评价计算方法.....3

    4.3 CEI 自控率评价计算方法.....4

    4.4 CEI 稳定性评价计算方法.....5

    4.5 CEI 经济性评价计算方法.....5

    4.6 综合评价指数计算.....6

5 验收..... 7

    5.1 验收方式及验收指标.....7

    5.2 验收条件.....7

    5.3 验收流程.....7

    5.4 验收测试.....8

    5.5 验收结论.....12

附录 A（资料性附录） 评价要素等级分层表.....13

附录 B（资料性附录） 验收流程框图..... 14

附录 C（资料性附录） 验收记录表.....15

附录 D（资料性附录） 验收报告.....17

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国石油和化工自动化应用协会标准化工作委员会提出并归口。

主要起草单位：北京和隆优化科技股份有限公司、华东理工大学、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、建筑材料工业信息中心、中国化工集团德州实华化工有限公司、中铝山东有限公司热电厂、新疆天业（集团）有限公司、烟台万华聚氨酯股份有限公司、江苏沙钢钢铁有限公司、潞安化工集团有限公司、唐山三友化工股份有限公司、兰升生物科技集团股份有限公司。

主要起草人：于现军、冯恩波、王麟琨、江源、李鹏、高瑞峰、李明党、李刚、唐文龙、文刚、曹志晔、石敏、范冰、王耀武、高旭东、刘向英、董志鹏。

本文件为首次发布。

# 智能优化控制系统运行评价和验收规范

## 1 范围

本文件规定了智能优化控制系统（APC+RTO）运行评价、验收方式、验收指标、验收条件、验收流程等技术要求。

本文件适用于流程工业单元生产装置的智能优化控制系统运行评价和验收工作，包括但不限于冶金行业中燃气炉、加热炉、热风炉、烧结机、竖炉等；电力行业中循环流化床锅炉、煤粉炉、炉排炉、链条炉、除氧器（群）以及各种工艺的脱硫脱硝装置等；建材行业中水泥回转窑、粉磨站；化工行业中精馏塔、反应器、反应炉、聚合釜、干燥床、干燥塔、离心机等装置。（冷冻机各行业通用的）

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17212-1998 工业过程测量和控制

GB/T 2900.56-2008 电工术语 控制技术

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**先进控制** Advanced Process Control, APC

先进控制用于处理复杂多变量过程控制问题，先进控制的核心内容应包括基于数据采集及预处理、数学建模、软测量技术、控制策略和工程实施的全部内容。

### 3.2

**实时优化** Real Time Optimization, RTO

实时优化是将回路控制与过程运行优化相结合，采用两层结构，上层通过计划调度优化经济性能指标，产生底层控制回路的设定值；底层通过控制器使被控变量跟踪设定值，从而尽可能使过程运行在经济优化状态。

### 3.3

**智能优化控制** Intelligent Optimized Control, IOC

智能优化控制是通过优化技术和控制方法来解决工业装置复杂控制问题，包含先进控制 APC 和实时优化 RTO。

### 3.4

**控制回路** Control Loop

由比较元件，相应的正向通路和相应的反馈通路组成的元件组合。

[来源：GB/T 17212-1998，P2.3.1.11]

### 3.5

**执行机构** Actuator

由控制器的输出变量产生驱动最终控制元件所需的操纵变量的功能单元。

[来源：GB/T 2900.56-2008 ， 351-28-07]

3.6

**考核期自控率 Automatic Control Utilization Rate, ACR**

自控率是自动控制模式投用时间占整个考核期间的比例，用百分数表示。

3.7

**瞬时总自控率 Instantaneous Total Automatic Control Rate, ITACR**

瞬时总自控率是指实际投用自控回路数占应投自控回路数的比例，用百分数表示。

3.8

**稳定性 Stability, STAB**

稳定性是受相对于静止位置足够小的初始偏移或扰动时，可使系统状态变量与输出变量保持在该位置足够小的邻域内的系统特性。

[来源：GB/T 2900.56-2008， 351-21-30]

3.9

**安全性 Safety, SAFE**

安全性是指不会引起死亡、伤害、职业病或设备损坏、财产损失或环境危害的条件。这里以关键运行参数报警次数来表征。

3.10

**经济性 Economical, ECON**

经济性是指改造后比基期产品在能耗、物耗、产能、质量、收率等方面带来的经济收益的提升，用百分数表示。

3.11

**综合评价指数 Comprehensive Evaluation Index, CEI**

综合评价指数是用来综合评价装置运行状态的指数，由系统安全性、自控率、稳定性、经济性四个部分组成。

4 综合运行评价

4.1 评价内容及评价方法

a) 综合评价指数 CEI 评价要素按重要程度排列次序为安全性(CEI\_SAFE, 用 X1 表示等级分层)、自控率(CEI\_ACR, 用 X2 表示等级分层)、稳定性(CEI\_STAB, 用 X3 表示等级分层)、经济性(CEI\_ECON, 用 X4 表示等级分层)，每个要素指标分为 4 层。评价要素等级分层表见附录表 A.1

b) CEI 的每个单项均分为 4 个等级（CEI\_SAFE\_dj、CEI\_ACR\_dj、CEI\_STAB\_dj、CEI\_ECON\_dj），其对应分值关系见表 1，评价等级为“AAAA”对应评价得分为 4444，例如等级为 ABCD，则对应分值为 4321；

表 1 单项等级对应分值关系表

分层结果	4	3	2	1
对应字符	A	B	C	D

4.2 CEI 安全性评价计算方法

安全性指标包含关键设备安全性、系统的安全性、操作安全性，其设计方法如下：

a) 关键设备安全性指标（CEI\_SAFE1）

关键设备安全性占安全性指标权重为 60%，采用各个关键运行参数报警的累积次数表示安全性。关键运行参数报警的累积次数包括所有关键运行参数报警的累积的次数总和。计数周期为当前时刻前 24 小时报警累积次数总和，关键设备安全报警累积次数按式（1）计算：

$$CEI\_AQBJ1 = CEI\_GJCS1 + CEI\_GJCS2 + \cdots + CEI\_GJCSn \cdots \cdots (1)$$

式中：

CEI\_AQBJ1——为当前时刻前第 1 小时所有关键参数安全报警次数之和；

CEI\_GJCS1——为关键参数 1 当前时刻前第 1 小时安全报警次数；

CEI\_GJCS2——为关键参数 2 当前时刻前第 1 小时安全报警次数；

CEI\_GJCSn——为关键参数 n 当前时刻前第 1 小时安全报警次数。

24 小时关键参数安全报警累积次数按式（2）计算：

$$CEI\_SAFE1\_SUM = CEI\_AQBJ1 + CEI\_AQBJ2 + \cdots + CEI\_AQBJ24 \cdots \cdots (2)$$

式中：

CEI\_SAFE1\_SUM ——为 24 小时关键参数安全报警累积次数；

CEI\_AQBJ1 ——为当前时刻前第 1 小时所有关键参数安全报警次数之和；

CEI\_AQBJ2 ——为当前时刻前第 2 小时所有关键参数安全报警次数之和；

CEI\_AQBJ3 ——为当前时刻前第 3 小时所有关键参数安全报警次数之和；

CEI\_AQBJ24——为当前时刻前第 24 小时所有关键参数安全报警次数之和；

24 小时关键参数安全报警次数之和 CEI\_SAFE1\_SUM>4 次，CEI\_SAFE1=0；CEI\_SAFE1\_SUM=4，CEI\_SAFE1=20；CEI\_SAFE1\_SUM=3，CEI\_SAFE1=40；CEI\_SAFE1\_SUM=2，CEI\_SAFE1=60；CEI\_SAFE1\_SUM=1，CEI\_SAFE1=80；CEI\_SAFE1\_SUM=0，CEI\_SAFE1=100。

#### b) 系统安全性 (CEI\_SAFE2)

系统安全性占安全性指标权重为 20%，系统安全性主要是通讯中断次数来判定。1 小时通讯中断次数的累积方法按式（3）计算：

$$CEI\_SAFE2\_num1 = \sum TXGZ \cdots \cdots (3)$$

式中：

CEI\_SAFE2\_num1——为 1 小时通讯中断累积次数；

TXGZ ——为通讯中断状态，通讯故障时取值为 1，通讯正常时取值为 0。

24 小时通讯中断报警累积次数按式（4）计算：

$$CEI\_SAFE2\_num = CEI\_SAFE2\_num1 + CEI\_SAFE2\_num2 + \cdots + CEI\_SAFE2\_num24 \cdots \cdots (4)$$

式中：

CEI\_SAFE2\_num ——为 24 小时通讯中断报警累积次数；

CEI\_SAFE2\_num1 ——为当前时刻前第 1 小时通讯中断报警次数之和；

CEI\_SAFE2\_num2 ——为当前时刻前第 2 小时通讯中断报警次数之和；

CEI\_SAFE2\_num24——为当前时刻前第 24 小时通讯中断报警次数之和；

24 小时通讯中断报警累积次数大于等于 1 次，系统安全性 CEI\_SAFE2 得分为 0；24 小时通讯中断报警累积次数为 0 次，系统安全性 CEI\_SAFE2 得分为 100；

#### c) 操作安全性 (CEI\_SAFE3)

操作安全性占安全性指标权重为 20%，操作安全性是指功能误操作、阀门误操作和控制点误操作导致的安全性问题。功能误操作是指在不适当的时机，错误点击功能按钮或者错误的触发一些功能；阀门误操作是指阀门的开度超出了阀门的上限和下限；控制点的误操作是指，控制点超出了控制点设定的上限和下限。根据统计的误操作和控制点误操作的次数判断操作安全性。1 小时误操作次数的累积次数按式（5）计算：

$$CEI\_SAFE3\_num1 = WCZ\_GN + WCZ\_FM + WCZ\_SP \cdots \cdots (5)$$

式中：

CEI\_SAFE3\_num1——为 1 小时误操作累积次数；

WCZ\_GN ——为功能误操作次数；

WCZ\_FM ——为阀门误操作次数；

WCZ\_SP ——为控制点误操作次数。

24 小时误操作次数的累积次数按式（6）计算

$$CEI\_SAFE3\_num = CEI\_SAFE3\_num1 + CEI\_SAFE3\_num2 + \cdots + CEI\_SAFE3\_num24 \quad (6)$$

式中：

CEI\_SAFE3\_num ——为 24 小时误操作累积次数；

CEI\_SAFE3\_num1 ——为当前时刻前第 1 小时阀门误操作和控制点误操作次数之和；

CEI\_SAFE3\_num2 ——为当前时刻前第 2 小时阀门误操作和控制点误操作次数之和；

CEI\_SAFE3\_num24 ——为当前时刻前第 24 小时阀门误操作和控制点误操作次数之和；

24 小时误操作累积次数大于等于 1 次，操作安全性 CEI\_SAFE3 得分为 0；24 小时误操作累积次数为 0 次，操作安全性 CEI\_SAFE3 得分为 100。

d) 安全性指标（CEI\_SAFE）

安全性指标按式（7）计算：

$$CEI\_SAFE = CEI\_SAFE1 \times 60\% + CEI\_SAFE2 \times 20\% + CEI\_SAFE3 \times 20\% \cdots \cdots (7)$$

式中：

CEI\_SAFE ——为安全性指标；

CEI\_SAFE1 ——为关键设备指标安全性；

CEI\_SAFE2 ——为系统安全性；

CEI\_SAFE3 ——为操作安全性；

#### 4.3 CEI 自控率评价计算方法

自控率指标涵盖的内容及设计方法如下：

第一个小时累积平均自控率是指总自控率小时累积均值，第一个小时累积平均自控率按式（8）计算：

$$CEI\_ACR1 = \frac{\sum ITACR}{\sum NUM} \cdots \cdots (8)$$

式中：

CEI\_ACR1 ——为当前时刻前第 1 小时平均自控率；

ITACR ——为瞬时自控率；

NUM ——为总自控率采集个数。

总的平均自控率按式（9）计算：

$$CEI\_ACR = \frac{CEI\_ACR1 + CEI\_ACR2 + \cdots + CEI\_ACR24}{24} \cdots \cdots (9)$$

式中：

CEI\_ACR ——为近 24 小时的平均自控率；

CEI\_ACR1 ——为当前时刻前第 1 小时平均自控率；

CEI\_ACR2 ——为当前时刻前第 2 小时平均自控率；

CEI\_ACR24 ——为当前时刻前第 24 小时平均自控率。

#### 4.4 CEI 稳定性评价计算方法

稳定性指标涵盖的内容及设计方法如下：

第一个控制回路每个小时稳定性指标是指在 1 个小时内对控制参数在精度范围内的时间占比（百分比），第一个控制回路每个小时稳定性指标按式（10）计算：

$$CEI\_STAB1\_1 = (1 - \frac{CXT1-1}{1h}) \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中：

CEI\_STAB1\_1 ——为第一个控制回路每个小时稳定性；

CXT1\_1 ——为本小时超限时间，单位为小时；

h ——为单位小时。

单个控制回路稳定性指标是指近 24 小时某回路稳定性的移动平均值，单个控制回路稳定性指标计算按式（11）计算：

$$CEI\_STAB1 = \frac{CEI\_STAB1\_1 + CEI\_STAB1\_2 + \dots + CEI\_STAB1\_24}{24} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

CEI\_STAB1 ——为近 24 小时单个回路稳定性的移动平均值；

CEI\_STAB1\_1 ——为当前时刻前第 1 小时平均稳定性；

CEI\_STAB1\_2 ——为当前时刻前第 2 小时平均稳定性；

CEI\_STAB1\_24 ——为当前时刻前第 24 小时平均稳定性。

第 2 个控制回路和第 N 个是控制回路的稳定性计算方法相同。

总的稳定性按式（12）计算：

$$CEI\_STAB = a1 \times CEI\_STAB1 + a2 \times CEI\_STAB2 + \dots + an \times CEI\_STABn \dots\dots\dots (12)$$

式中：

CEI\_STAB ——为稳定性指标；

CEI\_STAB1 ——为第 1 个控制回路的稳定性；

CEI\_STAB2 ——为第 2 个控制回路的稳定性；

CEI\_STABn ——为第 n 个控制回路的稳定性；

a1 ——为第 1 个控制回路的权重系数；

a2 ——为第 2 个控制回路的权重系数；

an ——为第 n 个控制回路的权重系数。

#### 4.5 CEI 经济性评价计算方法

经济性评价有很多种指标，比如能耗、物耗、收率等，不同的装置可用不同的指标进行评价，评价指标可以是一种，也可以是多种。

能耗指标评价经济性内容及设计方法如下：

当总自控率（投用智能优化控制回路的总自控率，以下简称总自控率）大于等于 90% 时，认为设备处于智能优化控制状态；当总自控率小于 90% 但大于等于 50% 时，认为设备处于半自动智能优化控制状态；当总自控率小于 50% 时，认为设备处于非智能优化控制状态。

持续统计最近 24 小时，控制状态为非智能优化的能耗情况，记录为：NHSD1, NHSD2, ……NHSD24；处于半自动智能优化控制统计最近 24 小时的能耗情况，记录为：NHBZD1, NHBZD2, ……NHBZD24；智能优化控制统计当前时刻之前 24 小时的能耗情况，记录为 NHDQ1, NHDQ2, ……NHDQ24。

非智能优化的能耗均值按式（13）计算：



$$NHSD\_avg = \frac{NHSD1 + NHSD2 + \cdots + NHSD24}{24} \quad (13)$$

式中：

NHSD\_avg——为近 24 小时原系统控制的能耗均值；

NHSD1 ——为当前时刻前第 1 小时原系统控制的能耗情况；

NHSD2 ——为当前时刻前第 2 小时原系统控制的能耗情况；

NHSD24 ——为当前时刻前第 24 小时原系统控制的能耗情况。

半自动智能优化控制的能耗均值按式（14）计算：

$$NHBZD\_avg = \frac{NHBZD1 + NHBZD2 + \cdots + NHBZD24}{24} \quad (14)$$

式中：

NHBZD\_avg——为近 24 小时半自动智能优化控制的能耗均值；

NHBZD1 ——为当前时刻前第 1 小时控制状态为半自动智能优化控制的能耗情况；

NHBZD2 ——为当前时刻前第 2 小时半自动智能优化控制的能耗情况；

NHBZD24 ——为当前时刻前第 24 小时半自动智能优化控制的能耗情况。

智能优化控制下最近 24 小时能耗均值按式（15）计算：

$$NHDQ\_avg = \frac{NHDQ1 + NHDQ2 + \cdots + NHDQ24}{24} \quad (15)$$

式中：

NHDQ\_avg——为近 24 小时智能优化控制的能耗均值；

NHDQ1 ——为当前时刻前第 1 小时控制状态为智能优化控制的能耗情况；

NHDQ2 ——为当前时刻前第 2 小时控制状态为智能优化控制的能耗情况；

NHDQ24 ——为当前时刻前第 24 小时控制状态为智能优化控制的能耗情况。

能耗表征的经济性指标按式（16）计算：

$$CEI\_ECON = \frac{NHSD\_avg - NHDQ\_avg}{NHSD\_avg} \times 100\% \quad (16)$$

式中：

CEI\_ECON ——为经济性指标；

NHSD\_avg——为近 24 小时原系统控制的能耗均值；

NHBZD\_avg——为近 24 小时半自动智能优化控制的能耗均值；

NHDQ\_avg——为近 24 小时智能优化控制的能耗均值。

#### 4.6 综合评价指数计算

综合评价指数 CEI 按式（17）计算：

$$CEI = CEI\_SAFE\_dj \times 1000 + CEI\_ACR\_dj \times 100 + CEI\_STAB\_dj \times 10 + CEI\_ECON\_dj \quad (17)$$

式中：

CEI\_SAFE\_dj——为安全性等级对应分值；

CEI\_ACR\_dj ——为自控率等级对应分值；

CEI\_STAB\_dj——为稳定性等级对应分值；

CEI\_ECON\_dj——为经济性等级对应分值。

## 5 验收

### 5.1 验收方式及验收指标

#### 5.1.1 验收方式

验收方式采用原系统（DCS/PLC）和智能优化控制系统（APC+RTO）对比测试的方法进行，即原系统（DCS/PLC）和智能优化控制系统（APC+RTO）分别操作规定的验收时长，检测 4.1 规定的指标。宜采用“72+24+72”小时的方式，即 72 小时原系统操作，中间智能优化控制系统操作过渡 24 小时，再进行 72 小时智能优化控制系统操作。智能优化控制系统宜具备自动计算考核指标的功能，其计算的数据可作为验收依据。

#### 5.1.2 验收指标内容

- a) 自控率达到 90%及以上;
- b) 稳定性达到 90%及以上;
- c) 安全性达到 95%及以上;
- d) 节能率按合同约定，无约定时至少应在 0.5%及以上;
- e) 合同中另行规定的其他内容（收率、物耗、质量等）。

### 5.2 验收条件

- a) 综合评价指数 CEI 连续 48 小时均为 AAAA;
- b) 必要仪表工作正常且保持测试期间运行状态和特性不变;
- c) 正常的排班顺序和操作习惯，测试期间保证没有调班计划;
- d) 未有设备检修、生产关键设备维护等对测试工作有较大影响的计划性工作安排;
- e) 系统输入（如能源介质的累计、品质，其他辅助输入累计、品质）和系统输出（如生产产量、品质）未有计划性较大调整的工作安排。

### 5.3 验收流程

验收流程框图参见附录 B，内容包括但不限于下列：

- a) 由使用方和提供方共同成立验收考核小组;
- b) 非智能优化模式下运行，按照表 B.1、表 B.2、及表 B.3 进行相关过程数据和化验数据的记录（具备自动计算考核指标功能的系统，可采用系统自动统计），如考核期间遇到 5.2 中非正常或非统一工况的情况，考核期应顺延，直到达到规定的非智能优化模式的考核期，则非智能优化模式考核期结束;
- c) 智能优化模式下运行，按照表 B.1、表 B.2、及表 B.3 进行相关过程数据和化验数据的记录（具备自动计算考核指标功能的系统，可采用系统自动统计），如考核期间遇到 5.2 中非正常或非统一工况的情况，考核期应顺延，直到达到规定的智能优化模式的考核期，则智能优化模式考核期结束;
- d) 由使用方和提供方共同根据记录的数据（或系统自动记录数据），进行合同指标的计算;
- e) 由使用方和提供方召开验收考核专题会，根据计算得到的各项指标情况，确定最终是否给与验收。

### 5.4 验收测试

### 5.4.1 验收测试过程

验收测试过程包括验收的对比数据收集过程和验收指标计算过程，验收测试过程按照 5.3 验收流程进行。

### 5.4.2 验收指标计算

#### 5.4.2.1 考核期自控率计算

##### a) 单个控制回路自控率计算

设某一回路的投用状态变量  $AUTO1$ ，为 1 时表示智能优化操作自动状态，为 0 时表示原系统操作状态；

智能优化操作自动状态时间累计按式 (18) 计算：

$$T\_auto1 = \sum AUTO1 \dots\dots\dots (18)$$

式中：

$T\_auto1$ ——为智能优化操作自动状态累积时间

$AUTO1$  ——为某一回路的投用状态变量；

统计考核累计时间按式 (19) 计算：

$$T\_counter1 = \sum \text{运算周期} \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$T\_counter1$ ——为自控率总的考核时间

单个回路自控率按式 (20) 计算：

$$ACR1 = \frac{T\_auto1}{T\_counter1} \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

式中：

$ACR1$  ——为单个回路自控率；

$T\_auto1$  ——为智能优化操作自动状态累积时间；

$T\_counter1$ ——为自控率总的考核时间；

其他控制回路的自控率统计方法相同。

##### b) 多个控制回路自控率计算

设控制回路状态变量为  $AUTO1, AUTO2, \dots, AUTOn$ ，为 1 时表示智能优化操作自动状态，为 0 时表示原系统操作状态。

瞬时总自控率按式 (21) 计算：

$$ITACR = \frac{\sum_{i=1}^n AUTOi}{n} \dots\dots\dots (21)$$

式中：

$ITACR$ ——为平均瞬时总的自控率；

$AUTOi$ ——为每个小时的自控率。

智能优化操作自动状态时间累计按式（22）计算：

$$ASP\_T\_ITACR = \sum ITACR \dots\dots\dots (22)$$

式中：

ASP\_T\_ITACR——为智能优化操作自动状态累积时间；

ITACR ——为瞬时总的自控率。

统计考核累计时间按式（23）计算：

$$ASP\_T\_counter\_T = \sum \text{运算周期} \dots\dots\dots (23)$$

式中：

ASP\_T\_counter\_T——为自控率总的考核时间。

考核期间平均总自控率按式（24）计算：

$$ASP\_AVG\_TACR = \frac{ASP\_T\_ITACR}{ASP\_T\_counter\_T} \times 100\% \dots\dots\dots (24)$$

式中：

ASP\_AVG\_TACR ——为考核期平均总自控率；

ASP\_T\_ITACR ——为智能优化操作自动状态在考核期内累计值；

ASP\_T\_counter\_T——为自控率总的考核时间。

#### 5.4.2.2 考核期稳定性计算

稳定性是未超限时间占考核总时间的比例，用百分数表示。

##### a) 单个控制回路稳定性计算

设某一控制回路设定点为 SP1，测量值为 PV1，达标控制精度为±DET1；则，计算测量值在设定值偏差范围内时，则按式（25）计算累计时间，否则不累计时间：

$$ASP\_T\_WD = \sum \text{运算周期} \dots\dots\dots (25)$$

式中：

ASP\_T\_WD——为精度范围内的累积时间。

统计考核累计时间按式（26）计算：

$$ASP\_T\_counter = \sum \text{运算周期} \dots\dots\dots (26)$$

式中：

ASP\_T\_counter——为考核累积时间

则，单个控制回路稳定性按式（27）计算：

$$ASP\_STAB1 = \frac{ASP\_T\_WD}{ASP\_T\_counter} \times 100\% \dots\dots\dots (27)$$

式中：

ASP\_STAB1 ——为单个回路稳定性；

ASP\_T\_WD ——为考核总时间；

ASP\_T\_counter——为考核累积时间。

##### b) 多个控制回路平均稳定性计算

通过上述（a）的方法，计算得到多个控制回路的稳定性分别为：STAB1,STAB2……STABn

则，多个控制回路平均稳定性按式（28）计算：

$$ASP\_AVG\_STAB = \frac{\sum_{i=1}^n ASP\_STAB_i}{n} \dots\dots\dots (28)$$

式中：

ASP\_AVG\_STAB——为多个控制回路平均稳定性；

ASP\_STAB<sub>i</sub> ——为每个控制回路的稳定性。

说明：对于不同控制精度区间稳定性统计方法相同，只需将 DET1 更换为其他数值。

### 5.4.2.3 考核期安全性计算

安全性用关键设备参数及关键工艺技术参数报警次数来表征。统计考核期间的设备关键参数及工艺技术关键参数的报警次数。

#### a) 关键设备安全性指标（CEI\_SAFE1）

关键设备安全性占安全性指标权重为 60%，采用各个关键运行参数报警的累积次数表示安全性。关键运行参数报警的累积次数包括所有关键运行参数报警的累积的次数总和。计数周期为 24 小时报警累积次数总和，关键设备安全报警累积次数按式（29）计算：

$$AQBJ1\_1 = GJCS1\_1 + GJCS1\_2 + \dots\dots\dots + GJCS1\_n \dots\dots\dots (29)$$

式中：

AQBJ1\_1——为考核期第一天第 1 小时所有关键参数安全报警次数之和；

GJCS1\_1——为关键参数 1 考核期第一天第 1 小时安全报警次数；

GJCS1\_2——为关键参数 2 考核期第一天第 1 小时安全报警次数；

GJCS1\_n——为关键参数 n 考核期第一天第 1 小时安全报警次数。

24 小时关键参数安全报警累积次数按式（30）计算：

$$SAFE1\_1\_SUM = AQBJ1\_1 + AQBJ1\_2 + \dots\dots\dots + AQBJ1\_24 \dots\dots\dots (30)$$

式中：

SAFE1\_1\_SUM ——为考核期第一个 24 小时关键参数安全报警累积次数之和；

AQBJ1\_1 ——为考核期第一个第 1 小时所有关键参数安全报警次数之和；

AQBJ1\_2 ——为考核期第一个第 2 小时所有关键参数安全报警次数之和；

AQBJ1\_3 ——为考核期第一个第 3 小时所有关键参数安全报警次数之和；

AQBJ1\_24——为考核期第一个第 24 小时所有关键参数安全报警次数之和。

24 小时关键参数安全报警次数之和 SAFE1\_1\_SUM>4 次，SAFE1\_1=0；SAFE1\_1\_SUM=4，SAFE1\_1=20；SAFE1\_1\_SUM=3，SAFE1\_1=40；SAFE1\_1\_SUM=2，SAFE1\_1=60；SAFE1\_1\_SUM=1，SAFE1\_1=80；SAFE1\_1\_SUM=0，SAFE1\_1=100。

关键设备指标安全性平均得分按式（31）计算：

$$ASP\_SAFE1 = \frac{\sum_{i=1}^n ASP\_SAFE1\_i}{n} \dots\dots\dots (31)$$

式中：

ASP\_SAFE1——为考核期内，关键设备指标安全性平均得分；

N——为考核期的天数；

ASP\_SAFE1<sub>i</sub>——为第 i 天关键设备指标安全性得分。

#### b) 系统的安全性 (ASP\_SAFE2)

系统安全性占安全性指标权重为 20%，系统的安全性主要是通过通讯中断次数来判定。24 小时通讯中断次数的累积方法与“关键设备指标安全性”中关键设备报警 24 小时统计方法相同。做出以下规定：

24 小时通讯中断报警累计次数大于等于 1 次，系统安全性得分为 0；24 小时通讯中断报警累计次数为 0 次，系统安全性得分为 100；

#### c) 操作安全性 (ASP\_SAFE3)

操作安全性占安全性指标权重为 20%，操作安全性是指功能误操作、阀门误操作和控制点误操作带来的安全性的问题。功能误操作是指在不适当的时机，错误点击功能按钮或者错误的触发一些功能；阀门误操作是指阀门的开度超出了阀门的上限或下限；控制点的误操作是指，控制点超出了控制点设定的上限或下限。根据统计的误操作和控制点误操作的次数判断操作安全性。24 小时误操作次数的累积方法参见“关键设备指标安全性”中关键设备报警 24 小时统计方法相同。

24 小时误操作累积次数大于等于 1 次，操作安全性得分为 0；24 小时误操作累积次数为 0 次，操作安全性得分为 100。

安全性指标按式 (32) 计算：

$$ASP\_SAFE = ASP\_SAFE1 \times 60\% + ASP\_SAFE2 \times 20\% + ASP\_SAFE3 \times 20\% \cdots (32)$$

式中：

ASP\_SAFE ——为考核期内安全性指标；

ASP\_SAFE1——为考核期内平均关键设备指标安全性得分；

ASP\_SAFE2——为考核期内平均系统安全性得分；

ASP\_SAFE3——为考核期内平均操作安全性得分；

### 5.4.2.4 考核期节能率计算

通过计算折标单耗的方法计算。

对能源介质分析奇异数据的处理：每天一批能源介质，若当天燃料质量分析数据中高于或低于当天平均值的 2.5% 则将其废弃。

对于同一批次同一种能源介质，如果能源介质低位发热值的分析值分别为 Qdw1、Qdw2、Qdw3……Qdwn, 低位发热值的平均值按式 (33) 计算：

$$Qdw\_avg = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Qdw(k) \quad k=1, \cdots, n \cdots \cdots (33)$$

式中：

Qdw\_avg——为能源介质低位发热值的平均值；

Qdw(k) ——为能源介质低位值发热值的每次化验值。

如果  $\left| \frac{Qdw(k) - Qdw\_avg}{Qdw\_avg} \right| \geq 2.5\%$ ，则舍弃 Qdw(k)；如果该班两次能源介质低位发热值都舍弃，

则该班运行数据不计入考核数据。

节能率计算

折标后的吨汽标煤耗按式 (34) 计算：

$$\lambda = \sum_{k'} \left( \frac{Q1(k') \times Qdw(k')}{7000 \times Q2(k')} \right) \dots\dots\dots (34)$$

式中：

$\lambda$  ——为折标后的吨汽标煤耗；

$Q1(k')$  ——为班总给燃料量（t）；

$Q2(k')$  ——为班总产品量（t）；

$Qdw(k')$  ——为班两次能源介质低位发热值平均值（kcal/kg）。

能源介质节能率  $\xi_1$  按式（35）计算：

$$\xi_1 = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1} \times 100\% \dots\dots\dots (35)$$

式中：

$\xi_1$  ——为能源介质节能率；

$\lambda_1$  ——为手动模式下吨汽标煤耗；

$\lambda_2$  ——为优化模式下吨汽标煤耗。

## 5.5 验收结论

项目经过 5.4 验收指标计算，达到 5.1.2 的要求，完成验收报告（格式见附录表 D.1），则验收通过。

附录 A  
(资料性附录)

评价要素等级分层表

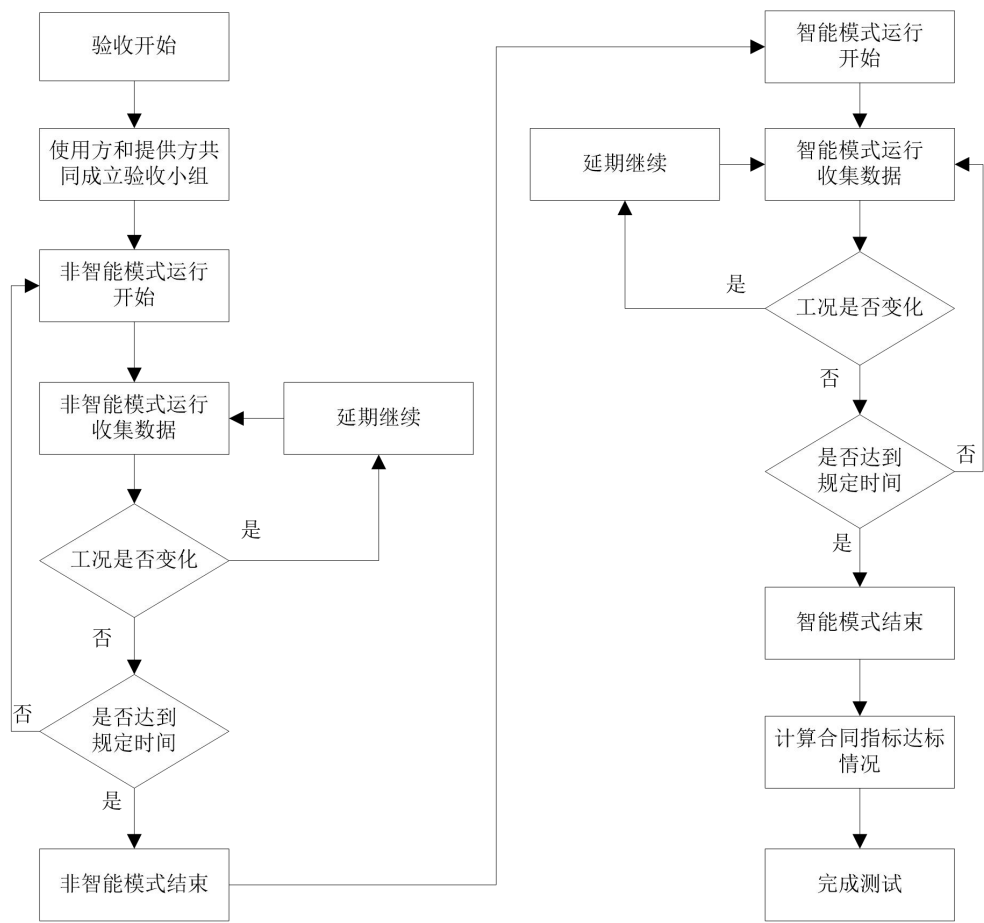
A.1 表 A.1 给出了评价要素等级分层表格式，表中所列数据为基本参考数据，各行业各装置可设计优于此标准的评价标准。

表 A.1 评价要素等级分层表

等级 要素	A	B	C	D
安全性(AQX)	$90\% \leq X_1$	$80\% \leq X_1 < 90\%$	$70\% \leq X_1 < 80\%$	$X_1 < 70\%$
自控率(ZKL)	$90\% \leq X_2$	$80\% \leq X_2 < 90\%$	$70\% \leq X_2 < 80\%$	$X_2 < 70\%$
稳定性(WDX)	$90\% \leq X_3$	$80\% \leq X_3 < 90\%$	$70\% \leq X_3 < 80\%$	$X_3 < 70\%$
经济性(JJX)	$1\% \leq X_4$	$0.8\% \leq X_4 < 1\%$	$0.4\% \leq X_4 < 0.8\%$	$X_4 < 0.4\%$



附录 B  
(资料性附录)  
验收流程框图



附录 C  
(资料性附录)  
验收记录表

C.1 表 C.1 给出了智能优化系统自动投入/切除记录表格式。

表 C. 1：智能优化系统自动投入/切除记录表

序号	投入/切除自动时间	具体操作内容、解除控制回路自动原因	操作人
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

C.2 表 C.2 给出了装置运行异常工况记录表格式。

表 C. 2：装置运行异常工况记录

序号	时间	异常工况记录	记录人
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

C.3 表 C.3 给出了装置运行工艺参数记录表格式。

表 C. 3：装置运行工艺参数记录表

运行模式	日期	自控率	稳定性	安全性	能源量	能源折标	产品产量
手动							
	均值			单耗 A=			
自动							
	均值			单耗 B=			
节煤率	$\varnothing=(A-B)/A*100\% =$						

附录 D  
(资料性附录)  
验收报告

D.1 表 D.1 给出了验收报告示例。

表 D.1 验收报告

甲方名称		乙方名称	
项目名称	同合同名称	验收日期	

验收结论：

在××××公司领导和技术人员的大力配合下，乙方工程技术人员××于×月×日——×月×日对本项目进行了现场安装调试，并于×月×日——×月×日双方对本项目进行联合验收，验收结论如下：

1、智能优化控制系统××××控制回路、××××控制回路、××××控制回路、××××控制回路、××××控制回路、××××控制回路均实现了全自动运行，自控率达到了××以上。××××装置全自动控制的投运，大大降低了工人的劳动强度，并使××××装置运行更加稳定。

2、在上述自动控制回路的基础上，实现了××××自寻优、××××自寻优控制，节能率达到了 XX%以上。

3、智能优化控制系统的安全控制功能能够及时诊断和预警××××装置故障，保障××××装置的安全运行。

总结论如下：

由乙方承担的“XXXXXX(同合同名称)”项目，已达到和超过合同中所承诺的经济技术指标，具体如下：

a) 自控率达到\*\*%；

b) 稳定性达到\*\*%；

c) 安全性达到\*\*%；

d) 节能率按合同约定，节能率为\*\*%；

e) 完成了合同中另行规定的其他内容。

该项目的过程记录准确详细，技术文件齐全，测试结果达到了合同要求，同意通过验收。

甲方：×××××××公司  
签字：  
盖章  
日期： 年 月 日

乙方：×××××××公司  
签字：  
盖章  
日期： 年 月 日