

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX/ISO 37160:2020

智慧城市基础设施 电力基础设施 火电站 基础设施质量评价方法和运营维护要求

Smart community infrastructure—Electric power infrastructure—
Measurement methods for the quality of thermal power infrastructure and
requirements for plant operations and management

(征求意见稿)

(ISO 37160:2020,NEQ)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

| | |
|---|-----|
| 前言 | II |
| 引言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 运营阶段的 QTPI 评价指标 | 4 |
| 4.1 QTPI | 4 |
| 4.2 QTPI 要素 | 5 |
| 4.3 评价指标 | 6 |
| 5 火电站基础设施运营 | 12 |
| 5.1 概述 | 12 |
| 5.2 测量 | 13 |
| 5.3 数据管控 | 13 |
| 5.4 分析 | 13 |
| 5.5 风险应对与机遇 | 14 |
| 5.6 运行控制 | 14 |
| 5.7 综合管理 | 15 |
| 附录 A（资料性）考虑 QTPI 所有其他五项要素的全生命周期成本计算范例 | 17 |
| 附录 B（资料性）火电站基础设施质量评价指标体系表 | 19 |
| 附录 C（资料性）火电站基础设施“可持续运行和管理的自我提升机制”运营管理过程参考示例 | 21 |
| 附录 D（资料性）智慧城市电力基础设施火电站运行管理自提升改进案例 | 22 |
| 参考文献 | 23 |

前 言

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

本文件使用重新起草法参考ISO 37160:2020《智慧城市基础设施 电力基础设施 火电站基础设施质量评价方法和运营维护要求》编制，与ISO 37160:2020的一致性程度为非等效。

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。

本文件由全国城市可持续发展标准化技术委员会（SAC/TC567）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

城市基础设施是支撑城市活动的基础。基础设施的数字化和创新化发展，支撑和推动着城市运营管理的精细化和网格化，进一步提升城市的智慧建设和可持续发展。当前在国家大力推广“新型基础设施”和“新型电力系统”发展的背景和能源数字化和智能化发展的要求下，能源基础设施在“新型基础设施”中至关重要。保持城市经济发展、日常生活需要充足和稳定的电力供应，电力新基建包含了以人工智能、5G大数据、云计算等信息基础设施建设为代表的“数字基础设施化”和以传统能源基础设施的数字化改造与升级的“基础设施数字化”。本文件立足安全稳定供电需求，加强能源基础设施建设与智慧城市数字技术应用的统筹衔接，推进传统电力基础设施与数字化智能化技术相融合，强化能源网络与信息安全保障能力，促进能源数字经济和绿色低碳循环经济发展，为能源高质量发展提供有效支持。

本文件所描述的方法，用于测量在运营阶段的火电站基础设施质量（the quality of thermal power infrastructure，以下简称“QTPI”），及提出指导运行和管理活动的要求以维护和改善其质量，以期其中长期实现能源供应、环境保护、安全和经济效率等方面的目标，以确保火电站在其运营阶段的基础设施质量。以致力于减少与火电站基础设施相关例如温室气体（GHG）排放的环境影响等全球议题为目标，在火电站运营管理中充分考虑环境影响的社会成本、采取环境保护措施所需的成本，以及这些措施的有效性。通过保持和提高火电站等能源基础设施在全生命周期内有效运行，推动数字技术深度应用于设计、采购、建设、运维等全生命周期各环节，提高基础资源综合利用效率，降低其运营成本。

本文件旨在促进联合国可持续发展目标，具体包括目标7（廉价与清洁能源）、目标11（可持续城市与社区）、目标13（气候行动）、目标14（海洋环境）和目标15（陆地生态），预期通过采取适当的运营和管理措施尝试维持和改善QTPI，将使社会更加可持续性发展。同时有利于传统能源与数字化智能化技术相融合的新型基础设施建设，释放能源数据要素价值潜力，强化能源网络与信息安全保障能力，推动节能提效与智慧城市等建设统筹规划，对促进能源数字经济和绿色低碳循环经济发展，为构建清洁低碳、安全高效的能源体系提供一定参考和指导意义。

智慧城市基础设施 电力基础设施 火电站基础设施质量评价方法和运营维护要求

1 范围

本文件规定了测量和评价运营阶段火电站基础设施质量（the quality of thermal power infrastructure，以下简称“QTPI”）的方法，以及对运行和管理活动的要求。

本文件适用于电力供应商，包括国有和民营发电企业（以下统称为“电站运营者”），以及有意保持和改善 QTPI 的利益相关方。

注：电站运营主体的不同特性，或会造成实施本文件时对评价指标的选取和其重要性认知有所差异。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

火电站基础设施 thermal power infrastructure

利用石油、天然气、煤或生物质能作为燃料发电的机组（3.2）或电站（3.3）。

3.2

机组 unit

一组运转一台发电机所需的设备。

注1：这可能包括，例如，发电机、（汽）涡轮机、锅炉和平衡装置（辅助设施）等。

3.3

电站 plant

包括机组（3.2）和与机组相关的公共设施、土地和建筑物在内的整个场所。

3.4

总最大容量 gross maximum capacity (GMC)

单元（一组）发电机组（3.2）在给定时间内可能发出的最大机组总输出功率。

3.5

净最大容量 net maximum capacity (NMC)

输出功率由总最大容量（3.4）减去机组（3.2）辅助系统消耗的功率计算得出。

注1：根据采用NMC数据的不同目标，以下两种计算方法均可使用。

- a) 电站NMC：电站（3.3）总最大容量减去电站内部总消耗（3.6）的输出功率。
- b) 机组NMC：机组总最大容量减去特定机组辅助系统的功耗而计算出的输出功率。

3.6

电站内部总能耗 total internal consumption of the plant

各辅助系统能耗与电站（3.3）内总能耗的合计。

注1：总能耗包括行政办公用电量，如照明、空调等。

3.7

降低出力等效停运小时 equivalent unit derated hours (EUNDH)

机组降低出力运行期间少发电量除以NMC (3.5) 的计算值。

3.8

可用小时数 available hours (AH)

机组（3.2）处于可用状态的时间。

3.9

统计期间小时 period hours (PH)

机组（3.2）统计的运行时间，不包括因自然灾害导致的意外停机时间。

3.10

运行小时 service hours (SH)

机组 (3.2) 并网运行的供电时间。

3.11

非季节性降低出力的等效可用系数 equivalent availability factor excluding seasonal deratings (EAF, XS)

在一定时间内发电机组 (3.2) 无任何停机的运行时间占比。

3.12

热耗率 heat rate (HR)

机组 (3.2) 产生单位发电量消耗的热量。

3.13

强迫停运小时 forced outage hours (FOH)

机组 (3.2) 处于强迫停运状态时间的小时数。

3.14

强迫停运率 forced outage rate (FOR)

机组 (3.2) 处于强迫停运状态的比率。

3.15

根据需求调整电力供应的能力 ability to adjust power supply to demand

机组 (3.2) 具备根据需求变化而调整输出功率的能力。

3.16

根据需求调节供电能力的受限时间 restricted time of the ability to adjust power supply to demand

根据需求变化调节供电输出功率的受限时间。

注1：总时间包括以下各项。

- a) 由于计划外原因限制使用自动频率控制（AFC）或负荷频率控制（LFC）的时间。
- b) 由于计划外原因，机组（3.2）输出功率恒定的时间。

注2：AFC是指使用自动频率控制设备调整输出功率，以使电力系统的频率保持在标准值内。

注3：LFC是指为检测由负荷变化引起的频率变化和相互关联的功率变化，并调控控制输出功率，使频率和功率流保持在标准值内正常运行。

3.17

排放率 emission rate

在一定时间内，每台机组（3.2）单位输出功率所排放的某种污染物。

示例：用年排放量除以年发电量的计算值。

注1：（烟囱口的）排放率一般指一台机组排放的硫氧化物（SO_x）、氮氧化物（NO_x）、二氧化碳（CO₂）和颗粒物（PM）。

3.18

工业安全事故率 industrial safety accident rate

每20万或100万人·工作小时数中，由一项事故导致人员不能工作、人员工作受限、人员死亡之数量。

4 运营阶段的 QTPI 评价指标

4.1 运营阶段火电站基础设施质量（QTPI）（the quality of thermal power infrastructure）

QTPI是指火电站基础设施在以下方面持续达到要求或超出预期的程度：

- 初始运行能力；
- 供电稳定性；
- 可靠性；
- 环境和社会因素；
- 安全性；
- 全生命周期成本（LCC）。

注1：火电站基础设施特有的能源供应的三个子要素是：

- 初始运行能力；
- 供电稳定性；
- 可靠性。

注3： 与环境和社会相关的因素均可用于指示基础设施质量的通用指标。

4.2 QTPI 要素

4.2.1 概述

为了在运营阶段保持和持续改进QTPI，电站运营者应考虑到4.2.2至4.2.7所列的要素，如图1所示。

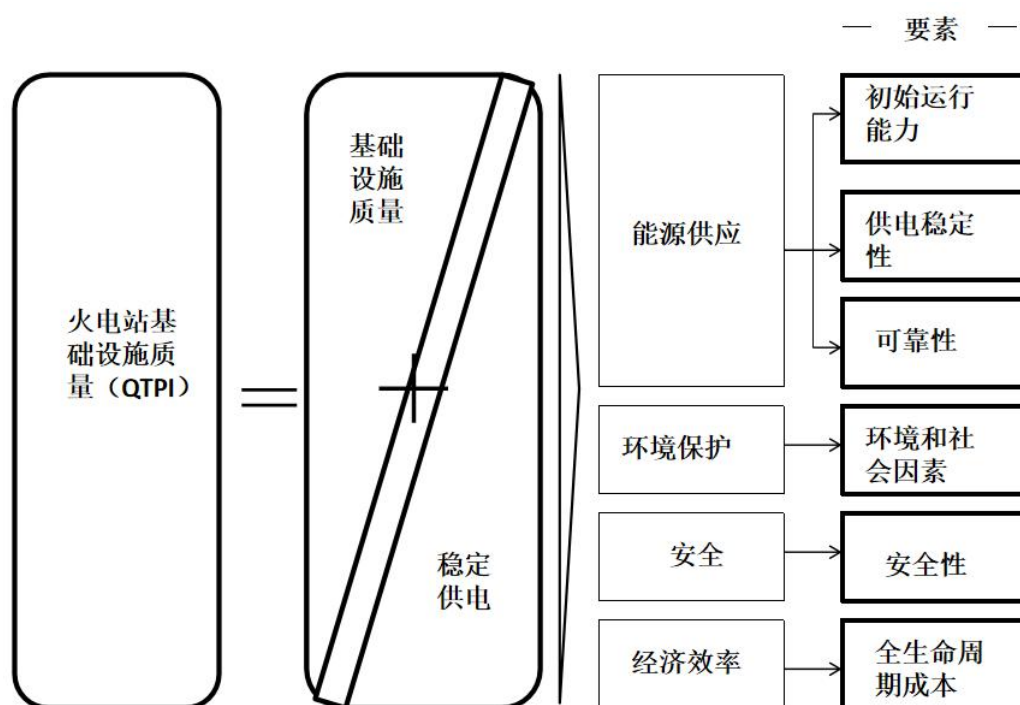


图 1 QTPI 要素

4.2.2 初始运行能力

初始运行能力是指火电站基础设施根据机组现状（或特定条件），并在符合相关规范要求的前提下，能按照计划和预定的方式，启动运行的能力。

4.2.3 供电稳定性

供电稳定性是指火电站基础设施能够按需提供持续电力的能力。

4.2.4 可靠性（可靠运行和快速恢复）

运行可靠性是指切实有效地尽可能减少火电站基础设施的内部强迫停运，并在不损坏设备的情况下安全停用基础设施。

快速恢复是指在条件允许情况下能尽快从强迫停运中恢复运行。

注：内部强迫停运是指在电站控制范围内的停机或输出功率受限，可能是由外部和内部事件引起的，不包括诸如按期维护等情况而引发的停机或限制输出功率。

4.2.5 环境和社会因素

环境和社会因素是指要考虑到预防或控制因火电站基础设施带来的环境影响,以及与当地城市与社区共存的需求。

注1:从减少对环境负面影响的角度,需要考虑的因素包括但不限于对空气污染物、污水、废液、噪音、其他废物和温室气体排放的控制。

注2:从解决社会问题的角度,需要考虑的因素包括但不限于社区参与、操作透明度和公开披露。有关社会因素的详情,请参阅ISO 26000《社会责任指南》。

4.2.6 安全性

安全性是指具有防止造成人身伤害的能力。

4.2.7 全生命周期成本(LCC)

火电站基础设施的LCC是指在满足上述QTPI要素所有要求的条件下,在火电站基础设施整个生命周期所发生的成本总和。

应注意LCC通常可以分为工程、采购和建设(engineering, procurement and construction,以下简称“EPC”)成本,运营和维护成本以及拆除成本,包括处置成本。对火电站基础设施而言,燃料成本通常占运营成本的很大一部分。LCC还包括其他费用,如因强迫停运引起的费用,或因未能满足减排或限污要求而产生的补偿或处罚费用。

4.2.8 QTPI 的性能指标和评价

电站运营者应收集表1至表10中规定的评估人员开展评价所需的数据。评估人员可包括利益相关方,如保险承保人、政府部门、电力供应商、非政府组织和环境组织。评估人员可以利用4.3中所示的指标,在火电站基础设施运营阶段对QTPI进行适当的测量。应酌情审查评价方法和公式,使评价能够适应要求或情况的相应变化。

4.3 评价指标

4.3.1 供电稳定性

4.3.1.1 可用性

表1列出了按计划定期评价火电站基础设施运行维护能力和机组质量所需的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 1 供电稳定性评价指标：可用性

| | |
|------|---|
| 评价方法 | 计算发电机组非季节性降低出力的等效可用性系数（EAF, XS） |
| 公式 | $F_{EAF, XS} = (t_{AH} - t_{EUNDH}) / t_{PH} \times 100$ <p>式中：</p> <p>$F_{EAF, XS}$——机组非季节性降低出力的等效可用性系数；</p> <p>t_{AH}——可用小时数</p> <p>t_{EUNDH}——降低出力等效停运小时</p> <p>t_{PH}——统计期间小时</p> |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |
| 单位 | % |
| 评价范围 | 机组 |

4.3.1.2 热耗率（HR）差值

表 2 列出了对发电机组或电站热耗率变化的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 2 供电稳定性评价指标：热耗率差值

| | |
|------|--|
| 评价方法 | <p>计算热耗率测量值和初始性能测试值之间的差异值。</p> <p>由于性能测试通常在定期维护期间进行，应采用最近性能测试中的测量值。</p> |
| 公式 | $D_{HR} = H_{R,PEV} - H_{R,IPEV}$ <p>式中：</p> <p>D_{HR}——热耗率差值；</p> <p>$H_{R,PEV}$——在评价期内的性能测试（性能评估）期间进行的热耗率评测值；</p> <p>$H_{R,IPEV}$——热耗率初始性能测试值</p> |
| 评价周期 | 由评估方确定 |
| 单位 | kJ/kWh |
| 评价范围 | 机组 |

4.3.1.3 根据需求调节供电能力

表 3 列出了评价机组根据需求变化而调节输出功率的能力所需的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 3 供电稳定性评价指标：根据需求调节供电的能力

| | |
|------|---|
| 评价方法 | 计算发电机组根据需求调节供电的时间占运行小时（SH）的百分比 |
| 公式 | $R_{\text{DSA}} = (1 - t_{\text{DSA,NA}} / t_{\text{SH}}) \times 100$ 式中： R_{DSA} ——电力供需调节比率； $t_{\text{DSA,NA}}$ ——电力供需调节能力受限制的时间； t_{SH} ——运行小时。 |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |
| 单位 | % |
| 评价范围 | 机组 |

4.3.2 可靠性（可靠运行和快速恢复）：强迫停运率（FOR）

表 4 列出了评价电站的可靠性和从任何事件中快速恢复能力的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 4 可靠运行和快速恢复评价指标：强迫停运率（FOR）

| | |
|------|---|
| 评价方法 | 计算发电机组强迫停运期的百分比 |
| 公式 | $R_{\text{FOR}} = t_{\text{FOH}} / (t_{\text{SH}} + t_{\text{FOH}}) \times 100$ 式中： R_{FOR} ——强迫停运率； t_{FOH} ——强迫停运小时； t_{SH} ——运行小时。 |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |
| 单位 | % |
| 评价范围 | 机组 |

4.3.3 环境和社会因素

4.3.3.1 硫氧化物（SO_x）、氮氧化物（NO_x）和颗粒物污染物（PM）排放率

表 5 列出了评价大气污染物排放率所需的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 5 环境和社会因素评价指标：硫氧化物、氮氧化物和颗粒物污染物排放率

| | |
|------|--|
| 评价方法 | <p>计算发电机组烟囷口所排放各种大气污染物的排放率。</p> <p>建议使用 GMC 进行评估；但是，如果 GMC 不能使用，NMC 是可以接受的。</p> <p>SO_x 将基于燃料中硫的浓度或由硫化物排放监测来测算。</p> <p>NO_x 将基于常规废气测量的结果来测算。如果一年进行多次测量，则使用平均值。</p> <p>PM 将基于常规废气测量的结果来测算。如果一年进行多次测量，则使用平均值。负载频率不以最小影响计。</p> <p>注：在对不同设备进行比较时，根据辅助功率的不同，该比值会有所不同。</p> |
| 公式 | $U_{\text{SO}_x} = M_{\text{SO}_x,\text{AEM}} / P_{\text{g,A}}$ $U_{\text{NO}_x} = M_{\text{NO}_x,\text{AEM}} / P_{\text{g,A}}$ $U_{\text{PM}} = M_{\text{PM},\text{AEM}} / P_{\text{g,A}}$ <p>式中：</p> <p>U_{SO_x}, U_{NO_x}, U_{PM}——发电机组硫氧化物、氮氧化物和颗粒物污染物的排放率；$M_{\text{SO}_x,\text{AEM}}$, $M_{\text{NO}_x,\text{AEM}}$, $M_{\text{PM},\text{AEM}}$——硫氧化物、氮氧化物和颗粒物污染物的年排放量（mg）；</p> <p>$P_{\text{g,A}}$——一年发电量（kWh）。</p> |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |
| 单位 | mg/ kWh |
| 评价范围 | 机组 |

4.3.3.2 二氧化碳（CO₂）排放率

表 6 列出了评价二氧化碳排放率所需的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 6 环境和社会因素评价指标：二氧化碳排放率

| | |
|------|---|
| 评价方法 | <p>计算机组所产生二氧化碳的排放率。</p> <p>建议使用 GMC 进行评估；但如果 GMC 不能使用，NMC 是可以接受的。</p> |
| 公式 | $U_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2,\text{AEM}} / P_{\text{g,A}}$ <p>式中：</p> <p>U_{CO_2}——发电机组二氧化碳的排放率；</p> <p>$M_{\text{CO}_2,\text{AEM}}$——二氧化碳年排放量（kg）；</p> <p>$P_{\text{g,A}}$——一年发电量（kWh）。</p> |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |

| | |
|------|--------|
| 单位 | kg/kWh |
| 评价范围 | 机组 |

4.3.3.3 水质

表 7 列出了评价火电站基础设施对水质产生影响情况的评价方法、数据要求、周期、单位和范围。

表 7 环境和社会因素评价指标：水质

| | |
|------|--|
| 评价方法 | 对电站排水的水质进行多方面的测量。一年内多次进行水质测量的，取其平均值。 |
| 数据要求 | 例如，需要测量的项目包括 pH 值、生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）、正己烷量、总氮量、总磷量、悬浮物量（SS）、大肠杆菌含量及进水和排水温差等。 |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |
| 单位 | pH: (-) BOD、COD、正己烷量、总氮量、总磷量、SS: (mg/l) 大肠杆菌含量: (细胞数/cm ³) 进水与排水温差: (K) |
| 评价范围 | 电站 |

4.3.3.4 废物循环利用率

表 8 列出了评价环境质量因素中对废弃物的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 8 环境和社会因素评价指标：废物循环利用率

| | |
|------|--|
| 评价方法 | 计算电站运营者负责处理的每台机组所产生的废弃物（如粉煤灰、脱硫石膏、废水污泥）循环利用率。 循环利用包括材料回收、余热回收和回收品销售等方式。 |
| 公式 | $R_r = \sum W_{w,r} / \sum W_w \times 100$ 式中： R_r ——废物循环利用率； $W_{w,r}$ ——电站产生的废弃物中被循环利用的总量（kg）； W_w ——电站产生的废弃物总量（kg）。 |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |
| 单位 | % |
| 评价范围 | 电站 |

4.3.4 安全性：工业安全事故造成的伤亡数

表 9 列出了评估为防止工人工业安全事故而采取措施充分程度的评价方法、公式、周期、单位和范围，事故成因包括自然灾害、设备故障和火电站基础设施操作或维护问题。

表 9 安全评价指标：工业安全事故率

| | |
|------|---|
| 评价方法 | 计算因工业安全事故造成的伤亡数，通过计算电站所有员工中在工业事故发生后无法工作、受到某种工作限制的天数或受到致命伤害的数量。 |
| 公式 | $R_{ISA} = \left[\frac{N_{olt} + N_{orta} + N_{of}}{t_{nsmhw}} \right] \times t_{omh}$ <p>式中：</p> <p>R_{ISA}——工业安全事故率；</p> <p>N_{olt}——因工伤事故造成停工时间在一天或以上的工人人数（损失工时）；</p> <p>N_{orta}——因工伤事故造成工作受限制时间在一天或以上的工人人数（限时事故）；</p> <p>N_{of}——因工伤事故造成的死亡人数（意外死亡事故）；</p> <p>t_{nsmhw}——电站内的总工作小时数（工厂工作小时数）；</p> <p>t_{omh}——对应每 20 万或 100 万人·工作小时数。</p> |
| 评价周期 | 由评估方确定（例如，每 5 年为一个周期） |
| 单位 | 人（数） |
| 评价范围 | 电站 |

4.3.5 全生命周期成本

表 10 列出了评价电站运营阶段的总效益（总发电量）与总成本（发电成本与社会成本的总和）平衡度的评价方法、公式、周期、单位和范围。

表 10 全生命周期成本评价指标：全生命周期成本

| | |
|------|--|
| 评价方法 | 通过机组或电站（运行）的总成本和总发电量来评估其成熟度和经济效率。 |
| 公式 | $C_{lcc} = \sum (C_{tpg} + C_s) / \sum (P_{tpg})$ <p>式中：</p> <p>C_{lcc}——火电站基础设施的全生命周期成本；</p> <p>C_{tpg}——发电总成本，EPC 总成本、燃料总成本、运营维护总成本、拆除含处置总成本；</p> <p>C_s——以可定量评价的成本为基础的总社会成本（例如，二氧化碳排放量）；</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>P_{pg}——总发电功率。用于过去运行过程中总共产生的净实际功率。</p> <p>如果只评估未来运营阶段，则应除去过去产生的 EPC 成本、燃料成本、运营维护成本和社会成本。</p> |
| 评价周期 | 自评估之时起直至彻底拆除 |
| 单位 | 当地货币单位/千瓦时 |
| 评价范围 | 机组或电站 |
| <p>示例：全生命周期成本可由经济合作与发展组织（OECD）采用的服务年内均化发电成本计算。</p> <p>附录 A 给出了关于计算全生命周期成本公式的案例。</p> | |

火电站基础设施质量评价指标体系表见附录 B。

5 火电站基础设施运营

5.1 概述

在火电站基础设施运营阶段，电站运营者采用“可持续运行和管理的自我提升机制”是保持和进一步改善火电站基础设施质量（QTPI）的决定性因素，如图 2 所示。

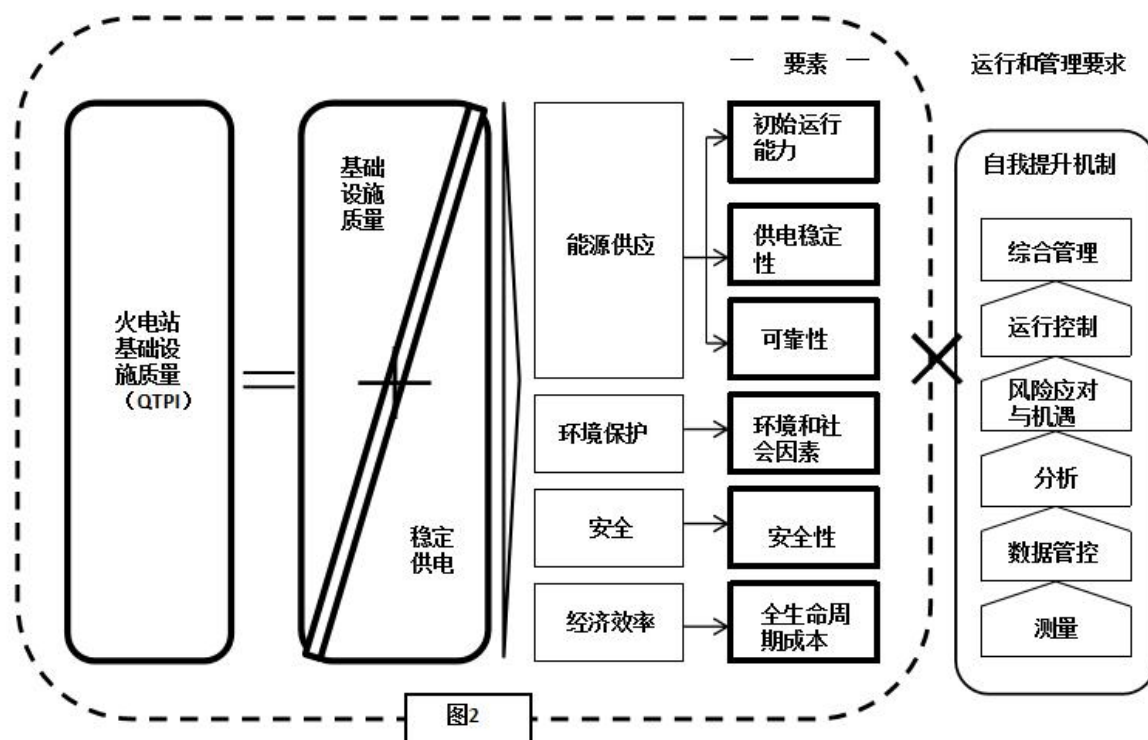


图 2 可持续运行和管理的自我提升机制

为了兼顾内外部因素以保持和进一步改进 QTPI，电站运营者应建立、实施和维护如 5.2 至 5.7 所示的测量、数据管控、分析、风险应对与机遇、运行控制和综合管理的过程。

附录 C 给出了火电站基础设施“可持续运行和管理的自我提升机制”管理过程的参考示例。

5.2 测量

电站运营者应：

- a) 确定需要监视和测量的内容；
- b) 确定适当的测量频率；
- c) 确定监视和测量的方法；
- d) 采用适当的装置或系统进行监视和测量；
- e) 将监视和测量的责任分配给适当的人员。

在确定需要监视和测量什么内容时，应考虑操作和维护的要求，以及为利益相关方提供信息的需要。

在确定测量方法时，应考虑对于测量准确性的要求。

用于监视或测量的装置或系统应具有足够的能力。

5.3 数据管控

如适用，电站运营者应：

- a) 按照通用格式实施运行数据的自动记录和积累；

注1：需要以通用格式自动记录的数据，通常是设备实时监测的过程数据；其他运行和维护数据，可以采用最符合电站运营者运营的数据形式。

- b) 按照适用的数据保留要求和利益相关方的需要以积累和存储数据；
- c) 使所积累数据可被适时获取，以确保及时分析；
- d) 充分保护数据以防丢失、不当访问或不当使用。这包括通过运用适当的网络安全控制等措施；
- e) 为利益相关方提供适当的数据（例如，支持供需管理或灾害管理）。

注2：GB/T XXXXX—XXXX《智慧城市基础设施——智慧城市基础设施数据交换和共享指南》规定了数据共享和交换的原则。

5.4 分析

如适用，电站运营者应：

a) 对 4.2 中评价指标的测量结果进行综合分析，并将结果与其他电站进行基准对比时，应考虑以下几点：

- 1) 确保数据安全；
- 2) 保证数据质量；
- 3) 明确数据管理的责任。

- b) 委派具备所需技能的人员进行数据分析，妥善分配工作；

- c) 确定分析数据的适当格式。

5.5 风险应对与机遇

为了保持和进一步改善 QTPI，有必要不断识别风险，将不良影响降至最低，解决相应问题，并促进改善 QTPI 的机会。

风险包括内部风险和外部风险。电站运营者应实施、维护和改进流程以降低风险，包括：

a) 根据分析结果，及时确定火电站基础设施的内外部风险，为预防事故发生提前制定应对计划，并定期进行操练、模拟或其他演习；

1) 内部风险包括：

- i) 设备故障、电气和机械故障（强制停运、输出功率受限）；
- ii) 偏离控制值；
- iii) 人为失误；
- iv) 电站发生火灾、爆炸；
- v) 造成伤害和疾病的事故。

2) 外部风险包括：

- i) 电网故障；
- ii) 恐怖主义、战争、罢工、骚乱、内乱；
- iii) 网络攻击，包括对网络的物理攻击，和对电站的物理攻击；
- iv) 燃料不可获取和供水不可使用；
- v) 自然灾害（例如，地震、台风、海啸、洪水、森林火灾）。

b) 调查事故原因，依据重要程度采取相应的措施以防止再次发生，并建立一套评价预防措施充分的方案；

- c) 制定具有预防性和预测性的维护计划，以减少强迫停运；
- d) 确定必要的备件，以便在发生强迫停机时能够快速恢复；
- e) 优化系统控制，最大限度地减少排放和改善性能；
- f) 采用最新的技术和方法，以提高操作灵活性；
- g) 优化机组检查的间隔和持续时间，以降低 LCC。

注1：有关网络攻击的更多信息，请参阅IEC 62443《工业自动化和控制系统安全》系列标准。

注2：有关自然灾害的更多信息，请参阅IEC 63152《城市服务防灾连续性 电力供应的作用》。

注3：恐怖主义的风险可以通过电站运营商和政府机构共同规划来实现其最小化。

5.6 运行控制

电站运营者应为可持续运营和管理的自我提升机制中确定的测量、数据管控、分析和风险响应过程

实施、保持和持续改进管理体系，以确保：

- a) 实施和维护有效的操作和维护计划，包括建立知识库以提高工艺前沿测量的再现性，以应对风险；
- b) 为发电厂操作人员定期实施和维护有效的培训和发展计划，以确保他们获得必要的操作和维护技能，并对培训和发展计划进行系统的评估。

5.7 综合管理

电站运营者应建立流程，通过以下方式维护和进一步改善 QTPI：

- a) 确保管理层对 QTPI 改进的承诺；
- b) 对下列事项进行定期评审并制定改进计划：
 - 1) 以往评审的结果和所采取措施的有效性；
 - 2) 4.3 所述评价指标的结果；
 - 3) 运行控制的充分性，以保持有效运行；
 - 4) 与利益相关方的相应沟通状况；
 - 5) 营商环境（例如，燃料采购风险管理的有效性）；
 - 6) 采用最新技术和设备（例如，物联网）；
 - 7) 对社会环境变化的反应能力；
 - 8) 响应利益相关者需求的能力（例如，可再生能源增长导致的供需调整）。
- c) 保持社会责任意识，并考虑以下因素制定解决社会责任的政策和计划：
 - 1) 对人权的保障；
 - 2) 劳动者的权力，包括职业健康和福利；
 - 3) 环境保护（例如，努力保护和改善本地及全球环境）；
 - 4) 防灾计划（例如，采用安全措施以防止火灾和/或工伤）
- d) 向相关利益相关方（包括当地城市与社区）实时传达有关任何环境污染的信息（例如，向利益相关方提供诸如硫氧化物、氮氧化物和颗粒物污染物排放等环境数据）。
- e) 确保执行操作和维护活动的人员称职。

图 3 说明了 QTPI 的要素、质量改进的运行要求和质量要素评价指标之间的关系。



图 3 QTPI 要素、质量改进运行要求及质量要素评价指标

附录 D 提供了智慧城市电力基础设施火电站运行管理自提升改进案例。

附录 A

(资料性)

考虑 QTPI 所有其他五项要素的全生命周期成本计算范例

火电站基础设施全生命周期成本可由式 (A.1) 计算。

$$C_{\text{lcc}} = (C_{\text{past}} + C_{\text{future}}) / (P_{\text{past}} + P_{\text{future}}) \quad (\text{A.1})$$

式中：

C_{lcc} ——火电站基础设施的全生命周期成本；

C_{past} ——实际已产生的工程采购建造成本、燃料成本、运营维护成本和社会成本的总和；

C_{future} ——未来将产生的燃料成本、运营维护总成本、社会成本、拆除含处置成本的总和；

P_{past} ——从开始运营至今实际已发电量的总和；

P_{future} ——从现在开始的未来总发电量。

C_{future} 的净现值应该被采用。

社会成本应通过设定适当的单位价格和系数来计算。

注： C_{past} 和 P_{past} 是累计的实际值，不需要调整。

(A.2) 式中给出了 C_{future} (从现在到 y 年后的总和转换为净现值) 的计算实例。

$$C_{\text{future}} = \sum_{i=1}^y \left\{ (C_{f,i} + C_{O\&M,i} + C_{s,i}) \times (1+r)^{-i} \right\} + C_{\text{disp}} \times (1+r)^{-y} \quad (\text{A.2})$$

式中：

$C_{f,i}$ —— i 年后的燃料成本；

$C_{O\&M,i}$ —— i 年后的运维成本；

$C_{s,i}$ —— i 年后的社会成本；

C_{disp} ——拆除成本包括处置费用；

r ——贴现率 (根据政府债券利率及其他风险因素而确定, 如汇率等)。

(A.3) 式中给出了 $C_{f,i}$ 的计算实例。

$$C_{f,i} = F_i \times P_{\text{fuel}} \quad (\text{A.3})$$

式中：

F_i —— i 年后的燃料消耗 (kJ/kWh)；

P_{fuel} ——燃料的单价 (¥/kJ)。

(A.4) 式中给出了 $C_{\text{O\&M},i}$ 的计算实例。

$$C_{\text{O\&M},i} = P_{g,i} \times C_{\text{O\&M/P}} \quad (\text{A.4})$$

式中：

$P_{g,i}$ —— i 年后的发电量 (kWh)；

$C_{\text{O\&M/P}}$ ——单位发电量的运行和维护成本 (¥/kWh)。

(A.5) 式中给出了 $C_{s,i}$ 的计算实例。

$$C_{s,i} = F_i \times C_{\text{CO}_2} \quad (\text{A.5})$$

式中：

C_{CO_2} ——单位燃料消耗的二氧化碳排放成本 (¥/kJ)。

(A.6) 式中给出了 F_i 的计算实例。

$$F_i = P \times (8760 \times A_{\text{av}} - t_{\text{aFOH}}) \times (R_{\text{HCR}} + D_{\text{HCRY}} \times i) \quad (\text{A.6})$$

式中：

P ——额定输出功率 (kW)；

A_{av} ——实际年平均可用性 (%)；

R_{HCR} ——当前 HR (kJ/kWh)；

D_{HCRY} ——HR 的实际年平均增幅[kJ/ (kWh · 年)]；

t_{aFOH} ——实际每年平均强迫停运时间 (h/年)。

附录 B

(资料性)

火电站基础设施质量评价指标体系表

B.1 概述

鉴于我国火电站运营主体的不同特性,或会造成实施本文件时对评价指标的选取和其重要性认知有所差异。本附录给出了从能源供应、环境保护、安全、经济效率四个方面评价 QTPI 的参考指标,以供不同地区、规模、基础设施智慧化水平和运行管理模式的国内火电站选取使用。

B.2 智慧城市电力基础设施火电站基础设施质量评价指标体系

表 B.1 给出火电站基础设施质量评价指标体系表。

表 B.1 火电站基础设施质量评价指标体系表

| 指标类别 | 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 | 单位 | 指标属性 | 参考阈值 |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|---------|---------------------|------|--------|
| 能源供应 | 初始运行能力 | / | / | % | + | 100 |
| | 供电稳定性 | 可用性 | / | % | + | 100 |
| | | 热耗率 (HR) 差值 | / | kJ/kWh | + | 1-5 |
| | | 根据需求调节供电能力 | / | % | + | 30-100 |
| 可靠性 | 强迫停运率 (FOR) | / | % | - | 0-30 | |
| 环境保护 | 环境和社会因素 | 水质 | pH 值 | / | / | 6-9 |
| | | | 生化需氧量 | mg/l | - | 10-20 |
| | | | 化学需氧量 | mg/l | - | 50-60 |
| | | | 正己烷量 | mg/l | - | 10 |
| | | | 总氮量 | mg/l | - | 15 |
| | | | 总磷量 | mg/l | - | 0.5-1 |
| | | | 悬浮物量 | mg/l | - | 10-20 |
| | | | 大肠杆菌含量 | 细胞数/cm ³ | - | 10 |
| | | | 进水和排水温差 | °C | - | 33 |
| | | 废物循环利用率 | 粉煤灰 | % | + | 50 |
| | | | 脱硫石膏 | % | + | 90 |
| | | | 废水污泥 | % | + | 50 |
| | | 硫氧化物 (SO _x) 排放率 | / | mg/ kWh | - | 50 |
| | | 氮氧化物 (NO _x) 排放率 | / | mg/ kWh | - | 100 |
| 颗粒物污染物 (PM) 排放率 | / | mg/ kWh | - | 20 | | |
| 二氧化碳 (CO ₂) 排放率 | / | kg/ kWh | - | 0.86 | | |
| 安全 | 安全性 | 工业安全事故率 | 损失工时 | 件 (数) | - | 0 |
| | | | 限时事故 | 件 (数) | - | 0 |
| | | | 意外死亡事故 | 件 (数) | - | 0 |

| 指标类别 | 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 | 单位 | 指标属性 | 参考阈值 |
|------|---------|---------|------|-------|------|---------|
| 经济效率 | 全生命周期成本 | 全生命周期成本 | / | 元/千万时 | — | 0.2-0.3 |

注：表格中“+”表示正向指标，“-”表示负向指标。

附录 C

(资料性)

火电站基础设施“可持续运行和管理的自我提升机制”运营管理过程参考示例

C.1 概述

本文件提出的火电站基础设施“可持续运行和管理的自我提升机制”，从测量、数据管控、风险应对与机遇、运行控制和综合管理几方面给出了运行和管理过程的改进要求。本附录分别从这六个方面提供了在各环节实现自提升管理的作法参考示例，以帮助火电站运营者制定和实施改进措施。

C.2 火电站基础设施“可持续运行和管理的自我提升机制”运营管理过程参考示例

表 C.1 火电站基础设施“可持续运行和管理的自我提升机制”运营管理过程参考示例表

| 自提升管理过程 | 参考示例 | | |
|---------|--------------------------------------|--|---|
| | 可改进内容 | 可参考的智能化装置和系统 | 可参考的智慧化技术和方法 |
| 测量 | 包括但不限于对机组燃料、设备、系统、状态、工质、环境等内容的参数监测。 | 智能检测仪器、巡检机器人、智能巡点检等。 | 包括视频、图像、音频、红外、智能设备等。 |
| 数据管控 | 包括但不限于对各类型数据的采集、治理、加密、分类、权限管理等工作。 | 按照数据安全要求，采用一体化数据平台，对数据进行加工、分析、使用、共享和交换。 | 加强数据安全管控能力，提高数据质量、加快数据的融合与智能化应用发展。 |
| 分析 | 结合评价指标，对设备的健康状态、机组的运行能力、运行效益等进行评价分析。 | 智能分析软件、指标监测分析平台等。 | 设备动态特性建模与分析、大数据分析、状态预测与预警。 |
| 风险应对与控制 | 针对内部和外部风险，制定不同应急预案和流程。 | 设备健康状态监测与评估、网络安全预警、市场跟踪与预测。 | 建立安全制度和管理体系、完善网络安全技术保障措施；加强网络人员安全管理；提高员工网络安全意识；建立应急预案和处置机制；加强网络监测和评估。 |
| 运行控制 | 包含电厂主要设备及主要辅助设备。 | 电厂在 DCS 控制系统基础上搭建 iDCS 智慧发电平台，实现运行智能化提升。 | 主控在智能发电平台实现智能检测、智能监盘、智能寻优等功能，提升机组运行水平。 在其他系统采用智能化技术提质增效，实现少人/无人。 |
| 综合管理 | 运营管理 | 5G 专网基础设施、5G+智能技术应用，例如智能移动终端、智能工具柜、智能穿戴设备、智能安防等。 | 构建物联网平台，自动对接外部系统，实现数据自动报送。 |

附录 D

(资料性)

智慧城市电力基础设施火电站运行管理自提升改进案例

D.1 智慧城市电力基础设施火电站基础设施数据管控和分析案例

D.1.1 概述

国内某火电厂，目前总装机容量为 5138.6MW。

该电厂按照智能发电平台和智慧管理平台相结合作为智慧电站整体架构，构建智能发电平台、智慧管理平台、六大业务中心（智慧决策中心、智慧经营中心、智慧行政管理中心、智慧安全中心、智慧燃料中心、智慧运维中心）及 N 项智能智慧业务应用的“1+1+6+N”电站智慧管理体系，通过智慧企业建设打通应用与数据孤岛，实现数据服务与经营决策分析。

D.1.2 数据管控和分析

对于本标准 5.3 数据管控与 5.4 数据分析，该电厂厂内数据管控采用智慧数据平台进行数据安全管管理、数据服务管理，时序数据库历史数据包和相关信息系统数据的交互通过智慧数据平台实现。按照等级保护管理要求开展网络安全管控，建立智慧数据平台，对数据进行分类分级，通过权限管理、数据接口传输加密等措施开展数据采集、数据传输及利用，实现各信息系统的数据共享与交换，确保数据安全。

参考文献

- [1] GB/T 22080-2016 信息技术 安全技术 信息安全管理体系 要求
 - [2] GB/T 24353-2022 风险管理 指南
 - [3] GB/T 36000-2015 社会责任指南
 - [4] GB/T 45001-2020 职业健康安全管理体系 要求及使用指南
 - [5] GB/T XXXXX-202X (ISO 37156) 智慧城市基础设施 智慧城市基础设施数据交换和共享指南
 - [6] IEC 62443 工业自动化和控制系统安全(所有部分)
 - [7] IEC 63152 城市服务防灾连续性 电力供应的作用
 - [8] IEEE Std 762TM-2006 用于报告发电机组的可靠性、可用性和生产率
 - [9] EN 45510 电站设备采购指南
 - [10] APEC 优质电力基础设施指南 APEC#216-RE-03.2
-