

# 团 体 标 准

T/NXJX 006—2021

## 电力企业智能制造能力成熟度评估细则

Evaluation rules of intelligent manufacturing capability maturity for  
power enterprises

2021 - 09 - 07 发布

2021 - 10 - 07 实施



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 缩略语 .....	2
4 评估内容 .....	2
4.1 成熟度模型 .....	2
4.2 成熟度等级 .....	3
4.3 能力要素 .....	3
4.4 成熟度要求 .....	4
5 评估过程 .....	4
5.1 评估流程 .....	4
5.2 预评估 .....	4
5.3 正式评估 .....	5
5.4 发布现场评估结果 .....	6
5.5 改进提升 .....	6
6 成熟度等级判定 .....	6
6.1 评分方法 .....	6
6.2 评估域权重 .....	6
6.3 计算方法 .....	7
6.4 成熟度等级判定方法 .....	8
附录 A (规范性) 电力企业能力域成熟度要求 .....	9
A.1 人员 .....	9
A.2 技术 .....	9
A.3 资源 .....	11
A.4 制造 .....	13
附录 B (资料性) 电力企业智能制造能力成熟度评估表 .....	19
附录 C (资料性) 评估报告纲要 .....	44
C.1 评估概述 .....	44
C.2 评估活动总结 .....	44
C.3 评估结果综述 .....	45
C.4 评估结论 .....	45
C.5 评估强项、弱项分析 .....	49
C.6 评估建议项 .....	49
参考文献 .....	50

## 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》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由宁夏回族自治区工业和信息化厅提出。

本文件由宁夏机械工程学会归口。

本文件起草单位：朗坤（宁夏）区块链科技有限公司、中铝宁夏能源集团有限公司、宁夏电投西夏热电厂、国能宁夏能源销售有限公司。

本文件主要起草人：黄一志、张正喜、秦臻、李俊、安杨、陈松、黄志新、梁锐、康建辉。

本文件为首次发布。

# 电力企业智能制造能力成熟度评估细则

## 1 范围

本文件规定了电力企业智能制造能力成熟度评估工作的评估内容、评估过程和成熟度等级判定，并给出了开展评估活动所需的评估表及评估报告纲要供本标准的使用者参考。

本文件适用于火力发电企业智能制造能力成熟度评估工作的具体开展。

## 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 39116—2020 智能制造能力成熟度模型

GB/T 39117—2020 智能制造能力成熟度评估方法

T/CEC 164—2018 火力发电厂智能化技术导则

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语和定义

GB/T 39116和GB/T 39117界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**智能制造能力** intelligent manufacturing capability

为实现智能制造的目标，企业对人员、技术、资源、制造等进行管理提升和综合应用的程度。

[来源：GB/T 39116—2020,3.1.1]

#### 3.1.2

**评估域** assessment domain

用于开展智能制造能力成熟度评估的核心条款集合。

[来源：GB/T 39117—2020,3.1]

#### 3.1.3

**火力发电厂智能化** smart power plant

在广泛采用现代数字信息处理和通信技术基础上，集成智能的传感与执行、控制和管理等技术，达到更安全、高效、环保运行，与智能电网及需求侧相互协调，与社会资源和环境相互融合的发电厂。

[来源：T/CEC 164—2018,3.1]

#### 3.1.4

**智能组件** intelligent component

由若干智能电子装置集合组成，承担宿主设备的测量、控制和监测等基本功能，可包括测量、控制、状态监测、保护等全部或部分功能的装置。

#### 3.1.5

**智能电子装置** intelligent device

一种带有处理器、具有一定智能特征并具有以下全部或部分功能的一种装置：（1）采集或处理数据；（2）接收或发送数据；（3）接收或发送控制指令；（4）执行控制指令。

#### 3.1.6

**智能设备** intelligent equipment

生产设备和智能组件的有机结合体，具有测量数字化、控制网络化、状态可视化、功能一体化和信息互动化特征的设备。

[来源: T/CEC 164—2018,3.3]

### 3.1.7

#### 泛在感知 ubiquitous perception

基于信息物理系统 (Cyber Physical Systems, CPS) 技术, 通过先进的传感测量及网络通讯技术, 实现对电厂生产和经营管理的全方位监测和感知。智能电厂利用各类感知设备和智能化系统, 识别、立体感知环境、状态、位置等信息的变化, 对感知数据进行融合、分析和处理, 并能与业务流程深度集成, 为智能控制和决策提供依据。

[来源: T/CEC 164—2018,3.8]

### 3.1.8

#### 智能融合 intelligent fusion

基于全面感知、互联网、大数据、可视化等技术, 深度融合多源数据, 实现对海量数据的计算、分析和深度挖掘, 提升电厂与发电集团的决策能力。

[来源: T/CEC 164—2018,3.10]

### 3.1.9

#### 互动化 interactive

通过网络 (包括无线网络) 技术的发展, 为电厂中设备与设备、人与设备、人与人、电厂与用户、电厂与环境之间的实时互动提供了基础, 增强智能电厂作为自适应系统信息获取、实时反馈和智能控制的能力。通过与智能电网、能源互联网、电力大用户等系统信息交互和共享, 实时分析和预测电力场供需状况, 合理规划生产和管理过程, 使电能产品能更好满足用户安全性和快速性要求。

[来源: T/CEC 164—2018,3.11]

## 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APS: 高级计划与排程 (Advanced Planning and Scheduling)

DCS: 分散控制系统 (Distributed Control System)

ESB: 企业服务总线 (Enterprise Service Bus)

IT: 信息技术 (Information Technology)

MTBF: 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failure)

MTTR: 平均故障维修时间 (Mean time to repair)

ODS: 操作型数据存储 (operational data store)

OEE: 设备综合效率 (Overall Equipment Effectiveness)

PLC: 可编程控制器 (Programmable Logic Controller)

RFID: 射频识别 (Radio Frequency Identification)

SDN: 软件定义网络 (Software Defined Network)

SIS: 监控信息系统 (Supervisory Information System)

## 4 评估内容

### 4.1 成熟度模型

4.1.1 本文件中规定的火力发电企业智能制造能力成熟度模型由 GB/T 39116-2020 中第 4 章规定的模型, 根据电力企业业务活动特性得出。

4.1.2 本模型由成熟度等级、能力要素和成熟度要求构成, 其中, 能力要素由能力域构成, 能力域由评估域构成, 如图 1 所示。

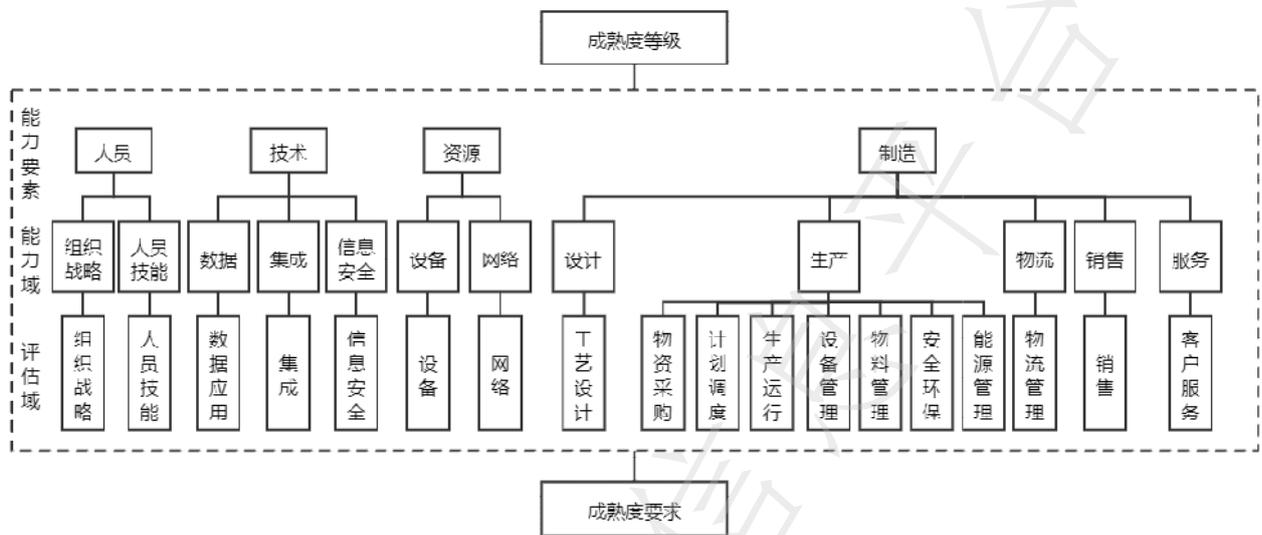


图1 电力企业智能制造能力成熟度模型

#### 4.2 成熟度等级

成熟度等级规定了智能制造在不同阶段应达到的水平。成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为一级（规划级）、二级（规范级）、三级（集成级）、四级（优化级）和五级（引领级），如图2所示。较高的成熟度等级要求涵盖了较低成熟度等级的要求。

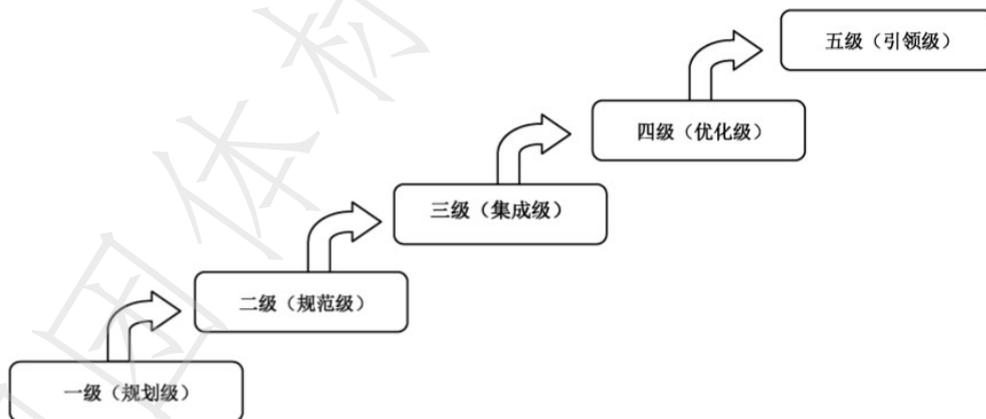


图2 成熟度等级

一级（规划级）：企业应开始对实施智能制造的基础和条件进行规划，能够对核心业务活动（设计、生产、物流、销售、服务）进行流程化管理。

二级（规范级）：企业应采用自动化技术、信息技术手段对关键设备和核心业务活动等进行改造和规范，实现单一业务活动的数据共享。

三级（集成级）：企业应对关键设备、信息管理系统等开展集成，实现跨业务活动间的数据共享。

四级（优化级）：企业应对人员、资源、制造等进行数据挖掘，形成知识、模型等，实现对核心业务活动的精准预测和优化。

五级（引领级）：企业应基于模型持续驱动业务活动的优化和创新，实现产业链协同并衍生新的制造模式和商业模式。

#### 4.3 能力要素

能力要素给出了电力企业智能制造能力提升的关键方面，包括人员、技术、资源和制造。人员包括组织战略、人员技能2个能力域。技术包括数据应用、集成和信息安全3个能力域。资源包括设备、网络2个能力域。制造包括设计、生产、物流、销售和服务5个能力域。

根据电力企业自身业务活动特点，设计包括工艺设计1个评估域，生产包括物资采购、计划调度、生产运行、设备管理、物料管理、安全环保、能源管理7个评估域，物流包括物流管理1个评估域，销售包括销售1个评估域，服务包括客户服务1个评估域。

本文件给出了电力企业的评估域，电力企业受评估时对评估域不应进行裁剪。

#### 4.4 成熟度要求

制造要素下的能力域及评估域的成熟度评价要求是根据电力行业企业特点进行设定的，附录A中给出的是电力企业通用的人员、技术、资源、制造要素智能制造能力成熟度等级评价要求。

### 5 评估过程

#### 5.1 评估流程

智能制造能力成熟度评估流程包括预评估、正式评估、发布现场评估结果和改进提升，如图3所示。

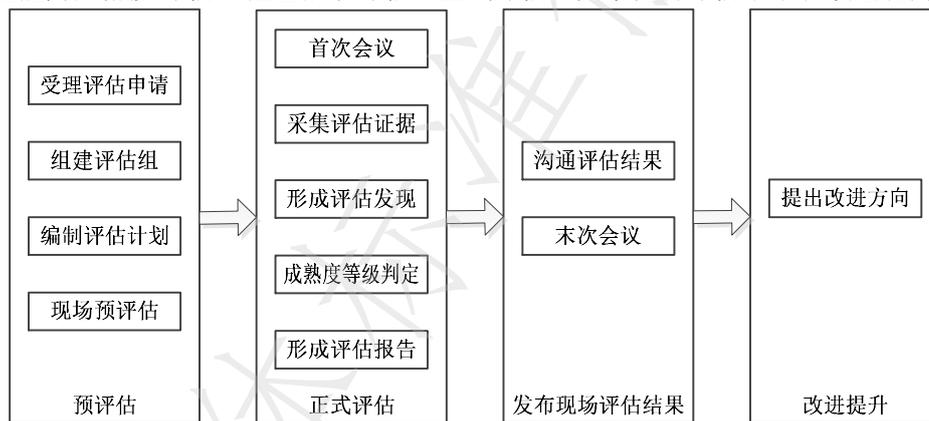


图3 智能制造能力成熟度评估流程

#### 5.2 预评估

##### 5.2.1 受理评估申请

评估方对受评估方所提交的申请材料进行评审，确认受评估方所从事的活动符合相关法律法规规定，实施了智能制造相关活动，并根据受评估方所申请的评估范围、申请评估等级及其他影响评估活动的因素，综合确定是否受理评估申请。

评估过程中使用的评估域和权重应按本文件的规定执行，权重不应调整。

##### 5.2.2 组建评估组

应组建一个有经验、经过培训、具备评估能力的评估组实施现场评估活动，应确认一名评估组长及多名评估组员，评估人员数量应为奇数。

评估组员职责包括：

- a) 应遵守相应的评估要求；
- b) 应掌握运用评估原则、评估程序和方法；
- c) 应按计划的时间进行评估；
- d) 应优先关注重要问题；
- e) 应通过有效的访谈、观察、文件与记录评审、数据采集等获取评估证据；
- f) 应确认评估证据的充分性和适宜性，以支持评估发现和评估结论；

- g) 应将评估发现形成文件，并编制适宜的评估报告；
- h) 应维护信息、数据、文件和记录的保密性和安全性；
- i) 应识别与评估有关的各类风险。

评估组长履行评估组员职责的同时，还应履行以下职责：

- a) 负责编制评估计划；
- b) 负责整个评估活动的实施；
- c) 实施正式评估前对评估组员进行评估方法的培训；
- d) 对评估组员进行客观评价；
- e) 对评估结果做最后决定；
- f) 向受评估方报告评估发现，包括强项、弱项和改进项；
- g) 评估活动结束后发布现场评估结论。

### 5.2.3 编制评估计划

智能制造能力成熟度评估分为现场预评估和正式评估两个阶段，评估前应编制预评估计划和正式评估计划，并与受评估方确认。评估计划至少包括评估目的、评估范围、评估任务、评估时间、评估人员、评估日程安排等。

### 5.2.4 现场预评估

评估组应围绕受评估方的需求：

- a) 了解受评估方智能制造基本情况；
- b) 了解受评估方可提供的直接或间接证据；
- c) 确定正式评估实施的可行性。

## 5.3 正式评估

### 5.3.1 首次会议

首次会议的目的：

- a) 确认相关方对评估计划的安排达成一致；
- b) 介绍评估人员；
- c) 确保策划的评估活动可执行。

会议内容至少应说明评估目的、介绍评估方法、确定评估日程以及明确其他需要提前沟通的事项。

### 5.3.2 采集评估证据

在实施评估的过程中，应通过适当的方法收集并验证与评估目标、评估范围、评估准则有关的证据，包括与智能制造相关的职能、活动和过程有关的信息。采集的证据应予以记录，采集方式可包括访谈、观察、现场巡视、文件与记录评审、信息系统演示、数据采集等。

### 5.3.3 形成评估发现

应对照评估准则，将采集的证据与其满足程度进行对比形成评估发现。具体的评估发现应包括具有证据支持的符合事项和良好实践、改进方向以及弱项。评估组应对评估发现达成一致意见，必要时进行组内评审。

### 5.3.4 成熟度级别判定

依据每一项打分结果，结合各能力域权重值，计算企业得分，并最终判定成熟度等级。

注：成熟度等级判定原则详见第6章。

### 5.3.5 形成评估报告

评估组应形成评估报告，评估报告至少应包括评估活动总结、评估结论、评估强项、评估弱项及改进方向。

评估报告宜参考附录C给出的纲要编写。

## 5.4 发布现场评估结果

### 5.4.1 沟通评估结果

在完成现场评估活动后，评估组应将评估结果与受评估方代表进行通报，给予受评估方再次论证的机会，并由评估组确定最终结果。

### 5.4.2 末次会议

末次会议的目的：

- a) 总结评估过程；
- b) 发布评估发现和评估结论。

末次会议内容至少应包括评估总结、评估结果、评估强项、评估弱项、改进方向以及后续相关活动介绍等。

## 5.5 改进提升

受评估方应基于现场评估结果，提出智能制造改进方向，并制定相应措施，开展智能制造能力提升活动。

## 6 成熟度等级判定

### 6.1 评分方法

评估组应将采集的证据与本文件中4.4规定的成熟度要求进行对照，按照满足程度对评估域的每一条要求进行打分。成熟度要求满足程度与得分对应表如表1所示。

表1 成熟度要求满足程度与得分对应表

成熟度要求满足程度	得分
全部满足 (FI)	1
大部分满足 (LI)	0.8
部分满足 (PI)	0.5
不满足 (NI)	0
注1：FI表示Fully Implements的缩写。 注2：LI表示Largely Implements的缩写。 注3：PI表示Partially Implements的缩写。 注4：NI表示Not Implements的缩写。	

### 6.2 评估域权重

根据电力行业企业的特点，给出了电力行业企业主要评估域及权重如表2所示。

表2 电力行业企业主要评估域及权重表

能力要素	能力要素权重范围	能力域	能力域权重	评估域	评估域权重范围
人员	8%	组织战略	60%	组织战略	100%
		人员技能	40%	人员技能	100%
技术	22%	数据	50%	数据应用	100%
		集成	20%	集成	100%
		信息安全	30%	信息安全	100%
资源	20%	设备	70%	设备	100%
		网络	30%	网络	100%
制造	50%	设计	10%	工艺设计	100%
		生产	60%	物资采购	2%
				计划调度	5%
				生产运行	20%
				设备管理	20%
				物料管理	13%
				安全环保	30%
		能源管理	10%		
		物流	5%	物流管理	100%
		销售	15%	销售	100%
服务	10%	客户服务	100%		

### 6.3 计算方法

能力子域得分为该子域每条要求得分的算术平均值，能力子域得分按式（1）计算：

$$D = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} X \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$D$ ——能力子域得分；

$X$ ——能力子域要求得分；

$n$ ——能力子域的要求个数。

能力域的得分为该域下能力子域得分的加权求和，能力域得分按式（2）计算：

$$C = \sum(D \times \gamma) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$C$ ——能力域得分；

$D$ ——能力子域得分；

$\gamma$ ——能力子域权重。

能力要素的得分为该要素下能力域的加权求和，能力要素的得分按式（3）计算：

$$B = \sum(C \times \beta) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$B$ ——能力要素得分；

$C$ ——能力域得分；

$\beta$ ——能力域权重。

成熟度等级的得分为该等级下能力要素的加权求和，成熟度等级的得分按式（4）计算：

$$A = \sum(B \times \alpha) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$A$ ——成熟度等级得分；

$B$ ——能力要素得分；

$\alpha$ ——能力要素权重。

#### 6.4 成熟度等级判定方法

当被评估对象在某一等级下的成熟度得分超过评分区间的最低分视为满足该等级要求，反之，则视为不满足。在计算总体分数时，已满足的等级的成熟度得分取值为1，不满足的级别的成熟度得分取值为该等级的实际得分。智能制造能力成熟度总分，为各等级评分结果的累计求和。评分结果与能力成熟度对应关系如表3所示。

根据表3给出的分数与等级的对应关系表，结合实际得分 $S$ ，可以直接判断出企业当前所处的成熟度等级。成熟度评估得分记录宜参见附录B电力企业智能制造能力成熟度评估表。

表3 分数与等级的对应关系

成熟度等级	对应评分区间
五级（引领级）	$4.8 \leq S \leq 5$
四级（优化级）	$3.8 \leq S < 4.8$
三级（集成级）	$2.8 \leq S < 3.8$
二级（规范级）	$1.8 \leq S < 2.8$
一级（规划级）	$0.8 \leq S < 1.8$

注：满足该等级要求的符合性评价使用“S”标识，不满足使用“US”标识。

附 录 A  
(规范性)  
电力企业能力域成熟度要求

A.1 人员

人员能力要素包括组织战略、人员技能2个能力域。人员能力要素按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表A.1。

表A.1 人员的成熟度要求

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
组织战略	a) 应制定企业智慧电厂的发展规划； b) 应对发展智慧电厂规划所需的资源进行投资。	a) 应制定智慧电厂发展战略，对企业发展的组织结构、技术架构、资源投入、人员配备等进行规划，形成具体的实施计划； b) 应明确责任部门和各关键岗位的责任人，并且明确各岗位的岗位职责。	a) 应对企业智慧电厂战略的执行情况进行监控与评测，并持续优化战略； b) 应建立优化岗位结构的机制，并定期对岗位结构和岗位职责的适宜性进行评估，基于评估结果实施岗位结构优化和岗位调整。		
人员技能	a) 应充分意识到智慧电厂的重要性； b) 应培养或引进智慧电厂发展需要的人员。	a) 应具有智慧电厂统筹规划能力的个人或团队； b) 应具有掌握IT技术、数据分析信息安全、系统运维、设备维护编程调试等技术的人员； c) 应制定适宜的智慧电厂人才培养体系、绩效考核机制等，及时有效地使员工获取新的技能和资格，以适应企业智慧电厂发展需要。	a) 应具有创新管理机制，持续开展智慧电厂相关技术创新和管理创新； b) 应建立知识管理体系，通过信息技术手段管理人员贡献的知识和经验，并结合智慧电厂需求，开展分析和应用。	a) 应建立知识管理平台，实现人员知识、技能、经验的沉淀与传播； b) 应将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化。	

A.2 技术

技术能力要素包括数据应用、集成、信息安全3个能力域。技术能力要素按成熟度可划分为不同等级要求，见表A.2。

表A.2 技术的成熟度要求

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
数据应用	<p>a) 应采集业务活动所需的数据;</p> <p>b) 应基于经验开展数据分析。</p>	<p>a) 应采用传感技术(例如:称重、电能量、温度、压力、物位、转速等),实现制造关键环节数据(例如涉及能耗、结算等)的自动采集;</p> <p>b) 应基于信息系统数据和人工经验开展数据分析,满足特定范围的数据使用需求;</p> <p>c) 应实现数据及分析结果在部门内在线共享。</p>	<p>a) 应基于二维码、条形码、RFID、PLC、DCS(分散控制系统)、SIS系统等,实现数据采集;</p> <p>b) 应建立统一的数据编码、数据交换格式和规则等,整合数据资源,支持跨部门的业务协调;</p> <p>c) 实现部分泛在感知通过先进的传感测量、计算机和网络通信技术,实现对电厂生产全过程和经营管理各环节的全方位监测和多种模式信息感知,实现发电厂全生命周期的信息采集与存储,从空间和时间两个维度,为发电厂的生产控制与经营决策提供全面丰富的信息资源,这些信息应以数字化的方式存储和使用。</p>	<p>a) 应建立企业级的统一数据中心;</p> <p>b) 应建立常用数据分析模型库、智能诊断系统,支持业务人员快速进行数据分析;</p> <p>c) 应采用大数据技术,应用各类型算法模型,预测制造环节状态,为制造活动提供优化建议和决策支持;</p> <p>d) 实现智能融合在泛在感知获取的信息资源基础上,利用网络通信、信息融合、大数据等技术,通过对多源数据的自动检测、关联、相关、组合和估计等处理,实现对发电厂生产过程和经营管理的全息观测,并提高状态预测的精度。</p>	<p>a) 应对数据分析模型实时优化,实现基于模型的精准执行;</p> <p>b) 全过程可控发电厂智能化的控制系统应具备充分的计算能力,逐步实现智能化的控制策略,在“无人干预,少人值守”的条件下,保证发电机组在生产全过程的任何工况下都处于受控状态,满足安全生产和经济环保运行的要求;</p> <p>c) 实现自适应、自学习、自寻优基于泛在感知和智能融合所获取的数据资源和自学习所获得知识,利用寻优算法,实现对机组运行效能、电厂经营管理和外部监管与市场等信息的自动处理与分析,根据分析结果对机组运行方式和电力交易行为持续自动优化,提高发电厂的安全、经济、环保运行水平,提升企业的运营竞争力。</p>
集成	<p>a) 应具有系统集成的意识。</p>	<p>a) 应开展系统集成规划,包括网络、硬件、软件等内容;</p> <p>b) 生产控制系统实现自动化、集中控制。</p>	<p>a) 应形成完整的系统集成架构;</p> <p>b) 应具有设备、控制系统与软件系统间集成的技术规范包括异构协议的集成规范、工业软件的接口规范等;</p> <p>c) 应通过中间件工具、数据接口、集成平台等方式,实现跨业务活动设备、系统间的集成。</p>	<p>a) 应通过ESB和ODS等方式,实现全业务活动的集成。</p>	

表A.2 技术的成熟度要求（续）

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
信息安全	<p>a) 应制定信息安全管理规范,并有效执行;</p> <p>b) 应成立信息安全协调小组。</p>	<p>a) 应定期对关键工业控制系统开展信息安全风险评估;</p> <p>b) 应在全厂服务器、网络设备上安装正规的工业防病毒软件或具备风险控制的技术控制手段(如:进程控制等);</p> <p>c) 应在工业主机上进行安全配置和补丁管理</p> <p>d) 工业主机应进行主机加固,操作系统和关键网络设备应采用国家安全部门认可的品牌。</p>	<p>a) 工业控制网络边界应具有边界防护能力,配置安全可靠的隔离装置和预警功能;</p> <p>b) 工业控制设备的远程访问应进行安全管理和加固,加强密钥动态管理和分级登录管理。</p>	<p>a) 工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备;</p> <p>b) 应自建离线测试环境,对工业现场使用的设备进行安全性测试;</p> <p>c) 在工业企业管理网中,应采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施;</p> <p>d) 工业控制信息安全应具备完整的过程控制,主要包括:识别、保护、检查、响应、恢复的防护技术措施;</p> <p>e) 火力发电厂智能化应实现安全的信息通信功能,按照“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的信息安全策略,合理设计、建设、维护、管理网络通信系统,在保证信息高效交互的同时,实现具有主动防御能力的信息安全系统。</p>	

### A.3 资源

资源能力要素包括设备、网络2个能力域。资源能力要素成熟度等级可划分为不同等级要求,见表A.3。

表A.3 资源的成熟度要求

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
设备	<p>a) 应在关键工序应用自动化设备、智能组件；</p> <p>b) 应对关键工序设备形成技改方案。</p>	<p>a) 应在关键工序应用数字化设备、智能电子装置；</p> <p>b) 关键工序设备应具有标准通信接口,包括RJ45、RS232、RS485等,并支持主流通信协议,包括 OPCOPC UA、MODBUS、PROFIBUS等。</p>	<p>a) 关键工序智能化设备应具有数据管理、模拟检修、图形化编程等人机交互功能；</p> <p>b) 应建立关键工序设备的三维模型库；</p> <p>c) 实现人与设备互动,火力发电厂智能化应具备高效的人机互动能力。火力发电厂智能化应支持可视化、消息推送等丰富的信息展示与发布功能,使运行和管理人员能够准确、及时地获取与理解需关注的信息；火力发电厂智能化的控制与管理系统应准确、及时地解析与执行运行和管理人员以多种方式发出的指令。</p>	<p>a) 关键工序设备应具有预测性维护功能；</p> <p>b) 关键工序设备应具有远程监测和远程诊断功能,可实现故障预警；</p> <p>c) 实现设备与设备的互动化,基于网络通信技术,通过标准化的通信协议,实现火力发电厂智能化中设备与设备、设备与系统、系统与系统的交互,实现不同设备、系统的协同工作；通过与智能电网、电力市场、电力大用户等系统的信息交互和共享,分析和预测电能需求状况,合理规划生产和管理过程,促进安全、高效、环保的电能生产。</p>	<p>a) 关键工序设备三维模型应集成设备实时运行参数,实现设备与模型间的信息实时互联；</p> <p>b) 关键工序设备、单元、产线等应实现基于工业数据分析的自适应、自优化、自控制等,并与其他系统进行数据分享。</p>
网络	<p>a) 应实现工业控制网络和生产网络覆盖。</p>	<p>a) 应实现办公网络覆盖；</p> <p>b) 应具备 IEE802 系列标准工业以太网专属网络的相关组件及技术控制手段；</p> <p>c) 应具备通信异常自愈功能,局部通信系统故障不应导致系统性故障或失效；</p> <p>d) 应具备通信冗余、容错功能；</p> <p>e) 应具备对报文丢失及数据完整性的甄别功能；</p>	<p>a) 应建立工业控制网络、生产网络和办公网络的防护措施,包括不限于网络安全隔离、授权访问等手段；</p> <p>b) 网络应具有远程配置功能,应具备带宽、规模、关键节点的扩展和升级功能；</p> <p>c) 网络应能够保障关键业务数据传输的完整性；</p> <p>d) 工业控制网络、生产办公网络应定期进行安全等级测评、主机加固工作；</p> <p>e) 宜具备报文解读过程中的防误判、防误动功能；</p> <p>f) 应具备丰富的对外接口,以满足火力发电厂智能化与上级单位、智能电网、因特网、上下游设备厂商、客户互动的远景功能规划需要。</p>	<p>a) 应建立分布式工业控制网络,基于SDN的敏捷网络,实现网络资源优化配置</p> <p>b) 应根据功能差异设置合理的网络区段,采取必要的技术和管理措施,满足国家标准和政策文件对于信息安全的要求；</p> <p>c) 应定期测试信息安全防护系统,消除隐患；</p> <p>d) 宜采用智能信息安全防护设备或系统,实现主动防御功能。</p>	

## A.4 制造

### A.4.1 设计

设计能力域包括工艺设计1个评估域，设计能力域按成熟度等级可划分为不同等级特征和要求，见表A.4。

表A.4 设计的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
工艺设计	<p>a) 应基于设计数据开展设计优化；</p> <p>b) 应制定工艺设计过程相关规范，并有效执行；</p> <p>c) 应建立工艺文档或数据的管理机制，能够对工艺信息进行记录、查阅和执行。</p>	<p>a) 应实现不同专业、系统之间的并行设计；</p> <p>b) 优先选用智能设备；</p> <p>c) 整体考虑火力发电厂智能化与智能电网的协调运行；</p> <p>d) 综合考虑建造和运维的经济性；</p> <p>e) 综合考虑建造和运维的环境友好特性；</p> <p>f) 充分考虑对人身、设备的安全防护；</p> <p>g) 实现各层级最大限度的功能自治；</p> <p>h) 确保层间信息交互高效、可靠。</p>	<p>a) 应通过 BIM 设计管理系统，实现工艺设计文档或数据的结构化管理、数据共享、版本管理、权限控制和电子审批；</p> <p>b) 应建立典型工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库，并能以结构化的形式展现、查询与更新；</p> <p>c) 应基于数字化模型实现工艺关键环节的仿真分析及迭代优化；</p> <p>d) 应实现工艺设计的系统之间的信息交互、并行协同；</p> <p>e) 实现全厂设备的全寿命周期（设计、制造、建设、运行、退役）智能管理；</p> <p>f) 实现全厂的一体化设计，消除信息孤岛；</p> <p>g) 实现全厂 APS 功能。</p>	<p>a) 应全部实现基于模型的三维工艺设计和优化，并将完整的工艺信息集成于三维工艺模型中；</p> <p>b) 应基于工艺知识库的集成应用，实现工艺流程、工序内容、工艺资源等知识的实时调用，为工艺规划与设计提供决策支持；</p> <p>c) 应实现在线仿真分析；</p> <p>d) 应基于工艺设计、生产等系统的集成，通过工艺信息下发、执行、反馈、监控的闭环管控，实现工艺设计与生产协同；</p> <p>e) 采用数字化方式设计和资料移交。</p>	<p>a) 应基于工艺知识库的集成应用，辅助工艺优化；</p> <p>b) 应基于设计、工艺、生产、运维等数据分析，构建实时优化模型，实现工艺设计动态优化；</p> <p>c) 应建立工艺设计云平台，实现产业链跨区域、跨平台的协同工艺设计</p> <p>d) 实现全厂数据孪生和少人、无人控制。</p>

### A.4.2 生产

生产能力域包括物资采购、计划调度、生产运行、设备管理、物料管理、安全环保、能源管理7个能力子域。生产能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表A.5。

表A.5 生产的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
物资采购	<p>a) 应根据需求和库存等信息制定采购计划;</p> <p>b) 应实现对采购订单、采购合同和供应商等信息的管理;</p> <p>c) 应建立合格供应商机制, 并有效执行。</p>	<p>a) 应通过信息系统制定物料需求计划, 生成采购计划, 并管理和追踪采购执行全过程;</p> <p>b) 应通过信息技术系统, 实现供应商的寻源、评价和确认。</p>	<p>a) 应将采购、生产和仓储等信息系统集成, 自动生成采购计划, 并实现出入库、库存和单据的同步;</p> <p>b) 应通过信息系统开展供应商管理, 对供应商的供货质量、技术、响应、交付、成本等要素进行量化评价。</p>	<p>a) 通过与供应商的销售系统集成, 实现协同供应链;</p> <p>b) 应基于采购执行、生产消耗和库存等数据, 建立采购模型, 实时监控采购风险并及时预警, 自动提供优化方案;</p> <p>c) 应基于信息系统的数据, 优化供应商评价模型。</p>	<p>a) 应实现企业与供应商在设计、生产、质量、库存、物流的协同, 并实时监控采购变化及风险, 自动做出反馈和调整;</p> <p>b) 应实现采购模型和供应商评价模型的自优化。</p>
计划调度	<p>a) 应基于调度计划和销售预测信息, 编制主生产计划。</p>	<p>a) 应通过信息系统, 应基于调度计划和销售预测信息, 编制主生产计划;</p> <p>b) 应基于企业的安全库存、采购预测、生产预测等要素实现物料需求计划的运算。</p>	<p>a) 应基于安全库存、采购预测、负荷预测、生产过程数据等要素开展生产能力运算, 自动生成有限能力主生产计划;</p> <p>b) 应实时监控各生产环节的实时数据, 系统实现异常情况自动报警, 并支持人工对异常的调整。</p>	<p>a) 应基于先进生产调度的算法模型, 系统自动给出满足多种约束条件的负荷预测方案, 形成优化的详细生产作业计划;</p> <p>b) 应实时监控各生产要素, 系统实现对异常情况的自动决策和优化调整。</p>	<p>a) 应基于智能算法、数据分析建立生产实时模型, 提前处理生产过程中的波动和风险, 实现动态实时的生产和调度。</p>

表A.5 生产的成熟度要求（续）

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
生产运行	<p>a) 应制定生产作业相关规范，并有效执行；</p> <p>b) 应记录关键工序的生产过程信息。</p>	<p>a) 厂级负荷优化。智能化生产管理系统应综合全厂各机组及公用系统的生产过程信息、电网调度命令等条件，为实现安全、经济、环保等目标，对各机组自动进行负荷再分配。</p> <p>b) 宜通过厂区内单个生产过程控制、信息系统提供的相关信息，对该过程进行状态及性能评估，对主要生产过程和关键辅助过程进行优化；</p> <p>c) 应根据生产作业计划，自动将生产程序、运行参数或生产指令下发到数字化设备。</p>	<p>a) 应实现对生产计划、生产资源信息等关键数据的动态监测；</p> <p>b) 全局优化分析。应通过域内的全局优化分析或域外的第三方优化分析系统，对生产过程数据和电网、环保等外部约束条件进行实时或非实时的数据挖掘，综合平衡安全、经济、环保等目标，进行全局性的寻优计算，给出优化的生产过程运行方式、操作路径与参数取值。</p>	<p>a) 应构建模型实现生产作业数据的在线分析，优化生产工艺参数、设备参数、生产资源配置等；</p> <p>b) 应基于在线监测的质量数据，建立质量数据算法模型预测生产过程异常，并实时预警；</p> <p>c) 互操作接口。通过与智能控制层的互操作接口，使优化的运行方式、操作路径与参数取值及时作用于厂区内各生产过程。</p>	<p>a) 宜实现生产资源自组织、自优化，满足柔性化、个性化生产的需求；</p> <p>b) 应基于人工智能、大数据等技术，实现生产过程非预见性异常的自动调整；</p> <p>c) 应基于模型实现质量知识库自优化</p> <p>d) 网源协调互动。通过与智能电网的信息交互，自动优化调整运行方式及控制参数，实现网源协调互动运行。</p>
设备管理	<p>a) 应通过人工或手持仪器开展设备点巡检，并依据人工经验实现检修维护过程管理和故障处理。</p>	<p>a) 应通过信息技术手段制定设备维护计划，实现对设备设施维护保养的预警；</p> <p>b) 应通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划</p> <p>c) 应采用设备管理系统实现设备点巡检、维护保养等状态和过程管理。</p>	<p>a) 应实现设备关键运行参数（温度、压力、电压、电流、有功、无功等）数据的实时采集、故障分析和远程诊断；</p> <p>b) 应依据设备关键运行参数等，实现设备综合效率（OEE）平均故障维修时间 MTTR、平均故障间隔时间 MTBF、设备完好率统计；</p> <p>c) 应建立设备故障知识库（故障代码化），并与设备管理系统集成；</p> <p>d) 应依据设备运行状态，自动生成检修工单，实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理。</p>	<p>a) 应基于设备运行模型和设备故障知识库，实现包含自动预警的预测性维护解决方案</p> <p>b) 应基于设备综合效率的分析，自动驱动工艺优化和生产作业计划优化</p> <p>c) 应建立设备底层数据共享平台，实现设备管理系统与其他系统的数据交互。</p>	<p>a) 应采用机器学习、神经网络等，实现设备运行模型的自学习、自优化。</p>

表A.5 生产的成熟度要求（续）

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
物料管理	<p>a) 应制定仓储管理规范, 实现出入库、盘点和安全库存等管理;</p> <p>b) 应基于管理分类和规范要求, 实现仓储合规管理;</p> <p>c) 建立煤场管理制度, 如: 煤场接卸制度、入厂煤采制化制度、煤场盘点制度、输煤系统管理制度等等。</p>	<p>a) 应基于条码、二维码、RFID等标识技术, 实现出入库管理;</p> <p>b) 应建立仓储管理系统, 实现货物库位分配、出入库和移库等管理;</p> <p>c) 应具有燃料管理系统, 覆盖燃料计划、进货、检验和储存。</p>	<p>a) 应基于仓储管理系统, 依据实际生产作业计划实现半自动或自动出入库管理;</p> <p>b) 适用时, 应基于工业无线网, 通过无线传感器, 将罐区相关信息自动采集至罐区管理系统, 对储罐状态进行实时监测, 储罐状态异常时可自动报警, 避免冒罐事故发生;</p> <p>c) 利用先进的探测、监测、测量等先进感知技术对输煤系统自动化智能化升级改造, 能实现高效节能、少人减人。</p>	<p>a) 应通过数字化仓储设备、配送设备与信息系统集成, 依据实际生产状态实时拉动物料配送;</p> <p>b) 应建立仓储模型和配送模型, 实现最小库存和最优路径;</p> <p>c) 适用时, 应根据储罐状态实时数据进行趋势预测, 结合知识库自动给出纠正和预防措施;</p> <p>d) 利用无人机或者盘煤仪等手段实现智能盘煤并利用三维建模和图像处理技术实现煤场和煤堆重现, 利用煤温监测技术形成堆损分析模型, 利用电子皮带秤在线校准技术实现电子皮带秤的高精密度及高可靠性、利用采制化在线管理技术实现分煤种自动采制化。</p>	<p>a) 应基于分拣和配送模型, 满足个性化、柔性化生产实时配送需求;</p> <p>b) 应通过企业与上游供应链的集成优化, 实现最优库存或即时供货;</p> <p>c) 适用时, 应通过智能仪表、互联网、云计算和大数据技术, 实现罐区阀门自动控制, 实现无人罐区;</p> <p>d) 实现智能配煤掺烧、煤场智能感知、煤场智能生产线管理促进电厂安全、高效、环保的电生产。</p>
安全环保	<p>a) 应制定企业安全管理机制;</p> <p>b) 具备安全操作规程;</p> <p>c) 应制定企业安全、职业健康和环保管理机制, 具备安全、职业健康和环保操作规程。</p>	<p>a) 应通过信息技术手段实现员工职业健康和安全生产管理;</p> <p>b) 应通过信息技术手段实现环保管理, 环保数据可采集并记录。</p>	<p>a) 应建立安全培训、风险管理等知识库; 在现场作业端应用定位跟踪等方法, 强化现场安全管控;</p> <p>b) 应实现从清洁生产到末端治理的全过程环保数据的采集, 实时监控及报警, 并开展可视化分析;</p> <p>c) 应具有电子工作票功能, 宜自动评估工作票所列内容的安全性;</p> <p>d) 应具有电子围栏功能, 结合定位技术对人员和设备进行智能化防护;</p> <p>e) 应建立应急指挥中心 (信息系统), 基于应急预案库自动给出管理建议, 缩短突发事件应急响应时间。</p>	<p>a) 应基于安全作业、风险管控等数据的分析, 实现危险源的动态识别、评审和治理;</p> <p>b) 应实现环保监测数据和生产作业数据的集成应用, 建立数据分析模型, 开展排放分析及预测预警;</p> <p>c) 宜具有对视频监控的分析功能, 自动按照视频的内容给出安防警告或建议;</p> <p>d) 宜具有安防事件分析总结功能, 能够根据一段时间内本地或类似电厂发生的安防事件统计, 分析出易发生安全事件的环节或位置, 生成安防报告, 并给出安防建议。</p>	<p>a) 应综合应用知识库及大数据分析技术, 实现生产安全一体化管理;</p> <p>b) 应实现环保、生产、设备等数据的全面实时监控, 应用数据分析模型, 预测生产排放并自动提供生产优化方案并执行。</p>

表A.5 生产的成熟度要求（续）

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
能源管理	a) 应建立企业能源管理制度,开展主要能源的数据采集和计量。	a) 应通过信息技术手段,对主要能源的产生、消耗点开展数据采集和计量; b) 应建立煤、水、电、油、气等重点能源消耗的动态监控和计量; c) 应实现重点高能耗设备、系统等的动态运行监控; d) 应对有节能优化需求的设备开展实时计量,并基于计量结果进行节能改造。	a) 应对高能耗设备能耗数据进行统计与分析,制定合理的能耗评价指标; b) 应建立能源管理信息系统,对能源输送、存储、转化、使用等各环节进行全面监控,进行能源使用和生产活动匹配,并实现能源调度; c) 应实现能源数据与其他系统数据共享,为业务管理系统和决策支持系统提供能源数据。	a) 应建立节能模型,实现能流的精细化和可视化管理; b) 应根据能效评估结果及时对高耗能设备进行技术改造和更新。	a) 应实现能源的动态预测和平衡,并指导生产。

#### A.4.3 物流管理

物流管理能力域包括1个能力子域。物流管理能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表A.6。

表A.6 物流的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级
物流管理	a) 应对车辆和驾驶员进行统一管理或交由第三方管理; b) 应对物流信息进行简单跟踪。	a) 应通过运输管理系统实现订单、运输计划、运力资源、调度等的管理; b) 应通过电话、短信等形式反馈运输配送关键节点信息给管理人员。	a) 应通过仓储管理系统和运输管理系统的集成,整合出库和运输过程; b) 应实现运输配送关键节点信息跟踪,并通过信息系统将信息反馈给客户; c) 应通过运输管理系统,实现拼单、拆单等功能。	a) 应实现生产、仓储配送、运输管理多系统的集成优化; b) 应基于模型,实现装载能力优化以及运输配送线路优化; c) 应实现运输配送全过程信息跟踪,对轨迹异常进行报警。

#### A.4.4 销售

销售能力域包括1个能力子域。销售能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表A.7。

表A.7 销售的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
销售	a)应基于电网调度,通过人工方式进行预测,制定发电计划;	a)应通过信息系统编制计划,实现发电计划、生产、销售历史数据的管理; b)应给电网公司提供厂内设备的运行状态评估、性能评价、检修维护、改造计划等信息。	a)应具有自动接收智能电网调度信息,并自动调整生产运行的功能; b)应能够在电网异常时,自动调整运行方式,保证电网稳定。	a)应通过对客户信息的挖掘、分析,优化客户需求预测模型,制定精准的制定发电计划; b)应具有自动上报厂内主要设备异常或故障信息的功能。	a)应根据数据模型进行市场预测,生成发电计划; b)应具有电力交易智能辅助决策系统; c)应确保电力交易信息交互安全; d)宜具有涉及电力市场的现货、期货、金融衍生品等交易的分析和辅助决策功能。

## A.4.5 服务

服务能力域包括客户服务1个能力子域。服务能力域成熟度等级可划分为不同等级要求,见表A.8。

表A.8 服务的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
客户服务	a)应制定客户服务规范,并有效执行; b)应对客户服务信息进行统计,并反馈给发电、销售部门。	a)应建立包含客户反馈渠道和服务满意度评价制度的规范化服务体系,实现客户服务闭环管理; b)应通过信息系统实现客户服务管理,对客户服务信息进行统计并反馈给相关部门。	a)应通过信息技术手段提供在线客户服务,建设购售电平台、综合能源服务平台; b)应具备客户服务信息数据库及客户服务知识库,实现与客户关系管理系统的集成。	a)应实现面向客户的精细化管理,提供主动式客户服务; b)应建立客户服务数据模型,实现精准客服。	a)应通过智能客服机器人实现自然语言交互、智能客户管理,并通过多维度的数据挖掘,进行自学习、自优化,实现智能客服,帮助客户以最低价格成交最优电量。

## 附录 B

(资料性)

### 电力企业智能制造能力成熟度评估表

表B.1~B.4中给出了电力企业开展智能制造能力成熟度评估活动所使用的评估表的示例，供本文件的使用者记录评估活动的过程和评估发现。

对成熟度要求的符合性，根据评估证据获得的评估发现在评估表中填写成熟度要求满足程度的字母缩写，对应字母缩写参见本文件表1（P.5）。对能力域的符合性，根据对应等级得分，填写符合性等级评估的字母缩写，对应字母缩写参见本文件表3（P.7）。

表B.1 人员要素智能制造能力成熟度评估表

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	组织战略（1级）			（“S”或“US”）
特征	企业有发展智能制造的规划。			
要求 a)	应制定企业智慧电厂的发展规划；	（填写访谈对象）	（填写评估过程中的记录，重点记录对标要求的问题点、缺失点、需要改进优化的地方）	（“FI”、“LI”、“PI”或“NI”。）
要求 b)	应对发展智慧电厂规划所需的资源进行投资。			
能力域	组织战略（2级）			（“S”或“US”）
特征	战略规划标准化，组织架构设置制度化。			
要求 a)	应制定智慧电厂发展战略，对企业发展的组织结构、技术架构、资源投入、人员配备等进行规划，形成具体的实施计划；			（“FI”、“LI”、“PI”或“NI”。）
要求 b)	应明确责任部门和各关键岗位的责任人，并且明确各岗位的岗位职责。			（“FI”、“LI”、“PI”或“NI”。）
能力域	组织战略（3级/4级/5级）			（“S”或“US”）
特征	战略量化管理和持续优化、自适应组织结构。			
要求 a)	应对企业智慧电厂战略的执行情况进行监控与评测，并持续优化战略；			（“FI”、“LI”、“PI”或“NI”。）
要求 b)	应建立优化岗位结构的机制，并定期对岗位结构和岗位职责的适宜性进行评估，基于评估结果实施岗位结构优化和岗位调整。			（“FI”、“LI”、“PI”或“NI”。）
表 B.1（第 1 页/共 2 页）				

表B.1 人员要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	人员技能（1级）			
特征	企业具有智能制造人员技能培养意识和规划。			
要求 a)	应充分意识到智慧电厂的重要性；			
要求 b)	应培养或引进智慧电厂发展需要的人员。			
能力域	人员技能（2级）			
特征	人员的技能和知识持续满足智能制造发展的需要。			
要求 a)	应具有智慧电厂统筹规划能力的个人或团队；			
要求 b)	应具有掌握 IT 基础、数据分析信息安全、系统运维、设备维护编程调试等技术的人员；			
要求 c)	应制定适宜的智慧电厂人才培养体系、绩效考核机制等，及时有效地使员工获取新的技能和资格，以适应企业智慧电厂发展需要。			
能力域	人员技能（3级）			
特征	营造全员创新文化，具有人员知识、技能、经验分享的举措。			
要求 a)	应具有创新管理机制，持续开展智慧电厂相关技术创新和管理创新；			
要求 b)	应建立知识管理体系，通过信息技术手段管理人员贡献的知识和经验，并结合智慧电厂需求，开展分析和应用。			
能力域	人员技能（4级/5级）			
特征	实现知识、技能、经验的数字化、代码化。			
要求 a)	应建立知识管理平台，实现人员知识、技能、经验的沉淀与传播；			
要求 b)	应将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化。			
表 B.1（第 2 页/共 2 页）				

表B.2 技术要素智能制造能力成熟度评估表

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	数据应用（1级）			
特征	开始开展数据采集，在单一业务领域开展数据分析，点对点的方式数据共享。			
要求 a)	应采集业务活动所需的数据；			
要求 b)	应基于经验开展数据分析。			
能力域	数据应用（2级）			
特征	通过新一代信息技术手段开展数据采集，定义项目级元数据，基于信息系统开展线上数据分析。			
要求 a)	应采用传感技术（例如：称重、电能量、温度、压力、物位、转速等），实现制造关键环节数据（例如涉及能耗、结算等）的自动采集；			
要求 b)	应基于信息系统数据和人工经验开展数据分析，满足特定范围的数据使用需求；			
要求 c)	应实现数据及分析结果在部门内在线共享			
能力域	数据应用（3级）			
特征	实时自动数据采集，定义组织级元数据规范，建立统一数据平台，实现数据的深度利用。			
要求 a)	应基于二维码、条形码、RFID、PLC、DCS（分散控制系统）、SIS 系统等，实现数据采集；			
要求 b)	应建立统一的数据编码、数据交换格式和规则等，整合数据资源，支持跨部门的业务协调；			
要求 c)	实现部分泛在感知通过先进的传感测量、计算机和网络通信技术，实现对电厂生产全过程和经营管理各环节的全方位监测和多种模式信息感知，实现发电厂全寿命周期的信息采集与存储，从空间和时间两个维度，为发电厂的生产控制与经营决策提供全面丰富的信息资源，这些信息应以数字化的方式存储和使用。			
表 B.2（第 1 页/共 4 页）				

表B.2 技术要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
<b>能力域</b>	<b>数据应用（4级）</b>			
特征	建立数据分析模型库，利用大数据技术实现制造各环节的决策和优化。			
要求 a)	应建立企业级的统一数据中心；			
要求 b)	应建立常用数据分析模型库、智能诊断系统,支持业务人员快速进行数据分析；			
要求 c)	应采用大数据技术,应用各类型算法模型,预测制造环节状态,为制造活动提供优化建议和决策支持；			
要求 d)	实现智能融合在泛在感知获取的信息资源基础上,利用网络通信、信息融合、大数据等技术,通过对多源数据的自动检测、关联、相关、组合和估计等处理,实现对发电厂生产过程和经营管理的全息观测,并提高状态预测的精度。			
<b>能力域</b>	<b>数据应用（5级）</b>			
特征	对数据分析效果实时评价和改善,推动制造目标的不断上升。			
要求 a)	应对数据分析模型实时优化,实现基于模型的精准执行；			
要求 b)	全过程可控发电厂智能化的控制系统应具备充分的计算能力,逐步实现智能化的控制策略,在“无人干预,少人值守”的条件下,保证发电机组在生产全过程的任何工况下都处于受控状态,满足安全生产和经济环保运行的要求；			
要求 c)	实现自适应、自学习、自寻优基于泛在感知和智能融合所获取的数据资源和自学习所获得知识,利用寻优算法,实现对机组运行效能、电厂经营管理和外部监管与市场等信息的自动处理与分析,根据分析结果对机组运行方式和电力交易行为持续自动优化,提高发电厂的安全、经济、环保运行水平,提升企业的运营竞争力。			
<b>能力域</b>	<b>集成（1级）</b>			
特征	具有系统集成的需求。			
要求 a)	应具有系统集成的意识。			
表 B.2（第 2 页/共 4 页）				

表B.2 技术要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	<b>集成（2级）</b>			
特征	已规划了系统集成的架构并实现了关键系统的集成。			
要求 a)	应开展系统集成规划,包括网络、硬件、软件等内容;			
要求 b)	生产控制系统实现自动化、集中控制。			
能力域	<b>集成（3级）</b>			
特征	完整的系统集成方案并实现了现有的设备间、系统间以及设备与系统间的集成。			
要求 a)	应形成完整的系统集成架构;			
要求 b)	应具有设备、控制系统与软件系统间集成的技术规范包括异构协议的集成规范、工业软件的接口规范等;			
要求 c)	应通过中间件工具、数据接口、集成平台等方式,实现跨业务活动设备、系统间的集成。			
能力域	<b>集成（4级/5级）</b>			
特征	建立了统一的基于数据的集成架构,通过新技术的应用实现集成。			
要求 a)	应通过企业服务总线(ESB)和操作数据存储系统(ODS)等方式,实现全业务活动的集成。			
能力域	<b>信息安全（1级）</b>			
特征	建立管理机制成立协调小组。			
要求 a)	应制定信息安全管理规范,并有效执行;			
要求 b)	应成立信息安全协调小组。			
表 B.2（第 3 页/共 4 页）				

表B.2 技术要素智能制造能力成熟度评估表（续）

能力域	信息安全（2级）		
特征	定期风险评估；安装工业防病毒软件并实施配置管理和补丁管理。		
要求 a)	应定期对关键工业控制系统开展信息安全风险评估；		
要求 b)	应在全厂服务器、网络设备上安装正规的工业防病毒软件或具备风险控制的技术控制手段（如：进程控制等）；		
要求 c)	应在工业主机上进行安全配置和补丁管理		
要求 d)	工业主机应进行主机加固，操作系统和关键网络设备应采用国家安全部门认可的品牌。		
能力域	信息安全（3级）		
特征	实施远程防护、边界防护等措施。		
要求 a)	工业控制网络边界应具有边界防护能力，配置安全可靠的隔离装置和预警功能；		
要求 b)	工业控制设备的远程访问应进行安全管理和加固，加强密钥动态管理和分级登录管理。		
能力域	信息安全（4级/5级）		
特征	部署安全设备、进行安全性测试以及实施自学习、自优化的安全措施。		
要求 a)	工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备；		
要求 b)	应自建离线测试环境，对工业现场使用的设备进行安全性测试；		
要求 c)	在工业企业管理网中，应采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施。		
要求 d)	工业控制信息安全应具备完整的个过程控制主要包括：识别、保护、检查、响应、恢复的防护技术措施。		
要求 e)	火力发电厂智能化应实现安全的信息通信功能，按照“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的信息安全策略，合理设计、建设、维护、管理网络通信系统，在保证信息高效交互的同时，实现具有主动防御能力的信息安全系统。		
表 B.2（第 4 页/共 4 页）			

表B.3 资源要素智能制造能力成熟度评估表

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	设备（1级）			
特征	企业有使用数字化装备的愿景，在关键工序已开始使用数字化装备或形成技术改造方案。			
要求 a)	a) 应在关键工序应用自动化设备、智能组件；			
要求 b)	应对关键工序设备形成技改方案。			
能力域	设备（2级）			
特征	关键工序全面使用数字化装备，数控装备具备联网功能。			
要求 a)	应在关键工序应用数字化设备、智能电子装置；			
要求 b)	关键工序设备应具有标准通信接口, 包括 RJ45、RS232、RS485 等, 并支持主流通信协议, 包括 OPC UA、MODBUS、PROFIBUS 等			
能力域	设备（3级）			
特征	数字化装备全面实现联网和数据采集，实现自动程序下发、远程监控、故障预警等功能。			
要求 a)	关键工序智能化设备应具有数据管理、模拟检修、图形化编程等人机交互功能；			
要求 b)	应建立关键工序设备的三维模型库；			
要求 c)	实现人与设备互动，火力发电厂智能化应具备高效的人机互动能力。火力发电厂智能化应支持可视化、消息推送等丰富的信息展示与发布功能，使运行和管理人员能够准确、及时地获取与理解需关注的信息；火力发电厂智能化的控制与管理系统应准确、及时地解析与执行运行和管理人员以多种方式发出的指令。			
表 B.3（第 1 页/共 3 页）				

表B.3 资源要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	<b>设备（4级）</b>			
特征	设备具有远程诊断和预测性维护功能。			
要求 a)	关键工序设备应具有预测性维护功能；			
要求 b)	关键工序设备应具有远程监测和远程诊断功能,可实现故障预警			
要求 c)	实现设备与设备的互动化,基于网络通信技术,通过标准化的通信协议,实现火力发电厂智能化中设备与设备、设备与系统、系统与系统的交互,实现不同设备、系统的协同工作;通过与智能电网、电力市场、电力大用户等系统的信息交互和共享,分析和预测电能需求状况,合理规划生产和管理过程,促进安全、高效、环保的电能生产。			
能力域	<b>设备（5级）</b>			
特征	建立设备级 CPS,实现物理设备与数字虚体的映射。			
要求 a)	关键工序设备三维模型应集成设备实时运行参数,实现设备与模型间的信息实时互联;			
要求 b)	关键工序设备、单元、产线等应实现基于工业数据分析的自适应、自优化、自控制等,并与其他系统进行数据分享。			
能力域	<b>网络（1级）</b>			
特征	建立办公网。			
要求 a)	应实现工业控制网络和生产网络覆盖。			
能力域	<b>网络（2级）</b>			
特征	建立办公网和生产网。			
要求 a)	应实现办公网络覆盖			
要求 b)	应具备 IEE802 系列标准工业以太网专属网络的相关组件及技术控制手段;			
要求 c)	应具备通信异常自愈功能,局部通信系统故障不应导致系统性故障或失效;			
要求 d)	应具备通信冗余、容错功能;			
要求 e)	应具备对报文丢失及数据完整性的甄别功能;			
表 B.3（第 2 页/共 3 页）				

表B.3 资源要素智能制造能力成熟度评估表（续）

能力域	网络（3级）		
特征	企业网络全覆盖。		
要求 a)	应建立工业控制网络、生产网络和办公网络的防护措施,包括不限于网络安全隔离、授权访问等手段;		
要求 b)	网络应具有远程配置功能,应具备带宽、规模、关键节点的扩展和升级功能;		
要求 c)	网络应能够保障关键业务数据传输的完整性		
要求 d)	工业控制网络、生产办公网络应定期进行安全等级测评、主机加固工作;		
要求 e)	宜具备报文解读过程中的防误判、防误动功能		
要求 f)	应具备丰富的对外接口,以满足火力发电厂智能化与上级单位、智能电网、因特网、上下游设备厂商、客户互动的远景功能规划需要。		
能力域	网络（4级/5级）		
特征	建立防护措施,具备远程配置。		
要求 a)	应建立分布式工业控制网络,基于软件定义网络(SDN)的敏捷网络,实现网络资源优化配置。		
要求 b)	应根据功能差异设置合理的网络区段,采取必要的技术和管理措施,满足国家标准和政策文件对于信息安全的要求;		
要求 c)	应定期测试信息安全防护系统,消除隐患;		
要求 d)	宜采用智能信息安全防护设备或系统,实现主动防御功能。		
表 B.3 (第 3 页/共 3 页)			

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
<b>能力域</b>	<b>工艺设计（1级）</b>			
特征	基于人工经验的计算机辅助工艺设计，根据相关标准规范基于设计经验开展进行计算机辅助工艺规划及工艺设计。			
要求 a)	应基于设计数据开展设计优化；			
要求 b)	应制定工艺设计过程相关规范，并有效执行；			
要求 c)	应建立工艺文档或数据的管理机制，能够对工艺信息进行记录、查阅和执行。			
<b>能力域</b>	<b>工艺设计（2级）</b>			
特征	工艺设计关键环节仿真与工艺设计内部协同，通过设计管理软件实现工艺设计数据/文档的结构化管理及数据共享。			
要求 a)	应实现不同专业、系统之间的并行设计			
要求 b)	优先选用智能设备；			
要求 c)	整体考虑火力发电厂智能化与智能电网的协调运行；			
要求 d)	综合考虑建造和运维的经济性；			
要求 e)	综合考虑建造和运维的环境友好特性；			
要求 f)	充分考虑对人身、设备的安全防护；			
要求 g)	实现各层级最大限度的功能自治；			
要求 h)	确保层间信息交互高效、可靠；			
<b>能力域</b>	<b>工艺设计（3级）</b>			
特征	计算机辅助三维工艺设计及仿真优化，实现工艺设计与产品设计间的信息交互、并行协同。			
要求 a)	应通过 BIM 设计管理系统，实现工艺设计文档或数据的结构化管理、数据共享、版本管理、权限控制和电子审批；			
要求 b)	应建立典型工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库，并能以结构化的形式展现、查询与更新；			
要求 c)	应基于数字化模型实现工艺关键环节的仿真分析及迭代优化；			
要求 d)	应实现工艺设计的系统之间的信息交互、并行协同			
要求 e)	实现全厂设备的全寿命周期（设计、制造、建设、运行、退役）智能管理；			
要求 f)	实现全厂的一体化设计，消除信息孤岛；			
要求 g)	实现全厂 APS 功能			

表 B.4（第 1 页/共 15 页）

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	工艺设计（4级）			
特征	基于三维模型的工艺全过程仿真优化和基于专家知识库的工艺优化，并实现工艺设计与制造间的协同，实现。			
要求 a)	应全部实现基于模型的三维工艺设计和优化，并将完整的工艺信息集成于三维工艺模型中；			
要求 b)	应基于工艺知识库的集成应用，实现工艺流程、工序内容、工艺资源等知识的实时调用，为工艺规划与设计提供决策支持；			
要求 c)	应实现在线仿真分析；			
要求 d)	应基于工艺设计、生产等系统的集成，通过工艺信息下发、执行、反馈、监控的闭环管控，实现工艺设计与生产协同			
要求 e)	采用数字化方式设计和资料移交。			
能力域	工艺设计（5级）			
特征	基于知识库的工艺创新推理及在线自主优化，实现多领域、多区域、跨平台的全面协同，提供即时工艺设计服务。			
要求 a)	应基于工艺知识库的集成应用，辅助工艺优化；			
要求 b)	应基于设计、工艺、生产、运维等数据分析，构建实时优化模型，实现工艺设计动态优化；			
要求 c)	应建立工艺设计云平台，实现产业链跨区域、跨平台的协同工艺设计；			
要求 d)	实现全厂数据孪生和少人、无人控制。			
能力域	物资采购（1级）			
特征	建立采购执行和供应商管理流程。			
要求 a)	应根据需求和库存等信息制定采购计划；			
要求 b)	应实现对采购订单、采购合同和供应商等的管理；			
要求 c)	应建立合格供应商机制，并有效执行；			

表B.4（第2页/共15页）

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	物资采购（2级）			
特征	基于信息技术手段实现采购执行和供应商管理。			
要求 a)	应通过信息系统制定物料需求计划，生成采购计划，并管理和追踪采购执行全过程；			
要求 b)	应通过信息技术系统，实现供应商的寻源、评价和确认；			
能力域	物资采购（3级）			
特征	基于内部信息系统集成自动提出采购需求，建立供应商管理系统。			
要求 a)	应将采购、生产和仓储等信息系统集成，自动生成采购计划，并实现出入库、库存和单据的同步；			
要求 b)	应通过信息系统开展供应商管理，对供应商的供货质量、技术、响应、交付、成本等要素进行量化评价；			
能力域	物资采购（4级）			
特征	建立基于与供应商信息系统集成的采购信息协同和供应商评价。			
要求 a)	通过与供应商的销售系统集成，实现协同供应链；			
要求 b)	应基于采购执行、生产消耗和库存等数据，建立采购模型，实时监控采购风险并及时预警，自动提供优化方案；			
要求 c)	应基于信息系统的数据，优化供应商评价模型；			
能力域	物资采购（5级）			
特征	实现供应链实时协同并开展基于智能技术的采购管理优化。			
要求 a)	应实现企业与供应商在设计、生产、质量、库存、物流的协同，并实时监控采购变化及风险，自动做出反馈和调整；			
要求 b)	应实现采购模型和供应商评价模型的自优化；			
表 B.4（第 3 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	计划调度（1级）			
特征	基于销售端输入数据（订单，预测等），编制主生产计划并开展调度。			
要求 a)	应基于调度计划和销售预测信息，编制主生产计划；			
能力域	计划调度（2级）			
特征	建立信息系统来实现主生产计划的自动编制，实现带约束条件下的自动计算和调度。			
要求 a)	应通过信息系统，应基于调度计划和销售预测信息，编制主生产计划；			
要求 b)	应基于企业的安全库存、采购预测、生产预测等要素实现物料需求计划的运算；			
能力域	计划调度（3级）			
特征	实现多重约束条件下的优化详细生产计划自动编制，通过对生产过程监控，实现计划失效预警并支持人工调整。			
要求 a)	应基于安全库存、采购预测、负荷预测、生产过程数据等要素开展生产能力运算，自动生成有限能力主生产计划；			
要求 b)	应实时监控各生产环节的实时数据，系统实现异常情况自动报警，并支持人工对异常的调整			
表 B.4（第 4 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	计划与调度（4级）			
特征	基于系统数据协同，实现高级优化排产和调度，实时处理生产过程波动。			
要求 a)	应基于先进生产调度的算法模型，系统自动给出满足多种约束条件的负荷预测方案，形成优化的详细生产作业计划；			
要求 b)	应实时监控各生产要素，系统实现对异常情况的自动决策和优化调整			
能力域	计划与调度（5级）			
特征	实现基于智能算法的计划与调度，并应用大数据实现持续优化，预测并提前处理生产波动和风险。			
要求 a)	应基于智能算法、数据分析建立生产实时模型，提前处理生产过程中的波动和风险，实现动态实时的生产和调度；			
能力域	生产运行（1级）			
特征	生产作业标准化。			
要求 a)	应制定生产作业相关规范，并有效执行；			
要求 b)	应记录关键工序的生产过程信息；			
能力域	生产运行（2级）			
特征	信息数字化支持下的标准化生产。			
要求 a)	厂级负荷优化。智能化生产管理系统应综合全厂各机组及公用系统的生产过程信息、电网调度命令等条件，为实现安全、经济、环保等目标，对各机组自动进行负荷再分配。			
要求 b)	宜通过厂区内单个生产过程控制、信息系统提供的相关信息，对该过程进行状态及性能评估，对主要生产过程和关键辅助过程进行优化。			
要求 c)	应根据生产作业计划，自动将生产程序、运行参数或生产指令下发到数字化设备；			
表 B.4（第 5 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
<b>能力域</b>	<b>生产运行（3级）</b>			
特征	实现关键生产环节的数据应用。			
要求 a)	应实现对生产计划、生产资源信息等关键数据的动态监测；			
要求 b)	全局优化分析。应通过域内的全局优化分析或域外的第三方优化分析系统，对生产过程数据和电网、环保等外部约束条件进行实时或非实时的数据挖掘，综合平衡安全、经济、环保等目标，进行全局性的寻优计算，给出优化的生产过程运行方式、操作路径与参数取值。			
<b>能力域</b>	<b>生产运行（4级）</b>			
特征	实现全面生产过程数据应用及驱动业务优化。			
要求 a)	应构建模型实现生产作业数据的在线分析，优化生产工艺参数、设备参数、生产资源配置等；			
要求 b)	应基于在线监测的质量数据，建立质量数据算法模型预测生产过程异常，并实时预警；			
要求 c)	互操作接口。通过与智能控制层的互操作接口，使优化的运行方式、操作路径与参数取值及时作用于厂区内各生产过程。			
<b>能力域</b>	<b>生产运行（5级）</b>			
特征	智能化高柔性自适应生产。			
要求 a)	宜实现生产资源自组织、自优化，满足柔性化、个性化生产的需求；			
要求 b)	应基于人工智能、大数据等技术，实现生产过程非预见性异常的自动调整；			
要求 c)	应基于模型实现质量知识库自优化。			
要求 d)	网源协调互动。通过与智能电网的信息交互，自动优化调整运行方式及控制参数，实现网源协调互动运行。			

表 B.4（第 6 页/共 15 页）

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
<b>能力域</b>	<b>设备管理（1级）</b>			
特征	基于人工检查或手持仪器的计划性点检和维修。			
要求 a)	应通过人工或手持仪器开展设备点巡检，并依据人工经验实现检修维护过程管理和故障处理。			
<b>能力域</b>	<b>设备管理（2级）</b>			
特征	采用状态监测手段和信息化系统，科学建立预防性维修。			
要求 a)	应通过信息技术手段制定设备维护计划，实现对设备设施维护保养的预警；			
要求 b)	应通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划			
要求 c)	应采用设备管理系统实现设备点巡检、维护保养等状态和过程管理			
<b>能力域</b>	<b>设备管理（3级）</b>			
特征	实现基于在线状态检测及其数据的分析处理，和维修管理系统关联，实现基于数据的闭环管理。			
要求 a)	应实现设备关键运行参数（温度、压力、电压、电流、有功、无功等）数据的实时采集、故障分析和远程诊断；			
要求 b)	应依据设备关键运行参数等，实现设备综合效率(OEE)平均故障维修时间 MTTR、平均故障间隔时间 MTBF、设备完好率统计；			
要求 c)	应建立设备故障知识库（故障代码化），并与设备管理系统集成；			
要求 d)	应依据设备运行状态，自动生成检修工单，实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理			
<b>能力域</b>	<b>设备管理（4级）</b>			
特征	实现基于预测的设备管理优化，并实现设备全生命周期管理。			
要求 a)	应基于设备运行模型和设备故障知识库，实现包含自动预警的预测性维护解决方案			
要求 b)	应基于设备综合效率的分析，自动驱动工艺优化和生产作业计划优化			
要求 c)	应建立设备底层数据共享平台，实现设备管理系统与其他系统的数据交互；			
表 B.4（第 7 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	设备管理（5级）			
特征	实现基于智能模型的设备预测和自适应，自学习。			
要求 a)	应采用机器学习、神经网络等，实现设备运行模型的自学习、自优化。			
能力域	安全环保（1级）			
特征	建立规范的安全和环保管理流程和管理机制。			
要求 a)	应制定企业安全管理机制；			
要求 b)	具备安全操作规程			
要求 c)	应制定企业安全、职业健康和环保管理机制，具备安全、职业健康和环保操作规程			
能力域	安全环保（2级）			
特征	识别安全风险、建立应急预案，并实现对环保设施的数据监测和预警。			
要求 a)	应通过信息技术手段实现员工职业健康和安全作业管理；			
要求 b)	应通过信息技术手段实现环保管理，环保数据可采集并记录。			
能力域	安全环保（3级）			
特征	建立环保设施的集成监控系统并形成于知识库的安全风险识别和自动预警。			
要求 a)	应建立安全培训、风险管理等知识库；在现场作业端应用定位跟踪等方法，强化现场安全管控；			
要求 b)	应实现从清洁生产到末端治理的全过程环保数据的采集，实时监控及报警，并开展可视化分析；			
要求 c)	应具有电子工作票功能，宜自动评估工作票所列内容的安全性；			
要求 d)	应具有电子围栏功能，结合定位技术对人员和设备进行智能化防护			
要求 e)	应建立应急指挥中心（信息系统），基于应急预案库自动给出管理建议，缩短突发事件应急响应时间			
表 B.4（第 8 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	安全环保（4级）			
特征	基于模型开展环保设施的动态监测、分析与优化。			
要求 a)	应基于安全作业、风险管控等数据的分析，实现危险源的动态识别、评审和治理；			
要求 b)	应实现环保监测数据和生产作业数据的集成应用，建立数据分析模型，开展排放分析及预测预警			
要求 c)	宜具有对视频监控的分析功能，自动按照视频的内容给出安防警告或建议；			
要求 d)	宜具有安防事件分析总结功能，能够根据一段时间内本地或类似电厂发生的安防事件统计，分析出易发生安全事件的环节或位置，生成安防报告，并给出安防建议；			
能力域	安全环保（5级）			
特征	基于知识库及大数据分析的安全作业管理和环保设施优化。			
要求 a)	应综合应用知识库及大数据分析技术，实现生产安全一体化管理；			
要求 b)	应实现环保、生产、设备等数据的全面实时监控，应用数据分析模型，预测生产排放并自动提供生产优化方案并执行			
能力域	物料管理（1级）			
特征	建立仓储和配送流程实现准时化配送。			
要求 a)	应制定仓储管理规范，实现出入库、盘点和安全库存等管理；			
要求 b)	应基于管理分类和规范要求，实现仓储合规管理；			
要求 c)	建立煤场管理制度，如：煤场接卸制度、入厂煤采制化制度、煤场盘点制度、输煤系统管理制度等等。			
能力域	物料管理（2级）			
特征	实现仓储管理自动化并应用标识技术实现物料状态可视化管理。			
要求 a)	应基于条码、二维码、RFID等标识技术，实现出入库管理；			
要求 b)	应建立仓储管理系统，实现货物库位分配、出入库和移库等管理；			
要求 c)	应具有燃料管理系统，覆盖燃料计划、进货、检验和储存。			
表 B.4（第 9 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	物料管理（3级）			
特征	基于内部信息系统集成实现仓储配送全过程可视化及配送自动化。			
要求 a)	应基于仓储管理系统，依据实际生产作业计划实现半自动或自动出入库管理；			
要求 b)	适用时，应基于工业无线网，通过无线传感器，将罐区相关信息自动采集至罐区管理系统，对储罐状态进行实时监测，储罐状态异常时可自动报警，避免冒罐事故发生			
要求 c)	利用先进的探测、监测、测量等先进感知技术对输煤系统自动化智能化升级改造，能实现高效节能、少人减人			
能力域	物料管理（4级）			
特征	基于产线实际生产情况，实时拉动物料配送，实现作业计划与仓储配送的实时协同动态调整。			
要求 a)	应通过数字化仓储设备、配送设备与信息系统集成，依据实际生产状态实时拉动物料配送；			
要求 b)	应建立仓储模型和配送模型，实现最小库存和最优路径；			
要求 c)	适用时，应根据储罐状态实时数据进行趋势预测，结合知识库自动给出纠正和预防措施			
要求 d)	利用无人机或者盘煤仪等手段实现智能盘煤并利用三维建模和图像处理技术实现煤场和煤堆重现，利用煤温监测技术形成堆损分析模型，利用电子皮带秤在线校准技术实现电子皮带秤的高精密度及高可靠性、利用采制化在线管理技术实现分煤种自动采制化。			
能力域	物料管理（5级）			
特征	优化仓储配送模型，实现最优库存和最优配送方案。			
要求 a)	应基于分拣和配送模型，满足个性化、柔性化生产实时配送需求；			
要求 b)	应通过企业与上游供应链的集成优化，实现最优库存或即时供货；			
要求 c)	适用时，应通过智能仪表、互联网、云计算和大数据技术，实现罐区阀门自动控制，实现无人罐区			
要求 d)	实现智能配煤掺烧、煤场智能感知、煤场智能生产线管理促进电厂安全、高效、环保的电能生产			
表 B.4（第 10 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

能力域	能源管理（1级）		
特征	建立制度并开展主要设备数据采集。		
要求 a)	应建立企业能源管理制度，开展主要能源的数据采集和计量；		
能力域	能源管理（2级）		
特征	基于信息化的能源设备监控及节能改造。能源全过程监控和调度。		
要求 a)	应通过信息技术手段，对主要能源的产生、消耗点开展数据采集和计量；		
要求 b)	应建立煤、水、电、油、气等重点能源消耗的动态监控和计量；		
要求 c)	应实现重点高能耗设备、系统等的动态运行监控；		
要求 d)	应对有节能优化需求的设备开展实时计量，并基于计量结果进行节能改造。		
能力域	能源管理（3级）		
特征	基于数据的能源设备数据分析、共享和优化。		
要求 a)	应对高能耗设备能耗数据进行统计与分析，制定合理的能耗评价指标；		
要求 b)	应建立能源管理信息系统，对能源输送、存储、转化、使用等各环节进行全面监控，进行能源使用和生 产活动匹配，并实现能源调度；		
要求 c)	应实现能源数据与其他系统数据共享，为业务管理系统和决策支持系统提供能源数据。		
能力域	能源管理（4级）		
特征	开展基于模型的能源设备分析、共享和优化。		
要求 a)	应建立节能模型，实现能流的精细化和可视化管理；		
要求 b)	应根据能效评估结果及时对高耗能设备进行技术改造和更新。		
能力域	能源管理（5级）		
特征	能源设备的在线动态预测和共享；		
要求 a)	应实现能源的动态预测和平衡，并指导生产。		
表 B.4（第 11 页/共 15 页）			

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	物流管理（1级）			
特征	建立标准化、规范化物流运营体系。			
要求 a)	应对车辆和驾驶员进行统一管理或交由第三方管理；			
要求 b)	应对物流信息进行简单跟踪。			
能力域	物流管理（2级）			
特征	实现基于信息系统的物流业务数字化管理。			
要求 a)	应通过运输管理系统实现订单、运输计划、运力资源、调度等的管理；			
要求 b)	应通过电话、短信等形式反馈运输配送关键节点信息给管理人员。			
能力域	物流管理（3级）			
特征	实现基于网络化的物流信息系统集成。			
要求 a)	应通过仓储管理系统和运输管理系统的集成，整合出库和运输过程；			
要求 b)	应实现运输配送关键节点信息跟踪，并通过信息系统将信息反馈给客户；			
要求 c)	应通过运输管理系统，实现拼单、拆单等功能。			
能力域	物流管理（4级）			
特征	基于数据全面集成共享及建模分析，实现物流过程透明化及业务活动的优化。			
要求 a)	应实现生产、仓储配送、运输管理多系统的集成优化；			
要求 b)	应基于模型，实现装载能力优化以及运输配送线路优化；			
要求 c)	应实现运输配送全过程信息跟踪，对轨迹异常进行报警；			
表 B.4（第 12 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	销售（1级）			
特征	通过人工进行规范的销售业务管理。			
要求 a)	应基于电网调度，通过人工方式进行预测，制定发电计划；			
能力域	销售（2级）			
特征	通过信息技术手段进行销售业务&数据的管理。			
要求 a)	应通过信息系统编制计划，实现发电计划、生产、销售历史数据的管理；			
要求 b)	应给电网公司提供厂内设备的运行状态评估、性能评价、检修维护、改造计划等信息；			
能力域	销售（3级）			
特征	通过信息化系统实现销售与其他业务集成。			
要求 a)	应具有自动接收智能电网调度信息，并自动调整生产运行的功能；			
要求 b)	应能够在电网异常时，自动调整运行方式，保证电网稳定。			
表 B.4（第 13 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	销售（4级）			
特征	应用数据优化销售业务，实现多渠道营销。			
要求 a)	应通过对客户信息的挖掘、分析，优化客户需求预测模型，制定精准的制定发电计划；			
要求 b)	应具有自动上报厂内主要设备异常或故障信息的功能；			
能力域	销售（5级）			
特征	数据深度应用下的精准营销及新技术应用下的销售模式升级。			
要求 a)	应根据数据模型进行市场预测，生成发电计划；			
要求 b)	应能够在电网异常时，自动调整运行方式，保证电网稳定。			
要求 c)	应确保电力交易信息交互安全；			
要求 d)	宜具有涉及电力市场的现货、期货、金融衍生品等交易的分析和辅助决策功能。			
能力域	客户服务（1级）			
特征	具有规范的服务制度，并对服务相关信息进行统计。			
要求 a)	应制定客户服务规范，并有效执行；			
要求 b)	应对客户服务信息进行统计，并反馈给设计、生产、销售部门。			
能力域	客户服务（2级）			
特征	具有成熟的服务体系，并通过信息技术手段进行服务数据管理。			
要求 a)	应建立包含客户反馈渠道和服务满意度评价制度的规范化服务体系，实现客户服务闭环管理；			
要求 b)	应通过信息系统实现客户服务管理，对客户服务信息进行统计并反馈给相关部门			
表 B.4（第 14 页/共 15 页）				

表B.4 制造要素智能制造能力成熟度评估表（续）

项目	内容	访谈人员/部门	过程记录	符合性
能力域	客户服务（3级）			
特征	集成信息系统支持下的客户服务，进行基础的数据应用，产品可联网。			
要求 a)	应通过信息技术手段提供在线客服服务，建设购售电平台、综合能源服务平台；			
要求 b)	应具备客户服务信息数据库及客户服务知识库，实现与客户关系管理系统的集成。			
能力域	客户服务（4级）			
特征	数据全流程贯通下的远程服务，预测性维护产品；数据驱动产品升级创新。			
要求 a)	应实现面向客户的精细化管理，提供主动式客户服务；			
要求 b)	应建立客户服务数据模型，实现精准客服。			
能力域	客户服务（5级）			
特征	基于新技术的智能服务、智能产品、生态服务。			
要求 a)	应通过智能客服机器人实现自然语言交互、智能客户管理，并通过多维度的数据挖掘，进行自学习、自优化，实现智能客服，帮助客户以最低价格成交最优电量。			
表 B.4（第 15 页/共 15 页）				

## 附录 C (资料性) 评估报告纲要

### C.1 评估概述

简要说明开展评估活动所需的基本信息，内容可包括但不限于：

a) 评估企业名称；

b) 评估申请的活动；

示例：产品设计、生产制造、产品服务。

c) 企业涉及的活动；

示例：产品设计、生产制造、产品服务。

d) 评估涉及的范围；

示例：某生产工艺下生产制造某产品。

e) 物理范围；

示例：银川市兴庆区凤凰南街路 321 号院内制造工厂。

f) 评估时间；

g) 评估发起人；

h) 评估组长；

i) 评估组员。

### C.2 评估活动总结

#### C.2.1 评估时间

简要说明评估开展的时间。

#### C.2.2 评估组成员

简要说明评估组的人员构成信息，宜以表格的形式给出，具体可参照，内容可包括但不限于：

a) 成员姓名；

b) 学历/职称；

c) 所从事的专业；

d) 所在单位名称；

e) 在评估组中的职责、任务及分工。

示例：

成员姓名	学历/职称	从事专业	单位名称	职责、任务及分工
张三	高级工程师	智能制造	XX研究院	评估组长
李四	高级工程师	信息化	XX有限责任公司	评估技术能力域
王二	教授	机械及自动化	XX大学	评估制造
.....	.....	.....	.....	.....

#### C.2.3 评估依据

说明评估活动开展依据的标准化文件所对应标准编号及标准名称。

示例：本次评估活动依据 T/NXJX 006—2021 《电力企业智能制造成熟度评估细则》规定的方法及要求开展。

#### C.2.4 评估域及权重值

说明评估活动中确定并使用的评估域内容及对应权重值，宜参考正文表2所示给出。

### C.2.5 参与访谈人员

说明访谈部门及参与的人数。

示例：

部门名称	人员数量
产品设计部	9人
质量管理部	3人
综合生产部	5人
.....	.....

### C.3 评估结果综述

评估结果综述可包含：

- 评估企业的主要工艺特征；
- 智能制造能力提升方面的成效；
- 存在不足的方面。

### C.4 评估结论

#### C.4.1 评估结果

简要说明评估活动的结果，宜通过表格或图的形式给出，内容可包括但不限于：

- 整体成熟度得分及等级，参考示例 1；
- 评估能力域符合程度，参考示例 1；
- 成熟度要求满足程度，参考示例 2；
- 满足程度分布情况，参考示例 3。
- 评估结果简要分析，参考示例 4

示例1：

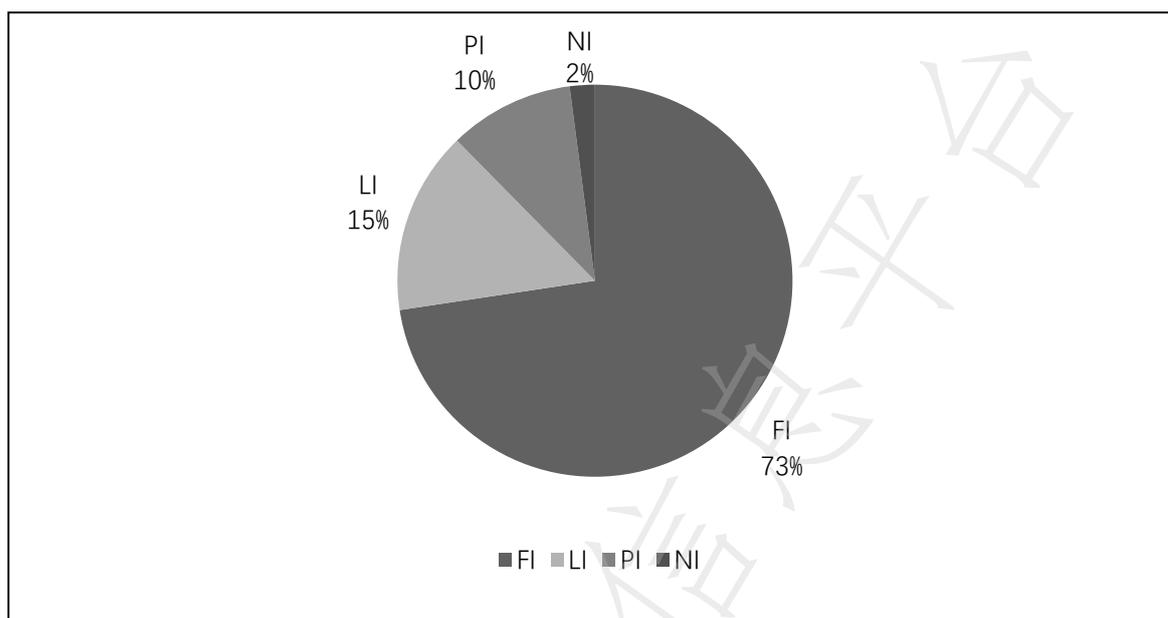
成熟度等级	二级				
成熟度得分	2.79				
能力域符合程度	一级	二级	三级	四级	五级
组织战略	S	S	S	-	-
人员技能	S	S	S	-	-
数据	S	S	S	-	-
集成	S	S	US	-	-
信息安全	S	S	US	-	-
装备	S	S	US	-	-
网络	S	S	US	-	-
设计	S	S	US	-	-
生产	S	S	S	-	-
物流	S	S	US	-	-
销售	S	S	US	-	-
服务	S	S	US	-	-
注1：成熟度等级填写“一级/二级/三级/四级/五级” 注2：成熟度得分填写“S (0≤S≤5.0)” 注3：能力域符合程度填写“S或US”。					

示例2:

等级	一级			二级				三级				四级				五级			
要求	要求 a	要求 b	要求 c	要求 a	要求 b	要求 c	要求 d												
组织战略	FI	FI		FI	FI			FI	FI										
人员技能	FI	FI		FI	FI	FI		FI	LI			NY	NY						
数据	FI	FI		FI	FI	FI		LI	LI	PI		NY	NY	NY		NY			
集成	FI			FI	LI			LI	FI	LI		NY							
信息安全	FI	FI		FI	FI	FI		FI	FI			NY	NY	NY					
装备	FI	FI		FI	FI			FI	LI			NY	NY			NY	NY		
网络	FI			FI				FI	FI	FI		NY							
产品设计	FI	FI	FI	FI	FI	FI		FI	FI	FI	FI	NY							
工艺设计	FI	FI	FI	FI	FI	FI		LI	PI	LI	NI	NY							
采购	FI	FI	FI	FI	FI			FI	FI			NY	NY	NY		NY	NY		
计划与调度	FI	FI		FI	FI	FI		FI	PI	PI		NY	NY			NY	NY		
生产作业	FI	FI		LI	PI	LI	PI	LI	LI	PI	PI	NY							
设备管理	FI			FI	FI	FI		LI	LI	PI	NI	NY	NY			NY			
安全环保	FI			FI	FI			LI	LI	LI		NY	NY			NY	NY		
仓储配送	FI	FI	FI	FI	FI	LI		FI	PI	LI	NI	NY	NY	NY		NY	NY	NY	
能源管理	FI			FI	FI			FI	PI	LI		NY	NY			NY	NY		
物流	FI	FI	FI	FI	FI			FI	PI	PI		NY	NY	NY		NY			
销售	FI	FI		FI	FI			FI	PI			NY	NY	NY		NY	NY	NY	
产品服务	FI	FI		FI	FI			FI	PI			NY	NY	NY		NY	NY		
客户服务	FI	FI		FI	FI			FI	LI			NY	NY			NY			

注：本示例的能力子域依据GB/T 39116-2020中的完整模型给出，使用者可根据具体模型裁剪修改。

示例3:



示例4:

从整体能力域来看，一级和二级的全部能力子域达到等级要求，三级的8个能力子域未达到等级要求。  
 从能力子域要求来看，本次评估了智能制造能力成熟度人员、技术、资源、制造范围的一至三级，共涉及到146条成熟度要求，其中完全满足项（FI）占比73%，大部分满足项（LI）占比15%，部分满足项（PI）占比10%，完全没有执行项（NI）占比2%。

不满足（NI）3项：

- 工艺设计要求 C；
- 设备管理要求 C；
- 仓储配送要求 C。

部分满足（PI）15项：

- 略。

大部分满足（LI）22项：

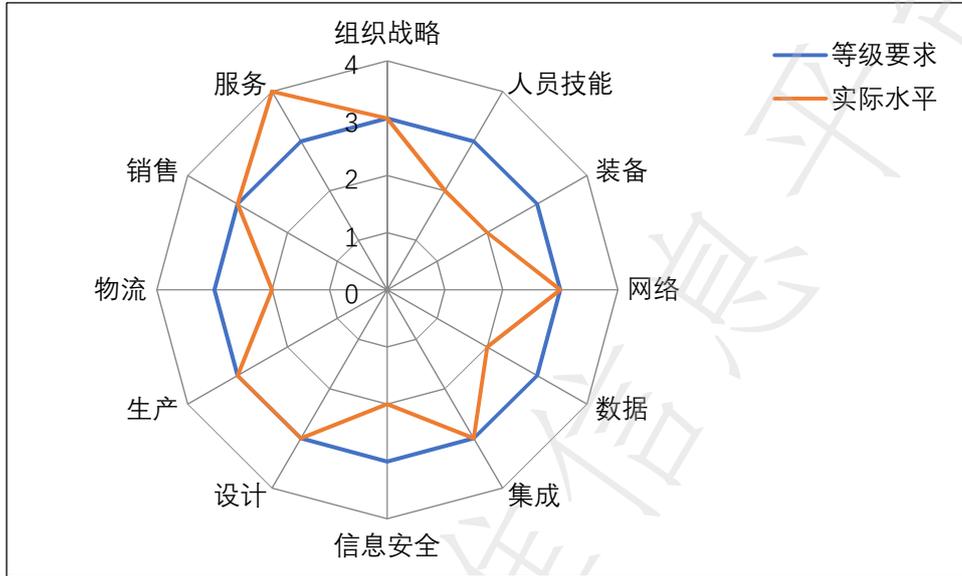
- 略。

### C.4.2 智能制造能力域改善优先级分布

#### C.4.2.1 能力域等级分布

能力域等级与所评估等级进行对比分析，宜以雷达图的形式给出。

示例：



#### C.4.2.2 能力域改善优先级计算

智能制造能力子域改善优先级水平由能力子域权重值占比和实际水平 $L_r$ 与等级要求 $L_R$ 差值决定，优先级得分越高，优先级越高，得分为正值说明该能力域需要改善，得分为负值说明该能力域水平高于所评估等级要求。

优先级得分 $L$ 按式(C.1)计算：

$$L = (L_R - L_r) \times \alpha \times \beta \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

式中：

$\beta$ ——能力域权重。

$\alpha$ ——能力要素权重。

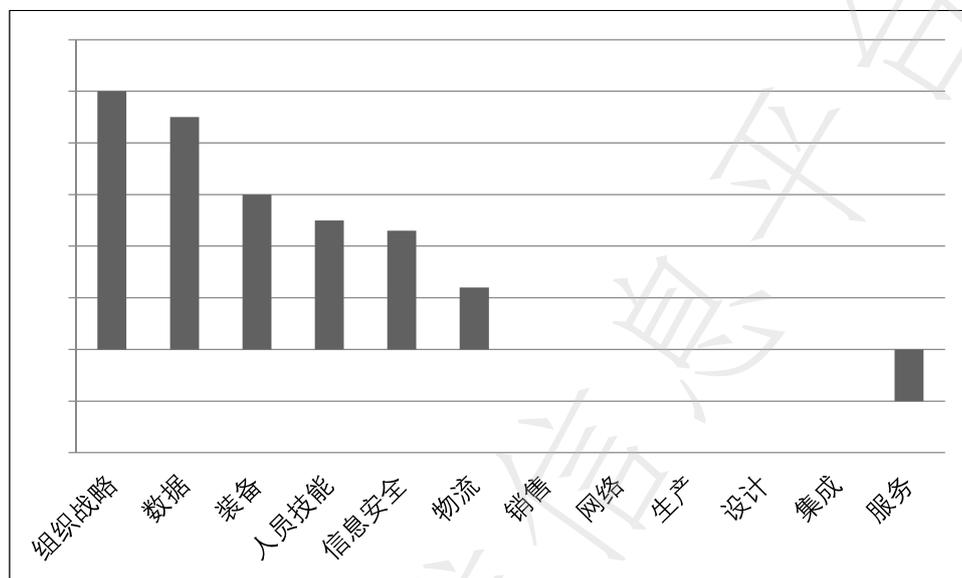
$L_r$ ——实际水平。

$L_R$ ——等级要求。

### C.4.2.3 能力域改善优先级分布

能力域改善优先级宜以图的形式给出。

示例：



### C.5 评估强项、弱项分析

根据能力域改善优先级较高的弱项，针对弱项进行逐项现状分析。

### C.6 评估建议项

根据评估结果、技术发展现状、企业经营能力和行业发展趋势，综合给出各项改进意见。

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部.《2017年智能制造试点示范项目要素条件》[R]. 2017.
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部、国家标准化管理委员会.《国家智能制造标准体系建设指南》[R]. 2018.
- [3] GB 50660 大中型火力发电厂设计规范
- [4] GB/T 30976(所有部分) 工业控制系统信息安全
- [5] DL/T 261 火力发电厂热工自动化系统可靠性评估技术导则
- [6] DL/T 655 火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统验收测试规程
- [7] DL/T 656 火力发电厂汽轮机控制系统验收测试规程
- [8] DL/T 657 火力发电厂模拟量控制系统验收测试规程
- [9] DL/T 659 火力发电厂分散控制系统验收测试规程
- [10]DL/T 701 火力发电厂热工自动化术语
- [11]DL/T 723 电力系统安全稳定控制技术导则
- [12]DL/T 755 电力系统安全稳定导则
- [13]DL/T 774 火力发电厂热工自动化系统检修运行维护规程
- [14]DL/T 860(所有部分) 变电站通信网络和系统
- [15]DL/T 924 火力发电厂厂级监控信息系统技术条件
- [16]DL/T 1212 火力发电厂现场总线设备安装技术导则
- [17]DL/T 1492(所有部分) 火力发电厂优化控制系统技术导则
- [18]DL/T 5175 火力发电厂热工控制系统设计技术规定
-