# 汽车制造企业数字化转型能力评估体系构建

刘　璐，赵慧娟

（青岛科技大学经济与管理学院，山东 青岛 266061）

**摘要：** 进行数字化转型是汽车制造企业顺应市场发展的重要手段，诸多汽车制造企业对自身数字化转型能力的认知不足导致其数字化转型进程较慢，通过分析不同车企的数字化转型特点，从内、外两个维度对影响其数字化转型能力的因素进行研究，明确评价指标，采用 AHP 法对指标进行赋权，发现数字化设备设施及数字技术应用是影响汽车制造企业数字化转型能力的主要因素，为其进行数字化转型提供理论参考。

**关键词：** 数字化转型能力；汽车制造企业；数字化设施设备；数字技术应用

**中图分类号：** F425　　**文献标志码：** A　　**文章编号：** 1671－1807(2024)10－0115－08

受信息技术影响，诸多产业发生了颠覆性变化，典型的制造型企业即汽车制造企业也不例外，进行数字化转型是适应时代浪潮的必要手段。在技术革命的时代背景下，消费者的需求日益个性化、动态化和差异化，这导致传统的汽车企业面临的不确定性急速增加，使汽车制造企业的经营模式面临着巨大的挑战[1]。此时，数字化转型作为保障国家经济可持续发展[2]，推动企业实现降本增效、获得核心竞争力的重要手段，成为汽车企业顺应时代发展的必然要求[3]。

中国作为制造业大国紧跟世界数字化发展进程，陆续出台“十四五”规划等推动数字化转型政策，在良好的政策环境和严峻的市场环境下，大多数汽车企业对数字化转型的必要性有了全新的认知[4]，并将数字化转型提升至核心战略层面。而汽车企业在推进数字化转型的过程中，如“转型投资回报率较低”“数据安全难以保障”“人才缺乏”“硬件设施配套不全”等问题严重阻碍了数字化转型活动的开展，一定程度上限制了汽车制造企业的数字化转型发展进程[5]。此时，如何全面、准确地对汽车制造企业数字化转型能力进行衡量，进而探索阻碍汽车制造企业数字化转型的具体原因，成为其数字化转型方案是否能够落地实施的关键。

目前，已有诸多学者、研究机构从不同视角出发构建了数字化转型评估模型，但多以通信企业和工业互联网平台企业为研究对象非汽车制造企业，且多数为成熟度评估模型，而非对数字化转型能力进行评估。另外，数字化转型作为复杂、动态的系统工程，具有较高的差异性，不同行业间的可参考性较低[4]，因此，以其他行业为研究对象所提出的数字化转型评估模型未必能够满足传统的汽车制造企业需求。鉴于此，在已有研究的基础上，以国内汽车制造企业为研究主体，从企业内外两个维度对影响汽车制造企业数字化转型的因素进行识别，探索汽车制造企业数字化转型能力评估体系，研究可能产生的贡献在于：对现有的数字化转型评估体系进行补充，补充针对汽车制造企业数字化转型能力的评估体系，为汽车制造企业进行数字化转型提供参考。

## 1　文献回顾

### 1.1　汽车制造企业数字化转型现状

目前，国内已有许多汽车制造企业进行数字化转型方面工作不同方向上的尝试，各个汽车制造企业目前的数字化转型进度也有所不同。根据数字化转型的方向将转型的种类分为创新式转型、跃迁式转型、精益式转型和增强式转型四类。

创新式转型主要特点包括企业在转型过程中会发生战略和商业模式的创新与变革，会进行持续的业务转型保持企业的市场竞争力，以商业模式创新应对外部环境的一些变化。创新式转型存在的不足主要是无法保持持续性的竞争优势，长安汽车就是典型的案例之一。长安汽车通过数字化手段在研发、生产、运营、销售等不同阶段进行转型，开展数字化仿真工

**收稿日期：** 2024-02-21

**基金项目：** 国家社会科学基金一般项目(17BGL027)

**作者简介：** 刘璐(1998—)，女，满族，辽宁开原人，硕士研究生，研究方向为数字化转型；赵慧娟(1977—)，女，山西晋城人，博士，副教授，硕士生导师，研究方向为技术创新管理、企业数字化转型。

作,贯通项目从设计到投产全开发周期。

跃迁式转型在战略、商业模式、产品等多方面都会发生数字化的变革,并且需要强大的领导力和企业文化作为支撑才能有序进行,在转型的同时还需要不断将自身的数字化能力进行调整以适配定制的发展战略;跃迁式转型存在高风险与高回报并存的缺陷,国内跃迁式转型以东风汽车集团为代表。东风汽车更侧重于与先进的数字化转型方案提供商合作,其与西门子数字化工业软件签署了战略合作协议、数字化领域的合作协议,使用行业内领先的转型方案。

北京汽车和上汽集团都采用精益式转型的战略,精益式转型是数字化转型的基础,在变革幅度和变革范围都较小。精益式转型的主要特征有:无须战略与盛业模式的变革;仅对于关键的场景进行数字化改善并引领带动其他的场景进行数字化转型。缺点是过程相对稳定但转型的进程相对较慢。

中国一汽和广汽集团以增强式转型战略为主,增强式转型强调在变革的范围内进行全面的数字化推进,其主要特点是无须战略与商业模式的变革但需要对所有的业务场景进行数字化转型,更加强调发展战略与数字化技术的适配性问题。在转型过程中,中国一汽打造协同设计平台和虚拟仿真平台,提升研发效率,将 5G 技术和工业互联网技术应用于生产制造环节的业务当中,缩短车辆的生产周期。

可见,不同汽车制造企业进行数字化转型的方式和特点不同,各有独特的优缺点,但受汽车产品的生态性影响,各类型的转型方式同时受内部、外部环境影响。

### 1.2　汽车制造企业数字化转型影响因素

目前,学界着重从内部视角出发研究制造企业数字化转型的影响因素,并指出数字技术是推动企业数字化转型的关键,而制造企业如何运用数字技术同样是重要议题,数字技术的运用能力是指在研发、生产、销售、人力资源等方面运用数字技术的运用程度和能力层次[6],可见数字技术的应用直接关系到制造企业数字化转型的规模与质量。因此,除了涉及数字技术的基础建设,逐渐有学者将注意力集中于生产及管理过程中对数字技术的应用情况对制造企业数字化转型进程的影响。周嘉等和马世龙[7]认为新基建促使数字技术在制造企业研究、开发、生产、经营管理中的应用程度加深,推动了制造企业的数字化转型进程,实现了价值链的升级。邓晰隆和易加斌[8]发现充分应用云计算等技术可以有效提升企业的研发创新能力。Chen 和 Xu[9]从技术、组织和管理三个方面对制造业数字化转型的影响因素进行分析,并构建了具体的评估指标体系,对相关问题提出了针对性的建议。可见,制造企业数字化转型的进程受数字技术运用的深度影响,因此在构建汽车制造企业数字化转型能力评估体系的内部维度指标时将着重强调数字技术在汽车制造企业的生产和管理过程中的应用情况。

互联时代,产业上下游间的联系愈发密切,平台经济的发展更是推动了平台生态系统的发展,越来越多的企业选择加入生态、参与平台,这一选择一定程度上提升了企业对数字技术的应用能力,则企业对外业务的表现情况在一定程度上体现了企业的数字化转型能力。首先数字技术的运用可以在营销过程中让使用者更好地参与到创造价值的进程中[10],促进“以用户为中心”演变为企业发展的主要价值理念[11]。另外,Xu 等[12]对企业投资效率与企业数字化转型间的关系进行研究,发现投资效率低下不利于企业数字化转型。可见企业对外投资也在一定程度上影响了企业的数字化转型进程。因此,本文在构建汽车制造企业数字化转型能力评估体系的外部维度时考虑将汽车制造企业建设生态及对外营销、投资的具体状况作为衡量指标。

## 2　模型构建

通过梳理现有文献,发现汽车制造企业的数字化转型程度仅依靠内部转型程度判断并不严谨,汽车属于高度复杂产品,零部件众多且多为外购零件,属于生态型产品,因此汽车制造企业与上游合作商关系紧密,同时其数字化转型程度与其供应链生态的构建、协同及控制相关。而且,数据作为制造企业数字化转型的核心,将数据的管理与企业对内的生产、管理,对外的业务及供应链合作相融合,有利于提高企业各运营环节的工作效率,获取核心竞争优势。因此,从内、外两个维度,划分生产运作、综合管理、基础建设、业务能力及生态合作等五方面,秉持科学性、可行性、系统性、可操作性、客观性等原则探索汽车制造企业数字化转型能力的指标体系。

### 2.1　内部维度

对汽车制造企业的数字化转型能力进行评估应首先从其内部情况入手,对汽车制造企业的生产、管理等层面的全生命周期信息技术普及情况进行评估,即从内部维度进行分析,将汽车制造企业的数字化转型能力划分为生产运作、综合管理、基础建设等三个层面,将其作为一级指标。

2.1.1 生产运作

1)数字化研发能力

数字化研发能力是汽车制造企业数字化转型升级的主要动力,直接影响汽车制造企业生产运作的数字化转型能力。选取新车产值率、车载软件普及程度和研发数据管理能力作为评价汽车制造企业数字化研发能力的主要指标。

新产品产值率指一定报告期内新产品产值占企业总产值的比例,是反映企业研究成果快速转化为新产品并适应市场变化的能力的重要指标[13],因此选取新车产值率作为评价研发能力的指标;车载软件普及程度受汽车制造企业的研发投入及数字化技术应用程度的影响,企业数字化研发能力越强,则车载软件的普及程度越高,因此在某种程度上反映了汽车制造企业在研发能力上的数字化转型能力[14];汽车制造企业可以使用 OpenStack 虚拟化以及 Ceph 分布式存储建设云技术中台,实现公有云与本地数据中心无缝衔接,提升研发数据的管理效率,同时体现企业的数字化转型能力[15]。

2)数字化生产能力

生产流程数字化是企业数字化转型的关键,选取生产系统集成程度、MES 普及程度、产线自动化水平、产线柔性化程度、冲压模具三维扫描能力及冲、焊、涂、总节拍协调能力作为衡量企业数字化生产能力的指标。

数字化设备的系统集成在汽车制造企业中体现为机器人、末端工具和机床的统一控制[16];MES 系统能够通过市场和行业需求对企业生产的计划和产能进行合理安排以优化资源配置和提高生产效率,在一定程度上实现对生产的智能化控制[17];通过使用工业机器人、自动导航车(AGV)、自动轨道搬运车(RGV)、自动化生产线等自动化生产工具实现生产线自动化,凸显企业的技术水平[18];汽车产品具有品种多、型号多、工艺复杂的特点,因此汽车制造企业生产线需具备较强的柔性化水平,且数字化转型能力提高的一个表现就是产线的柔性水平得到提高[16];三维扫描仪可以实现最高效的全尺寸检测,冲压模具可自由扫描工件的任意位置,精确分析工件位置的偏差[14];通过数字孪生、信息挖掘、大数据、云计算等新一代信息技术协调冲压、焊装、涂装、总装的生产节拍可极大地减少原材料、半成品、产成品待工所造成的浪费[19]。

2.1.2 综合管理

1)数字化人员管理

人员管理是企业管理的重要组成部分,同时掌握数字技术的人才是推动企业进行数字化转型的重要因素,因此选取数字化人才占比、数字化部门地位和数字化技能培训投入占比作为数字化人员管理的评价指标。

数字化人才比重是指企业数字化人才数量与其员工总数之比,这一比例在一定程度上反映了汽车制造企业数字化转型的人力资源实力[13];数字化领导力培养,是指企业领导者要有深刻的数字化认识和数字化转型的决心,能够承受漫长过程的压力[20];数字化技能培训投入占比是指数字化技能相关培训投入占全部培训投入比例,一定程度上反映了员工的数字化技术掌握状况[14]。

2)数字化数据管理

数据管理水平在一定程度上决定了企业内部的管理水平,而数字化数据管理水平一定程度上反映了企业数字化转型的能力,选取数据采集能力、数据可视化率、数据集成能力及数据分析能力作为衡量数字化数据管理的指标。

数据采集能力体现为能否自动采集关键业务场景内设备设施、业务活动的主要数据,涉及汽车企业生产、研发、检测、供应链、营销等汽车制造企业关键业务场景内设备设施、业务活动的主要数据[21];数据可视化率用于评估生产现场可视化对象的管理水准,帮助实现企业生产全流程的精准管控;数据集成能力即使用大数据、云计算等数字化技术对收集的信息进行集成处理用于解决各业务间的信息交流与问题分析[22]。

2.1.3 基础建设

数字化设备设施。实现生产制造数字化转型首先需要实现劳动工具数字化,可见设备、设施数字化对企业数字化进程的重要性。选取网联化、数字化系统覆盖度、数字化设备覆盖率、主干网网络覆盖率作为衡量数字化设备设施的指标。

网联化是指构建更多数字化网联平台,提高企业的数据交互能力,同时提高企业的数字化互联能力[23];数字化系统覆盖度与数字化设备覆盖率同样应作为衡量数字化设备设施状态的指标[24];主干网网络覆盖率反映了企业管理流程的连贯性,而主干网与互联网接口带宽是反映企业数据传输量的重要指标,二者是企业实现生产运营数据互联互通,打通数据链的必要前提[14]。

**2.2 外部维度**

数字化转型是一场深刻和系统的企业革命,这不仅仅局限于企业内部的生产、管理和基础建设,

汽车制造企业对用户所直接表现出的业务能力和对上下游合作伙伴所展现的协同能力同样可以反映汽车制造企业的数字化转型能力。因此，将外部维度分为业务能力及生态合作两个层面。

2.2.1　业务能力

1）数字化营销能力

选取 ABC 营销模式及营销投资回报作为衡量数字化营销能力的指标。其中，ABC 营销模式是通过全息技术实现用户一站式选车的服务营销模式，用户可以一站完成看、选、试，感受更加直观，辅以客观的评价服务，为用户提供客观、公正的车辆评价，以沉浸式体验为用户带来深度产品解析以及更真实的科技体验[25]，利用科技提高用户的满意程度。营销投资回报则反映投入和产出的关系，通过数字化的营销投资回报分析，利用大数据、5G 技术帮助企业更高效的了解各项投资在不同业务领域的回报，提高盈利投资占比[26]。

2）电子商务运营能力

产销一体已经成为大多数汽车制造企业的发展方式，而电子商务逐渐成为车企拓展市场的首选方法，在一定程度上可以反映企业的数字化转型能力，选取电商平台运营及订单交付周期作为衡量电子商务运营能力的指标。

企业打造数字化电子商务平台，通过虚拟现（virtual reality，VR）、增强现实（augmented reality，AR）、数字孪生等技术实现产品上网，服务上网使客户在网上就可以实现产品的现实体验[25]；订单交付周期反映产品从用户下订单到产品被交付为止的这段流程需要经历的时间。通过订单交付周期可以衡量企业在数字化营销方面的工作进展[26]。

2.2.2　生态合作

选取新车生命周期、资源匹配度优势、汽车制造业务协同、供应链集成和供应链协同作为衡量数字化生态协同的指标。

汽车的生命周期是指一种汽车产品从研发到销售，由弱变强、由盛至衰、最终被市场淘汰的过程，其时间长短，很大程度上依赖于市场的竞争和科学技术的发展，在一定程度上可以反映汽车制造企业数字化供应链的发展进程和建设情况[27]；在数字经济不断发展的环境下，资源匹配度优势是指进行更优化的资源匹配，达到供求间的精准协调，满足更丰富多样的消费需求；汽车制造业务协同则可以充分体现企业在数字化转型过程中的独特性、优势性和企业发展的指导性[28]；供应链中的各环节的数据互联，协同业务，优化业务，并协助决策，反映了供应链计划管理数字化[29]；供应链系统是指对供应链上下游的合作企业的开发准入等合作的单场景业务活动进行数据标准化，实现供应链数据采集，利用采集到的数据进行数据的互联互通，实现供应链的协同快速反应机制[30]。

综合上述内容，从内、外两个维度，生产运作、综合管理、基础建设、业务能力、生态合作等五个方面，构建了包含 8 个二级指标，29 个三级指标的汽车制造企业数字化转型能力评价体系，如表 1 所示。

## 3　评价指标权重确定

目前，有关汽车制造企业数字化转型能力评价体系的研究处于起步阶段，相关的评价数据较少，为实现定量分析，为保障最终结论的客观性，参考李海若等[31]、谢卫红等[32]研究制造业数字化转型所采用的层次分析法（analytic hierarchy process，AHP）确定评价指标权重。AHP 法是在将与决策相关的元素分解成目标、准则、方案等层次的基础之上进行定性和定量分析的决策方法[33]。

**表 1　汽车制造企业数字化转型能力评价指标**

| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 |
|---|---|---|
| 生产运作（$P$） | 数字化研发能力（$P_1$） | 新车产值率 $P_{11}$ |
| | | 车载软件普及程度（$P_{12}$） |
| | | 研发数据管理能力（$P_{13}$） |
| | 数字化生产能力（$P_2$） | 生产系统集成程度（$P_{21}$） |
| | | MES 普及程度（$P_{22}$） |
| | | 产线自动化水平（$P_{23}$） |
| | | 产线柔性化程度（$P_{24}$） |
| | | 冲压模具三维扫描能力（$P_{25}$） |
| | | 冲、焊、涂、总节拍协调力（$P_{26}$） |
| 管理能力（$M$） | 数字化人员管理（$M_1$） | 数字化人才占比（$M_{11}$） |
| | | 数字化部门地位（$M_{12}$） |
| | | 数字化技能培训投入占比（$M_{13}$） |
| | 数字化数据管理（$M_2$） | 数据采集能力（$M_{21}$） |
| | | 数据可视化率（$M_{22}$） |
| | | 数据集成能力（$M_{23}$） |
| | | 数据分析能力（$M_{24}$） |
| 基础建设（$C$） | 数字化设施设备（$C_1$） | 网联化（$C_{11}$） |
| | | 数字化系统覆盖度（$C_{12}$） |
| | | 主干网网络覆盖率（$C_{13}$） |
| | | 数字化设备覆盖率（$C_{14}$） |
| 业务能力（$B$） | 数字化营销能力（$B_1$） | 营销投资回报（$B_{11}$） |
| | | ABC 营销模式（$B_{12}$） |
| | 电子商务运营能力（$B_2$） | 电子商务平台运营（$B_{21}$） |
| | | 订单交付周期（$B_{22}$） |
| 生态合作（$E$） | 数字化资源协同（$E_1$） | 新车生命周期（$E_{11}$） |
| | | 资源匹配度优势（$E_{12}$） |
| | | 汽车制造业务协同（$E_{13}$） |
| | | 供应链协同（$E_{14}$） |
| | | 供应链集成（$E_{15}$） |

根据前文构建的汽车制造企业数字化转型能力评价指标体系,设计《汽车制造企业数字化转型能力评价指标权重调查问卷》,并将问卷发放给某汽车研究中心从事汽车制造企业数字化转型工作的18位专家学者及相关工作技术人员,相关调查数据作为确定权重的基础数据,具体过程如下。

(1)基于AHP的基本原理构建层次结构模型。

总目标的指标权重为$A$,则汽车制造企业数字化转型能力子目标权重集合为$A=(P,M,C,B,E)$。

各二级指标的权重分配集为$P=(P_1,P_2)$;$M=(M_1,M_2)$;$C=(C_1)$;$B=(B_1,B_2)$;$E=(E_1)$。

各三级指标的权重分配集为$P_1=(P_{11},P_{12},P_{13})$,$P_2=(P_{21},P_{22},P_{23},P_{24},P_{25},P_{26})$;$M_1=(M_{11},M_{12},M_{13})$,$M_2=(M_{21},M_{22},M_{23},M_{24})$;$C_1=(C_{11},C_{12},C_{13},C_{14})$;$B_1=(B_{11},B_{12})$,$B_2=(B_{21},B_{22})$;$E_1=(E_{11},E_{12},E_{13},E_{14},E_{15})$。具体如表2所示。

(2)构建各层指标的判断矩阵。

根据汽车制造企业数字化转型能力评价指标体系构建判断矩阵,并计算矩阵特征向量,进行归一化处理和一致性检验,以$\boldsymbol{P}_2$为例进行计算。

$\boldsymbol{P}_2$={在线设备比例,MES普及程度,产线自动化水平,产线柔性化程度,冲压模具三维扫描能力,冲、焊、涂、总节拍协调力},即

$$\boldsymbol{P}_2=\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 5 & 1 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1/2 & 3 & 1/5 & 2 \\ 1/3 & 2 & 1 & 4 & 1/3 & 1/3 \\ 1/5 & 1/3 & 1/4 & 1 & 1/5 & 1/5 \\ 1 & 5 & 3 & 5 & 1 & 2 \\ 1 & 1/2 & 3 & 5 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}。$$

(3)计算特征向量。

通过计算,得到其特征向量为$\overline{W}_1=0.231\,9$,$\overline{W}_2=0.126\,9$,$\overline{W}_3=0.114\,7$,$\overline{W}_4=0.039\,9$,$\overline{W}_5=0.303\,6$,$\overline{W}_6=0.183\,0$。

为了检验判断矩阵的构建是否合理,采用一致性检验的方法对判断矩阵进行检验,具体步骤如下。

计算最大特征根$\lambda_{\max}$:

$$\lambda_{\max}=\sum_{i=1}^{n}\frac{(A\overline{W})_i}{n\overline{W}_i}=6.638\,0。$$

(4)一致性检验。

一致性指标CI为

**表2 汽车制造企业数字化转型能力评价指标权重**

| 一级指标 | 权重 | 二级指标 | 权重 | 三级指标 | 权重 | 最终权重 | 排序 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P$ | 0.340 7 | $P_1$ | 0.146 4 | $P_{11}$ | 0.603 0 | 0.088 3 | 3 |
| | | | | $P_{12}$ | 0.249 6 | 0.036 5 | |
| | | | | $P_{13}$ | 0.147 3 | 0.021 6 | |
| | | $P_2$ | 0.194 3 | $P_{21}$ | 0.231 9 | 0.045 1 | 2 |
| | | | | $P_{22}$ | 0.126 9 | 0.024 7 | |
| | | | | $P_{23}$ | 0.114 7 | 0.022 3 | |
| | | | | $P_{24}$ | 0.039 9 | 0.007 8 | |
| | | | | $P_{25}$ | 0.303 6 | 0.059 0 | |
| | | | | $P_{26}$ | 0.183 0 | 0.035 6 | |
| $M$ | 0.238 6 | $M_1$ | 0.145 8 | $M_{11}$ | 0.382 5 | 0.055 8 | 4 |
| | | | | $M_{12}$ | 0.339 7 | 0.049 5 | |
| | | | | $M_{13}$ | 0.277 8 | 0.040 5 | |
| | | $M_2$ | 0.092 8 | $M_{21}$ | 0.601 3 | 0.055 8 | 5 |
| | | | | $M_{22}$ | 0.161 9 | 0.015 0 | |
| | | | | $M_{23}$ | 0.074 8 | 0.006 9 | |
| | | | | $M_{24}$ | 0.161 9 | 0.015 0 | |
| $C$ | 0.250 0 | $C_1$ | 0.250 0 | $C_{11}$ | 0.116 0 | 0.029 0 | 1 |
| | | | | $C_{12}$ | 0.103 2 | 0.025 8 | |
| | | | | $C_{13}$ | 0.324 3 | 0.081 1 | |
| | | | | $C_{14}$ | 0.456 5 | 0.114 1 | |
| $B$ | 0.115 3 | $B_1$ | 0.043 2 | $B_{11}$ | 0.419 3 | 0.018 1 | 7 |
| | | | | $B_{12}$ | 0.580 6 | 0.025 0 | |
| | | $B_2$ | 0.072 1 | $B_{21}$ | 0.473 5 | 0.034 1 | 6 |
| | | | | $B_{22}$ | 0.526 5 | 0.038 0 | |
| $E$ | 0.055 4 | $E_1$ | 0.055 4 | $E_{11}$ | 0.282 9 | 0.015 7 | 8 |
| | | | | $E_{12}$ | 0.093 5 | 0.005 2 | |
| | | | | $E_{13}$ | 0.044 3 | 0.002 5 | |
| | | | | $E_{14}$ | 0.295 4 | 0.016 4 | |
| | | | | $E_{15}$ | 0.277 8 | 0.015 4 | |

$$CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}=\frac{6.6380-6}{6-1}=0.1276。$$

为衡量CI的大小,引入随机一致性指标RI:

$$RI=\frac{CI_1+CI_2+\cdots+CI_n}{n}。$$

一致性功率为

$$CR=\frac{CI}{RI}=\frac{0.1276}{1.34}=0.0953<0.1。$$

CR<0.01,故认为此判断矩阵具有满意的一致性。

## 4　实际案例分析

为进一步检验前文所构建的汽车制造企业数字化转型能力评估体系的可行性,明确影响汽车制造企业数字化转型能力的主要因素,选择有一定行业认可度的汽车制造企业进行实证研究。

### 4.1　Y企业基本情况

Y企业位于山东省青岛市,作为汽车行业的领军企业,在智能制造、数字化方面位于国内前列,以智慧化工厂著称。T企业不断进行探索创新,坚持“机器换人”不断提升工厂的自动化水平,同时采用ERP层、MES层、物理控制层等的数字化技术架构,使生产过程信息透明化,打通设备数据的流通渠道,实现互联互通。

### 4.2　Y企业数字化转型能力评估

此次评估以前文构建的指标体系为主,其中基础建设部分指标由Y企业公开数据计算得出,通过计算年报中与数字化基础设施建设关键词出现的频率与广度获得,并将其转化为五分制分数[34]。关键词为“大数据、云计算、人工智能、物联网、传感器、增强现实(augmented reality,AR)、虚拟现实(virtual reality,VR)、5G网络、通信网络、企业资源计划(enterprise resource planning,ERP)、制造执行系统(manufacturing exection system,MES)、计算机辅助工艺过程(computer aided process planning,CAPP)、产品生命周期管理(product life-cycle managment,PLM)、云平台、远程监控、数字孪生、自动化控制设备、工业机器人”新车产值率、营销投资回报比、新车生命周期及订单交付周期等指标由调研访谈获得。其余指标则通过向不同岗位的员工发放问卷调查获得,问卷共回收34份,有效问卷27份。

对Y企业在数字化转型能力的各个指标情况进行了汇总,并统一转换为5分制,如表3所示。

**表3　Y企业数字化转型能力现状**

| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 | 原始数据 | 权重 | 得分 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 生产运作 | 数字化研发能力 | 新车产值率 | 3.10 | 0.0883 | 3.70 | 4.10 |
| | | 车载软件普及程度 | 4.78 | 0.0365 | | |
| | | 研发数据管理能力 | 4.36 | 0.0216 | | |
| | 数字化生产能力 | 生产系统集成程度 | 4.65 | 0.0451 | 4.39 | |
| | | MES普及程度 | 4.46 | 0.0247 | | |
| | | 产线自动化水平 | 4.93 | 0.0223 | | |
| | | 产线柔性化程度 | 4.37 | 0.0078 | | |
| | | 冲压模具三维扫描能力 | 3.79 | 0.0590 | | |
| | | 冲、焊、涂、总节拍协调力 | 4.68 | 0.0356 | | |
| 管理能力 | 数字化人员管理 | 数字化人才占比 | 4.15 | 0.0558 | 4.09 | 4.12 |
| | | 数字化部门地位 | 4.32 | 0.0495 | | |
| | | 数字化技能培训投入占比 | 3.74 | 0.0405 | | |
| | 数字化数据管理 | 数据采集能力 | 4.22 | 0.0558 | 4.17 | |
| | | 数据可视化率 | 4.00 | 0.0150 | | |
| | | 数据集成能力 | 3.94 | 0.0069 | | |
| | | 数据分析能力 | 4.25 | 0.0150 | | |
| 基础建设 | 数字化设施设备 | 网联化 | 4.95 | 0.0290 | 4.71 | 4.71 |
| | | 数字化系统覆盖度 | 4.91 | 0.0258 | | |
| | | 主干网网络覆盖率 | 4.87 | 0.0811 | | |
| | | 数字化设备覆盖率 | 4.50 | 0.1141 | | |
| 业务能力 | 数字化营销能力 | 营销投资回报 | 3.82 | 0.0181 | 3.64 | 3.60 |
| | | ABC营销模式 | 3.51 | 0.0250 | | |
| | 电子商务运营能力 | 电子商务平台运营 | 3.05 | 0.0341 | 3.59 | |
| | | 订单交付周期 | 4.07 | 0.0380 | | |
| 生态合作 | 数字化资源协同 | 新车生命周期 | 4.33 | 0.0157 | 3.80 | 3.80 |
| | | 资源匹配度优势 | 3.94 | 0.0052 | | |
| | | 汽车制造业务协同 | 3.55 | 0.0025 | | |
| | | 供应链协同 | 3.67 | 0.0164 | | |
| | | 供应链集成 | 3.39 | 0.0154 | | |
| 总得分 | | | | | 4.18 | |

### 4.3 Y企业数字化转型能力分析

由表3可知，Y企业的数字化转型能力约为4.18分，整体数字化转型能力较强。其中基础建设模块得分最高，高达4.71，可知Y企业的数字化设备设施较为齐备且普及率较高；业务能力模块得分最低为3.6分，其中数字化营销能力和电子商务运营能力得分皆在3.6上下，水平较低，可见Y企业在运营方面的数字化转型状况较差，为提高整体的数字化转型能力，应有针对性的强化业务方面的数字化转型。

## 5 结论与展望

### 5.1 结论

有研究表明，数字化转型能够有效提升企业价值[35]，而数字化转型作为复杂的系统工程，不同行业和企业间存在较大差异。汽车制造企业的数字化转型成功与否取决于其数字化转型能力，而汽车产品本身具有生态化的特殊属性，汽车制造业同样受生态环境影响，其数字化转型能力同时受内外部环境共同影响。为明确汽车制造企业数字化转型能力的影响因素，促进其数字化转型进程，本文致力于探索汽车制造企业数字化转型能力的评估体系，从内、外两个维度，生产运作、综合管理、基础建设、业务能力、生态合作等五个方面，构建了包含8个二级指标、29个三级指标的汽车制造企业数字化转型能力评价体系，并经过专家评估获得指标权重，根据权重不同得出结论如下。

(1)汽车制造企业的数字化设备设施基础是影响其数字化转型的关键因素。根据专家评估获得的权重表可知，数字化设备设施所占比重最高，达0.25。证明汽车制造企业与其他企业相同，其数字化转型能力受基础设施影响，数字化基础设施越完善，其数字化转型能力越强，因此汽车制造企业可通过提高基础设施建设投入，完善基础设施来提高数字化转型能力。

(2)汽车制造企业在生产过程中应提高对数字技术的应用。根据上述内容构建的指标体系，汽车制造企业的数字化生产能力这一指标权重达0.1943，是除基础设施外最能衡量其数字化转型能力的指标。因此，汽车制造企业在生产中运用集成性数字化管理系统，提高自动化水平，提高产线柔性将有助于其数字化转型，实现生产数据的全流程流通，消除孤岛效应。

(3)汽车制造企业应提高对外业务中数字技术应用的重视程度。根据评估体系权重可知，汽车制造企业数字化资源协同能力在一定程度上反映了其数字化转型能力，因此汽车制造企业不能完全参照其他行业通用的转型模式，其产品具有一定的生态性质，因此汽车制造企业适当提升对外营销及资源协同过程中的数字技术应用能力，以促进消费者、合作方等参与到价值创造中。

### 5.2 展望

通过文献梳理，本文明确了影响汽车制造企业数字化转型的影响因素，在此基础上构建了汽车制造企业专用的数字化能力评估体系，但受限于作者知识和经验的不足，研究深度和范围仍有较大的完善和提高空间。

汽车制造企业数字化转型能力的建设是一个长期的、动态发展的过程，将伴随技术的不断发展以及现实环境的变化而变化，因此其评估体系也将随之变化，后续研究可根据理论的发展和现实情况对评价指标进行优化。

本文采用AHP法构建汽车制造企业数字化转型能力指标的权重进行计算，但受方法固有的缺陷影响存在一定程度的主观性。后续研究可以考虑采用更多客观性方法对权重值进行计算。

## 参考文献

[1] 王元彬，汪春雨，郑学党. 中国汽车产业的全球价值链地位及新形势下的发展路径[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报)，2019(3)：59-68.

[2] 石建勋，朱婧池. 全球产业数字化转型发展特点、趋势和中国应对[J]. 经济纵横，2022(11)：55-63.

[3] 赵福全，刘宗巍，史天泽. 中国制造2025与工业4.0对比解析及中国汽车产业应对策略[J]. 科技进步与对策，2017，34(14)：85-91.

[4] 门峰，董方岐，刘双虎. 汽车制造企业数字化转型成熟度评估模型研究[J]. 汽车工业研究，2022(2)：24-27.

[5] 赵福全，刘宗巍，郝瀚，史天泽. 汽车产业变革的特征、趋势与机遇[J]. 汽车安全与节能学报，2018，9(3)：233-249.

[6] 李永红，黄瑞. 我国数字产业化与产业数字化模式的研究[J]. 科技管理研究，2019，39(16)：129-134.

[7] 周嘉，马世龙. 从赋能到使能：新基建驱动下的工业企业数字化转型[J]. 西安交通大学学报(社会科学版)，2022，42(3)：20-30.

[8] 邓晰隆，易加斌. 中小企业应用云计算技术推动数字化转型发展研究[J]. 财经问题研究，2020(8)：101-110.

[9] CHEN C，XU J. Manufacturing enterprise digital transformation ability evaluation system and application[J]. Sci. Technol. Manage. Res.，2020，40(11)：46-51.

[10] 孟凡生，徐野，赵刚. 高端装备制造企业向智能制造转型过程研究--基于数字化赋能视角[J]. 科学决策，2019

(11)：1-24.

[11] 陈剑，黄朔，刘运辉. 从赋能到使能——字化环境下的企业运营管理[J]. 管理世界，2020，36(2)：117-128.

[12] XU G，LI G，SUN P，et al. Inefficient investment and digital transformation：what is the role of financing constraints?[J]. Finance Research Letters，2023，51：103429.

[13] 陈畴镛，许敬涵. 制造企业数字化转型能力评价体系及应用[J]. 科技管理研究，2020，40(11)：46-51.

[14] 王子清，陈佳. 企业数字化转型与价值创造——三一重工为例[J]. 国际商务财会，2021(13)：76-82.

[15] 周繁荣. 基于西门子机床制造业数字化的工件研发和生产[J].模具制造，2018，18(8)：75-78.

[16] 魏春谊，唐士东. 铝合金车身冲压件模具结构特点和工艺设计[J]. 汽车工艺与材料，2016(8)：17-23.

[17] 刘萌萌，王学锋，安红伟，等. 基于数字化生产车间的动力锂电池电芯智能制造新模式[J]. 价值工程，2022，41(26)：64-66.

[18] 许云，周丽，许峰. "工业 4. 0"对机械制造及自动化行业的影响分析[J]. 中国设备工程，2021(20)：21-22.

[19] 褚宏伟，戈强，沈娟. 宇航产品生产过程数据管理方法研究与应用[J]. 质量与可靠性，2021(4)：17-20.

[20] 赵聪慧，范合君. 企业数字化转型评价体系构建、进程测度与提升路径[J]. 财会通讯，2023(6)：9-17.

[21] 赵鹏，赵前. 工业 4. 0 时代的产业园规划发展特点的研究——中国(长沙)信息安全产业园规划项目为例[J]. 城市建筑，2022，19(9)：70-74.

[22] Governance in the information era：theory and practice of policy informatics[M]. London：Routledge，2015.

[23] KOUMAS M，DOSSOU P E，DIDIER J Y. Digital transformation of small and medium sized enterprises production manufacturing[J]. 软件工程与应用(英文)，2021，14(12)：24.

[24] 姚亨远. 制造企业数字化成熟度评价体系研究[D]. 西安：西安理工学，2023.

[25] 刘苹，单彤彤. 智能制造转型中实体制造企业数字营销策略研究——"海尔"电冰箱为例[J]. 企业科技与发展，2022(6)：163-166.

[26] 陈瑾，李若辉. 新时代我国制造业智能化转型机理与升级路径[J]. 江西师范大学学报(哲学社会科学版)，2019，52(6)：145-152.

[27] 钟凌江. 朱敏：数字化重构传统产业让供应链变得更强壮[N]. 人民邮电，2022-10-23(005).

[28] RIESENER M，D? LLE C，MATTERN C，et al. Circular economy：challenges and potentials for the manufacturing industry by digital transformation[C]//2019 IEEE International Symposium on Innovation and Entrepreneurship (TEMS-ISIE). IEEE，2019：1-7.

[29] 客海生. 供应链整合与数字化转型对流通企业创新绩效的影响[J]. 商业经济研究，2022(19)：128-131.

[30] WUEST T，KUSIAK A，DAI T，et al. Impact of COVID-19 on manufacturing and supply networks：the case for AI-inspired digital transformation[J]. Available at SSRN，2020，87：3593540.

[31] 李海若，谢鹏，兰小平，等. 制造企业数字化转型能力成熟度评价模型研究[J]. 新技术新工艺，2023(2)：15-19.

[32] 谢卫红，闫成银，郑迪文，等. 制造企业数字化水平如何测度？以广东省制造企业为例[J]. 科技管理研究，2023，43(3)：66-76.

[33] CHENG E，LI H. Analytic hierarchy process[J]. Measuring Business Excellence，1997，5(3)：30-37.

[34] 姚亨远. 制造企业数字化成熟度评价体系研究[D]. 西安：西安理工学，2023.

[35] 段博林. 数字化转型会提升企业价值吗？——于信息披露质量的调节效应[J]. 科技和产业，2023，23(22)：33-39.

## Construction of Digital Transformation Capability Evaluation System for Automobile Manufacturing Enterprises

LIU Lu，ZHAO Huijuan

(School of Economics and Management，Qingdao University of Science and Technology，Qingdao 266061，Shandong，China)

**Abstract**：Digital transformation is an important means for automobile manufacturing enterprises to adapt to market development，and many automobile manufacturing enterprises had insufficient awareness of their own digital transformation capabilities，resulting in the slow process of digital transformation. It is found that digital equipment and facilities and the application of digital technology are the main factors affecting the digital transformation ability of automobile manufacturing enterprises，and provide a theoretical reference for their digital transformation.

**Keywords**：digital transformation capabilities；automobile manufacturing enterprises；digital facilities and equipment；digital technology applications