
《氢气储存输送系统 第 5 部分：氢运输系统技术要求》

国家标准征求意见稿编制说明

标准起草组

2026 年 01 月 09 日

一、工作简况

1.1 任务来源

氢能是全球能源绿色转型的重要方向，也是实现“碳达峰、碳中和”目标的重要途径。随着氢能产业的快速发展，我国三北、西南部和东南海域等地区利用丰富可再生能源制取的绿氢量将大幅增加，“西氢东送”、“海氢陆送”等对长距离、规模化、安全高效的氢能输送提出了国家重大需求，大量氢气需要跨地区规模化高效输送。根据氢气来源和输送距离不同，氢气主要的输送方式包括管道输送、道路输送、水路输送、铁路输送和多式联运输送等。国际上对氢输运系统高度重视，迄今为止，美国、英国、德国、荷兰、中国等多个国家均已持续开展了氢能管道建设和氢气长管拖车、氢气管束式集装箱、氢气瓶式集装箱、液氢罐车、液氢罐式集装箱等相关产品研发，推动氢输运系统产业的发展。然而，目前尚缺乏基础性的氢输运要求国家标准，为了满足我国氢能快速发展的需求，亟待制定具有基础性、通用性、前瞻性的“氢输运系统技术要求”标准。

1.2 制定背景

国外发达国家目前正在陆续推动制定氢能输送相关标准。我国已有较丰富的氢气管道建设经验，氢能长输管道也开始示范运行；在工业领域，我国亦已研制出氢气长管拖车、氢气管束式集装箱、氢气瓶式集装箱、液氢罐车和液氢罐式集装箱等产品，但仍缺乏通用的相关

标准。氢输运系统相关产品研发和示范应用大多参照国外标准，或直接进口国外产品。《氢能产业标准体系建设指南（2023 版）》提出，到 2025 年，支撑氢能制、储、输、用全链条发展的标准体系基本建立，制修订 30 项以上氢能国家标准和行业标准，其中氢气输送是氢能产业链的重要环节之一；同时，氢输运系统技术要求也是《GB/T 34542 氢气储存输送系统》系列标准的重要组成部分；此外，国家重点研发计划项目也立项了纯氢与天然气掺氢长输管道输送及应用关键技术（2022YFB4003400），相应成果也将为本标准的制定提供技术支撑。

由于氢气具有易漏易燃易爆的特性，且易引起材料发生氢环境氢脆。在临氢环境中，临氢承压元件面临氢环境氢脆的严峻挑战，氢原子进入材料内部后，会导致材料出现断裂韧性下降、疲劳裂纹扩展速率加快等现象，引起临氢承压元件在预期服役周期内突然失效。

在 863 计划、973 计划、国家重点研发计划等的持续支撑下，我国已建立了较为完善的高压氢环境中材料力学性能原位测试装备群，最高测试压力达到 140MPa，且目前国内有多家高校和科研院所已具备该测试能力，为该文件中材料氢相容性评价提供了重要的装备支撑。测试方法上，目前国内外均在持续发展，国外标准如 ASME B31.12 中相应的测试方法和评判指标等也在不断完善中。我国相关研究机构利用前期开展的纯氢和掺氢项目，持续开展了管道材料氢相容性评价方法的研究工作，建立了管线钢临氢环境性能数据库，相应的测试方法建立均有大量的试验数据支撑。

鉴于上述技术需求与产业现状，为保障氢输运系统安全可靠运行，全国氢能标准化技术委员会申报了《氢气储存输送系统 第 5 部分：氢输运系统技术要求》国家标准，并获批立项，立项号为 20243628-T-469。

1.3 起草过程

2024 年 12 月 31 日，国家标准化管理委员会下达了本标准制定计划，计划号：20243628-T-469，制定周期为 18 个月，归口单位为全国氢能标准化技术委员会。

2025 年 5 月 10 日，全国氢能标准化技术委员会在浙江杭州组织召开了本标准的启动会，浙江大学介绍了标准制定背景、技术进展、标准内容，成立了标准起草组，确定标准制定工作计划。

2025 年 5 月~9 月，全国氢能标准化技术委员会组织开展了比对试验和会议讨论，对技术要求进行了进一步验证。

2025 年 10~11 月，起草组编制和完善了标准文本，形成了标准阶段性草稿。

2025 年 11 月 8 日，全国氢能标准化技术委员会组织召开了阶段性标准文本讨论会。

2025 年 11~12 月，起草组编制和完善了标准文本，形成了标准征求意见稿。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

2.1 标准编制原则

联合高等院校、科研院所、检验机构、制造单位、使用单位和政府监管部门，在充分调研国内外氢输运发展现状基础上，结合研究成果以及设计、制造、维护运行经验，根据“基于科学、基于数据、基于最佳实践”原则，针对氢输运系统提出基础性、通用性和前瞻性的技术要求。从氢输运系统的类别和选择原则，以及通用要求、氢气品质、典型设备和环境管理方面提出基本规定，对氢输运系统的临氢材料、设计制造和多式联运提出基本要求。

2.2 标准主要内容及其确定依据

本标准主要包括：

- （1）范围；
- （2）规范性引用文件；
- （3）术语、定义和符号；
- （4）基本规定；
- （5）氢输运系统类别和选择原则；
- （6）临氢材料；
- （7）设计；
- （8）制造；

附录 A（资料性）氢运输系统选择指南；

附录 B（资料性）氢气中杂质组分控制指南；

附录 C（资料性）氢运输系统常用管线钢和铬钼钢临氢疲劳性能；

附录 D（资料性）氢气及掺氢天然气基本物性参数计算方法；

附录 E（资料性）输氢管道流速确定指南。

2.2.1 范围

本文件规定了氢运输系统的通用要求、氢气品质、典型设备和环境管理的基本要求，氢运输系统类别和选择原则，以及临氢材料、设计与制造的基本要求。

本文件适用于管道输氢系统、道路运氢系统、水路运氢系统、铁路运氢系统及多式联运输氢系统，具体范围如图1所示。

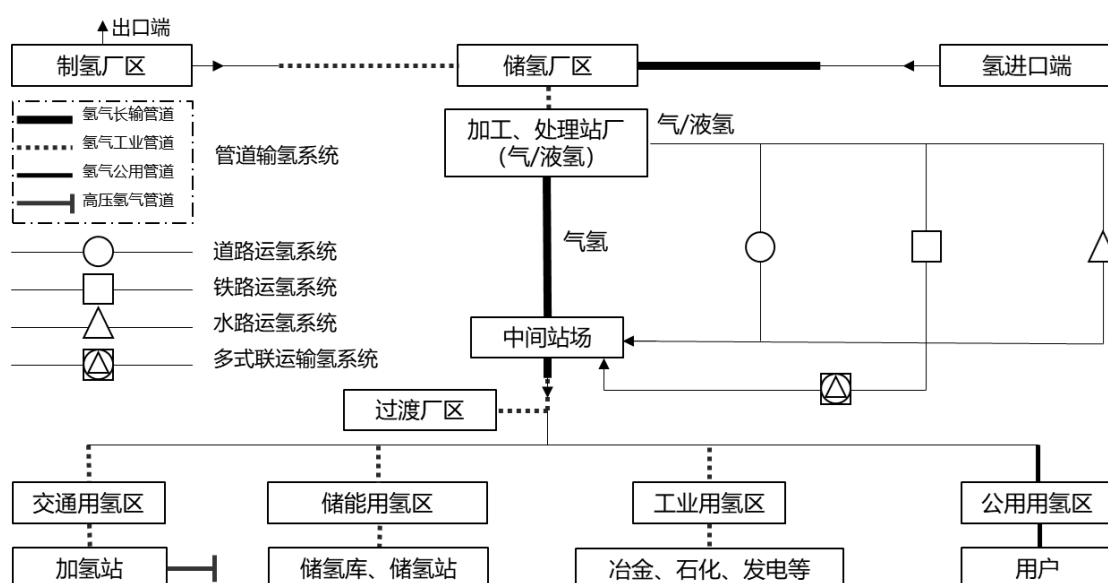


图1 本文件适用的氢运输系统范围

2.2.2 规范性引用文件

列出了本文件的规范性引用文件。

2.2.3 术语、定义和符号

收录了本文件中涉及的 14 条术语及定义（包括氢输运系统、管道输氢系统、道路运氢系统、水路运氢系统、铁路运氢系统、多式联运氢系统、高压氢气管道、数字化设备、冲蚀流速、安全流速、经济流速、材料氢相容性、材料氢适用性和损伤容限设计）以及标准正文中涉及到的符号说明。

2.2.4 基本规定

4.1 部分为通用要求，提出了氢输运系统的设计、建造、运行、维护及退役处置，应遵守国家相关法律、法规、标准及特种设备安全技术规范的规定。依据氢气易漏易燃易爆和导致材料氢环境氢脆特性，提出了氢系统安全、作业人员、安全标识和泄漏试验等方面的要求。

4.2 部分为氢气品质，依据相关标准的规定，提出了氢输运系统中纯氢、工业氢和掺氢天然气的品质要求。

4.3 部分规定了氢输运系统中典型设备的基本规定，主要包括增压设备、减压设备、计量设备和数字化设备。

4.4 部分规定了环境管理方面的基本要求，主要包括环境影响评估、氢气泄漏控制、噪声控制和社会影响与应急。

2.2.5 氢输运系统类别和选择原则

5.1 部分主要提出管道输氢系统包括氢气长输管道、氢气工业管道、氢气公用管道和高压氢气管道。

5.2 部分主要提出了道路运氢系统推荐采用氢气或液氢输送，依据目前高压氢气或液氢的主要道路输送方式：压缩氢气输送宜采用氢气长管拖车、氢气管束式集装箱或氢气瓶式集装箱，液氢输送宜采用液氢罐车或液氢罐式集装箱。并对道路运输车辆提出了技术要求。

5.3~5.5 部分主要依据目前国内外水路运氢、铁路运氢和多式联运运氢发展现状，提出了水路运氢系统、铁路运氢系统、多式联运运氢系统相关的基础性技术要求。依据 LNG 输送方式发展现状，结合全球首个 LNG 铁路装卸国际标准 ISO5124 中“一罐到底”多式联运方式，对未来氢能多式联运方式输送需求提出前瞻性的技术要求。

5.6 部分给出了氢输运方式选择原则建议。结合我国示范的输氢量需求，提出氢输运系统选择应综合考虑输送安全性、运输距离、运输规模、运输成本、适配性、能耗及碳排放水平等因素，以确保输送方案满足安全、稳定、经济和环保的综合要求。

2.2.6 临氢材料

6.1 部分提出了临氢金属材料的要求，包括一般规定、材料氢相容性评价豁免条件、材料氢相容性评价方法、材料氢适用性评价和常用金属材料成分和临氢力学性能。

由于氢环境氢脆与材料、环境、应力和制造有关，因此提出了氢

运输系统临氢承压元件的金属材料选择，应综合评估材料（化学成分、微观组织、力学性能等）、使用条件（设计压力、设计温度、氢气品质、操作特点、电化学环境等）、应力状态（平均应力、应力幅、加载频率等）及制造工艺（成形、焊接、热处理等）对氢脆的影响。给出了氢环境下推荐使用的金属材料，提出了不应采用的临氢金属材料情况。

由于材料氢环境氢脆与材料种类、应力水平、使用条件（操作压力、温度等）、材料强度等级等有关，因此提出了金属材料氢相容性评价豁免条件和豁免条件的限制条件。对于不能进行氢相容性评价豁免的金属材料，提出应基于材料在预期服役条件下的性能要求，开展满足 GB/T 34542.2 等适用标准要求的专项试验。专项试验包括但不限于：慢应变速率拉伸试验、疲劳寿命试验、疲劳裂纹扩展速率试验及断裂韧性试验。试验项目的确定与合格判据的建立，应综合考虑材料类型和制造工艺，以及应力状态、氢气压力、使用温度等服役参数。临氢金属材料氢脆敏感性测试应满足 GB/T 34542.3 的要求。

由于不同牌号、处理工艺、制造工艺生产的材料成分和微观组织等不同，对氢环境的敏感度不同，因此提出用于氢相容性测试的材料，其牌号、处理工艺等应与实际服役材料保持一致，并应取自制造完成后的成品或试件。给出了高压氢气受压元件用钢的材料成分和临氢力学性能要求，主要包括管线钢、铬钼钢、奥氏体不锈钢以及液氢受压元件用奥氏体不锈钢。

6.2 部分提出了临氢非金属材料的要求，包括一般规定和氢相容

性评价要求。由于高压氢环境会影响非金属材料的力学、物理、化学性能以及氢相容性，因此提出选择氢运输系统临氢非金属材料时，应综合考虑材料的耐氢渗透性能、耐老化性能、溶胀性能、热物理性能、力学性能，同时考虑使用条件（设计压力、设计温度、氢气品质、操作特点等）、失效模式、制造工艺以及经济性等因素。提出氢运输系统中推荐使用的非金属材料 and 材料氢相容性评价方法。

2.2.7 设计

设计部分按照安全优先、系统协调、技术适用、经济合理、绿色低碳的原则，对氢运输系统设计提出了基本要求。

7.1 部分为基本要求，包括设计基本原则，设计条件 and 设计流程，其中，设计条件应至少包括氢运输需求、路径与地理环境、氢源条件、用户要求、经济目标、法规与标准以及设计需要的其他必要条件；设计流程应遵循的步骤主要包括设计条件输入确认、技术路线选择与可行性分析、系统建模与详细设计、关键设备选型与系统集成、综合评估。

7.2 部分为工艺设计要求，规定了氢运输系统中工艺设计所需的基本物性参数计算，包括但不限于其状态方程、黏度、摩阻系数、热值、燃烧极限及压缩因子等，其计算方法宜按附录 D 的规定执行。输氢管道的工艺设计中，氢气的设计流速宜参照附录 E 给出的计算方法确定。

7.3 部分为机械设计，规定了氢运输系统承压设备应严格依据设

计条件进行设计，应考虑其在全寿命周期中可能出现的所有失效模式，并提出防止失效的措施。主要失效模式包括：脆性断裂、塑性垮塌、局部过度应变、屈曲、疲劳、棘轮、泄漏及冲蚀等。当材料力学性能同时满足本文件 6.1.2.1 氢相容性评价豁免条件、不需要进行疲劳分析且材料符合相关标准要求时，氢输运系统承压部件设计可基于空气环境中的材料力学性能，当不满足以上要求时应基于氢环境中的材料力学性能进行设计。提出了氢输运系统临氢承压元件材料力学性能应在压力不低于设计压力的氢气环境中测定；液氢输运系统临氢承压元件材料力学性能应在空气环境或者温度不高于设计温度的深冷环境中测定。氢输运系统承压部件采用附录 C 所列金属材料时，可按附录 C 规定的氢环境材料力学性能进行设计。此外，还提出了氢输运系统承压部件疲劳失效评定的基本方法和损伤容限设计的基本步骤。

7.4 部分提出了超压泄放的基本要求，并根据高压氢气泄放和液氢泄放的特性不同，分别提出了泄放的技术要求，对于管道输氢系统，提出了放空的要求。

2.2.8 制造

8.1 部分提出成形的要求，氢输运系统零部件的成形工艺（冷成形、热成形或温成形）应根据材料特性、设计使用条件（包括介质、温度、压力、循环载荷等）及其对材料最终性能的影响进行综合评估，确保成品满足全部安全与性能要求。依据材料温成形可以提升强度的同时，显著降低氢环境下材料疲劳裂纹扩展速率并提高相对断面收缩

率研究规律，提出临氢奥氏体不锈钢承压元件的成形，宜采用温成形工艺，推荐温成形温度范围为 120℃~250℃。

8.2 部分提出了焊接的要求，氢气管道间的连接优先选用焊接连接，焊材应具有良好的氢相容性。当氢输运系统难以采用焊接连接时，宜采用法兰、螺纹或卡套等连接方式，并参照 GB 50177 标准的相关规定。

8.3 部分提出了氢输运系统无损检测的要求，氢输运系统临氢承压元件无损检测应按照 NB/T 47013（相应部分）标准进行。射线检测合格级别不低于 II 级，超声检测（包括 A 型脉冲回波超声检测、衍射时差法超声检测、相控阵超声检测等）和表面检测（包括磁粉检测、渗透检测、涡流检测等）合格级别为 I 级。氢输运系统受压元件无损检测应满足 100%检测覆盖率和 100%检测合格率。进行焊后热处理的焊接接头，无损检测应在热处理完成后进行。依据 KHKS 0220 和 ISO 10893 等标准中对于无损检测最大漏检缺陷的要求，结合基于相控阵超声检测技术最新发展现状，对于氢输运系统受压元件，提出采用相控阵超声检测方法测定氢输运系统承压元件裂纹深度时，其检测灵敏度应满足以下要求：a) 壁厚小于 20 mm 的锻钢件和筒形件，检测灵敏度为 0.2 mm；b) 壁厚大于或等于 20 mm 的锻钢件和筒形件，检测灵敏度为壁厚的 1%，且最大不超过 0.5 mm。注：检测灵敏度应采用具有人工缺陷的专用对比试块进行验证。

2.2.9 附录

本标准包含了 5 个附录，均为资料性附录（包括氢输运系统选择指南、氢气中杂质组分控制指南、氢输运系统常用管线钢和铬钼钢临氢疲劳性能、氢气及掺氢天然气基本物性参数计算方法、输氢管道流速确定指南）。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

3.1 试验验证和综述报告

本标准中涉及的试验验证和综述报告主要包括氢输运方式经济性分析、材料氢相容性评价、材料疲劳裂纹扩展速率曲线对比、纯氢/掺氢天然气物性参数和工艺性分析等，标准起草组前期围绕上述内容开展了大量的实验和验证工作。

对于氢输运方式经济性分析，主要进行了不同输运距离和输运量情况下的经济性计算，对比了不同输氢方式的成本差别。

对于材料氢相容性评价，主要参照 GB/T 34542.2 标准中对于实验参数和种类的要求，开展了包括管线钢、铬钼钢、奥氏体不锈钢、铝合金、镍基合金等在内的大量材料的高压氢环境力学性能测试，形成了高压氢环境过程金属材料性能数据库，结合国内今年以来积累的大量相关数据，根据不同材料氢相容性差异和服役工况应力水平等因素，标准起草组提出了材料部分的技术要求，包括氢相容性评价豁免

条件、氢相容性评价方法和常用金属材料成分和临氢力学性能。

对于材料疲劳裂纹扩展速率曲线，起草组前期在纯氢环境下系统研究了压力和应力比对管线钢 X80 疲劳裂纹扩展速率的影响规律，根据双参数理论、Abel-Noble EOS 非理想气体状态方程和 Sievert 定律，并结合国内外不同钢级管线钢母材在纯氢环境下的试验数据，建立了管线钢设计疲劳裂纹扩展曲线。

对于高压氢气环境下铬钼钢低周疲劳性能进行了分析，研究显示，在高压氢气环境中，铬钼钢在高应力幅下的疲劳性能显著降低，且应力幅值越高，高压氢气对疲劳性能的劣化效果越明显。目前，我国高压氢气储输设备的设计压力以 50MPa 和 100MPa 居多，起草组研究团队在 50MPa 氢气环境下，按照 GB/T 34542.2 中相关规定，进行低周疲劳试验，对试验数据进行处理，将应变幅值乘以弹性模量转换为应力幅值，根据 ASME 设计疲劳曲线构建方法，使用 Langer 模型，拟合循环失效次数和许用应力幅之间的关系。考虑到平均应力效应，使用 50MPa 氢气环境下铬钼钢的强度数据对许用应力幅进行校正，进而获得 S-N 曲线和拟合公式。

3.2 技术经济论证

氢能是全球能源绿色转型的重要方向，被视为能源革命的关键突破口。作为氢能“制-储-输-用”全产业链的关键环节，氢能输送技术的发展水平直接关系到整个氢能产业的发展进程。目前，氢能输送主要采用管道输氢系统、道路运氢系统、水路运氢系统、铁路运氢系统和

多式联运输氢系统，五类输送方式共同构成了氢能输送网络，亟需制定基础性、通用性和前瞻性的氢能输送系统技术标准。一方面，基础性和通用性的标准可以为各类氢能输送方式提供基础性技术规范，确保运输安全；另一方面，前瞻性的标准要求能够引导技术创新，推动行业高质量发展。通过本标准的制定和实施，可以规范氢能输送行业发展，促进不同运输方式之间的协同配合，为构建安全、高效、经济的氢能输送体系提供重要支撑，从而加速我国氢能产业的商业化进程，为实现“双碳”目标贡献重要力量。

3.3 预期效益

（1）经济效益

我国已建超 600km 氢管道，如金陵-扬子氢气管道、济源-洛阳氢气管道、朝阳掺氢天然气管道示范工程等；已实现批量生产 30MPa 碳纤维缠绕管束式氢气集装箱，研制了 52MPa 大容量IV型储氢瓶和管束集装箱，水路、铁路和多式联运未来也会不断发展。预期经济效益显著。

（2）社会效益

氢能是能源转型的重要途径，氢能输送作为“制-储-输-用”全产业链的关键环节，上游连接风光可再生能源消纳制氢产业，下游连接交通、储能、工业和公用等用氢产业，有利于加快氢能全产业链的发展，推进氢能能量载体的大规模应用。因此，本标准的制定和实施将在未来氢能产业快速发展、实现降碳和能源转型等方面产生巨大的社会效

益。

（3）生态效益

通过氢能输送系统的快速发展，我国能够加快实现氢气大规模、长距离、安全高效输送，从而推动能源结构转型。氢气的制备和利用过程具有低碳化特点，氢能大规模利用有利于推进交通、冶金、化工等领域的深度低碳化转型，大幅减少碳排放和化石资源开采，有助于构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，为生态保护、能源安全保障及多维度降碳目标提供坚实支撑，带来显著的生态效益。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

目前国内外石油天然气输送相关标准体系比较健全，与之相比，氢气输送具有特殊的潜在风险，标准体系尚不完善。发达国家在大力发展氢能的同时高度重视氢能输送相关标准化工作，具有代表性的分别是 ASME B 31.12《氢用管道系统和管道》、CGA G-5.6《氢气管道系统》和 IOS 1496-3《液体、气体和固体介质用罐式容器》等，主要针对具体产品提出技术要求，缺乏针对五大氢输运系统的通用性标准。其中 ASME B31.12 标准详细介绍了管道材料和管件的设计思路，在管道制造、装配、检测、管理、维护等方面提出了比较全面的规范要求，但目前仍正在推进修订完善，例如对低强度钢氢相容性测试方法和对管线钢疲劳裂纹扩展速率设计曲线的选用方法仍在进一步修改。本标准在制定过程中，综合国内外研究机构数据，围绕氢输运系统关

键临氢材料、设计、工艺等开展了系列的研究和对比，起草组相关数据与国外机构的数据总体保持了较好的一致性。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

目前，国际上关于氢输运系统的标准主要是 ASME B 31.12、CGA G-5.6、IOS 1496-3 和 ISO11515 等，相关起草组正在结合最新研究进展提出各类具体技术要求的修订意见。此外，以上标准的技术要求主要适用于管道、容器、气瓶等具体产品，缺乏适用于管道输氢系统、道路运氢系统、水路运氢系统、铁路运氢系统和多式联运输氢系统五大输氢系统的基础性和通用性的技术要求。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准在满足《特种设备安全法》、《特种设备安全监察条例》、TSG 21《固定式压力容器安全技术监察规程》、TSG 23-2021《气瓶安全技术规程》、TSG 31《工业管道安全技术规程》、TSG D7003《压力管道定期检验规则—长输管道》、TSG D7004《压力管道定期检验规则—公用管道》、TSG R0005《移动式压力容器安全技术监察规程》、GB 50177《制氢供氢工程设计标准》和 GB 50251《输气管道工程设计规范》等有关规定基础上起草，与现行法律、法规及相关标准协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循了各方参与原则，制定时充分吸收了相关领域专家的意见和建议，无重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

- 1、建议将本标准作为推荐性国家标准，自发布起 6 个月实施。
- 2、建议可以针对标准使用对象，有侧重点地进行标准的宣贯和培训，以保证标准的贯彻实施。

十、其他应当说明的事项。

无。

十一、公平竞争审查

本标准不含影响公平竞争的有关内容。本标准不适用《公平竞争审查条例》第十二条的规定。

本标准不限制或者变相限制市场准入和退出。不含有对市场准入负面清单以外的行业、领域、业务等违法设置审批程序的内容。不含有限定经营、购买或者使用特定经营者提供的商品或者服务（以下统称商品）。没有设置不合理或者歧视性的准入、退出条件的内容。不

含有其他限制或者变相限制市场准入和退出的内容。

本标准不限制或者变相限制商品要素自由流动。不含有限制外地或者进口商品、要素进入本地市场,或者阻碍本地经营者迁出,商品、要素输出的内容。不含有排斥、限制、强制或者变相强制外地经营者在本地投资经营或者设立分支机构的内容。不含有其他限制商品、要素自由流动的内容。

本标准不影响经营者生产经营成本。不含有给予特定经营者选择性、差异化的财政奖励或者补贴的内容。不含有其他影响生产经营成本的内容。

本标准不影响经营者生产经营行为。不含有强制或者变相强制经营者实施垄断行为,或者为经营者实施垄断行为提供便利条件的内容。不含有其他影响生产经营行为的内容。