《板式换热器用钛板》

送审稿编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

1.1 计划批准文件名称、文号及项目编号、项目名称、计划完成年限、编制组成员

根据 2024 年 9 月 29 日，国家标准化管理委员会《关于下达 2024 年第七批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发[2024]44 号）的要求，国家标准《板式换热器用钛板》修订项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，计划编号：20242990-T-610，项目周期为 16 个月，完成年限为 2026 年 1 月，标准起草单位为宝鸡钛业股份有限公司、宝钛集团有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、南京宝色股份公司、有研科技集团有限公司等。

（二）主要参加单位和工作成员及其所作的工作

2.1 主要参加单位情况

标准主编单位宝鸡钛业股份有限公司在标准的编制过程中，能积极主动收集国内外板式换热器用钛板标准，负责项目的总体实施和策划，能够带领编制组成员单位认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，编制实测数据统计表，最终带领编制组完成标准的编制工作。

宝钛集团有限公司为本标准提供理论研究基础，并为国内外板式换热器用钛板标准对比工作提供有力支持。

南京宝色股份公司、有研科技集团有限公司等积极参加标准调研工作，配合主编单位开展大量的现场调研、取样、开展各种试验工作，为标准编写提供了真实有效的实测数据，针对标准的讨论稿和征求意见稿提出修改意见，并对标准中板式换热器用钛板的技术指标进行严格把关。

有色金属技术经济研究院有限责任公司等单位积极配合编制组开展现场取样进行试验验证工作，承担了标准中第三方的试验验证工作，主要完成了板式换热器用钛板验证数据的对比，为标准技术要求部分提供有力保障。

2.2 主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表 1。

表 1　主要起草人及工作职责

起草人	工作职责
马佳琨	负责标准的工作指导、标准的编写、试验方案确定及组织协调
冯军宁	负责标准中相关技术要求内容的编写及把关
马忠贤	负责提供企业的现场调研及配合标准编写开展现场试验验证及数据积

	累
解晨	提供理论支撑，并对国内外板式换热器用钛板标准对比提供支持
胡志杰	提供第三方的检测服务，指导企业现场检验的规范化并编写标准试验验证数据的对比分析
庆达嘎、张江峰、白智辉	标准编写材料的收集及标准部分内容的编写与把关
陈战乾、何书林	提供技术指导

（三）工作过程

3.1 立项阶段

1）2023 年 4 月，宝鸡钛业股份有限公司向全体委员会议提交了《板式换热器用钛板》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料，全体委员会议论证结论为同意国家标准立项。由秘书处组织委员网上投票，投票通过后转报国标委，并挂网向社会公开征求意见。

2）2024 年 9 月 29 日，国家标准化管理委员会下达了修订《板式换热器用钛板》国家标准的任务，计划编号为 20242990-T-610，完成年限为 2026 年 1 月，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

3.2 起草阶段

3.2.1 任务落实

2023 年 11 月 2 日，由全国有色金属标准化技术委员会稀有金属金属分技术委员会在昆明市组织召开了《板式换热器用钛板》修订任务落实与协调会议，主编单位对标准的主要技术要求以及编制进度进行了汇报，各相关单位对标准的技术指标进行了充分讨论，并确定了标准编制组：宝鸡钛业股份有限公司、宝钛集团有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、南京宝色股份公司、有研科技集团有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、湖南湘投金天钛金属股份有限公司、西部金属材料股份有限公司、洛阳双瑞精铸钛业有限公司、西安庄信新材料科技有限公司等单位。

3.2.2 调研

2025 年 2 月～5 月，编制组为理清标准修订方向及行业现状，根据任务落实会议要求，向全国钛行业板式换热器生产企业、应用单位、科研院所以及贸易单位开展了全面广泛的调研活动。在数据调研过程中，向包括宝钛集团有限公司、南京宝色股份公司、有研科技集团有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、湖南湘投金天钛金属有限公司、西部金属材料股份有限公司、洛阳双瑞精铸钛业有限公司、西安庄信新材料科技有限公司、兰州兰石换热设备有限责任公司、四平市巨元瀚洋板式换热器有限公司、攀钢集团有限公司等相关单位进行调研，调研内容涵盖企业基本信息、板式换热器用钛产量、标准使用情况反馈以及性能数据等全面的统计数据，其中标准使用反馈主要有以下方面：扩大板材规格、加严化学成分杂志元素范围、加严尺寸允许偏差、明确晶粒度指标要求、提高杯突指标、修改实验方法等。

编制组依据调研分析结果，经对《板式换热器用钛板》草案稿修改后，形成了《板式换热器用钛板》讨论稿和讨论稿编制说明。

3.2.3 讨论会

2025年5月16日，由全国有色金属标准化技术委员会稀有金属金属分技术委员会组织，在山西运城市召开了本标准讨论会，来自全国19家单位21位代表参加了会议，与会代表对《板式换热器用钛板》讨论稿进行了认真、仔细的讨论。

本标准编制组依据讨论会意见和建议对讨论稿进行整理修改后，于2024年6月形成了标准征求意见稿。

3.3征求意见阶段

本标准以召开专题会议、发送标准邮件、标委会网站上公开挂网等多种形式和办法进行了广泛的征求意见。

2025年8月20日，由全国有色金属标准化技术委员会稀有金属金属分技术委员会组织，在兰州市召开了本标准讨论会，来自全国23家单位25位表参加了会议，与会代表对《回收钛原料》预审稿进行了认真、仔细的讨论。

在征求意见阶段，共发函22家相关生产应用单位和科研院所，回函的单位共22家、回函并有建议或意见的单位共10家、没有回函的单位共0家，经编制组整理归纳，共梳理出11条修改意见。

2025年10月，本文件编制组依据各单位提出的意见和建议，对征求意见稿进行了修改和完善，形成了标准送审稿及其编制说明。

3.4审查阶段

3.5报批阶段

二、标准编制原则

本标准在修订时，主要参考了GB/T 14845-2007《板式换热器用钛板》、GB/T 3621-2022《钛及钛合金板材》、ASTM B265-20a《钛及钛合金带材、薄板及厚板标准规范》及相关技术协议标准，结合市场调研（工艺提升和设备升级），完成了标准文本的修订工作。同时，标准编制组确定按以下主要原则进行标准的编制工作。

a）标准应严格按照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》的规定格式进行编写。

b）本标准的修订应充分考虑我国板式换热器用钛板行业生产及应用现状，真实反应我国板式换热器用钛板生产单位、应用单位以及科研院所的技术水平，为板式换热器用钛板的质量保障提供科学合理的技术要求，实现稳定推动板式换热器用钛板生产应用的发展目的。

c）本标准是修订《板式换热器用钛板》国家标准，修订过程应保证调研数据的全面性和科学性，在确定技术要求合理、检验规则科学的基础上，既要保持先进性和创新性，

还要充分考虑标准实施后预期产生的经济效益和社会效益。

d）为了有效验证板式换热器用钛板的质量水平，本标准应从直接影响板式换热器用钛板质量的化学成分、室温拉伸性能、弯曲性能、杯突、晶粒度等多维度进行全面系统的综合性能验证分析。

三、标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

（一）确定标准主要内容的论据

1.1 术语和定义

随着 GB/T 6611、GB T 23604、GB/T 34647、GB/T 38982 的发布实施，为了增加国家标准行业用语的一致性，增加了术语和定义；并对文中提到的传热板和板式换热器进行定义。即修改为“GB/T 6611、GB/T 34647、GB/T 38982 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

传热板 heat transfer plate

经过精密压制形成有特定规则波纹的板。也称“板片”。

板式换热器 plate heat exchanger

包含可拆卸板式换热器和焊接板式换热器。

注 1：可拆卸板式换热器是由传热板、密封垫片与支撑框架等主要部件组成的换热器；

注 2：焊接板式换热器是将传热版周边采用熔化焊或压力焊连接的换热器。

1.2 产品分类

依据 GB/T 3620.1 的换版修订，为使产品标准与基础标准中涉及的牌号一致，本次的换版修订工作删除了 TA1 的产品，另增加了 TA1G 牌号，从而提高了与已发布实施国家标准 GB/T 3620.1 之间的协调性和一致性。具体为删除了 TA1,增加了 TA1G 牌号。

同时，经过市场调研，顾客针对石油、化工等领域，为了提高换热效率，会采用更薄、更宽的板材进行冲压成板片，使单片面积大型化，针对顾客需求，生产厂家进一步升级设备、优化工艺，成功生产出产品厚度更薄，有的产品宽度更宽，有的产品长度更长并满足顾客使用要求的板材，且已稳定供货，所以，本次修订还适当扩大规格，具体见表 2。

表 2　牌号、状态和规格

标准	规格 mm		
	厚度	宽度	长度
原标准	0.5～1.0	300～1000	800～3000
修订后	0.4～1.0	300～1500	800～3500

1.3 化学成分

板式换热器用钛板由于需要很好的塑性，所以选用塑性最好的 TA1G、TA8-1、TA9-1 牌号，其中 TA1G 在海水、盐水、有机酸、弱还原性酸等环境下耐腐蚀等性能较好，且其价格较低，应用最为广泛。TA8-1、TA9-1 由于添加了钯元素，可显著提高在还原性介质（如

稀硫酸、盐酸）中的耐蚀性，改善在氧化性介质中的耐蚀性，并在高温、高浓度的各种含氯化物介质中，其耐蚀性能最佳，但其价格较为昂贵，应用较少。综上，板式换热器用钛板以 TA1G 为主，并含有少量 TA8-1 和 TA9-1。

为了提高板材塑性，一般可通过减少其杂质元素含量来改善，部分厂家提出了比 GB/T 3620.1 要求更严的指标要求，具体为低铁、低碳、低氮和低氢等，优选 GB/T 2524 中 0_A 级海绵钛进行生产，事实证明，杂质元素更低的板材其塑性高，顾客使用效果好，所以，为了指导后续生产厂家投料生产出满足顾客使用需求的产品，针对于特定需求，本次修订适当加严了部分杂质元素范围，各生产厂家的稳定工艺均能满足的指标要求，并未限制市场准入，具体见表 3。

表 3　化学成分

%（质量分数）

标准	牌号	主要成分		杂质，不大于						
		Ti	Pd	Fe	C	N	H	O	其他元素	
									单一	总和
原标准	TA1	余量	-	0.15	0.05	0.03	0.012	0.10	0.10	0.40
	TA8-1	余量	0.04～0.08	0.20	0.08	0.03	0.015	0.18	0.10	0.40
	TA9-1	余量	0.12～0.25	0.20	0.08	0.03	0.015	0.18	0.10	0.40
修订后	TA1G	余量	-	0.10	0.05	0.02	0.012	0.10	0.10	0.40
	TA8-1	余量	0.04～0.08	0.15	0.05	0.02	0.012	0.18	0.10	0.40
	TA9-1	余量	0.12～0.25	0.15	0.05	0.02	0.012	0.18	0.10	0.40

1.4 外形尺寸及其允许偏差

1.4.1 厚度、宽度和长度允许偏差

本标准依据产品规格的修订变化和实际生产控制水平，由于产品规格进行扩大，所以增加了厚度（0.4～＜0.5）mm、宽度（＞1000～1500）mm 板材的厚度、宽度允许偏差；目前，纯钛类产品卷式生产工艺成熟，且产品在成本、尺寸公差、表面质量等方面具有很大优势，所以生产单位基本以卷式生产，然后切片交付，卷式生产精度控制高，所以结合实际生产控制水平以及现阶段顾客对板材厚度、宽度及长度均提出的更高要求，在和顾客签订的技术协议的基础上，加严了板材厚度、宽度和长度允许偏差，板材具体要求见表 4。

表 4　厚度、宽度和长度允许偏差

单位为毫米

厚度	规定宽度范围的厚度允许偏差		规定宽度范围的宽度允许偏差		长度允许偏差
	300～1000	＞1000～1500	300～1000	＞1000～1500	
0.4～＜0.5	±0.03	±0.04	+1.6 0	+3.2 0	+8 0
0.5～＜0.6	±0.04	±0.05			
0.6～＜0.8	±0.05	±0.06			
0.8～1.0	±0.06	±0.07			

1.4.2 不平度

板材不平度水平越好，越有利于板材冲压，本次修订加严板材不平度要求，具体见表5。

表5　不平度

板材厚度 mm	规定宽度范围的不平度，每1000mm范围内不大于	
	400mm～1000mm	＞1000mm～1500
0.4～1.0	5mm	7mm

1.4.3 对角线差

板材对角线差越小，越有利于板材冲压，本次修订增加对角线差要求，规定长度不大于2000mm的板材，对角线差应不大于5mm；长度大于2000mm～3500mm的板材，对角线差应不大于8mm。

1.5 室温拉伸性能

板式换热器用钛板采用冷冲压成形，一般有弯曲、拉延、展开等，变形方向多，有纵向、横向、交叉等，所以对其纵、横向塑性要求均很高；在使用过程中，纵横向均需要一些强度作为支撑，所以本次修订过程中，在参考国外先进标准的基础上，为了符合顾客使用需求，对板材纵向性能也提出了相应要求，为了指导生产企业，对上限也做出限制，具体见表6

表6　室温拉伸性能

标准	牌号	状态	方向	厚度 mm	抗拉强度 R_m MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %
原标准	TA1G	M	T	0.5～1.0	≥240	≥140	≥55
	TA8-1	M	T	0.5～1.0	≥240	≥140	≥47
	TA9-1	M	T	0.5～1.0	≥240	≥140	≥47
修订后	TA1G	M	T、L	0.4～1.0	≥240	140～300	≥55
	TA8-1	M	T、L	0.4～1.0	≥240	140～310	≥47
	TA9-1	M	T、L	0.4～1.0	≥240	140～310	≥47

1.6 弯曲性能

弯曲性能符合目前顾客要求，本次仅进行编辑性修改，具体见表7

表7　弯曲性能

牌号	厚度 mm	弯曲压头直径 mm	弯曲角 度
TA1G	0.4～1.0	3T	≥140
TA8-1	0.4～1.0	3T	≥140
TA9-1	0.4～1.0	3T	≥140

1.7 杯突

杯突试验是用于评估金属板材成形性能的常用试验方法，主要用于测试材料在冲压成形过程中的延展性和抗破裂能力，所以说本标准的杯突值要求是其的关键指标。上版要求

为不低于 9.5mm，目前，顾客大多提出更高要求，结合国内外客户，有提出不低于 10.0mm、10.5mm 或 11.0mm 等，为了保证各生产厂家均能满足，不限制行业准入，本次修订适当提高其指标，规定为 TA1G 杯突值应不小于 10.0mm，TA8-1、TA9-1 杯突值应不小于 9.5mm；如有顾客需要更高要求，建议在合同中进行注明。

1.8 晶粒度

晶粒度是对材料微观晶粒尺寸的检测，一般采用金相法进行，晶粒度值越大，表示其晶粒尺寸越细小，一般来说，材料越纯，其晶粒越大，因为添加杂质元素和合金元素有利于形核来细化晶粒。本标准中 TA1G、TA8-1 和 TA9-1 由于纯度很高，所以其晶粒尺寸很难细化，上版标准要求为实测，根据生产多年数据积累，基本在 4.0 级～9.0 级之间，满足顾客使用需求，所以本次修订规定为不低于 4.0 级。

1.9 外观质量

目前，顾客对板式换热器用钛板的表面要求很高，因为表面的缺陷会影响成形，可能会导致裂纹的产生，影响板片成形成品率，为了减少划伤及提高板片成形成品率，顾客都会覆膜成形，所以，生产厂家也应提高板材表面质量；近年来，由于生产设备的更新及工艺的改进，生产厂家的板式换热器用钛板的表面质量已经得到有效的提升，得到了顾客认可，具体要求如下：

a) 板材应以酸洗或光亮表面供货；

b) 板材表面应光洁，允许通过局部修磨的方法清除表面的微小缺陷,但清除后板材的厚度不得小于最小允许厚度；

c) 板材表面允许轻微发暗和不影响后续使用的缺陷存在。允许有局部不超过厚度允许偏差之半的划痕、压痕、凹坑、斑点和打磨痕迹等缺陷存在，但应保证板材的最小厚度；

d) 板材表面不允许有裂纹、针孔、起皮、压折、金属或非金属夹杂物等缺陷。

1.10 试验方法

YS/T 1262《海绵钛、钛及钛合金化学分析方法　多元素含量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法》行业标准已发布实施，具有操作方便、效率高等特点，可实现多元素含量一次同时测定，本次修订化学成分检测方法增加 YS/T 1262。最终为：为产品的化学成分分析按 GB/T 4698（所有部分）或 YS/T 1262 的规定进行，化学成分仲裁分析按 GB/T 4698（所有部分）的规定进行。

化学成分检验试样在取样过程中极易产生污染，化学分析过程复杂，且其试样为一次性破坏检验试样，不具备在检验过程中进行校检的条件。因此，为防止化学成分取样或分析过程中产生误判导致合格产品判废，本规范规定化学成分检验结果不合格时，允许对不合格元素进行一次重复检验。若重复检验仍不合格，则判该批板材不合格。

室温拉伸性能实验方法 GB/T 228.1 已换版修订，本次修订采用其最新版。

（二）主要试验（或验证）情况分析

本标准经过了大量实物供应及数据验证，对 GB/T 14845-2007 进行了科学合理的修订，

并对修订变化板式换热器用钛板力学性能的验证数据进行了对比分析。

本次修订提供数据的单位有宝鸡钛业股份有限公司、洛阳双瑞精铸钛业有限公司、湖南湘投金天钛金属有限公司、西安庄信新材料科技有限公司、兰州兰石换热设备有限责任公司、新疆湘润新材料科技有限公司、西部钛业有限责任公司、河南中源钛业有限公司、攀钢集团有限公司、宝武特种冶金有限公司等。

2.1 化学成分验证

材料化学成分稳定，共有 10 家单位提供数据，挑选其中几家典型数据见表 8

表 8　化学成分信息表

%（质量分数）

单位	批号	牌号	Pd	Fe	C	N	H	O	单一	总和
单位 1	24150108	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	0.0025	0.04	<0.1	<0.4
	24150109	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	0.0028	0.04	<0.1	<0.4
	24150111	TA1G	-	0.02	0.009	<0.003	0.0025	0.05	<0.1	<0.4
	24150112	TA1G	-	0.02	0.008	<0.003	0.0024	0.05	<0.1	<0.4
	24150128	TA1G	-	0.01	0.01	<0.003	0.0023	0.034	<0.1	<0.4
	24150137	TA1G	-	0.007	0.01	<0.003	0.0026	0.03	<0.1	<0.4
	24150138	TA1G	-	0.01	0.01	<0.003	0.021	0.039	<0.1	<0.4
	24150139	TA1G	-	0.01	0.01	<0.01	0.0021	0.05	<0.1	<0.4
	24150144	TA1G	-	0.02	0.009	<0.003	0.0027	0.04	<0.1	<0.4
	24150158	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	<0.0009	0.04	<0.1	<0.4
	24150188	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	0.0025	0.04	<0.1	<0.4
	24150189	TA1G	-	0.01	0.008	<0.003	0.0026	0.046	<0.1	<0.4
	24150191	TA1G	-	0.01	0.01	<0.003	0.0023	0.038	<0.1	<0.4
	24150192	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	0.0038	0.04	<0.1	<0.4
	24150229	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	0.0025	0.05	<0.1	<0.4
	24150230	TA1G	-	0.02	0.009	0.004	0.0017	0.04	<0.1	<0.4
	24150231	TA1G	-	0.02	0.014	<0.003	0.0028	0.04	<0.1	<0.4
	24150233	TA1G	-	0.01	0.01	<0.003	0.0024	0.04	<0.1	<0.4
	24150234	TA1G	-	0.01	0.01	<0.003	0.003	0.03	<0.1	<0.4
	24150519	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	0.0017	0.04	<0.1	<0.4
	24150650	TA1G	-	0.02	0.01	<0.003	0.0019	0.04	<0.1	<0.4
	23150112	TA1G	-	0.02	0.01	<0.01	0.001	0.003	<0.1	<0.4
	23150076	TA1G	-	0.035	0.012	0.003	0.003	0.034	<0.1	<0.4
	23150077	TA1G	-	0.027	0.008	0.003	0.002	0.034	<0.1	<0.4
	23150328	TA1G	-	0.03	0.02	0.01	0.002	0.04	<0.1	<0.4
	23150329	TA1G	-	0.02	0.01	0.01	0.0017	0.04	<0.1	<0.4
	23150401	TA1G	-	0.008	0.009	0.003	0.002	0.06	<0.1	<0.4
	23150410	TA1G	-	0.01	0.009	0.003	0.0031	0.03	<0.05	<0.1
	23150411	TA1G	-	0.01	0.01	0.003	0.0018	0.06	<0.05	<0.1
	22150147	TA8-1	0.07	0.03	<0.01	<0.01	0.002	0.05	<0.1	<0.4

	23150108	TA8-1	0.06	0.02	0.02	<0.01	0.002	0.05	<0.1	<0.4
	23150266	TA8-1	0.07	0.02	0.01	<0.01	0.002	0.04	<0.1	<0.4
	24150489	TA8-1	0.06	0.05	0.02	<0.01	0.0024	0.06	<0.1	<0.4
单位2	24260	TA1G	-	0.016	0.01	0.005	<0.0010	0.018	<0.1	<0.4
	24278	TA1G	-	0.012	0.01	0.005	<0.0010	0.019	<0.1	<0.4
	24206	TA1G	-	0.014	<0.01	<0.005	<0.001	0.03	<0.1	<0.4
	24279	TA1G	-	0.033	0.01	0.005	<0.0010	0.019	<0.1	<0.4
	24280	TA1G	-	0.013	0.01	0.005	<0.0010	0.027	<0.1	<0.4
	24297	TA1G	-	0.013	0.015	<0.005	<0.001	0.042	<0.1	<0.4
	25021	TA1G	-	0.013	0.014	0.005	<0.0010	0.02	<0.1	<0.4
	24261	TA1G	-	0.01	0.013	0.005	<0.0010	0.021	<0.1	<0.4
	24196	TA1G	-	0.024	<0.01	0.0065	<0.001	0.034	<0.1	<0.4
	24286	TA1G	-	0.035	0.01	0.005	<0.0010	0.022	<0.1	<0.4
	24284	TA1G	-	0.023	0.01	0.005	<0.0010	0.02	<0.1	<0.4
	24285	TA1G	-	0.038	0.013	0.005	<0.0010	0.028	<0.1	<0.4
	24282	TA1G	-	0.016	0.01	0.005	<0.0010	0.02	<0.1	<0.4
	24281	TA1G	-	0.03	0.01	0.005	<0.0010	0.021	<0.1	<0.4
	24283	TA1G	-	0.024	0.01	0.005	<0.0010	0.031	<0.1	<0.4
	24277	TA1G	-	0.01	0.01	0.005	<0.0010	0.022	<0.1	<0.4
	24293	TA1G	-	0.022	0.01	0.005	<0.0010	0.021	<0.1	<0.4
	25005	TA1G	-	0.025	0.013	<0.005	<0.001	0.028	<0.1	<0.4
	24227	TA1G	-	0.0024	<0.01	0.0074	<0.001	0.041	<0.1	<0.4
	24294	TA1G	-	0.015	0.01	0.005	<0.0010	0.021	<0.1	<0.4
	24311	TA1G	-	0.021	0.013	<0.005	<0.001	0.033	<0.1	<0.4
	25003	TA1G	-	0.016	0.019	<0.005	<0.001	0.026	<0.1	<0.4
	25004	TA1G	-	0.024	0.011	<0.005	<0.001	0.031	<0.1	<0.4
	25005	TA1G	-	0.025	0.013	<0.005	<0.001	0.028	<0.1	<0.4
	25006	TA1G	-	0.039	0.018	<0.005	<0.001	0.029	<0.1	<0.4
	25007	TA1G	-	0.029	0.013	<0.005	<0.001	0.026	<0.1	<0.4
	25008	TA1G	-	0.027	0.018	<0.005	<0.001	0.026	<0.1	<0.4
	24319	TA1G	-	0.03	0.01	0.005	<0.0010	0.021	<0.1	<0.4
	25001	TA1G	-	0.027	0.013	<0.005	<0.001	0.039	<0.1	<0.4
单位3	2303165	TA1G	-	0.090	0.008	0.004	0.001	0.044	<0.1	<0.4
	2303166	TA1G	-	0.072	0.005	0.005	0.001	0.071	<0.1	<0.4
	2303167	TA1G	-	0.048	0.008	0.004	0.001	0.085	<0.1	<0.4
	2303168	TA1G	-	0.082	0.007	0.005	0.001	0.051	<0.1	<0.4
	2303169	TA1G	-	0.037	0.009	0.005	0.001	0.076	<0.1	<0.4
	2303170	TA1G	-	0.084	0.005	0.004	0.001	0.047	<0.1	<0.4
	2303171	TA1G	-	0.039	0.005	0.005	0.001	0.027	<0.1	<0.4
	2303172	TA1G	-	0.013	0.005	0.006	0.001	0.041	<0.1	<0.4
	2303173	TA1G	-	0.071	0.005	0.005	0.001	0.068	<0.1	<0.4
	2303174	TA1G	-	0.096	0.006	0.004	0.001	0.075	<0.1	<0.4

	2303175	TA1G	-	0.044	0.005	0.005	0.001	0.077	<0.1	<0.4
	2303176	TA1G	-	0.038	0.005	0.004	0.001	0.047	<0.1	<0.4
	2303177	TA1G	-	0.029	0.005	0.005	0.001	0.072	<0.1	<0.4
	2304115	TA1G	-	0.020	0.005	0.005	0.001	0.048	<0.1	<0.4
	2304117	TA1G	-	0.044	0.005	0.004	0.002	0.052	<0.1	<0.4
	2304116	TA1G	-	0.096	0.007	0.005	0.001	0.063	<0.1	<0.4
	2304131	TA1G	-	0.022	0.007	0.003	0.001	0.071	<0.1	<0.4
	2304133	TA1G	-	0.039	0.005	0.004	0.001	0.078	<0.1	<0.4
	2304135	TA1G	-	0.079	0.007	0.004	0.001	0.057	<0.1	<0.4
	2304138	TA1G	-	0.079	0.005	0.003	0.001	0.036	<0.1	<0.4
	2304132	TA1G	-	0.100	0.005	0.005	0.001	0.069	<0.1	<0.4
	2304134	TA1G	-	0.058	0.005	0.005	0.001	0.055	<0.1	<0.4
	2304137	TA1G	-	0.058	0.006	0.005	0.001	0.077	<0.1	<0.4
	2305124	TA1G	-	0.094	0.007	0.004	0.001	0.029	<0.1	<0.4
	2305126	TA1G	-	0.056	0.008	0.003	0.001	0.039	<0.1	<0.4
	2305130	TA1G	-	0.072	0.007	0.005	0.001	0.063	<0.1	<0.4
	2305131	TA1G	-	0.081	0.007	0.005	0.001	0.073	<0.1	<0.4
	2304109	TA1G	-	0.074	0.005	0.007	0.001	0.065	<0.1	<0.4
	2304110	TA1G	-	0.025	0.007	0.005	0.001	0.035	<0.1	<0.4
	2306109	TA1G	-	0.066	0.005	0.004	0.001	0.035	<0.1	<0.4
	2306111	TA1G	-	0.077	0.005	0.004	0.001	0.030	<0.1	<0.4
	2306107	TA1G	-	0.053	0.005	0.005	0.001	0.055	<0.1	<0.4
	2306108	TA1G	-	0.051	0.005	0.003	0.001	0.032	<0.1	<0.4
	2306116	TA1G	-	0.087	0.008	0.004	0.001	0.029	<0.1	<0.4
	2306117	TA1G	-	0.072	0.006	0.004	0.001	0.080	<0.1	<0.4
	2306118	TA1G	-	0.064	0.006	0.005	0.001	0.065	<0.1	<0.4
	2306119	TA1G	-	0.049	0.007	0.004	0.001	0.060	<0.1	<0.4
	2306120	TA1G	-	0.029	0.005	0.005	0.001	0.043	<0.1	<0.4
单位4	20A29640	TA1G	-	0.049	0.012	0.007	0.006	0.038	≤0.10	≤0.40
	2092540004tB	TA1G	-	0.040	0.012	0.001	0.0007	0.048	≤0.10	≤0.40
	21333060	TA1G	-	0.028	0.009	0.004	0.0006	0.048	≤0.10	≤0.40
	20417420	TA1G	-	0.035	0.012	0.003	0.0009	0.038	≤0.10	≤0.40
	21332900A	TA1G	-	0.017	0.012	0.003	0.006	0.041	≤0.10	≤0.40
	21333050	TA1G	-	0.022	0.010	0.005	0.0006	0.037	≤0.10	≤0.40
	21332890	TA1G	-	0.017	0.012	0.003	0.006	0.041	≤0.10	≤0.40
	2092540002tAA	TA1G	-	0.027	0.012	0.002	0.0006	0.039	≤0.10	≤0.40
	21503220C	TA1G	-	0.023	0.014	0.003	0.0006	0.035	≤0.10	≤0.40
	21503230C	TA1G	-	0.016	0.010	0.003	0.0006	0.035	≤0.10	≤0.40
	2092540001tA	TA1G	-	0.036	0.013	0.003	0.0008	0.036	≤0.10	≤0.40
	20417680A	TA1G	-	0.039	0.010	0.003	0.0007	0.036	≤0.10	≤0.40
	21907740	TA1G	-	0.023	0.006	0.004	0.0007	0.047	≤0.10	≤0.40
	21A30710C	TA1G	-	0.022	0.009	0.003	0.006	0.043	≤0.10	≤0.40

	21908250D	TA1G	-	0.037	0.011	0.003	0.006	0.049	≤0.10	≤0.40
	20A29670	TA1G	-	0.017	0.013	0.003	0.006	0.040	≤0.10	≤0.40
	22423970C	TA1G	-	0.018	0.012	0.006	0.002	0.047	≤0.10	≤0.40
	22423980C	TA1G	-	0.010	0.007	0.005	0.0006	0.040	≤0.10	≤0.40
	22423950C	TA1G	-	0.027	0.006	0.003	0.0006	0.052	≤0.10	≤0.40
	22A15130B	TA1G	-	0.019	0.016	0.004	0.0006	0.039	≤0.10	≤0.40
	22C01650C	TA1G	-	0.023	0.007	0.003	0.0006	0.039	≤0.10	≤0.40
	22C01660C	TA1G	-	0.017	0.007	0.004	0.0008	0.042	≤0.10	≤0.40
	23216120C	TA1G	-	0.016	0.005	0.003	0.0006	0.035	≤0.10	≤0.40
	23216160	TA1G	-	0.023	0.007	0.007	0.0006	0.037	≤0.10	≤0.40
	23300860C	TA1G	-	0.020	0.012	0.003	0.0006	0.041	≤0.10	≤0.40
	23216130D	TA1G	-	0.015	0.010	0.003	0.0008	0.038	≤0.10	≤0.40
	23300830D	TA1G	-	0.023	0.015	0.003	0.008	0.032	≤0.10	≤0.40
	23408720	TA1G	-	0.024	0.014	0.004	0.0006	0.035	≤0.10	≤0.40
	23408730	TA1G	-	0.023	0.010	0.004	0.0006	0.040	≤0.10	≤0.40
	23300890C	TA1G	-	0.024	0.012	0.004	0.0006	0.034	≤0.10	≤0.40
单位 7	501-03242366J1	TA1	/	0.007~0.008	0.006~0.007	<0.003	<0.0006	0.024~0.027	≤0.10	≤0.40
	501-03242366J2	TA1	/	0.007~0.008	0.006~0.007	<0.003	<0.0006	0.024~0.027	≤0.10	≤0.40
	501-03242366J3	TA1	/	0.007~0.008	0.006~0.007	<0.003	<0.0006	0.024~0.027	≤0.10	≤0.40
	501-03242366J4	TA1	/	0.007~0.008	0.006~0.007	<0.003	<0.0006	0.024~0.027	≤0.10	≤0.40
	501-03242364J1	TA1	/	0.005~0.006	0.007~0.008	<0.003	<0.0006	0.024~0.032	≤0.10	≤0.40
	501-03242364J2	TA1	/	0.005~0.006	0.007~0.008	<0.003	<0.0006	0.024~0.032	≤0.10	≤0.40
	501-03242364J3	TA1	/	0.005~0.006	0.007~0.008	<0.003	<0.0006	0.024~0.032	≤0.10	≤0.40
	501-03242364J4	TA1	/	0.005~0.006	0.007~0.008	<0.003	<0.0006	0.024~0.032	≤0.10	≤0.40
	501-03242363J1	TA1	/	0.005~0.007	0.007~0.016	<0.003	0.0006~0.0023	0.024~0.028	≤0.10	≤0.40
	501-03242363J2	TA1	/	0.005~0.007	0.007~0.016	<0.003	0.0006~0.0023	0.024~0.028	≤0.10	≤0.40
	501-03242363J3	TA1	/	0.005~0.007	0.007~0.016	<0.003	0.0006~0.0023	0.024~0.028	≤0.10	≤0.40
	501-03242363J4	TA1	/	0.005~0.007	0.007~0.016	<0.003	0.0006~0.0023	0.024~0.028	≤0.10	≤0.40
	501-0325219J1	TA1	/	0.016~0.018	0.007~0.011	<0.003	<0.0006~0.0008	0.026~0.031	≤0.10	≤0.40
	501-0325219J2	TA1	/	0.016~0.018	0.007~0.011	<0.003	<0.0006~0.0008	0.026~0.031	≤0.10	≤0.40
	501-0325219J3	TA1	/	0.016~0.018	0.007~0.011	<0.003	<0.0006~0.0008	0.026~0.031	≤0.10	≤0.40
	501-0325219J4	TA1	/	0.016~0.018	0.007~0.011	<0.003	<0.0006~0.0008	0.026~0.031	≤0.10	≤0.40
	501-0325393J1	TA1	/	0.02~0.022	0.006~0.008	<0.003	<0.0006	0.035~0.042	≤0.10	≤0.40
	501-0325393J2	TA1	/	0.02~0.022	0.006~0.008	<0.003	<0.0006	0.035~0.042	≤0.10	≤0.40
	501-0325393J3	TA1	/	0.02~0.022	0.006~0.008	<0.003	<0.0006	0.035~0.042	≤0.10	≤0.40
	501-0325393J4	TA1	/	0.02~0.022	0.006~0.008	<0.003	<0.0006	0.035~0.042	≤0.10	≤0.40
	501-0325392J1	TA1	/	0.025~0.026	0.008~0.013	0.003~0.004	0.0006	0.04~0.047	≤0.10	≤0.40
	501-0325392J2	TA1	/	0.025~0.026	0.008~0.013	0.003~0.004	0.0006	0.04~0.047	≤0.10	≤0.40
	501-0325392J3	TA1	/	0.025~0.026	0.008~0.013	0.003~0.004	0.0006	0.04~0.047	≤0.10	≤0.40
	501-0325392J4	TA1	/	0.025~0.026	0.008~0.013	0.003~0.004	0.0006	0.04~0.047	≤0.10	≤0.40

501-0325397J1	TA1	/	0.013~0.014	0.005~0.006	<0.003	<0.0006	0.037~0.045	≤0.10	≤0.40
501-0325397J2	TA1	/	0.013~0.014	0.005~0.006	<0.003	<0.0006	0.037~0.045	≤0.10	≤0.40
501-0325397J3	TA1	/	0.013~0.014	0.005~0.006	<0.003	<0.0006	0.037~0.045	≤0.10	≤0.40
501-0325397J4	TA1	/	0.013~0.014	0.005~0.006	<0.003	<0.0006	0.037~0.045	≤0.10	≤0.40
501-0E251034J1	TA1	/	0.0046	0.0085	0.0021	0.0025	0.038	≤0.10	≤0.40
501W-0322807J2	TA1	/	0.01~0.013	0.009~0.011	0.004~0.007	0.0008~0.001	0.041~0.044	≤0.10	≤0.40
501-0E241683	TA1	/	0.015	0.011	0.004	0.0027	0.038	≤0.10	≤0.40
501-0E24394	TA1	/	0.017	0.018	0.0054	0.0021	0.035	≤0.10	≤0.40
501-0224695	TA1	/	0.011~0.013	0.014~0.036	<0.003	<0.0006	0.032~0.036	≤0.10	≤0.40
508-02222116J1	TA8-1	0.067~0.071	0.013~0.015	0.013~0.017	<0.003	0.0008~0.0013	0.047~0.051	≤0.10	≤0.40
508-02222116J2	TA8-1	0.067~0.071	0.013~0.015	0.013~0.017	<0.003	0.0008~0.0013	0.047~0.051	≤0.10	≤0.40
508-02222117J1	TA8-1	0.070~0.074	0.013~0.039	0.014~0.018	<0.003	<0.0006~0.0008	0.029~0.044	≤0.10	≤0.40
508-02222117J2	TA8-1	0.070~0.074	0.013~0.039	0.014~0.018	<0.003	<0.0006~0.0008	0.029~0.044	≤0.10	≤0.40
508-02222122J2	TA8-1	0.045~0.052	0.014~0.015	0.012~0.014	<0.003	<0.0006~0.0028	0.034~0.041	≤0.10	≤0.40
508-02222114J1	TA8-1	0.07~0.071	0.016~0.021	0.01~0.012	0.003	<0.0006~0.0014	0.039~0.041	≤0.10	≤0.40
508-02222121J2	TA8-1	0.05~0.053	0.014~0.017	0.014~0.019	<0.003	<0.0006	0.033~0.043	≤0.10	≤0.40
508-02222119J1	TA8-1	0.063~0.07	0.013~0.021	0.013~0.015	<0.003	<0.0006	0.047~0.05	≤0.10	≤0.40
508-02222119J2	TA8-1	0.063~0.07	0.013~0.021	0.013~0.015	<0.003	<0.0006	0.047~0.05	≤0.10	≤0.40
508-02222120J2	TA8-1	0.071~0.075	0.017~0.019	0.012~0.017	<0.003	<0.0006	0.023~0.032	≤0.10	≤0.40
508-02222114J2	TA8-1	0.07~0.071	0.016~0.021	0.01~0.012	0.003	<0.0006~0.0014	0.039~0.041	≤0.10	≤0.40
508-02222120J1	TA8-1	0.071~0.075	0.017~0.019	0.012~0.017	<0.003	<0.0006	0.023~0.032	≤0.10	≤0.40
508-02222118J2	TA8-1	0.071~0.074	0.023~0.025	0.013~0.015	<0.003	<0.0006~0.0016	0.043~0.05	≤0.10	≤0.40
508-02222124	TA8-1	0.049~0.051	0.017~0.018	0.012~0.023	0.003	<0.0006~0.0015	0.047~0.052	≤0.10	≤0.40
508-02222121J1	TA8-1	0.05~0.053	0.014~0.017	0.014~0.019	<0.003	<0.0006	0.033~0.043	≤0.10	≤0.40
508-02222122J1	TA8-1	0.045~0.052	0.014~0.015	0.012~0.014	<0.003	<0.0006~0.0028	0.034~0.041	≤0.10	≤0.40
508-02222118J1	TA8-1	0.071~0.074	0.023~0.025	0.013~0.015	<0.003	<0.0006~0.0016	0.043~0.05	≤0.10	≤0.40
508-02222123J2	TA8-1	0.055~0.056	0.014~0.019	0.013~0.015	<0.003	<0.0006~0.0014	0.035~0.048	≤0.10	≤0.40
508-02222123J1	TA8-1	0.055~0.056	0.014~0.019	0.013~0.015	<0.003	<0.0006~0.0014	0.035~0.048	≤0.10	≤0.40
508-02222146J2	TA8-1	0.044~0.05	0.015~0.017	0.017~0.02	<0.003	0.0016~0.004	0.037~0.043	≤0.10	≤0.40
508-02222146J1	TA8-1	0.044~0.05	0.015~0.017	0.017~0.02	<0.003	0.0016~0.004	0.037~0.043	≤0.10	≤0.40
508-0223033	TA8-1	0.065~0.067	0.014~0.016	0.0119~0.018	<0.003	<0.0006	0.035~0.042	≤0.10	≤0.40
509-0220582	TA9-1	0.141~0.149	0.016	0.011~0.017	0.004~0.007	0.0006~0.0011	0.052~0.054	≤0.10	≤0.40
509-0220851J1	TA9-1	0.136~0.140	0.021~0.023	0.012~0.018	0.003~0.011	<0.0006~0.0018	0.065~0.066	≤0.10	≤0.40
509-0220851J2	TA9-1	0.136~0.14	0.021~0.023	0.012~0.018	0.003~0.011	<0.0006~0.0018	0.065~0.066	≤0.10	≤0.40
509-02201149J1	TA9-1	0.129~0.136	0.024~0.028	0.014~0.018	0.011~0.015	<0.0006~0.0009	0.054~0.059	≤0.10	≤0.40
509-02201149J2	TA9-1	0.129~0.136	0.024~0.028	0.014~0.018	0.011~0.015	<0.0006~0.0009	0.054~0.059	≤0.10	≤0.40
509-0222067J1	TA9-1	0.127~0.13	0.016~0.018	0.012~0.021	<0.003	0.0007~0.0017	0.037~0.043	≤0.10	≤0.40
509-02231095	TA9-1	0.134~0.139	0.014~0.015	0.014~0.016	<0.003	<0.0009	0.046~0.05	≤0.10	≤0.40
509-02232276	TA9-1	0.129~0.138	0.024~0.027	0.01~0.012	<0.003	<0.0006	0.05~0.058	≤0.10	≤0.40
509-02232305J3	TA9-1	0.127~0.133	0.018~0.02	0.009~0.014	0.007~0.011	0.0007~0.0008	0.055~0.064	≤0.10	≤0.40
本标准规定值	**TA1G**		≤0.10	≤0.05	≤0.02	≤0.012	≤0.10	≤0.10	≤0.40
	TA8-1	0.04～0.08	≤0.15	≤0.05	≤0.02	≤0.012	≤0.18	≤0.10	≤0.40

	TA9-1	0.12～0.25	0.15	0.05	0.02	0.012	0.18	0.10	0.40

从以上几家化学成分结果看出，均满足标准要求。

2.2 室温拉伸性能验证

室温拉伸性能目前已有 10 家单位提供数据，挑选其中几家典型数据见表 9

表 9　室温拉伸性能实测验证数据

单位	牌号	厚度	方向	抗拉强度 R_m，MPa	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$，MPa	断后伸长率 A，%
本标准规定值	**TA1G**	0.4～1.0	T、L	≥240	140～300	≥55
单位 1	TA1G	0.6	T	297	227	71.5
	TA1G	0.6	L	297	209	71
	TA1G	0.71	T	297	233	78
	TA1G	0.6	L	297	303	79
	TA1G	0.6	T	309	201	80.5
	TA1G	0.6	T	298	214	79
	TA1G	0.71	T	284	209	67.5
	TA1G	0.71	T	266	207	69
	TA1G	0.6	T	312	242	66.5
	TA1G	0.6	T	329	248	66.5
	TA1G	0.6	T	317	233	71.5
单位 2	TA1G	0.6	T	289	221	68.0
	TA1G	0.6	T	271	193	77.5
	TA1G	0.8	T	304	221	68.5
	TA1G	0.6	T	283	214	71.5
	TA1G	0.6	T	298	220	69.0
	TA1G	0.6	T	331	227	60.0
	TA1G	0.6	T	295	194	75.0
	TA1G	0.5	T	297	217	68.5
	TA1G	0.5	T	322	228	60.0
	TA1G	0.5	T	280	207	70.5
	TA1G	0.5	T	269	187	73.5
	TA1G	0.5	T	274	190	73.5
	TA1G	0.5	T	271	192	78.5
	TA1G	0.6	T	271	190	78.0
	TA1G	0.5	T	283	206	70.5
	TA1G	0.6	L	278	125	76.0
	TA1G	0.6	L	289	126	69.0

	TA1G	0.5	L	312	165	66.0
	TA1G	0.5	L	327	159	70.0
	TA1G	0.7	L	281	131	70.0
	TA1G	0.5	L	310	214	61.0
	TA1G	0.5	L	321	178	64.5
	TA1G	0.6	L	309	172	65.0
	TA1G	0.6	L	313	176	69.0
	TA1G	0.8	L	303	184	65.5
	TA1G	0.8	L	293	155	66.5
	TA1G	0.8	L	295	167	64.5
	TA1G	0.5	L	308	153	68.5
	TA1G	0.6	L	305	152	69.0
	TA1G	0.6	L	312	176	69.5

从以上几家室温拉伸性能结果看出，均满足标准要求。

2.3 弯曲性能验证

弯曲性能目前已有 10 家单位提供数据，均能满足标准要求。

2.4 杯突性能验证

杯突性能目前已有 9 家单位提供数据，挑选其中几家典型数据见表 10

表 10　杯突性能实测验证数据

项目	牌号	厚度	杯突值 1	杯突值 2	杯突值 3
本标准规定值	**TA1G**	**0.4~1.0**	**≥10**	**≥10**	**≥10**
单位 1	TA1G	0.6	10.8	10.4	10.5
	TA1G	0.6	11.1	11.4	11.3
	TA1G	0.6	10.8	10.9	11.3
	TA1G	0.6	11.8	11.8	11.5
	TA1G	0.6	11.8	12.1	11.6
	TA1G	0.6	10.3	10.8	10.1
	TA1G	0.6	10.1	10.4	10.3
	TA1G	0.6	10.8	11	10.9
	TA1G	0.6	10.7	10.8	11.0
	TA1G	0.6	10.9	11.3	11.2
	TA1G	0.6	10.6	10.7	10.12
	TA1G	0.6	10.5	10.4	10.4
	TA1G	0.6	11.1	10.1	10.6
	TA1G	0.6	11.2	11.1	11.1

	TA1G	0.71	11.1	11.9	11.2
单位 2	TA1G	0.5	10.18	10.41	10.16
	TA1G	0.5	10.64	10.98	11.11
	TA1G	0.5	10.14	10.31	9.79
	TA1G	0.5	10.63	10.44	10.43
	TA1G	0.5	10.54	9.93	10.68
	TA1G	0.6	10.42	10.21	10.27
	TA1G	0.6	10.78	10.45	10.7
	TA1G	0.6	10.68	10.45	10.2
	TA1G	0.6	10.31	10.33	10.66
	TA1G	0.6	11.07	11.13	11.11
	TA1G	0.7	11.14	10.88	10.95
	TA1G	0.7	10.95	11.1	11.08
	TA1G	0.7	11.05	10.96	10.97
	TA1G	0.7	10.84	10.68	10.78
	TA1G	0.7	11.18	11.27	10.9
	TA1G	0.8	11.29	11.31	11.71
	TA1G	0.8	11.14	11.25	10.85
	TA1G	0.8	11.24	11.09	11.01
	TA1G	0.8	10.53	10.58	10.51
	TA1G	0.8	11.5	11.22	11.06
	TA1G	0.8	12.03	12.38	11.36
	TA1G	0.8	11.32	11.43	11.45
	TA1G	0.8	11.18	11.17	11.37
	TA1G	1	10.81	10.68	11.6
	TA1G	1	11.7	11.85	12.08
	TA1G	1	11.56	11.8	11.5
	TA1G	1	11.44	11.45	11.54
	TA1G	1	11.39	11.38	11.2
	TA1G	1	11.99	12.01	11.92
单位 3	TA1G	0.5	12.1	11.9	12.3
	TA1G	0.6	11.7	11.7	11.7
	TA1G	0.6	12.7	12.4	12.1
	TA1G	0.6	12.5	12.2	12.6
	TA1G	0.6	11.9	11.9	12.0
	TA1G	0.6	11.7	11.6	11.7

	TA1G	0.6	12.3	12.4	12.2
	TA1G	0.6	12.0	11.7	12.0
	TA1G	0.5	11.7	11.4	11.9
	TA1G	0.6	12.6	12.1	12.8
	TA1G	0.6	11.8	11.8	11.7
	TA1G	0.6	12.3	12.3	12.1
	TA1G	0.5	11.8	11.7	11.9
	TA1G	0.5	11.4	11.4	11.6
	TA1G	0.5	11.2	11.2	11.5
	TA1G	0.5	11.7	11.8	11.5
	TA1G	0.6	11.4	11.9	11.4
	TA1G	0.5	11.3	11.3	11.3
	TA1G	0.6	12.0	12.0	12.0
	TA1G	0.5	11.9	12.0	12.0
	TA1G	0.6	11.9	12.1	11.9
	TA1G	0.6	11.7	11.8	11.7
	TA1G	0.6	12.4	12.1	12.5
	TA1G	0.5	12.0	11.9	12.4
单位 4	TA1G	0.5	10.31	10.31	-
	TA1G	0.5	10.27	10.34	-
	TA1G	0.5	10.74	10.88	-
	TA1G	0.5	10.46	11.03	-
	TA1G	0.5	10.85	11.45	-
	TA1G	0.6	11.12	10.78	-
	TA1G	0.5	11.63	11.24	-
	TA1G	0.6	10.73	10.44	-
	TA1G	0.5	10.77	10.51	-
	TA1G	0.6	11.43	11.20	-
	TA1G	0.6	10.45	10.91	-
	TA1G	0.6	11.03	11.33	-
	TA1G	0.4	11.17	11.47	-
	TA1G	0.4	10.94	10.70	-
	TA1G	0.5	11.34	12.32	-
	TA1G	0.5	11.02	10.70	-
	TA1G	0.6	11.04	11.61	-
	TA1G	0.5	11.41	11.50	-

	TA1G	0.5	11.04	11.17	-
	TA1G	0.6	10.93	10.68	-
	TA1G	0.5	11.02	11.15	-
	TA1G	0.5	11.07	11.20	-
	TA1G	0.5	11.33	12.20	-
	TA1G	0.6	11.40	11.57	-
	TA1G	0.6	10.99	10.78	-
	TA1G	0.6	11.02	11.50	-
	TA1G	0.5	11.30	11.59	-
	TA1G	0.5	10.33	10.88	-
	TA1G	0.5	11.26	11.67	-
	TA1G	0.5	11.90	11.88	-

从以上几家杯突性能结果看出，均满足标准要求。

2.4 晶粒度性能验证

晶粒度性能目前已有 9 家单位提供数据，挑选其中几家典型数据见表 11

表 11　晶粒度性能实测验证数据

项目	牌号	厚度	晶粒度 1	晶粒度 2
本标准规定值	**TA1G**	**0.4~1.0**	**≥4**	**≥4**
单位 1	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	7	-
	TA1G	0.6	5.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	7.0	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	6.5	-
	TA1G	0.6	7.0	-
	TA1G	0.71	6.5	-
	TA1G	0.6	6.0	-
	TA1G	0.6	7.5	-

	TA1G	0.6	5.5	–
	TA1G	0.6	7.0	–
	TA1G	1.5	5.5	–
	TA1G	0.71	7.0	–
	TA1G	0.71	6	–
	TA1G	0.6	6	–
	TA1G	0.6	8	–
	TA1G	0.6	7	–
单位 2	TA1G	0.5	6.5	5.5
	TA1G	0.5	5.5	5.5
	TA1G	0.5	6.5	7.0
	TA1G	0.5	5.5	6.0
	TA1G	0.5	5.0	5.0
	TA1G	0.6	6.0	6.5
	TA1G	0.6	6.0	6.0
	TA1G	0.6	6.0	5.5
	TA1G	0.6	7.0	6.0
	TA1G	0.6	5.5	6.0
	TA1G	0.7	6.0	6.0
	TA1G	0.7	5.5	6.5
	TA1G	0.7	6.0	6.0
	TA1G	0.7	6.5	6.0
	TA1G	0.7	5.5	5.5
	TA1G	0.8	6.0	6.5
	TA1G	0.8	5.5	5.0
	TA1G	0.8	7.0	6.5
	TA1G	0.8	6.5	6.0
	TA1G	0.8	6.0	7.0
	TA1G	0.8	6.5	6.5
	TA1G	0.8	7.5	6.5
	TA1G	0.8	7.5	7.0
	TA1G	1	5.5	8.0
	TA1G	1	7.0	7.0
	TA1G	1	7.5	8.0
	TA1G	1	7.5	7.0
	TA1G	1	6.0	6.5

	TA1G	1	7.5	7.5
单位 3	TA1G	0.5	6.0	–
	TA1G	0.5	6.5	–
	TA1G	0.5	4.0	–
	TA1G	0.6	5.0	–
	TA1G	0.6	5.0	–
	TA1G	0.5	5.0	–
	TA1G	0.5	5.0	–
	TA1G	0.5	5.0	–
	TA1G	0.5	4.0	–
	TA1G	0.6	4.5	–
	TA1G	0.6	6.0	–
	TA1G	0.5	5.0	–
	TA1G	0.5	5.0	–
	TA1G	0.5	6.5	–
	TA1G	0.6	5.0	–
	TA1G	0.6	5.0	–
	TA1G	0.6	4.5	–
	TA1G	0.6	5.0	–
	TA1G	0.6	4.5	–
	TA1G	0.6	4.5	–
	TA1G	0.5	6.0	–
	TA1G	0.6	5.0	–

从以上几家晶粒度结果看出，均满足标准要求。

2.5 验证分析结论

2.5.1 经过前期典型牌号多批次试验验证，产品的化学成分、拉伸性能、弯曲性能、杯突和晶粒度等性能稳定，满足本标准规定要求。

2.5.2 本标准对产品主要技术参数的规定是合理可行的，同时产品主要技术参数的实测验证数据稳定，并有一定富余度及可提升空间，规定产品的技术要求科学合理。

四、标准中涉及专利的情况

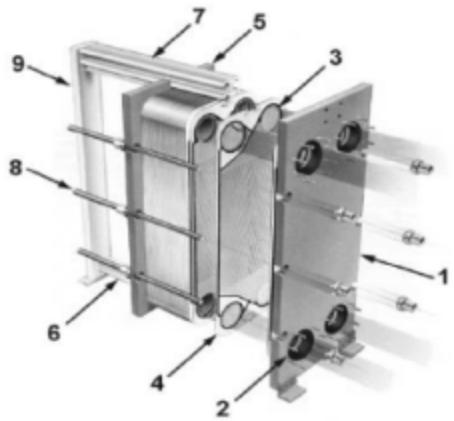
本标准不涉及专利问题

五、预期达到的社会效益等情况

（一）项目的必要性简述

板式换热器是由一系列具有一定波纹形状的金属片叠装而成的一种高效换热器，典型

图片见图 1。换热器的各板片之间形成许多小流通断面的流道，所以板片材质至关重要，通过板片进行热量交换，它与常规的壳管式换热器相比，在相同的流动阻力和泵功率消耗情况下，其传热系数要高出很多。国外自 20 世纪 30 年代开始，板式换热器的应用已非常普遍。我国 20 世纪 70 年代，开始批量生产板式换热器，当时大多用在食品、轻工、机械等部门，目前已扩展到制冷、暖通空调、化学工业、冶金工业、机械工业、电力工业、造纸工业、纺织工业、食品工业、油脂工艺、集中供热、石油、医药、船舶、海水淡化、地热利用等，近年来，板式换热器技术日益成熟，其传热效率高、体积小、重量轻、污垢系数低、拆卸方便、板片品种多、适用范围广，在各个行业得到了广泛应用。



1. 固定挡板　2. 连接口　3. 密封垫片
4. 板片　5. 压紧挡板　6. 下导轨
7. 上导轨　8. 紧固螺栓组　9. 后支架

图 1　典型板式换热器

1923 年，英国 APV 公司首次推出第一款商用板式换热器，用于牛奶杀菌，当时板片采用铜或低碳钢材料；20 世纪中期开始使用不锈钢，其耐蚀性能得到较大提升；20 世纪 90 年代以来，以钛及钛合金、石墨、蒙乃尔哈氏合金、镍及镍合金等材料的使用，使板片能适应海水冷却、强酸强碱等极端环境，扩大其应用范围。目前，板片常用的材料有奥氏体不锈钢、钛及钛合金、镍及镍合金和铜等四类；其中钛及钛合金因其具有密度小、耐腐蚀、生物相容性好等优点，在海水淡化、食品、化工、电力等领域应用广泛，钛及钛合金冲压的板片见图 2。近年来，在板式换热器用钛板的发展应用过程中，不仅实现了宽幅板材的批量化稳定生产，还对其尺寸允许偏差、力学性能、工艺性能、杯突值、晶粒度等考核指标也进行了较大的提高，同时产品实物的技术要求也达到了国外先进技术标准的水平，实现国产替代，现急需修订本标准以便解决产品规格较小、技术要求落后的问题。

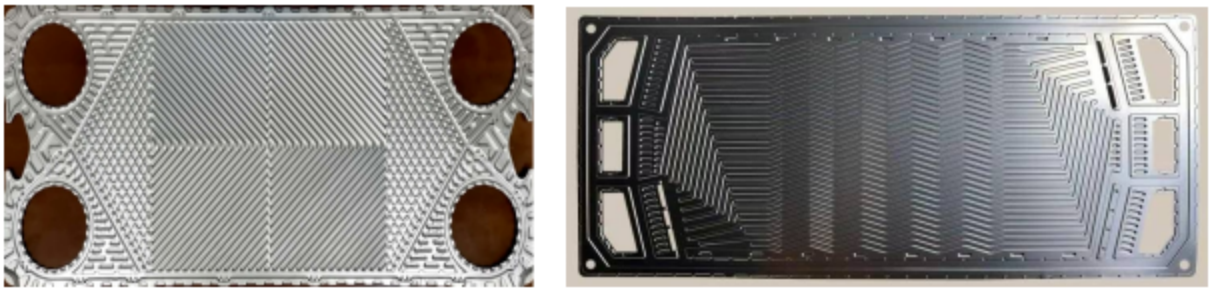


图 2 板式换热器板片

（二）项目的可行性简介

GB/T 3620.1-2016《钛及钛合金牌号和化学成分》已发布实施快 9 年时间，在该标准中已将 GB/T 3620.1-1994《钛及钛合金牌号和化学成分》中 3 个纯钛牌号 TA0、TA1、TA2 列入国家标准中，并将 GB/T 14845-2007《板式换热器用钛板》中规定一般工业用纯钛的牌号由“TA1”修改为“TA1G”，现为了保持国家标准技术要求的一致性和相互协调性，急需修订本标准以便解决国家标准中产品牌号表述不一致的问题。

GB/T 14845-2007 自发布实施以来，对我国一般工业用板式换热器用钛板的生产应用起到了积极的推广作用，为化工、海水淡化、食品、医药、暖通、船舶等领域提供了大量板式换热器用钛板，但随着我国钛及钛合金工业的快速发展，工业生产设备的提升，板式换热器用钛板逐步向宽幅方向发展，原有的尺寸规格已无法满足现有的产品需求，同时用户对尺寸允许偏差及产品外观质量提出了更高的要求，也促使了 GB/T 14845-2007 的修订，本次修订为完善我国钛及钛合金标准体系，持续提高标准通用化进程打好基础。

自 2012 年以来，由于轧制设备的不断升级以及带卷生产工艺的不断优化，我国在 GB/T 14845-2007 的基础上，对一般工业用板式换热器用钛板进行了大批量的开发研制，并取得了丰硕的成果，将原来需进口的高端的、高要求的钛板逐步实现国产化，并稳定生产。目前已与应用单位了签订了大批量的协议技术条件或采用国外先进标准，可以批量稳定的生产板式换热器用钛板，同时也积累了大量真实可靠的生产应用数据，现修订 GB/T 14845-2007《板式换热器用钛板》国家标准的技术条件已成熟，具备充实的修订条件和恰当的修订时机。

（三）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益。

本次标准修订根据 2024 年 9 月 29 日，国家标准化管理委员会《关于下达 2024 年第七批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》(国标委发[2024]44 号）的要求，国家标准《板式换热器用钛板》修订项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，计划编号： 20242990-T-610，项目周期为 16 个月，完成年限为 2026 年 1 月。

本标准的修订，可以及时解决国家标准中产品牌号表述不一致、检测方法换版修订、标准技术要求落后实际生产需要等该标准在实施过程中存在的各项问题，以便充分发挥国家标准之间的相互协调性和一致性。

通过本标准的修订，可使我国工业用板式换热器用钛板的技术要求更加先进、合理，使我国板式换热器用钛板的整体质量水平达到国际先进水平，对促进我国板式换热器用钛板生产应用的有序化和规范化将产生积极作用，对推广我国板式换热器用钛板的发展将产生重要影响，并将有力的推动我国钛及钛合金产品快速健康的发展。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

本标准规定的板式换热器用钛板达到了美国 ASTM B265《钛及钛合金带材、薄板及厚板标准规范》的要求，标准水平达到国际先进水平，标准水平分析见表 12

表 12 《板式换热器用钛板》标准水平分析

项目	本标准	美国ASTM B265	水平综合判定
化学范围	对杂质元素要求较高	相当	国际先进水平
交货状态	退火态	退火态	国际先进水平
牌号	TA1G、TA8-1、TA9-1	37个对应牌号	国际先进水平
外形尺寸及其允许偏差	厚度公差适当加严	相当	国际先进水平
室温拉伸性能	适当加严	相当	国际先进水平
弯曲性能	适当加严	相当	国际先进水平
杯突	有要求	无	国际先进水平
晶粒度	有要求	无	国际先进水平
外观质量	相当	相当	国际先进水平

本标准的修订充分考虑了板式换热器用钛板在工业生产和应用等方面的现状及发展趋势，主要扩大其规格，并对化学成分、尺寸允许偏差、室温拉伸性能、杯突、晶粒度和外观质量等主要技术要求进行了科学合理的修改，使本标准更适用于当前板式换热器用钛板的市场需求。经修订的《板式换热器用钛板》国家标准，可使我国板式换热器用钛板的技术要求更规范，技术指标更合理，对促进我国板式换热器用钛板生产应用的有序化和规范化将产生积极作用，并将有力的推动我国板式换热器用钛板工业生产应用的健康快速发展。

本标准修订过程中，考虑到与国际标准和规范的接轨，部分产品的技术要求与国外现行标准保持一致或更严，新修订的《板式换热器用钛板》从技术上保证了产品使用的安全性和可靠性，技术要求全面、准确、科学、合理；标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合 GB/T 1.1-2020 的有关要求。

通过以上分析，《板式换热器用钛板》的修订达到了国际先进水平。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况

本标准修订时，考虑到与国际标准和规范的接轨，部分产品的技术要求与国外现行标准保持一致或更严，在标准的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等方面与国内相关标准协调一致；新修订的《板式换热器用钛板》从技术上保证了产品使用的安全性和可靠性，条文精炼表述清楚，技术要求全面、准确、科学、合理；标准的格

式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合 GB/T 1.1-2020 的有关要求。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

鉴于本标准规定的板式换热器用钛板，不涉及人身及设备安全的内容，其属产品标准，不属于安全性标准。依据标准化法和有关规定，建议本标准的性质为推荐性国家标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

1、首先应在实施前保证标准文本的充足供应，使每个制造厂、设计单位以及检测机构等都能及时获取本标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、本次修订的《板式换热器用钛板》，不仅与生产企业有关，而且与设计单位、检测机构等相关。对于标准使用过程中容易出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

3、可以针对标准使用的不同对象，如制造厂、质量监管等相关部门，有侧重点地进行标准的培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

4、建议本标准批准发布实施后立即执行。

十一、废止现行有关标准的建议

在本标准发布实施之日起，代替 GB/T 14845-2007《板式换热器用钛板》。

十二、其他应予说明的事项

经标准编制组对 GB/T 14845-2007 进行修订后，规定的产品品种更为全面、技术要求更具适用性，同时本标准在修订时参照了国外先进的板式换热器用钛板产品标准，使修订后的本标准更加先进、合理。

本标准发布实施后，将使我国板式换热器用钛板的整体质量水平可以完全达到国际先进水平，在满足国内需求的同时提高了在国际市场上的竞争实力，对促进我国板式换热器用钛板的发展将产生深远的影响。

《板式换热器用钛板》标准编制组