

《钛基二氧化铅复合阳极板》标准编制说明

一、工作概况

1.1 任务来源

根据《工业和信息化部办公厅关于印发 2025 年第五批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》(工信厅科函[2025]528 号)的文件精神,行业标准《钛基二氧化铅复合阳极板》制定项目由全国有色金属标准化技术委员会归口,项目计划号:2025-1741T-YS,计划完成时间 2026 年,标准起草单位为西安泰金新能科技股份有限公司、昆明理工恒达科技股份有限公司、金川集团镍钴股份有限公司、金川镍钴研究设计院有限责任公司、衢州华友钴新材料有限公司、长沙有色冶金设计研究院有限公司。

1.2 项目背景

有色金属工业是国民经济重要的基础产业之一,是实现制造强国的重要支撑。电积工序作为整个有色金属电化学提取过程中的一个最关键工序,电能消耗约占整个过程能耗的 70%以上(锌电积占 75-85%,铜电积占 70%左右,镍电积占 68%左右)。因此,有色金属电积过程的节能降耗关系着有色金属行业“双碳”目标的实现。电极材料作为电积工序的关键部件之一,直接关系到工业生产中的技术经济指标,影响电耗、生产成本、电流效率,而且对产品的产量与质量有很大的影响。传统电积过程中阳极材料多使用铅阳极,该电极易于加工成型,制造成本低,使用寿命长,但其阳极质量重,导电性能较差,使用过程中铅皮脱落弯曲变形导致短路,且产生较多阳极泥,增大劳动量。随着“双碳”及《“十四五”节能减排综合工作方案》等政策的施行,传统铅阳极的性能已无法满足国家可持续发展战略的需求。因此,亟需开发低能耗、长寿命、高活性的新型阳极材料,助力国家节能降耗目标的实现。

钛基二氧化铅复合阳极具有机械强度高,形状尺寸稳定、不易出现弯曲形变,质量轻、电催化活性高,耐腐蚀性强等优点,即使其表面活性层在使用过程中因钝化击穿而破损脱落,再涂上一层活性涂层又能继续使用,且其还能适用于高电流密度(4.5-6.0 kA/m²)、窄极间距(约 5 mm 左右)和高含氯盐体系的电积条件。此外,钛基二氧化铅复合阳极还可大大降低铅用量,若需 10 万吨金属铅来制作传统铅阳极,则钛基二氧化铅复合阳极只需要 1.2 吨金属铅即可,铅用量降低 88%,减少了铅污染,节约湿法冶金工业生产成本约 12 亿元/年。因此,钛基二氧化铅复合阳极具有广阔的发展前景,目前已应用于电镀、湿法冶金、废水处理等领域,是许多电极材料(如 DSA, 铅、钛镀铂等)所无法取代的,市场的需求催生了钛基二氧化铅复合阳极行业的快速增长。

钛基二氧化铅复合阳极对推动湿法冶金行业产业升级主要体现在以下几个

方面：1) 钛基二氧化铅复合阳极在电解过程中尺寸稳定，不易变形，能维持恒定的电极间距，使电解操作更加平很，且该阳极能承受更高的电流密度，电流效率提升 3%-5%；2) 钛基二氧化铅复合阳极电催化活性高，相比于传统铅阳极，综合电耗可降低 10%-20%，同时其耐腐蚀性强，使用寿命相比于铅阳极提升 50%，减少了因频繁更换电极带来的人力，物力消耗，降低了生产成本；3) 钛基二氧化铅电极避免了铅阳极溶解带来的铅污染问题，减少了环境和人体健康的危害，提升了阴极金属产物的纯度，如在电积锌过程中可将锌品质提升至 0#锌。

随着湿法冶金市场需求的增大，对钛基二氧化铅复合阳极板产品的制备加工技术及物化性能要求越来越高。然而目前针对新型钛基二氧化铅复合阳极板的标准化相对滞后，尚无专用的国标、行业和团体标准规范其生产，导致钛基二氧化铅复合阳极产品质量参差不齐，主要问题表现为：1) 产品性能指标不统一，如电极的使用寿命、电催化活性、耐腐蚀性能等差异较大，影响了湿法冶金工艺的稳定性 and 效率。2) 生产工艺和质量控制缺乏规范，导致产品质量不稳定，增加了企业的生产成本和质量风险。3) 缺乏标准的检测方法和评价体系，难以对产品质量进行准确评估和比较。因而，急需建立相应行业标准，促进行业健康稳定的发展，更好地满足用户要求。

为贯彻落实《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》《进一步提高产品、工程和服务质量行动方案（2022-2025 年）》等相关政策，推动有色金属复合材料领域标准体系完善，促进钛基二氧化铅复合阳极材料技术升级突破和产品标准建设，助力支撑有色金属行业高质量发展，建议制定“钛基二氧化铅复合阳极板”行业标准，其主要作用目的主要为：1) 规范市场秩序：制定本行业标准可以规范钛基二氧化铅复合阳极产品性能指标和质量要求，避免低质量产品充斥市场，保障行业的健康发展。2) 保障产品质量：明确生产工艺和质量控制要求，有助于企业提高产品质量，降低生产成本，增强市场竞争力。3) 促进技术创新：本标准的制定可以引导企业加大技术研发投入，推动行业技术进步，提高我国湿法冶金行业的整体水平。4) 保障安全生产：规范的产品标准可以确保钛基二氧化铅阳极在使用过程中的安全性和可靠性，减少安全事故的发生。

综上所述，本标准项目的实施非常重要，能够填补行业空白，促进我国湿法冶金电积行业有序快速发展，对钛基二氧化铅复合阳极板的生产规范起示范推动作用，意义重大。

1.3 标准项目编制单位、起草人及其所作工作

标准项目申报单位简况：西安泰金新能科技股份有限公司（以下简称“泰金新能”），成立于 2000 年 11 月，公司注册地址位于陕西省西安市经济技术开发区泾渭工业园西金路，注册资本 12000 万元，是陕西省省属国有企业。公司是国家

企业技术中心、国家制造业单项冠军企业、国家专精特新“小巨人”企业、国家知识产权优势企业、国家级绿色工厂，陕西省钛及钛合金产业链“链主”企业、陕西省制造业单项冠军示范企业、陕西省“专精特新”中小企业、陕西省技术创新示范企业、陕西省知识产权示范企业、陕西省质量标杆企业、西安市硬科技企业之星、西安市龙门榜 TOP20 等。

泰金新能主要从事高端智能化有色金属电解成套装备、高性能钛基贵金属复合电极材料、金属玻璃封接材料及制品的研发、设计、生产及销售，是国际上可提供锂电池负极集流体铜箔、电子电路铜箔生产线整体解决方案的龙头企业，是国内贵金属钛电极复合材料及电子封接玻璃材料的主要研发生产基地。主导产品有电解铜箔用阴极辊、生箔一体机、表面处理机、高效溶铜罐、铜箔阳极、铝箔钛阳极、水处理钛阳极、湿法冶金钛阳极、制氢双极板、新能源电池密封组件、连接器密封组件、混合集成电路封装外壳等。公司产品终端应用于大型计算机、5G/6G 高频通信、消费电子、新能源汽车、绿色环保、铝箔化成、湿法冶金、氢能、航天军工等领域。

泰金新能坚持科技创新，重视科研平台建设，公司拥有国家企业技术中心、陕西省钛基复合电极材料工程研究中心、省级企业技术中心、陕西省中小企业创新研发中心、陕西省博士后创新基地、西安市院士专家工作站、西安市钛电极工程技术研究中心、西安市电解成套装备与技术重点实验室、西安市博士后创新基地等多个科研平台，具备完整的贵金属电极材料及成套装备研发能力。

公司先后承担国家重点研发计划“高强极薄铜箔制造成套技术及关键装备”、国家重点研发计划“电解水制高压氢电解堆及系统关键技术”、国家科技型中小企业创新基金项目、工信部产业基础再造和制造业高质量发展专项、陕西省“两链融合”重大专项、关键核心技术产业化“揭榜挂帅”、省级重大科技创新专项等百余项科研项目，授权发明专利 80 项（含 2 项美国发明专利）、实用新型专利 128 项、外观设计专利 3 项，编制国家及行业标准 17 项。先后获省部级奖共 20 余项，其中获得陕西省科学技术奖一等奖 1 项、陕西省科学技术奖二等奖 3 项、中国有色金属工业科学技术一等奖 2 项，获第七届“创客中国”全国中小企业创新创业大赛全国总决赛三等奖、第七届“创客中国”陕西省中小企业创新创业大赛暨第四届“创客陕西”中小企业创新创业大赛一等奖。

本文件起草单位：西安泰金新能科技股份有限公司、昆明理工恒达科技股份有限公司、金川集团镍钴股份有限公司、金川镍钴研究设计院有限责任公司、衢州华友钴新材料有限公司、长沙有色冶金设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：

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
	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
	负责标准中相关技术要求内容的编写和把关
	负责标准编写材料的收集及标准内容编写、起草编制说明和确定调研方案及组织协调
	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
	标准编写材料的收集及标准部分内容的编写与指导
	提供技术指导

1.4 主要工作过程以及主要工作内容

西安泰金新能科技股份有限公司为了做好本标准的制订工作，我们成立了标准编制小组，召开了标准项目编制启动会议，对标准编写工作进行了部署和分工，主要工作过程经历了以下几个阶段。

1.4.1 起草阶段

按照有色标委[2025]113号文件通知，本标准起草单位西安泰金新能科技股份有限公司成立了标准编制小组，确定昆明理工恒达科技股份有限公司、金川集团镍钴股份有限公司、金川镍钴研究设计院有限责任公司、衢州华友钴新材料有限公司、长沙有色冶金设计研究院有限公司为参编单位。组织专门人员查阅大量相关资料及国内外厂家的产品技术指标和技术条件，了解了钛基二氧化铅复合阳极板产品的生产状况、技术指标及应用发展趋势，同时结合公司近年来在钛基二氧化铅复合阳极板方面的使用、生产方面的经验，实际生产水平以及国内钛基二氧化铅复合阳极板的市场需求情况，并以企业标准为基础，于2026年3月起草完成了行业标准《钛基二氧化铅复合阳极板》的讨论稿。

二、标准编制原则

2.1 符合性

本文件按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编写，内容规范。文件中规定了钛基二氧化铅复合阳极板产品的术语和定义、产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及随行文件。

2.2 合理性

2.2.1 充分满足市场要求的原则：本标准充分贴合下游应用场景需求，覆盖使用工况不同的产品类型，确保标准的通用性与实用性。

2.2.2 指导生产的原则：标准的制定反映当前国内各生产企业的技术水平，宜于应用，经济上合理，兼顾现有资源的合理配置。

2.3 先进性

本标准的编制综合考虑了适用性及先进性原则。促进国内生产企业和相关行业的技术进步以及市场的良性发展起到积极作用。

三、 标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

3.1 标准内容确定的依据

3.1.1 产品形状确定

钛基二氧化铅复合阳极板主流外形结构为网板结构，产品形状如图1所示，主要由钛网、钛铜复合棒及钛基材经组焊后覆以二氧化铅复合层。钛基二氧化铅复合阳极板具体结构样式通常由供需双方根据具体工艺协商确定。

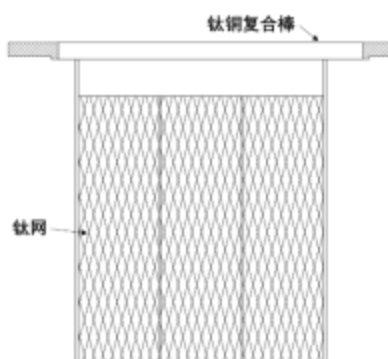


图1 网板结构示意图

3.1.2 产品外形尺寸及其允许偏差的确定

钛铜复合棒外形尺寸应符合表2要求，其不同尺寸的允许偏差应满足 GB/T 12769-2015 的规定。需方若对钛铜复合棒外形尺寸有特殊需求时，由供需双方协商确定并在订货单或图纸中注明。钛铜复合棒化学成分的分析，包覆层钛材化学成分按 GB/T 4698 规定进行检验，内芯铜化学成分按照 GB/T 5121 的规定进行检验。

表2 钛基二氧化铅复合阳极板钛铜复合棒外形尺寸（单位：mm）

长度	宽度	复材厚度
700.0~1500.0	18.0~90.0	1.0~2.0

二氧化铅复合阳极板成品尺寸应符合表3的规定，其不同尺寸允许偏差应满足 GB/T 8170 的规定。需方若对二氧化铅复合阳极板面外形尺寸有特殊需求时，由供需双方协商确定并在订货单或图纸中注明。

表3 二氧化铅复合阳极板成品尺寸及厚度允许偏差（单位：mm）

长度	宽度	厚度	厚度允许偏差
600.0~1400.0	400.0~1200.0	4.0~6.0	±0.2

3.1.3 复合层厚度的确定

产品的二氧化铅复合层厚度检验一般采用螺旋测微器测定,通过测试厚度差来确定复合层厚度。二氧化铅复合层单面厚度范围在0.5-1.0 mm,允许公差范围为±0.1mm。需方若对二氧化铅复合层厚度有特殊需求时,由供需双方协商确定并在订货单或图纸中注明。

3.1.4 焊接质量的确定

钛阳极焊接焊缝部分应密实饱满、表面平整、过渡平缓,不应有裂纹、表面夹渣、未熔合、未焊透、组织过烧等明显的焊接缺陷。焊缝进行应进行100%渗透检测,按照NB/T 47013.5-2015的规定进行。

3.1.5 外观质量的确定

在自然散射光下,目视法检查外观质量。钛铜复合棒应清洁、平整,无裂纹、缺口、焊疤等影响使用的缺陷。二氧化铅复合层外观颜色均匀,无漏镀,无脱落,产品允许有轻微划痕和擦伤。

3.1.6 铅垂度的确定

钛基二氧化铅复合阳极产品铅垂度采用红外定位法检测,用钢尺测量产品的对角公差。红外定位法检测步骤:打开水平仪,将产品放置于校正平台上,使其十字光标投影于边条上,调节光标位置使投影位于边条中心处,采用游标卡尺测量光标与边条中心偏差值,即铅垂度。成品的铅垂度范围要求≤5 mm,对角公差±5 mm。

3.2 主要试验(或验证)的情况分析

3.2.1 针对钛基二氧化铅阳极板,按照规定的方法,对产品的外观质量进行验证,结果见表4。

表4 试样的外观质量情况

试样编号	基材无缺陷、表面无磕碰、无超标准划伤	复合层颜色均匀、完整无漏镀、脱落	焊缝饱满无开裂
1	无	无	无
2	无	无	无

3	无	无	无
4	无	无	无
5	无	无	无
6	无	无	无
7	无	无	无
8	无	无	无
9	无	无	无
10	无	无	无

3.2.2 针对钛基二氧化铅阳极板，按照规定的方法，对产品的复合层厚度进行验证，结果见表5。

表 5 试样的复合层厚度情况

编号	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	试样 5	试样 6	试样 7	试样 8	试样 9
1	0.65	0.52	0.83	0.73	1.05	0.98	0.68	0.82	0.75
2	0.63	0.56	0.83	0.74	1.03	0.95	0.63	0.88	0.72
3	0.67	0.53	0.88	0.72	1.09	0.92	0.64	0.82	0.75
4	0.65	0.58	0.86	0.77	1.04	0.97	0.65	0.84	0.76
5	0.63	0.52	0.84	0.73	1.05	0.93	0.67	0.89	0.74
6	0.64	0.59	0.85	0.73	1.02	0.95	0.68	0.83	0.79
7	0.65	0.53	0.88	0.79	1.06	0.96	0.63	0.84	0.74
8	0.69	0.55	0.84	0.75	1.08	0.94	0.62	0.85	0.75
9	0.63	0.52	0.84	0.78	1.05	0.99	0.64	0.82	0.78
10	0.68	0.52	0.89	0.73	1.04	0.92	0.69	0.84	0.73

3.2.3 针对钛基二氧化铅阳极板，按照规定的方法，对产品的铅垂度与对角公差进行验证，结果见表6与表7。

表 6 试样的铅垂度情况

编号	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	试样 5	试样 6	试样 7	试样 8	试样 9
1	3	4	3	2	5	4		5	5
2	2	4	2	2	4	4	4	4	4
3	3	3	2	4	4	3	4	4	4

4	4	3	3	4	3	3	3	3	3
5	4	2	5	3	5	2	3	2	5
6	3	2	4	3	4	5	2	4	4
7	4	3	4	2	4	4	5	4	4
8	3	5	3	4	3	4	4	3	3
9	5	4	3	4	5	3	4	3	3
10	3	4	2	3	2	2	3	2	3

表 7 试样的对角公差情况

编号	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	试样 5	试样 6	试样 7	试样 8	试样 9
1	1	3	2	3	2	2	3	2	2
2	2	2	1	2	2	4	2	2	1
3	2	2	3	2	2	2	1	1	1
4	2	2	3	2	1	1	3	1	2
5	1	3	3	1	4	1	4	2	4
6	3	2	4	1	3	2	2	4	2
7	3	2	2	2	2	2	1	2	1
8	2	2	2	1	1	1	3	1	3
9	4	2	2	1	3	1	3	1	3
10	2	2	2	2	3	2	2	2	1

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

新型钛基多元复合阳极材料具有更高的耐腐蚀性和更长的使用寿命，减少了频繁更换阳极板所需的材料成本和人工成本，减少电解槽的腐蚀和阳极泥的生成，降低清理和维护频率，进一步降低维护成本。同时，通过优化阳极板设计，减少电解过程中的非必要能耗，实现电能的有效利用，节约电费支出。高性能新型钛基多元复合阳极能提高电解过程的电流效率，加速电解反应速率，缩短生产周期，提高单位时间内的产品产量，降低单位产品的电能消耗，有利于节能减排目标的实现。高效的新型钛基多元复合阳极板能减少生产中断和设备故障，提高生产线的稳定性和连续性，增加有效生产时间，且有助于减少电解过程中有害物质的排放，降低对环境的负面影响。此外，新型钛基多元复合阳极板有助于减少杂质元素的混入，提升产品的纯度和质量，且稳定的生产条件保证了产品质量的均一性和稳定性，满足高端市场需求。通过上述成本节约和能耗降低，企业能形成成本领先优势，提高市场竞争力，且高质量产品和环保减排能力使企业能够在市场上

实现差异化竞争，吸引更多关注可持续发展的客户。目前，国家和地区对采用环保、高效技术的企业给予补贴和税收优惠政策，鼓励技术创新和产业升级。金融机构为符合环保标准的企业提供低息贷款等金融服务，助力企业扩大生产规模和技术升级。综合考虑成本节约、能耗降低、产量提升、环保减排、产品质量提升及市场竞争力增强等多方面因素，新型钛基多元复合阳极技术的长期投资回报率显著。随着生产效益的逐步显现，企业将获得稳定且持续的收益增长，实现可持续发展目标。

阳极材料是有色金属电解提取过程中的关键材料，标准制定后将实现有色金属产业链上下游的联动，推动了有色金属行业工艺技术的转型升级。项目实施后，对我国有色金属电解用阳极材料产业起到了引领和推动作用，可增加国家及地方财政收入，带动产业升级发展，为社会提供更多的就业机会。另外，本项目产品生产工艺绿色无污染、环保治理手段完善，不会对周边环境产生不利影响。因此，本项目具有良好的经济、社会效益。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准根据我国情况首次制定，填补了国内钛基二氧化铅复合阳极板的一项空白，其技术指标符合用户要求，先进合理。本标准在编制过程中进行了大量的数据收集和试验检测工作，同时兼顾了国内大部分有色金属厂家及客户使用现状。通过文献检索、上网查询，国内没有关于钛基二氧化铅复合阳极板的相关行业标准。目前钛基二氧化铅复合阳极板技术相对成熟，且国内和国外已得到大规模普及，因此迫切需要制定该产品行业标准，对钛基二氧化铅复合阳极板供应做出规范。本标准在制定过程中，充分考虑了钛基二氧化铅复合阳极板市场需求以及用户的要求，标准的技术指标合理、先进，达到了国内先进水平。

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

本标准与有关的现行法律、法规和强制性国家标准具有一致性，无冲突之处。

八、重大问题的处理经过和依据

无

九、标准作为强制性或推荐性行业标准的建议

本标准是根据我国实际生产使用情况制定的，其整体内容达到国内先进水平。建议作为推荐性行业标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

1.首先应确保本标准实施的广泛性和普遍性，使尽可能多的制造厂商、使用厂家、检测机构等上下游企业能够及时获取本标准，这是保证本标准贯彻实施的基础和最低要求。本文件在发布和实施的过渡期间，生产企业可以组织宣贯会，以及通过销售部门向采购单位和使用单位提供本文件，保证本文件能够得到及时推广和应用。在标准的组织实施过程中，有必要针对不同的制造厂商、使用厂家、检测机构进行有侧重点的宣贯和培训，针对条款内容，起草单位有义务和必要进行答疑和解释，确保实施顺畅，沟通无误。

2.标准在贯彻实施过程，起草单位应注意收集制造厂商、使用厂家、检测机构的反馈意见，做好沟通，交流。

3.建议本标准批准发布 6 个月后予以实施，尽早规范行业秩序，保证产品质量。

十一、 废止现行有关标准的建议

本文件为新制定文件，无废止其他标准的建议。

十二、 其他予以说明的事项

无

《钛基二氧化铅复合阳极板》标准编制组