**YS/T XXX-XXXX**

**铝电解用石墨化阴极炭块**

**制定计划及编制说明**

**（审定稿）**

**编制小组**

**2017.12**

1、任务来源

根据全国有色金属标准化技术委员会《全国有色金属标准复审会议纪要》（有色标委[2016] 36号）关于转发2016年推荐性标准复审结论汇总计划的通知安排，由山西亮宇炭素有限公司作为第一起草单位，牵头对有色行业标准《铝电解用石墨化阴极炭块》进行修订。项目起始年限为2016年，完成年限为2018年。

2、主要起草单位概况与优势

山西亮宇炭素有限公司是《中国有色金属》协会理事单位，中国有色金属协会铝用碳素分会副会长单位，是晋中市炭素行业协会会长单位。先后通过了ISO9001:2008质量管理体系、ISO14001:2004环境管理体系、GB/T28001:2001职业健康安全管理体系认证。目前获得一项自主发明专利、两项合作发明专利和八项实用性专利，并与湖南大学建立了长期稳定的合作关系，是全球最大集生产、科研、营运、施工安装为一体的综合性的铝用阴极炭素材料生产企业。

2.1、生产能力

山西省亮宇炭素有限公司具有20多年生产阴极碳块的经验，目前具有10万吨/年的生产能力，能进行半石墨质阴极炭块、 高石墨质阴极炭块、全石墨质阴极炭块和各类阴极捣固糊等系列产品的生产。并且石墨化阴极炭块具备2万吨/年的生产能力。

2.2、技术力量

山西省亮宇炭素有限公司拥有一批高素质、经验丰富的碳素专业人才，其中高级工程师 5人，工程师 20 余人。

2.3、装备能力

山西省亮宇炭素有限公司拥有全国最大的1800KN振动成型机、全国最先进的44室环式焙烧炉、联合炭加工机床和内串式石墨化炉等大型设备200多台（套）。自2002年开始，逐步引进一批国内外先进的分析设备，目前所具备的分析方法和手段，在国内处于领先地位。

2.4、研发能力

2014年12月17日，经山西省科技厅批准，山西省亮宇炭素有限公司正式了“|山西省铝用阴极炭素工程技术研究中心”。该中心成立后，与湖南大学等多所高校开展校企合作并建立了良好合作关系，长期聘请业内知名专家、教授担任技术顾问，拥有过硬的技术团队和业内前沿的科学研究和技术开发能力。

2.5、碳素制品生产标准的制订能力

山西省亮宇炭素有限公司在多年的探索与生产过程中，根据实际生产状况，相继成功制订出用于指导生产和控制质量的多项企业内控标准，在此过程中积累较多的经验和数据，这给石墨化阴极炭块的标准修订奠定了基础。

3、技术路线及工作计划

由山西亮宇炭素有限公司负责组织成立起草小组，按下述计划开展工作：

3.1、确立标准起草遵循的基本原则；

3.2、收集相关技术资料；

3.3、查阅国外先进标准；

3.4、确定产品主要技术内容；

3.5、对全国主要生产厂家的产品进行取样

3.6、对样品进行分析测试；

3.7、根据测试数据确定技术指标取值范围；

3.8、编写征求意见稿草案；

3.9、形成最终送审稿。

4、标准修订原则与标准的主要内容

4.1标准制定遵循以下的基本原则

4.1.1、实事求是原则

按照我国自然资源、生产、使用、流通和法规等实际情况。

4.1.2、科学、合理原则

参照国外先进的指标体系和产品标准，积极采标，做到技术先进、指标科学与合理。

4.1.3、用户为主的原则

4.1.4、和谐一致的原则

与本标准相关联的分析标准和分析方法要协调一致和衔接配套，并符合我国标准体系的需要。

4.2本标准的主要内容与论据

4.2.1、《铝电解用石墨化阴极炭块》的修订意义

近期国家相关部委进一步明确了铝金属是国民经济的重要基础原材料。因此，加强铝行业产业结构的调整和技术进步、实现节能减排及高效生产以及增强铝行业的竞争能力，已成为目前迫切需要解决的问题。2016年国务院相继审议通过了《国务院办公厅关于营造良好市场环境促进有色金属工业调结构促转型增效益的指导意见》，其中明确指出：全面贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中全会以及中央经济工作会议精神，按照“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局，牢固树立和贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，推进供给侧结构性改革，优化存量、引导增量、主动减量，化解结构性过剩产能，促进行业技术进步，扩大应用消费市场，加强国际产能合作，创造良好营商环境，推动有色金属工业调结构、促转型、增效益。在《中国制造2025》，明确提出了制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。并规划了通过“三步走”实现制造强国的战略目标。力争用十年时间，将制造业整体素质大幅提升，创新能力显著增强，全员劳动生产率明显提高，两化（工业化和信息化）融合迈上新台阶。重点行业单位工业增加值能耗、物耗及污染物排放达到世界先进水平。形成一批具有较强国际竞争力的跨国公司和产业集群，在全球产业分工和价值链中的地位明显提升。使我国迈入制造强国行列；到2035年，我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平，创新能力得到大幅提升，重点领域发展取得重大突破，整体竞争力明显增强，优势行业形成全球创新引领能力，全面实现工业化；新中国成立一百年时，制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。制造业主要领域具有创新引领能力和明显竞争优势，建成全球领先的技术体系和产业体系。

要实现上述宏伟目标，离不开生产工艺的进步和核心技术的创新。因此，在今后的一段时间里，国内各企业的工作将围绕着如何提高企业创新能力；推进信息化与工业化深度融合；强化工业基础能力。加强质量品牌建设，全面推行绿色制造；大力推动重点领域突破发展，提高制造业国际化发展水平而开展。

中国铝工业经过建国60多年的发展，已取得辉煌的成就，特别是进入二十一世纪以来，发展迅速形成了更大的规模。但是规模的快速发展和人才、技术、创新机制等的发展不协调，特别是铝电解炭素材料开发的滞后，严重影响了铝产业链的良性发展。

作为铝产业链中主要环节之一，也是电解槽上重要构件之一阴极炭块，其主要功能是用于电解槽的内衬材料和传导电流。因此，在铝电解过程中对电解槽寿命及运行状态至关重要。在我国，预焙电解槽的平均槽寿命平均只能达到1200天左右，这与国外先进的平均槽寿命3000天相比，具有明显的差距，并且由于我国的电解槽普遍存在电流密度过低（国内0.65～0.72A/㎝２）。因此，同样大小的电解槽也要比国外先进水平少产铝10%以上（国际先进水平约0.75～0.9A/㎝2）。究其主要原因是所使用阴极碳块的性能不佳所致。因此，提高阴极炭块档次和使用高品质的阴极炭块，是今后我国铝工业和炭素工业的发展方向和必然趋势。如何提高阴极炭块品质，是目前阴极炭块生产行业的研究课题和关注的焦点。

高品质阴极炭块的生产必须有先进的生产工艺和严格的质量控制进行支撑，特别是需要科学和先进的产品标准作为指南。国务院办公厅（国办发〔2016〕42号）在《关于营造良好市场环境促进有色金属工业调结构促转型增效益的指导意见》中明确指出，要解决有色金属市场需求低迷，有色金属工业长期积累的结构性产能过剩、市场供求失衡等深层次矛盾和问题，推动有色金属工业持续健康发展的方向和措施之一是：健全有色金属产品标准体系，强化有色金属行业质量控制。加强我国有色金属行业重要技术标准的外文版翻译工作，加大中国标准国际化推广力度，推动相关产品认证检测结果互认和采信。只有这样才能广泛提高铝用阴极炭块生产技术水平，淘汰生产技术低下、能耗较高的生产企业。因此，修订铝电解用石墨化阴极炭块产品标准是提高我国铝电解炭素材料相关技术根本途径和迫切需求。

4.2.2、国内外相关标准的运行状况

在国外相关的制品中标准中，主要有法国沙瓦、德国ERFT等公司的产品标准。其中以法国沙瓦公司生产的产品为主要代表，其标准涉及的范围较广，在产品系列的牌号规定方面是是按生产工艺不同进行分类，。在理化指标方面主要有：真密度、体积密度、气孔率、灰份、抗压强度、抗弯强度、电阻率、导热率、热膨胀系数、弹性模量和钠膨胀系数等。并且还提供产品不同方向的理化指标值。这些标准能全面和较好地反映系列产品中不同牌号制品的特性和要求。指标体系较为全面和合理，具有一定的先进性。

而目前国内相关的产品标准为《铝电解用石墨化阴极炭块》（标准号：YS/T 699-2009），于2009年初次制订和颁布。该标准制订时，国内石墨化阴极炭块处于初期探索和试生产阶段，能进行石墨化阴极炭块生产的企业不多，且质量指标不太稳定。因此，在第一版标准制订过程中，以法国沙瓦公司指标体系为对标基准，参考德国西格里公司、日本电极等公司产品指标体系的各项典型值后，结合我国当时实际状况，对该标准的指标体系进行设置和对各项指标数值进行规定，体现和代表了当时国内生产的实际水平。但是，随着电解生产电解槽型的不断加大和石墨化阴极炭块生产技术的不断向前发展，该标准中指标体系已经不能全面反映和表征石墨化阴极炭块的特性和满足用户需求，所以很有必要重新对该标准进行修订。

4.2.3、目前国内石墨化阴极炭块性能状况

全面反映石墨化阴极炭块的特性和满足用户需求、引导阴极炭块工厂的设计、生产和推动我国铝用阴极炭块生产技术的向前发展，是本版标准的修订宗旨。而做好本版标准的关键是必须了解和掌握国内相关产品的发展趋势、生产现状和理化性能状况。

在天津会议上对标准征求意见稿中进行了讨论时，与会人员也一致认为，本次标准修订中所涉及的各项指标数据，需要在广泛调研的基础上，根据国内实际生产水平进行科学和准确的确定。

为此，由山西亮宇炭素公司牵头成立了标准起草小组，于2017年8月上旬前往国内主要阴极炭块厂家进行调研、对各家的工艺状况、设备状况和质量控制体系进行调查，并对各厂近几年的分析数据进行收集和对相关产品进行取样与分析。目前我国石墨化阴极炭块的真实状况和水平如下：

各厂理化指标分析数据 表（1）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 厂家 | 取样方向 | 真密度g/cm3 | 表观  密度  g/cm3 | 室温电阻率μΩm | 耐压强度  MPa | 灰分  % | 抗折强度  MPa | 杨氏模量  GPa | 热膨胀  10-6/K | 钠膨  胀率  % | 热导率 W/K·m |
| A | 平行 | 2.21 | 1.62 | 9.5 | 26.3 | 0.22 | 9.06 | 2.3 | 2.7 | 0.31 | 129.15 |
| 垂直 | 2.21 | 1.62 | 10.0 | 19.8 | 0.098 | 7.07 | 2.2 | 2.7 | 0.30 | 128.71 |
| B | 平行 | 2.20 | 1.65 | 9.1 | 28.2 | 0.20 | 6.44 | 3.1 | 2.8 | 0.30 | 130.15 |
| 垂直 | 2.21 | 1.64 | 11.1 | 27.7 | 0.14 | 7.42 | 2.1 | 3.1 | 0.32 | 130.53 |
| C | 平行 | 2.22 | 1.63 | 8.7 | 20.8 | 0.099 | 7.36 | 2.0 | 3.3 | 0.29 | 129.71 |
| 垂直 | 2.22 | 1.66 | 9.1 | 30.5 | 0.26 | 10.13 | 2.6 | 3.5 | 0.27 | 129.04 |
| D | 平行 | 2.18 | 1.69 | 9.2 | 29.2 | 0.28 | 7.33 | 2.4 | 3.5 | 0.26 | 131.16 |
| 垂直 | 2.19 | 1.69 | 8.7 | 28.5 | 0.22 | 10.99 | 2.7 | 3.7 | 0.26 | 130.84 |
| E | 平行 | 2.20 | 1.62 | 11 | 23.8 | 0.24 | 8.84 | 2.7 | 2.8 | 0.37 |  |
| F | 平行 | 2.19 | 1.61 | 11.5 | 20.03 | 0.21 | 8.15 | 2.4 | 3.1 | 0.28 | 120.02 |
| G |  | 2.19 | 1.62 | 11.8 | 23.46 | 0.2 | 7.8 | 3 | 2.8 | 0.34 |  |

**注：表（1）中A、B、C、D是本次调研过程中取样分析值；E、F、G三个厂家提供了由自己分析的十个月生产数据，因此表中列举的是其典型值。**

4.2.4、本标准修订内容说明

本标准重新修订过程中，将参照国外相关标准中先进的分析方法和指标体系并结合国内各厂家生产实际，在原有标准基础上，重新对指标体系进行设置，各项理化指标数值也相应有所拔高。

另外，在杭州会议上，在对标准送审稿进行讨论时，与会代表对标准送审稿里面存在的不足和需要完善之处，提出了许多宝贵、中肯的意见和建议。因此，在本稿的修订中，将按照与会代表的意见进行。具体情况如下：

4.2.4.1、指标体系的重新调整和设置

①、在指标体系中增加热导率指标

由于石墨化阴极炭块具有非常好的导热性能，在大型电解槽上使用时，能有效解决大型铝电解槽热平衡难以调整的难题，但热导率指标过高，又会使电解槽在运行过程中出现等温线下移，造成电解槽底部和阴极钢棒出现过热现象。因此，石墨化阴极炭块的热导率指标必须稳定并保持在一定范围。才能有利于指导大型电解槽的结构设计和稳定铝电解槽运行。所以，本次修订过程中在原指标体系基础上，增加热导率指标。考虑到该项指标目前的分析费用较高，从降低生产厂家生产成本角度出发，本次修订将热导率指标作为参考指标进行设置。

②、将热膨胀系数和杨氏模量指标进行调整，设置为常规指标

在原标准中，热膨胀系数和杨氏模量两项指标作为参考指标进行设置。但近年来，随着铝电解技术的发展，在扎固阴极钢棒时，已经出现抛弃原有传统钢棒糊扎固方式，而广泛出现了采用磷生铁浇铸技术的趋势。该技术的应用对石墨化阴极炭块的热膨胀系数和杨氏模量指标提出了更高的要求，铝电解用户浇铸阴极钢棒时，可根据这两项指标实际范围，对磷铁配方和浇铸温度进行调整。因此，在本次修订时，将原标准中作为参考指标的热膨胀系数和杨氏模量两项指标调整为常规指标。

4.2.4.2、产品标准中各牌号和种类的规定

国外众多炭素生产厂家在对石墨化系列阴极碳块的牌号进行分类时，是按照其在生产和制造中的工艺过程处理来划分，主要有浸渍和不浸渍两种牌号的石墨化阴极炭块。为此，起草小组在调研过程中，对各厂生产工艺和生产条件进行了深入调查，所得结论是：目前国内石墨化阴极炭块均基本采用不浸渍工艺生产。因此，本次标准制订时，对牌号规定和划分时，仅对不经浸渍和二次焙烧工艺的石墨化阴极炭块进行规定。

4.2.4.3、产品取样方向

产品中所涉及到的理化指标均按平行于受力方向进行规定。

4.2.4.4、各项理化指标的数值规定说明

①、真密度指标

真密度是炭素制品中一个极其重要的指标，它是阴极炭块石墨化程度的直接反映，其值的大小将关系到阴极炭块在铝电解过程中抗钠浸蚀能力及导电性能是否良好。因此，本次修订标准过程中，根据调研过程中所收集的数据与分析结果，进行全面、细致分析和综合评价后，决定将其值适当提升，力求使之接近或超过国外同类产品标准。情况如下：

表（2）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 真密度  （g/cm3） |
| 原标准 | ≥2.18 |
| 修订标准 | ≥2.19 |
| 修订后状况 | 指标数值提升 |

②、表观密度指标

表观密度在石墨化阴极炭块标准的指标体系中也是一项极其重要指标，它用于判断和表征石墨化阴极炭块内部颗粒的结构和排列是否均质、有序与致密的依据。如果石墨化阴极炭块表观密度指标制订和选择较为适中，其内部结构中颗粒之间的结合会较为紧密，孔隙率较低。这样在电解过程中，能减小钠离子浸蚀碳块的速度，从而提高其在电解槽运行过程中的抗钠浸蚀能力。因此，本次修订时，对调研过程中所获得的数据进行综合比较后，将该项指标在原标准基础上进行提升。如下表所示：

表（3）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 表观密度  （g/cm3） |
| 原标准 | ≥1.56 |
| 修订标准 | ≥1.61 |
| 修订后状况 | 指标数值提升 |

③、耐压强度指标

阴极炭块的耐压强度指标，是铝电解生产厂家在生产过程较为关注的一个重要参数，该指标与电解槽寿命的关系较为密切，如果该指标选择适当，将提高石墨化阴极炭块在铝电解过程中的抗机械磨损和抗融盐冲刷方面的能力，有助于提高和延长电解槽寿命。因此，在对所有调研厂家的生产数据进行比较和分析后，按照实际情况，合理的制订出该项指标的数值。和上版标准相比，有较大幅度的提升。

表（4）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 耐压强度  （MPa） |
| 原标准 | ≥16 |
| 修订标准 | ≥20 |
| 修订后状况 | 指标数值提升 |

④、电阻率指标

电阻率是铝电解厂家较为关注的一个重要指标。阴极炭块的电阻率较低，有助于改善电解槽工况、降低炉底压降和降低吨铝电耗。目前国外各炭素生产商从铝电解行业的需求出发，对该指标的控制正朝着低电阻率的方向发展。因此，在制订和选择该指标数值时，在考虑电解用户的需求的同时，也兼顾生产厂家的生产成本。经对调研数据的综合分析和评价后，将该指标数值进行一定提升。

表（5）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 电阻率  （μΩm） |
| 原标准 | ≤14 |
| 修订标准 | ≤12 |
| 修订后状况 | 数值下降，导电能力增强 |

⑤、钠膨胀率指标

钠膨胀率是衡量阴极炭块在铝电解过程中抵抗钠浸蚀能力好坏的一个重要指标，它是阴极炭块在铝电解环境中最直接的反映。在电解过程中如果阴极块材料的抗钠浸蚀能力弱，那么钠离子容易渗透到炭块里，引起高温膨胀，使电解槽提前破损的几率大大增加。 从国内外众多厂家对电解槽进行干刨后的分析其破损机理来看，大都是因为钠的渗透导致阴极炭块膨胀后使阴极炭块破裂、中间隆起及槽壳变形所致。因此，需要该指标数值越低越好。

本次对该指标进行修订时，该指标在前一版本基础上应有所提升。但数值选择须根据国内几个生产厂家的实际状况和生产水平进行。经过对调研数据进行分析和比较后确定如下：

表（6）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 钠膨胀率 % |
| 原标准 | ≤0.4 |
| 修订标准 | ≤0.35 |
| 修订后状况 | 数值下降、抗钠浸蚀能力提升 |

⑥、灰分指标

灰分指标在铝用阴极炭块理化指标体系中的作用与其它指标相比，受重视的程度相对要弱一些，这与阴极炭块在电解过程中的特性有关。从铝电解工艺要求上来说，阴极炭块在铝电解过程中，它只作导电材料和内衬。其自身并不向阳极炭块那样要参加反应和被消耗。因此，它不会污染电解槽中的原铝。其灰分的高低不会影响铝电解生产。当然，如果阴极炭块的灰份过高，那么它会给阴极炭块的导电性能和抗钠浸蚀、抗热冲击性带来影响。但是当采取一定的技术手段后，可以确保阴极炭块的以上性能。因此，本次标准修订时，考虑到煅后焦的实际状况，不再对灰分指标进行调整。

表（7）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 灰份  （%） |
| 原标准 | ≤0.5 |
| 修订标准 | ≤0.5 |
| 修订后状况 | 保持现状 |

⑦、抗热震性能指标

所谓抗热震性能是指阴极炭块在经受高温剧变时不被破坏的性能。当温度发生剧变时，若材料不能及时把热量传出，那么在炭块内部和表面就会产生温度梯度，由此会因膨胀和收缩不均而产生热应力现象，当热应力达到极限后，阴极炭块就被破坏。因此，要提高阴极炭块的抗热震性能，必须从减小热应力的产生、缓冲热应力的发展和增强抵抗热应力的能力等方面进行考虑。而在阴极炭块的诸多指标中，热膨胀率、热导率、杨氏模量、抗折强度强度等指标，是衡量其抗热震性能是否优异的综合体现。当其热导率高、热膨胀率低时，能及时将热量传出，使热应力分布均匀，减小了热应力，从而提高了抵抗热应力的能力；当阴极炭块的杨氏模量低时，其蠕变也小，因此大大缓解热应力的产生。从而可提高其抗热震性能。

由于石墨化阴极炭块的热膨胀率、热导率、杨氏模量和抗折强度强度等指标对电解槽寿命影响较大，已越来越成为了铝电解用户关注的焦点。因此，在本次修订过程中，将根据国内几个主体厂家实际状况进行选择，将这几项指标修订如下：

——热导率指标 表（8）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 热导率  W/mk |
| 原标准 | 无 |
| 修订标准 | ≥120 |
| 修订后状况 | 新增 |

——抗折强度 表（9）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 抗折强度  （MPa） |
| 原标准 | ≥6 |
| 修订标准 | ≥7 |
| 修订后状况 | 指标数值提升 |

——杨氏模量 表（10）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 杨氏模量  （GPa） |
| 原标准 | ≤7 |
| 修订标准 | ≤2.8 |
| 修订后状况 | 指标数值下降，抗热震性能大幅提升 |

——热膨胀系数（25～300℃） 表（11）

|  |  |
| --- | --- |
| 标准版本 | 热膨胀系数  （×10-6/℃） |
| 原标准 | ≤3.5 |
| 修订标准 | ≤3.0 |
| 修订后状况 | 指标数值下降，抗热震性能大幅提升 |

综上所述：根据前期查询国内外资料结果和国内部分生产厂家实际状况，结合调研，收集各厂近几年来的所生产产品的理化指标情况及产品取样、分析情况，合理的制订出各项理化性能指标数值。

在本次修订中，将指标体系各项理化指标数值设置如下：

表（12）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 常规指标 | | | | | | | 参考指标 | | |
| 灰份 | 表观  密度 | 真密度 | 电阻率 | 耐压  强度 | 扬氏  模量 | 热膨胀系数  （25～300℃） | 抗折  强度 | 钠膨胀率 | 热导率 |
| ％ | g/cm3 | g/cm3 | μΩm | MPa | GPa | ×10-6/℃ | MPa | % | W/mk |
| ≤ | ≥ | ≥ | ≤ | ≥ | ≤ | ≤ | ≥ | ≤ | ≥ |
| 0.50 | 1.61 | 2.19 | 12 | 20 | 2.8 | 3.0 | 7 | 0.35 | 120 |

初次制定标准时指标体系及各项理化指标数值如下表所示 表（13）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 性能 | | | | | | | | |
| 常规指标 | | | | | 参考指标 | | | |
| 真密度  g/㎝3 | 表观  密度  g/㎝3 | 电阻率  μΩ·m | 耐压  强度  MPa | 灰分  % | 抗折  强度  MPa | 杨氏  模量  GPa | 热膨胀系数  （25-300℃）  ×10-6/℃ | 钠膨胀率  % |
| ≥ | ≥ | ≤ | ≥ | ≤ | ≥ | ≤ | ≤ | ≤ |
| SM | 2.18 | 1.56 | 14 | 16 | 0.5 | 6 | 7 | 3.5 | 0.4 |

5、本标准指标体系修订后的效果

通过广泛对下游用户的意见征求和对国内石墨化阴极炭块实际生产水平的调研。本次对该标准修订后，指标体系设置和指标数值确定，在全面性、先进性和适用性方面较前版标准相比，有较大幅度的提高。达到和超过国外同类产品标准的水平要求。

6、其他修改之处

6.1、把标准文本中（3.2.1.1—3.2.1.4）常规指标与 参考指标说明放到（5）检验规则中说明；

6.2、标准文本（5.5.1）检验结果的判定条款中，把复检样本及判定进行详细说明；

6.3、对标准文本中外观质量缺陷示意图进行修改和完善。