

高钛渣、金红石化学分析方法
第 6 部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法
YS/T514.6-XXXX

编

制

说

明

（讨论稿）

新疆湘润新材料科技有限公司

2026 年 7 月

高钛渣、金红石化学分析方法

第 6 部分：多元素含量的测定

X 射线荧光光谱法

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

根据 2026 年 5 月 18 日《工业和信息化部办公厅关于印发 2026 年第二批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科【2026】192 号）的要求，行业标准《高钛渣、金红石化学分析方法 第 6 部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》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：2026-0229T-YS，项目周期为 12 个月，完成年限为 2027 年 4 月 23 日。

（二）项目背景

目前我国采用现行标准 YS/T514.6-2009 仅规定了一氧化锰单一元素的火焰原子吸收光谱测定方法，无法实现对高钛渣、金红石主次量元素的全流程质量管控。X 射线荧光光谱仪具有重现性好，测量速度快，自动化程度高，多元素同步检测，灵敏度高。能分析 B(5)~Th90 之间所有元素。样品可以是固体、液体、粉末、熔融片，利用低能 X 光激发待测元素，测试时间短，大大提高了检测效率和工作效率，采用相似自动分类技术使分类更准确，有效地克服基体效应对测量带来的影响；采用多参数的线性回归方法，使元素间的吸收、增强效应得到明显的消除。在测定中不会引起化学状态的改变，也不会出现试样飞散现象。无接触测量，仪器校准后长期稳定性好，数据重复性高。X 射线荧光光谱法的技术成熟与规模化，可以批量检测、生产过程实时管控与数字化实验室建设的发展需求，在此行业发展、监管要求、技术升级的多重背景下。修订了 YS/T514.6-2009 标准，此次修订内容增加了测定元素（二氧化钛、全铁、氧化钙、氧化镁、一氧化锰、三氧化铬、五氧化二钒、三氧化二铝、二氧化硅、五氧化二磷、五氧化二铌、二氧化锆、氧化锡），扩大了元素的测定范围等。

（三）主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

1. 主要参加单位情况

新疆湘润新材料科技有限公司成立于 2016 年 7 月 8 日，注册资金 3.26 亿元，2020 年 12 月认定为国家高新技术企业，是全国唯一一家拥有全钛产业链的大型民营企业，主要产品包括海绵钛、钛及钛合金铸锭、带材、板材、锻材、棒材、复合材等，是国内首家“钛矿-海绵钛-钛加工材-钛制品”的钛全产业链公司。公司将建成年产 5 万吨钛材加工基地，目前一期已实现 3.6 万吨海绵钛，2 万吨钛加工材，2 万吨钛复合带材的生产能力。

新疆湘润新材料科技有限公司取得自治区高新技术企业授权、自治区工信厅企业技术中心授牌、自治区科技厅建设自治区工程技术研究中心（新疆钛基新材料工程技术中心）、自治区发改委筹建自治区工程

研究中心（新疆维吾尔自治区钛基新材料工程研究中心）、自治区科技厅关于组建自治区重点实验室（新疆钛基新材料重点实验室（XJQY2009））、自治区工信厅钛基创新产业研究院。具有坚实的研发平台与雄厚的科研实力。

新疆湘润新材料科技有限公司主要负责试验方案制定，试验样品收集和分发，分析方法研究，试验结果处理，标准文本、实验报告和编制说明撰写等工作，并负责在标准讨论会、预审会、审定会上进行项目介绍与答辩，最终形成报批稿，协助有色标准化技术委员会秘书处完成标准的报批工作；攀钢集团研究院有限公司、昆明冶金研究院有限公司为一验单位，主要责任对试验方案的条件实验等进行验证，提供精密度和准确度测试数据，以及对方法提出意见；洛阳双瑞万基钛业有限公司为二验单位，主要负责提供精密度实验数据，并对标准文本提出修改意见和建议。

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

序号	单位	起草人	工作职责
1	新疆湘润新材料科技有限公司		负责试验方案的制定和实施、样品收集和分发，方法验证的开展、试验进度的组织协调以及标准条款和编制说明的撰写工作。
2	攀钢集团研究院有限公司		方法验证、对标准文本和编制说明提出修改意见和建议。
3	昆明冶金研究院有限公司		方法验证、对标准文本和编制说明提出修改意见和建议。
4	洛阳双瑞万基钛业有限公司		提供精密度测试数据，并对标准文本提出修改意见和建议

（四）主要工作过程

1.预研阶段

新疆湘润新材料科技有限公司调研了高钛渣、金红石的检测需求，在大量的生产实践和实验基础上，提出了采用熔片 X 射线荧光光谱法来测定高钛渣、金红石中二氧化钛、全铁、氧化钙、氧化镁、一氧化锰、五氧化二磷、三氧化二铝、二氧化硅、三氧化二铬、五氧化二钒、氧化锆、五氧化二铌和氧化锡量，为高钛渣、金红石提供了通用的杂质检测方法，同时随着钛系列产品质量要求的提高，高钛渣、金红石中杂质含量需要严格控制，从样品前处理条件，检测仪器的选择等方面进行了大量试验研究，形成了《高钛渣、金红石分析方法 第 6 部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》标准草案。

2.立项阶段

2025 年 4 月在昆明召开的标准工作会，新疆湘润新材料科技有限公司向全国有色金属标准化技术委员

会稀有金属分标委全体委员会议提交了《高钛渣、金红石化学分析方法第6部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》标准修订项目建议书、标准草案等材料，经过全体委员的讨论同意立项，随后由秘书处组织全体委员网络投票，投票通过后转报给工业和信息化部科技司，并挂网向社会公开征求意见。

2026年5月18日，中国有色金属工业协会发布了《工业和信息化部办公厅关于印发2026年第二批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科【2026】192号），正式下达该标准的修订任务，标准名称为《高钛渣、金红石化学分析方法第6部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》，计划编号为2026-0229T-YS，项目周期为12个月，完成年限为2027年4月，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）。

3. 起草阶段

（1）2025年5月，成立了标准编制工作组，确定了各成员的工作职能和任务，制定了工作计划和进度安排。

（2）2025年11~12月，主编单位委托攀钢集团研究院有限公司、昆明冶金研究院有限公司和洛阳双瑞万基钛业有限公司根据市场上高钛渣、金红石精矿产品的生产和应用情况，开展试验样品的成分设计、选材和制备，充分考虑到试验样品的代表性，制备了5个样品为本标准统一的试验样品。

（3）2026年1月~5月编制组开展大量系统性试验研究工作，形成了方法的研究报告及标准文本和编制说明的讨论稿。

4. 征求意见阶段

编制组通过发函，全国有色标准化技术委员会将《高钛渣、金红石分析方法 第6部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》征求意见资料，在中国有色金属质量网（www.cnsmq.com）上挂网，向社会公开征求意见。征求意见的单位包括主要生产、经销、使用、第三方检验机构等单位，征求意见单位广泛且具有代表性。

5. 审查阶段

6. 报批阶段

二、标准编制原则

（一）符合性

标标准格式严格按照 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》、GB/T 20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》等文件的要求编写，并按照 GB/T 6379.2-2004《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第2部分：确定标准测试方法重复性与再现性的基本方法》的要求进行试验数据的统计及重复性限和再现性限的计算。

（二）适用性

本文件中把样品制作成熔片，采用 X 射线荧光光谱法对高钛渣、金红石中多元素含量进行测定，国内实验室普遍具备此设备能力；经过调研，充分考虑高钛渣、金红石产品当前和预期检测的需要，检测范围涵盖了当前高钛渣、金红石产品中需检测的对应范围。

（三）先进性

本文件制定过程中参阅了大量文献资料，充分借鉴了国内外相关标准中的先进思路和方法，简化样品处理的实验步骤，有效地克服基体效应对测量带来的影响，缩短了分析时间，节约分析成本，减少化学试剂和水的用量，节约了化学试剂和水，从而减少污染物的排放，满足钛及钛合金相关产品不断发展水平和实际生产和使用的需求，提高检测标准的适用性，本方法涉及的内容及技术水平不低于当前国际先进水平。

三、标准主要内容的确定依据及修订前后技术内容的对比

本文件是在充分调研国内高钛渣、金红石生产、研发、应用和检测的实际技术水平后完成的。

本文件代替 YS/T514.6-2009《高钛渣、金红石化学分析方法 第6部分：氧化锰量的测定 火焰原子吸收光谱法》，与 YS/T514.6 相比，除结构调整和编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 更改了检测方法，将一氧化锰量的测定火焰原子吸收光谱法更改为多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法（见封面，2009 年版封面）；
- b) 增加了引言；
- c) 增加了测定元素（二氧化钛、全铁、氧化钙、氧化镁、三氧化铬、五氧化二钒、三氧化二铝、二氧化硅、五氧化二磷、五氧化二铌、二氧化锆、氧化锡）（见第 1 章，2009 年版第 1 章）；
- d) 扩大了元素的测定范围（见第 1 章，2009 年版第 1 章）；
- e) 增加了“规范性引用文件”（见第 2 章）；
- f) 增加了“术语和定义”（见第 3 章）；
- g) 新增了样熔铸玻璃片的制作（见第 8.3 章）；
- h) 新增了校准曲线的绘制（见第 8.4 章）；
- i) 更改了“精密度”，将“允许差”更改为“再现性”（见 10.2, 2009 年版 8.2）。

1 分析方法的确定

X 射线荧光（XRF）技术在高钛渣、金红石分析中的应用在国内外已经得到广泛研究和实践，涵盖了实验室分析、在线监测和野外快速检测等多个领域。具有测量快速高效、多元素同步检测、非破坏性分析、浓度范围宽、无接触测量，自动化程度高、低成本维护、稳定性和重现性好、灵敏度高，可采用固体、液体、粉末、熔片进样，利用低能 X 光激发待测元素，测试时间短，大大提高了检测效率和工作效率，采用相似自动分类技术使分类更准确，有效地克服基体效应对测量带来的影响；采用多参数的线性回归方法，使元素间的吸收、增强效应得到明显的消除。目前已经在分析检测领域广泛应用。因此本标准利用熔片 X 射线荧光光谱法测定高钛渣、金红石多元素含量。

2 元素测定范围确定

制定高钛渣、金红石中杂质元素的含量测定范围时，结合日常检测样品实际情况，根据试验确定了方法各元素的定量下限，确定出本标准各元素的测定范围，见表 2。

表 2 元素的测定范围

元素	质量分数/ %	元素	质量分数/ %
TiO ₂	>55.00%	Fe	0.10~10.00%
CaO	0.010~5.00%	MgO	0.010~8.00%
MnO	0.010~5.00%	Al ₂ O ₃	0.10~5.00%
SiO ₂	0.10~8.00%	ZrO ₂	0.010~5.00%
P ₂ O ₅	0.005~1.00%	Cr ₂ O ₃	0.010~2.00%
V ₂ O ₅	0.010~2.00%	Nb ₂ O ₅	0.010~1.50%
SnO ₂	0.010~1.50%	/	/

3 熔铸玻璃片的制作

3.1 熔剂的选择

试验选用 Li₂B₄O₇ 和混合熔剂 (Li₂B₄O₇67%+LiBO₂33%) 熔融样品, 由于高钛渣、金红石是难熔矿物, 熔融物比较粘稠。采用 Li₂B₄O₇ 熔融高钛渣、金红石, 熔融物流动性较差, 熔片易出现结晶斑或碎裂现象。偏硼酸锂 LiBO₂ 是偏碱性的熔剂, 用它熔融高钛渣、金红石效果也不太理想。用混合熔剂 (Li₂B₄O₇67%+LiBO₂33%) 熔融高钛渣、金红石, 熔片形成均匀的单相玻璃体, 表面光滑、易脱模, 测定结果重现性好。因此采用混合熔剂 (Li₂B₄O₇67%+LiBO₂33%) 制备熔融片。本试验选取 1 份高钛渣、金红石标样 58A OR58A ORE-1170, 分别采用混合熔剂 (Li₂B₄O₇67%+LiBO₂33%) 与样品为 5:1、8:1、10:1、12:1、15:1 的熔融样品比例, 在其他条件完全相同的情况下, 熔融制备玻璃样片, 试验显示 5:1 的熔样比例, 熔融物粘稠, 流动性较差, 熔融物不易浇铸, 制备的玻璃熔片有气泡。8:1、10:1、12:1 的熔样比例, 熔融物的流动性均较好, 熔融物易于浇铸, 制备的玻璃熔片均匀透亮, 测定结果与标准值一致, 15:1 的熔样比例, 熔融物的流动性均较好, 熔融物易于浇铸, 制备的玻璃熔片均匀透亮, 但低杂质元素测量误差大。考虑到杂质元素测量的准确度, 故采用 10:1 的熔样比例, 见表 3。

表3 稀释比试验结果

58A ORE-1170测定值%		5:1	8:1	10:1	12:1	15:1
元素	标准值%	流动性较差, 玻璃化程度差	流动性和玻璃化程度较好	流动性和玻璃化程度较好	流动性和玻璃化程度较好	流动性和玻璃化程度较好, 低组分测量误差大
TiO ₂	85.51	84.49	85.75	85.73	85.63	85.77
Fe	6.55	6.01	6.73	6.77	6.81	6.80
Cr ₂ O ₃	0.190	0.171	0.195	0.191	0.187	0.180
P ₂ O ₅	0.081	0.089	0.087	0.086	0.089	0.058
SnO ₂	0.0023	0.0030	0.0027	0.0030	0.0026	0.0013
Nb ₂ O ₅	0.174	0.162	0.170	0.177	0.171	0.155
V ₂ O ₅	0.300	0.330	0.298	0.301	0.295	0.290

SiO ₂	2.90	2.98	2.88	2.91	2.75	2.71
Al ₂ O ₃	1.35	1.14	1.30	1.34	1.44	1.27
ZrO ₂	0.620	0.589	0.624	0.618	0.621	0.574
MnO	1.20	1.09	1.21	1.23	1.22	1.22
MgO	0.41	0.432	0.414	0.412	0.417	0.458
CaO	0.067	0.055	0.063	0.066	0.064	0.069

3.2 氧化剂的选择

氧化剂有助熔的作用，可调节熔剂的酸碱性，有利于降低熔剂的熔融分解温度，使熔剂能更地的熔解样品，添加氧化剂还能增加熔体的流动性，提高玻璃熔片的稳定性，提高元素荧光强度和元素检测强度，特别是对一些含还原性物质较高的试样，进行预氧化处理，能有效保护黄铂金坩埚，防止坩埚腐蚀。

LiNO₃和NH₄NO₃能减少引入的基体和元素干扰效应，本试验选择加入1ml LiNO₃（220 g/L）马弗炉中进行预氧化处理。

3.3 熔样温度、熔样时间的选择

本试验选取1份高钛渣、金红石标样58A ORE-1170，使用Li₂B₄O₇和混合熔剂(Li₂B₄O₇67%+LiBO₂33%)分别在900℃、950℃、1000℃、1050℃、1100℃ 熔融样品，熔融时间为15min，试验发现熔融温度为900℃流动性差，样片有明显的的不融物；950℃流动性差，样片无不融物；熔融1000℃以上的流动性好，样片无不融物、透彻、玻璃化程度高，测定结果与标准值一致。故选择熔融温度为1050℃，见表4。

将试料在1050℃分别熔融8、10、12、15、20min，试验发现熔融时间为8min流动性差，样片有明显的的不融物，10 min流动性差，样片无不融物；12min以上流动性好，样片无不融物、透彻、玻璃化程度高，测定结果与标准值一致。故选择熔融时间为15min，见表5。

表4 熔样温度试验结果

58A ORE-1175 测定值%		900℃	950℃	1000℃	1050℃	1100℃
元素	标准值%	流动性差，样片有明显的的不融物	流动性差，样片无不融物	流动性好，样片无不融物、透彻、玻璃化程度高	流动性好，样片无不融物、透彻、玻璃化程度高	流动性好，样片无不融物、透彻、玻璃化程度高
TiO ₂	85.51	84.41	85.75	85.63	85.58	85.67
Fe	6.55	6.12	6.73	6.67	6.51	6.60
Cr ₂ O ₃	0.190	0.169	0.196	0.191	0.189	0.181
P ₂ O ₅	0.081	0.089	0.087	0.086	0.079	0.083
SnO ₂	0.0023	0.0012	0.0026	0.0024	0.0022	0.0015
Nb ₂ O ₅	0.174	0.152	0.169	0.175	0.174	0.165
V ₂ O ₅	0.300	0.335	0.320	0.301	0.299	0.299
SiO ₂	2.90	2.88	2.98	2.92	2.91	2.75
Al ₂ O ₃	1.35	1.20	1.32	1.36	1.34	1.37
ZrO ₂	0.620	0.589	0.604	0.618	0.620	0.594
MnO	1.20	1.13	1.22	1.21	1.19	1.23

MgO	0.410	0.422	0.411	0.413	0.412	0.454
CaO	0.067	0.058	0.062	0.064	0.066	0.069

表5 熔样时间试验结果

58A ORE-1175 测定值%		8min	10min	12min	15min	20min
元素	标准值%	流动性差，样片有明显的 不融物	流动性差，样片无 不融物	流动性好，样片无不融物、透彻、 玻璃化程度高	流动性好，样片无不融物、透彻、 玻璃化程度高	流动性好，样片无不融物、透彻、 玻璃化程度高
TiO ₂	85.51	84.49	85.75	85.73	85.63	85.77
Fe	6.55	6.01	6.73	6.77	6.81	6.80
Cr ₂ O ₃	0.190	0.171	0.195	0.191	0.187	0.180
P ₂ O ₅	0.081	0.089	0.087	0.086	0.089	0.058
SnO ₂	0.0023	0.0030	0.0027	0.0030	0.0026	0.0013
Nb ₂ O ₅	0.174	0.162	0.170	0.177	0.171	0.155
V ₂ O ₅	0.300	0.330	0.298	0.301	0.295	0.290
SiO ₂	2.90	2.98	2.88	2.91	2.75	2.71
Al ₂ O ₃	1.35	1.14	1.30	1.34	1.44	1.27
ZrO ₂	0.620	0.589	0.624	0.618	0.621	0.574
MnO	1.20	1.09	1.21	1.23	1.22	1.22
MgO	0.41	0.432	0.414	0.412	0.0417	0.458
CaO	0.067	0.055	0.063	0.066	0.064	0.069

3.4 脱模剂的用量

熔融物有粘附或浸润铂合金模具的倾向，常常使得熔片很难与模具剥离，有时导致碎裂，因此需要使用脱模剂。常用的脱模剂有LiBr和NH₄I，LiBr对铁、铝等元素谱线具有较大的干扰，易形成气泡，NH₄I的熔融物比LiBr熔融物流动性好，便于消除气泡、易脱模、不易破裂。以NH₄I溶液作为脱模剂，在试料和熔剂中分别加入1.0、1.5、2.0、2.5mL 500 g/L NH₄I溶液进行脱模剂用量试验，结果显示1.0mL脱模剂用量过少，脱模困难；当用量达到2.0mL时，制样成功率达100%，当脱模剂用量超过2.5mL时熔融液体的浸润性较差，样品铺不开。故选择脱模剂用量为2.0mL。

3.5 谱线重叠和元素间基体效应校正

使用熔融法制样虽然消除了粒度、矿物效应和减少了基体效应及谱线重叠干扰影响，但由于校准样品中主量组分的含量变化很大，仍要进行谱线重叠干扰和基体效应校正，所用的数学公式为：

$$C_i = D_i - \sum L_m Z_m + E_i R_i + (1 + \sum_{j=1}^N a_{ij} Z_j) \quad (1)$$

式中： C_i 为未知样品中分析元素 i 的含量； D_i 为分析元素 i 的校准曲线的截距； L_m 为干扰元素 m 对分析元素 i 的谱线重叠干扰校正系数； Z_m 为干扰元素 m 的含量或计数率； E_i 为分析元素 i 校准曲线的斜率； R_i 为分析元素 i 的计数率；n 为共存元素的数目； a_{ij} 为共存元素 j 对分析元素 i 的影响因子；共存元素 j 的数目； Z_j 为共存元素 j 的含量；i、j 和 m 分别为分析元素、共存元素和干扰元素。

3.6 方法测定下限

检出限的计算公式为:

$$L_D = \frac{3}{m} \sqrt{\frac{I_b}{t_b}} \tag{2}$$

式中: m 为单位含量的计数率;

I_b 为背景计数率;

t_b 为背景的计数时间。

由于按理论公式计算出的各元素检出限与实际能报出的测定下限会有较大差别, 为了克服上述缺点, 选用金红石标准物质按测量条件重复测定 10 次, 计算出标准样品含量低的元素所对应的标准偏差, 将其乘以 10 即为本方法的定量限, 分析方法的精密度(RSD, n=10), 结果见表 6, 用这种方法计算得到的方法定量限, 考虑了样品制备、仪器波动和计数统计所带来的误差。

由表 X 可知, 测定结果相对标准偏差均不大于 X%, 精密度良好。

表 6 方法测定下限 / (ppm)

组分	检出限/(ppm)	平均值 $\bar{X}$ %	相对标准偏差 RSD%
TiO ₂	129.8	93.69	0.05
Fe	39.5	3.58	0.1
Ca	20.5	0.0179	4.1
Mg	44.7	0.04	4.6
Mn	15.1	0.081	0.7
P	28.9	0.145	1.4
Al	21.9	0.507	0.5
Si	42.1	0.305	1.0
Cr	20.3	0.109	0.7
Sn	64.9	0.065	3.2
S	17.8	0.022	4.1
Zr	9.1	0.21	0.2
Nb	5.7	0.538	0.08
V	25.3	0.246	1.6

4 精密度试验

在确定的试验条件下, 针对标准中每一种元素测定范围内的不同元素含量, 进行了精密度试验。此次共涉及高钛渣、金红石样品 5 个, 新疆湘润新材料科技有限公司检测中心(A)为起草单位, 攀钢集团研究院有限公司(B)和昆明冶金研究院有限公司(C)为第一验证单位, 洛阳双瑞万基钛业有限公司(D)为第二验证单位, 具体试验结果见表 7。

表 7 样品各元素含量

样品编号	元素	质量分数 w/%	平均值 w/%	SD/%	RSD/%
------	----	----------	---------	------	-------

		1	2	3	4	5	6	7			
JHS-88	TiO ₂	87.863	88.016	87.917	88.270	87.863	87.854	88.075	87.980	0.14	0.16
	Al ₂ O ₃	1.173	1.152	1.155	1.163	1.161	1.150	1.175	1.161	0.01	0.78
	CaO	0.114	0.116	0.106	0.117	0.113	0.115	0.117	0.114	0.004	3.11
	Cr ₂ O ₃	0.231	0.211	0.223	0.225	0.227	0.227	0.226	0.224	0.01	2.62
	Fe	2.814	2.843	2.818	2.670	2.740	2.788	2.761	2.776	0.05	1.95
	MgO	0.0792	0.0827	0.0806	0.0788	0.0796	0.0808	0.087	0.081	0.003	3.25
	MnO	0.102	0.101	0.109	0.105	0.108	0.105	0.0970	0.104	0.004	3.73
	Nb ₂ O ₅	0.395	0.391	0.393	0.398	0.396	0.386	0.395	0.393	0.004	0.93
	P ₂ O ₅	0.116	0.117	0.114	0.117	0.112	0.114	0.106	0.114	0.004	3.12
	SiO ₂	2.695	2.693	2.607	2.533	2.632	2.714	2.528	2.629	0.07	2.71
	SnO ₂	0.129	0.120	0.116	0.123	0.124	0.105	0.102	0.117	0.009	7.97
	V ₂ O ₅	0.369	0.398	0.365	0.336	0.381	0.399	0.393	0.377	0.021	5.56
	ZrO ₂	1.079	1.048	1.082	1.093	1.085	1.049	1.039	1.068	0.022	2.03
JHS-92	TiO ₂	92.150	92.180	92.170	91.984	92.290	92.050	92.100	92.132	0.099	0.11
	Al ₂ O ₃	0.650	0.653	0.661	0.651	0.676	0.686	0.650	0.661	0.014	2.19
	CaO	0.0377	0.0366	0.0369	0.0360	0.0380	0.0390	0.0368	0.037	0.001	2.71
	Cr ₂ O ₃	0.197	0.188	0.183	0.186	0.195	0.188	0.192	0.190	0.005	2.64
	Fe	1.542	1.537	1.560	1.539	1.533	1.535	1.568	1.545	0.014	0.88
	MgO	0.0402	0.0396	0.0378	0.0431	0.0410	0.0431	0.0393	0.0405	0.0017	4.25
	MnO	0.0210	0.0210	0.0180	0.0190	0.0210	0.0210	0.0190	0.020	0.001	6.45
	Nb ₂ O ₅	0.223	0.223	0.223	0.222	0.221	0.222	0.223	0.222	0.001	0.35
	P ₂ O ₅	0.0699	0.0694	0.0699	0.0712	0.0708	0.0711	0.0707	0.070	0.001	0.98
	SiO ₂	1.978	1.976	1.980	1.985	1.988	1.984	1.972	1.980	0.006	0.28
	SnO ₂	0.0600	0.0580	0.0620	0.0610	0.0570	0.0560	0.0600	0.0588	0.0026	4.36
	V ₂ O ₅	0.630	0.631	0.645	0.658	0.655	0.680	0.660	0.651	0.018	2.71
	ZrO ₂	0.616	0.603	0.635	0.538	0.595	0.572	0.596	0.594	0.025	4.18
JHS-96	TiO ₂	96.630	96.720	96.530	96.790	96.660	96.500	96.513	96.620	0.111	0.12
	Al ₂ O ₃	0.294	0.291	0.303	0.301	0.299	0.298	0.302	0.298	0.004	1.47
	CaO	0.167	0.169	0.169	0.168	0.168	0.169	0.167	0.168	0.001	0.54
	Cr ₂ O ₃	0.130	0.135	0.130	0.132	0.132	0.136	0.126	0.132	0.003	2.55
	Fe	0.246	0.247	0.247	0.259	0.251	0.263	0.249	0.255	0.0090	3.54
	MgO	0.0680	0.0640	0.0680	0.0640	0.0670	0.0670	0.0640	0.0680	0.0033	4.92
	MnO	0.0139	0.0113	0.0142	0.0133	0.0147	0.0132	0.0129	0.013	0.001	8.25
	Nb ₂ O ₅	0.465	0.469	0.471	0.467	0.468	0.457	0.449	0.464	0.008	1.70
	P ₂ O ₅	0.0616	0.0640	0.0619	0.0608	0.0597	0.0607	0.0602	0.061	0.001	2.32

	SiO ₂	0.936	0.968	0.948	0.935	0.914	0.893	0.939	0.933	0.024	2.57
	SnO ₂	0.0200	0.0180	0.0190	0.0190	0.0210	0.0200	0.0202	0.0196	0.0008 0	4.26
	V ₂ O ₅	0.336	0.334	0.338	0.321	0.327	0.306	0.319	0.326	0.011	3.51
	ZrO ₂	0.266	0.264	0.270	0.267	0.279	0.282	0.278	0.272	0.007	2.65
GTZ-75	TiO ₂	77.583	76.961	77.038	77.259	76.941	77.517	77.514	77.259	0.281	0.36
	Al ₂ O ₃	1.745	1.765	1.778	1.754	1.785	1.770	1.760	1.765	0.014	0.78
	CaO	1.791	1.799	1.806	1.809	1.813	1.799	1.812	1.804	0.008	0.45
	Cr ₂ O ₃	0.0310	0.0300	0.0310	0.0340	0.0350	0.0350	0.0330	0.0329	0.0016	4.98
	Fe	8.139	8.150	8.278	8.251	8.298	8.316	8.286	8.245	0.072	0.87
	MgO	3.477	3.480	3.483	3.466	3.488	3.472	3.499	3.481	0.011	0.31
	MnO	1.680	1.673	1.710	1.655	1.681	1.699	1.642	1.677	0.024	1.40
	Nb ₂ O ₅	0.0180	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190	0.0180	0.0190	0.0187	0.0005	2.61
	P ₂ O ₅	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0
	SiO ₂	5.452	5.476	5.494	5.442	5.525	5.488	5.468	5.478	0.028	0.51
	SnO ₂	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0	0
	V ₂ O ₅	0.281	0.282	0.276	0.281	0.275	0.287	0.281	0.280	0.004	1.40
	ZrO ₂	0.0550	0.0660	0.0600	0.0660	0.0660	0.0730	0.068	0.065	0.006	8.92
GTZ-91	TiO ₂	92.990	93.063	93.290	93.248	93.019	93.023	93.173	93.115	0.121	0.13
	Al ₂ O ₃	1.856	1.865	1.862	1.865	1.864	1.871	1.857	1.863	0.005	0.28
	CaO	1.868	1.864	1.814	1.868	1.870	1.859	1.873	1.860	0.021	1.10
	Cr ₂ O ₃	0.170	0.176	0.176	0.174	0.173	0.171	0.169	0.173	0.003	1.74
	Fe	2.631	2.615	2.611	2.613	2.626	2.517	2.456	2.581	0.067	2.61
	MgO	1.041	1.035	1.036	1.037	1.045	1.040	1.031	1.038	0.005	0.44
	MnO	2.390	2.437	2.400	2.394	2.418	2.364	2.355	2.394	0.029	1.19
	Nb ₂ O ₅	0.107	0.108	0.108	0.108	0.107	0.108	0.108	0.108	0.0005	0.45
	P ₂ O ₅	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005	0.001	10.22
	SiO ₂	1.407	1.410	1.412	1.409	1.412	1.413	1.405	1.410	0.003	0.21
	SnO ₂	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0	0
	V ₂ O ₅	0.248	0.251	0.250	0.254	0.250	0.250	0.249	0.250	0.002	0.72
	ZrO ₂	0.649	0.662	0.644	0.649	0.656	0.652	0.652	0.652	0.006	0.88

5 重复性限和再现性限计算

在完成相关条件试验并汇总数据后，按照 GB/T 6379. 2-2004《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第 2 部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法》，对 X 家参编单位的试验验证数据进行统计计算，并结合线性内插或外延法，得出各统一样的重复性限和再现性限。

5.1 重复性

在同一实验室，由同一操作者使用相同设备，按相同的测试方法，并在短时间内对同一被测对象相互独立进行测试获得的两次独立测试结果的测定值，在以下给出的平均值的范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（ r ），超过重复性限（ r ）的情况不超过 5%，重复性限（ r ）按表 X 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 54 重复性限

测定元素	质量分数 $w/\%$	重复性限（ r ）/%	测定元素	质量分数 $w/\%$	重复性限（ r ）/%
TiO ₂			SiO ₂		
Fe			Cr ₂ O ₃		
MnO			SnO ₂		
P ₂ O ₅			V ₂ O ₅		
CaO			Nb ₂ O ₅		
MgO			ZrO ₂		
Al ₂ O ₃			/		

5.2 再现性

在不同的实验室，由不同的操作者使用不同的设备，按相同的测试方法，对同一被测对象相互独立进行测试获得的两次独立测试结果的测定值，在以下给出的平均值的范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（ R ），超过再现性限（ R ）的情况不超过 5%，再现性限（ R ）按表 X 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 55 再现性限

测定元素	质量分数/%	再现性限（ R ）/%	测定元素	质量分数/%	再现性限（ R ）/%
TiO ₂					
Fe					
MnO					
P ₂ O ₅					
CaO					
MgO					
Al ₂ O ₃					

四、标准中涉及的专利情况

本标准不涉及专利问题。

五、标准预期达到的社会经济效益等情况

本标准修订过程中，由修订单位对国际、国内标准进行了查阅和调研，制定的方法更能紧密联系实际检测工作，为行业标准《高钛渣、金红石化学分析方法 第 6 部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》的修订项目，修订后的分析方法，提高了检测效率，降低了检测成本，具有操作简单、测定结果精密度好、结果准确的优点，减少化学试剂和水的用量，从而减少污染物的排放，保护了环境，补充了 YS/T514 的系列方法，促进钛行业发展，更好的服务于生产企业及市场贸易，为高钛渣、金红石产品市场更好的提供了技术支撑作用。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

无。

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

本标准的技术内容与现行相关法律、法规、规章及相关标准和强制性国家标准没有冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

根据标准化法和有关规定，建议本标准的性质为推荐性行业标准。

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，使相关生产和应用单位以及检测机构等都能及时获得本标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2.本次制定的《高钛渣、金红石分析方法 第 6 部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》，不仅与生产企业有关，而且与应用单位、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。

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 YS/T514.6-2009《高钛渣、金红石化学分析方法 第 6 部分：氧化锰量的测定 火焰原子吸收光谱法》。

十二 其他应予说明的事项

无。

《高钛渣、金红石分析方法 第 6 部分：多元素含量的测定 X 射线荧光光谱法》标准编制组

2026-07-14