中华人民共和国农业行业标准

《饲料原料 凹凸棒石（粉）》

编制说明

（公开征求意见稿）

南京农业大学等

2023 年 10 月

《饲料原料　凹凸棒石（粉）》标准编制说明

一、标准制定背景及任务来源

（一）标准制定背景

凹凸棒石，又名坡缕缟石，是具有链层状结构的富镁铝硅酸盐矿物，理想分子式为 $Mg_5Si_8O_{20}(OH)_2(OH_2)_4 \cdot 4H_2O$，是凹凸棒石黏土的主要成分。凹凸棒石的两层 Si-O 四面体结构与中间层的 Mg-O 八面体结构按一定形式交错排列，形成棒状结构，其显微结构主要包括棒状单晶体（简称棒晶）、棒晶束及其各种聚集体。凹凸棒石具有良好的离子交换性、吸附性、黏结性、承载性、悬浮性和热稳定性等多种特性，在环保、食品和化工等多个行业中广泛应用。全世界具有工业意义的凹凸棒石矿床主要分布在中国、美国、巴西、俄罗斯、塞内加尔和印度等国家。我国是世界上主要的凹凸棒石蕴藏国和生产国，资源丰富，探明储量居世界之首。我国凹凸棒石主要分布在东南部、西部和中部地区，最大资源地和生产地是江苏省盱眙地区和安徽省明光地区。目前，江苏盱眙已发现凹凸棒石矿点 32 处，储量占全世界已探明储量的 48%，占全国已探明储量的 74%，远景储量达 8.9 亿吨，安徽和甘肃的储量也较大，这三个地区是国内最主要的凹凸棒石资源开发利用和产品生产地。近年来，四川、贵州、内蒙古等地陆续发现了一些矿点，但这些地区的凹凸棒石均未形成产业化生产。

凹凸棒石安全性高，已作为载体、黏结剂、天然矿物质或吸附剂应用于饲料中，适量添加凹凸棒石可提高饲料颗粒质量和饲料转化率，降低生产成

本。其优良的吸附性能，能够有效缓解有毒有害物质对动物的毒性作用并降低其残留，改善动物生产性能和健康状况，提高动物产品安全性和品质。

2012 年我国农业部第 1773 号公告发布的《饲料原料目录》中包括了凹凸棒石（粉），但目前除江苏省于 2006 年制订了《饲料用凹凸棒石粘土通用要求》（DB32/T891-2006）外，暂无饲料原料凹凸棒石（粉）的国家标准、行业标准或其它全国性的规范标准，影响了凹凸棒石产品在饲料中的推广应用。因此，制定饲料原料凹凸棒石（粉）行业标准对其在饲料中的合理应用和科学开发均具重要意义。

（二）任务来源

根据《农业部关于下达 2013 年农业行业标准制定和修订（农产品质量安全监管）项目资金的通知》（农财发【2013】91 号），由南京农业大学负责承担《饲料原料　凹凸棒石（粉）》的制定工作。

二、主要工作过程

标准项目下达后，按照项目任务书的要求，成立了标准起草工作组，制定了标准编制工作方案，按照农业行业标准制定要求开展工作。为了解我国凹凸棒石的基本情况和现状，在编制过程中，项目组成员查阅了国内外有关标准和文献资料，对国内主要凹凸棒石产区（江苏、安徽、甘肃）凹凸棒石的感官性状（如颜色、状态）、氧化镁含量、吸蓝量、黏度以及卫生指标（铅、砷等）进行抽样检测，结合 X 射线衍射、红外光谱分析等技术手段比较了不同地区凹凸棒石结构、特性及品质的差异，分析了凹凸棒石理化指标和卫生指标的可靠性和合理性，确定了合理的技术指标。同时根据凹凸棒石（粉）的特性及其在饲料中的用途，依据大量的文献资料和试验结果，并结合相关

企业的实际生产情况，起草了标准初稿。向相关专家、用户代表、生产厂家、管理单位等 24 个单位征求意见，并对征求得到的意见进行了汇总讨论，在此基础上对标准进行了修改，形成预审稿。根据标准制定程序，项目组在饲料标准委员会的指导下，于 2015 年 5 月 15 日召开了农业行业标准《饲料原料 凹凸棒石（粉）》预审会，邀请了从事饲料及矿物科研、管理、质检的高校、政府、监测等部门的 7 位专家对标准进行预审查。项目组根据预审意见，对标准进一步进行修改，形成了送审稿。目前，该项目已经进行过三次标准审查，项目组对审查意见进行反复斟酌，修改后形成送审稿。

三、标准编制原则和主要技术内容确定的依据

（一）编制原则

1、严格执行有关法律法规，并与现行有效标准相协调，同时符合我国国情。

2、编写格式符合 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第 1 部分：标准的结构和编写》的要求。

（二）主要技术内容确定依据

1、范围确定

凹凸棒石（粉）主要作为载体、黏结剂、吸附剂等应用于动物饲料中。凹凸棒石（粉）经过焙烧工艺处理后，可以提高凹凸棒石（粉）的性能，且不影响其在饲料中应用的安全性。因此，本标准范围不仅包括自然晒干、粉碎的凹凸棒石（粉），还包括了焙烧处理后的凹凸棒石（粉）。

2、技术要求及检验方法确定

2.1 技术要求确定

项目组在对不同地区凹凸棒石理化性质测定过程中发现：不同地区、同一地区不同矿区的凹凸棒石理化性质和品质存在较大差异。

2.1.1 技术指标确定依据

项目组通过采集我国凹凸棒石（粉）主要产区（江苏、安徽、甘肃）的凹凸棒石矿样品，对其化学组成进行测定（结果见表 1）。

表 1 不同矿点凹凸棒石（粉）的化学组成（%）

样品编号	Al_2O_3	MgO	Fe_2O_3	SiO_2	Na_2O	CaO	K_2O
1	10.56	11.57	5.23	73.04	--	0.37	1.03
2	11.64	5.52	6.82	60.23	0.36	1.21	1.92
3	13.41	9.60	0.56	76.19	--	0.68	0.18
4	11.67	6.92	7.91	52.37	0.27	1.91	1.49
5	5.66	18.35	3.68	49.15	0.17	0.05	0.49
6	8.16	11.57	4.83	53.31	0.09	0.14	0.93
7	9.74	10.60	5.06	51.36	--	1.27	0.97
8	6.39	6.97	3.56	37.74	2.25	32.92	0.83
9	20.49	6.55	1.51	63.82	6.02	0.65	0.46

从表 1 中可以看出凹凸棒石成分组成差异较大，从而导致其结构不同，凹凸棒石的吸附和胶体性能与其晶体结构密切相关。凹凸棒石八面体中的类质同晶取代是引起其结构和特性差异较大的重要原因。类质同晶取代的结果使凹凸棒石不能像理想的结构一样呈现出三八面体，而更多的是以二八面体或二八面体与三八面体过渡态形式存在。如图 1 所示，理想的三八面体凹凸棒石通常富含镁，MgO 含量大于 18%，晶体结构中八面体层中 M1 位置完全或部分被镁所占据，晶体结构缺陷少，在成矿过程中棒晶发育较好，长径比较高，同时富镁使其具有优异的水合性能和耐电解质性能，所以表现出优异的胶体性能。相比之下，二八面体凹凸棒石镁含量相对较低，MgO 含量在 6 ~ 12%之间，结构中八面体层 M1 位点空置，M2 或 M3 位点也不同程度

的被三价金属离子（Al^{3+}、Fe^{3+}）取代，结构的缺陷使其棒晶通常发育不理想，长径比不高，表现出较强的吸附性能。MgO 含量升高则凹凸棒石的胶体性能提高，而吸附性能则降低。在对不同产地和不同矿点的凹凸棒石 MgO 含量测定分析的基础上，发现自然界形成的凹凸棒石多以介于二八面体与三八面体的过渡态形式存在，故以 MgO 含量作为凹凸棒石的主要技术指标；吸附性和黏性是天然凹凸棒石的固有特性，所以亦将吸蓝量和黏度作为凹凸棒石的技术指标。

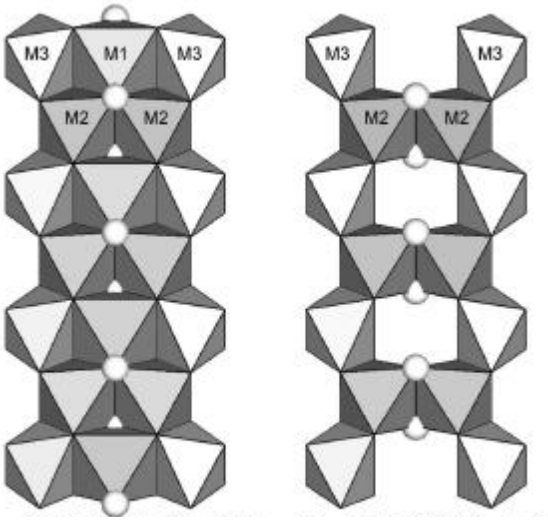

图 1 三八面体（左）和二八面体（右）层的结构示意图

2.1.2 技术指标确定

农业部公告第 1773 号《饲料原料目录》中将镁含量和水分作为凹凸棒石（粉）的强制性标识要求，凹凸棒石矿物中的镁以氧化物形式存在；吸蓝量高低反映了凹凸棒石的吸附能力，是衡量凹凸棒石性能的重要指标；黏度是反映凹凸棒石黏结性能的重要指标。同时参考国内外有关凹凸棒石的标准，并结合征求意见和预审专家的意见，确定了饲料原料凹凸棒石（粉）的主要技术指标为：氧化镁含量、吸蓝量、黏度、水分、粒度（0.9 mm 标准筛通过率）；卫生指标应符合 GB 13078 要求。

2.1.3 采样范围的确定

我国凹凸棒石主要分布在东南部、西部和中部地区，最大资源地和生产地是东南部的江苏和安徽，占全国已探明储量的 90%以上。另外，甘肃也有丰富的凹凸棒石资源。目前，商业化开采的矿区集中在江苏盱眙和安徽明光。因此，项目组调研采样的区域主要集中在江苏、安徽和甘肃。

2.2 凹凸棒石的鉴别方法

凹凸棒石是一种具有链层状结构的含水富镁铝硅酸盐矿物，具有明显的棒状结构。X 射线衍射分析的主要特征面间距有：*d*(110)1.05 nm、*d*(200)0.64 nm、*d*(040)0.44 nm、*d*(121)0.41 nm、*d*(400)0.32 nm、*d*(061)0.25 nm 等，其中 *d*(110)1.05 nm 可作为与其他矿物区别的特征标志。凹凸棒石矿物的红外吸收光谱特征谱：（1）高频区（3700 cm^{-1} ~ 3000 cm^{-1}）有 4 个吸收带，3546 cm^{-1} 吸收带为凹凸棒石的主要鉴定谱带。（2）中低频区（1670 cm^{-1} ~ 400 cm^{-1}）有 4 个吸收带，其中 512 cm^{-1} 和 480 cm^{-1} 形成一对较强双峰，是凹凸棒石的主要鉴定谱带。

项目组对凹凸棒石进行扫描电镜（图 2）、X 射线衍射（图 3）和红外光谱（图 4）分析，结果显示：凹凸棒石表面光滑、分散均匀，具有明显的棒状结构；凹凸棒石（粉）在 2θ=8.5° 左右时出现了最强峰，该峰属于凹凸棒石基础框架结构间距的特征峰；在 646、795、973、1031、3620 cm^{-1} 处出现特征吸收峰，分别对应 SiO_4、Al-O-Si、Si-OH、Si-O-Si 和与 Mg 相连的羟基。三种方法在鉴定凹凸棒石（粉）时，X 射线衍射具有唯一性，其他两种方法只可作为凹凸棒石（粉）鉴定的辅助方法。因此，标准文本中，选择 X 射线衍射法作为凹凸棒石（粉）的鉴别方法。

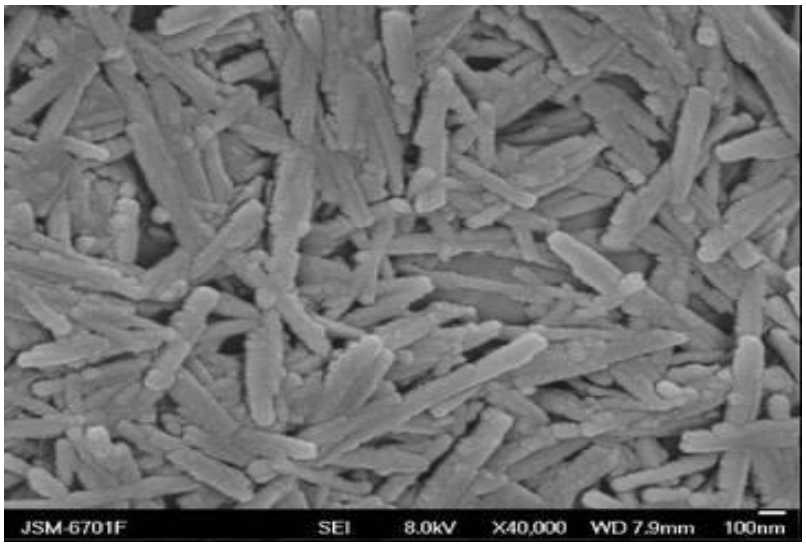

图 2 凹凸棒石（粉）的扫描电镜分析

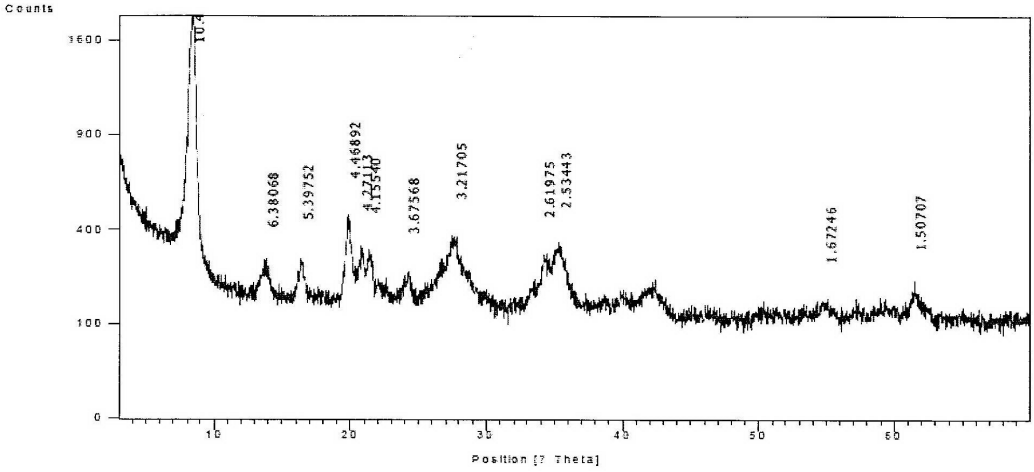

图 3 凹凸棒石（粉）的 X 射线衍射图谱

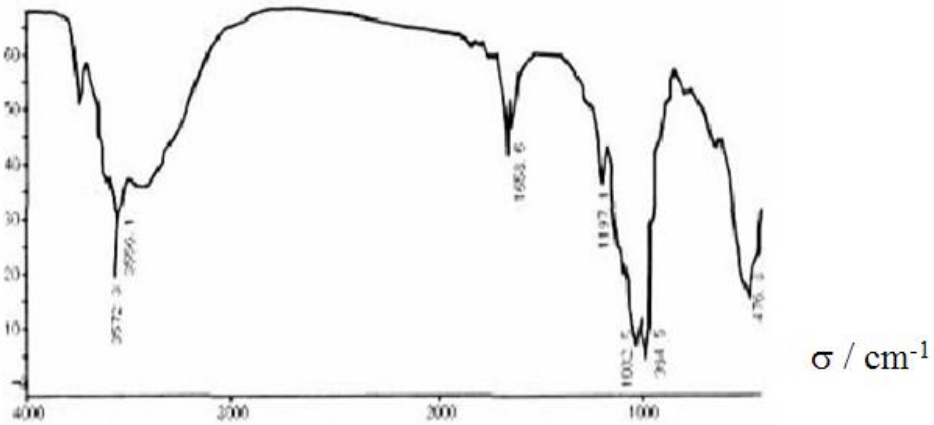

图 4 凹凸棒石（粉）的红外光谱分析图谱

2.3 氧化镁限量和检验方法

凹凸棒石属于典型的富镁铝硅酸盐矿物，镁作为凹凸棒石组成的结构元素，在维持其晶体结构中具有重要作用，当氧化镁含量低于 5%时，不能形成凹凸棒石特殊的结构形式。项目组参照 GB/T 41741-2022 《凹凸棒石黏土分级及测试方法》附录 A 中方法，对不同地区的凹凸棒石氧化镁含量进行分析，结果见表 2。结果显示，仅甘肃地区的一个样品氧化镁含量低于 5.0%，经分析是由于该矿物中凹凸棒石含量低、其他矿物含量较高造成的。因此，设定标准正文中氧化镁的限量指标≥5.0%。

表 2 氧化镁含量的测定结果

样品来源	MgO（%）
江苏样品 1	5.09
江苏样品 2	5.17
江苏样品 3	5.52
江苏样品 4	12.57
江苏样品 5	5.42
江苏样品 6	9.60
江苏样品 7	6.92
江苏样品 8	13.56
江苏样品 9	8.45
江苏样品 10	7.43
江苏样品 11	5.71

江苏样品 12	12.28
江苏样品 13	5.72
江苏样品 14	5.98
安徽样品 1	5.39
安徽样品 2	6.11
安徽样品 3	5.41
安徽样品 4	5.96
安徽样品 5	18.35
安徽样品 6	16.69
安徽样品 7	5.36
安徽样品 8	11.57
安徽样品 9	10.60
安徽样品 10	11.31
安徽样品 11	6.29
安徽样品 12	6.97
安徽样品 13	8.24
甘肃样品 1	5.63
甘肃样品 2	5.49
甘肃样品 3	11.38
甘肃样品 4	4.07
甘肃样品 5	5.24

甘肃样品 6	6.55
甘肃样品 7	5.42

2.4 吸蓝量限量和检验方法

吸蓝量是指凹凸棒石对水溶液中亚甲基蓝的吸附量，能够衡量凹凸棒石的吸附能力。项目组根据 GB/T 20973-2007《膨润土》中吸蓝量的测定方法测定了不同地区凹凸棒石矿物的吸蓝量，具体结果见表 3。结果中江苏 8 号样品和安徽 5、6、7、10 号样品以及甘肃 4 号样品吸蓝量低于 10 g/100 g，对照表 4 黏度的测定结果，江苏 8 号样品、安徽 6 和 10 号样品黏度大于 20 mPa•s。其中，安徽 5、7 号样品的吸蓝量低于 10g/100 g、黏度小于 20 mPa•s，经进一步分析是含有白云石所致，其它样品伴生有伊利石等矿物，凹凸棒石含量偏低。甘肃 4 号样品氧化镁含量低于 5.0%，说明该样品凹凸棒石含量较低。因此，项目组在标准文本中将凹凸棒石（粉）吸蓝量的限量设定为≥10 g/100 g。

表 3 吸蓝量的测定结果

样品来源	吸蓝量（g/100 g）
江苏样品 1	30.8
江苏样品 2	28.8
江苏样品 3	10.6
江苏样品 4	10.8
江苏样品 5	21.9
江苏样品 6	15.3
江苏样品 7	24.0

江苏样品 8	8.2
江苏样品 9	14.3
江苏样品 10	16.4
江苏样品 11	18.4
江苏样品 12	11.0
江苏样品 13	20.0
江苏样品 14	23.1
安徽样品 1	12.3
安徽样品 2	11.6
安徽样品 3	13.9
安徽样品 4	21.2
安徽样品 5	8.3
安徽样品 6	4.9
安徽样品 7	6.3
安徽样品 8	11.1
安徽样品 9	12.3
安徽样品 10	9.0
安徽样品 11	25.1
安徽样品 12	15.6
安徽样品 13	12.1
甘肃样品 1	13.2

甘肃样品 2	15.4
甘肃样品 3	11.1
甘肃样品 4	4.8
甘肃样品 5	18.9
甘肃样品 6	17.8
甘肃样品 7	22.3

2.5 黏度限量和检测方法

黏度是衡量凹凸棒石黏结性能最重要的指标。标准中对于“黏度”的测定引用了 GB/T 41741-2022 《凹凸棒石黏土分级及测试方法》附录 A 中方法，测定了不同地区凹凸棒石矿物的黏度，结果见表 4。江苏 3 号、安徽 5 和 7 号、甘肃 4 号样品黏度低于 20 mPa•s，经进一步分析安徽 5 号和 7 号样品是由于含有白云石所致，甘肃 4 号样品的凹凸棒石含量低。故项目组在标准文本中将凹凸棒石（粉）黏度的限量设定为≥20 mPa•s。

表 4 黏度的测定结果

样品来源	黏度（mPa•s）
江苏样品 1	131.2
江苏样品 2	190.4
江苏样品 3	5.2
江苏样品 4	65.6
江苏样品 5	22.9
江苏样品 6	178.0

江苏样品 7	62.1
江苏样品 8	40.9
江苏样品 9	49.0
江苏样品 10	32.1
江苏样品 11	56.3
江苏样品 12	56.2
江苏样品 13	27.1
江苏样品 14	34.6
安徽样品 1	109.4
安徽样品 2	21.3
安徽样品 3	29.1
安徽样品 4	63.2
安徽样品 5	18.3
安徽样品 6	97.8
安徽样品 7	11.9
安徽样品 8	36.7
安徽样品 9	50.0
安徽样品 10	38.9
安徽样品 11	93.5
安徽样品 12	29.7
安徽样品 13	40.3

甘肃样品 1	23.4
甘肃样品 2	79.0
甘肃样品 3	22.7
甘肃样品 4	3.06
甘肃样品 5	22.9
甘肃样品 6	33.1
甘肃样品 7	56.1

2.6 水分限量和检验方法

该指标是结合产品用途确定的。作为饲料原料添加，水分含量要求在10.0%以内。根据饲料企业生产要求，在标准文本中，将凹凸棒石（粉）水分的限量设定为≤10.0%。对于产品生产企业，通过晾晒和简单的焙烧可将水分含量控制在 10.0%以下。

水分检测方法采用 GB/T 6435-2014《饲料中水分的测定》中的直接干燥法进行。虽然该标准中已经说明该方法不适用于矿物质饲料原料，但凹凸棒石具有良好的热稳定性，在温度低于 400℃时，不会对凹凸棒石结构造成影响。项目组认为 GB/T 6435-2014《饲料中水分的测定》中的直接干燥法适合于凹凸棒石（粉）水分的测定。

2.7 粒度限量和检验方法

该指标是根据凹凸棒石（粉）生产和饲料生产需要确定的。粒度太粗不利于混合均匀，同时会影响其应用效果；太细会增加产品生产及应用过程中的能耗和粉尘。项目组参照 GB/T 21695-2008《饲料级　沸石粉》对粒度的要求，并结合生产企业的要求和应用企业的实际使用情况，本标准规定：粒

度的限量为 95%通过 0.9 mm（ ϕ200 × 50-0.9/0.5 ）分析筛。选用不同厂家的凹凸棒石（粉）产品，按照 GB/T 21695-2008《饲料级　沸石粉》中细度的测定方法测定，结果符合要求。

2.8 样品

根据确定的技术指标，将收集到的 24 个样本进行检测，结果见表 5，各指标的合格率均为 95.83%。

表 5 技术指标的测定结果（mg/kg）

样品来源	镁（以氧化镁计），%	吸蓝量，g/100g	黏度，mPa·s	水分，%	粒度（0.9mm 标准筛通过率），%
江苏样品 1	9.6	14.4	30.4	5.8	94.8
江苏样品 2	9.9	17.7	24.6	3.5	96.7
江苏样品 3	10.1	16.2	28.3	3.4	95.2
江苏样品 4	9.9	18.2	24.9	4.1	97.8
江苏样品 5	9.9	19.2	25.8	3.8	99.6
江苏样品 6	10.1	15.2	32.1	3.4	98.1
江苏样品 7	8.4	19.5	21.2	6.8	96.1
江苏样品 8	8.2	16.2	37.3	7.1	97.7
江苏样品 9	7.5	15.4	25.5	9.2	95.5
江苏样品 10	7.1	15.4	56.4	8.4	96.4
江苏样品 11	9.6	15.6	42.8	7.9	95.8
安徽样品 1	5.8	14.0	61.2	7.8	98.2
安徽样品 2	6.2	13.1	26.0	11.2	96.5

安徽样品 3	6.8	12.5	90.0	8.5	97.4
安徽样品 4	7.8	17.5	22.5	0.7	95.4
安徽样品 5	8.0	18.8	42.0	0.6	95.6
安徽样品 6	7.1	18.0	33.6	3.4	97.7
安徽样品 7	7.1	19.0	28.0	4.5	96.1
安徽样品 8	8.2	8.5	12.5	4.8	95.7
甘肃样品 1	5.5	19.5	23.4	6.5	100.0
甘肃样品 2	5.2	21.5	27.5	7.8	98.5
甘肃样品 3	4.0	19.0	25.6	8.5	100.0
甘肃样品 4	5.9	22.4	21.1	7.6	99.1
甘肃样品 5	5.6	18.7	21.8	7.8	100.0

根据《饲料卫生标准》（GB 13078）规定的卫生指标，将收集到的上述样本进行检测，结果如下，其中铅的合格率为 95.83%，其余指标的合格率为 100%。

表 6 卫生指标的测定结果（mg/kg）

样品来源	砷	铅	汞	镉	氟
江苏样品 1	0.36	5.87	--	--	338.21
江苏样品 2	0.27	6.84	--	--	10.93
江苏样品 3	0.19	5.13	--	--	52.64
江苏样品 4	0.55	0.34	--	0.01	105.9
江苏样品 5	1.17	12.3	0.06	0.26	75.13

江苏样品 6	0.1	4.93	--	--	--
江苏样品 7	0.07	7.61	0.05	--	40.12
江苏样品 8	0.38	2.55	0.03	0.21	5.98
江苏样品 9	0.38	8.95	0.01	0.06	88.54
江苏样品 10	1.58	3.24	--	0.04	47.63
江苏样品 11	1.02	4.48	0.04	0.11	94.25
安徽样品 1	0.15	2.99	--	--	45.9
安徽样品 2	0.23	2.33	--	--	65.71
安徽样品 3	--	6.09	--	--	112.14
安徽样品 4	0.09	4.98	--	--	33.56
安徽样品 5	2.01	6.24	--	0.04	8.96
安徽样品 6	2.02	6.08	0.04	0.05	14.56
安徽样品 7	0.08	--	0.03	--	74.52
安徽样品 8	1.63	3.21	--	0.02	6.98
甘肃样品 1	8.54	17.33	--	--	38.82
甘肃样品 2	4.04	8.62	--	--	34.27
甘肃样品 3	2.07	3.95	0.07	--	70.34
甘肃样品 4	1.01	0.81	0.07	--	--
甘肃样品 5	0.94	3.69	0.03	0.11	--

3、检验规则、标签、包装、运输、储存和保质期

参照相关类似产品标准，确定本标准中的检验规则、标签、包装、运输、

储存和保质期要求。

四、采用国际标准

在标准制定过程中，项目组参考了已颁布的国内外凹凸棒石相关标准，包括英国药典（BP2013）和美国药典（USP39）中有关凹凸棒石的指标要求、国家食品药品监督管理局国家药品标准（WS3-374(Z-059)-2000(Z)）中有关凹凸棒石的技术指标以及 GB 29225-2012《食品安全国家标准 食品添加剂凹凸棒粘土》的相关指标。

五、与现行法律法规和强制性标准的关系

本标准参考《饲料卫生标准》（GB 13078）、《饲料标签》（GB 10648）、《饲料和饲料添加剂管理条例》、《饲料原料目录（中华人民共和国农业部公告第 1773 号）》制定。与相关的各种基础标准相衔接，遵循了政策性和同一性协调的原则。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中，主要问题集中在对凹凸棒石（粉）进行功能分类和是否增加氧化钙的限量。

标准制定小组查阅了相关文献，并参考其他领域凹凸棒石标准，以及针对凹凸棒石（粉）在饲料生产过程中的使用目的，根据凹凸棒石的物理性质，将饲料原料凹凸棒石（粉）分为吸附型和黏结型两种类型。但在最终审查阶段，专家考虑到目前各饲料生产企业主要将凹凸棒石作为载体的形式添加，对饲料原料凹凸棒石（粉）进行“吸蓝量”或“黏度”的限制，排除了部分凹凸棒石作为饲料原料的使用。项目组成员认为，凹凸棒石具有良好的吸附性能和黏结性能是由其特殊晶体结构决定的，对凹凸棒石（粉）进行“吸蓝

量”和“黏度”的限定，有利于在饲料中更为合理的应用。

凹凸棒石矿物中的氧化钙主要来源于其伴生的白云石，该类凹凸棒石属于白云石凹凸棒石，外观为白色。如表 1 中 8 号样品，氧化钙含量较高，其吸蓝量为 6.3 g/100 g，黏度为 11.9 mPa•s，其吸蓝量和黏度均达不到本标准制定的限量，标准文本中吸蓝量和黏度的限量可将白云石凹凸棒石排除在外。因此，项目组认为没有必要增加氧化钙的限量指标。

七、作为强制性标准或推荐性标准的意见

建议本标准作为推荐性农业行业标准发布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议

可向凹凸棒石（粉）生产厂家和用户推荐采用本标准。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。

《饲料原料　凹凸棒石（粉）》农业行业标准起草工作组

2023 年 10 月 21 日