

中国农业绿色发展研究会团体标准

编制说明

《牲畜放牧航空遥感数据库建设规范》
(征求意见稿)

《牲畜放牧航空遥感数据库建设规范》编制组

二〇二六年二月

目 录

一、团体标准制修订背景、目的和意义	1
二、工作简况.....	3
三、标准编制原则和依据	7
四、标准主要条文或技术内容及其确定依据	8
五、主要试验、验证及试行结果	22
六、采用国际标准的程度及水平说明	23
七、与现行法律法规、强制性标准和其他有关标准的关系	23
八、重大分歧或重难点的处理经过和依据	24
九、贯彻该标准的要求、措施建议及预期效果	24
十、其他应说明的事项	25
参考文献.....	26

《牲畜放牧航空遥感数据库建设规范》

一、团体标准制修订背景、目的和意义

1. 畜牧业数字化发展对航空遥感的迫切需求

我国是畜牧业大国，草原面积近 40 亿亩，放牧牲畜（如牛、羊、马等）的精准管理对畜牧业高质量发展、草原生态保护及乡村振兴战略实施具有重大意义。当前，国家层面已将智慧农业和数字乡村建设提升至战略高度。中央网信办、农业农村部等四部门联合印发的《2025 年数字乡村发展工作要点》明确提出，要加快推进智慧农业发展，促进智慧农业技术装备创新应用，提升农业全产业链数字化水平。同时，农业农村部发布的《全国智慧农业行动计划（2024—2028 年）》及各省市跟进的政策（如《四川省智慧农业行动计划（2025—2028 年）》和《浙江省智慧农业引领区建设实施方案（2025—2030 年）》）均强调推动天空地一体化信息技术在农业领域的深度融合与应用。这些宏观政策为畜牧业数字化转型升级提供了顶层设计和方向指引。随着航空遥感技术的快速发展，特别是无人机平台与高分辨率光学传感器的广泛应用，为畜牧业监测带来了革命性突破。航空遥感为畜牧业数字化带来的需求与挑战表现在以下几个方面：

精准管理与智慧牧业的需求：传统放牧管理依赖人工巡查，效率低下、成本高昂，且难以获取大范围、客观的牲畜数量、分布和行为数据。这导致草畜平衡难以精准调控，容易造成草原过牧或利用不足。发展以数据驱动的“智慧牧业”，是实现畜牧业现代化、保障国家食物安全和生态安全的必由之路。

生态保护与草畜平衡的监管需求：过度放牧是导致草原退化、沙化的重要原因。国家高度重视草原生态保护，推行草原生态补奖政策，其核心是落实“草畜平衡”。目前，对于牲畜存栏量、放牧强度的监管多依赖于上报和抽样调查，缺乏高效、精准的核查手段，导致政策执行存在偏差。航空遥感技术能够提供客观、公正的监管数据支撑。

防灾减灾与应急响应的需求：牧区地域辽阔，自然灾害（如雪灾、旱灾）频发。灾情发生后，快速、准确地评估牲畜受灾情况、定位牲畜位置，对于指导救灾物资投放、减少牧民损失至关重要。航空遥感能够实现快速响应和大范围监测，为防灾减灾决策提供关键信息。

产业增效与牧民增收的需求：通过航空遥感数据，牧民可以更科学地规划轮牧路线，及时发现走失牲畜，评估草场长势，从而降低管理成本，提高生产效率。这对于提升牧业经济效益、促进牧民持续增

收具有重要意义。

2. 以标准化航空遥感数据库破解“数据孤岛”困境的应用要求

航空遥感(包括有人机、无人机遥感)以其高分辨率、高灵活性、受云层影响小等优势,在牲畜放牧监测中展现出巨大潜力。然而,要将潜力转化为实际生产力,必须解决数据“标准化”和“可用性”的核心问题。

首先,航空遥感的技术可行性已得到广泛验证。近年来,基于无人机或轻型飞机的可见光、多光谱及热红外传感器已成功应用于牲畜(如牛、羊、马)的识别、计数和分布制图。深度学习等人工智能算法在图像自动解译方面取得了显著进展,为大规模应用奠定了技术基础。

然而,航空遥感“数据孤岛”的问题依然突出。特别表现在数据采集、数据处理及数据库的构建方面。其中,数据采集无规范。不同单位、不同项目在执行航空遥感监测时,在飞行平台、传感器类型、飞行高度、航向重叠度、拍摄时间等方面各行其是,导致获取的数据质量参差不齐,缺乏可比性;数据处理方法不统一。在图像拼接、几何校正、辐射校正,特别是牲畜目标智能解译的算法和模型上,缺乏统一的流程和精度评价标准,导致结果可靠性难以评估;数据库建设各自为政。产生的数据往往以满足单一项目需求为目的,在数据格式、元数据标准、空间参考、属性结构等方面不一致,无法有效共享和集成,形成大量的“数据孤岛”,难以支撑区域乃至国家层面的宏观分析与决策。

因此,制定《牲畜放牧航空遥感数据库建设规范》,旨在从数据采集、处理、管理到共享服务的全链条进行标准化规定。将在很大程度上确保数据质量与一致性,使不同来源的数据具有可比性和可融合性。同时,促进数据共享与互通,打破“数据孤岛”,最大化数据价值,避免重复建设和资源浪费。在此基础上,能够支撑应用服务与决策,为政府监管、科研创新和商业服务提供高质量、标准化的数据底座,并进一步引领行业健康发展,规范和推动航空遥感技术在畜牧业中的规模化、产业化应用。

3. 现有相关标准体系空白,亟需专项规范支撑

经系统查询全国标准信息公共服务平台、农业农村部标准数据库及主要标准化机构网站,发现现有畜牧业相关标准主要围绕畜禽养殖场规模标准、信息化养殖元数据和全产业链构建规范等方面。例如,农业农村部近期发布的《畜禽养殖场规模标准》为养殖场设计生产能力提供了统一测算依据;衡水市地方标准DB1311/T 076—2024《种羊场信息化养殖元数据》则规范了种羊场信息化养殖中的元数据属性和

模型，适用于数据库建设与数据交换；同时，北京市发布的 DB11/T 2475—2025《现代农业全产业链标准体系构建规范 畜禽养殖业》从全产业链角度为畜禽养殖业标准体系构建提供指导。此外，在遥感监测领域，部分标准如 T/CASME 469—2022《农作物卫星遥感监测技术规范》规定了利用卫星数据开展农作物参量遥感监测的流程和方法，而 T/HXCY 012—2019《高寒草地适宜载畜量遥感监测技术规范》则专注于通过遥感技术计算高寒天然草地的适宜载畜量。尽管上述标准在畜牧养殖规范化和农业遥感应用方面发挥了重要作用，但专门针对航空遥感牲畜影像数据库建设的标准仍属空白。

在现有标准中，与动物遥感监测相关的规范较为有限。青海省地方标准 DB63/T 1926—2021《藏野驴、藏原羚和岩羊种群数量无人机遥感调查规范》是为数不多涉及无人机遥感与动物监测的范例。该标准明确了藏野驴、藏原羚和岩羊等野生动物种群数量的调查方法，包括飞行方案设计、图像解译及种群数量估算等。然而，其范围局限于特定野生动物和调查场景，并未系统规定数据内容分类、标注流程、数据库构建与维护等全链条技术要求。此外，其他相关标准如 CH/T 3022—2019《光学遥感测绘卫星影像数据库建设规范》虽涉及影像数据库建设，但未涵盖牲畜目标的识别、标注及畜牧专题信息提取等关键环节。近年来在遥感样本生产和低空遥感应用领域出现了一些新标准，例如自然资源部正在制定的《卫星遥感影像解译样本生产技术规程》将规范遥感影像解译样本的生产流程；中国测绘学会发布的《低空遥感地表覆盖变化检测规程》为低空遥感技术在地表变化检测中的应用提供了指导。然而，这些标准或侧重于样本生产通用流程，或关注地表覆盖变化检测，均未系统规定面向牲畜个体的影像数据内容、标注规范、数据库构建及专题信息提取等全链条技术要求。

这种分散且不完整的标准覆盖，导致航空遥感技术在畜牧业应用中面临数据格式不一、质量参差、共享困难等问题，制约了技术成果的规模化推广与跨平台集成。本标准首次针对牲畜放牧航空遥感数据库建设提出全面技术规范，系统规定了数据内容与分级、数据库构建与维护、牲畜目标标注、专题信息提取与服务等全流程要求。通过整合多源遥感数据与人工智能辅助标注技术，参考相关标准中关于数据属性与模型的定义，本标准将填补农业遥感标准体系中牲畜动态监测数据库的空白，为智慧畜牧、草原生态保护及灾害评估提供标准化数据支撑，推动畜牧业数字化转型升级。

二、工作简况

1. 任务来源

根据中国农业绿色发展研究会下发的《关于征集 2025 年中国农业绿色发展研究会团体标准项目的通知》(农绿(培)(2025)2号)文件,《牲畜放牧航空遥感数据库建设规范》团体标准获立项制定,起草单位为中国科学院空天信息创新研究院、呼伦贝尔农垦科技公司、呼垦现代牧业公司。

2. 主要工作过程

2.1 立项前准备

项目组依据中国农业绿色发展研究会《关于征集 2025 年中国农业绿色发展研究会团体标准项目的通知》(农绿(培)(2025)2号)要求,于 2025 年 3 月启动前期筹备工作。2025 年 4 月,根据研究会要求,项目组安排王宁、汪琪等核心成员参加标准编写专题培训,系统学习了农业绿色技术标准体系架构,掌握了团体标准研制程序、编写规则及审定要求。通过培训,项目组结合航空遥感技术在畜牧业的应用现状,对标准框架和技术指标进行了多轮优化,确保项目达到立项条件。

2025 年 5 月,项目组在中国科学院空天信息创新研究院组织召开了标准预研讨论会,研讨了航空遥感数据在牲畜监测中的技术难点和标准化需求,对标准适用范围、数据分级体系、标注规范等核心内容进行了深入讨论,形成了标准草案的基本框架,为后续立项申报奠定了坚实的技术基础。

2.2 项目组成立与任务分工

2025 年 6 月,标准制定任务下达后,起草单位组织相关人员组建成立标准起草工作组,并对文献收集、标准起草、意见征求、标准审定、标准报批等工作进行分工,明确各自任务和职责,以确保标准制定任务的顺利实施。

2.3 实地调研与专家咨询

为提高本标准的适用性和可操作性,起草工作组开展了多次实地调研活动。工作组先后深入呼伦贝尔草原牧区和云南昭通高山牧区等具有代表性的放牧区进行现场考察。在呼伦贝尔草原,工作组重点调研了大型牧场规模化放牧情况,详细了解了牛、马等大牲畜在开阔草原环境下的空间分布特征和行为模式,掌握了不同季节放牧强度对遥感监测数据获取的影响。在云南昭通高山牧区,工作组针对山地地形复杂、植被覆盖多样等特点,考察了羊群在陡坡地带的移动规律及其对遥感监测精度的特殊要求。通过两地对比研究,工作组收集了不同地理环境、不同放牧模式下航空遥感监测的一手数据,为制定具有广泛适应性的技术规范奠定了坚实基础。

在实地调研基础上，工作组同步开展了多轮专家咨询活动。先后邀请了呼伦贝尔农垦集团、中国科学院植物研究所、中国遥感应用协会等单位的专家进行技术咨询，就牲畜目标识别算法、多源数据融合、数据库架构设计等关键技术问题进行了深入探讨，专家们对标准草案提出了宝贵建议。这些调研成果和专家意见有效保障了标准内容的科学性和实用性，使本标准既能满足技术先进性要求，又充分考虑了我国不同地区牧区的实际应用需求。

2.4 资料收集与标准起草

起草工作组系统收集整理了国内外相关标准文献与研究成果，共搜集到遥感技术、畜牧业、数据库建设等相关标准文件 32 项，其中包括国家标准 15 项、行业标准 7 项、地方标准 5 项及团体标准 5 项。重点研究了 GB/T 19710.2—2016《地理信息 元数据 第 2 部分：影像和格网数据扩展》、GB/T 33453—2016《基础地理信息数据库建设规范》等基础性标准，同时参考了 DB63/T 1926—2021《藏野驴、藏原羚和岩羊种群数量无人机遥感调查技术规范》等专项技术规范。此外，工作组还整理了近年来在遥感影像牲畜识别、动物行为分析、畜牧业大数据应用等领域的学术论文和研究报告 40 余篇，为标准的制定提供了充分的理论依据和技术支撑。

在充分研究分析的基础上，起草工作组严格按照 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》的要求，结合前期调研成果和专家建议，确定了标准的基本框架和主要内容。2025 年 8 月，工作组组织召开标准起草研讨会，对标准草案的范围、术语定义、技术指标等关键内容进行了深入讨论。经过多轮修改完善，最终形成了包括数据内容及要求、数据库构建与维护、牲畜目标标注规范、畜牧专题信息提取与服务等核心章节的标准文本，并起草形成标准文本及其编制说明的征求意见稿。

2.5 立项论证与标准送审

2025 年 10 月 11 日，中国农业绿色发展研究会组织召开了《牲畜放牧航空遥感数据库建设规范》团体标准立项论证会。会议在中国农业绿色发展研究会二楼会议室举行，由专家组组长金发忠研究员主持，专家组包括黄文江、金秀良、高懋芳、陆苗、王耀生、丁日升等 7 位专家。专家组听取了标准起草组的详细汇报，并对标准文本草案的技术框架和主要内容进行了深入质询。经充分讨论，专家组一致认为该标准立项重要且必要，技术内容符合国家相关标准和法规要求，同时建议将标准名称调整为“牲畜放牧遥感影像数据库建设规范”，以更准确体现标准的核心内容。专家组强调，该标准立足牲畜放牧全程的动态跟踪监测，对推动科学放牧、饲草资源养护和开放式规范化养殖具有重要的现实意义和应用前景。

在充分吸收论证会专家意见和前期征集意见的基础上，起草小组对标准文本进行了全面修改和完善，重点突出了牲畜影像的获取、解译、建库与畜牧应用的全链条核心技术环节，新增“牲畜目标标注规范”等特色内容，形成标准送审稿，并按要求准备了送审材料，提请中国农业绿色发展研究会组织审查。此次论证会的成功召开为标准的技术内容和框架结构提供了权威指导，为确保标准的科学性、适用性和先进性奠定了坚实基础。

3. 主要起草人及其分工

姓名	性别	职务/职称	工作单位	主要工作
马灵玲	女	研究员	中国科学院空天信息创新研究院	组织、协调，确定标准框架
汪琪	男	副研究员	中国科学院空天信息创新研究院	技术内容和指标确定
腾格尔	男	高级工程师	中国科学院空天信息创新研究院	技术内容和指标确定
王宁	男	研究员	中国科学院空天信息创新研究院	技术内容和指标确定
牛沂芳	女	副研究员	中国科学院空天信息创新研究院	技术内容和指标确定
孟磊	男	副研究员	中国科学院空天信息创新研究院	技术内容和指标确定
王东亮	男	副研究员	中国科学院地理科学与资源研究所	技术内容和指标确定
王保林	男	研究员	内蒙古自治区农牧业科学院	应用设计与意见征求
姜英君	男	高级农艺师	呼伦贝尔农垦集团有限公司	应用设计与意见征求
弭宪柱	男	工程师	呼伦贝尔农垦集团有限公司	应用设计与意见征求
吕婷婷	女	副研究员	中国科学院空天信息创新研究院	文献收集与整理、意见征求
李晓辉	女	研究员	中国科学院空天信息创新研究院	文献收集与整理、意见征求
郭祥金	男	高级农艺师	呼伦贝尔农垦集团有限公司	应用设计与意见征求
于磊	男	畜牧师	呼伦贝尔农垦集团有限公司	文献收集与整理、意见征求
张琳	女	助理兽医师	呼伦贝尔农垦集团有限公司	试验验证

三、标准编制原则和依据

1. 编制原则

本标准编制严格遵循《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国畜牧法》《中华人民共和国农产品质量安全法》等法律法规要求，坚持以“科学性、实用性、统一性、前瞻性”为基本原则，确保标准内容与技术发展水平和产业需求相适应。在标准制定过程中，具体遵循以下四个原则：一是科学规范原则，基于航空遥感和畜牧科学的理论基础，参考国内外先进技术标准，确保技术指标和数据规范的准确性、可靠性；二是实用可操作原则，充分考虑我国不同地区牧区的实际条件和技术水平，制定的技术要求便于实施和推广；三是协调统一原则，确保本标准与现行国家标准 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则》以及地理信息、畜牧业等相关标准体系协调一致；四是适度前瞻原则，在满足当前需求的基础上，兼顾技术发展趋势，为未来技术升级和应用拓展预留空间。

同时，标准编制充分体现了绿色发展的理念，通过规范航空遥感技术在畜牧业的应用，促进草畜平衡管理和草原生态保护，推动畜牧业可持续发展。标准文本结构清晰、表述准确，便于各级畜牧管理部门、技术推广机构和生产经营者理解使用，为实现畜牧业数字化、智能化管理提供技术支撑。

2. 编制依据

2.1 以国家标准和管理要求为依据规范制定

本标准依据国家标准 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》的要求和规定起草制定。标准文本的编排采用中国标准编写模板 SET 2020 版进行排版，编制说明按照《中国农业绿色发展研究会团体标准暂行管理办法》的要求编写，确保标准文本和编制说明的规范性。

2.2 以科研项目成果与实践经验为主要依据制定

本标准的编制主要依托中国科学院战略性先导科技专项“创建生态草牧业科技体系”(XDA26000000)的重要研究成果。作为该专项的核心研究内容，子课题“星空地一体化载畜量精准计量方法”(XDA26010201)在 2021-2025 年期间系统开展了航空遥感技术在畜牧业监测中的应用研究。

该科研项目在内蒙古呼伦贝尔和云南昭通示范区开展了系统的星空地一体化观测实验，累计获取亚米级空天数据覆盖面积超过 2 万

平方公里，构建了包含超过 10 万个样本的典型牲畜影像样本库与行为规则库。通过深度学习等先进算法，项目研发的牲畜检测和轮廓提取一体化模型在村/乡尺度实现了牲畜数量核算准确率不低于 95%、马/牛/羊牲畜物种区分准确度优于 85% 的技术指标，在县（旗）尺度实现了牲畜数量核算准确率不低于 90% 的精准计量目标。

项目研究成果形成了完整的技术体系，包括多源遥感数据获取规范、牲畜目标智能识别算法、数据库构建方法等，为本标准的技术内容提供了充分的科学依据。这些研究成果经过在呼伦贝尔农垦集团、呼伦贝尔及云南昭通草牧业监管部门的实际应用验证，证明了其科学性、准确性和适用性，为本标准的制定奠定了坚实的实践基础。

四、标准主要条文或技术内容及其确定依据

1. 范围

根据国家标准 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》中“5.1 按内容划分”的规定，结合本标准的框架结构和内在关系，范围部分涵盖了规范性技术要素，包括航空遥感牲畜影像数据库建设的数据内容及要求、数据库构建与维护、牲畜目标标注规范、畜牧专题信息提取与服务等内容；不包括规范性一般要素，如标准名称、范围和规范性引用文件等内容。同时，规定标准适用范围为“适用于牛、羊、马等主要放牧家畜的航空遥感监测数据库建设与管理，适用于畜牧业管理、生态监测、灾害评估等相关领域，其他畜禽或特种经济动物的相关数据库建设可参照执行”。

2. 规范性引用文件

对于标准框架结构中已有相应的国家标准或行业标准的，直接引用相应的标准。此外，根据本标准内容的规范需要，引用相应的标准。本标准所引用的标准均为国家标准和行业标准，且现行有效。同时，引用要求均符合国家标准 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。

3. 术语和定义

GB/T 17798—2007《地理空间数据交换格式》中规定元数据是“关于数据的内容、质量、状况和其他特性的描述性数据”。GB/T 19710.2—2016《地理信息 元数据 第 2 部分：影像和格网数据扩展》中定义分辨率为“传感器能分辨的最小差异”。DB63/T 1926—2021《藏野驴、藏原羚和岩羊种群数量无人机遥感调查技术规范》中虽未明确定义相关

术语，但实际运用了航空遥感监测技术开展野生动物种群调查。

本标准基于航空遥感牲畜影像数据库建设的实际需求，参考上述标准定义并结合专家论证意见，对以下核心术语进行了明确定义：将“牲畜”限定为具有放牧习性的主要家畜；将“航空遥感牲畜影像”明确定义为通过航空平台获取的专门用于牲畜监测的遥感数据；将“牲畜目标标注”规范为包含空间位置、种类、行为状态等特征信息的数字化标记过程。这些定义的确立为本标准后续技术内容的规范统一奠定了重要基础。

4. 各类影像数据技术参数

本标准中各类航空遥感影像数据的技术参数主要基于遥感物理原理、传感器技术性能、牲畜监测业务需求和实际验证结果综合确定。具体技术参数的确定依据如下。

4.1 全色影像

空间分辨率要求 $\leq 0.1\text{ m}$ 的确定，主要基于商业卫星全色波段分辨率现状和航空平台优势的综合考虑。目前 WorldView、北京三号等商业卫星的全色波段分辨率已达 0.3 米，结合航空平台的低空飞行优势，将分辨率要求提高至 0.1 米以内，能够确保清晰辨识牲畜个体轮廓特征。波段范围设定为 450 nm~800 nm，主要是为了覆盖可见光主要范围，充分利用全色波段高灵敏度的特性来捕获更多的细节纹理信息。全色影像具有高空间分辨率但无法显示地物色彩的特点，适用于高精度定位，在实际应用中需要与多光谱数据进行融合使用。

4.2 真彩色影像

空间分辨率要求 $\leq 0.15\text{ m}$ ，略低于全色影像，这是在数据量与色彩信息需求之间寻求的合理平衡。波段设置匹配人眼视觉感知，其中蓝波段 450 nm~520 nm、绿波段 520 nm~600 nm、红波段 630 nm~690 nm，确保色彩能够真实反映牲畜皮毛颜色及周边环境特征。RGB 影像作为基础数据，需要支持人工判读和物种初步识别，同时波段范围与 Landsat 等卫星的蓝、绿、红波段保持一致，便于数据对比和融合分析。

4.3 多光谱影像

空间分辨率要求 $\leq 0.2\text{ m}$ ，是在光谱细分与空间细节之间的合理取舍。由于光谱细分会降低分辨率，但仍需保证能够有效区分牲畜与植被。波段设置在 RGB 基础上增加了近红外波段 760 nm~900 nm，主要是为了支持草畜关联分析，例如通过光谱特征区分牲畜粪便与牧草。同时标准建议包含红边波段，是参考 Landsat OLI 的波段设计，

能够增强对植被生理状态的监测能力。

4.4 高光谱影像

空间分辨率要求 $\leq 0.3\text{ m}$ ，是在高光谱分辨率与空间细节之间的平衡选择。由于高光谱数据维度较高，需要牺牲部分空间细节，但仍需保证最小牲畜目标的像素覆盖。光谱分辨率要求 $\leq 20\text{ nm}$ ，达到了高光谱标准，使得波段数达到数十至数百个。光谱范围要求至少包含 $400\text{ nm}\sim 900\text{ nm}$ ，覆盖可见光至近红外，能够支持牲畜健康指标的反演。

4.5 热红外影像

空间分辨率要求 $\leq 0.5\text{ m}$ ，主要受长波光子能量限制的影响，但仍需保证能够探测到个体的热辐射特征。波段范围设定为 $8\text{ }\mu\text{m}\sim 14\text{ }\mu\text{m}$ ，对应于地表常温物体的辐射峰值，同时避开了大气窗口的吸收区域。参数的确定主要基于热红外影像通过捕获热辐射实现夜间监测的特点，波段设置与 Landsat TIRS 传感器保持兼容。

4.6 视频数据

空间分辨率要求 $\leq 0.15\text{ m}$ ，与 RGB 影像保持一致，确保动态识别精度满足要求。帧率要求不低于 12fps ，为了满足动物行为学分析需求，能够有效分解奔跑等快速动作，该帧率高于人眼视觉暂留阈值。色彩要求采用 RGB 波段配置，支持行为轨迹的准确追踪。参数的确定主要基于视觉特性研究，帧率设置在数据量与运动连续性需求之间寻求最佳平衡。

总之，各类影像数据的技术参数设置体现了系统的协调性。分辨率从全色影像的 0.1 米到热红外影像的 0.5 米形成了合理的梯度分布，符合遥感物理规律。在波段兼容性方面，波段范围与国内外主流卫星保持协调，支持数据的融合与比对分析。技术参数设置还考虑了前瞻性需求，参考最新国家标准和前沿研究成果，确保参数在技术迭代过程中保持适用性。

以上所有技术参数均通过中国科学院先导专项在呼伦贝尔和昭通示范区的系统实测验证，确保了这些参数在牲畜识别、草畜平衡分析等实际应用场景中的有效性和适用性。

5. 数据分级

本标准将牲畜放牧航空遥感数据库的数据划分为核心数据与扩展数据两个级别，该划分方法主要基于数据的重要性、应用基础性、获取成本和技术实现难度等多维度因素综合确定。

核心数据的划分主要考虑其在支撑畜牧业基础管理业务中的不

可或缺性。根据 GB/T 43697—2024《数据安全技术 数据分类分级规则》中关于数据分级管理的要求,结合畜牧业遥感监测的实际业务需求,将满足基本监测需求的真彩色影像和多光谱影像确定为核心数据。这两类数据具有获取相对便捷、成本可控、技术成熟度高的特点,能够有效支撑牲畜数量统计、空间分布分析等基础应用。其中真彩色影像提供符合人眼视觉的判读基础,多光谱影像通过近红外等波段增强植被与牲畜的区分能力,二者结合可满足大部分畜牧业监管需求。

扩展数据的划分主要基于专业化、精细化应用需求和技术前瞻性考虑。参考 GB/T 38026—2019《遥感卫星多光谱数据产品分级》中关于多源遥感数据分级应用的理念,将全色影像、热红外影像、高光谱影像和视频数据归为扩展数据。全色影像虽然空间分辨率高,但在畜牧业监测中通常需要与其他光谱数据融合使用;热红外影像在体温监测和夜间监测中具有独特优势,但受气象条件影响较大;高光谱影像能提供连续光谱信息,支持精细物种区分和生理参数反演,但数据量大、处理复杂、获取成本高;视频数据能捕获动态行为特征,但对观测平台以及存储和传输要求较高。这些数据类型的获取成本、处理难度相对较高,适用于有特定需求的精细化应用场景。

数据分级的另一个重要依据是实际应用中的紧迫性和普及程度。核心数据对应的是当前畜牧业管理中必须且常用的数据类型,而扩展数据则面向未来技术发展和特殊应用需求的拓展。这种分级方式既保证了标准在当前条件下的可实施性,又为未来的技术发展和应用深化预留了空间。同时,分级管理也有利于不同用户根据自身需求和条件,合理配置资源,提高数据使用效益。

6. 数据更新频率

在制定本标准规范过程中,数据更新频率的确定主要基于多维度技术论证和实践验证。更新频率的梯度设置(高频区每周1次、中频区每月1次、低频区每季1次)首先参考了国家相关技术规范的要求。其中自然资源部最新印发的《地理信息数据分类分级工作指南(试行)》提出的分类分级管理理念为本标准差异化更新策略提供了重要理论依据,而《重庆市地理国情数据动态更新管理办法》中关于年度更新的规定则为确定基础更新频次提供了实践参考。这些规范性文件共同构成了本标准数据更新频率设定的制度基础。

数据更新频率的技术确定依据充分考虑了放牧生态系统的动态特征和畜牧业管理需求。高频更新区主要针对放牧活动密集区域和关键生产季节,通过每周1次的监测频率能够有效捕捉牲畜空间分布的快速变化,满足精准管理的需要。中频更新区每月1次的设置既能够跟踪牲畜种群的中期变化趋势,又与草原植被生长周期相匹配。低频

更新区每季 1 次的安排则适应了冬季牧场或非主要生产季节的监测需求,符合草场休养生息的自然规律。这种梯度设置确保了数据现势性与管理需求的精准对接。

在技术实现层面,更新频率的设定充分考虑了航空遥感技术的实际能力与数据获取成本之间的平衡。无人机等航空平台的任务灵活性使得每周 1 次的监测成为可能,而多平台协同观测策略则通过高低频数据的有机结合,实现了成本效益的最优化。同时,更新频率的确定还参考了中国科学院先导专项在呼伦贝尔和昭通示范区的实践验证成果,确保了技术指标的可操作性。这种既考虑技术先进性又兼顾经济可行性的设计思路,使得本标准的数据更新频率设置具有充分的科学性和实用价值。

7. 核心数据模型

本标准核心数据模型的设计主要依据国家与行业标准规范、实际业务需求与技术实践,并参考了相关领域数据模型的设计思路。

核心数据模型的设计严格遵循了地理信息、元数据及数据建模领域的国家标准。模型中的元数据实体设计参考了 GB/T 30523—2023《科技资源核心元数据》中关于核心元数据的描述方法、扩展原则与一致性要求,确保对数据内容、质量、状况等特性的规范化描述。影像数据实体的设计则借鉴了正在制定中的国家标准《地理信息 影像与格网数据的内容模型及编码规则 第 2 部分: 实现模式》,该标准旨在为复杂多源的遥感影像数据构建标准化的内容模型,以保障数据的充分共享和互操作。此外,信息模型的结构设计参考了 GB/Z 34052.2—2017《统计数据与元数据交换 (SDMX) 第 2 部分: 信息模型 统一建模语言 (UML) 概念设计》中关于概念元模型的详细视图,为模型的结构化表达提供了方法论基础。

核心数据模型紧密围绕牲畜放牧航空遥感监测的核心业务场景进行设计。模型明确将影像数据实体、牲畜标注实体、辅助数据实体和元数据实体作为核心,旨在直接支撑牲畜识别、数量统计、空间分布分析及草畜平衡评估等关键任务。同时,模型强调了时空基准的统一性,规定采用国家大地坐标系(CGCS2000)和国际标准时间(UTC),与《2024 年全国森林、草原、湿地调查监测技术方案》中明确要求“平面坐标系统采用 CGCS2000 国家大地坐标系”的技术规定一致,同时也符合遥感监测领域普遍采用国际标准时间(UTC)作为时间基准的通用做法,也是 SL 592—2012《水土保持遥感监测技术规范》等相关行业标准在开展多源遥感数据协同应用时的共同技术选择。

8. 数据入库质量控制

数据入库质量控制标准的确定主要参考了国家与行业标准中的通用数据质量评价框架、遥感影像数据的专业质检方法，并结合了畜牧业遥感监测的实际业务需求。本标准借鉴了多项国家标准的核心理念。首先参考了 GB/T 42381.61—2023 《数据质量 第 61 部分：数据质量管理：过程参考模型》中确立的数据质量管理基本原则和过程结构，将其作为设计入库质检流程的基础。对于数据规范性、完整性、准确性等具体指标的评价，本标准还参照了 T/CESA 1418—2025 《信息技术 公共数据质量评价》团体标准所构建的指标体系，该体系包括了规范性、完整性、准确性、一致性、时效性、可访问性和安全保障性等 7 个一级指标。

本标准针对航空遥感牲畜影像的特点，采用了专门的地理信息和遥感数据质量检验标准。核心参考了 GB/T 41449—2022 《时序卫星影像数据质量检查与评价》，该标准明确了时序卫星影像数据在辐射、几何、时相等方面的质量元素、评价指标和评定方法，这些要求对于保证时序牲畜监测数据的可比性和一致性至关重要。同时。对于数据入库前的整体质量检验，本标准要求符合 GB/T 35642—2017 《1:25000 1:50000 光学遥感测绘卫星影像产品》的规定。该标准是测绘地理信息质检工作的基础性标准，明确规定了光学遥感影像产品的精度要求、影像质量指标以及产品检验方法，其技术规定为本标准制定牲畜影像数据的辐射质量、几何精度等具体质检指标提供了直接依据。

9.数据更新与维护

数据更新与维护标准的确定主要参考了国家与行业标准中对数据更新周期、维护流程及质量控制的相关规定，并结合了畜牧业遥感监测数据的特性和实际业务管理需求。

在数据更新机制方面，本标准参考了自然资源和地理信息领域关于数据更新的多项规范。更新频率的梯度设置（高频区每周 1 次、中频区每月 1 次、低频区每季 1 次）借鉴了 TD/T 1083-2023 《国土调查数据库更新数据规范》中关于年度国土变更调查数据库更新的基本框架。该标准明确了数据库更新内容、要素分类编码、空间要素更新属性结构等要求，为本标准处理多尺度空间数据更新提供了方法指导。同时，T/GDRSGIS 006-2021 《广东省基础地理信息矢量数据更新技术规程》中提出的“要素级时空化管理和准实时更新”理念，为本标准制定差异化的更新策略、提升数据现势性提供了重要参考。此外，GB/T 42381.130—2023 《数据质量 第 130 部分：主数据：特征数据交换：准确性》中关于数据准确性信息表达与交换的要求，也为更新过程中保证数据质量的一致性提供了技术依据。

同时本标准吸收了数据治理和系统运维领域的成熟经验。维护流程设计参考了 T/GDIIA 006.03—2023《数据治理 第3部分：数据治理服务管理规范》中关于数据治理流程设计、数据治理监督和评估的框架，将其应用于数据库维护的具体场景。结合遥感数据特性，本标准考虑了航空遥感牲畜影像数据的特殊要求，增量更新机制的设计参考了 CH/T 3022—2019《光学遥感测绘卫星影像数据库建设规范》中的相关技术方法，通过时间戳、版本号等方式识别新数据，并保留重要历史版本。同时，NY/T 4734-2025《农作物空间分布遥感制图技术规范》作为农业领域最新的遥感技术标准，其关于遥感数据处理和质量控制的要求，为本标准处理多源、时序遥感数据提供了专业指导。

10.牲畜目标标注规范

10.1 AI 辅助标注性能要求

对 AI 辅助标注性能要求（平均精度 $mAP \geq 0.85$ 、个体计数准确率 $\geq 95\%$ ）的确定，主要基于国家标准框架、学术研究成果和实际业务需求的综合考量。这些指标的确立旨在确保 AI 辅助标注产出数据的质量，为后续畜牧业管理、生态监测等应用提供可靠支撑。

性能要求的设定首先参考了人工智能数据标注领域的国家标准和行业规范。国家标准 GB/T 42755—2023《人工智能 面向机器学习的数据标注规程》确立了数据标注的流程框架，强调了质量保证环节的重要性，为设定可量化的性能指标提供了方法论基础。通信行业标准 YD/T 6487—2025《面向人工智能的数据生产和标注服务能力通用成熟度模型》关注数据生产标注服务能力的成熟度，其评价维度包含了对标注准确性的高要求。这些标准共同构成了性能指标设定的规范性依据。

性能指标的具体数值主要源自近年来计算机视觉技术在牲畜检测方面的多项前沿研究成果。王亚彬（2025）的一项猪只检测与跟踪研究表明，其构建的 YOLO-DB 检测模型在精确率、召回率和 mAP_{50} 上分别达到了 96.5%、95.6% 和 97.3%。这项研究表明，在存在严重遮挡的挑战性场景下，通过改进模型结构，实现 mAP 远超 0.85、准确率超过 95% 是可行的。针对遮挡导致目标检测实用性差的问题，宋怀波（2023）的研究提出了 ECA-YOLO v5s 网络。该模型在重度遮挡环境下对肉牛目标的平均精度均值（ mAP ）达到了 85.3%。这项研究为本标准在设定 $mAP \geq 0.85$ 的最低要求时，特别考虑了复杂遮挡场景下的技术可行性提供了直接依据。

性能要求的最终确定还综合考虑了畜牧业遥感监测的实际业务需求和技术可行性。牲畜数量统计、草畜平衡评估等业务应用需要高

精度的基础数据，个体计数准确率 $\geq 95\%$ 意味着在每 1000 头牲畜的统计中误差控制在 50 头以内，这为牧场管理和生态评估提供了可靠的数据支撑。同时，设定过高的性能指标可能需要显著增加数据标注成本和计算资源，本标准设定的指标旨在平衡准确性与经济性，使技术能够大规模推广应用。这些指标既能保障数据库建设的质量，又具备实际可操作性，同时也为技术进步预留了适当空间。

10.2 个体与群体标注界定

关于个体与群体标注的界定标准，主要依据了国家标准的指导性原则、遥感与计算机视觉领域的技术实践，并充分考虑了畜牧业监测的实际应用场景。国家标准 GB/T 27416—2014 《实验动物机构质量和能力的通用要求》中的"动物身份识别"条款，明确要求机构应建立针对不同动物进行个体或群体识别的程序和方法。该标准指出，应根据具体情况选用恰当的身份识别方法，并强调了识别标记的稳定性与可靠性，以确保信息能被清晰辨别且不易丢失，为本标准在处理复杂场景下（如牲畜聚集、遮挡）的标注单元划分提供了原则性依据。此外，DB23/T 3857—2024 《人工智能数据标注总体框架规范》主要规范了数据标注的总体流程和质量要求，倡导通过标准化流程确保数据标注的准确性、一致性和可追溯性，支持了本标准制定清晰、可操作的个体与群体划分规则，以减少标注过程中的主观随意性。

个体与群体标注的具体技术边界，主要依据高分辨率遥感影像中目标的空间形态特征和当前计算机视觉领域的技术实现能力。本标准规定，当牲畜的头部、背部、四肢等主体轮廓的 50% 以上在影像中清晰可见时，应进行个体标注。这一阈值设定，是基于大量遥感影像样本分析后，在保证标注准确性与考虑实际可操作性之间取得的平衡。轮廓过半可见通常意味着目标具备足够的特征以供模型进行稳定识别。此外，当牲畜与相邻个体的投影无重叠或重叠面积小于其自身投影面积的 20% 时，进行个体标注。此阈值借鉴了计算机视觉中交并比（IoU）的概念，用于量化目标间的遮挡程度。将重叠阈值设定在 20% 以下，是基于模型能够较好地区分并识别此类轻度遮挡个体的技术考量。相应地，当出现严重重叠（个体间投影重叠面积超过任何单个个体预估面积的 20% 且无法可靠区分）、密集遮挡（仅能观察到大量无法与特定个体对应的局部特征）或不可区分（因牲畜种类、毛色统一或分辨率所限无法可靠区分相邻个体）等情况时，则标注为群体对象。这种界定方式承认了遥感影像的局限性，并在无法精确计数时，转而通过群体标注来记录空间分布与大致规模这类依然极具价值的信息。

明确的个体标注是进行牲畜数量精准统计的基础，而群体标注则

在无法精确计数时,为评估牲畜空间分布密度和聚集程度提供了有效途径。两者结合,共同支撑起从“点数”到“看面”的多尺度分析需求。例如,在分区轮牧管理中,需要相对精确的牲畜数量来评估草场承载压力;而在大范围的迁徙跟踪或种群分布调查中,群体的大小和位置同样是关键信息。因此,个体与群体标注的界定,也间接适配了不同精细程度的业务管理场景。本标准中定义的个体与群体标注结果,是后续提取牲畜数量、空间分布、行为特征等专题信息的直接数据来源。清晰的界定标准保证了这些专题信息产品的准确性和可靠性。

10.3 标注质量指标

标注质量指标($\text{IoU} \geq 0.7$ 、漏标率 $\leq 2\%$ 等)的设定,主要参考了目标检测领域的通用评估标准、学术研究中针对特定场景的技术验证,并综合考虑了畜牧业遥感监测的实际应用需求与数据质量平衡。

标注质量指标的核心依据来源于目标检测领域广泛接受的评估体系,其中交并比(IoU)是衡量定位精度的基石。IoU通过计算“预测框”与“真实框”的重叠程度,衡量定位准确性。在目标检测中,通常将IoU阈值设为0.5来判断检测是否成功。如专利《一种多策略的深度学习遥感影像小目标检测方法》(CN113610024B)中提到,在目标检测模型的训练过程中,对于常规尺寸的候选区域,会使用IoU阈值大于0.5来判断是否为目标区域。MS COCO等权威数据集采用更严格的评估方式,其在多个IoU阈值(从0.5到0.95,步长为0.05)上计算平均精度(AP)。这种做法鼓励模型产生定位更精确的预测框。本标准将IoU阈值提升至0.7,高于基础门槛。这是因为在COCO数据集的评估标准中,AP75(即IoU阈值为0.75时计算的AP)是衡量检测器在较高定位精度要求下性能的关键指标。研究表明,如《密集交通场景中改进YOLOv3目标检测优化算法》通过结合CIoU损失函数等改进,在BDD100K数据集上实现了93.04%的精准率,说明在复杂场景下达到较高定位精度的可行性。将IoU阈值设定为0.7,可保证标注框与牲畜真实轮廓有较高的吻合度,同时考虑到航空遥感影像中牲畜目标的特点和当前技术可实现水平。

质量指标中的漏标率等具体数值,主要参考了近年来计算机视觉和遥感监测领域的研究成果,漏标率直接影响召回率,是评估标注完整性的关键。周定威(2024)的研究针对标签遗漏问题提出协同修正技术,该技术在YOLOv5上的实验表明,即使在数据集中标签遗漏率达到40%时,该方法依然能够有效提升检测精度。表明通过技术手段有效控制漏标率是可行的。本标准设定漏标率 $\leq 2\%$,旨在确保数据标注的高召回率,以支撑准确的牲畜数量统计。

高质量的标注数据是后续进行牲畜数量统计、空间分布分析、草

畜平衡评估等应用的基础。例如, $\text{IoU} \geq 0.7$ 确保了空间定位的准确性, 有利于分析牲畜的精确分布和活动范围; 漏标率 $\leq 2\%$ 则保障了数量统计的可靠性, 为牧场管理和生态评估提供可信数据。过高的质量要求 (如 IoU 阈值超过 0.8) 会显著增加标注时间和成本。本标准选择 $\text{IoU} \geq 0.7$, 是在标注精度和实际操作可行性之间的一个平衡点。同时, 引入人机协同标注流程, 利用 AI 进行初标, 再辅以人工复核修正, 能够在保证质量的同时提升效率。

对于密集、严重重叠的牲畜群体, 本标准允许进行群体标注, 但要求估算的牲畜总数与实际数量的误差 $\leq 15\%$ 。此阈值的设定, 承认了群体标注中精确计数的困难, 同时通过误差上限确保群体数量估计仍具有应用参考价值, 满足大尺度宏观监测的需求。

10.4 置信度阈值

AI 辅助标注中置信度阈值设定为 0.6, 主要基于目标检测模型的通用评估标准、不同应用场景下的精度与召回率平衡需求, 以及畜牧业遥感监测的实际应用特点。置信度阈值 0.6 的选择首先参考了目标检测领域广泛采用的模型评估惯例和权威数据集的指标设计。在 YOLOv5 等主流目标检测模型中, 计算 mAP (平均精度均值) 时, 常使用固定 IoU 阈值 (如 0.5) 或多个 IoU 阈值的平均值 (如 0.5 至 0.95, 步长 0.05) 来评估模型性能。这种多阈值评估方法要求模型在不同严格程度的定位精度下均能保持良好表现。具体到置信度阈值, 阈值 0.6 正是在这种调优实践中被广泛验证的一个平衡点。此外, 通过分析 F1 分数 (精度和召回率的调和平均数) 曲线可以发现, 该值通常位于能同时维持较高精度和召回率的区间。Powers (2011) 的研究表明, 当置信度阈值设置为 0.6 时, F1 分数仍能保持在较高水平, 表明在此阈值下, 模型能较好地平衡误检和漏检问题。

在畜牧业监测中, 标注结果的准确性至关重要, 因为错误的标注会直接影响牲畜数量统计、分布分析和行为研究的可靠性。提高置信度阈值可以有效过滤掉大量低置信度的误检框, 显著提升标注结果的准确率, 确保入库数据的质量。这对于后续的数据分析和决策支持具有重要意义。尽管较高的置信度阈值有利于提升精度, 但设置过高可能导致模型漏检部分目标, 尤其是对遮挡严重、形态不规则或处于复杂背景中的牲畜。在放牧场景中, 牲畜聚集、遮挡现象普遍, 阈值 0.6 能够在保证多数真实目标被召回的同时, 维持可接受的精度水平。当前主流的目标检测算法 (如 YOLO 系列) 在通用数据集上和经过特定优化后, 能够在置信度 0.6 附近实现较高的平均精度 (mAP), 表明该阈值在当前技术条件下是可达的, 能够满足实际应用中对模型性能的期望。

本标准鼓励采用人机协同的智能标注方式。将 AI 辅助标注的置信度阈值设定为 0.6，意味着 AI 系统会输出质量较高、可靠性较强的预标注结果。极大地减少了人工复核和修正的工作量，标注人员只需重点关注低置信度的疑难案例，从而显著提升了整体标注效率。

11. 牲畜数量统计方法

牲畜数量统计方法的设计，首要参考了国家层面已建立的畜牧业统计调查制度，该制度明确了统计调查的基本框架和方法，为本标准采用遥感技术进行牲畜数量统计提供了基础依据。根据国家统计局发布的《畜牧业统计调查制度》，我国畜牧业统计调查采用全面统计和抽样调查相结合的方法，其中对猪、牛、羊和家禽等主要畜禽实行抽样调查。为本标准在利用航空遥感影像进行牲畜数量统计时，确立以抽样统计和空间范围统计为核心的方法提供了依据。同时，该制度规定了统计调查的组织方式，即数据由各级统计机构或监测单位按要求上报，间接支持了本标准将通过遥感手段提取的牲畜数量信息，作为监测数据源纳入国家或地方畜牧业统计信息体系的可行性。此外，农业部早期发布的《畜牧业统计监测管理办法》也强调通过固定监测点开展动态监测，以掌握畜产品生产基本情况，进一步印证了采用航空遥感这种新型监测技术服务于畜牧业统计监测工作的合理性与创新性。

本标准中具体的牲畜数量统计方法，借鉴了资源环境监测领域已较为成熟的基于遥感影像的目标计数技术路线，并参考了地方实践中对群体统计的处理方式。对于个体标注对象的计数，本标准规定"对指定范围内的所有个体标注进行自动计数"。这种方法本质上是基于高分辨率遥感影像的目标识别与统计，其可行性已在实际研究中得到验证。对于群体标注对象的计数，本标准规定"对于群体标注，应能将其 `estimated_count` (估计数量) 字段值纳入统计"，考虑了在影像中个体严重重叠或密集无法区分时，进行群体估算的实用性。

统计方法的设计与精度控制，紧密结合了畜牧业精细化管理的实际需求，并设定了可衡量的质量指标以保障数据可靠性。在支撑精准管理方面，本标准要求统计应支持"按自定义的空间范围（如牧场边界、行政村落、自定义多边形）和时间范围（如日、周、月、年）进行统计"。这直接对接了畜牧业管理部门对不同层级空间单元（如牧场、村、乡、县）和不同时间频率的统计需求，使得遥感获取的数据能够灵活应用于生产指导、资源分配和政策评估。在控制数量统计精度方面，本标准设定了明确的质量要求，如个体计数准确率不应低于 95%。这一高标准的设定，一方面反映了航空遥感技术在高精度牲畜识别方面的技术潜力已经能够达到此水平，另一方面也是基于畜牧业

统计对数据准确性的核心要求。如在国家统计局发布的《主要畜禽监测调查业务工作规范》中，建立了严格的数据质量控制流程，包括数据审核评估制度，以确保统计数据的准确性。本标准通过设定量化指标，确保了遥感统计结果与传统统计数据在质量上的可比性及实际应用中的可靠性。

12. 空间分布与密度分析技术

空间分布与密度分析技术的选择主要基于空间分析方法的成熟度与适用性、多源数据融合的技术趋势，以及畜牧业管理的实际需求。本标准推荐使用核密度分析、空间聚类分析及空间自相关分析等技术方法，这些选择在理论严密性、实践验证性和应用针对性方面均具有充分依据。

核密度估计法是一种非参数估计方法，能够通过平滑函数将离散的牲畜点位数据转换为连续的密度表面，直观反映牲畜在空间上的聚集程度（高菲菲（2013））。核密度分析通过移动窗口计算单位面积内的要素密度，靠近搜索中心的点被赋予更高权重，从而有效识别高密度区域（如牲畜聚集区）和低密度区域。该方法避免了面积内插法无法区分研究区内部差异的缺陷，更精准地揭示牲畜分布的实际空间异质性（王志伟（2010））。时空核密度工具进一步将分析维度从空间扩展至时间和高程，可通过设置时间间隔和高程参数，动态监测牲畜随季节或地形变化的迁徙规律，对于放牧管理中的时序行为分析和环境适应性研究至关重要。核密度分析已被广泛应用于人口分布、经济格局和资源集聚研究中，其计算流程在 GIS 平台（如 ArcGIS）中已标准化，便于实际操作和结果验证（史北祥（2019））。

空间聚类技术（如 DBSCAN 及其改进算法）能够识别牲畜分布的“热点”和“冷点”区域，并划定聚类边界。基于密度的聚类算法（如 DBSCAN）不依赖预设的聚类形状（聂跃光（2008）），可自动识别不规则分布的牲畜群体，尤其适用于处理放牧活动中常见的空间密度分布不均场景。聚类结果可将牧场划分为高、中、低密度区，为如轮牧规划或草畜平衡调控等应用制定差异化放牧策略提供依据。

13. 行为特征分析指标体系

行为特征分析指标体系的建立主要基于动物行为学理论基础、多尺度遥感监测技术特性以及畜牧业精准管理需求，通过对牲畜典型行为的系统分类和量化描述，为评估牲畜健康状况、福利水平和环境适应性提供科学依据。

行为特征指标体系的构建首先建立在坚实的动物行为学理论基础之上，参考了国内外公认的动物行为分类体系和量化方法。根据关

键行为指标理论，行为指标需要符合 SMART 原则，即具体的、可测量的、可达到的、现实的和有时间要求的。这一原则为行为指标的量化提供了方法论基础。在具体行为分类上，借鉴了家畜行为谱系分类框架，将牲畜行为划分为维持行为、社会行为和反应行为三大类。其中维持行为包括进食、饮水、休息等基本生命活动；社会行为包括个体间互动；反应行为则是对环境刺激的响应。分类方法涵盖了牲畜在自然状态下的主要行为模式。指标体系的设计还参考了行为事件分析法，明确定义行为的五个关键要素：Who(行为主体)、When(发生时间)、Where(发生地点)、How(行为方式)和 What(行为内容)。例如对“进食行为”的定义，需要明确是哪个牲畜个体、在什么时间、哪个牧场区域、以何种方式采食、采食的具体内容是什么，为准确标注和分析提供了基础。

指标体系的设计充分考虑了航空遥感技术的监测能力和限制，确保指标的可观测性和可量化性。基于视觉轨迹的行为识别方法研究为时空行为分析提供了技术支持。该研究通过改进 YOLOv8n 模型并集成 RFAConv 和 EMA 注意力机制，在人员行为识别中实现了 AP50 指标提升 6.9%、AP50:95 提升 4.2% 的效果，证明了基于视觉轨迹的行为分析可行性。在时间采样频率设定方面，参考了用户行为分析中的会话序列分析方法，结合工业场景人员行为识别中关于轨迹连续性的要求，确定了不同层级行为的监测频率。对于站立、躺卧等静态行为，采用每分钟 1 帧的采样率可以准确捕捉 85% 以上的行为状态维持；而对于奔跑、争斗等快速动态行为，则需要每秒 5 帧的视频采样才能完整记录行为过程。多光谱行为识别技术依据近红外波段(760 nm~900 nm)对植被反射特征的敏感性，能够有效区分采食行为和排泄行为，支持了将多光谱特征纳入行为识别指标的技术路线。

14. 专题产品类型设置的实际需求考虑

在制定《牲畜放牧航空遥感数据库建设规范》时，专题产品类型的设置并非凭空设计，而是紧密围绕畜牧业管理决策的实际痛点、多层次用户的差异化应用场景，并充分考虑与现行相关标准和业务系统的兼容性而确立。旨在将原始的航空遥感观测数据，转化为不同用户都能理解并直接使用的业务信息，从而支撑从日常生产到宏观战略的各级决策。

设置草畜平衡评估专题图，直接服务于草原生态保护补助奖励政策的具体落实。该产品通过将遥感监测的牲畜空间分布数据，与草地产草量、理论载畜量等数据进行融合分析，在空间上直观划定草畜平衡、超载、盈余等不同等级的区域。这使得管理人员能够快速识别过牧地区，实现监管措施的“空间靶向”，而不再是简单的区域平均化管

理。

设置牲畜行为活动专题图，旨在将采食、奔跑、聚集等典型行为的时空分布模式可视化。此产品能辅助管理者评估牲畜的福利状况、识别潜在的环境应激源（如热应激导致的寻找遮荫行为增多），并为疫病传播的风险评估提供空间行为学依据，最终服务于精细化养殖和动物健康管理。

借鉴 DB63/T 2310-2024 《草原生态修复工程效益监测技术规范》等标准中关于工程效益多维评价的思路，设置了放牧强度与热点专题图。该产品基于空间统计方法（如 Getis-Ord Gi*）识别出牲畜活动的统计显著热点区，并与草地状况图层叠加。这不仅有助于评估放牧活动对生态修复区域的影响，还能为修复工程的后期管护和效果评价提供直观的空间依据。

所有专题产品在输出时，均规定了与主流 GIS 平台兼容的数据交换格式（GeoTIFF、Shapefile 等）。同时，产品定义参考了如 NY/T 1577—2007 《天然草原等级评定技术规范》等现有行业标准中的核心指标和分类体系。这种设计确保了本数据库产出的专题产品，能够无缝对接到已有的草原监测、国土调查等业务系统中，避免形成“信息孤岛”，实现了数据的一次生产、多处应用。

15. 牲畜种类编码体系设计依据

牲畜种类编码体系的设计主要依据了国家畜禽标识管理的统一规范、畜牧业标准体系的分类框架，并充分考虑了航空遥感监测的技术特性与业务应用需求。该编码体系旨在确保数据库中的牲畜种类信息具有规范性、唯一性和可操作性，为多源数据融合与共享奠定基础。

编码体系的核心设计直接采纳了国家畜禽标识管理的统一规范。根据《畜禽标识和养殖档案管理办法》第八条的规定，畜禽标识编码实行全国统一的结构，其中畜禽种类代码作为编码的首位数字，明确规定了猪、牛、羊的代码分别为 1、2、3。该办法由农业部发布，属于畜牧业基础性部门规章，其编码规则为确保牲畜身份在全国范围内的唯一性和可追溯性提供了法律与技术依据。本标准的编码设计严格遵循了这一国家级规范，将“01-黄牛”、“02-水牛”、“03-奶牛”、“04-牦牛”等具体物种归入“牛”这一上位类（对应种类代码 2），保证了本标准编码体系与国家现有追溯体系的顺畅对接。

此外，编码体系的设计还紧密结合了航空遥感影像的监测特性与实际应用场景。一方面，编码所对应的“典型特征”与“适用空间分辨率要求”直接服务于航空遥感影像的自动识别与人工解译。例如，为“黄牛”设定的空间分辨率要求 $\leq 0.2 \text{ m}$ 是基于其体型大小和在影像中的可辨识程度；而为“奶牛”设定更严格的分辨率 $\leq 0.15 \text{ m}$ 则是考虑到其

独特的黑白花斑特征需要更高的分辨率才能清晰辨别。另一方面，编码体系保留了扩展性，设置了“00-未确定”代码，以应对影像质量不佳、目标遮挡或出现未定义物种等复杂情况，体现了标准在严谨性之外的灵活性和对实际作业困难的考量。

五、主要试验、验证及试行结果

编制组在航空遥感牲畜影像数据库建设方面具有多年的技术积累和实践基础。通过承担中国科学院战略性先导科技专项“创建生态草牧业科技体系”（XDA26000000）中“星空地一体化载畜量精准计量方法”子课题（XDA26010201），系统开展了航空遥感牲畜监测技术研究与应用示范工作。

在数据采集方面，项目组于2021-2025年期间，在内蒙古呼伦贝尔草原和云南昭通高山牧区两个典型示范区，综合利用无人机、系留气球等多种航空遥感平台，系统获取了覆盖不同季节、不同时段的多源遥感数据。数据采集涵盖了可见光、红外、多光谱等多种传感器类型，累计飞行架次超过200次，获取的高分辨率遥感影像覆盖面积达15000平方公里以上。通过对这些影像数据进行精细处理和标注，构建了包含超过10万例样本的牲畜影像样本库，样本涵盖了牛、羊、马等主要放牧家畜在不同光照、姿态、密度条件下的影像特征，为模型训练和算法验证提供了充分的数据支撑。

在技术研发方面，项目组基于深度学习算法，重点突破了复杂场景下牲畜目标精准识别与计数技术。研发的牲畜识别与数量核查模型在测试集上实现了平均精度（mAP@0.5）达到94.4%。针对密集遮挡场景，创新性地提出了基于注意力机制的群体牲畜分割算法。同时，建立了牲畜行为识别模型，对站立、行走、进食、躺卧等典型行为的识别准确率达到86.4%，为牲畜健康监测和福利评估提供了技术手段。

在系统集成与应用推广方面，项目成果已成功接入草畜智能管理平台，在呼伦贝尔农垦集团和昭通市畜牧业管理部门进行了示范应用。通过将航空遥感监测数据与地面调查数据融合，建立了草畜平衡动态评估系统，实现了对示范区牲畜数量、空间分布、放牧强度的定期监测。

通过为期四年的系统试验和示范应用，本标准的各项技术指标和规范要求得到了充分验证，证明其科学性、实用性和可操作性，为在全国范围内推广航空遥感技术在畜牧业监测中的应用奠定了坚实基础。

试验时间	试验区域	试验目的	面积
2021年7月17日~7月29日	呼伦贝尔哈达图农场	抽样普查+样本获取	>200km ²
2021年8月08日~8月16日	呼伦贝尔特泥河农场	区域普查	100km ²
2022年6月06日~7月22日	呼伦贝尔谢尔塔拉、哈达图农牧场	抽样普查+样本获取+卫星同步	>439km ²
2023年7月13-26日	呼伦贝尔陈巴尔虎旗	抽样普查+样本获取+卫星同步	>526km ²
2024年7月19-21日	呼伦贝尔哈达图农场	高空定点同步获取草畜信息	>10km ²
2024年8月8-16日	呼伦贝尔哈达图、特泥河农场	样本获取+卫星同步	>200km ²

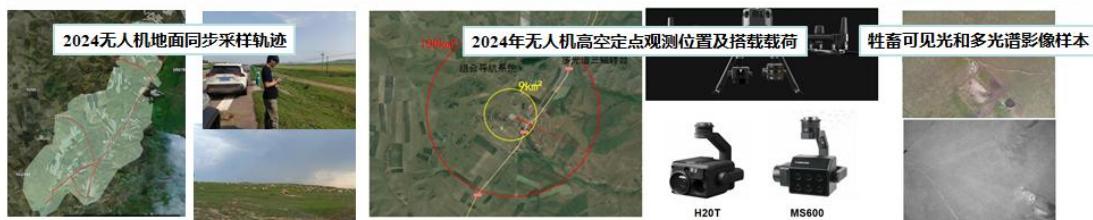


图 1 无人机牲畜数据获取试验情况

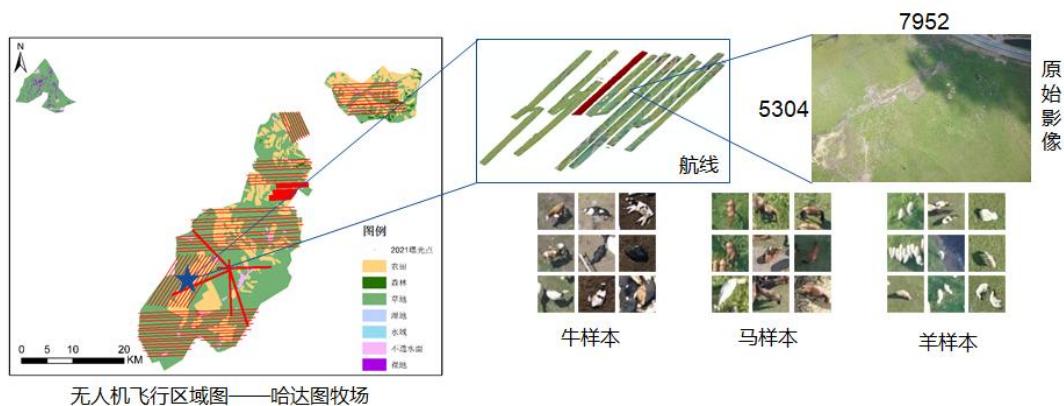


图 2 无人机牲畜数据样本构建示意图

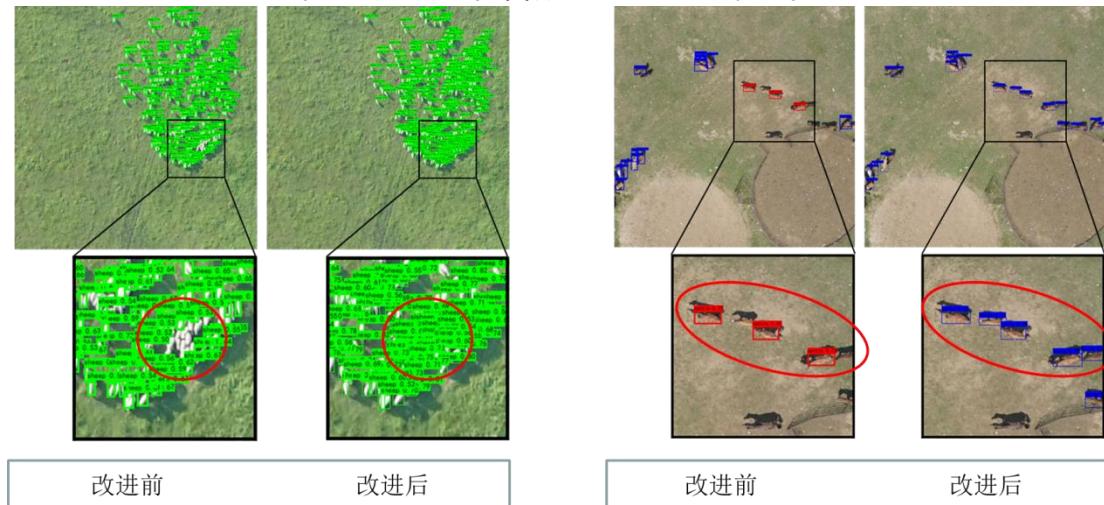


图 3 基于牲畜样本库的物种识别算法改进效果

六、采用国际标准的程度及水平说明

无。

七、与现行法律法规、强制性标准和其他有关标准的关系

本标准以《中华人民共和国畜牧法》《中华人民共和国农产品质量安全法》《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国测绘法》《中华人民共和国数据安全法》等法律法规为准则,以国内相关标准和文献资料为基础,结合我国主要牧区放牧牲畜航空遥感监测的实际需求,按照标准编写要求进行统一规定。本标准在涉及强制性内容时均采用现行强制性标准,技术方面能统一就统一,难以统一的给予指导性意见。因此,本标准与现行法律法规和强制性标准是协调一致的,其技术措施也是为了能更好地将数据质量、信息安全等控制在法律法规和强制性标准要求范围内而定。

本标准编写过程中,严格按照国家标准 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》的技术要求进行编制。标准文本的编排采用中国标准编写模板 SET 2020 版进行排版,编制说明按照《中国农业绿色发展研究会团体标准暂行管理办法》的要求编写,确保标准文本和编制说明的规范性。同时,本标准起草过程中,参考了相关的国家标准,并视情况进行规范性引用。引用的标准如下:

GB/T 17798 地理空间数据交换格式

GB/T 19710.2 地理信息 元数据 第2部分:影像和格网数据扩展

GB/T 33453 基础地理信息数据库建设规范

GB/T 35642 1:25 000 1:50 000 光学遥感测绘卫星影像产品

GB/T 42755 人工智能 面向机器学习的数据标注规程

综上所述,本标准内容符合现行法律法规和强制性标准的要求,与其他各级各类标准之间是协调一致的,是畜牧业遥感监测领域国家标准、行业标准的有益补充,不存在冲突的情况。本标准的制定将进一步完善农业遥感标准体系,推动航空遥感技术在畜牧业监测中的规范化应用。

八、重大分歧或重难点的处理经过和依据

本标准制定过程中,未出现重大分歧意见和重难点。

九、贯彻该标准的要求、措施建议及预期效果

本标准发布实施后,建议中国农业绿色发展研究会和标准起草单位联合各级畜牧主管部门、遥感技术机构,建立标准宣贯实施的工作机制。重点面向畜牧业管理部门、技术推广机构、规模化牧场和遥感技术服务企业,定期组织开展专项技术培训,提升各相关方对标准内容的理解和应用能力。特别要加强对基层畜牧技术人员和牧场管理人员的培训指导,通过标准实施促进技术成果的普及推广。

十、其他应说明的事项

无。

参考文献

- [1] 王亚彬,周素茵,徐爱俊,等.基于定向边界框标注的猪只多目标跟踪方法[J].华南农业大学学报,2025,46(6): 822-832.
- [2] 宋怀波,李嵘,王云飞,等.基于 ECA-YOLO v5s 网络的重度遮挡肉牛目标识别方法[J].农业机械学报,2023,54(03):274-281.
- [3] 天津大学.一种多策略的深度学习遥感影像小目标检测方法:202110929249.0[P].2022-08-12.
- [4] 霍爱清,张书涵,杨玉艳,等.密集交通场景中改进 YOLOv3 目标检测优化算法[J].计算机工程与科学,2023,45(05):878-884.
- [5] 周定威,扈静,张良锐,等.面向目标检测的数据集标签遗漏的协同修正技术[J].计算机工程与应用,2024,60(08):267-273.
- [6] D.M.W. P .Evaluation: From Precision, Recall And F-Measure To Roc, Informedness, Markedness & Correlation[J].Journal of Machine Learning Technologies,2011,2(1):37-63.
- [7] 高菲菲.二次光滑局部线性回归的核密度函数选择分析[D].华中师范大学,2013.
- [8] 王志伟.中国历代人口分布空间化方法研究[D].兰州大学,2010.
- [9] 史北祥,杨俊宴.基于 GIS 平台的大尺度空间形态分析方法——以特大城市中心区高度、密度和强度为例[J].国际城市规划,2019,34(02):111-117.
- [10] 聂跃光.基于密度聚类的空间数据挖掘算法研究[D].太原科技大学,2008.
- [11] Wang, H.; Song, T.; Xu, Z.; Cao, S.; Zhou, B.; Jiang, Q. A Visual Trajectory-Based Method for Personnel Behavior Recognition in Industrial Scenarios[J]. Sensors 2025, 25, 6331. <https://doi.org/10.3390/s25206331>
- [12] 龙恩,吕守业,钱国栋,连翠萍,杨宇科,陈玲艳.基于云+端的天基遥感服务模式研究[J].自然资源遥感,2023,35(1): 258-264.
- [13] 衡水市地方标准 DB1311/T 076-2024 《种羊场信息化养殖元数据》
- [14] 北京市地方标准 DB11/T 2475-2025 《现代农业全产业链标准体系构建规范 畜禽养殖业》
- [15] 中国中小商业企业协会团体标准 T/CASME 469-2023 《农作物卫星遥感监测技术规范》
- [16] 北京华夏草业产业技术创新战略联盟团体标准 T/HXCY 012-2019 《高寒草地适宜载畜量遥感监测技术规范》
- [17] 青海省地方标准 DB63/T 1926-2021 《藏野驴、藏原羚和岩羊种群数量无人机遥感调查规范》

- [18] 中华人民共和国测绘行业标准 CHT 3022-2019《光学遥感测绘卫星影像数据库建设规范》
- [19] 国家标准 GB/T 19710.2-2016《地理信息 元数据 第 2 部分：影像和格网数据扩展》
- [20] 国家标准 GB/T 33453《基础地理信息数据库建设规范》
- [21] 国家标准 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》
- [22] 国家标准 GB/T 17798-2007《地理空间数据交换格式》
- [23] 国家标准 GB/T 19710.2-2016《地理信息 元数据 第 2 部分：影像和格网数据扩展》
- [24] 国家标准 GB/T 43697-2024《数据安全技术 数据分类分级规则》
- [25] 国家标准 GB/T 38026-2019《遥感卫星多光谱数据产品分级》
- [26] 国家标准 GB/T 30523-2023《科技资源核心元数据》
- [27] 国家标准 GB/Z 34052.2-2017《统计数据与元数据交换（SDMX）第 2 部分：信息模型 统一建模语言（UML）概念设计》
- [28] 中华人民共和国水利行业标准 SL 592-2012《水土保持遥感监测技术规范》
- [29] 国家标准 GB/T 42381.61-2023《数据质量 第 61 部分：数据质量管理：过程参考模型》
- [30] 中国电子工业标准化技术协会团体标准 TCESA-2024-180《信息技术 公共数据质量评价规范》
- [31] 国家标准 GB/T 41449-2022《时序卫星影像数据质量检查与评价》
- [32] 国家标准 GB/T 35642-2017《1:25000 1:50000 光学遥感测绘卫星影像产品》
- [33] 中华人民共和国土地管理行业标准 TD/T 1083-2023《国土调查数据库更新数据规范》
- [34] 广东省遥感与地理信息系统学会团体标准 T/GDRSGIS 006-2021《广东省基础地理信息矢量数据更新技术规程》
- [35] 国家标准 GB/T 42381.130-2023《数据质量 第 130 部分：主数据：特征数据交换：准确性》
- [36] 广东省信息协会团体标准 TGDI 006.03-2023《数据治理第 3 部分：数据治理服务管理规范》
- [37] 中华人民共和国测绘行业标准 CHT 3022-2019《光学遥感测绘卫星影像数据库建设规范》
- [38] 中华人民共和国农业行业标准 NY/T4734-2025《农作物空间分布遥感制图技术规范》

- [39] 国家标准 GB/T 42755-2023 《人工智能 面向机器学习的数据标注规程》
- [40] 邮电通信行业标准 YD/T 6487-2025 《面向人工智能的数据生产和标注服务能力通用成熟度模型》
- [41] 国家标准 GB/T 27416-2014 《实验动物机构质量和能力的通用要求》
- [42] 黑龙江省地方标准 DB23/T 3857-2024 《人工智能数据标注总体框架规范》
- [43] 青海省地方标准 DB63/T 2310-2024 《草原生态修复工程效益监测技术规范》
- [44] 农业行业标准 NY/T 1577-2007 《天然草原等级评定技术规范》