引文格式：王晓迪,徐永敏,黄江,等. 自动驾驶基础地理信息数据质量检查初探[J]. 地理空间信息, 2024, 22(5): 93-96. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.05.020

自动驾驶基础地理信息数据质量检查初探

王晓迪[1]，徐永敏[1]，黄　江[2]，章力博[1]，蔡艳辉[1]
（1. 国家测绘产品质量检验测试中心，北京 100830；2. 浙江省测绘质量监督检验站，浙江 杭州 310012）

摘　要：自动驾驶基础地理信息数据质量关乎自动驾驶地图乃至自动驾驶产业的发展。其质量检查是自动驾驶产业的质量保障，也可加快自动驾驶地图规范化进程。基于自动驾驶基础地理信息数据的生产流程，分析了自动驾驶基础地理信息数据的特点；参考现行测绘成果质量检查规范，介绍了自动驾驶基础地理信息数据质量检查的内容与方法，并从7个方面阐述了检查的要求和指标；以自动驾驶基础地理信息生产道路数据成果质检项目为例，探讨了自动驾驶基础地理信息数据的质量控制方法和检查重点。

关键词：自动驾驶基础地理信息数据；质量检查；质量控制
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）05-0093-04

Preliminary Exploration of the Basic Geographical Information Data Quality Check of Automatic Driving

WANG Xiaodi[1], XU Yongmin[1], HUANG Jiang[2], ZHANG Libo[1], CAI Yanhui[1]
(1. National Quality Inspection and Testing Center for Surveying and Mapping Products, Beijing 100830, China;
2. Zhejiang Surveying and Mapping Quality Supervision and Inspection Station, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The basic geographical information data quality of automatic driving is related to the development of automatic driving map and even automatic driving industry. Its quality check is the quality guarantee of automatic driving industry, and can also accelerate the standardization process of automatic driving map. Based on the production process of automatic driving basic geographical information data, we analyzed the characteristics of automatic driving basic geographical information data. Referring to the current surveying and mapping result quality check standards, we introduced the content and method of basic geographical information data quality check of automatic driving, and expounded the check requirements and indicators from seven aspects. Taking the road data quality check project of automatic driving basic geographical information production for example, we discussed the quality control method and check emphasis of automatic driving basic geographical information data.

Key words: basic geographical information data of automatic driving, quality check, quality control

自动驾驶技术是高新技术集成、产业跨界融合、发展潜力巨大的人工智能新业态，对推动数字经济建设具有重要意义。自动驾驶基础地理信息数据通过各类高精度且语义丰富的交通环境信息为车道级导航、智能车辆高阶应用和城市交通精细化管理提供基础保障，是自动驾驶产业链中的关键部分。

自动驾驶基础地理信息数据在生产流程、成果展现、应用范围等方面均与传统的基础地理信息数字测绘数据不同。现行的《数字测绘成果质量检查与验收》[1]和《测绘成果质量检查与验收》[2]可针对传统的基础地理信息数字测绘数据成果进行质量评价，其质量元素不完全适用于测绘地理信息智能化发展产生的数据成果[3]，难以对自动驾驶基础地理信息数据进行客观评价。浙江省2021年发布的《智能网联汽车道路基础地理数据规范》[4]为省级标准，尚未研制国家标准、行业标准，且仅适用于生产和应用，对于质量要求的描述不多。团体标准《智能网联汽车自动驾驶地图数据质量规范》尚处于报批稿阶段，检查时暂不可作为技术依据。本文分析了自动驾驶基础地理信息数据的特点和检查内容，并参考现行的测绘成果评价标准，以自动驾驶基础地理信息数据制作项目为例，探讨了自动驾驶基础地理信息数据的质量检查方法。

1　技术流程与特点

1.1　技术流程

自动驾驶基础地理信息数据生产流程包括外业采

收稿日期：2022-10-20。
项目来源：自然资源部地理信息安全监管能力建设资助项目（121134000000180003）。
第一作者简介：王晓迪（1988—），本科，工程师，主要从事测绘产品质量检查与验收工作，E-mail：623478725@qq.com。

集和内业生产两个部分，外业和内业数据均采集生产三维数据成果。外业采集以移动测量采集系统为主要方式，以道路及其附属设施要素为重点，获取道路的高密度点云数据和高分辨率全景影像数据。对于移动测量精度不达标或高程起伏较大的区域，通过布设控制网的方式进行精度纠正。外业采集工序包括实地踏勘、外业采集计划编制、控制网布设与测量、移动测量数据采集、点云数据处理与精度纠正等。内业生产以外业采集的点云数据和全景影像数据为基础，进行各类要素的采集制作，即要素矢量化采集，包括道路采集、交通设备采集和交通辅助信息采集。

1.2 技术特点

自动驾驶基础地理信息数据是由各类高精度、语义丰富、特征多样的道路环境设施要素信息构成，并能辅助智能网联汽车实现智能道路环境感知、车路协同、规划辅助决策、自动驾驶等应用的基础数据。其数据保障工作关乎国家安全和公众利益。自动驾驶基础地理信息数据的数据量大、类型复杂，且涉及多方数据交互，可与通用导航电子地图建立协同应用关系；数据模型结构较复杂，除几何表达和属性结构外，还有打断规则和关联规则，关联规则可存在同一图层内，也可存在于不同图层之间，是要素与要素、要素与图层之间的关系。

2 检查内容

自动驾驶基础地理信息数据属于数字测绘成果，其质量元素参考现行标准《数字测绘成果质量检查与验收》。数字测绘成果种类不同，其质量元素组成也不同，因此《数字测绘成果质量检查与验收》规定的空间参考系、位置精度、属性精度、完整性、逻辑一致性、时间精度、影像/栅格质量、表征质量、附件质量9个质量元素不完全适用。自动驾驶基础地理信息数据未涉及影像、栅格数据，数据中时间准确性和数据资料现势性检查可分别归在属性精度和附件质量的检查范畴，因此本文主要从7个方面对数据成果开展检查。

2.1 空间参考系

核查成果资料坐标系统、高程系统采用是否正确，需核查是否符合相关设计和合同需求。自动驾驶基础地理信息数据的大地基准、高程基准相关信息来自于基准控制网。《智能网联汽车道路基础地理数据规范》中要求：大地坐标系应采用2000国家大地坐标系、高程基准应采用1985国家高程基准。

2.2 位置精度

位置精度主要检查平面精度、高程精度和空间相对位置关系。综合采用外业实测和内业比对的方法检查位置精度的符合情况。《智能网联汽车道路基础地理数据规范》中要求：要素三维绝对精度不超过1 m，且应保持要素间空间相对位置关系正确，相对精度每100 m范围内不超过0.2 m。

外业检查利用RTK或全站仪等测绘仪器实地布设检校控制点，并利用点云处理软件对轨迹数据和点云数据进行融合处理，获得点云坐标；再通过点云处理软件提取与布设的检校控制点对应的特征点的 x、y、z 坐标，并与检校控制点实测的 x、y、z 坐标进行比较，得到点云数据的平面和高程精度。内业检查采用RTK外业实测人行道线划端点、虚实线转换处、单线双线转换处等特征点，再将经去噪、分类、抽稀的点云更新矢量数据与对应的外业实测特征点进行比较，得到矢量数据的平面和高程精度。外业检查和内业检查均为高精度检测，精度评定公式[2]为：

$$M=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta_i^2}{n}}$$

式中，M 为成果中误差；n 为检测点数；Δ_i 为较差。

空间相对位置关系采用内业资料或外业实测的方式检查数据的相对位置精度。

2.3 属性精度

核查要素分类是否正确，矢量数据是否按《智能网联汽车道路基础地理数据规范》中的要求正确归为道路路网组、车道路网组、服务管理设施组、道路安全设施组、智能路侧设备组、其他道路设施组。通过实地照片与外业实地查看相结合的方式，核查要素属性是否正确，查看要素名称、要素类型、分类代码等基本信息以及与要素存在关联关系的其他要素信息的描述；核查字段名称、取值、描述等属性是否正确，是否存在非法属性值。采集内容不应涉及《公开地图内容表示若干规定》《公开地图内容表示补充规定（试行）》[5]《基础地理信息公开表示内容的规定（试行）》等标准罗列的敏感信息范畴，需通过关键字搜索和图面检查的方式对疑似敏感信息进行搜查，删除不允许公开的敏感信息。敏感信息检测内容见表1。

2.4 完整性

核查要素和图层是否多余或遗漏，要素是否存在结构比例、附属细节多余或遗漏等情况。要素分层与内容见表2。

表1　敏感信息检测内容

类别	子类
军事设施	军事单位
	军事设施
重要设施	公共安全
	水利和气象设施
	电力、通信、管线
	战略储备
交通要素	铁路信息
	公路信息
	桥梁和隧道
	通行信息
	机场信息

表2　要素分层与内容

图层组	图层	要素
道路路网组	道路参考线	道路参考线
	道路连接点	道路连接点
车道路网组	车道参考线	车道参考线
	车道连接点	车道连接点
服务管理设施组	服务设施	停车场、服务区域
	管理设施	收费/检查站
道路安全设施组	道路边界	道路边界线
	线状道路交通标线	车道标线
		横向禁止标线
	面状道路交通标线	人行横道
		停车位
		面状标线
智能路侧设备组	道路交通标志	道路交通标志
	交通灯	交通灯
	点状智能设备	点状智能设备
	线状智能设备	线状智能设备
	面状智能设备	面状智能设备
其他道路设施组	支撑结构	竖向杆状物
		横向杆状物
	线状附属设施	减速设施
		路侧和防护
		道路路障
		上方构筑物
	面状附属设施	安全设施
		防护设施

2.5　逻辑一致性

检查数据库数据集、属性项定义是否符合既定要求，核查为满足自动驾驶定位、路径规划等功能需要，建立的各要素各图层之间的打断规则、关联规则是否正确。打断规则和关联规则见表3和图1。

表3　打断规则

核查项	打断规则
道路	长距离无法打断的道路，等间距打断；等级、车道数、材质、结构、限制条件变化处打断
车道	道路打断，车道参考线打断；类型、限制条件变化处，车道参考线打断

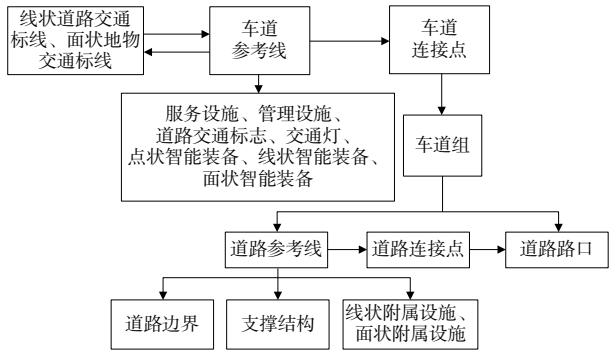


图1　关联规则

2.6　表征质量

检查要素的几何表达是否准确，点、线、面要素应分别以三维点、三维（曲）线、三维面进行表达；道路路网组、车道路网组等要素的几何表达应符合构建拓扑连接要求。几何表达要求见表4。

表4　几何表达要求

核查项	几何表达
道路路网组	由各类道路组成的相互联络、交织成网状分布的道路拓扑结构，以线的形态表现
车道路网组	由路面上普通车道、应急车道和避险车道等各类车道组成的相互联络、交织成网状分布的车道拓扑结构，以线的形态表现
服务管理设施组	服务设施为进入特定范围的车辆、驾乘人员和旅客提供服务的区域；管理设施为进入封闭/非封闭区域的车辆、人员与随行物品进行收费或检查的关卡式建筑设施，以面的形态表现
道路安全设施组	包含道路边界、线状道路交通标线、面状道路交通标线、道路交通标志和交通灯
智能路侧设备组	安装在道路路侧或场端，用于信息采集、感知、计算、传输的自动化或智能化设施设备，根据设备形状和大小，分为点状、线状、面状智能设备
其他道路设施组	支撑结构为支撑道路交通标志、交通灯等；线状附属设施包含减速设施、路侧和防护设施、道路路障设施等；面状附属设施包含安全设施、消防设施等

2.7　附件质量

检查分析元数据文件内容是否正确，名称、英文名称、缩写名、定义、类型、约束条件等字段是否按要求填写；核查分析使用仪器的精度等级、检定状态和检定记录是否符合要求，观测记录是否规范，项目技术总结内容是否完整、结论是否可靠；核查分析其他文件资料是否齐全，相关说明、附图是否完整、清晰[6]。

3　检查实例

3.1　项目概况

自动驾驶基础地理信息数据制作项目涉及某市全域4个街道、4个镇；完成了自动驾驶示范区342.536 km路段的自动驾驶基础地理信息数据采集与生产工作，

记录了公路现状，实现了信息化管理[7]。利用已有的D级GNSS控制网成果开展外业数据采集，采用奥地利RIEGL激光测量系统公司生产的VMQ-1HA型车载移动激光扫描仪，对路采数据进行轨迹结算、点云数据结算与拼接、影像数据结算；再采用控制点纠正方法对点云数据进行纠偏。内业对点云数据进行去噪、分类、抽稀，再对机动车道道路各要素进行矢量生产，包含城市道路、高架、高速、立交、匝道等多种特征形态的道路环境。内业成果精度要求为平面位置中误差和高程中误差均小于10 cm。

3.2 质量检验

1）检验概况。抽取两个镇（街道）的自动驾驶基础地理信息数据进行质检检验，采用人机交互的方式，外业利用RTK和车载扫描采集点云数据和影像数据，并配合人工巡视的方式检查地图要素采集是否完整、属性信息是否正确，位置信息是否准确等；内业按照相关规范和项目设计要求，利用地理信息数据库质检软件对数据进行空间坐标系和数据库结构定义检查，检查要素属性值是否存在必填项空值、非法值，属性间逻辑关系是否正确等情况，要素拓扑关系是否合理。利用采集的点云数据和影像数据对样本进行要素比对和数学精度比对检查；利用提交的过程点云和影像参考数据对样本外成果进行随机检查。分别通过目视法、外业实地测点比对等方式对范围内自动驾驶基础地理信息数据的空间参考坐标系、位置精度、属性精度、完整性、逻辑一致性、表征质量、附件质量进行全面检查。经检验，该项目自动驾驶基础地理信息数据空间参考坐标系正确，生产范围内位置精度、几何表达、属性结构、关联规则、打断规则基本满足设计规范要求。

2）位置精度检测。通过RTK实地采集道路安全设施组、服务管理设施组等特征明显处的平面位置坐标和高程值。精度统计情况见表5、6，可以看出，平面精度和高程精度均满足《智能网联汽车道路基础地理数据规范》和该项目设计的精度要求。

表5 平面精度统计表

位置	标准中误差/cm	检测中误差/cm	总点数
**街道	±10.0	±5.9	120
**镇	±10.0	±5.0	20
合计	–	–	140

表6 高程精度统计表

位置	标准中误差/cm	检测中误差/cm	总点数
**街道	±10.0	±3.0	27
**镇	±10.0	±6.0	24
合计	–	–	51

3）主要质量问题。完整性问题：个别转向交通标线漏采集、个别路面限速标记字符漏采集，因外业移动测量数据采集的全景影像部分丢失、重复、识别性差、模糊，导致内业生产制作时漏采；点云遮挡严重区域易出现要素漏采[8]。属性精度问题：部分路口名称赋值不正确，如京岚线经过的路口名称均错为“京福线与***交叉路口”。部分路段道路环境复杂，关联规则控制着不同路口、不同方向和不同行驶路径，目前的生产技术手段仍存在部分关联规则属性错误，需继续深入研究，提升道路间关联规则自动化和智能化构建的准确率，提高人工排查效率。

4 结 语

智能网联汽车和地理信息产业融合发展是大势所趋，自动驾驶基础地理信息数据作为全新的测绘地理信息产品供给，已受到社会广泛关注[9]；但具有针对性的质量检查与验收规范未正式颁布。基于自动驾驶基础地理信息数据生产的技术特点，本文分析了其质量检查的内容和方法。结合自动驾驶基础地理信息数据实例，提出了针对自动驾驶基础地理信息数据检查的内容与方法，为自动驾驶基础地理信息数据成果质量检查和评价提供参考。通过车载扫描系统在高精地图成果检查中的应用，进一步探索车载扫描系统在高精地图生产中的信息自动获取技术。下一步工作将探索高精地图的检验方法以及评估高精地图的安全性。

参考文献

[1] 数字测绘成果质量检查与验收:GB/T 18316-2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008

[2] 测绘成果质量检查与验收:GB/T 24356-2009[S]. 北京:中国标准出版社,2009

[3] 蔡艳辉,程鹏飞,张莉,等. 测绘地理信息产品抽样检验的两类错误概率[J]. 测绘学报,2019,48(8):954-959

[4] 智能网联汽车道路基础地理数据规范:DB33/T 2391-2021[S]. 杭州:浙江省市场监督管理局,2021

[5] 国家测绘局. 公开地图内容表示的若干规定:国测法字[2003]1号[Z].

[6] 周悌慧,陈海鹏,陈宇恒. 倾斜摄影实景三维模型的质量检查分析[J]. 测绘通报,2021(增刊1):33-36

[7] 赵赛帅,李艳宾,李俊峰,等. 宁波市数字公路高精地图的建设方法探索[J]. 地理空间信息,2020,18(9):32-35

[8] 王 越,何伟,周琳,等. 基于车载LiDAR数据的高精道路地图制作[J]. 地理空间信息,2022,20(6):92-95

[9] 李凤,刘杰. 首个自动驾驶地理信息省级标准来了[N]. 中国自然资源报,2021-12-10(7)