

# 云南省水源地“一张图”矢量数据质检工具的设计与实现

覃源存, 蓝平\*, 周文春, 钱怡婷

云南省生态环境工程评估中心, 云南 昆明

收稿日期: 2026年4月22日; 录用日期: 2026年5月26日; 发布日期: 2026年6月15日

## 摘要

矢量数据是构建水源地“一张图”的基础, 是水源地保护空间管控的依据, 其数据质量是提升管理效能的关键。本文基于ArcPy开发设计的水源地矢量数据质检工具箱, 能实现一键式质检、数据完整性、空间参考系、范围一致性、逻辑一致性、空间属性和精度检查功能模块。通过实例应用表明, 其界面简洁易操作, 检查结果准确、满足质检要求, 能节约人工质检的人力、财力及时间成本, 能为云南省水源地“一张图”构建的矢量数据成果汇交提供质检工具保障。

## 关键词

水源地, 矢量数据质检, 工具箱开发, ArcPy

## Design and Implementation of a Quality Inspection Tool for Vector Data in Yunnan Province's "One Map" of Water Sources

Yuancun Qin, Ping Lan\*, Wenchun Zhou, Yiting Qian

Yunnan Appraisal Center for Ecological and Environmental Engineering, Kunming Yunnan

Received: April 22, 2026; accepted: May 26, 2026; published: June 15, 2026

## Abstract

Vector data serves as the foundation for creating a "One map" of water source areas and provides the basis for spatial management and control of water source protection, the quality of this data is

\*通讯作者。

文章引用: 覃源存, 蓝平, 周文春, 钱怡婷. 云南省水源地“一张图”矢量数据质检工具的设计与实现[J]. 环境保护前沿, 2026, 16(6): 993-999. DOI: 10.12677/aep.2026.166100

key to improving management efficiency. The water source vector data quality inspection toolbox developed and designed in this paper based on ArcPy can achieve one-click quality inspection, data integrity, spatial reference system, range consistency, logical consistency, spatial attributes, and accuracy check functional modules. The practical application demonstrates that its interface is simple and easy to operate, the inspection results are accurate and meet the quality inspection requirements, and it can save labor, financial resources, and time costs for manual quality inspection. It can provide quality inspection tool support for the vector data submission of the “one map” construction of water source areas in Yunnan Province.

## Keywords

Water Source Area, Vector Data Quality Inspection, Toolbox Development, ArcPy

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

矢量数据是以点、线、面等几何要素为基本单元，通过坐标和拓扑关系表示地理实体的空间数据形式[1]，水源保护区矢量数据是构建水源地“一张图”、空间管控的核心数据形式，其质量直接影响空间分析与决策的可靠性。为了规范集中式饮用水源保护区划分成果和“一张图”构建，云南省对水源保护区划定矢量数据做了统一的规范要求，其水源地保护区划定制作的矢量数据需相关部门审核通过后才能完成报批和成果汇总。在实际的工作开展过程中，有些地方为争取更大发展空间，会在通过技术审核的保护区界线基础上进行调整，有意避开开发空间，若审核人员不能有效审查，则可能会造成水源保护范围缺失。目前云南省正在划定保护区的集中式饮用水源有上千个，其矢量数据的审核工作繁重，需要构建有效的质检工具，满足日常报批水源保护区的数据质检需求及提升工作效率。

近年来，基于 ArcGIS 平台[2]-[6]、规则模型[7]-[9]、FME 技术[10]是当前矢量数据质检的主要方法与技术路径，各方法技术各具优势且呈现融合趋势，智能化、定制化、一体化是其发展的主要方向。基于 ArcGIS 平台是国内应用最广泛的平台，其提供了一系列专业的工具和功能，可以对数据的质量进行全面检查和评估，利用其 ArcPy 站点包可定制化开发各类需求工具。本文基于 ArcPy 开发设计的水源地矢量数据质检工具箱，能为云南省水源地“一张图”构建的矢量数据成果汇交提供质检工具保障，可进行推广使用。

## 2. 水源地“一张图”矢量数据内容与检查原则

### 2.1. 数据完整性检查

云南省水源地保护区范围审定通过后，需要提交的矢量数据包括水源保护区划分、取水口、保护区拐点、点源污染源、面源污染源、线源污染源、监测点矢量图层，如表 1 所示。矢量数据按图层统一存放在 Geodatabase 文件地理数据库(.gdb)。数据完整性检查包括必须提供的图层要素，规范的图层名称、正确的要素几何。

### 2.2. 质检内容及检查原则

对于通过审定的水源地保护区，提交的矢量数据需完成的检查内容和原则见表 2，包括空间参考系、

水源保护区划分与审定范围一致性、逻辑一致性检查、空间属性、属性精度。

**Table 1.** Content of the water source vector data layer

**表 1.** 水源地矢量数据图层内容

序号	图层名称	几何特征	约束条件	图层说明
1	水源保护区划分	面要素	必须提供	水源各级保护区划分面图层
2	取水口	点要素	必须提供	水源取水口点图层
3	保护区拐点	点要素	必须提供	各级保护区边界拐点点图层
4	点源污染源	点要素	存在时必须提供	各级保护区内存在的点源污染点图层, 包括工业企业、采石场、排污口、畜禽养殖、餐饮旅游等点源污染
5	面源污染源	面要素	存在时必须提供	包括农村生活区、耕地、经济林地、茶园、矿区等面源污染
6	线源污染源	线要素	存在时必须提供	主要为道路线路, 明确各级保护区内穿越的道路属性
7	监测点	点要素	必须提供	监测水质时使用的监测点

**Table 2.** Inspection items and principles

**表 2.** 质检内容和检查原则

质检内容	检查项	质检原则
空间参考系	坐标系统	地理坐标为 CGCS2000, 投影为高斯-克吕格 3 度带投影
水源保护区划分与审定范围一致性	几何范围	与审定通过范围需保持一致
逻辑一致性检查	拓扑检查	水源各级区不能存在重叠、空隙
空间属性	属性表结构	与《云南省饮用水水源地保护区(含乡镇级)划定矢量数据和图件制作要求》的各矢量要素属性表结构要求一致
属性精度	属性项检查	必填字段不允许为空

### 3. 质检工具设计与实现

#### 3.1. 功能模块设计

根据云南省水源地“一张图”矢量数据质检的内容和原则, 其质检工具的功能模块分为一键式质检和分模块质检两大部分, 能满足整体内容质检和分模块质检的需求。一键式质检, 是对矢量数据进行全流程的质检, 通过输入/输出路径设置, 即可按原则完成所有内容质检, 直接生成最终的质检结果, 其质检流程见图 1。分模块质检由数据完整性、空间参考系、范围一致性、逻辑一致性、空间属性和精度检查组成, 可以实现各内容的单项检查。

功能模块按工具箱进行封装, 各模块由两部分组成, 一是图形交互界面, 提供输入输出参数的定义和设置, 控制模块工具的行为; 二是 Python 源代码, 通过读取实现各检查规则功能编写的.py 后缀的脚本文件, 实现各模块功能。

#### 3.2. 质检工具实现

ArcGIS 是常用的矢量数据制作软件, 为了贴合数据制作软件开发模式的集成, 水源地矢量数据质检工具基于 ArcPy 站点包和 Python 进行开发, 通过 ArcPy 的地理处理工具和其他函数、类及模块, 将水源地矢量数据质检的复杂 workflow 进行封装处理, 制作支持 ArcMap 功能扩展的工具箱, 这是一种扩展性强、创建便捷、易于移植和共享的工具。根据功能模块设计, 水源地矢量数据质检工具箱包括一键式质检、

数据完整性检查、空间参考系检查、范围一致性检查、逻辑一致性检查、空间属性和精度检查功能模块，开发设计的工具箱各模块如图 2 所示。

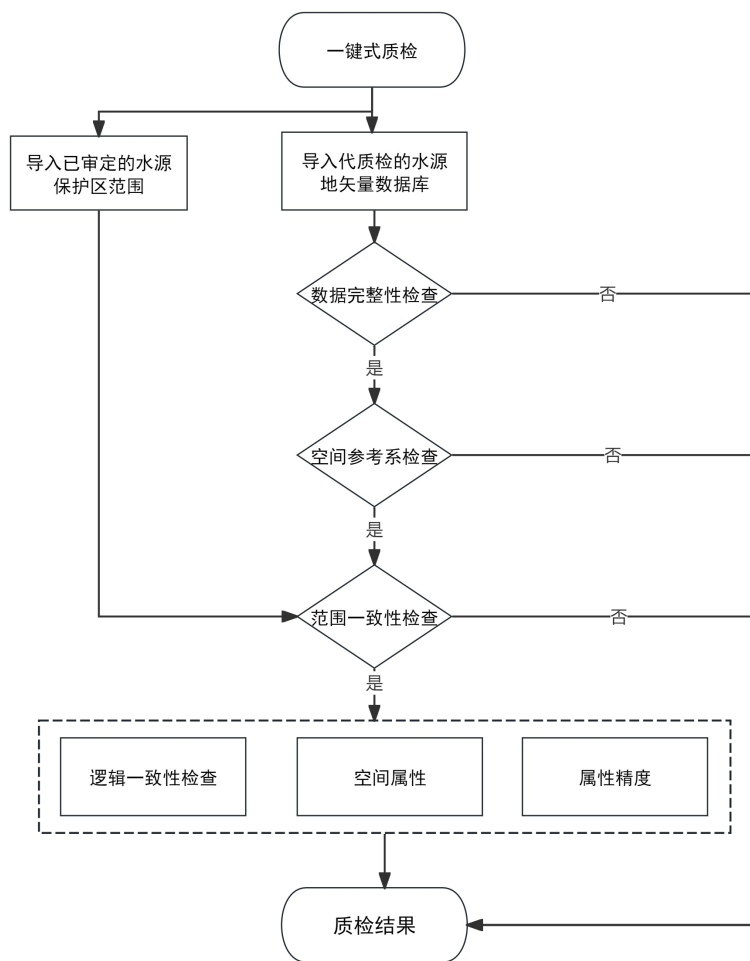


Figure 1. One-click quality inspection flowchart  
图 1. 一键式质检流程图

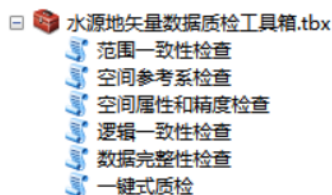


Figure 2. Water source vector data quality inspection toolbox  
图 2. 水源地矢量数据质检工具箱

基于 ArcPy 开发需注意环境搭建时 Python 版本须与 ArcGIS 版本匹配，其技术难点源自 ArcGIS 体系的封装性、数据 I/O 的复杂性以及调试与错误处理困难。本次开发采用 ArcGIS 10.6 与 Python 2.7 环境，遵循 Esri 官方 API 规范，针对水源地矢量数据特性定制质检规则方法，对各功能模块的输入输出类型进行明确并设置对应的参数类型；针对 ArcPy 提示错误信息模糊，在工具运行错误常返回 ExecuteError 但未指明具体问题，使用 arcpy.GetMessages() 捕获异常消息进行问题定位。

### (1) 一键式质检

对水源地矢量数据进行全流程的质检,通过输入待检矢量数据库和已审定范围的水源保护区图层(基准图层),选择输出存储质检报告文件和拓扑检查错误的路径后,可直接生成最终的质检结果,一键式质检工具界面如图 3 所示。检查内容涵盖了数据完整性、空间参考系、范围一致性、逻辑一致性、空间属性和精度检查。



Figure 3. One-Click quality inspection tool interface  
图 3. 一键式质检工具界面

### (2) 数据完整性检查

通过输入待检查的矢量数据库,检查数据库里的数据图层是否完整,检查待检查的矢量数据库是否包含水源保护区划分要素图层、取水口点图层、监测点图层、拐点点图层后输出检查结果报告。

### (3) 空间参考系检查

通过输入待检查的矢量数据库,检查数据库里的各数据图层坐标是否为 CGCS2000 地理坐标和高斯-克吕格 3 度带投影,并输出检查结果报告。

### (4) 范围一致性检查

检查水源保护区划分图层和已审定范围的水源保护区图层(基准图层)的几何范围是否一致。

### (5) 逻辑一致性检查

水源保护区划分图层的水源各级区不能存在重叠、空隙,通过输入待检水源保护区划分图层,输出检查结果文件和对应的拓扑错误。

### (6) 空间属性和精度检查

通过输入待检查的矢量数据库,检查水源保护区划分、取水口、监测点、拐点等图层的属性表结构是否按要求构建,同时检查各属性表内必填字段是否已按要求填写不为空值,并输出检查结果报告。

## 3.3. 质检实例应用

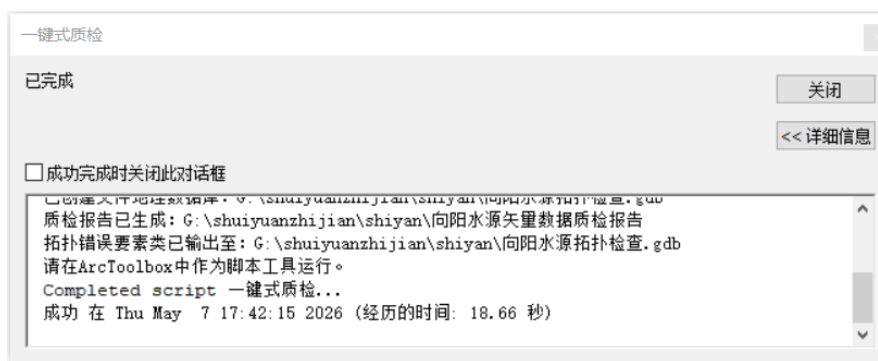
为检验水源地矢量数据质检工具箱的有效性,本文以地方上报的 30 个水源地矢量数据库成果开展质检验证。根据表 3 统计各模块的质检运行时间可知,各模块工具质检时间效率较人工检查大幅提升,专业人士完成单个水源地矢量数据库审查耗时在半个小时以上,一键式质检模块完成单个水源地矢量数据库审查平均用时 20.22 秒;完成单次数据完整性检查平均用时 1.38 秒,空间参考系检查平均用时 0.96 秒,范围一致性检查平均用时 0.66 秒,逻辑一致性检查平均用时 10.18 秒,空间属性和精度检查平均用时 10.44 秒,单项模块质检完成平均用时都在以秒计内。一键式质检生成的检查结果以窗口形式提示运行

结束如图 4 所示, 单项模块质检完成同样以窗口形式提示运行结束; 一键式质检生成的检查结果文本报告如图 5 所示, 文本报告中显示了各项检查通过的情况和存在的问题, 同时生成对应的拓扑检查结果; 其他单项模块质检结果, 根据输出内容生成对应的文本报告和相应的输出内容项。同时, 采用人工检查的方式对本次参与的水源地矢量数据库成果进行检查, 对比结果表明, 人工检查与水源地矢量数据质检工具检查的结果一致, 能满足云南省水源地矢量数据质检需求。

**Table 3.** Quality inspection running time of each module

**表 3.** 各模块质检运行时间

模块	一键式检查	数据完整性检查	空间参考系	范围一致性	逻辑一致性检查	空间属性和精度检查
平均用时(秒)	20.22	1.38	0.96	0.66	10.18	10.44



**Figure 4.** One-click quality inspection operation end interface

**图 4.** 一键式质检运行结束界面



**Figure 5.** The inspection result text generated by one-click quality inspection

**图 5.** 一键式质检生成的检查结果文本

## 4. 讨论

本文基于 ArcPy 开发的水源地矢量数据质检工具能满足云南省水源地矢量数据质检工作需求, 但还存在一定的局限性, 表现在: 其依赖 ArcGIS 商业许可与版本, 部署迁移困难; 当前检查能力局限于数据完整性、空间参考系、范围一致性、拓扑检查、空间属性这类形式正确性检查, 对于水源地类型区分、保护区级别、水源地编码等字段内容的语义准确性问题难以辨别; 该 ArcPy 脚本在处理小规模数据集时表现良好, 但面对大批量质检时可能出现性能衰减。对照 ISO 19157 与 GB/T 21336.1-2023 的数据质量标

准,工具在完整性、逻辑一致性维度较优,但缺失专题质量检查(语义准确性检查),存在自动化质检短板。本质检工具的实现,可为相关地理信息数据质量自动化质检提供参考,未来需向接口标准化、语义推理与持续质量保障转型,并参照相关标准形成多维度质量数据。

## 5. 结语

基于 ArcPy 设计开发的云南省水源地矢量数据质检工具箱,能成功实现水源地矢量数据质检功能,其界面简洁易操作,通过对应的工具模块选择输入/输出路径,就可以完成对应的检查项目。该工具箱可用于数据制作技术人员自检,专业审查人员的审核检查,行政管理人员的日常审查等,不受限于专业技术人员,既符合矢量数据制作人员的使用习惯,也能服务非专业人士操作使用。对于未来水源地矢量数据的需求出现变更,可通过设计检查原则对各模块进行更新,定制化地完成矢量数据质检需求。本成果为云南省水源地“一张图”构建的矢量数据成果汇交提供质检工具保障,节约人工质检的人力、财力及时间成本,可推广使用。

## 参考文献

- [1] 欣欣玲. ArcGIS 在城市数字化地图测绘中的应用研究[J]. 中国高新科技, 2024(7): 132-134.
- [2] 张勤. ArcGIS 在矢量测绘数据质量控制中的应用分析[J]. 智能城市, 2025, 11(2): 100-102.
- [3] 谢三五, 曹利侠, 李昕, 等. 地理信息数据处理与质检软件的设计与开发[J]. 地理空间信息, 2020, 18(12): 108-110, 115.
- [4] 高国勇. 基础地理信息矢量数据综合处理实用工具的实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(7): 118-120.
- [5] 王国玺, 王伟丽, 徐玉玲, 等. 核心矢量数据快速生产系统设计与实现[J]. 地理空间信息, 2024, 40(3): 189-194.
- [6] 颜振能, 张东, 王十三. 基于 ArcPy 的季度卫片监测数据质检工具箱开发与应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2025, 3(3): 74-77, 91.
- [7] 刘君. 农房一体权籍数据库质检规则的探讨与实现[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)社会科学, 2022(3): 58-64.
- [8] 翟雪宁. 基于基础地理空间数据库数据质检子系统的数据检查方案研究[J]. 矿山测量, 2016, 44(4): 32-34.
- [9] 胡诚诚, 王芳. “天地图·安徽”矢量数据质检评价体系及方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(7): 111-114.
- [10] 张标, 陈楠, 高瑛, 等. 矢量数据质检工具的设计与实现[J]. 北京测绘, 2020, 34(10): 1447-1450.