Journal of Water Resources Research 水资源研究, 2026, 15(4), 400-407
Published Online August 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/jwrr
https://doi.org/10.12677/jwrr.2026.154043

Hans汉斯

基于Excel VBA自定义函数的河湖水质与富营养化一体化评价工具

伊　郎，肖　莹

湖北省孝感市水文水资源勘测局，湖北　孝感

收稿日期：2026年7月31日；录用日期：2026年8月7日；发布日期：2026年8月27日

摘　要

针对水资源质量年报编制过程中，河湖的水质状况、富营养化状态批量评价计算时，采用Excel多层嵌套公式存在逻辑冗长、维护难度大、人工计算误差突出等问题，本文开发一套内嵌国标限值的Excel VBA自定义函数评价工具。工具内置GB 3838-2002、SL 395-2007评价规则，集成单指标水质判定、超标统计、综合营养状态指数TLI计算、水源地达标判别六大函数，可自动区分河流、湖库差异化评价标准。以湖北安陆解放山水库2021年逐月监测数据开展实例验证，从调用复杂度、运算效率、复核难度与传统嵌套公式法对比测试。结果表明：函数单元格调用语句仅10~25字符，百站点批量计算耗时降低70%以上，无需配套标准对照表，计算精度与传统方法完全一致。该轻量化工具可显著减少基层水文人员整编工作量，为水资源质量年报自动化编制提供技术支撑。

关键词

Excel VBA，自定义函数，水质评价，综合营养状态指数，水资源质量年报

Integrated Evaluation Tool of River-Lake Water Quality and Eutrophication Based on Excel VBA Custom Functions

Lang Yi, Ying Xiao

Xiaogan Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hubei, Xiaogan Hubei

Received: July 31, 2026; accepted: August 7, 2026; published: August 27, 2026

Abstract

Aiming at the problems including cumbersome logic, difficult maintenance and prominent manual calculation errors when adopting multi-layer nested Excel formulas for batch calculation of water quality status and eutrophication assessment of rivers and lakes in the compilation of annual water resource quality

作者简介：伊郎，长期从事水文水资源业务工作，主要研究方向为水文水资源、水环境监测、农村饮用水安全，Email: 252943525@qq.com

文章引用：伊郎，肖莹．基于 Excel VBA 自定义函数的河湖水质与富营养化一体化评价工具[J]．水资源研究，2026，15(4)：400-407. DOI: 10.12677/jwrr.2026.154043

reports, this paper develops an assessment tool of Excel VBA custom functions embedded with national standard limit values. The tool integrates six core functions including single-index water quality classification, over-standard statistics, comprehensive trophic state index (TLI) calculation and water sources compliance judgment, and automatically distinguishes differentiated evaluation criteria for rivers and lakes with built-in standard values of GB 3838-2002 and SL 395-2007. Monthly monitoring data of Jiefangshan Reservoir in Anlu, Hubei Province in 2021 are adopted for case verification. Comparative tests are conducted between the proposed tool and traditional nested formula method from the dimensions of call complexity, calculation efficiency and review difficulty. The results show that each function call only contains 10~25 characters, and the time consumption of batch calculation for 100 monitoring sites is reduced by more than 70%. No auxiliary comparison table is required, and the calculation accuracy is completely consistent with the traditional method. As a lightweight tool, it can effectively cut down data processing workload for grassroots hydrological departments, and provide technical support for automatic compilation of annual water resource quality reports.

Keywords

Excel VBA, Custom Function, Water Quality Evaluation, Comprehensive Trophic State Index, Annual Report of Water Resource Quality

Copyright © 2026 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. 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

1.1. 行业背景与政策要求

水资源质量评价是开展流域水资源管控、水功能区监管和饮用水安全保障的重要基础，是地表水资源质量年度报告中的重要内容[1]。开展水资源质量评价，系统分析区域河湖、水功能区的水质现状、污染特点以及年度变化情况，客观反映区域水资源质量现状，识别主要超标指标、重点污染河段，分析水质变化驱动因素，为河湖管控、水资源调度、水源地保护、水生态修复以及地方水行政决策提供数据支撑。目前国外水资源质量评价已经从单纯理化指标评价，发展到水质、水量、水生态相结合的综合评价模式[2]，国内主要依据《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395-2007)、《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)开展评价工作，评价的方法有单因子指数法、综合污染指数法、内梅罗污染指数法、模糊综合评价法、水质指数 WQI 等[3]，评价的内容主要为分汛期、非汛期、全年期三个时期，对河流、水库、水源地开展水质类别、超标项目、富营养化评价、流域污染频次多维度统计[4]等，文中主要结合湖北省水资源质量年度报告中评价内容，解决当前监测站点多、评价指标繁杂，人工计算工作量巨大的问题。

1.2. 现有技术方案存在不足

目前水质数据自动化处理主要分为 3 类方案：

1) 人工逐项判定：效率极低，低于检出限换算、水体类型差异化总磷标准、COD 和高锰酸盐择优参评等规则易造成人为计算错误；

2) Excel 内置嵌套函数法[5]：依靠 IF、FILTER、MATCH、TEXTJOIN 等多层嵌套完成评价，单元格公式长度超百字符，修改评价标准、新增监测项目时需批量替换全表公式，复核难度大；

3) 单一功能 VBA 自定义函数：现有文献仅单独开发富营养化计算模块，未整合年报所需水质超标、水源地达标、流域汇总等配套功能，一体化实用性不足[6]。

1.3. 研究内容与创新点

本文构建覆盖水资源年报全流程的 VBA 自定义函数套件，和传统计算方法相比有以下优势：

1) 一套函数同步实现单指标水质类别判定、超标倍数计算、综合营养状态指数 TLI 求解、营养状态分级、水源地达标判定五大类核心计算，完整适配年报编制全流程业务需求；

2) 代码内部内嵌《地表水环境质量标准》GB 3838-2002 [7]、《地表水资源质量评价技术规程》SL 395-2007 [8]全部评价规则，程序可自动区分河流、湖库水体，适配差异化参评标准，无需在 Excel 表格中增设标准对照表，表格界面简洁直观；

3) 单元格仅需简短函数语句，无需批量修改表格公式，大幅降低表格维护与复核难度；

4) 运算效率显著提升，面对多站点、多水期的海量监测数据，可实现批量自动化演算，大幅缩减数据整编耗时和减少出错概率。

2. 水质与富营养化评价方法要求

2.1. 地表水水质评价

依据规程 SL395-2007 单指标最差赋权评价原则，方法要求如下：

1) 以选择检测项目中最差类别作为水体类别；

2) 水温、粪大肠菌群、总氮不参与水质类别评价，pH、溶解氧评价区别于常规水质指标；

3) COD 与高锰酸盐指数择优参评，COD 浓度大于 30 mg/L 时采用 COD 进行水质类别判定，小于等于 30 mg/L 选用高锰酸盐指数参评；

4) 河流、湖库水体总磷指标分别执行两套标准限值；

5) 监测数值低于检出限时，统一按 1/2 检出限代入统计计算[8]。

2.2. 湖库富营养化评价

采用综合营养状态指数 TLI 法，选取高锰酸盐指数、总磷、总氮、叶绿素 a、透明度 5 项指标；依据分级标准值线性插值计算单项营养指数，取平均值得到综合营养指数 TLI，划分贫营养、中营养、轻度富营养、中度富营养、重度富营养 5 个等级[8] [9]，分级标准见表 1。

表 1. 水体富营养化评价分级标准表

营养状态分级 (EI = 营养状态指数)		评价项目赋分值(En)	高锰酸盐指数(mg/L)	总磷(mg/L)	总氮(mg/L)	叶绿素 a (mg/L)	透明度(m)
贫营养(0 ≤ EI ≤ 20)		0	0	0	0	0	15
		10	0.15	0.001	0.02	0.0005	10
		20	0.4	0.004	0.05	0.001	5
中营养(20 < EI ≤ 50)		30	1	0.01	0.1	0.002	3
		40	2	0.025	0.3	0.004	1.5
		50	4	0.05	0.5	0.01	1
富营养	轻度富营养(50 < EI ≤ 60)	60	8	0.1	1	0.026	0.5
	中度富营养(60 < EI ≤ 80)	70	10	0.2	2	0.064	0.4
		80	25	0.6	6	0.16	0.3
	重度富营养(80 < EI ≤ 100)	90	40	0.9	9	0.4	0.2
		100	60	1.3	16	1	0.12

3. 基于 VBA 的自定义函数设计

3.1. VBA 自定义函数设计思路

Excel VBA 自定义函数可将复杂分支判断、标准值数组封装至代码内部，仅对外暴露简洁调用接口；区别于名称管理器简易函数，VBA 支持多条件分支、内置数据库、多参数输入，适配多规则叠加的水质评价场景[10]。

3.2. 自定义函数功能说明

本文共开发 6 类专用自定义函数，Rank 函数用于单项目水质类别判定，WRank 函数实现水体综合水质类别评定，SJudge 函数判别水体是否满足水质管控目标，ORate 函数统计超标指标与对应超标倍数，TLIJ 函数计算单项营养状态指数，YYH 函数输出湖库营养状态分级，各函数使用方法和功能如表 2 所示。

表 2. VBA 自定义函数详细情况说明表

函数名称	输入参数	输出结果	核心用途
Rank	浓度、项目名称、水体类型(河流/湖库)	I~V类水质类别	单项目水质评价
WRank	全部项目水体类别	I~V类水质类别	水体总类别评价
SJudge	总类别、目标值对应类别	达标/不达标	判断水体是否达标
ORate	项目名称、浓度、单项目类别、水体类型	超标项目、超标倍数	超标项目统计
TLIJ	监测浓度、评价项目	单项营养状态指数	富营养化分项计算
YYH	综合 TLI 指数	营养状态分级	湖库营养等级判定

3.3. 函数配套数据处理流程

原始监测数据整理→透视表分水期统计均值→自定义函数批量计算水质、超标指标→4~9 月数据开展富营养化评价→按流域/行政区统计超标频次，提取主要污染项目。

4. 实例应用——安陆解放山水库水质评价

4.1. 研究区概况

解放山水库位于湖北省安陆市，为中型水库，承担区域灌溉、发电生态补水功能，是安陆市城区备用水源地，该站点为省级基本水质监测断面，全年逐月开展水质监测，监测指标覆盖地表水常规项目与富营养化 5 项指标，水体类型按湖库标准开展评价，并用河流标准作差异性对比分析。

4.2. 数据来源

收集 2021 年 1~12 月逐月监测数据，见表 3，划分汛期、非汛期、全年 3 个评价时段，通过计算统计得到 2021 年安陆市各时期水质检测项目统计表，见表 4，选取 pH、溶解氧、高锰酸盐指数、COD、氨氮、总磷、总氮、叶绿素 a、透明度等主要指标做示例计算。

4.3. 自动化评价计算过程

1) 基础数据预处理：按照规范要求统一转换低于检出限数据，如表 3 总磷 9 月份数据，对应的“<0.01”的数值改为“0.005”，见表 5；

2) 单项目水质类别参照地表水环境质量标准 GB 3838-2002 基本项目标准限值判断[7]；

3) 水体类别与超标倍数批量计算；

4) 富营养化综合指数与营养等级判定；

5) 水源地月度达标情况统计；

6) 区域超标站点频次汇总，识别主要污染指标。表 6 为评价过程表，表 7 为评价结果表，“-”表示项目不评价。

表 3. 2021 年安陆解放山检测项目数据(为了示例展示效果，部分数据轻微调整)

序号	采样时间	pH	溶解氧	高锰酸盐指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	总氮	叶绿素 a	透明度
1	1.3	8.9	7.08	4.3	11	0.8	0.307	0.09	1.17	0.00792	0.5
2	2.6	8.4	7.27	3.9	15.3	0.8	0.098	0.11	0.74	0.00864	0.5
3	3.4	7.8	5.28	5.9	16.5	2.6	0.143	0.07	2.35	0.00646	0.5
4	4.7	8.2	8.99	3.5	19	1.7	0.317	0.06	2.44	0.02028	0.48
5	5.6	8.4	10.82	3.4	17.4	2.4	0.258	0.05	2.42	0.02805	0.48
6	6.3	8.6	9.16	4.2	17.1	2.6	0.552	0.04	2.32	0.02583	0.45
7	7.1	8.7	7.85	4.2	13.3	1.6	0.204	0.06	1.65	0.0047	0.5
8	8.4	8.6	7.54	5.3	17.6	3.5	0.279	0.03	2.08	0.01474	0.88
9	9.2	8.6	10.49	5.2	13.6	1	0.172	<0.01	2.28	0.04705	0.88
10	10.1	7.9	9.23	4.1	14	1.2	0.111	0.07	2.27	0.00855	0.5
11	11.5	8.4	6.55	6.2	35.5	1.4	0.552	0.06	1.4	0.00783	0.8
12	12.3	8.8	6.85	5.8	24.2	2	0.154	0.07	0.99	0.02142	0.81

表 4. 2021 年解放山水库各时期水质检测项目统计表

时期	pH	溶解氧	高锰酸盐指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	总氮	透明度	叶绿素 a
全年	8.4	8.09	4.7	19	4.5	0.262	0.06	1.84	0.61	0.01679
汛期	8.5	6.76	6.7	21	4.9	0.256	0.04	1.45	0.67	0.01117
非汛期	8.4	9.42	4.1	18.6	4	0.269	0.08	2.23	0.55	0.02241

表 5. 总磷 1~12 月检测值处理过程表

月份	1.3	2.6	3.4	4.7	5.6	6.3	7.1	8.4	9.2	10.10	11.5	12.3
检测值	0.09	0.11	0.07	0.06	0.05	0.04	0.06	0.03	0.005	0.07	0.06	0.07

表 6. 解放山水库单项检测项目评价过程表

时期	pH	溶解氧	高锰酸盐指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	总氮	透明度	叶绿素 a
全年	8.4	8.09	4.7	19.00	4.5	0.262	0.06	1.84	0.61	0.01679
	II	I	III	III	IV	II	IV	V	-	-
汛期	8.5	6.76	6.7	21.00	4.9	0.256	0.04	1.46	0.67	0.01117
	II	II	IV	IV	IV	II	III	IV	-	-
非汛期	8.4	9.42	4.1	19.20	4.0	0.269	0.08	2.23	0.55	0.02241
	II	I	III	III	III	II	IV	劣V	-	-

表 7. 解放山水库水质和湖泊营养化评价成果表

时期	评分值	营养化程度	水质类别	水质管理目标	达标情况	主要超标项目及超标倍数
全年	45.8	中营养	IV	III	不达标	生化需氧量(0.125)、总磷(0.2)
汛期	45	中营养	III	III	达标	
非汛期	46.6	中营养	IV	III	不达标	高锰酸盐指数(0.117)、生化需氧量(0.225)、总磷(0.6)

4.4. 河流标准差异性评价

用自定义函数按照河流标准进行水质评价计算时，计算步骤、计算方法和湖泊水质评价基本相同，主要差别为评价计算的结果不同。由于河流不作富营养化评价，总磷等富营养化评价指标相对宽松，III 类水河流要求总磷标准值 ≤ 0.2 mg/L，湖泊要求 ≤ 0.05 mg/L，标准值相对偏差为 300%，两者评价结果之间的差异主要体现为“有无富营养化评价”和“总磷是否超标”两个方面。在计算过程中，只需将 Rank 函数的“水体类型”从“湖泊”改为“河流”，作为参数输入，便能得到河流所有单项水质类别评价结果，其他按照湖泊水质评价同样的步骤进行“水质类别”“达标情况”“主要超标项目及超标倍数”评价即可。同样以解放山水库 2021 年数据为例，按照河流的评价标准，评价结果如下表 8、表 9。

表 8. 河流标准评价单项检测项目评价过程表

时期	pH	溶解氧	高锰酸盐指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	总氮	透明度	叶绿素 a
全年	8.4	8.09	4.7	19.00	4.5	0.262	0.06	1.84	0.61	0.01679
	II	I	III	III	IV	II	II	V	-	-
汛期	8.5	6.76	6.7	21.00	4.9	0.256	0.04	1.46	0.67	0.01117
	II	II	IV	IV	IV	II	II	IV	-	-
非汛期	8.4	9.42	4.1	19.20	4.0	0.269	0.08	2.23	0.55	0.02241
	II	I	III	III	III	II	II	劣V	-	-

表 9. 河流标准评价水质评价成果表

时期	评分值	营养化程度	水质类别	水质管理目标	达标情况	主要超标项目及超标倍数
全年	-	-	IV	III	不达标	生化需氧量(0.125)
汛期	-	-	III	III	达标	
非汛期	-	-	IV	III	不达标	高锰酸盐指数(0.117)、生化需氧量(0.225)

4.5. 评价结果分析

1) 解放山水库综合评价成果：从表 6 看，大部分指标水质类别都在III类以下，超过III类的指标主要为高锰酸盐指数、化学需氧量、生化需氧量、总氮，从表 7 看汛期水质满足III类管控目标，评价达标；全年、非汛期综合水质均为IV类，未达到III类管理标准。其中全年主要超标项目为生化需氧量和总磷，超标倍数为 0.125 和 0.2；非汛期同时存在高锰酸盐指数、生化需氧量、总磷三项指标超标，超标倍数分别为 0.117、0.225、0.6。水库综合营养状态指数 TLI 全年、汛期、非汛期分别为 45.8、45、46.6，营养等级均为中营养。水质时空差异特征明显：非汛期受区间面源污染输入影响水质偏弱；汛期河道水力交换充分，水体自净能力提升，水质状况相对改善，符合一般水库特征[11]。

2) 差异性评价结果：采用河流标准评价，从表 8 看解放山水库单项水质类别汛期、非汛期和全年总磷都为

II 类，和湖泊的IV、III、IV类有所不同，其他指标评价计算结果一致。从综合评价成果表 9 看，汛期水质同样满足III类管控目标，评价达标，在全年和非汛期评价结果也基本相同。不同在于河流不需要评价水体富营养化，同时在“主要超标项目及超标倍数”结果中，在全年和非汛期，总磷都未超标，生化需氧量和高锰酸盐指数超标项目与湖泊没有区别。这也反映出总磷作为湖泊富营养化的控制指标，是湖泊和河流评价差异化最大因素[12]，其他指标对评价结果基本没有影响。

4.6. 新旧方法对比分析

为量化验证本套 VBA 自定义函数的应用优势，从公式调用长度、批量计算耗时、标准更新操作、人工复核难度、计算精度 5 个维度，将工具与行业通用的传统公式法方案开展横向对比，对比指标如表 10 所示。

从表格数据可以直观看出，传统公式法存在明显短板：单元格内评价逻辑依靠上百字符嵌套搭建，可读性极差，批量处理上百个监测站点时单批次计算耗时可达 12 min 以上；若国家评价标准更新、新增参评污染物，工作人员需要对表格内全部单元格公式批量替换，一旦替换遗漏会直接引发评价错误，多层嵌套结构也大幅提升了后期复核、纠错的工作量。

与之相比，VBA 自定义函数将全部复杂逻辑封装至后台代码，单元格仅需简短语句即可调用，百站点批量计算耗时直接缩减 70%以上；评价标准调整仅需修改代码内存储限值的数组，无需改动表格内任意单元格，统一简洁的调用格式大幅降低人工复核门槛，同时计算精度与传统方法完全等效，在保证结果可靠的前提下全面提升水质整编工作整体效率[13]。

表 10. 传统公式法与 VBA 自定义函数性能对比

对比维度	传统 Excel 公式法	VBA 自定义函数
单元格调用长度	平均 110~150 字符	10~25 字符
100 个站点完整计算耗时	12~16 min	3~4.5 min
标准更新操作	全表批量替换公式	仅修改代码内标准值数组
人工复核难度	高，多层嵌套易逻辑出错	低，调用语句统一简洁
计算精度	可靠	与传统方法结果完全一致

5. 讨论

1) 工具适用范围：可广泛应用于各地水文中心水资源质量年报、河流、水库和湖泊常态化水质监测评价，兼容各类办公软件；

2) 拓展潜力：代码可二次修改，新增地方特色评价指标、地下水评价标准值；可封装为加载宏，实现一键导入工具；

3) 局限性：具使用需开启 Excel 宏功能，无 VBA 基础人员初次部署需简单指导；当前仅适配地表水评价体系，地下水、废污水评价需调整内置标准数组；

4) 优化展望：后续结合 Python 实现监测数据导入、评价图表、年报 Word 报表自动导出，进一步提升自动化程度[14]。

6. 结论

1) 本文基于 Excel VBA 开发一体化水质、富营养化自定义函数套件，完整覆盖水资源质量年报全部计算环节，内置国家标准值评价指标，自动区分河流、湖库差异化评价规则，通过解放山水库 2021 年数据为例，详细列出了水质评价和湖泊富营养化评价计算过程，以及湖泊河流差异化评价结果；

2) 相较于传统多层嵌套 Excel 内置函数，该工具大幅简化单元格调用语句，缩短批量计算时长，降低人工计算与复核差错；

3) 解放山水库实测数据验证工具计算精度可靠，轻量化、易复用，可为基层水文水资源监测整编工作提供高效自动化技术支撑。目前研究的自定义函数只针对地表水评价，在后续可纳入地下水、污废水等，同时结合其他方法，进一步优化水资源质量评价体系。

参考文献

[1] 嵇晓燕, 杨凯, 李文攀, 等. 国家地表水环境质量评价、分析与表征系统初步构建[J]. 中国环境监测, 2022, 38(5): 38-46.

[2] 赵彦伟, 沈大军. 美国流域生态健康评价体系的发展和实践[J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 2063-2070.

[3] 宁阳明, 尹发能, 李香波. 几种水质评价方法在长江干流中的应用[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(12): 126-133.

[4] 周怀东, 彭文启, 杜霞, 等. 中国地表水水质评价[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2004, 2(4): 255-264.

[5] 李杰. Excel 在水资源质量年报编制中的应用分析[J]. 水资源研究, 2024, 13(10): 892-900.

[6] 廖凯, 戈晓斌, 龙彪, 等. 基于 VBA 的水质单因子评价程序设计[J]. 电脑编程技巧与维护, 2025, 27(9): 29-31, 42.

[7] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB 3838-2002. 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.

[8] 中华人民共和国水利部. SL 395-2007 地表水资源质量评价技术规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.

[9] 舒金华. 我国湖泊富营养化程度评价方法的探讨[J]. 环境污染与防治, 1990, 12(5): 2-7.

[10] 韩小良. Excel VBA 应用开发技巧精华版[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

[11] 陈美军, 陈非洲. 南京市小型水库水质评价和富营养化分析[J]. 环境保护科学, 2020, 46(4): 86-91.

[12] 张劲松, 王欢, 刘阳, 孙亚敏, 等. 2014-2023 年巢湖流域河湖系统总磷浓度时空变化特征分析[J]. 环境监控与预警, 2025, 17(2): 105-111.

[13] 白爱民. 实现地表水环境质量评价的一种方法——使用 EXCEL 自定义函数的新思路[J]. 环境科学导刊, 2014, 33(4): 72-76.

[14] 聂慧君, 蔡颖, 朱晓晓, 等. 基于 Python 的数据分析在水环境评价中的应用[J]. 绿色科技, 2024, 26(20): 140-147.