

暴雨强度公式的编制及在高标准农田灌溉设计中的应用

熊永花, 谢佳豪, 兰世怀, 黄大卫

黔东南州气象局, 贵州 凯里

收稿日期: 2025年7月28日; 录用日期: 2025年8月27日; 发布日期: 2025年9月4日

摘要

随着农业现代化的发展, 高标准农田建设成为保障国家粮食安全、提高农业生产效率的重要措施之一。本文详细探讨了暴雨强度公式的理论基础及其在高标准农田灌溉设计、水土保持、风险管理及水资源管理中的应用。暴雨强度公式作为计算降雨强度的重要工具, 通过数学优化方法和精度检验确保其准确性和可靠性。在高标准农田灌溉设计中, 该公式有助于优化排水和灌溉系统, 提高水资源利用效率; 在水土保持领域用于评估降雨侵蚀力, 设计水土保持措施, 优化土地利用方式; 在风险管理和水资源管理中, 暴雨强度公式对于评估暴雨灾害风险、制定应急预案、优化水资源配置具有重要意义。暴雨强度公式在高标准农田多个领域展现出广泛应用前景和实践价值, 对于促进农业可持续发展具有十分重要的作用。

关键词

暴雨强度公式, 高标准农田, 灌溉, 应用

The Development of Rainstorm Intensity Formula and Its Application in High-Standard Farmland Irrigation Design

Yonghua Xiong, Jiahao Xie, Shihuai Lan, Dawei Huang

Qiandongnan Meteorological Bureau, Kaili Guizhou

Received: Jul. 28th, 2025; accepted: Aug. 27th, 2025; published: Sep. 4th, 2025

Abstract

With the development of agricultural modernization, the construction of high-standard farmland has become one of the critical measures to ensure national food security and enhance agricultural

productivity. This paper comprehensively explores the theoretical foundation of the rainstorm intensity formula and its applications in high-standard farmland irrigation design, soil and water conservation, risk management, and water resource management. As a vital tool for calculating rainfall intensity, the rainstorm intensity formula ensures accuracy and reliability through mathematical optimization methods and accuracy verification. In high-standard farmland irrigation design, this formula contributes to optimizing drainage and irrigation systems to improve water resource utilization efficiency. In soil and water conservation, it aids in assessing rainfall erosivity, designing conservation measures, and optimizing land-use patterns. For risk management and water resource management, the formula plays a significant role in evaluating rainstorm disaster risks, formulating emergency plans, and optimizing water resource allocation. The rainstorm intensity formula demonstrates broad application prospects and practical value across multiple domains of high-standard farmland, serving as a crucial instrument for promoting sustainable agricultural development.

Keywords

Rainstorm Intensity Formula, High-Standard Farmland, Irrigation, Application

Copyright © 2025 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

在全球变暖的大背景下，气候模式发生了显著变化，极端降水事件的发生频率和强度都有所增加[1][2]。据研究显示，在过去几十年间，许多地区经历了比历史记录更高的降雨量，特别是在某些特定季节或月份。这些变化对于农业生产构成了直接威胁，尤其是在那些原本就面临水资源管理挑战的地区。因此，如何有效提升高标准农田的排水能力，成为了当前亟待解决的问题。

暴雨强度公式作为一种重要的工具，被广泛应用于城市雨水排放系统设计、水利工程规划等领域。它主要用于描述一定重现期下不同历时的最大降雨强度之间的关系，为各类工程设计提供科学依据。通过合理运用暴雨强度公式，可以准确预测特定区域在未来可能遇到的最大降雨强度，从而指导灌溉系统的排水设计[3]。这不仅可以增强农田抵御自然灾害的能力，还有助于优化水资源配置，促进农业生产的稳定与发展。

高标准农田建设是现代农业发展的基石，它不仅关乎国家粮食安全，也是实现农业可持续发展的重要保障。在这一背景下，灌溉系统的设计与优化成为确保农田高效利用的关键环节之一[4]-[7]。而随着全球气候变化的影响日益加剧，极端天气事件如暴雨频发，对农田尤其是高标准农田的排水能力提出了前所未有的挑战。因此，深入探讨暴雨强度公式在高标准农田灌溉设计中的应用显得尤为重要。

2. 暴雨强度公式的理论基础

暴雨强度公式编制[8][9]的主要内容包括资料处理、单一重现期暴雨强度公式拟合、区间参数公式拟合、暴雨强度总公式拟合、常用查算图表编制、精度检验、各强度暴雨时间变化特征和暴雨强度空间分布特征分析等内容。

2.1. 暴雨强度公式拟合

暴雨强度总公式的定义为：

$$q = \frac{167A_1(1 + C \lg P)}{(t + b)^n} \quad (1)$$

式中:

A_1, b, n ——待求的参数;

q ——暴雨强度(L/(s·ha));

t ——降雨历时(min)。

对式(1)两端求对数, 得到:

$$\ln q = \ln(167A_1) + \ln(1 + C \lg P) - n \ln(t + b) \quad (2)$$

设 $y = \ln q - \ln(1 + C \lg P)$, $b_0 = \ln(167A_1)$, $b_1 = -n$, $x = \ln(t + b)$, 则上式可写为:

$$y = b_0 + b_1 x \quad (3)$$

采用最小二乘法求出式(3)中的 b_0 、 b_1 。

由于式(1)中的 b 也是未知数, 在此推荐采用“数值逼近法”来处理: 先给定一个 b 值, 采用最小二乘法进行计算, 得出相应的 A_1 、 n 以及 q' (拟合值), 同时求出公式的平均绝对均方差 $\bar{\sigma}$:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{m_0} \sum_{j=1}^{m_0} \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (q_{ij} - q'_{ij})^2} \quad (4)$$

式中:

m ——11 个历时;

m_0 ——8 个重现期。

不断调整 b 值, 直至使其 $\bar{\sigma}$ 值达到最小。选取使 $\bar{\sigma}$ 最小的一组参数 A_1 、 b 、 n , 即为最佳拟合参数。

2.2. 参数求解

暴雨强度公式可以采用符合数理统计理论基础的数学优化方法求解参数, 包括求解非线性方程的方法或最优化方法率定暴雨强度公式参数。常用求解非线性方程的方法有牛顿迭代法、高斯-牛顿法、麦夸尔特法、优选回归分析法等。常用最优化方法有加速遗传算法、蚁群算法等。在编制重现期 2~100 年范围的暴雨强度公式时, 应重点保证重现期 2~20 年区间的拟合精度。

2.3. 精度检验

为确保计算结果的准确性, 在合理取舍有效参数的同时, 需对暴雨强度计算结果进行精度检验, 按《室外排水设计标准》(GB 50014-2021)的要求, 需计算抽样误差和暴雨强度公式均方差。宜按绝对均方差计算, 也可以辅以相对均方差计算。计算重现期在 2~20 年时, 在一般降雨强度的地方, 平均绝对均方差不宜大于 0.05 mm/min; 在较大降雨强度的地方, 平均相对均方差不宜大于 5%。

误差统计表达式:

平均绝对均方根误差:

$$X_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{t_i} \right)^2} \quad (5)$$

平均相对均方根误差:

$$U_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{R_i} \right)^2} \times 100\% \quad (6)$$

式(5)和式(6)中:

R' ——理论降雨量;

R ——P-i-t 曲线确定的降雨量;

t ——降水历时;

n ——样本数。

3. 高标准农田灌溉设计中的应用

3.1. 排水系统设计

高标准农田需具备良好的排水能力,以应对暴雨引发的积水问题。通过暴雨强度公式计算特定重现期和历时的降雨强度,可为排水沟、管道等设施的尺寸和布局提供依据,确保排水系统能有效应对极端降雨。

3.1.1. 确定设计降雨强度

暴雨强度公式通常表示为[10]:

$$i = \frac{A}{(t+b)^n} \quad (7)$$

其中:

i : 降雨强度(mm/min 或 L/(s·ha));

t : 降雨历时(min);

A 、 b 、 n : 地区参数,需根据当地气象数据拟合。

通过计算和分析特定地区的暴雨强度,可以更加科学、合理地确定农田灌溉系统的布局、管道尺寸、水泵选型等关键参数。具体的应用步骤如下:

- (1) 收集基础数据: 包括地理位置、气候特征、历史降雨记录等,为暴雨强度公式的应用提供基础。
- (2) 选用或修正暴雨强度公式: 根据地区特点,选用适合的暴雨强度公式,设计重现期(如5年、10年或20年一遇)和降雨历时(如短历时暴雨),并可能需要进行地区性修正,以确保计算结果的准确性。
- (3) 计算暴雨强度: 将收集到的基础数据代入暴雨强度公式,计算得出特定重现期下的暴雨强度值。
- (4) 确定灌溉需求: 结合农田的土壤类型、作物种类、生长周期等因素,确定农田的灌溉需求。
- (5) 设计灌溉系统: 根据计算出的暴雨强度和灌溉需求,设计灌溉系统的布局、管道尺寸、水泵选型等。确保灌溉系统既能满足作物的灌溉需求,又能适应暴雨天气下的排水要求。
- (6) 验证与优化: 通过模拟和实地测试,验证灌溉系统的性能,并根据实际情况进行优化调整。

3.1.2. 计算径流量

通过降雨强度计算径流量,常用公式为:

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (8)$$

其中:

Q : 径流量(L/s 或 m³/s);

C : 径流系数(取决于地表类型,农田一般为0.2~0.5);

i : 降雨强度(L/(s·ha));

A : 汇水面积(ha)。

径流量是设计排水沟、管道等设施的重要依据,首先确定农田的汇水面积 A 和径流系数 C ,将设计降雨强度 i 代入公式,计算径流量 Q 。

3.1.3. 优化排水设施规模

根据径流量 Q 和排水系统的设计标准, 确定排水设施的尺寸和布局。对于排水沟设计, 可使用曼宁公式计算排水沟的断面尺寸, 根据计算结果确定排水沟的宽度、深度和坡度。同时根据径流量 Q 和管道流速要求, 选择管径和坡度。在设计排水系统时, 需考虑极端暴雨情况(如 50 年或 100 年一遇的降雨), 确保排水系统在极端条件下仍能正常运行。可通过调整重现期或增加排水设施的冗余能力来提高系统的可靠性。曼宁公式[11][12]为:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (9)$$

其中:

- Q : 径流量(m^3/s);
- n : 粗糙系数(取决于沟渠材料);
- A : 过水断面面积(m^2);
- R : 水力半径(m);
- S : 沟底坡度。

3.2. 灌溉系统设计

在灌溉系统设计中, 暴雨强度公式的应用主要体现在降雨资源的利用、排水与灌溉的结合、系统抗暴雨能力的设计和降雨与灌溉需求的匹配关系, 优化水资源利用等方面。通过科学应用暴雨强度公式, 可以实现高标准农田灌溉系统的高效、稳定运行, 提升农业生产的抗灾能力和水资源利用效率。

3.2.1. 降雨资源的利用

降雨资源的利用主要是雨水收集与储存。通过暴雨强度公式计算降雨强度 i 和降雨量, 可以为雨水收集系统的设计提供依据。

计算降雨量:

$$P = i \cdot t \quad (10)$$

其中:

- P : 降雨量(mm);
- i : 降雨强度(mm/h);
- t : 降雨历时(h)。

根据降雨量和集雨面积计算可收集的雨水量, 设计蓄水池或水库的容量。如某农田集雨面积为 10 ha, 设计降雨强度为 50 mm/h, 降雨历时为 1 h, 则降雨量为 50 mm, 可收集雨水量为: $V = 10 \text{ ha} \times 50 \text{ mm} = 5000 \text{ m}^3$, 据此设计蓄水池容量。

3.2.2. 排水与灌溉的结合

在综合考虑排水与灌溉的结合时, 排水灌溉一体化设计:

在暴雨条件下, 灌溉系统需具备排水功能, 避免农田积水。通过暴雨强度公式计算径流量 Q , 设计排水与灌溉结合的渠道或管道。在应用时, 如某农田汇水面积为 5 ha, 径流系数为 0.4, 设计降雨强度为 100 L/(s·ha), 则径流量为: $Q = 0.4 \times 100 \times 5 = 200 \text{ L}/\text{s}$, 可据此设计排水灌溉渠道。

3.2.3. 系统抗暴雨能力设计

暴雨是高标准农田的主要灾害之一, 在灌溉设施的防洪设计中, 灌溉设施(如泵站、渠道、管道)需具备抗暴雨能力。通过暴雨强度公式计算极端降雨条件下的径流量, 确保设施在暴雨中不被冲毁或淹没。

根据设计重现期(如 50 年一遇)计算极端降雨强度。设计灌溉设施的防洪措施, 如加高泵站基础、加固渠道边坡等。在实际应用中, 如某泵站设计时, 通过暴雨强度公式计算 50 年一遇的降雨强度为 150 mm/h, 据此加高泵站基础 0.5 m, 防止淹没。

3.2.4. 灌溉系统的优化设计

灌溉系统的优化设计是减少暴雨对灌溉影响的主要手段, 暴雨可能导致灌溉系统堵塞或损坏。通过暴雨强度公式分析降雨特征, 优化灌溉系统的布局 and 材料选择。在暴雨多发地区, 采用耐冲刷的管道材料。在渠道设计中增加沉砂池, 减少泥沙进入灌溉系统。如某农田灌溉系统设计中, 通过暴雨强度公式分析发现短时暴雨可能导致渠道冲刷, 因此在渠道中增设沉砂池。

3.2.5. 水资源平衡分析

水资源平衡主要取决于降雨与灌溉需求的匹配, 通过暴雨强度公式计算降雨量, 分析降雨是否满足作物灌溉需求。计算作物需水量[13]:

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \quad (11)$$

其中:

ET_c : 作物需水量(mm);

K_c : 作物系数;

ET_0 : 参考蒸散发量(mm)。

比较降雨量与作物需水量, 确定是否需要补充灌溉。如某农田作物需水量为 300 mm, 通过暴雨强度公式计算雨季降雨量为 400 mm, 可满足作物需求, 减少灌溉用水。

3.3. 水土保持

在水土保持中, 暴雨强度公式的应用主要体现在评估降雨侵蚀力、设计水土保持措施以及优化土地利用方式等方面。通过科学应用暴雨强度公式, 可以有效保护土壤资源, 提高土地可持续利用能力, 促进生态环境的改善。

3.3.1. 评估降雨侵蚀力

降雨侵蚀力(R)是衡量降雨对土壤侵蚀能力的重要指标, 通常通过暴雨强度公式计算。常用的降雨侵蚀力计算公式[14]为:

$$R = \sum_{i=1}^n (E \cdot I_{30}) \quad (12)$$

其中:

E : 单次降雨动能(MJ/ha);

I_{30} : 最大 30 分钟降雨强度(mm/h)。

单次降雨动能 E 可通过暴雨强度公式计算:

$$E = 0.29(1 - 0.72e^{-0.05i}) \quad (13)$$

其中 i 为降雨强度(mm/h)。

在应用时, 根据暴雨强度公式计算降雨强度 i , 再计算单次降雨动能 E 和降雨侵蚀力 R , 由此来评估降雨对土壤的侵蚀风险。

3.3.2. 设计水土保持措施

根据降雨侵蚀力评估结果, 设计相应的水土保持措施, 以减少土壤侵蚀。常用的措施主要有植被措

施、工程措施和耕作措施。植被措施包括种植草皮、灌木或树木，增加地表覆盖，减少雨滴对土壤的直接冲击。在应用中，可根据降雨侵蚀力 R 确定植被覆盖的密度和类型。工程措施主要有修建梯田、水平沟、鱼鳞坑等，减缓径流速度，减少土壤流失。在应用中，可根据暴雨强度公式计算径流量 Q ，设计梯田或沟渠的尺寸和间距。耕作措施主要有采用等高耕作、带状种植等耕作方式，减少径流对土壤的冲刷。在应用中，可根据降雨侵蚀力 R 优化耕作方向和方法。

3.3.3. 优化土地利用方式

通过暴雨强度公式分析降雨特征，优化土地利用方式，降低水土流失风险。具体应用为根据降雨侵蚀力 R 划分土地敏感性等级，在侵蚀风险高的区域，限制开发或采取严格的水土保持措施，在侵蚀风险低的区域，合理规划农业、林业或建设用地。

3.3.4. 计算土壤流失量

通用土壤流失方程^[9]计算土壤流失量：

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (14)$$

其中：

- A : 土壤流失量(t/ha/yr);
- R : 降雨侵蚀力(MJ·mm/(ha·h·yr));
- K : 土壤可蚀性因子;
- L : 坡长因子;
- S : 坡度因子;
- C : 植被覆盖因子;
- P : 水土保持措施因子。

在应用中，通过暴雨强度公式计算降雨侵蚀力 R ，再结合其他因子计算土壤流失量 A 。根据计算结果优化水土保持措施。

3.4. 在风险管理中如何应用

在风险管理中，暴雨强度公式的应用主要体现在风险评估、应急预案制定、灾害预警以及工程设计与优化等方面。在风险管理中，主要应用为评估暴雨灾害风险，识别高风险区域；制定应急预案，减少灾害损失；发布灾害预警，提高应急响应能力；优化防洪工程设计，提升抗灾能力；评估灾害经济损失，支持保险和补偿决策；提高公众防灾意识，增强社会抗灾能力。通过科学应用暴雨强度公式，有效降低暴雨灾害的风险，保障人民生命财产安全，促进社会经济的可持续发展。

3.4.1. 风险评估

通过暴雨强度公式计算不同重现期(如 5 年、10 年、50 年一遇)的降雨强度 i ，对暴雨灾害风险进行识别，评估暴雨可能引发的灾害风险，如洪水、内涝、滑坡等。根据降雨量和地形特征，评估洪水、内涝等灾害的发生概率和影响范围。如某地区通过暴雨强度公式计算 50 年一遇的降雨强度为 120 mm/h，结合地形分析发现低洼地区存在较高的内涝风险。

3.4.2. 应急预案制定

通过暴雨强度公式计算极端降雨条件下的径流量 Q ，模拟洪水或内涝的淹没范围和水深，为应急预案制定提供依据。根据径流量和地形数据，模拟洪水或内涝的淹没范围。如某城市通过暴雨强度公式模拟 50 年一遇的降雨情景，发现某区域可能淹没水深达 1 m，因此制定了疏散和抢险预案。

3.4.3. 灾害预警

实时降雨监测与预警，结合暴雨强度公式和实时降雨数据，发布暴雨灾害预警信息。根据实时降雨强度 i 和暴雨强度公式，预测未来降雨趋势。同时结合地形和排水能力，评估灾害发生的可能性。如某地区通过实时降雨监测和暴雨强度公式，提前 2 小时发布洪水预警，减少了灾害损失。

3.4.4. 工程设计与优化

在防洪工程设计中，可通过暴雨强度公式计算设计降雨强度 i ，优化防洪工程(如堤坝、排水系统)的设计标准。根据设计重现期(如 50 年或 100 年一遇)计算降雨强度，设计防洪设施的规模和布局，确保其能够抵御极端降雨。如某河流通过暴雨强度公式计算 100 年一遇的降雨强度，设计了一座防洪堤坝，有效降低了洪水风险。

3.4.5. 保险与经济损失评估

在灾害经济损失评估中，通过暴雨强度公式计算极端降雨条件下的灾害损失，为保险定价和灾害补偿提供依据。根据降雨强度 i 和淹没范围，评估农田、房屋、基础设施等的损失。如某保险公司通过暴雨强度公式评估某地区 50 年一遇的降雨损失，制定了相应的保险方案。

3.5. 在水资源管理中如何应用

在水资源管理中，暴雨强度公式的应用主要体现在降雨资源评估、雨水收集与利用、洪水调控以及水资源优化配置等方面。具体体现为评估降雨资源潜力，优化雨水收集与利用；预测和调控洪水，减少灾害损失；分析降雨与需水的匹配关系，优化水资源配置；评估地下水补给潜力，促进水资源可持续利用。通过科学应用暴雨强度公式，可以实现水资源的高效管理和可持续利用，支撑经济社会发展和生态环境保护。

3.5.1. 降雨资源评估

通过暴雨强度公式计算特定重现期和历时的降雨量，评估区域降雨资源的潜力。根据降雨量和区域面积，计算总降雨资源量。如某区域面积为 100 km^2 ，通过暴雨强度公式计算年降雨量为 800 mm ，则总降雨资源量为：

$$V = 100 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0.8 \text{ m} = 8 \times 10^7 \text{ m}^3$$

3.5.2. 雨水收集与利用

通过暴雨强度公式计算降雨强度 i 和降雨量 P ，设计雨水收集系统的规模和布局。计算可收集雨水量：

$$V = C \cdot P \cdot A \quad (15)$$

其中：

V : 可收集雨水量(m^3)；

C : 收集效率系数；

P : 降雨量(m)；

A : 集雨面积(m^2)。

根据计算结果设计蓄水池、水库等设施的容量。如某农田集雨面积为 10 ha ，设计降雨量为 50 mm ，收集效率系数为 0.8 ，则可收集雨水量为：

$$V = 0.8 \times 0.05 \text{ m} \times 10 \times 10^4 \text{ m}^2 = 4000 \text{ m}^3$$

3.5.3. 洪水调控

通过暴雨强度公式计算极端降雨条件下的径流量 Q ，预测洪水发生的时间和规模，对洪水进行预测和调控，并制定调控措施。某河流汇水面积为 500 km^2 ，通过暴雨强度公式计算 50 年一遇的径流量为 $5000 \text{ m}^3/\text{s}$ ，设计了一座水库用于调控洪水。

3.5.4. 水资源优化配置

通过暴雨强度公式计算降雨量 P ，分析降雨与区域需水的匹配关系，优化水资源配置。计算区域需水量：

$$D = \sum_{i=1}^n (ET_c \cdot A_i) \quad (16)$$

其中：

D ：区域需水量(m^3)；

ET_c ：作物需水量(mm)；

A_i ：作物种植面积(m^2)。

比较降雨量 P 和需水量 D ，确定是否需要补充灌溉或调水。如某农田年需水量为 600 mm ，通过暴雨强度公式计算年降雨量为 500 mm ，需补充灌溉 100 mm 。

3.5.5. 地下水补给

通过暴雨强度公式计算降雨量 P ，评估降雨对地下水的补给潜力。计算入渗量：

$$I = f \cdot P \cdot A \quad (17)$$

其中：

I ：入渗量(m^3)；

f ：入渗系数；

P ：降雨量(m)；

A ：区域面积(m^2)。

根据入渗量设计地下水补给设施。如某区域年降雨量为 800 mm ，入渗系数为 0.3 ，区域面积为 100 km^2 ，则年入渗量为：

$$I = 0.3 \times 0.8 \text{ m} \times 100 \times 10^6 \text{ m}^2 = 2.4 \times 10^7 \text{ m}^3$$

4. 结论和讨论

本文深入探讨了暴雨强度公式的理论基础及其在高标准农田灌溉设计、水土保持、风险管理以及水资源管理等多个领域的应用。通过详细的分析和实例，得出了以下结论：

(1) 暴雨强度公式作为一种重要的工具，其准确性和适用性得到了广泛的验证。在公式拟合过程中，通过采用数学优化方法和精度检验手段，确保了公式的可靠性和稳定性。这不仅为暴雨强度的科学计算提供了依据，也为相关领域的实践应用奠定了坚实的基础。

(2) 在高标准农田灌溉设计中，暴雨强度公式的应用显著提高了排水和灌溉系统的效率和可靠性。通过精确计算降雨强度和径流量，能够优化排水沟、管道等设施的尺寸和布局，确保农田在暴雨条件下仍能保持良好的排水能力。同时，结合灌溉需求，可以设计出更加科学合理的灌溉系统，提高水资源的利用效率。

(3) 在高标准农田水土保持上，暴雨强度公式为评估降雨侵蚀力、设计水土保持措施以及优化土地利用方式提供了有力的支持。通过计算降雨侵蚀力，能够准确评估降雨对土壤的侵蚀风险，从而采取有针对性

对性的水土保持措施。此外,根据降雨特征优化土地利用方式,有助于降低水土流失风险,保护生态环境。

(4) 在风险管理和水资源管理中,暴雨强度公式的应用同样具有重要意义。通过计算不同重现期的降雨强度和径流量,能够评估暴雨灾害风险,制定应急预案,提高防灾减灾能力。同时,暴雨强度公式还有助于优化水资源配置,实现水资源的可持续利用。

(5) 暴雨强度公式在多个领域具有广泛的应用前景和重要的实践价值。未来,随着相关技术的不断发展和完善,暴雨强度公式将在更多领域发挥更大的作用。同时,也应继续深入研究暴雨强度公式的理论基础和实际应用,实际应用过程中还需考虑多种因素,如地形地貌特征、土壤渗透性等,不断提高其准确性和适用性,以更好地服务于人类社会可持续发展。

参考文献

- [1] 敖雪,翟晴飞,赵春雨,等. 全球升温1.5℃和2.0℃辽河流域极端降水变化预估[J]. 气象与环境学报, 2023, 39(6): 69-79.
- [2] 古再丽努尔·亚森,张京朋,赵天保. CMIP6 多模式对 21 世纪中亚极端降水未来变化预估[J]. 气候与环境研究, 2023, 28(3): 286-302.
- [3] 龙天渝,卢齐齐,王玉霞. 人工模拟暴雨条件下紫色土坡耕地入渗过程研究[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(2): 76-78, 81.
- [4] 邵波. 高标准农田水利工程建设探讨[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(10): 275-277.
- [5] 冯宇涛. 高标准农田规划设计探析[J]. 大众标准化, 2023(4): 67-68, 71.
- [6] 何安康. 对高标准农田水利工程建设探索与思考[J]. 大科技, 2024(51): 70-72.
- [7] 钟紫杨. 高标准农田水利建设技术要点分析[J]. 江西农业, 2024(17): 75-77.
- [8] 住房和城乡建设部,中国气象局. 城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则[Z]. 2014.
- [9] 张金萍,王茹玉,李志伟. 郑州市暴雨强度公式计算与对比分析[J]. 水电能源科学, 2024, 42(8): 1-5.
- [10] 卓雄,格日乐,上官海东,等. 基于暴雨强度公式的设计雨型[J]. 城市道桥与防洪, 2022(11): 118-121, 144, 18.
- [11] 王汉卿,张春林. 基于曼宁公式影响因子相关分析的洪水流量计算——以洮河流域为例[J]. 水利水电快报, 2023, 44(2): 29-34, 47.
- [12] 裴斌,赵淑饶,郭银,等. 基于能量方程和曼宁公式的断面平均水深计算[J]. 人民黄河, 2019, 41(2): 10-13.
- [13] 张泉. 作物需水量及灌溉需水量趋势性分析及方法[J]. 河南水利与南水北调, 2021, 50(6): 81-83.
- [14] 张艳灵,张红. 通用土壤流失方程研究进展[J]. 山西水土保持科技, 2013(2): 12-15.