

黄土高原长历时土壤侵蚀暴雨标准初探

王占礼 焦菊英

(中国科学院
水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

提 要

本文从黄土高原的降雨、径流、入渗、暴雨的实际情况及收集暴雨资料的需要出发,阐述了拟定长历时(60~1440min)土壤侵蚀暴雨标准的必要性和思路。根据这个思路,笔者在已拟定的短历时(5~60min)暴雨标准基础上,参考有关资料,拟定了长历时土壤侵蚀暴雨标准。

关键词:黄土高原 长历时。土壤侵蚀暴雨 标准 临界稳定入渗率

A Preliminary Discussion on the Criterion of Long Duration Rainstorm for Soil Erosion in the Loess Plateau

Wang Zhanli Jiao Juying

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and
Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract

Considering the specific situation of precipitation, runoff, infiltration and rainstorm on the Loess Plateau and the need for collecting rainstorm data, the authors analyzed the necessity and idea drafting the criterion of long duration (60—1440min) rainstorm for soil erosion. According to the idea and the short duration criterion drafted in the past, the criterion on long duration rainstorm for soil erosion with reference to related information was drafted.

Key words the Loess Plateau long duration rainstorm of soil erosion
criterion critical and steady infiltration rate

一、拟定长历时土壤侵蚀暴雨标准的必要性

关于黄土高原的土壤侵蚀暴雨标准,笔者曾进行过研究^[1]。短历时暴雨是造成黄土高原地区严重土壤侵蚀的主要降雨因素,即使有许多连续降雨,历时长于60min的暴雨,实际上也是由一些短历时暴雨与小雨相间组合而成,这类暴雨以短历时、高强度降雨和长历时、低强度降雨相间出现,因此在统计暴雨时,按照原拟定的土壤侵蚀暴雨标准,即短历时暴雨标准,基本上可以把绝大部分暴雨都包括在内。需要指出,对于由短历时暴雨与小雨相间组合而成的,暴雨如果制定一个长历时暴雨标准,并按照这个标准进行统计,虽然长历时内的总降雨量达到了标准,但真正的暴雨降水

是在短历时内进行的,所以按长历时的标准统计这种暴雨是不能反映雨强、历时等真实情况的,还必须依照短历时暴雨标准,对组成这种暴雨的各个短历时暴雨,分段进行统计才能反映出真实的暴雨。但是黄土高原地区的长历时暴雨,除了主要为短历时暴雨与小雨相间组合而成的这种类型外,还有一类是超过60min的相当长的历时长,雨强并不大,但降雨连续不断,而且雨强随时间变化比较一致,并且在我们的工作中发现,由这种暴雨引起的土壤侵蚀还比较严重。对于这种暴雨,按照笔者曾拟定的短历时暴雨标准进行统计显然是不行的。其一,如果整个历时长内所有的雨强都达不到60min以内的标准,则无法统计;其二,如果整个历时长内某段或某几段历时的雨强稍高,可以达到60min以内的标准,而其余历时达不到,对于这种情况,若只按60min以内的标准对达到者统计,其余的不以暴雨统计,则有丢失。因此,我们拟定的短历时暴雨标准,是不能概括黄土高原地区所有暴雨的。为了解决上述问题,把黄土高原地区引起土壤侵蚀的所有暴雨都包括进去,我们在历时长区间(60min, 1 440min)内再拟定一个标准,作为黄土高原土壤侵蚀暴雨的长历时标准。

二、拟定长历时土壤侵蚀暴雨标准的思路

笔者对土壤侵蚀暴雨标准的确定原则曾已撰述^[1],其针对长、短历时暴雨都是相同的。按照这个原则,采取与确定60min以内的短历时土壤侵蚀暴雨标准同样的试验方法来直接确定(60min, 1 440min)的长历时土壤侵蚀暴雨标准,由于受目前模拟降雨产流试验观测手段所限,已不可能完成。因此,只有采用间接的方法来确定。我们试图通过降雨入渗试验来获得。具体地讲,就是通过一系列等雨强降雨入渗试验取得不同稳定入渗率及其出现的时间,进而求得临界稳定入渗率及其出现的时间,将临界稳定入渗率恒值作为其出现时间至1 440min的土壤侵蚀暴雨标准,将临界稳定入渗率值同短历时土壤侵蚀暴雨标准值一起进行统计分析,得出60min至临界稳定入渗率出现时的土壤侵蚀暴雨标准。下面逐步加以详述。

降雨到达地面后,一部分以径流形式流失;另一部分则下渗。黄土高原的包气带平均厚约50m,前人研究多数得出其存在着一个稳定入渗率,事实上,这只是在黄土高原的客观降雨情况下,即有限的降雨时间和降雨量内,某一时间以后出现的随时间增长减小很少的一个入渗率,并非绝对值。而且对于降雨前下垫面状况相同,如果降雨强度不同,其值与出现的时间也不同,这主要是不同强度的降雨对地面的打击程度不同等因素的影响,致使在各次不同强度的降雨过程中,下垫面状况实际上已经出现了差别。稳定入渗率虽为相对值,但在深厚的黄土区及黄土高原客观降雨状况下确系存在,而且变化幅度极小,并且其值及出现的时间因不同降雨而异。因此,我们通过降雨入渗试验来拟定长历时土壤侵蚀暴雨标准,首先通过一系列各种等雨强的降雨入渗试验来取得不同稳定入渗率及其出现时间的思路是有基础的、可行的。

等雨强条件下的降雨入渗,与充分灌水条件下的积水型入渗,在入渗速率对时间的关系上不同,其可以分为三种情况:第一种是降雨强度比较大的情况。这种情况一般在降雨初期,雨水全部入渗,这阶段的土壤入渗率大于降雨强度,随着降雨的进行,二者逐渐接近,直至相等,其后,降雨稍再持续,土壤入渗率即小于降雨强度,此时坡面即始产流,其后入渗率不断减小,直至出现稳定入渗率;第二种是降雨强度很小的情况。这种情况在降雨过程中,土壤入渗率始终大于降雨强度,坡面不会产生径流,入渗率也不会出现稳定入渗率值;第三种是降雨强度介于上述第一与第二种之间的情况。这种情况就是在第一与第二种雨强之间存在着一个临界值,若以这个雨强进行降雨,当进行到一定时间以后,出现土壤稳定入渗率,并且其值与降雨强度相等,而且其后二者始终相等,一直处于平衡状态,坡面不发生径流,如果雨强稍有增大即始产流。我们通

过降雨入渗试验来拟定长历时土壤侵蚀暴雨标准，首先在取得不同稳定入渗率及其出现的时间以后，第二步工作的核心就是得出此值及其出现的时间，并且认为此入渗率（等于降雨强度）就是此历时内坡面上开始产生径流的降雨强度，我们称这个降雨强度为临界降雨强度，稳定入渗率为临界稳定入渗率。

由上述可知，临界稳定入渗率及其出现的时间很难从试验中直接得到，因此我们采取首先通过一系列各种等雨强降雨入渗试验，取得不同稳定入渗率及其出现的时间以后，第二步再通过对不同稳定入渗率及其出现的时间进行相关分析推求。虽然求出的此值及其出现的时间在试验值之外，但由于试验值已很趋近此值，时间上也很接近，故认为可以使用。另外，由于临界降雨强度的值很小，如用喷水式模拟降雨器直接模拟出，其雨滴直径必然也很小，这样的降雨，从数m高度上降落，着地时一般都可达到雨滴终点速度。因此，降雨能量与同雨强的天然降雨基本一致，也就是说，临界降雨强度虽为通过试验方法求得，但可直接作为天然降雨强度。基于以上认识，以及我们给的临界降雨强度概念，故可直接将求得的临界稳定入渗率，及其出现的时间与60 min以内的短历时土壤侵蚀暴雨标准放在一起进行统计，得出60min至临界稳定入渗率出现时的长历时土壤侵蚀暴雨标准。当然严格来说，还会使原拟定的短历时土壤侵蚀暴雨标准有微小的变化（参见表1），但我们不再做这种无实际意义的修正，何况是专门研究长历时标准。至于临界稳

表1 黄土高原短历时土壤侵蚀暴雨标准值、临界稳定入渗率参考值与计算值比较

历时T (min)	雨强I (mm/min)	计算值 \hat{I}
5	0.88	0.85
10	0.56	0.55
15	0.43	0.43
20	0.36	0.36
25	0.31	0.31
30	0.28	0.28
35	0.25	0.25
40	0.23	0.23
45	0.21	0.22
50	0.20	0.20
55	0.19	0.19
60	0.18	0.18
240	0.08	0.08

定入渗率出现时间以后的标准，则为此历时的土壤侵蚀暴雨标准之恒值，也即临界稳定入渗率值，图象是截距为该恒值的一条水平线。

综上所述，由于受目前模拟降雨产流试验观测手段所限，笔者试图按照上述思路来拟定长历时土壤侵蚀暴雨标准。虽然如此，但我们目前的人工模拟降雨设备还不够完备，因而难以进行理想的试验，故根据上述思路，参考有关资料初步拟定了黄土高原长历时土壤侵蚀暴雨标准。

三、长历时土壤侵蚀暴雨标准的拟定与讨论

出于黄土高原土壤侵蚀研究及水土保持工作的需要，笔者从对拟定长历时土壤侵蚀暴雨标准的思路出发，在已拟定的短历时土壤侵蚀暴雨标准的基础上，参考有关资料，拟定了一个长历时

土壤侵蚀暴雨标准。其方法是把历时区间(5 min, 60min)的短历时暴雨标准值与历时240 min, 雨强0.08mm/min之参考值(表1)放在一起进行统计分析, 得出下列经验关系表达式:

$$I = 2.33T^{-0.62}$$

式中: I 为降雨强度(mm/min); T 为历时(min); 相关系数 $r = -0.999$ 。

由表1看出, 不但所配关系很好, 而且说明笔者所选的临界雨强及临界稳定入渗率出现的时间之参考值与实际情况符合。因此, 将式 $I = 2.33T^{-0.62}$ 作为历时区间(60min, 240min)的长历时土壤侵蚀暴雨标准的经验关系表达式, 并以此式求出的历时为240min的降雨强度为一恒值, 作为历时区间(240min, 1440min)的长历时土壤侵蚀暴雨标准, 全部计算结果见表2。

根据王万忠资料, 造成黄土地区土壤流失的暴雨主要是历时为1~4h, 降雨量为20~50mm, 降雨强度为5~20mm/h的降雨^[4], 参照王万忠的资料, 从拟定最低长历时土壤侵蚀暴雨标准出发, 笔者将4h定作一个临界值, 由表2的计算结果表明, 不仅该历时的降雨强度0.08mm/min与王万忠的雨强下限0.08mm/min(5mm/h)完全相同, 而且该历时的降雨量19.2mm与王万忠的雨量下限20mm也非常接近。

表2 黄土高原长历时土壤侵蚀暴雨标准

历时 (min)	雨强 (mm/min)	雨量 (mm)
70	0.16	11.2
80	0.15	12.0
90	0.14	12.6
100	0.13	13.0
110	0.12	13.2
120	0.12	13.2
140	0.11	15.4
160	0.10	16.0
180	0.09	16.2
240	0.08	19.2
300	0.08	24.0
360	0.08	28.8
720	0.08	57.6
1440	0.08	115.2

历时长于4h, 雨强小于0.08mm/min的降雨, 从笔者对长历时暴雨标准的拟定思路出发, 认为不再发生径流。因此, 将此历时以后的长历时土壤侵蚀暴雨标准概定为此恒值。

由表2的计算结果可以看出, 历时区间(60min, 240min)各历时雨量值普遍不大, 但由于长历时暴雨在黄土高原不占主导地位, 再从最低长历时土壤侵蚀暴雨标准考虑, 还是符合实际的。至于历时区间(240min, 1440min)的雨量, 即使24h, 也只有115.2mm, 虽比气象部门的标准(不是针对土壤侵蚀)大1倍多, 但由于雨强比较一致, 一方面这些雨量几乎全部以临界稳定入渗率渗入土壤, 所以也不会发生径流, 即使发生, 也是在长历时内缓慢的逐渐的流失, 造成的侵蚀很轻微, 基本

可以反映出引起侵蚀的最低限度, 因而, 作为长历时暴雨标准来收集这小部分暴雨还是可行的。

参 考 文 献

- [1] 周佩华等. 黄土高原土壤侵蚀暴雨标准. 《水土保持通报》, 1987年, 第1期
- [2] 蒋定生等. 黄土高原土壤入渗能力野外测试. 《水土保持通报》, 1984年, 第4期
- [3] 蒋定生等. 地面坡度对降雨入渗影响的模拟试验. 《水土保持通报》, 1984年, 第4期
- [4] 王万忠. 黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究. 《水土保持通报》, 1983年, 第4期