

中国土壤侵蚀及生产力研究

Erosion Research and Productivity of Soil in China

杨艳生 郑振源 编著
Yang Yanshen Zheng Zhenyuan



东南大学出版社

中国土壤侵蚀及生产力研究

Erosion Research and Productivity of Soil in China

杨艳生 郑振源
Yang Yansheng Zheng Zhenyuan

东南大学出版社

(苏)新登字第012号

中国土壤侵蚀及生产力研究

杨艳生 郑振源

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编210018)

南京通达彩色印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/16 印张10.75字数275千

1994年12月第1版 1994年12月第1次印刷

印数:1—800册

ISBN 7—81023—857—4/S·26

定价:16.00元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

序

土壤侵蚀,不论是水力侵蚀还是风力侵蚀,均能使肥沃表土层丧失,或使整个土体层侵蚀光。侵蚀后的残留土壤、风化碎屑层或裸岩其肥力不同程度地丧失,或成为不毛之地。土壤侵蚀的过程,就是土壤性质退化、环境质量劣化,生产力损失的发展过程,其结果给人们的生产和生活带来极大的危害。

我国是世界上水蚀与风蚀均严重的国家。我国南方为水蚀区,雨水丰沛,地形起伏,山丘区面积占该区总面积70%,加上人为不合理活动等干扰,使一些地区的水土流失相当严重。西北地区,干旱少雨。黄土高原早已是世界闻名的水蚀风蚀区。其中一些严重风蚀区,在刮风季节,沙土飞扬,使农地的种苗被吹刮殆尽,严重影响农牧业生产。为此,国家土地管理局同UNDP/FAO合作,开展“中国土地人口承载潜力”的项目研究。本文则是对其中的子课题“土壤侵蚀和对生产力损失的研究”的总结。

本书对土壤水蚀与风蚀的侵蚀因子作了论述;对侵蚀造成的生产力损失作了估算;对侵蚀土壤的可耕寿命和提高侵蚀土壤生产力的措施等作了评价。应该指出,土壤侵蚀和水土流失是非常复杂的过程,对它的研究需经过长期的调查观测,才可能获得较完整的资料,最后作出较为有价值的判断。基于过去长期大量的工作,课题承担者组织了各地的水土保持和农业科学工作者,共同努力,在时间短,经费十分有限的情况下,作出了这一适用于宏观描述的结果是可喜的,并以期起抛砖引玉作用,日趋完善。

土壤侵蚀是应引起全社会重视的重大问题,人们对黄土高原严重水土流失已有所重视,而对长江流域水土流失的严重程度常常估计不足。通过研究,应用土壤侵蚀量值的估算,可以使人们了解侵蚀的严重性。应该说,我国人多而人均占有土地面积小,合理利用和整治开发已遭侵蚀的土地资源,防治水土流失,应提上议事日程,并经几代人的不懈努力,有可能逐步扭转水土流失严重、环境质量下降的局面。希望各地决策者和生产者重视土壤侵蚀造成的生产影响,下最大决心制止土壤侵蚀造成的水土资源退化和生产力的下降。

兹值本书出版之际,书此以为序。

席承蒨
1993年春日

前 言

我国是水土流失十分严重的国家。1992年在全国第五次水土保持工作会议上,当时的水利部长,第二届中国水土保持学会理事长杨振怀,在提到全国水土流失普查面积时指出:据初步统计,我国轻度以上的水蚀面积 $1.79 \times 10^6 \text{km}^2$,其中中度以上的流失面积为 $0.88 \times 10^6 \text{km}^2$;中度以上的风蚀面积 $0.93 \times 10^6 \text{km}^2$ 。如果不包括轻度流失面积,中度以上的水蚀和风蚀面积为 $1.81 \times 10^6 \text{km}^2$ 。同时提到解放以来,全国累计治理水土流失面积 $0.53 \times 10^6 \text{km}^2$ 。这些数字,如果同50年代统计的全国 $1.5 \times 10^6 \text{km}^2$ 流失面积相比较,可以看出,我国水土流失的严重局面并没有根本好转。

一方面水土流失严重;另一方面经济建设占用耕地,40年来累计减少耕地近2.67万平方公里;人口却以每年一千多万的速度增加,而且自然灾害愈加频繁的发生,更加剧了人口、资源、环境之间尖锐矛盾。1992年6月,联合国在巴西召开了有180位国家元首和政府首脑出席的环境与发展大会,通过了里约宣言和旨在保护大气、森林、土壤、海洋等一系列文件,充分体现了国际社会对环境保护的重视。我国对水土资源的开发治理和环境保护开展了大量研究工作,本文则是这一工作的一部分。本研究是国家土地管理局与UNDP/FAO合作项目“中国土地的人口承载潜力”中的研究子课题。主要研究坡耕农地及牧草地受土壤侵蚀影响所造成的生产力损失。研究中采用的估算土壤生产力损失的方法,是根据H. A. Elwell(1977年)在津巴布韦和非洲南部,提出的SLEMSA(The Soil—Loss Estimation Model for Southern Africa)模型,其模型的基本框架将在第一章中列出。当然对于作物的能量截留,降雨能量,土壤可蚀性等侵蚀因子,都是根据中国的实际条件作取值计算;对地形因子、风蚀量的计算、生产力的损失量估算等,是以中国的资料和条件构造的。本研究所构造的模式适用于估算较大范围的山丘区坡耕地和草地、风蚀区的耕地、草地的土壤流失量。对于非水蚀、风蚀区,如冻融侵蚀、重力侵蚀等,以及平原区的土壤水蚀状况不作专门讨论。本研究共分三部分:

第一章,土壤水蚀量的估算。包括对各侵蚀因子的研究,提出计算水蚀区土壤流失量的模型;

第二章,土壤风蚀量的估算。提出风蚀类型区的划分指标,并根据土壤质地、植被覆盖度和刮风状况,计算土壤风蚀量;

第三章,土壤生产力损失的估算。

应该说明,土壤侵蚀的研究对象非常复杂,影响土壤侵蚀的因子繁多,土壤侵蚀量的确定也很不容易。基于过去长期的研究工作,才有可能提出初步的侵蚀量计算模式,但它也仅能为宏观的研究提出量化指标。在水蚀区,土壤侵蚀系指正常的山丘坡面侵蚀。在重力侵蚀区内,侵蚀物质的移动量是相当巨大的,但它的流程短,因此,在研究中仅考虑它对正常坡面流失的影响,而不考虑重力侵蚀物质的整体迁移量。

由于本研究的目的在于估测土壤侵蚀对生产力的影响。因此按要求,研究的对象主要是坡耕地、牧草地和干旱区的耕地。对于大于 25° 的坡耕地,按国家规定应退耕还林;对于无生产条件的沙漠戈壁区,土壤侵蚀量都很巨大,但在近期的农牧业生产中还很难考虑利用,因而不作研究重点。

还应说明,对土壤侵蚀因子、侵蚀力、侵蚀量、侵蚀强度、侵蚀和生产力的关系的研究仅从宏观和作物生长介质的角度来阐述其对生产力损失的影响。事实上土壤既是重要资源和生产资料,也是重要的环境要素,土壤侵蚀和水土流失对生态环境所产生的负效应,将对土壤的生产力产生更加不良的影响。由于时间和研究经费的限制,对这些重要方面均未涉及。尽管如此,土壤和土壤侵蚀及其流失过程,都是非常复杂的研究对象,它同气候、地形、地质、植被和人类活动等密切相关,研究工作面广量大,研究内容广泛而具体,其工作难度是可想而知的。幸而在研究工作中得到如下单位的鼎力相助,才使之胜利完成。这些单位有:水利部松辽委农村水利水保处,黑龙江省水土保持科学研究所,新疆自治区农科院土肥所,贵州省农科院土肥所,陕西省定西地区水保站,四川省南充县农业局、江津县农业局土肥站,江西省宁都县水保站,中国科学院兰州沙漠研究所。席承藩先生对本研究给予指导、关怀,史德明先生指导和部分参与了研究工作。参加这项研究工作的还有梁音、吕喜玺同志。在此一并对他们表示深切感谢。

由于本书是与UNDP/FAO合作项目的研究结果,故用中文和英文分别撰写。为节省篇幅,文中的图和表除附表外,均插入中文的相应章节内,英文部分的图表序号与中文部分相同,并不在英文部分再次出现,图表可在中文部分中查阅。

由于作者水平所限,遗漏和错误之处敬请读者批评指正。

杨艳生 郑振源

1994年12月

目 录

第一章 土壤水蚀流失量的计算

1.1	降雨能量的求取.....	(1)
1.1.1	求取单次降雨的雨能值.....	(1)
1.1.2	降雨量和雨能间的关系.....	(12)
1.1.3	各雨区的雨能值计算.....	(21)
1.1.4	雨量和雨能值的关系图.....	(23)
1.2	作物对雨能的截留.....	(35)
1.2.1	关于 i 值的确定.....	(35)
1.2.2	作物覆盖率的确定	(38)
1.2.3	多熟制下 i 值的求取	(51)
1.2.4	草地 i 值的求取.....	(53)
1.3	土壤可蚀性.....	(54)
1.3.1	基本可蚀性的确定.....	(55)
1.3.2	对 Fb 值的修正.....	(59)
1.3.3	F 值的确定.....	(59)
1.4	地形因子.....	(60)
1.4.1	地形因子的确定.....	(60)
1.4.2	采取水土保持措施后耕地的 SL 值.....	(61)
1.5	土壤水蚀量的计算.....	(61)
1.5.1	年土壤流失量的计算.....	(61)
1.5.2	轮作制度下的土壤流失量计算.....	(62)
1.5.3	模型的验证.....	(63)

第二章 土壤风蚀量的计算

2.1	引言.....	(66)
2.2	风速与风蚀量.....	(67)
2.3	植被与风蚀量.....	(70)
2.3.1	植被覆盖率与风蚀量的关系.....	(70)
2.3.2	耕地,草地大风季节覆盖度的确定	(72)
2.4	土壤与风蚀量.....	(72)

2.5	风蚀量计算方程.....	(74)
2.5.1	土壤质地的修正.....	(74)
2.5.2	土相修正.....	(74)
2.5.3	地形修正.....	(74)
2.5.4	防风蚀措施的修正.....	(75)
2.6	风蚀区的风蚀量估算和模型验证.....	(75)

第三章 土壤侵蚀对生产力的影响

3.1	每年土壤侵蚀厚度的计算.....	(76)
3.2	生产力损失的估算.....	(77)
3.3	土壤寿命的估算.....	(78)
3.4	侵蚀区坡耕地和牧草地的投入.....	(78)
3.4.1	坡耕地和牧草地侵蚀程度的分级.....	(79)
3.4.2	基础条件的改善和投入定额.....	(79)
3.4.3	牧草地改良对生产力的提高.....	(81)
3.4.4	风蚀区生产潜力的估算.....	(82)

表格目录

CONTENTS OF TABLES

第一部分 PART I

- 1.1 Kinnell公式中,每10分钟降雨的雨量,雨强和雨能值
Rainfall quantity(q), intensity(I), and energy(e, E) values for ten min. using
Kinnell's equation.....(2)
- 1.2 贵州省罗甸1990年雨量和雨能值
The rainfall and energy in Luodian, Guizhou Province (1990)(3)
- 1.3 江西省宁都1980年雨量和雨能值
The rainfall and energy in Ningdu, Jiangxi Province (1980).....(8)
- 1.4 不同降雨区的雨能值
Rainfall energy value in different rainfall region.....(12)
- 1.5 四川省南充的降雨量和雨能值
The rainfall and energy in Nanchong, Sichuan Province (1989)(13)
- 1.6 甘肃省定西降雨量和雨能值
The rainfall and energy in Dingxi, Gansu Province (1990).....(18)
- 1.7 不同降雨区月雨量和相应雨能值的关系模型
Relationship model between monthly rainfall and corresponding rainfall energy
in different areas(21)
- 1.8 全国77个点的雨量和雨能的按月分布
Monthly distribution of rainfall and energy in 77 plots in China(25)
- 1.9 不同降雨区雨量和雨能的按月平均分布
Average monthly distribubion of rainfall and rainfall energy of different
rainfall areas.....(34)
- 1.10 每10天生长期的作物某生长时段前后的平均覆盖度
Average cover degree before and after crop growing spell of ten days
.....(36)
- 1.11 不同作物各覆盖区间占全生育期总覆盖百分数
Proportion of coverage interval to total growing period for assessed crops
.....(47)
- 1.12 在高投入条件下,作物某覆盖区间占总生长期覆盖的比例
Proportion of crop cover interval to total growing period for assessed crops
under high-investment.....(50)
- 1.13 FAO土壤分类中(1974),土壤质地,基本可蚀性记码和有效土层厚度
Texture, basic erodibility index and available productive depth of soil units classified
by FAO Taxonomy(1974)(55)
- 1.14 在不同条件下的土壤流失量

	Amount of soil loss under different conditions.....	(62)
1. 15	四川省开县作物月覆盖度和降雨能量 Monthly crop cover and rainfall energy in Kaixian County, Sichuan province.....	(63)
1. 16	黑龙江省中部作物月覆盖度和降雨能量 Monthly crop cover and rainfall energy in mid-part of Heilongjiang province.....	(64)
1. 17	甘肃省天水作物月覆盖度和降雨能量 Monthly crop cover and rainfall energy in Tianshui, Gansu province	(65)
1. 18	四至十月份作物生长期内的降雨量和雨能值 Rainfall and rainfall energy in growing period from Apr. to Oct.....	(65)

第二部分 PART II

2. 1	不同人工植被覆盖下的输沙量 Sand delivery in different coverages of artificial vegetation.....	(67)
2. 2	内蒙一些地区的平均月风速,大风天数和沙暴天数 Average monthly wind velocity, strong wind days, sandstorm days in some places of Inner Mongolia	(68)
2. 3	风蚀区的分类标准 Classifying criteria in wind erosion region	(70)
2. 4	大风季节不同作物覆盖度区间内所占天数和平均覆盖度 The days and average cover rate in different crop cover interval in strong wind period	(71)
2. 5	在不同植被覆盖和土壤质地条件下的土壤风蚀量 Soil loss amount due to wind erosion under different coverage and soil texture conditions.....	(73)

第三部分 PART III

3. 1	土壤形成速率 Soil forming velocity	(76)
3. 2	不同侵蚀程度的土壤流失量 Soil loss amount in different erosion degree areas	(79)
3. 3	不同水土保持措施的投资定额(每0.07ha所需元或工作天) Input quota in different measures for water-soil conservation (workday or yuan per 1/15 ha)	(80)
3. 4	不同地区6.7ha草地上平均牲畜头数 Average head amount of livestock on 6.7ha(100mu)pasture in different regions	(81)
3. 5	不同沙化地上的生产力退化趋势	

Tendency of productivity degeneration in different desertified land	(82)
3.6 不同风蚀区的相应指标	
Corresponding criteria in lightly, middle and severely wind erosion regions	(83)
3.7 不同侵蚀程度的农地能量的产投比	
Output/input ratio of energy in desertified farmland with different erosion degrees	(83)

附表 ATTACHED TABLE

1. 世界土壤图(1978)中,中北亚的土壤单元	
The soil units for North and Central Asia, according to Soil Map of the World (Volume VII, FAO/UNESCO, Paris, 1978)	(122)
2. 1988年在罗马对世界土壤图例的修正	
FAO/UNESCO Soil Map of the World Revised Legend, M-51, ISBN 92-5-102611-X, 1988, Rome	(124)
3. 中国土壤(1989)的可蚀性记码值	
China's Soils and soil erodibility code	(129)
4. 不同侵蚀因子值条件下的土壤流失量	
The soil loss amount in different erosion factor values	(133)

插图目录

CONTENTS OF FIGURES

1.1 各侵蚀因子对土壤侵蚀影响的模型	
Model of soil loss under impact of erosion factors	(1)
1.2 中国的降水量分布	
Precipitation distribution in China	(22)
1.3 降水量>1000mm 区雨量和其雨能月分布	
Monthly distribution of precipitation >1000 mm and its rainfall energy	(22)
1.4 降水量450~1000mm 区雨量和其雨能月分布	
Monthly distribution of precipitation 450 ~1000 mm and its rainfall energy	(23)
1.5 降水量<450mm 区雨量和其雨能月分布	
Monthly distribution of precipitation <450 mm and its rainfall energy	(23)
1.6 降雨量及雨能关系	
Relationship between rainfall and its energy	(24)
1.7 江西南都雨量和雨能的月分布	
Monthly distribution of rainfall and its energy in Ningdu, Jiangxi Province (1980)	(30)

1.8	贵州罗甸雨量和雨能的月分布 Monthly distribution of rainfall and its energy in Luodian, Guizhou Province (1990)	(31)
1.9	四川江津雨量和雨能月分布 Monthly distribution of rainfall and its energy in Jiangjin, Sichuan Province	(31)
1.10	四川南充雨量和雨能月分布 Monthly distribution of rainfall and its energy in Nanchong, Sichuan Province	(32)
1.11	陕西定西雨量及雨能月分布 Monthly distribution of rainfall and its energy in Dingxi, Shanxi Province	(32)
1.12	西藏尼木雨量和雨能月分布 Monthly distribution of rainfall and its energy in Nimu, Xizang Autonomous Region	(33)
1.13	作物截留能同土壤流失率的关系 Relationship between energy intercepted by crop and soil loss ratio	(35)
1.14	不同生长期棉花覆盖度 Cotton coverage in different growing period	(38)
1.15	不同生长期春小麦覆盖度(新疆) Spring wheat coverage in different growing period (Xinjiang)	(39)
1.16	油菜不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between rape growing period and its coverage on land surface	(39)
1.17	大麦不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between barley growing period and its coverage on land surface	(40)
1.18	扁豆不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between lentil growing period and its coverage on land surface	(40)
1.19	冬小麦不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between winter wheat growing period and its coverage on land surface	(41)
1.20	马铃薯不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between potato growing period and its coverage on land surface	(41)
1.21	春小麦不同生长期同地面覆盖的关系(四川江津) Relationship between spring wheat growing period and its coverage on land surface (Jiangjin, Sichuan Province)	(42)
1.22	花生不同生长期同地面覆盖的关系	

	Relationship between peanut growing period and its coverage on land surface.....	(42)
1. 23	豌豆不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between pea growing period and its coverage on land surface.....	(43)
1. 24	玉米不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between maize growing period and its coverage on land surface.....	(43)
1. 25	甜菜不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between sugar beet growing period and its coverage on land surface.....	(44)
1. 26	红薯不同生长期同地面覆盖的关系 Relationship between sweet potato growing period and its coverage on land surface.....	(44)
1. 27	小米不同生长期的地面覆盖度 Coverage of millet in different growing period.....	(45)
1. 28	不同生长期的作物覆盖度 Crop coverage in different growing period.....	(46)
1. 29	不同产量的玉米不同生长期的地面覆盖 Relationship between maize growing period and its coverage with different yield.....	(48)
1. 30	作物覆盖与产量的关系 Generalized cover/yield curves.....	(49)
2. 1	风速同集沙量的关系 Relationship between wind velocity and collected sand amount.....	(69)
2. 2	年均风速同集沙比率的关系 Relationship between annually average wind velocity and sand collecting ratio.....	(70)
2. 3	植被同风蚀量的关系 Relationship between vegetation coverage and soil loss due to wind erosion.....	(70)
3. 1	生产力损失同土壤流失量的关系 Productivity loss—Soil loss relationships.....	(78)

第一章 土壤水蚀流失量的估算

本研究采用H. A. Elwell于1978, 1981提出的SLEMSA模型, 来估算耕地和草地的土壤水蚀流失量。各侵蚀因子对土壤侵蚀影响的模型框架^[1,2]如下:

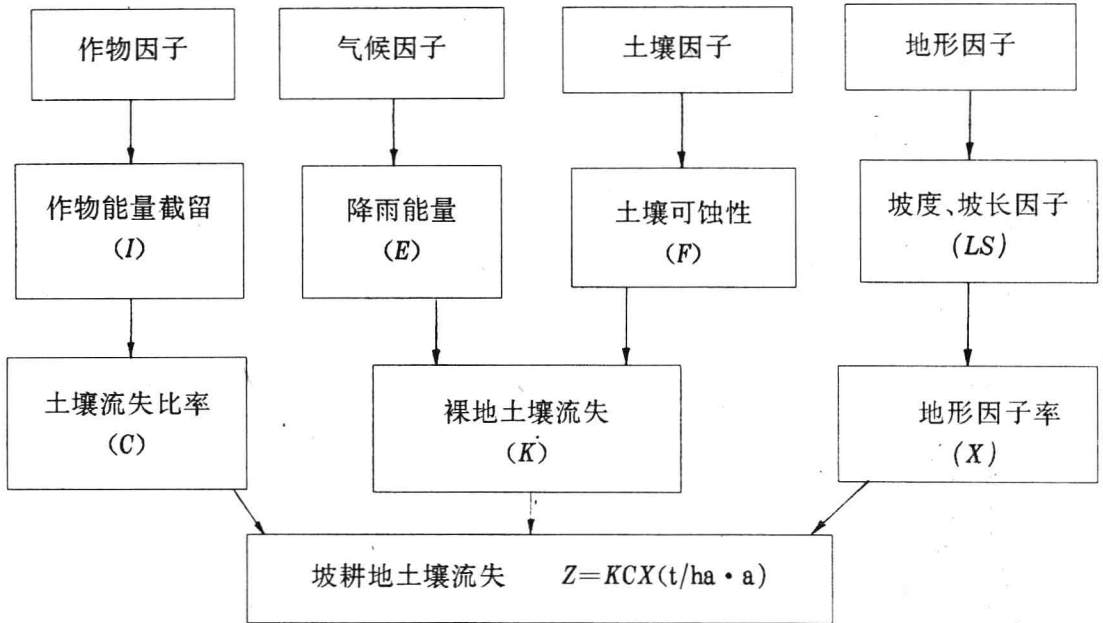


图1.1 各侵蚀因子对土壤侵蚀影响的模型

根据这一模型, 先要分别求取各侵蚀因子值 E 、 I 和 SL 。

1.1 降雨能量的求取

在水蚀区, 雨能(E)是引起土壤侵蚀和流失的主要动力。在一般情况下, 雨能的大小取决于降雨量的多少和降雨强度的大小。而对于每一次降雨而言, 其降雨量和降雨强度都是不同的, 而全国各地的年降雨量也很不一样。因此, 必须按一定的方法, 才有可能将各地雨能值求出。求取雨能值的步骤如下:

1.1.1 求取单次降雨的雨能值

利用气象站的自记雨量曲线, 将每次的降雨曲线按10min为1时段划分, 各时段内的降雨量不同, 反映出这一时段内降雨强度的差异。在每10min内雨量的不同对应于不同的降雨能量。表1.1中列出了每10min内降雨的毫米数, 对应的雨强和雨能值。根据自记雨量曲线和表1.1, 就可以将各次降雨的雨能值求出。以贵州省的罗甸站和江西省的宁都站为例, 全年(分别取代表性年份1990和1980年)各次降雨的雨能值列于表1.2和1.3。

表1.1 Kinnell公式中,10min雨量、雨强和雨能值

Tab. 1.1 Rainfall Quantity(q)—Intensity(I)—energy(e, E)
Values for ten minutes Using Kinnell's equation

10min雨量 q (mm)	雨 强 I (mm/h)	雨 能 e ($J \cdot m^{-2} \cdot mm^{-1}$)	$E(J/m^2)$ 总雨能 (Total energy)
1	6	9.60	9.6
2	12	14.49	29.0
3	18	18.16	54.5
4	24	20.91	83.6
5	30	22.98	114.9
6	36	24.54	147.2
7	42	25.71	180.0
8	48	26.59	212.7
9	54	27.24	245.2
10	60	27.74	277.4
11	66	28.11	309.2
12	72	28.39	340.7
13	78	28.60	371.8
14	84	28.76	402.6
15	90	28.88	433.2
16	96	28.96	463.4
17	102	29.03	493.5
18	108	29.08	523.4
19	114	29.12	553.3
20	120	29.15	583.0

表1.2 贵州省罗甸1990年雨量和雨能值

Tab. 1.2 The rainfall and energy in Luodian, Guizhou Province (1990)

	日 期 Date	雨 量 Rainfall (mm)	雨 能 Energy (J/m ²)
1月 January	1	0.6	9.6
	5	0.7	9.6
	7	0.8	9.6
	8	0.2	0
	9	0.8	9.6
	11	0.7	9.6
	13	1.3	9.6
	14	1.4	9.6
	15	0.2	0
	18	1.0	9.6
	30	1.1	9.6
	31	6.3	57.6
	小计 Total	15.1	86.4
2月 February	2	0.1	0
	6	0.1	0
	7	0.6	9.6
	10	1.9	19.2
	16	8.4	96.4
	17	1.4	9.6
	23	14.7	144.2
	24	0.4	0
	25	0.2	0
	27	0.4	0
	小计 Total	28.2	490.2
3月 March	4	1.6	19.2
	5	0.3	0
	9	0.4	0
	12	12.3	104.6
	13	19.4	332.0
	15	32.4	526.8
	16	5.8	57.8
	17	16.3	131.5
	21	0.6	9.6
	23	8.5	147.6
	27	20.0	374.0
	28	2.5	28.8
	29	0.1	0

	日 期 Date	雨 量 Rainfall (mm)	雨 能 Energy (J/m ²)
	30	3.2	28.8
	31	1.1	9.6
	小计 Total	124.5	1741.5
4月 April	3	0.2	0
	4	0.9	9.6
	5	9.4	112.1
	9	17.0	112.5
	10	2.6	28.8
	11	0.1	0
	13	1.2	9.6
	14	0.1	0
	15	0.8	9.6
	16	0.2	0
	19	0.5	9.6
	24	5.7	57.6
	25	0.5	9.6
	小计 Total	39.2	359
5月 May	9	0.1	0
	10	24.9	240.0
	15	0.3	0
	16	21.1	278.6
	17	0.6	9.6
	21	19.2	271.4
	22	2.5	28.8
	23	12.9	144.0
	24	2.0	19.2
	26	0.9	9.6
	27	0.1	0
	28	6.1	57.6
	29	13.0	182.5
	30	4.3	38.4
	31	18.1	182.6
	小计 Total	136.1	1462.3
6月 June	6	4.0	38.4
	7	12.0	249.1
	8	0.2	0
	12	92.1	1407.2
	13	8.0	58.0
	15	68.9	1210.6