

麻城“7.1”暴雨过程特征及对光伏电站影响分析

王必强¹ 陈正洪¹ 孙朋杰¹ 严国刚² 庄玲洁² 党超琪³

(1 湖北省气象服务中心, 武汉 430070; 2 武汉日新科技股份有限公司, 武汉 430073; 3 陕西省气象服务中心, 西安 710014)

摘要: 通过分析麻城地区的暴雨洪涝灾害情况, 结合现场调查, 基于气候统计分析方法和极值I型分布理论, 研究了2016年6月30日—7月2日麻城“7.1”暴雨过程的降水特征及其对光伏电站的影响, 探讨了光伏电站洪涝灾害的成灾机制及防治洪涝灾害的措施。结果表明: 1) 在西南急流影响下, “7.1”暴雨过程达到特大暴雨级别, 且麻城国家气象站过程降水量为433.1 mm。2) 2016年7月1日麻城站日降水量为333.6 mm, 历年最大日降水量历史排位第1, 推算重现期为367年一遇; 2016年6月30日19—22时累计降水量为155.2 mm, 历年连续4 h最大降水历史排位第2, 推算重现期为51年一遇。3) “7.1”暴雨期间, 麻城市处于湖北省五大区域山洪(泥石流)灾害等级预报站点降水临界指标的R3级, 极易发生山洪地质灾害。梅雨期的大范围强降雨导致短时间内麻城市境内河流水位暴涨, 水库超汛限水位, 加之水利防洪设施不足, 导致严重洪涝灾害, 周边某光伏电站被淹, 造成巨大经济损失。

关键词: 暴雨, 洪涝灾害, 极值I型分布, 光伏电站

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.04.009

Analysis on Characteristics of “7.1” Torrential Rains in Macheng and Flood Security Influence of PV Power Station

Wang Biqiang¹, Chen Zhenghong¹, Sun Pengjie¹, Yan Guogang², Zhuang Lingjie², Dang Chaoqi³

(1 Hubei Provincial Meteorological Service Center, Wuhan 430070 2 Wuhan Rixin Technology Co., Ltd, Wuhan 430073 3 Shaanxi Provincial Meteorological Service Center, Xi'an 710014)

Abstract: Based on the analysis of the rainstorm and flood disasters in Macheng area, combined with the field investigation, the precipitation characteristics of Macheng “7.1” rainstorm during the June 30–July 2 in 2016 and its impact on PV power station were studied by using climate statistical analysis method and extreme value I distribution theory. We explored the genetic mechanism of flood disasters and some measures for preventing the flood disaster in PV power station. The results show that: (1) Influenced by southwest jet, the process rainfall of Macheng National Meteorological Station is 433.1 mm, and the “7.1” rainstorm process reaches the extremely heavy rainfall level. (2) Daily precipitation is 333.6 mm at Macheng Station on 1 July 2016, and it ranks the first in the history of maximum daily precipitation over the years, with a recurrence period of 367 years. The cumulative precipitation is 155.2 mm from 19:00 to 22:00 on 30 June 2016, and it ranks the first in the history of maximum 4 h continuous precipitation, with a recurrence period of 51 years. (3) During the “7.1” rainstorm period, the level of Macheng critical precipitation index of mountain torrent (debris flow) disaster grade prediction stations in five regions of Hubei Province is R3, which is very prone to mountain torrent geological disasters. Large-scale heavy rainfall led to a rise abruptly of the water level of rivers in Macheng in a short time, and the limited water level of reservoir in flood period was exceeded. In addition, the water conservancy and flood control facilities are inadequate. That caused severe floods disasters and a PV Power Station was flooded with huge economic losses.

Keywords: rainstorm, prevent flood disasters, extreme I distribution, PV power station

0 引言

随着全球气候变暖, 近年来世界上大多数地方强降雨事件增多^[1-3], 近25年来中国暴雨日数总体上稍有增加^[4], 其中长江中下游夏季暴雨量增多、强度增大^[5], 湖北省也表现出降水强度增加的趋势^[6]。

2016年6月30日—7月2日, 麻城市出现暴雨级强降雨, 过程降水总量为433.1 mm, 其中, 7月1日日降水量为333.6 mm, 为历史最大值(此次暴雨过程简称为麻城“7.1”暴雨)。该暴雨过程引发洪涝灾害, 中馆驿镇受灾尤为严重, 位于该镇的某大型光伏电站(110 MW, 2015年12月投产并网)大面积内涝积水, 导致设施大范围受损(图1)。

本文从灾情调查着手, 利用国家气象站和区域站

收稿日期: 2020年4月26日; 修回日期: 2020年7月30日
第一作者: 王必强(1983—), Email: 164323517@qq.com

高分辨率资料,采用天气学、气候学方法对本次麻城强降水事件进行综合评估,分析暴雨过程的气候特征和灾害影响,提出对策建议,为降低洪涝灾害对光伏电站的影响以及选址运维等提供借鉴和参考。



图1 光伏电站在麻城“7.1”暴雨中受损
Fig. 1 Flood disaster of the PV power station

1 资料与方法

1.1 资料

研究涉及的光伏电站位置及其周边气象站分布如图2所示,所用资料包括以下五类:1)湖北省82个国家气象站2007—2016年逐日降水资料;2)麻城国家气象站建站至2016年逐时降水资料;3)麻城28个区域自动站2016年6月30日—7月2日逐小时降水资料;4)麻城某光伏电站2016年6月30日—7月2日受涝灾情报告;5)现场补充调查资料。自动站资料由湖北省气象档案馆提供,灾情报告由电站运营方提供,补充调查资料由项目组实地调研取得。



图2 光伏电站位置(红色星)及其周边气象站分布图
Fig. 2 Location of the PV power station and distribution of the automatic weather stations

1.2 研究方法

针对本次强降水过程,采用空间时空分析方法,通过比较湖北省各国家气象站降水量,区分麻城与其它气象站降水量的差别,为便于分析,根据国家标准降水量等级^[7]对降水进行分级。对麻城历年(1957—2016年)最大日降水量序列、最大1~4 h降水量序列进行历史排序,并利用极值分布理论对重现期进行推算。

极值的理论分布函数常用于气候学和水文学,多以I型分布为主,即Gumbel分布,最初用于洪水极值计算。根据数理统计规律,逐年日最大降水量可视为随机事件,其极大值可由Gumbel分布公式计算。本文采用极值I型分布函数推算麻城“7.1暴雨”过程降水极值的重现期,采用矩法对相关参数进行估算,用柯尔莫戈洛夫拟合适度检验来校核极值I型分布的合理性。

2 麻城“7.1”暴雨灾情及天气特征分析

2.1 麻城“7.1”暴雨灾情调查与分析

通过图2可以看到,该光伏电站位于浮桥河东侧、举水河北侧,成三角夹击之势。灾情调查显示,在短期强降水作用下,麻城市3747 km²的范围内降水短时间内向各河流汇集。7月1日19时,举水河实测洪峰流量为4400 m³/s,为麻城市有气象记录62年来最大洪峰数据,全市境内60多座中型水库超汛限水位,110座小型水库全部接近汛限水位。连续特大暴雨导致举水河和浮桥河洪水倒灌,加之电站内部排水不畅导致内涝,造成特大损失。

2.2 暴雨发生天气背景分析

从2016年6月30日20时500 hPa天气图可以看出,欧亚中高纬地区呈两槽一脊环流形势,高压中心位于贝加尔湖以北地区,其东西两侧各有一低涡存在,东侧低涡中心位于黑龙江以北,从低涡中心延伸出的低槽一直抵达山东半岛北部;中低纬度上副高非常强大中心位于西太平洋,588线位于长江以南,呈东北—西南走向。湖北大部处于副热带高压(以下简称“副高”)西北侧的西南气流中,其西侧重庆至贵州有一低槽存在,高空低槽缓慢加深东移,携带槽后的弱冷空气与副高西北侧的西南气流在湖北上空交汇,为本次暴雨过程提供了非常有利的大尺度环流条件。

在高空槽前正涡度平流的作用之下,中低层西南急流强烈发展(图3),20时700和850 hPa急流强度分别达到了16和18 m/s,比湿也都在10和14 g/kg以上,强劲的低空急流为暴雨的产生提供了充沛的水汽

来源。此外,在低空西南急流左侧始终有一条呈东北—西南走向的切变线,横贯在湖北省中东部地区上空,湖北东部地区一直位于低空急流左侧、切变线以南的强烈辐合区中,强烈的系统系抬升运动为暴雨天气的产生提供了非常有利的上升运动条件。

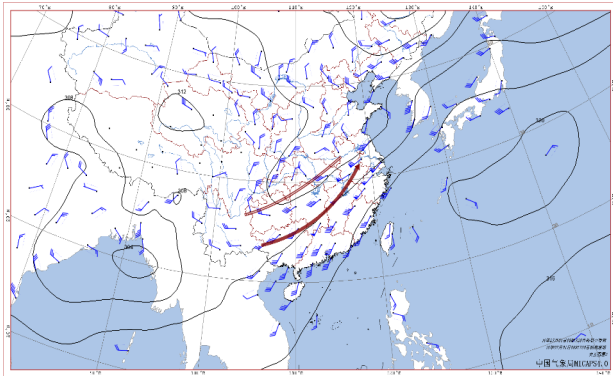


图3 2016年7月1日08时700 hPa 天气图
Fig. 3 700 hPa weather map at 08 BT 1 July 2016

2.3 降水过程时空分布特征分析

麻城国家气象站2016年6月30日00时—7月2日24时的小时降水量分布如图4所示,可以发现该暴雨过程始于6月30日08时,结束于7月2日24时,时长64 h,过程雨量为433.1 mm。其中,降水主要集中在6月30日08时—7月1日08时,小时降水量最大值(50.9 mm)出现在6日22时。

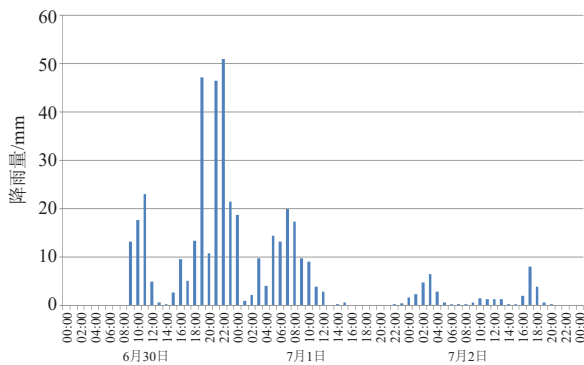


图4 麻城国家气象站2016年6月30日00时—7月2日24时逐时降水量

Fig. 4 Rainfall from 30 Jun to 2 Jul 2016 at Macheng weather station

根据相关研究结果^[8-9],在鄂东北地区,当24 h降水量大于150 mm时,灾害预报等级为R3级(表示发生山洪地质灾害的可能很大)。2016年6月30日08时—7月1日08时,麻城全市29个气象站中,除距离该光伏电站较远的福田河站以外的28个站降水量均超过200 mm,达到R3等级。说明此次降水过程引发山洪地质灾害的可能性较大。

2.4 最大日降水量及1~12小时降水量历史排位及重现期推算

采用极值 I 型分布算法,用麻城国家气象站1959—2017年59年的历年最大日降水量序列,进行重现期的计算,结果见表1,其中100年一遇最大日降水量为281.3 mm。根据麻城国家气象站1959—2017年逐年最大日降水量序列,麻城“7.1”暴雨日降水量333.6 mm,在历史上排位第1位,重现期为367 a。

表1 用极值 I 型分布计算出不同重现期的日最大降水量

Table 1 Use extreme-I distribution to calculate the maximum daily precipitation of different recurrence interval

参数估算法	日最大降水量/mm			
	100年一遇	50年一遇	30年一遇	10年一遇
矩法	281.3	253.3	232.6	187.1

2016年6月30日19—22时降水量为155.2 mm,在历年连续4 h最大降水排位第2位,重现期为51 a。

3 洪涝灾害的成灾机制

以往研究^[8-10]表明,湖北省山洪灾害的地形分布,山区多于平原,南部多于北部,且东部的山洪灾害、鄂西南的泥石流、滑坡与年降水量相关性普遍较好。从连绵阴雨作为滑坡泥石流等次生地质灾害前期初始累加值方面分析,湖北省7月降水量全年最高,占全年降水量的17%。从近10年(2007—2016年)6月1日—7月20日(此时段作为气象部门整个梅雨期降水预报时段)同期累积降水量可以看到,降水总体呈现东部、西南部多,西北部少的分布。就区域降水量而言,鄂东南和鄂西南最大,鄂东北次之,该光伏电站所处麻城市属降水较多区域。

从区域自然灾害系统论角度理解,区域自然灾害是孕灾环境、致灾因子和承灾体相互作用的结果^[11]。致灾因子搭配合适的孕灾环境,加之承灾体对洪涝灾害的敏感性,造就了不同的洪涝灾害。同时,当地防灾减灾能力也是影响受灾程度的重要因素。通过野外勘测及综合分析,该光伏电站洪涝灾害形成的主要因素包括:地理气象条件、地形地貌组合、河道淤积、排水能力不够等。

麻城市地势北高南低,由北向南倾斜过渡,地貌形态多样,同时具有北洪南涝的特点。北部地处大别山南坡,相对高差大,主要受山洪的影响;南部处于河流下游和长江北岸,主要受渍涝的危害。

近年来,麻城市经济发展迅速,城镇规模扩张及人类活动影响导致山体 and 河道周边植被破坏,水土流失导致泥沙沿山地顺河而下,在举水河和浮桥河交汇位置地势趋于平坦,水势趋缓导致泥沙淤积,进而致

使河床抬高、河道变浅变窄，加剧了“小流量、高水位”现象（图5）。加之防洪和排涝工程不完善，在连续多日强降水及周边水库泄洪的综合因素下，高度落差倒灌，外洪内涝交织。



图5 光伏电站地形图

Fig. 5 Topographic map at the PV power station

4 光伏电站洪涝灾害影响的对策

近年来，随着全球气候变化，湖北东部的年雨量和强降水次数均呈增加趋势。加之光伏电站固定设备投资大、资本回收期长，对洪涝灾害敏感性强，因此应做好长期的灾害预防，尤其应注重排水设施的建设维护。按照有关标准^[12]对光伏电站防洪设计的要求，不同容量对应不同的防洪等级和标准如表2所示。

表2 光伏电站的防洪等级和防洪标准
Table 2 Flood control grade and standard of PV power station

等级	规划容量/MW	防洪标准（重现期）
I	>500	≥100年一遇的高水（潮）位
II	30~500	≥50年一遇的高水（潮）位
III	<30	≥30年一遇的高水（潮）位

该光伏电站装机容量110 MW，为II级防洪等级，但麻城“7.1”暴雨重现期为367 a，远大于50年一遇的防洪标准，同时紧邻河流，故造成重大损失。鉴于此从选址建设和防涝排涝两方面对如何避免和减轻洪涝灾害对光伏造成影响进行分析。

4.1 选址、施工和运维阶段

光伏电站项目在开发初期，若项目紧邻湖泊河流等洪涝灾害易发位置，需进行洪涝灾害影响评价，提前对光伏电站建设加以规划。评价报告中应就可能发生的洪涝灾害进行评估、并提出预防洪涝影响的措施方法等。良好的选址对于后期施工时的防涝排涝措施

非常重要，光伏电站的建设应充分利用项目周边地形优势，充分考虑周边河湖等大型水体，因地制宜的设计防涝排涝措施，良好的选址将会为防涝排涝提供巨大便利。

场站建设阶段，各类电器设施按照随坡就势原则依次排布，充分利用地形，趋利避害，降低建设成本。同时，应加强对于气象信息的搜集与监测，联合气象部门，综合利用短临预警、水文预报、水量调度、气象监测等方面技术，对洪涝灾害进行实时监测，防排结合降低潜在灾害风险。

4.2 防涝排涝措施

应对洪涝灾害，对于邻江、邻海地区通常会采用+0.5 m的安全超高，对于山区部分还要另外考虑山洪带来的影响增设桩基高程^[13]。同时为了减少潜在的洪涝灾害损失，多雨地区的电缆宜采用桥架或托索等方式安装，对价格较高的电气设备，如逆变器、汇流箱、箱变、平单轴和中控设备等，应采取更高标准的方案，如排水防洪沟的布置、尽量抬高电气设备支架高度、加强防锈除锈等，防止积水导致电气安全事故。

参考文献

- [1] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 144-148.
- [2] 马艳, 黄容, 于进涛, 等. 青岛环胶州湾地区暴雨特征及暴雨灾害风险分析. 灾害学, 2012, 27(4): 42-46.
- [3] 黄玉华, 冯卫, 李政国. 陕北延安地区2013年“7.3”暴雨特征及地质灾害成灾模式浅析. 灾害学, 2014, 29(2): 54-59.
- [4] 於琰, 徐影, 张永香. 近25 a中国暴雨及其引发的暴雨洪涝灾害影响的时空变化特征. 暴雨灾害, 2018, 37(1): 67-72.
- [5] 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2007.
- [6] 刘可群, 张礼平, 陈正洪, 等. 湖北省近45a降水气候变化特征分析及其对旱涝影响. 气象, 2007, 33(11): 58-64.
- [7] 国家气候中心. GB/T 28592-2012 降水量等级. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [8] 毛以伟, 王珏, 谌伟, 等. 湖北省山洪(泥石流)灾害气象条件分析及其预报研究. 地质灾害与环境保护, 2005, 16(1): 9-12.
- [9] 毛以伟, 周月华, 陈正洪, 等. 降雨因子对湖北省山地灾害影响的分析. 岩土力学, 2005, 26(10): 1657-1662.
- [10] 陈正洪, 孟斌. 湖北省降雨型滑坡泥石流及其降雨因子的时空分布、相关性浅析. 岩土力学, 1995, 16(3): 62-69.
- [11] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 8-19.
- [12] 上海电力设计院有限公司. GB50797-2012 光伏发电站设计规范. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [13] 中华人民共和国水利部. 洪水影响评价报告编制导则. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.