新能源调峰工程设计洪水研究

贺登永
新疆维吾尔自治区吐鲁番水文勘测中心　新疆　吐鲁番　838000

摘　要：哈密巴里坤县百万千瓦新能源调峰工程为当地重点基建项目，戈壁区域暴雨突发性强，极端洪水易对工程构筑物造成损毁。结合项目区流域地形、下垫面及水文禀赋特征，本文依托现场勘测数据与区域水文资料，采用多种主流水文计算方法交叉比对，核定不同重现期暴雨洪水的量级与发生概率。适配戈壁流域水文规律优化计算参数，形成贴合区域工况的洪水分析体系，可为戈壁地区新能源工程防洪设计提供可靠水文依据。

关键词：新能源调峰；戈壁流域；设计洪水

引言：戈壁区域气候条件恶劣，暴雨时空分布随机性强，特殊的下垫面条件使得山洪产汇流演变规律复杂，新能源工程防洪安全面临多重水文风险。区域水文监测体系覆盖不足，常规水文计算方式难以适配本地流域特征。结合戈壁流域暴雨山洪发育规律，完善小流域洪水计算流程，优化本地化参数取值与序列校正方式，精准核定工程场区设计洪水指标，能够有效适配戈壁新能源工程的防洪设计需求，适配西北同类戈壁工程的水文分析工作。

1 工程概况与流域水文特性

1.1 新疆戈壁新能源蓄热调峰工程运行特点

新疆戈壁新能源蓄热调峰工程以“光热+光伏”多能互补模式为核心，电站可精准响应电网调峰调频指令，平抑风光出力波动，有效弥补新能源间歇性短板。项目区位于巴里坤县三塘湖北部大哈甫提克山山前戈壁荒漠区，流域多为季节性干沟，洪水主要由上游强降雨形成，集中发生于每年6~8月，产汇流迅速、陡涨陡落、破坏力较大[1]。戈壁小流域暴雨洪水随机性强、监测资料稀缺，精准开展设计洪水计算，是保障工程建设与长期安全运行的核心前提。

1.2 研究流域新疆地域地理与水文概况

本次研究载体为哈密巴里坤县三塘湖100万kW新能源调峰场址，场区坐落天山与阿尔泰山间山前冲洪积倾斜平原，全域地形平缓，整体坡度仅约1%，地面高程733.15～942.35m；上游山区分巴里坤山、莫钦乌拉山两大山系，南部天山主峰海拔超4300m，高海拔区域常年积雪冰川，北部戈壁地表积雪稳定性较差。场区发育16条独立季节性冲沟（洪沟1～洪沟16），各沟集水面积跨度极大，最小仅2.48km²、最大达1602km²；沟床由第四系冲洪积细砂、砂卵石组成，地表仅稀疏梭梭、骆驼刺耐旱植被，地表入渗能力极强。区域气象依托1960—1980年三塘湖气象站观测序列，多年平均一日最大降雨量仅8.04mm，暴雨稀缺但单点强度极高。

周边布设头道沟、榆树沟、白吉、苇子峡4处国家基本水文站，其中头道沟流域径流补给以降雨山洪为主，产汇流规律与项目区戈壁冲沟高度相似，具备1956—2025年70年连续实测洪水序列，可作为区域洪水计算核心参证站，如图1所示。

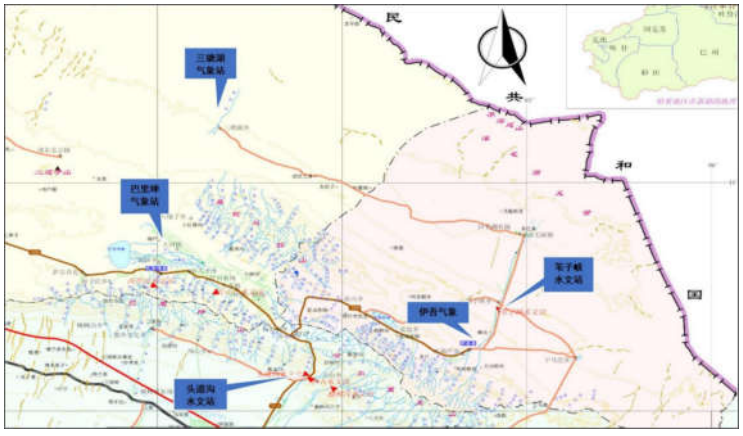


图1 项目区周边水文站网分布图

1.3 新疆东疆山前冲沟洪水形成基本特点

东疆戈壁场区天然洪水由6—8月夏季暴雨主导，主要分为两类典型山洪，均直接威胁风场风机及进场道路安全。第一类为局地短历时暴雨洪水，对流雨笼罩范围小、瞬时雨强高，降水结束后数小时快速汇流成峰，具有陡涨陡落、峰值突出、洪量偏小的特点。2016年8月项目区爆发此类全域山洪，经实测核算，洪沟3洪峰流量达32.5m³/s，为1970年考证期内第三大洪水。第二类为西风系统大范围山区暴雨洪水，7—8月西风低槽与低空东风急流联合输送水汽，形成全域连片长历时降雨，易诱发区域性大洪水。1919年、1961年、1996年均发生跨区域特大暴雨，头道沟站1919年天然洪峰达122m³/s，属于流域百年量级特大洪水。两类洪水成因、演进特征差异显著，对工程的破坏形式各不相同，开展分类研究是精准确定工程防洪标准的关键基础。

2 新疆戈壁调峰工况下水文响应机制

2.1 风电间歇性出力对山前冲沟的水文扰动特征

东疆戈壁风电受晴阴、昼夜温差影响出力极不稳定。风光出力变化引导场内各类设施运行切换，工程运行扰动地表天然汇流路径，改变坡面汇流节奏与产汇流规律。区域冲沟上游产流区与下游戈壁区间距离最远接近50km，洪水沿程渗漏损耗显著，沟道洪峰衰减规律受戈壁下垫面影响复杂多变[2]。戈壁砂卵石下垫面渗漏性强、汇流条件特殊，风电工程施工期的大规模场地开挖、道路修筑等人为扰动，可改变局地下垫面条件，对局地坡面汇流及局部洪水行洪路径产生影响。

2.2 蓄热调峰运行对戈壁冲沟洪水特征的影响

蓄热调峰系统的水文影响仅来源于配套建构筑物及场地整治等工程活动，仅对局地汇流、局部行洪条件产生小幅改变，不会改变流域天然洪水形成规律。场区设计洪水仍以流域天然来洪为控制条件，仅需复核局地行洪水力要素，无需调整流域层面洪水计算方法。

2.3 新疆戈壁下垫面与工程建设复合水文影响机制

巴里坤三塘湖场址全域为戈壁砾石下垫面，原生植被覆盖度不足5%，风电场道路、风机平台、蓄热罐体建设对局部区域形成大面积地表扰动，工程占压区受地表压实硬化影响，砾石土层入渗能力有所下降，同等暴雨条件下局地产流系数可提升30%以上；场区工程布局进一步加剧局部河段行洪安全风险，场内16条冲沟均分布风机集群，其中洪沟5、洪沟6各布设19台风机，洪沟15布设12台风机，建构筑物若挤占冲沟局部天然行洪断面，会增大场区河段行洪压力。本区戈壁砂卵石河床糙率经验值可达0.035，显著高于内地土质河道，洪水沿程阻力大，局部河段横向漫溢风险相对突出。工程扰动仅改变场区局地产汇流条件，冲沟上游流域天然来洪不受场区工程建设影响，流域层面设计洪水仍以天然来洪为控制条件，工程建设对戈壁原生下垫面的局地复合扰动，是场区局地水力参数开展本地化修正的核心依据。

3 适配新疆戈壁小流域的调峰工程设计洪水计算方法

3.1 水文基础资料筛选与规整

新疆东疆戈壁冲沟缺乏长期水文观测资料，洪水计算依托多源水文资料交叉校核、整合分析[3]。（1）气象资料：选用三塘湖1960—1980年21年完整降水序列，采用P-Ⅲ型适线法推求各频率24h面暴雨，取点面折算系数1.5、一日转24h雨系数1.13，得到1%频率24h面暴雨61.5mm；（2）长系列参证水文：采用头道沟1956—2025年70年洪水序列，长短系列统计参数核验显示，系列长度超过55年后均值、Cv值趋于稳定，资料具备良好代表性；（3）实地洪水勘测：2026年现场实测9处冲沟横断面，采用比降面积法核算2016年19年一遇调查洪峰，作为地区综合频率曲线控制值；（4）区域历史洪水考证：收录1919、1935、1961、1996、2007年天山南北坡特大洪水调查成果，确定项目区洪水考证期56年。多源资料交叉校核的筛选方式，有效弥补了戈壁流域资料短缺问题，保障了暴雨洪水统计参数的准确性与合理性。

3.2 戈壁冲沟局地产汇流参数校正方法

风电工程建设仅改变场区局地下垫面产汇流条件，并不会造成流域尺度天然洪水统计序列一致性失衡。项目所属冲沟为小流域，缺乏长序列实测洪水流量，本次采用山区天然洪水均值校正的参数移植思路，依托下垫面条件长期稳定的头道沟，参考其长系列天然洪水均值、变差系数，对项目区冲沟局地产汇流计算参数开展本地化修正，适配工程扰动后的局地水文条件，保障场区洪水分析成果贴合场区实际水文特征。

3.3 适配调峰工况的洪水计算本地化改进方案

传统面积指数法、经验单位线法存在明显的地域适配短板。面积指数法依托区域单点水文成果外延推导，冲沟集水面积最大差值超5倍，戈壁洪水散失效应无法量化，计算成果普遍存在失真问题；经验单位线法适配24h长历时暴雨场景，东疆降雨以短时强对流天气为主，参数经验取值偏差较大，两类方法仅可作为辅助参考。选取地区洪峰模比系数综合频率曲线法作为新疆戈壁调峰工程天然洪水核心计算方法，结合戈壁区域水文特征开展本地化参数优化，冲沟河床糙率采用现场砂卵石断面经验值0.035。该方法依托实地可靠洪痕调查数据推演成果，高度适配本地戈壁水文特征，计算精度与可靠性更优。

4 适配新疆调峰工程工况的设计洪水优化研究

4.1 戈壁冲沟调峰工况下洪水参数动态修正

常规洪水计算参数依托天然戈壁山洪统计得出，仅反映未受工程干扰的天然水文状态，未考虑风电场建设带来的局地下垫面变异影响，需结合东疆戈壁场区工程建设特点开展参数修正。（1）洪水控制工况复核：工程建构筑物挤占冲沟局部行洪断面，会改变场区河段行洪安全控制条件；集水面积越小的冲沟，工程局地扰动对河段行洪的相对影响越显著；以地区综合法推求的天然洪水成果为基准，洪沟 1 受场区工程布局影响，对应重现期下场区河段防洪控制工况需重新复核。（2）洪水过程形态复核：受冲沟内风机、平台等构筑物阻水作用，场区局部河段洪水演进发生改变，天然单峰洪水过程在场区河段可出现坦化、变形，中高重现期洪水过程线形态产生局部变异。（3）局地产汇流参数修正：风电场区局部硬化及地表压实提升局地产流能力，同等暴雨条件下局地净雨量增加、局部河段汇流时间缩短 10%～20%，汇流参数计算中同步纳入地表扰动修正系数[4]。

4.2 多调峰工况下戈壁冲沟洪水差异化特征分析

结合哈密电网全年负荷运行波动特性，可将电站运行划分为三类典型调峰工况。不同运行工况叠加场区固有下垫面扰动条件后，对冲沟洪水演进特征的影响效果存在显著差异。（1）风电大发平稳运行工况：在局地下垫面扰动影响较弱的前提下，沟道天然洪水演进状态整体稳定，场区洪水漫溢风险相对最低；（2）风电不足高峰运行工况：该时段叠加夏季短时强暴雨概率高，天然洪水与场区构筑物挤占行洪断面、局地产汇流改变等静态工程扰动叠加后，易形成场区年度最不利洪峰工况，是风机、蓄热罐体构筑物防洪安全的核心控制工况；（3）风电频繁波动交替工况：春秋期持续多发的中小强度降雨，叠加场区扰动后的汇流条件，易造成沟道持续性漫流、洪水过程多峰起伏，对低矮进场道路、电缆沟等浅表线性工程的冲刷破坏风险最为突出。

4.3 新疆新能源调峰工程防洪洪水参数优化思路

针对巴里坤、哈密戈壁风电调峰工程特性，针对场区局地下垫面扰动带来的产汇流、行洪条件变化，优化传统天然洪水频率计算标准，建立适配戈壁场区工程扰动特征的本地化洪水参数体系。（1）分层设置控制洪峰：以特大暴雨工况对应的百年一遇洪水，作为风机基础、蓄热主罐体防洪控制标准；以常规暴雨工况对应的二十年一遇洪水，作为场内道路、箱涵等附属设施防洪标准；（2）量化戈壁洪水沿程损耗：针对长距离冲沟，在洪峰计算中增设戈壁渗漏折减系数，规避洪峰取值偏差问题；（3）区分冲沟规模差异化取值：小型冲沟受工程扰动影响更为显著，适度加大参数修正幅度，大型冲沟以天然洪水规律为主，小幅修正参数；（4）全域洪水过程演算：依托各冲沟横断面实测地形数据，演算设计洪水漫溢宽度与冲刷深度，为工程选址、行洪通道布设提供数据支撑。

结束语

戈壁区域新能源工程运行不会改变流域尺度原生产汇流条件，工程施工带来的场区局地下垫面变化，使得单纯依靠传统天然洪水统计成果难以刻画场区局部的水文演变特征。本文结合戈壁山洪发育特征与工程场地扰动条件，完善局地产汇流、水力参数的本地化计算方案，构建分层分级洪水参数体系，能够适配戈壁场区复杂条件下的洪水演算工作，对提升戈壁地区新能源工程水文设计的精细化与规范化水平具有积极作用，也可为同类区域新能源项目防洪安全建设提供技术借鉴。

参考文献

[1]谢雨祚,郭生练,钟斯睿,等.金沙江下游梯级水库运行期设计洪水计算方法研究[J].水利学报,2025,56(3):354-363.

[2]孙博凯,郭生练,钟斯睿,等.考虑长江上游水库群调蓄影响的寸滩站设计洪水计算分析[J].水利学报,2025,56(8):1002-1011.

[3]钟斯睿,郭生练,孙博凯,等.复杂水库群调蓄影响下的三峡运行期设计洪水及汛控水位[J].水科学进展,2025,36(3):459-468.

[4]李俊辉,刘红奎,冯润龙.湖北省小流域设计洪水计算软件开发与应用[J].水资源开发与管理,2026,12(2):64-68.