



巴基斯坦重大洪涝灾害应急调查与评估

简 报

中国-巴基斯坦地球
科学研究中心

第 6 期

2022 年 9 月 21 日

巴基斯坦南部印度河下游冲积平原洪泛区 变化分析

2022 年 6 月以来，巴基斯坦范围内普降大雨，大量雨水降落到地表后形成地表径流从北部喜马拉雅山、喀喇昆仑山、兴都库什山和西部苏莱曼山脉和吉尔特尔山脉经萨特莱杰河（象泉河）、奇纳布河等河流向中部印度河汇聚并向下游快速演进，在巴基斯坦信德省平原丘陵区，形成了范围巨大的洪泛区。

1、极端降雨背景下信德省洪泛区动态发展态势

北部和西北部山区强降雨形成沿印度河下泄的洪水与本地

极端降雨形成地表径流在信德省北部河流曲流发育区段叠加，由于地势低洼难以迅速排出，逐渐积水形成大范围洪泛区（图 1）。对比分析 2022 年 6 月 6 日至 6 月 18 日遥感影像可知（图 1a-b），上游洪水顺利经印度河排出，并未造成淹没。而到 6 月 30 日，信德省境内印度河两岸局部地区出现积水现象（图 1c），约有 1122km^2 区域被水面覆盖。截至到 7 月 12 日，随着印度河右岸地势低洼处积水水深增加，洪水淹没区逐渐增大，积水面积增加到 1750km^2 （图 1d）。7 月中下旬之后，随着降雨历时增加和降雨强度增大，部分地势低洼区域完全被洪水淹没，部分相邻的水洼形成连通之势，积水区面积增加到 3917km^2 （图 1e）。进入 8 月以后，在信德省平原丘陵区降雨持续和上游洪水流量不断增大的共同作用下，洪水流量迅速超过印度河排洪能力，由此导致印度河沿岸地区出现大面积积水和淹没区（图 1f-g），从 7 月 24 日至 8 月 17 日，淹没区面积迅速从 3917km^2 增加到 7691km^2 。8 月下旬以后，随着印度河水位逐渐升高，出现溢流反灌两岸区域现象，特别是信德省北部印度河右岸地势

低洼区几乎完全被洪水淹没（图 1h），淹没区面积迅速从 8 月 17 日 7691km^2 增加到 29 日的 17121km^2 。此外随着洪水强烈冲刷作用导致巴基斯坦境内部分大坝发生溃决，溃决洪水流量放大效应致使洪泛区范围不断增大（图 1i），面积由 8 月 29 日的 17121km^2 快速增加到 9 月 5 日的 31461km^2 。在 9 月 5 日，洪泛影响范围增至最大，随后逐渐减小，根据最新一期影像（9 月 15 日），洪泛影响范围已减小至 13029.21km^2 （图 2）。

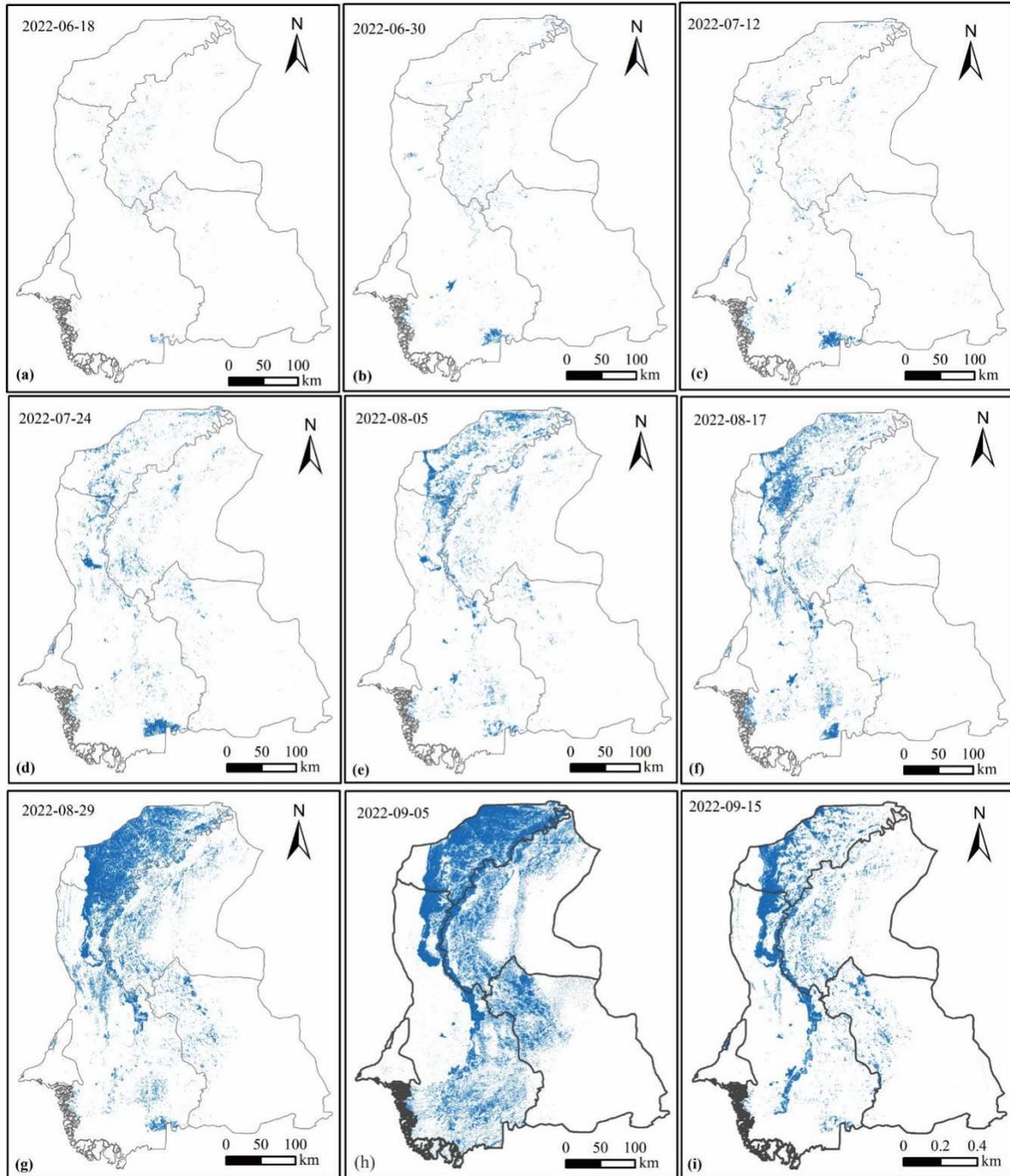


图 1 巴基斯坦信德省洪泛区动态发展

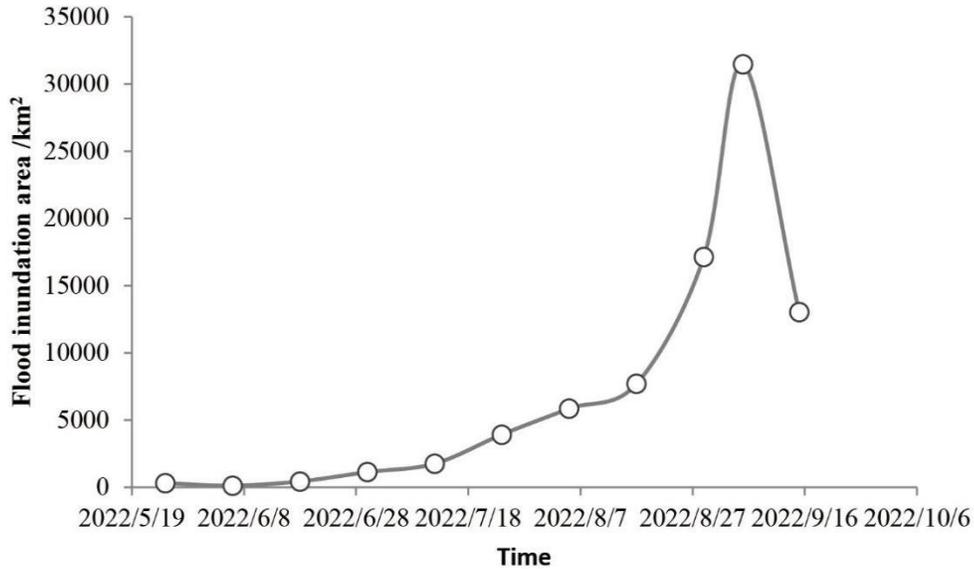


图 2 信德省境内洪泛区发展趋势

2、坝体溃决及持续降雨驱动下洪泛区后期发展趋势

巴基斯坦灾害管理局 8 月 26 日宣布全国进入应急状态后，8 月 26 至 30 日巴基斯坦境内尽管云雨气流和降水有所减少，但受地形影响，巴南部印度河下游冲积平原蓄水量和洪水位依然高居不下。同时，西北部多座水库大坝（土坝和堆石坝）在高水位、高渗透水压作用下溃决，造成下游地区洪水灾害影响进一步加剧。在已知 11 个溃决大坝中（图 3），发现溃坝模式主要分为三种：（一）漫顶溃决（图 4）；（二）渗流管涌破坏（图 5）；（三）坝基底部侵蚀导致坝体破坏（图 6）。通过调

查分析获得了 5 个大坝的基本参数信息（表 1）。如 Machka Dam 大坝（66°41'39.81"~66°41'58.76"E，30°49'0.31"~30°49'17.18"N），洪灾发生后上游来水持续增加，水流漫过坝顶，导致坝体溃决（坝体一溃到底）， $33.0 \times 10^4 \text{m}^3$ 水体全部排空（图 7）。

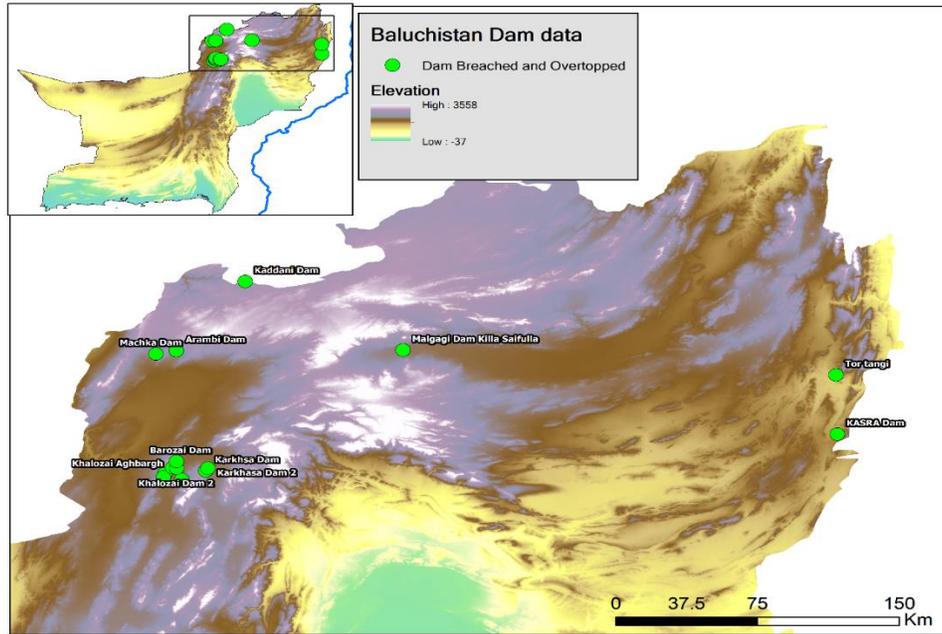


图 3 大坝溃决分布图（中巴中心提供）

表 1 部分溃决大坝基本信息

大坝名称	坝高 (m)	坝长 (m)	库容 (m^3)	溃口高度 (m)	溃口宽度 (m)	水深 (m)	溃决方式
KASRA DAM	20.0	72.00	100530.25	20.00	15.00	20.00	漫顶溃决

Sherjan Khadda	28.0	81.00	403477.85	28.00	22.00	28.00	坝基底部侵蚀导致坝体破坏
Machka Dam	30.0	61.00	329961.25	30.00	33.00	30.00	漫顶溃决
Shallabad	15.0	75.00	55507.5	15.00	18.00	8.00	坝体渗流破坏
Khalozai	10.0	20.00	36264.9	10.00	15.00	10.00	漫顶溃决



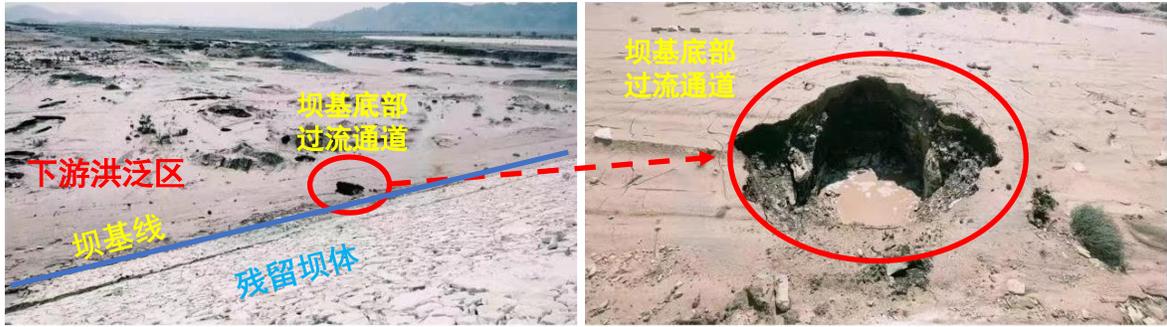
图 4 模式一：漫顶溢流导致坝体溃决（Machka Dam，中巴中心供图）



图 5 模式二：坝体渗流导致坝体溃决（Shallah Abad Dam，中巴中心供图）



(a) 大坝溃决后照片



(b) 大坝底部过流通道

图 6 模式三：坝基底部侵蚀破坏导致坝体溃决（Sherjan Khadda Dam，中巴中心供图）

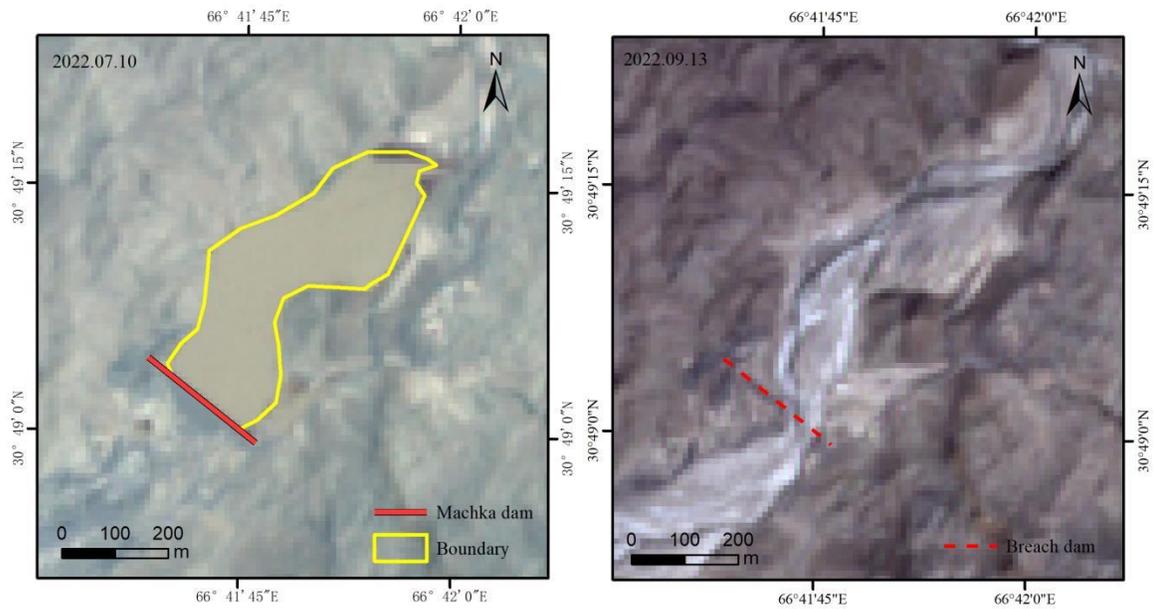


图 7 Machka Dam 大坝溃决前后影像对比图

综上所述分析，自从巴基斯坦极端暴雨以来，巴南部印度河下游冲积平原洪泛区不断增加，在水位与蓄水量持续高居不下的情况下，导致区域内堤坊、大坝（土坝和堆石坝）等防洪工程因受洪水高水位、高渗透水压影响发生溃决，出现了漫顶

溃决、渗流管涌破坏和坝基底部侵蚀导致坝体破坏等三类溃决模式。建议加强溃决洪水影响精准评估工作，精细化制定应急减灾与灾后重建预案。

编写：陈华勇 熊江 Nazir Ahmrd Bazai 苏凤环

审核：葛永刚、王姣

签发：苏立君

联系人：洪天华 +92-318 5001269;

签发时间：2022年9月21日

+86-13717995928 hongth@aircas.ac.cn