长江江苏段堤防薄弱堤段判别方法研究

李肖肖[1] 叶 笑[1] 童 建[2] 徐 毅[2]
1. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司 江苏 扬州 225100
2. 江苏省水利科学研究院 江苏 南京 210000

摘 要：针对江苏省长江堤防工程现状及存在问题，基于现行堤防工程安全评价标准，新增“涉堤设施”作为第六项主控因子，构建了一套包含6个维度、10项基础性指标的薄弱堤段判别体系。该体系充分融合了现有堤防管理、监测与评估成果，具有较强的系统性、针对性和可操作性。以扬州段堤防为例进行应用，成功识别出12段薄弱堤段，明确了各堤段主要风险因素并提出了相应处理建议。该研究可为长江江苏段堤防的安全管理与隐患治理提供科学依据和技术支撑。

关键词：堤防工程；薄弱堤段；安全评价；指标体系；长江江苏段

引言：江苏省长江河道已建立较为完整的堤防工程体系，但是其常年经受长江洪 水、外海潮汐及风暴潮的多重威胁，且工程地质条件较差，加之多次加高培厚而成的建设历程和堤防保护范围内日益增多的建设占用行为，致使堤防工程仍存在一定缺陷与隐患。为维护堤防工程运行安全，有效开展堤防隐患处理及监测工作，现已开展了堤防防洪能力现状调查、崩岸险工段监测、岸线利用情况评估等诸多基础工作 。

1 堤防工程现状及存在问题分析

1.1 江堤基本情况

2021年，江苏省完成境内长江确权划界工作，形成现状江堤基准堤线：北起骊马山河、止于圆陀角，南起慈湖河、止于浏河口，港堤堤线以河口向上 0.5km或至河口闸为界确定。江堤总长 1142.46km，其中主江堤974.4km、港堤 168.06km，行政区划涉及南京、扬州、镇江、泰州、常州、无锡、苏州和南通 8 市。

长江江苏段两岸交汇河道众多，沿线水利穿堤建筑物 1237 座；河道管理范围内现存非水利设施堤岸占用项目近 2000 项，管理范围至保护范围之间区域也存在有大量厂区、民房、公园等设施，部分设施还下挖有地下空间或深基坑等。

1.2 存在问题分析

多次加高培厚而成的建设历程致使部分江堤存在堤身碾压不实、堤基处理不足等先天缺陷；部分穿堤建筑物老化严重，存在闸门高度不足、防渗长度不够、锈蚀变形裂缝等问题；新水沙情势下，干流河道面临长期冲刷，河势仍在调整，存在崩岸风险，影响堤防岸坡稳定；随着过江隧道、管廊、临江深基坑等涉堤设施不断增多，可能对长江堤防造成扰动，甚至引发险情[1]。

2 薄弱堤段判别指标体系构建

2.1 指标体系构建思路

《堤防工程安全评价导则》（SL/Z 679—2015）是目前国内唯一现行的堤防工程安全评价工作标准，该标准将“运行管理、工程质量、防洪标准、渗流安全、结构安全 ”五项作为评价堤防工程安全的主控因子。基于此，针对长江江苏段堤防现状特征及存在问题，考虑补充涉堤设施作为第六项主控因子，进而更全面的覆盖堤防安全的影响因素。

依据评价导则，主控因子作为不同的评价维度，可再细化为若干可量化、可获取的基础性评价指标，从而提升评价工作的可操作性。长江江苏段堤防工程在多年建设运行过程中，积累了大量资料，除常规运行管理资料外，近年来还系统开展了堤防防洪能力评价、崩岸险工段排查与动态监测、岸线利用情况评估等工作。依托已有工作基础，本研究将着眼于主控因子与已开展工作成果的联结性，从已有成果中凝练获取基础性评价指标，构建一组具有系统性、针对性和可操作性的薄弱堤段判别指标体系。

2.2 堤防安全影响因素分析

2.2.1 运行管理

运行管理评价是对堤防投入运行后的管理工作进行全面检查和评价，评价要点主要包括管理规章制度、机构设置、人员编制、管养经费、确权划界、管理设施和设备、日常检查及监测、隐患排查及处理。长江江苏段堤防管理遵循省级法规框架，由水行政主管部门主导，管理制度健全、机构明确、各项工作落实较好，不存在

严重影响堤防安全的隐患，因此本研究中运行管理维度暂不作为薄弱堤段判别的关键因素。

2.2.2 工程质量

工程质量评价是对堤防投入运行后实体施工质量及变化状况的检查，应重点复查堤基处理质量，堤身有无明显不均匀沉陷、裂缝、滑动、渗水等现象，护坡表面有无陷坑、滑动等问题。堤防外部缺陷通常在其他维度加以考虑，此处主要考虑内在缺陷，其可获取且最关键的表现形式为各类历史险情的发生；另外部分堤段在建设和现状调查过程中，积累了勘探试验资料，基于隐患探测结果，可准确识别影响工程安全的关键质量缺陷。

2.2.3 防洪标准

防洪标准复核是根据最新技术经济资料和堤防工程现状复核堤顶高程。《长江流域防洪规划》和《江苏省防洪规划》中明确了江苏省长江堤防的防洪标准、堤防级别、主要控制站设计洪（潮）水位以及堤顶超高等，以此为标准，近期江苏省开展了长江干流堤防防洪能力复核，对江堤现状堤顶高程防洪达标情况进行了全面评估，结果表明扬州和常州市基本达标，其余各市仍有约50%堤段未达规划标准，未达标堤段仍存在洪水漫堤风险。

2.2.4 渗流安全

渗流安全复核是分析现状实际渗流状态和已有渗流控制设施能否满足设计条件下的渗流安全性要求。依据复核结果，设计工况下堤防渗透坡降基本满足规范要求，但仍有约 5.23km 堤防的堤脚水力坡降偏大。渗流异常是危及堤防安全的关键因素，因此渗流稳定不足应作为薄弱堤段判别的关键因素，用以复核堤防渗流安全性。

2.2.5 结构安全

结构安全复核是分析现状堤防能否满足设计条件下的结构安全性要求，复核重点包括堤顶宽度和堤身坡度、临背水坡堤坡稳定性、堤坡堤脚的抗冲性和穿堤建筑物的安全性。依据复核结果，仍有部分堤段堤顶宽度不达标；仍有少量堤段的抗滑稳定不能满足规范要求；堤防沿线排查出 146 处安全鉴定为四类或 C 级的病险水利穿堤建筑物。堤坡坡脚抗冲性的复核本研究中主要关注 57 段重点崩岸险工段，以其级别和堤前滩地宽度来综合判断相应堤段的冲刷风险。

2.2.6 涉堤设施

涉堤非水利设施对堤防的运行管理和结构安全均可能产生一定的影响，甚至导致渗水等险情发生，而且其数量众多，运维管理又分属不同行业，因此，本研究中将其区别于水利穿堤建筑物，作为一个独立的评价维度加以考虑。主要评价依据为 2023 年长江江苏段岸线利用情况评估成果以及其他补充调查成果，评价重点包括可能对堤防结构安全产生影响的穿堤取排水设施、可能对堤防造成扰动的穿江油气线缆管道、过江隧道以及堤后有地下空间或深基坑的民房、厂房及其他建构筑物。

3 指标体系应用

江苏省长江堤防实行属地化管理制度，涉及沿江八市，其中扬州市于2018~2024 年间按照百年一遇标准对大部分堤段进行了提标建设，本研究中将以扬州段堤防为例，应用薄弱堤段判别指标体系，研判扬州段堤防在提标建设后仍存在哪些需要加强和重点关注的堤段[2]。

3.1 工程概况

长江扬州段主江堤位于长江北岸，起于青山小河（桩号K86+000）、止于泰州引江河（桩号 K197+000），其中 K144+300~K153+520 和 K160+200~ K179+620两段分属镇江京口和丹徒区。境内主江堤总长 76.41km，主要型式为土堤、土堤结合挡浪墙、防洪墙，等级为 2 级；沿线水利穿堤建筑物 136 座。2018~2024 年，扬州市按照百年一遇标准对 62.36km 主江堤进行了能力提升建设，现状土堤顶高程 8.3~ 10. 1m，挡墙或防洪墙顶高程 8.5~ 10.2m，土堤顶宽 6~ 12m。

3.2 判别指标分析

工程质量维度，扬州市主江堤提标后，2024 年汛期长江水位居高不下的情况下，扬州段主江堤未发生险情；但是，2025 年汛前部分堤段综合物探结果显示，堤身多存在松散体或富水区等质量缺陷，需加强检查和监测。

防洪标准维度，按照百年一遇设计标准复核，仍有经济开发区K136+915~K137+005 、广陵区 K155+920~K156+993 和 K158+140~K161+000 共计约 4. 16km 堤防堤顶高程不足，三段堤防均为企业占用，堤顶欠高在 1m 以上。企业占用堤段是目前江堤建设、管理的难点，也是长江防洪的主要短板。

渗流安全维度，根据近期复核结果，扬州段主江堤无渗流稳定不足堤段。

结构安全维度，扬州段主江堤堤顶宽度均达标；广陵区 K155+920~K156+993段堤防存在抗滑不足问题；主江堤沿线评价类别为四类的病险穿堤建筑物 2 座，分别为十二圩闸站（K110+000）和园林场排涝站（K126+550）；扬州境内崩岸重点监测岸段共计 5 段，崩岸对堤防的威胁隐患除了考虑预警级别外，还需综合考虑堤前滩面的宽度，本研究中选取堤前滩面不足 100m

的崩岸险工段作为隐患堤段，包括Ⅱ级预警岸段泗源沟~幸福河段的K104+000~K104+850、Ⅰ级预警岸段六圩弯道的 K132+700~K134+000、Ⅰ级预警岸段嘶马弯道凹岸K189+330~K189+700。

涉堤设施维度，扬州境内穿堤取排水设施 10 处，有 4 处取得地方许可、1处取得长许可，仍有 5 处未取得许可，本研究中将 5 处未许可的取排水设施列为隐患堤段，分别位于 K103+700 、K114+000 、K126+400 、K131+300 、K132+840处，后期需通过查阅建设运行资料和现场检查的方式，复核其安全性以及对堤防的影响；穿江油气管道 2 处，分别位于 K94+550 和 K96+180 ，过江隧道 1 处，位于 K95+150，三处穿江管隧均有许可，但是仍需关注其对堤防的扰动；堤后地下空间多为堤防保护范围~管理范围内的商业住宅或企业厂区，本研究中按照设施与堤脚的距离以及所占保护范围内面积，筛选出2 处可能对堤防安全产生影响的建构筑物，一处为位于K94+400~K94+800 的沿江小区（距离堤脚 11m 、占用面积 4.7 万 m^2 ），另一处为位于 K185+000~K185+640 的长青农化股份有限公司（距离堤脚 23m 、占用面积 9.7 万 m^2 ）。

3.3 薄弱堤段

综合各判别指标分析成果，系统筛选了 12 段薄弱堤段，部分堤段安全性态受单因素影响，其余堤段则为多因素共同作用影响。病险穿堤建筑物、堤顶高程不足、抗滑稳定不足等因素对堤防安全的影响是直接且显著的，相应薄弱堤段应及时安排除险加固；未许可穿堤取水设施堤段，应尽快组织检测复核，确认堤段安全性态并加强后期检查工作；随着堤防与涉堤设施服役期的增长，穿江管隧和堤后地下空间对堤防的扰动影响可能是动态变化的，应加强相应堤段的隐患探测并设置安全监测设施，提高堤防安全隐患识别能力[3] 。如表1所示

表1 扬州段主江堤薄弱堤段判别结果

序号	堤段名称	桩号	安全影响因素	处理建议
1	仪征青山镇段	K94+400~K96+180	穿江管隧 3 处、堤后地下空间 1 处	隐患探测及监测
2	金斗河~仪扬河段	K103+700~K104+850	崩岸险工段、未许可穿堤取水设施	监测、检测复核
3	十二圩闸站段	K110+000	病险穿堤建筑物	拆建
4	依利安达电子取水泵房段	K114+000	未许可穿堤取水设施	检测复核
5	园林场排涝站段	K126+400~K126+550	病险穿堤建筑物、未许可穿堤取水设施	拆建、检测复核
6	永丰余造纸取水口段	K131+300	未许可穿堤取水设施	检测复核
7	扬州第二发电一、二期机组取排水段	K132+700~K134+000	崩岸险工段、未许可穿堤取水设施	监测、检测复核
8	中航宝胜杂货码头段	K136+915~K137+005	堤顶高程不足	加高
9	大洋造船码头段	K155+920~K156+993	堤顶高程不足、抗滑稳定不足	加高加固
10	秋源重工~恒润海洋重工段	K158+140~K161+000	堤顶高程不足	加高
11	长青农化段	K185+000~K185+640	堤后地下空间 1 处	隐患探测及监测
12	长江河道采砂管理执法江都基地段	K189+330~K189+700	崩岸险工段	监测

4 结束语

针对堤防保护范围内建构筑物对堤防产生的扰动影响，本研究在堤防安全性态评价原有五大主控因子基础上，补充“涉堤设施 ”作为第六项主控因子，进而更全面覆盖堤防安全的影响因素。依托江苏省长江堤防丰富的建设运行资料及现有监测研究成果，对其系统整合利用，并着眼于其与主控因子间的关联性，构建了一套具备系统性、针对性与可操作性的江苏省长江堤防薄弱堤段判别指标体系。

基金项目：江苏省水利科技项目（合同号：2024001）

参考文献

[1]尹子龙，杨源浩，徐季雄，等.长江江苏段岸线利用强度现状分析[J].江苏水利，2025（12）：9-13.

[2]曹德君，朱春光，吴鑫.扰动段长江堤防防渗处置效果分析[J].水利建设与管理，2022，42（01）：12-15+30.

[3]徐敏，陈青青，陈宇清，等.防洪墙背水侧深基坑工程对防洪安全影响评价分析[J].陕西水利，2025（10）：49-51.