

其他水系统研究与应用

朱洁, 应费, 季敏捷, 等. 基于 SMART 原则的超大型城市排水泵站调研评估与分析[J]. 净水技术, 2023, 42(9): 142-147, 189.

ZHU J, YING F, JI M J, et al. Investigation, evaluation and analysis of municipal drainage pumping stations in a mega-city based on SMART principle [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(9): 142-147, 189.

基于 SMART 原则的超大型城市排水泵站调研评估与分析

朱洁^{1,*}, 应费², 季敏捷², 生骏¹, 龚晓露¹, 马捷汀¹

(1. 上海市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092; 2. 上海市城市排水有限公司, 上海 200233)

摘 要 排水泵站是承担区域性的防汛和污水转输的重要基础设施, 为保证和维持排水泵站能力的发挥, 需要定期对泵站进行维护和大修。为实现城市排水系统精细化、科学化、智能化管理, 确保新形势下上海的城市发展需求, 应用基于 SMART 原则的“综合评价体系”对上海市属 314 座排水泵站的现状进行定量评估。将建设年代、泵站规模、运行情况、机械设备(机械设备维修情况和运行效率)、电气及自控系统、建筑结构、安全和标准化以及周边环境敏感度作为评价因子并确定权重, 其中机械设备状况直接关系排水效能, 因子权重最高。根据泵站现状对评价因子赋予相应分值, 建设年代越久, 泵站规模越大, 设备故障率越高, 更新改造次数越少, 周边环境敏感度越高, 评分越低, 最后将各个泵站的各因子评分进行加权平均得到最终评分。评分从低到高进行排序, 评分越低表明大修迫切性越高, 由此确定泵站大修的优先级, 为制定泵站大修计划提供规划依据。

关键词 排水泵站 大修 评价 规划 因子权重

中图分类号: TU992 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2023)09-0142-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.09.017

Investigation, Evaluation and Analysis of Municipal Drainage Pumping Stations in a Mega-City Based on SMART Principle

ZHU Jie^{1,*}, YING Fei², JI Minjie², SHENG Jun¹, GONG Xiaolu¹, MA Jieting¹

(1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co., Ltd., Shanghai 200092, China;

2. Shanghai Municipal Sewage Co., Ltd., Shanghai 200233, China)

Abstract Drainage pumping stations are important infrastructure for regional flood control and sewage transfer. In order to ensure and maintain the capacity of drainage pumping stations, regular maintenance and overhaul of the pumping stations are required. In order to realize the fine, scientific and intelligent management of urban drainage system and ensure the urban development demand of Shanghai under the new situation, the "comprehensive evaluation system" based on SMART principle (factor weighted scoring method) was used for quantitative analysis of 314 pumps of Shanghai. The construction age, pump station scale, operation condition, machinery and equipment (maintenance and operation efficiency of machinery and equipment), electrical and automatic control system, building structure, safety and standardization, and sensitivity of surrounding environment were taken as evaluation factors, and their weight was determined, in which, the condition of mechanical equipment was directly related to drainage efficiency, and its factor weight was the highest. Corresponding scores were assigned to the evaluation factors according to the status of pump station. The longer the construction age, the larger the scale of the pump station, the higher the equipment failure rate, the less the number of renovation, the higher the sensitivity of the surrounding environment, and the lower the score. Finally, the evaluation score of the pump station is obtained by weighted average. The score was ranked from lowest to highest, and the lower the score was, the higher the urgency of

[收稿日期] 2022-07-12

[基金项目] 上海市政总院科研课题(K2021K053)

[通信作者] 朱洁(1984—), 女, 高级工程师, 研究方向为污水处理、污泥处理处置技术与碳排放, E-mail: zhujielvictor@163.com。

overhaul was. Therefore, the priority of overhaul of the pump station was determined, which provided the planning basis for making the overhaul plan of the pump station.

Keywords pumping station major overhaul evaluation planning weight of factor

排水泵站是承担区域性的防汛和污水转输的重要基础设施,作为民生保障措施,对保障城市防汛安全、提高人民生活质量、改善投资环境等起了积极的作用。

上海的排水设施兴建年代较早,最早的泵站建于 20 世纪 50 年代。截至 2020 年 12 月底,上海市排水公司管理的市属排水泵站共有 314 座,总泵排流量为 $2\,766.34\text{ m}^3/\text{s}$,其中污水泵站共 137 座,泵排流量为 $548.13\text{ m}^3/\text{s}$,防汛泵站共 177 座,泵排流量为 $2\,218.21\text{ m}^3/\text{s}$ 。

排水泵站在运行初期能较好地满足当时条件下的排水要求,但是面对当前的新形势、新要求,市属排水泵站的一些不足之处也显露出来,如泵站机电设备效率低能耗高、自动化水平较低、泵站建设标准较低、安全设施不全、整体风貌与周边不协调等。为保证和维持排水泵站能力的发挥,会定期对泵站设备等进行维护保养,但由于泵站数量巨大,评判具体某座泵站的维修必要性和优先级是排水泵站管理单位急需解决的问题。为实现城市排水系统精细化、科学化、智能化管理,确保新形势下上海的城市发展需求,急需对 314 座泵站的现状进行评估和分析,根据实际情况确定泵站大修的优先级。

目前,文献记载的国内对泵站和市政排水设施进行评估研究的方法包括模糊层次分析法和质量综合评估法。杨露^[1]使用模糊层次分析法建立了排水泵站老化评估模型,该方法采用 4 个主要评估指标,包括综合管理、机电设备、构筑物 and 金属结构,结合排水泵站实际情况,4 个评估指标下又细分为 110 个评估子项,确定每一个评估子项的权重并进行评分,然后通过加权平均得到泵站老化情况的评分。臧文斌等^[2]以雨水市政排水设施现场勘查情况等可靠数据为真值,结合影响管网排水的关键因素,采用质量综合评估法从资料完整度和准确性两方面评估雨水排水设施现状。

SMART 原则 [S = Specific (具体的)、M = Measurable(可衡量的)、A = Attainable(可实现的)、R = Relevant(相关的)、T = Time-based(有时限的)] 是用于目标管理和考核的经典方法,与模糊层次分

析法和质量综合评估法类似,都是通过确定评价因子和因子权重,对评价因子赋予分值后进行加权平均,得到综合评分。本文为首次基于 SMART 原则对 314 座上海市属排水泵站进行调研评估与定量分析,根据评估结果确定泵站大修的优先级,为编制上海市属排水泵站大修十四五规划提供规划依据。

1 评估方法

首先,分析影响泵站安全运行的因素,包括泵站使用年限、主要设备使用年限和性能、建筑结构安全状况等,明确影响泵站安全运行的主要因素及其影响程度所占比例,从而确定评价因子和因子权重;然后,根据排水泵站现状设施实际状况对每座泵站的评价因子赋予不同的分值;最后,应用基于 SMART 原则的“综合评价体系”(因子加权打分法),得到泵站最终评分。

1.1 确定评价因子和因子权重

排水泵站划分为雨水泵站、污水泵站以及合流泵站,排水泵站内主要构筑物包括进水闸门井、格栅井、泵房、出水闸门井、变配电间和管理用房等,防汛泵站还有回笼水设施和截流设施等。参考《大型泵站设备设施运行标准》(DG/TJ 08-2045—2022)、《泵站安全鉴定规程》(SL 316—2015)和《上海市城镇公共排水泵站检查内容及评分标准》,综合考虑后,最终确定评价因子为:建设年代、泵站规模、运行情况、机械设备(机械设备维修情况和水泵运行效率)、电气及自控系统、建筑结构、安全和标准化以及周边环境敏感度。

1.1.1 建设年代

泵房是泵站的主体构(建)筑物之一,构(建)筑物的结构安全是泵站安全运行的基础。二十世纪七八十年代以前建造的泵站,上部结构多为砖混或框架结构,下部多为水工钢筋混凝土结构。由于建设年代较久和地面沉降等原因,主体结构可能会出现裂缝、缺损、渗漏、变形等外观缺陷,砼表面可能会出现无蜂窝、麻面、露筋等缺陷等,需做裂缝修补、防腐或加固。

1.1.2 泵站规模

泵站按照规模可分为大型、中型和小型泵站,泵

站规模越大,其服务范围越大,承担的区域安全排水的责任越重,因而重要性越大。

1.1.3 泵站设备运行情况

排水泵站的机械设备主要包括闸门、格栅、螺旋压榨输送机、水泵和拍门、起吊设备和垃圾清捞拦截系统等。泵站的核心部分是水泵,污水通过水泵提升后排入下游管网。水泵是泵站机电设备中最为重要的设备,是发挥泵站排水功能的重要保障。泵站投入使用后,在长期的运行中,机电部件出现老化,机组故障时有发生,备品备件不易取得,维修周期长、费用高等,影响了泵站的排水能力和安全运行。

水泵的效率是水泵的重要技术经济指标,是指水泵的有效功率与轴功率之比的百分数,它标志着水泵能量转换的有效程度,可以衡量水泵性能。

水流的冲刷使得水泵流道内壁和叶轮过水面变得粗糙不平,水泵内流道的摩阻系数增大,水头损失增加,导致水力效率降低。泵壳内严重积垢或腐蚀,水泵加工工艺造成的铸造缺陷、汽蚀、磨蚀、腐蚀和化学浸蚀等原因造成泵流道内产生空洞或裂缝,水流动时产生漩涡而造成能量损失,叶轮表面的气蚀,机械磨损产生漏失和阻力增大等,都会导致容积效率和水力效率降低^[3-5]。

1.1.4 电气及自控系统

排水泵站电气设备包括变配电设施、水泵电机、控制柜和照明系统等,电气设备确保泵站内用电安全以及机电设备的正常运转,在泵站运行中具有不可或缺的作用。经过多年运行,泵站设施老化、泵站中电气设备的安全性及稳定性下降,多数设备的绝缘性能及可靠性能不足、电线电缆使用时间过长,安全隐患较多,不利于整个泵站系统的安全运行。

泵站宜按“少人值守,数据远传”的控制原则设置自动化控制系统,有条件的泵站可按照全自动控制的方式考虑,所有工艺设备实现远程监控,可做到正常运行时现场无人值守,有人值守时通过计算机或触屏操控。自控系统是泵站内设备安全运行的保障,也是自动化运行、远程监控的重要手段^[6]。

1.1.5 建筑和结构安全

二十世纪七八十年代的泵站建筑大多都是平顶,由于结构沉降不均和屋面防水材料的使用年限等各种原因,雨水渗漏问题严重,而且保温性能也不好,冬冷夏热。因此,后期改造都要求建筑屋顶平改坡。此外,泵站建筑风格应和周围环境相协调,宜形

式简洁、色彩明快、具有现代美感。

1.1.6 周边环境敏感度

上海城区分为内环、中环、外环和郊环,对应的人口密度和建筑密度依次下降。人口密度越大,建筑密度越高,区域排水安全敏感度越高,排水泵站故障造成的区域排水除涝风险越高。因此,按照内环内、内中环间、中外环间、外郊环间和郊环外,将泵站所在的位置进行划分,位于内环内的泵站对周边环境影响大,因子赋予的分值越低,中环地区的泵站对周边环境影响较大,因子赋予的分值较低,依次类推,郊环外对周边环境影响最小,因子赋予的分值最高。

根据现有泵站运行规程和标准,同时结合泵站运行单位的经验,根据各个因子在实际运行中的重要性确定权重系数如表 1 所示。

表 1 评价因子及权重

Tab. 1 Evaluation Factor and Weight

序号	评价因子(每项 0~5 分,低分差,高分好)	因子权重
1	建设年代	15%
2	泵站规模	15%
3	运行情况	5%
4	机械设备	18%
	机械设备维修情况	
	水泵运行效率	5%
5	电气及自控系统	16%
6	建筑结构、安全和标准化	16%
7	周边环境敏感度	10%

1.2 确定因子评分规则

各因子评分为 1~5 分,分数越低表明泵站情况越差,需要大修的迫切性越高(表 2)。

泵站建设年代越早,泵站构建筑物老化越严重,大修迫切性越高,因此,建筑年代越早,评分越低。泵站规模越大,服务范围越大,泵站排水安全影响的区域越大,泵站重要性越大,因此,泵站规模越大,大修的迫切性越高,评分越低。泵站运行过程中,设备故障率越高,大修迫切性越高,因此,评分越低。

水泵效率越低,污水实际输送量与设计输送量的比值越低,即能耗不变的情况下,水泵输送相同规模的雨污水所需的能耗越高。因此,水泵运行效率越低,评分越低。

根据《泵站更新改造技术规范》(GB/T 50510—2009),更新改造是指泵站因原规划设计所依据的基本情况改变、工程设施设备老化或损坏等,对机电

表 2 泵站大修评价-单因子评分表
Tab. 2 Evaluation of Pumping Station Overhaul-Single Factor Rating Scale

序号	评分因子	1	2	3	4	5
1	建设年代	1950 年代— 1960 年代	1970 年代— 1980 年代	1990 年代	2000 年代	2010 年代
2	泵站规模/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	40~70	20~40	10~20	1~10	<1
3	运行情况	设备故障率高	设备故障率较高	设备故障率中等	设备故障率较低	运行情况良好
4	机械设备	更新改造次数	更新改造次数	更新改造次数	更新改造次数	更新改造次数
	维修情况	0 次	1~2 次	3~4 次	5~6 次	≥ 7 次
	水泵运行效率	<0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.85	>0.85
5	电气设备及 自控系统	电仪设备	更新改造次数	更新改造次数	更新改造次数	更新改造次数
		0 次	1~2 次	3~4 次	5~6 次	≥ 7 次
6	建筑结构、 安全及标准化	建筑结构	更新改造次数	更新改造次数	更新改造次数	更新改造次数
		0 次	1~2 次	3~4 次	5~6 次	≥ 7 次
7	周边环境敏感度	内环内	内中环间	中外环间	外郊环间	郊环外

设备进行的更新或技术改造,建筑物的除险加固或工程的配套、拆除重建等所进行的技术性活动。因此,机电设备和建筑结构等设备设施更新改造次数越少,评分越低。

按照内环内、内中环间、中外环间、外郊环间和郊环外,将泵站所在的位置进行划分,位于内环内的泵站对周边环境大,因子赋予的分值越低。

根据每个泵站的实际情况,对每个泵站进行各项因子打分,各个因子得分乘以因子权重,加权计算后得到每个泵站评分。评分越低,大修的迫切性越高。

2 泵站现状评估

2.1 建设年代

137 座污水泵站中,78 座泵站建于 2000 年以前,59 座泵站建于 2000 年以后。177 座防汛泵站中,74 座泵站建于 2000 年以前,103 座泵站建于 2000 年以后(图 1)。

排水泵站设备设施与排水泵站同时投入使用,根据《泵站安全鉴定规程》(SL 316—2015),泵站投入运行 25 年后,主机组及主要电机设备已经历多次大修,开始进入老化期。美国、加拿大、日本等国的调查和统计说明,服役期限为 10~20 年的电动机,绝缘故障显著上升,许多绝缘故障与老化一起发生,降低可靠性,并导致强迫停机,增加维修工作量和修理费用。排水泵站中其他机电设备和电气设备均有一定的使用年限,一般设备使用超过 20 年,认为开始出现安全问题,需要及时更换设备。

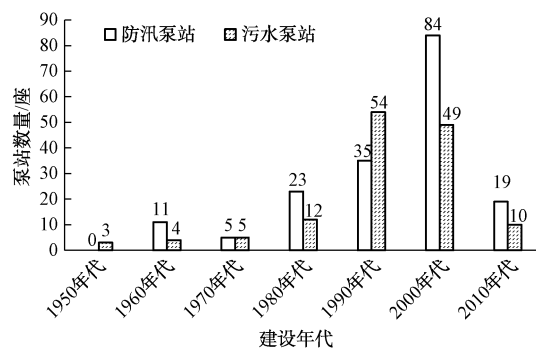


图 1 泵站建设年代分析

Fig. 1 Analysis of Pumping Station Construction Time

根据运营单位相关的泵站运行经验,污水泵站运行超过 20 年,设施设备性能急剧下降,产生较多问题,如水泵效率降低造成泵站排水能力不足、水泵电机振动现象越发严重、闸门启闭困难等,使泵站管理难度大大增加,给泵站运行带来安全隐患。我国 20 世纪 80 年代以前的泵站由于历史的原因,质量普遍较差,机电设备老化严重。至今已运行 25 年以上,应根据相关设计要求进行大修。20 世纪 80 年代及以后所建设的泵站,建筑物和机电设备质量相对要好得多,但泵站运行 20 年及以上,大部分的设备已达到或超过使用年限,构(建)筑物也有不同程度的老化或损坏,维修频率加快,维修费用逐年增加。从泵站安全、高效运行和经济角度考虑,由于污水泵站连续运转,对设备投入运行 15 年,构筑物使用达到 20 年以上的泵站进行大修是比较合适的^[5]。

2.2 泵站规模

137 座污水泵站中,泵排流量最小值为

0.07 m³/s, 泵排流量最大值为 65 m³/s。177 座防汛泵站中, 泵排流量最小值为 0.96 m³/s, 泵

排流量最大值为 34.2 m³/s。泵站规模分析如图 2 所示。

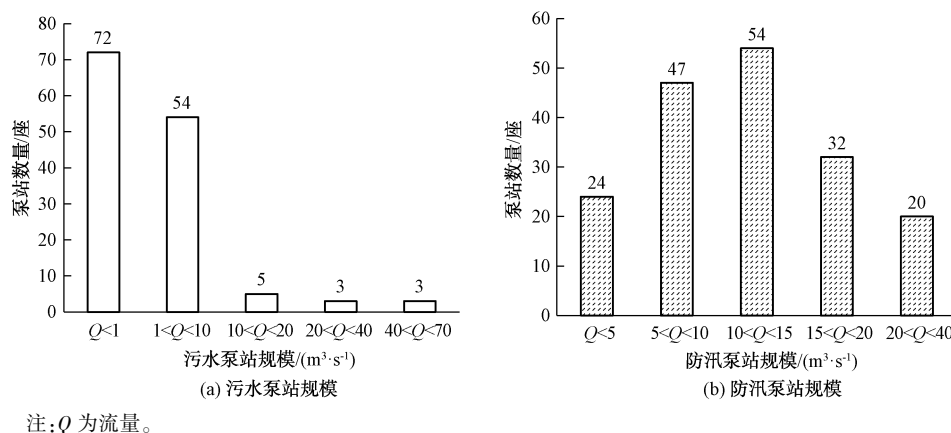


图 2 泵站规模分析

Fig. 2 Analysis of Pumping Station Capacity

根据《城市排水泵站设计规程》，排水泵站根据规模分为 4 级。1 级为特大泵站：雨水泵站设计流量 > 25 m³/s，污水泵站、合流泵站设计流量 > 8 m³/s。2 级为大型泵站：雨水泵站设计流量为 15~25 m³/s，污水泵站、合流泵站设计流量为 3~8 m³/s。3 级为中型泵站：雨水泵站设计流量为 5~15 m³/s，污水泵站、合流泵站设计流量为 1~3 m³/s。4 级为小型泵站：雨水泵站设计流量 < 5 m³/s，污水泵站、合流泵站设计流量 < 1 m³/s。

由上文可知，约 92% 的污水泵站规模 < 8 m³/s，约 8% 的污水泵站属于特大泵站。约 14% 的防汛泵站属于小型泵站，约 57% 的防汛泵站属于中型泵站，约 29% 的防汛泵站属于大型和特大型泵站。污水泵站由小到大分为局部泵站、中途泵站和总泵站，将污水逐级输送至污水处理厂。防汛泵站越大，区域的排水需求越大。

2.3 水泵运行效率

水泵的效率是水泵的有效功率与轴功率之比的百分数，水泵轴功率即水泵输入功率，是动力机通过传动设备输送给泵轴的功率。水泵有效功率即水泵输出功率，即水泵内水流所得到的功率。一般水泵的效率需要通过第三方专业鉴定机构进行测定，实际操作较为耗时，为了考察水泵的运行效率，本文用水泵的实际输送量与设计输送量的比值，即水泵的输送效率来表征水泵的运行效率，结果如图 3 所示。

由图 3 可知，大部分水泵的输送效率在 60%~85%，其中水泵输送效率在 80% 以上的大部分为较

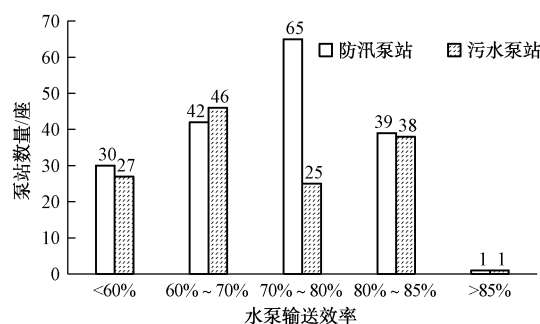


图 3 水泵输送效率分析

Fig. 3 Analysis of Pump Transport Efficiency

新安装的水泵。运行过程中水泵性能会变差，通常会降低 2%~5%，严重的会降低 10% 以上。这是因为水流的冲刷会使水泵流道内壁和叶轮过水面变得粗糙不平，水泵内流道的摩阻系数增大；水泵泵壳内的积垢和腐蚀也会增加水头损失；在电化学腐蚀作用下，水泵叶轮表面的气蚀严重，也会增加机械磨损，这些都会降低水泵的运行效率^[7]。此外，水泵加工工艺差异、水泵材质差异，还有运行条件和运行时间差异等因素最终造成水泵输送能力下降程度有差异。

2.4 泵站设施更新改造情况

314 座泵站中，已进行机械设备改造的泵站有 217 座，已进行电气自控改造的有 202 座，已进行除臭系统改造的有 121 座，已进行建筑结构维修的有 154 座，另有 11 座泵站尚未进行过任何改造。

排水泵站中设备设施都需要定期维护和检修，根据《大型泵站设备设施运行标准》(DG/TJ 08-

2045—2022),干式离心泵的定期检修间隔时间为水泵累计运行达 4 000 h 或距上次检修已 36 个月;干式轴流泵的定期检修间隔时间为水泵累计运行达 3 000 h 或距上次检修已 48 个月;潜水离心泵的定期检修间隔时间为水泵累计运行达 4 000 h 或距上次检修已 12 个月;潜水轴流泵的定期检修间隔时间为水泵累计运行达 3 000 h 或距上次检修已 18 个月;水泵定期检修时将水泵全部解体。但随着设备设施的老化程度不断加深,其维修费用也相应增加,降低了其维护和修理的效益。考虑到维修费用和经济效益,一般认为设施设备维修费用超过同一时期同等产品价格的 40%,就需要对设施设备进行更换。

2.5 泵站周边环境敏感度

314 座泵站中,位于内环的有 59 座,中环 99 座,外环 100 座,郊环 46 座,郊环外 10 座(图 4)。泵站位置越靠近市中心,住宅及人口密度越大,周边环境敏感度越高,泵站大修紧迫性越强。

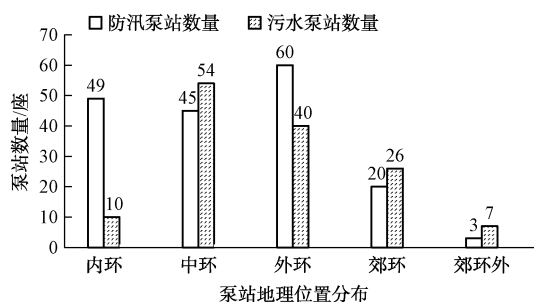


图 4 泵站地理位置分布统计

Fig. 4 Distribution Statistics of Pumping Station
Geographical Location

上海城区分为内环、中环、外环和郊环,内环人口密度和建筑密度最大,郊环及郊环外建筑和人口密度都相对较低。内环和中环是城市的中心,区域排水安全敏感度较高,排水泵站故障造成的区域排水除涝风险较高,排水泵站的重要性越大。因此,按照泵站所在的位置进行划分,确定泵站的周边环境敏感度,位于内环的泵站环境敏感度高,泵站大修迫切性评分越低。

3 泵站评估结果

对 137 座污水泵站和 177 座防汛泵站按照 SMART 原则进行综合打分,最终评分结果如图 5 所示。

根据评分结果,将泵站大修级别分为 5 级,按照

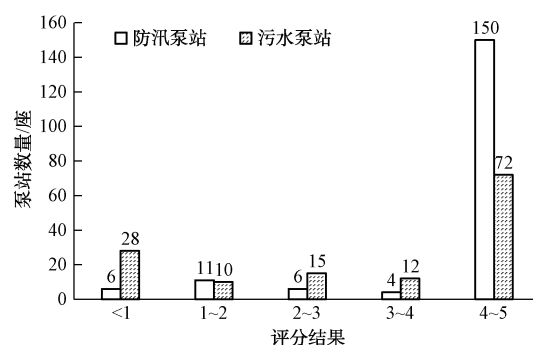


图 5 泵站评分结果

Fig. 5 Scoring Results of Pumping Stations

紧急程度依次为“特别紧急”“紧急”“较紧急”“一般”和“良好”(表 3)。

表 3 泵站大修评价结论

Tab. 3 Evaluation Conclusions of Pump Station Overhaul

评分结果	评价结论
<1	特别紧急
1~2	紧急
2~3	较紧急
3~4	一般
4~5	良好

由上文可知,144 座污水泵站中,65 座污水泵站评分结果集中在 0~4 分。属于“特别紧急”待修的泵站有 28 座,属于“紧急”待修的泵站有 10 座,“较紧急”的 15 座,“一般”的 12 座,“良好”的 72 座。177 座防汛泵站中,17 座防汛泵站评分结果主要集中在 1~3 分。属于“特别紧急”的泵站有 6 座,属于“紧急”的泵站有 11 座,“较紧急”的 6 座,“一般”的 4 座,“良好”的 150 座,其中评价结论良好的泵站绝大多数均为 2000 年以后建设的泵站。按照泵站打分结果作为泵站大修优先级的排序,为制定“十四五”泵站大修规划提供规划依据。

4 结论

排水泵站是承担区域性的防汛和污水传输的重要基础设施,为实现城市排水系统精细化、科学化、智能化管理,确保新形势下上海的城市发展需求,应用基于 SMART 原则的“综合评价体系”对上海市属 314 座排水泵站进行评估,结果如下。

(1)建设年代、泵站规模、运行情况、机械设备(机械设备维修情况和水泵运行效率)、电气及自控

(下转第 189 页)

- in wastewater treatment and collection facilities; NFPA 820—2020[S]. 2020.
- [8] 陈秀成. 全地下污水处理厂防淹设计要点及工程案例[J]. 给水排水, 2022, 48(5): 50–54, 59.
- CHEN X C. Key points of flood prevention design and engineering examples of underground municipal wastewater treatment plant[J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(5): 50–54, 59.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 室外排水设计标准: GB 50014—2021[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- Ministry Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for design of outdoor wastewater engineering: GB 50014—2021[S]. Beijing: China Planning Press, 2021.

(上接第 147 页)

系统、建筑结构、安全和标准化以及周边环境敏感度是影响泵站安全运行的重要因素,其中机械设备的维修和运行情况直接关系到泵站的排水效能,权重最高。

(2)建设年代越久,泵站规模越大,设备故障率越高,更新改造次数越少,周边环境敏感度越高,泵站因子评分越低。

(3)根据泵站的运行状况和设施情况对各因子进行打分,最后将各个泵站的各因子评分进行加权平均得到最终评分,将打分从低到高排序,作为泵站大修优先级的排序,为制定“十四五”泵站大修规划提供规划依据。

参考文献

- [1] 杨露. 基于层次分析法的城市排水泵站老化评估系统研究与开发[D]. 昆明: 云南大学, 2018.
- YANG L. Research and development of aging assessment system for urban drainage pumping station based on analytic hierarchy process[D]. Kunming: Yunnan University, 2018.
- [2] 臧文斌, 陈胜, 朱吉生, 等. 面向城市排水计算的市政排水资料质量综合评估方法研究[C]. 2021 首届城市水利与洪涝防治研讨会论文集, 2021.
- ZANG W B, CHEN S, ZHU J S, et al. Research on comprehensive evaluation method of municipal drainage data quality for urban drainage calculation[C]. 2021 Proceedings of the First Symposium on Urban Water Conservancy and Flood Control, 2021.
- [3] 张猛. 探究影响泵站机电设备维修质量的因素及解决措施[J]. 农业与技术, 2016, 36(22): 69–69.
- ZHANG M. Research on the factors affecting the maintenance quality of mechanical and electrical equipment in pumping station and the solutions[J]. Agriculture & Technology, 2016, 36(22): 69–69.
- [4] 杨模, 许攀, 马靖凯, 等. 影响泵站机电设备维修质量的原因及解决对策分析[J]. 现代农业研究, 2021(1): 127–128.
- YANG M, XU P, MA J K, et al. Analysis on the causes and solutions of impacts on the maintenance quality of mechanical and electrical equipment in pumping station [J]. Modern Agricultural Research, 2021(1): 127–128.
- [5] 高顺强. 影响泵站机电设备维修质量的原因及解决对策[J]. 建材与装饰, 2017(11): 196–197.
- GAO S Q. Reasons affecting maintenance quality of mechanical and electrical equipment in pump station and countermeasures [J]. Building Materials and Decoration, 2017(11): 196–197.
- [6] 时珍宝. 浅析上海市智慧排水信息化系统规划与建设[J]. 净水技术, 2020, 39(s1): 235–238.
- SHI Z B. Brief analysis of the planning and construction of intelligent drainage information system in Shanghai [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(s1): 235–238.
- [7] 李国平. 原水输水泵站设备故障诊断和健康分析评估系统[J]. 净水技术, 2017, 36(6): 100–106.
- LI G P. Assessment system of equipment fault diagnosis and health analysis for raw water delivery pumping station [J]. Water Purification Technology, 2017, 36(6): 100–106.