

# 浦东国际机场二级排水系统 精益运营项目探析

李 扬<sup>1</sup>, 颜 蔚<sup>1</sup>, 汤 炜<sup>2</sup>

(1. 江苏省江都水利工程管理处, 江苏 扬州 225200; 2. 扬州市江都区水务局, 江苏 扬州 225200)

**摘要:**精益运营理论运用众多,尤其是在制造业得到了很好的应用,主要研究如何在水利工程管理领域恰当运用,并使之更加简化和易于理解操作,符合二级排水系统管理人员素质特点的管理方法,运用精益运营于水利管理,实现优化管理资源,提高管理效率,节省管理成本,推进水利管理现代化发展。通过精益理念对浦东机场二级排水系统调水模式进行优化,强化开闸引水冲淤效能发挥,实现了降低疏浚河道工程成本开支的经济效益以及提高围场河水质,保持场区景观环境等社会效益。

**关键词:**精益运营;排水系统;清淤措施

中图分类号:TV673

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)04-0066-07

## Analysis on lean operation project of secondary drainage system in Pudong International Airport

LI Yang<sup>1</sup>, YAN Wei<sup>1</sup>, TANG Wei<sup>2</sup>

(1. Jiangdu Water Conservancy Project Management Office, Yangzhou 225200, China;

2. Yangzhou Jiangdu District Water Bureau, Yangzhou 225200, China)

**Abstract:** Lean operation theory is widely used, especially in manufacturing industry, which mainly studied how to proper use in the field of water conservancy project management, and make it more simplified and easy to understand operation, in accordance with management personnel quality characteristics of secondary drainage system. lean operation in water management, realize optimization management resources, improve management efficiency, save administrative costs, promote the development of water conservancy management modernization. Through lean concepts, the water diversion mode of the secondary drainage system of Pudong Airport was optimized, and the efficiency of sluice and water diversion was strengthened to realize the economic benefits of reducing the cost of dredging river engineering, improving the water quality of the paddock river, and maintaining the social benefits of landscape environment of the site.

**Key words:** lean operation; drainage system; dredging measures

水利是国民经济以及社会可持续发展的重要保障。浦东国际机场是国家建设的特大型项目之一,规划占地约 58.62 km<sup>2</sup>,是亚太地区的枢纽机场之一。对于这样一个规模大、占地多、影响深远的

工程,如何保证防汛排涝安全是一项重要问题。浦东机场二级排水系统共有 3 座出海泵站和 5 座节制闸组成,是浦东机场防汛设施系统的关键环节。

精益运营的理念源于制造业,之所以被称为精

收稿日期:2020-09-22

作者简介:李扬(1985—),男,高级工程师,硕士,主要从事大型泵站精益运营管理建设及测控保一体化等工作。E-mail: 395891368@qq.com

益是因为与大批量生产方式相比精益生产耗费更少<sup>[1]</sup>,20世纪50年代丰田汽车在对美国福特汽车考察后探索出一种汽车生产方式被称之为丰田生产方式TPS<sup>[2]</sup>。新乡重夫提出了生产体系中存在的7种浪费:空闲时间的浪费,运输的浪费,生产过剩,操作过程中的浪费,库存浪费,动作浪费,废品浪费<sup>[3]</sup>。Lauri Koskela<sup>[4]</sup>认为精益应当是一种用来降低材料、时间和人工消耗,从而实现价值最大化的方法。Koskela<sup>[5]</sup>提出新的生产理论 Transformation Flow Value(简称为TFV),是由生产流程理论、价值理论以及生产转换理论整合而来。Gleen ballard<sup>[6]</sup>提出业主管理需要实现业主价值需求最大化,而对过程绩效的评价要求实现过程浪费最小化。

精益的理念,也就是不断改善和减少浪费的理念,可以应用于管理的各个方面。精益运营的理论随着不断应用,各种新理论新方法不断丰富精益运营的内涵,如目视管理、大规模定制、PDCA循环、单元生产、精益生产模式JIT<sup>[7]</sup>、6S、设备全面可维护管理TPM等等。

泵站、水闸管理与制造业不同的是在过程控制中很少使用产出等数据,或者说所需要的数据例如生产的效率、产品数量等难以量化,因此大多数泵站水闸从业人员与制造业相比都没有“产品概念”,管理方式也很少进行积累和收集。这类单凭经验式的管理模式致使管理过程当中会产生很多弊端。为减少管理过程中的缺陷,提高水利工程管理水平,产生了将精益运营应用于泵站水闸管理领域的需求。

## 1 技术路线

本文主要研究路线如图1所示。因篇幅所限,以精益运营体系创建为例,简要论述二级排水系统精益运营的架构。以精益理念优化调度控制,降低清淤成本的案例,简述精益运营产生的经济社会效益。

## 2 一级要求的明确

首先是梳理出一级要求。泵站的作用是将水由低水位提升至高水位,水闸是控制水由高水位流向低水位,泵闸水闸功能的发挥通过水位控制来实现,因此确定水位控制是一级要求。

### 2.1 水位KPI值

围场河水位控制在汛期、非汛期有着不同的要求,通过运用精益化的理念,设计水位KPI(关键绩

效指标KPI:Key Performance Indicator)值见表1,将月份、汛期、非汛期,不同的水位值定义,对应水位值需要采取的动作进行整合,经过数次修改,得出了下表。水位KPI值是浦东机场二级排水系统水位控制的依据,将实时水位控制目标定义为P(一级要求)。

### 2.2 运作机理

当P(一级要求)梳理完之后,开泵开闸具体的几种情况见表2。

## 3 流程管理

一级需求水位控制的实现,离不开流程管理的保障,本节从流程管理的概念、核心、设计创立等方面谈谈二级排水系统如何实现流程精益管理。

### 3.1 流程管理概念

流程管理由企业流程再造(Business Process Reengineering)演变而来<sup>[8]</sup>,是以规范化的形式构造端到端的业务流程为中心,以不断的提高组织业务产出为最终目的的系统化方法<sup>[9]</sup>。流程管理是指流程的分析、定义与重定义、质量以及效率测评、优化,资源的分配和时间的安排等的管理。流程管理最终目的是为了满足不同工作需求,因而当内外环境发生变化时流程需要不断优化。

### 3.2 流程管理核心

流程管理的核心是流程,是把输入转化为对工程具有价值的输出的活动。具体说就是为实现某些目的,以确定的方式或者进行一系列的活动,即可重复的步骤来达到预期的结果<sup>[10]</sup>。流程是所有工程运作的基础,业务需要流程来驱动,流程把相关的信息及数据依据一定的条件从一个人(部门)传送到其他人员(部门)得到对应的结果,然后再返回到相关的人(部门)。

### 3.3 流程设计创立

在精益运营管理中设立了台汛信息传递流程、开停机流程、故障处理流程等,在这里以台汛信息传递流程为例。

首先是该流程涵盖哪些单位、人员等因素,经过梳理该流程中涉及4个层级,分别是浦东新区气象台、保障部、项目经理、具体实施班组(实施班组又分为项目部应急抢修组、防汛一组、防汛二组),结合责任主体和范围责任,具体的动作、时间周期要求设计出以下流程图(图2)。图中以方框代表责任主体,四边形代表做出的选择判断,梯形为纸质记录。

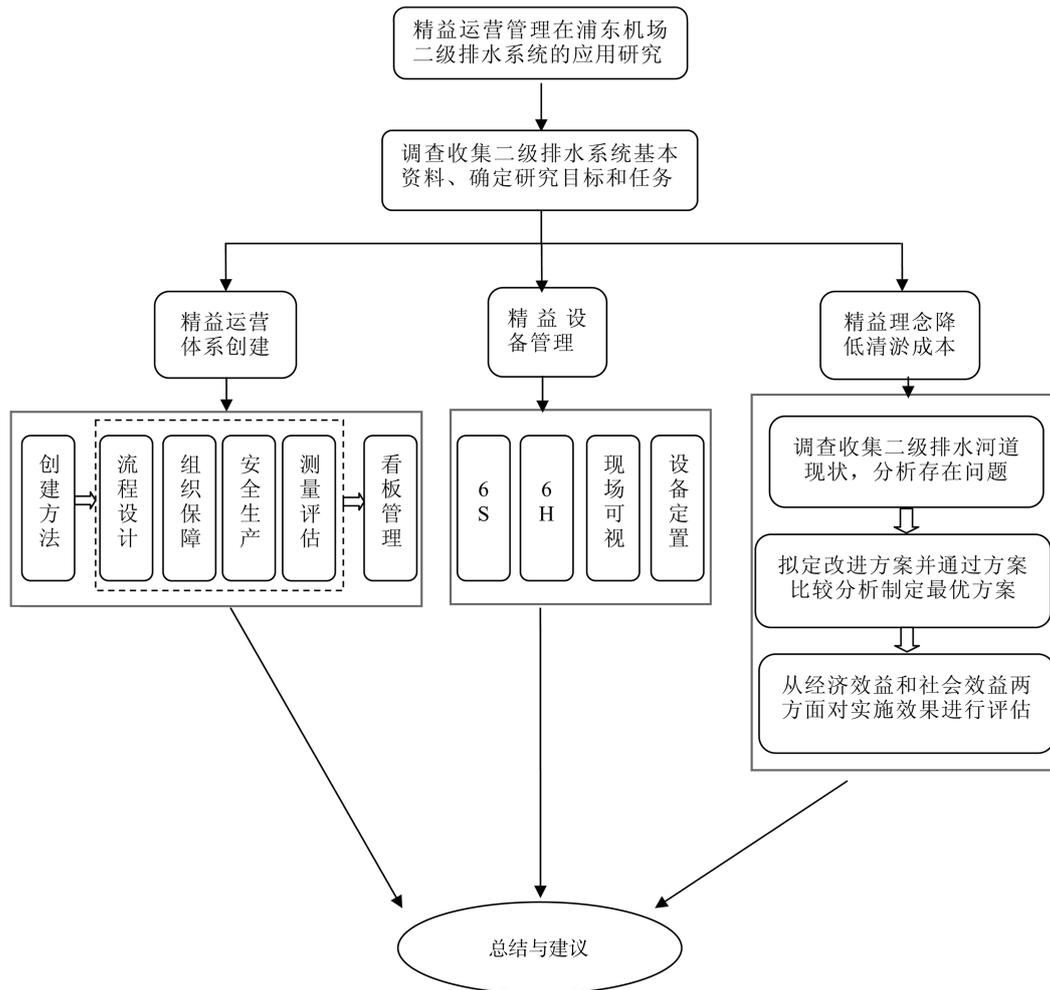


图1 技术路线

表1 水位 KPI 控制

月份	阶段	KPI 值	非汛期水位/m	汛期水位/m	描述定义	水位要求
1月		1.5	1.5	1.5	围场河最低水位(设计低水位)	通过节制闸引水,将水位抬高
2月			1.5~1.6		非汛期低水位警报	通过节制闸引水或观测水文气候情况,需强制将水位抬高
				1.5~1.6	围场河预警低水位	预警后在汛期来临前将水位降低(自流门或开泵)
3月	非汛期	1.6	1.6		低水位警报值	跑道沉降防止
					常水位	
4月				1.8~2.0	汛期常水位	加强水位监测,通过引排水合理控制,预警期间全机组待命
			2.1		情况报告,水位需提升	需提高水位
			2.35		全年理想保持水位	
			2.5		情况报告,水位需下降	

(续表1)

月份	阶段	KPI 值	非汛期水位/m	汛期水位/m	描述定义	水位要求
5月		2.0		2	常水位汇报值	当水位达到2 m即可汇报为常水位
6月				2.0~2.8	可接受水位	开自流门或开机强排,全机组待命
				2.35~2.8	常水位控制目标区间	合理引排水,控制水位
7月	汛期	2.8	2.8	≤2.8	可接受水位	开自流门或开机强排,全机组待命
					高水位预警值	发出预警信息,两个闸打开自流门或全负荷开机实施全力强排
8月		3.2		2.8~3.2	加强管理	
					高危水位预警值	发出预警信息,两个闸打开自流门或全负荷开机实施强排
9月		3.6		3.2~3.6	最高水位警戒值区	判断形势,向上级发出现场运行危险信号,并按要求落实撤离准备
					围场河警戒水位	
10月	非					
11月	汛期	5.8	5.8 外海		机场海平线高标	按上级要求完成撤离
12月	期					

表2 泵闸运作机理

A(围场河水位)	动作	B(外河水位)	动作
$A > P$	排水	$A < B$	开机排水
		$A \geq B$	开闸自排
$A = P$	日常换水引水冲淤	—	—
			节制闸引水 开闸自排
$A < P$	节制闸引水	—	—

精益运营所采用的流程图和通常采用的流程图有所不同,通过表格的形式增加了3个维度:一是最上方明确了各个流程对应的责任主体,数列对应该责任主体在流程中的所有工作;二是最左侧明确了流程所在的阶段,例如开机或开闸阶段,运行阶段和整改阶段等;三是最右侧明确了流程所需的时间,当该流程无法在规定时间内完成,上级管理单位或者负责人就应该介入,增加了对流程执行的时间考核。

当发现安全隐患后,不仅要采取应急措施,排除险情,更要从软件、硬件、组织管理各方面采取多种措施来避免同类型隐患的发生。以实例来简述

安全的应急措施、预防措施、警示措施等,并通过隐患统计曲线图来实现工程的长效安全管理。例如出海泵闸开闸时水流湍急,内外河如有木筏小船违规捕鱼,极易被冲翻造成人员伤亡事故。

#### 4 精益安全管控

安全是一切工作的前提和基础,精益生产追求7个零的目标,其中第7项就是零事故(表3)。

2014年9月13日20时,江镇河出海泵闸实施开闸自排,按规程对内外河进行了巡视,未发现人员与船只,使用监控摄像头复查内外河情况,发现内河有可疑光亮,工作人员立即再次对内河进行检

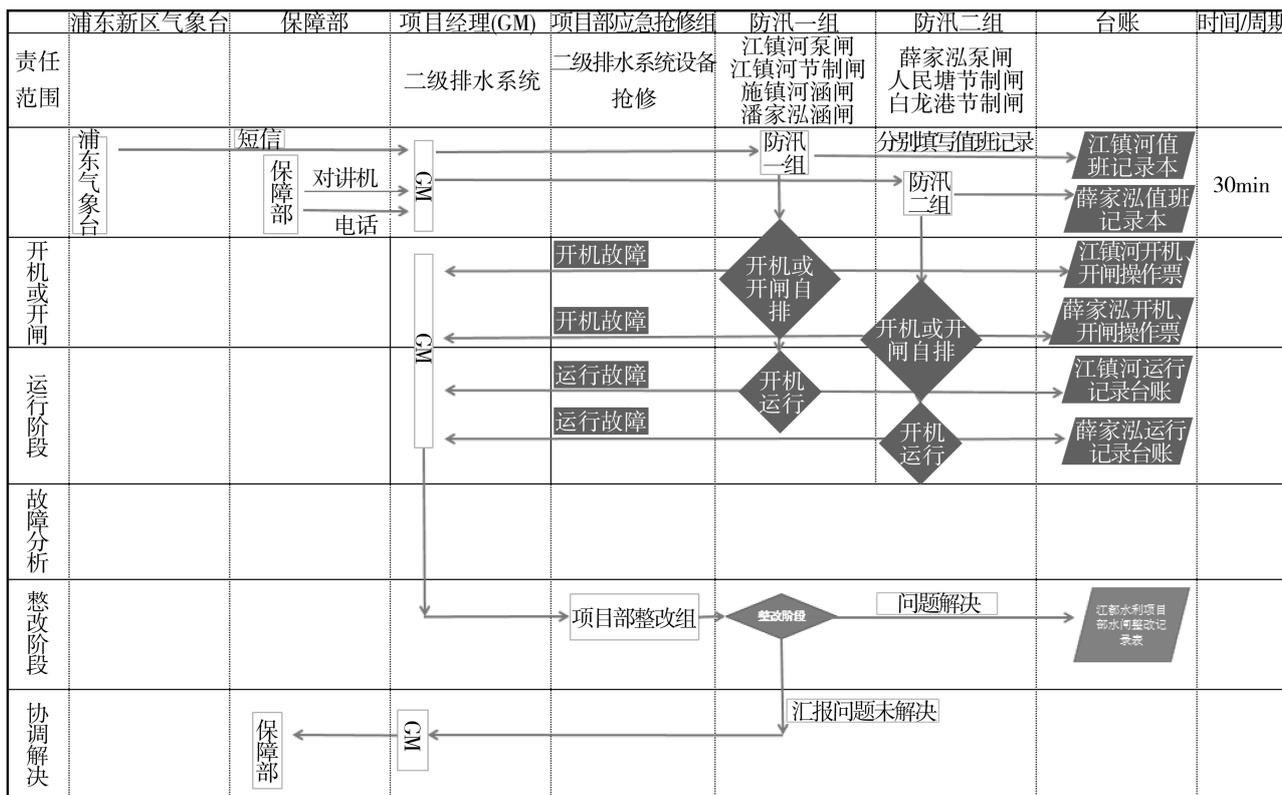


图2 台汛信息传递流程

表3 零事故指标

零目标	目的	现象	方法
零事故	安全保障	生产第一 忙于工作疲于奔命 忽视安全,事故频发 意识淡薄,人为事故多	消除不安全行为 消除不安全状态 消除管理上的缺陷 熟悉法规、完善制度 构建安全生产长效机制

查,最终在江镇河工作桥洞下方发现外来人员驾驶简易木筏拉网捕鱼。为此及时采取了以下措施:现场对该人员进行劝离、及时通过对讲机向上级单位汇报,并在河岸两侧树立警示牌,在翼墙刷安全宣传标语,在泵闸进水口 30 m 处设立 4 组警示浮筒,改造 21 盏投光灯增强河面灯光照明,同时增设 4 组高音喇叭。

针对该隐患的发生,组织管理方面也需要完善,对外来人员需要告知对方河道范围易发生人身安全事故,禁止捕鱼、钓鱼、电鱼、游泳、玩耍等,将本区域内存在的 10 kV 高压,380 V 低压危险等进行整合,制定来访人员告知单,对每位来访人员履行危险告知责任并签字确认。

与此同时,在项目部层面形成隐患统计分析,

详细记录隐患发现以及整改情况,能够实时处理隐患即刻组织人力物力给予解决,非第一时间能够处理隐患及时上报,并对不能解决的隐患实时监控,保障应急力量,确保不影响正常工程运行。

对投资费用高、工程量大、施工工期长的隐患,则需要结合每年的维修计划,分阶段逐步解决。以精益的理念,科学分析隐患的投资费用、工期等因素确定工作思路。

(1) 投资较大项目:分为两年处理,第一年检测、可研、设计,第二年施工。

(2) 未解决隐患:通过现场应急处理,在保障项目运行的基础上,寻求解决途径、时机。

针对发现的隐患作出处置计划:

2015年:经过排查和统计,2015年设备设施隐

患数量有26项,汛后组织人员力量解决8项。其余遗留问题综合考虑隐患迫切性以及经济性,计划逐步解决这些隐患。

2016年:结合维修计划,初步解决隐患9项。对于投资较大项目,先进行项目可行性研究,由检测单位对泵站水闸翼墙、护坡进行检测、出具检测报告,根据检测报告制定维修计划。对江镇河自动化系统进行设计,根据设计制定自动化系统改造项目。

2017年:完成二级排水系统翼墙护坡等项目维修、江镇河泵闸自动化系统改造实施。

2018年:计划对液压管路进行更新,对高低压柜更新进行可行性研究和方案设计。

通过不断的检查发现问题,并且有步骤、按计划地解决问题,从而真正提高项目管理水平。

## 5 看板管理分析

看板管理是把需要进行管理的对象,通过看板的形式展现出来,实现所管理的过程、内容可视化。

### 5.1 表现形式

看板管理是实现管理可视化的方式之一,通过对项目管理,对信息进行透明管理使得员工及管理层能够实时掌握相关数据信息。通过现场管理板采用图表的形式将管理流程、管理对象信息都可可视化,便于从现场员工到管理层都能够及时掌握相关管理状态,及时发现异常并采取相关措施。

### 5.2 实际运用

在二级排水系统项目中,根据管理的需要编制有项目部管理看板、主要人员管理板、仓库目视管理板、水闸目视管理板等。以项目部目视化管理看板(图3)为例,按照全面优化、简化、透明化的原则,对之前专业性强、内容复杂、不便使用的标准流程类体系文件进行了目视化导入,涵盖项目整体运作,实现了专业过滤,便于上级管理部门透明监控、工程运行人员全面执行。

有效的验证是看板管理纳入常态化管理的关键,也为完善业绩考核、探索可复制模型奠定了基础。通过对目视化看板的循环检验,固化看板管理的工作机制,对重大隐患问题进行异常分析、案例改善以及相应标准调整,增设了信息报送反馈等重要功能环节,达到了PDCA循环的要求,并促进了执行力的有效提升。

## 6 精益理念的实践应用

机场所有区域的雨水通过分流制的雨水管道

收集、雨水泵闸提升后排入围场河。由于围场河是一个独立的大水系,水流速度比较平缓,围场河水系犹如一个庞大的沉淀池,地表径流裹挟大量的泥沙沉淀在河床,淤结在泵闸闸口,影响到机场排水的安全性,不能满足围场河正常蓄水功能。

原先非汛期围场河每月引排水仅2次,发挥出保障围场河水质的作用。但薛家泓泵闸出海口越来越窄,大面积淤积,每年需要大量费用对内外河进行清淤。

河道淤积的处理方法除了定期清淤,还可以通过引水冲淤的方式来解决。相对于清淤所需的大量费用,增加引水冲淤频率所花费的闸门启闭的电力显然更加经济,更加符合精益的理念。

建立场区综合信息管理系统二级排水水位监测系统,实时显示各测点水位,将历史水位自动录入数据库,形成水位测点表,直观显示水位变化,从而具备了围场河全局试验的技术条件。

2015年,经过实践,不断积累数据,总结出可操作性的围场河引排水调蓄方法。根据数据测算,江镇河节制闸开0.1m,围场河水位24h升高约0.2m,也就是每12h升高0.1m;如同时操作江镇河、白龙港、人民塘3座节制闸闸门引水,围场河水位24h升高约0.5m,也就是每12h升高0.25m。根据潮汐表对江镇河泵闸开闸排水3h,围场河水位降低约0.1m;如协调江镇河、薛家泓2座出海泵闸闸门排水开闸4h,围场河水位降低约0.5m。考虑到节制闸引水与泵闸排水的实际情况,制定了每天3座节制闸引水12h,江镇河泵闸开闸排水3h,每3d协调江镇河、薛家泓2座出海泵闸排水开闸4h的围场河水位控制流程。

## 7 效果评估

### 7.1 社会效益

通过精益运营理念的全方位的实践应用,不仅保障二级排水系统的安全运行,提高了防汛管理水平,还解决了暴雨时机场道路、跑道积水和围场河水污染等一系列问题。同时通过引水提高围场河水质,保持了场区景观环境,为浦东机场的全面建设发展提供了保障。

### 7.2 经济效益

2013年及2014年江镇河和薛家泓泵闸等闸门淤结严重、内河水流迟缓,外河回淤排水不畅,在汛前有计划地组织清淤,平均每年年度预算费用245万元(实际费用约170万元)。2015年充分利

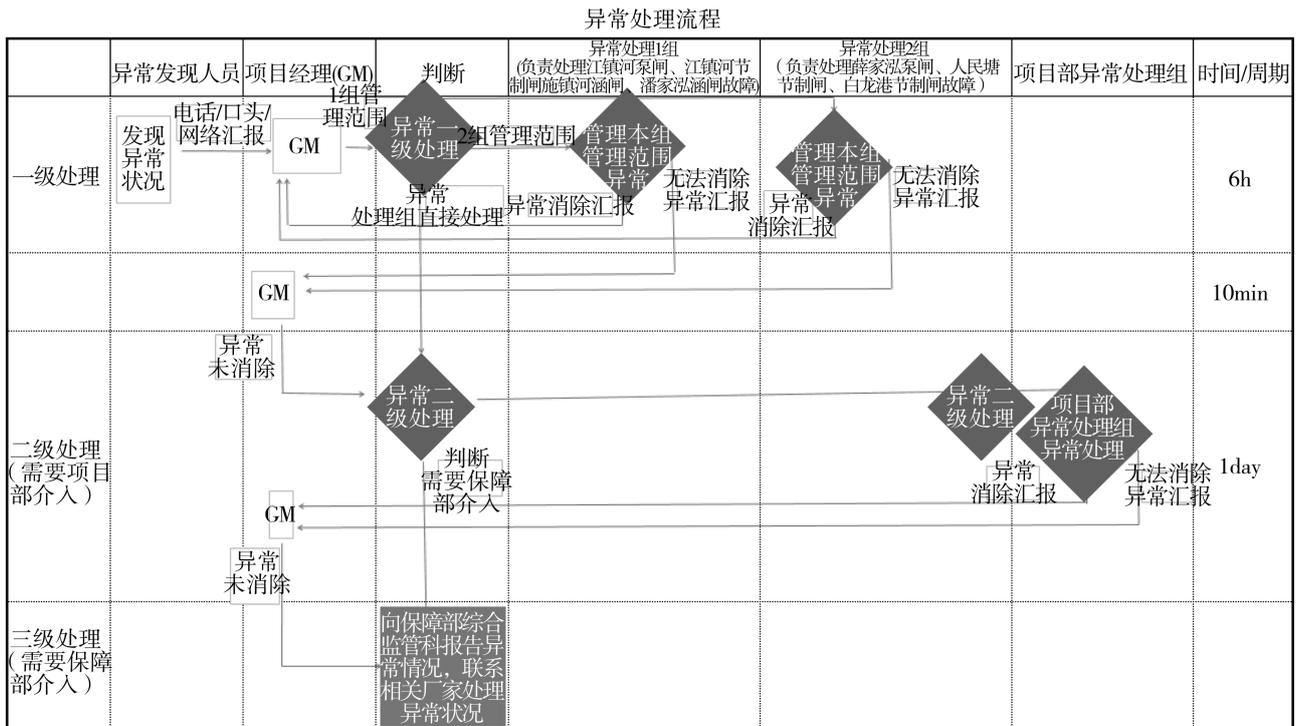


图 3 目视管理板异常处理流程

用 3 座节制闸按流程定期开闸引水作业,加快围场河水流速,不让泥沙停滞在河床,同时满足围场河水水位达到一定高度,在外海低潮位时 2 座泵闸开闸作业,冲刷外河流道,不让泥沙回淤,有效节约了清淤费用。2015 年清淤预算费用 162 万元(实际费用约 99 万元),有效节约费用 71 万元,环比节约资金 41.76%。经数次排摸勘查,6 月份进入主汛期引水冲淤效果较为明显,外河道冲淤后流道没有被回淤,围场河河床泥沙深度浅,闸口淤积情况较为稳定,未发现明显变化。2016 年清淤费用控制在 50 万元以内,5 年内二级排水可实行隔年清淤。2017 年二级排水扩建工程新建 1 个面积 1.5 km<sup>2</sup> 人工湖泊,新建薛家泓泵闸,围场河调蓄能力大幅提升,给引水冲淤效果留下了更广阔的空间。

精益运营在浦东机场二级排水系统的应用不仅对机场产生一定的社会效益、经济效益,也对水利行业创新管理理念的应用具备一定的参考价值。

#### 参考文献:

- [1] JAMES P, WOMACK, DANIEL T, et al. The machine that changed the world; the story of lean production[M]. New York: Harper Perennial, 1991.
- [2] 沃麦克. 改变世界的机器[M]. 北京:机械工业出版社, 2015.
- [3] OHNO T. Toyota production system, beyond large - scale production[M]. Cambridge Massachusetts: Productivity Press, 1978.
- [4] KOSKELA. Application of the new production philosophy to construction[R]. CIFE, Stanford University, 1992.
- [5] KOSKELA L. An exploration towards a production theory and its application to construction[M]. Helsinki: VTT Publications, 2000.
- [6] GLENN B. Lean project delivery system[R]. Arlington: Lean Construction Institute Research Agenda, 2006.
- [7] HO J C, CHANG Y L. An integrated MRP and JIT framework[J]. Computers and Industrial Engineering, 2001(4):173-185.
- [8] DAVENPORT T H. Process innovation - reengineering work through information technology[M]. Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- [9] 黄艾舟, 梅绍祖. 流程管理原理及卓越流程建模方法研究[J]. 工业工程与管理, 2003(2):46-50.
- [10] 李明子. 现代管理的新理念——流程管理[J]. 中华护理杂志, 2005(12):956-958.