



# 超大面积软基处理工程安全风险分析及防控

王杰<sup>1</sup>, 张志青<sup>2</sup>

(1. 中交天津航港湾建设工程有限公司, 天津 300450; 2. 中交天津航道局有限公司, 天津 300461)

**摘要:** 安全风险防控是项目安全管理的核心内容。根据超大面积真空预压围海造陆软基处理工程特点、施工工艺, 辨识施工过程中存在的危险源, 采用作业条件危险性评价法对各危险源进行分析评价, 并确定每个危险源的危险等级, 从而确定承载力较差区域作业人员行走、电源线接头处或破损处浸泡在水中、吹砂船遭遇季节大风袭击、插板机轨道基础不稳等4项重大安全风险, 并制定了相应的安全专项控制措施, 进行重点防控, 有效防范事故的发生。

**关键词:** 软基处理; 风险评价; 防控对策; 安全管理

中图分类号: U 655.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)09-0151-05

## Safety risk analysis and control measures of large-area soft foundation treatment project

WANG Jie<sup>1</sup>, ZHANG Zhi-qing<sup>2</sup>

(1. CCCC Tianhang Harbour Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China; 2. CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

**Abstract:** Safety risk control is the core content of project safety management. According to the characteristics and construction technology of large-area vacuum preloading engineering for soft foundation treatment of reclamation engineering, we identify the dangerous source existed in the construction process, analyze and evaluate the risk source with the LEC method, and determine the risk level of each risk source, so as to further determine the 4 major security risks: walking capacity of workers in poor areas, power line connection or breakage immersion in water, blowing sand ship encountering seasonal winds, insertion machine track foundation instability, etc. Developing special safety related control measures, and focusing on prevention and control, we prevent effectively the occurrence of the accident.

**Key words:** soft foundation treatment; risk assessment; prevention and control measures; safety management

随着社会经济发展, 围海造陆已成为发达沿海城市扩展陆域面积的主要手段, 且一次性达百万平米以上的围海造陆软基处理工程越来越多。该类工程现场工况条件差, 施工难度高, 施工人员多且安全素质差, 投入的施工船舶、机械设备多, 安全管理难度大, 风险性较高, 因此施工企业必须认真分析施工过程中存在的安全风险, 并进行有效防控, 尤其是要对重点环节、重要工序、重点区域进行重点管控, 以确保施工人员的安全和健康不受损害。

## 1 安全风险管理概述

### 1.1 风险和风险评价

风险是一个二位概念, 一般指某种事件发生和后果的不确定性, 应考虑以下两个方面<sup>[1]</sup>:

1) 受害程度和损失大小。有无风险在很大程度上决定于可能造成多大损失。2) 造成某种损失或损害的难易程度。损害发生的难易性一般是用某种损害发生的几率大小来描述。

考虑到上述两个方面, 可以用下面象征性的式子来表示风险:

收稿日期: 2013-02-21

作者简介: 王杰(1983—), 男, 国家注册安全工程师, 从事企业职业健康安全管理体系及港航工程项目安全管理工作。

$$\text{风险(Risk)} = \text{不可靠性(Uncertainty)} \times \text{损害(Damage)} \quad (1)$$

式(1)说明在没有“不可靠性(危险)”的地方就没有风险;从另一个角度来看,风险也可以用下面的式子来定义:

$$\text{风险(Risk)} = \frac{\text{危险源(Hazard)}}{\text{安全防护措施(Safeguards)}} \quad (2)$$

一方面,随着安全防护措施的增大,风险会减小;另一方面,只要危险源不为零,风险就客观存在。安全风险评价的过程就是动态过程,由此引出本质安全的概念,即危险源趋近于零的状态。

安全风险评价就是对系统中存在的安全因素进行定性或定量分析,通过与评价标准的比较得出系统的危险程度,提出改进措施。

### 1.2 安全风险管管理

企业安全风险管管理是指通过识别生产经营活动中存在的危险源,并运用定性或定量的统计分析方法确定其风险严重程度,进而确定风险控制的优先顺序和风险控制措施,以达到改善安全生产环境、减少和杜绝安全生产事故的目的。

### 1.3 作业条件危险性评价法原理

安全评价的方法较多。本文结合项目实际,选用作业条件危险性评价法(即 $D=LEC$ 法)<sup>[2]</sup>,该法是一种简单易行的半定量风险评价方法,危险程度的级别划分比较清楚、醒目。对于一个具有潜在危险性的作业条件, $K \cdot J \cdot \text{格雷厄姆}$ 和 $G \cdot F \cdot \text{金尼}$ 认为,影响危险性的主要因素有3个: $L$ 为发生事故的可能性大小; $E$ 为人体暴露在危险环境中的频繁程度; $C$ 为一旦发生事故会造成的损失后果;用以上3个因素指标值乘积 $D$ 的大小来评价作业条件危险性的大小,用公式表示即为:

$$D = LEC \quad (3)$$

$D$ 值大,说明该系统危险性大,需要增加安全措施,或改变发生事故的可能性,或减少人体暴露于危险环境中的频繁程度,或减轻事故损失,直至调整到允许范围。

3种因素的不同等级取值标准及和危险性大小的范围划分见表1,2。

表1 3种因素的不同等级取值

因素	分数值	事故发生的可能性
L	10	完全可能预料
	6	相当可能
	3	可能,但不经常
	1	可能性小,完全意外
	0.5	很不可能,可以设想
	0.2	极不可能
	0.1	实际不可能

因素	分数值	暴露于危险环境的频繁程度
E	10	连续暴露
	6	每天工作时间暴露
	3	每周1次暴露
	2	每月1次暴露
	1	每年几次暴露
	0.5	非常罕见地暴露

因素	分数值	发生事故产生的后果
C	100	大灾难,许多人死亡;或造成重大财产损失
	40	灾难,数人死亡;或造成很大财产损失
	15	非常严重,1人死亡;或造成一定的财产损失
	7	严重,重伤;或较小的财产损失
	3	重大,致残;或很小的财产损失
	1	引人注目,需要救护;不利于基本的安全要求

表2 危险等级划分(D)取值

分数值	危险程度	风险等级
>320	极其危险,要特别注意	5
160~320	高度危险,要高度注意	4
70~160	显著危险,要引起关注	3
20~70	一般危险,需要注意	2
<20	稍有危险,可以接受	1

## 2 围海造陆软基处理工程风险分析

### 2.1 示例工程工艺流程及风险特点

以天津南港工业区围海造地工程为例,该工程地基处理总面积为549.1万 $m^2$ ,共分191个小区,属吹填造陆后地基加固处理,泥面以下0~12 m范围内大部分为淤泥及淤泥质黏土,处于流塑-软塑状态,设计采用浅层抽水固结与深层直排式真空预压联合处理工艺<sup>[3]</sup>。工艺流程见图1和2。

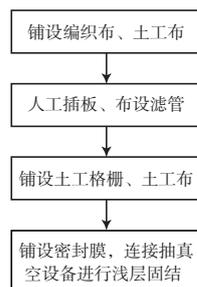


图1 浅层抽水固结处理工艺流程

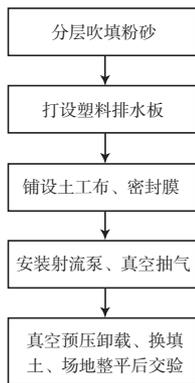


图2 深层真空预压处理工艺流程

该工程具有以下主要安全风险特点<sup>[4]</sup>:

1) 项目规模大, 如此大面积单项软基处理工程在国内罕有。施工人员多为民工, 安全素质较差, 施工高峰期, 现场施工人员多达2 000余人, 且流动性较大, 安全管理难度和发生事故的可能性较大。

2) 软基施工开始时, 需人工进场铺设编织布, 因现场积水较多、排水难、泥质稀软, 承载力较差, 易发生人员淹溺事故。

3) 投入机械设备较多, 深层排水板打设工序阶段, 需投入的钢轨式插板机就有400台, 插板机主架高度为20~30 m, 在插板机组装和施工期间, 易发生机械伤害事故、高空坠物及机械倾倒引发的物体打击事故。

4) 本工程中施工用电主要集中在排水板施工和抽真空期间, 统一使用工业用电。临时用电量

大, 总负荷达55 194 kW, 用电设备较多, 主要有5 492台真空射流泵、400台插板机, 施工环境复杂, 抽气排水施工时需水上架线, 做好现场用电安全管理, 防范触电事故是重点之一。

5) 用砂量大, 投入的吹砂船数量多, 目前从事吹砂作业的吹砂船多为货船、驳船、渔船等改造而成, 船舶简陋、船体老化, 船舶抗风能力差, 吹砂作业时如风浪过大, 尤其是遭遇不能及时预报的突风时, 空载或半载运砂船吃水浅, 船体受风面积大, 船舶操控困难, 无法和吹砂船离驳, 仅靠吹砂船防风锚抓力很容易走锚, 船员素质低, 应急经验不足, 容易发生碰撞、搁浅等船舶水上交通事故。

## 2.2 安全风险评价及控制措施

### 2.2.1 危险源辨识

根据工程特点, 运用作业条件危险性评价法对施工现场存在的危险源进行辨识评价, 辨识结果见表3。

### 2.2.2 重大安全风险及其控制措施

依据评价方法及职业健康安全管理体系统要求, 将 $D \geq 160$ 即风险等级 $\geq 4$ 的安全风险定为该项目的重大安全风险, 并制定安全专项控制措施, 进行重点防范(表4)。

## 3 结语

1) 作业条件危险性评价法的优点是简便, 可

表3 现场危险源

作业活动	危险源	危险情况	评价				风险等级
			L	E	C	D	
人工铺布作业	在泥质稀软、承载力较差的作业区域作业、行走	淹溺	3	6	15	270	4
	手持缝绉机作业时无防护或操作不当	机械伤害	1	6	1	6	1
高温作业	户外施工高温、高湿作业	中暑	3	6	1	18	1
临时用电作业	无接地接零、无漏电保护器、一闸多机	触电	3	3	15	135	3
	电源线破损漏电	触电	3	3	15	135	3
	带电作业防护缺陷	触电	3	3	15	135	3
	电线短路漏保故障	电气火灾	3	1	40	120	3
	配电间内潮湿环境作业	触电	3	1	15	45	2
	手持电动工具作业防护缺陷	触电	1	3	15	45	2
	电源线接头处或破损处浸泡在水中	触电	3	3	40	360	5

续表

作业活动	危险源	危险情况	评价				风险等级
			L	E	C	D	
交通船、吹砂船施工作业	未按规定配备消防设备、器材或失效, 损坏	火灾, 人员伤亡	1	3	40	120	3
	未按规定配备救生设备或失效、损坏等	淹溺	1	3	40	120	3
	水上作业未按规定穿戴救生衣	人员落水淹溺	1	6	15	90	3
	船舶雷达及导航设备 损坏或故障	船舶水上交通事故	1	3	40	120	3
	船员上下船时舷梯、跳板湿滑或未握住扶手	人员落水淹溺	3	3	15	135	3
	船舶甲板作业穿拖鞋	人身伤害	3	10	3	90	3
	船舶机舱等舱室照明灯具损坏或无防护罩	触电、火灾	1	6	15	90	3
	船舶机器设备传动装置无防护罩	机械伤害	1	6	15	90	3
	恶劣天气、能见度不良时上下船或航行作业	船舶水上交通事故	3	2	15	90	3
	交通船码头安全设施缺陷	人员落水淹溺	3	2	15	90	3
	遭遇季节大风袭击	船舶水上交通事故	3	2	40	240	4
	船壳板、甲板腐蚀或缺陷	船舶水上交通事故	1	3	40	120	3
	船舶舱室使用(明火)电炉	火灾、爆炸	3	1	40	120	3
	船舶厨房烹饪时操作不当	人身伤害、火灾	1	3	40	120	3
	管线组装或拆卸时操作不当	人身伤害	3	6	3	54	2
	冲沙泵操作不当或未穿戴绝缘手套、绝缘鞋	触电	3	3	15	135	3
吹砂作业高压水枪脱手、漏电	触电、机械伤害	3	3	15	135	3	
深层排水板打设作业	打板机组装时操作不当	机械伤害	3	3	7	63	2
	插板机轨道基础不稳, 机身摇晃、偏斜	机械伤害	6	6	7	252	4
	桩管内灌砂或碎石, 灌料斗掉落	物体打击	1	6	15	90	3
	未正确佩戴安全帽	物体打击	3	6	7	126	3
	大风环境下作业打板机倾倒	物体打击	3	2	15	90	3
挖掘机、装载机作业	机械故障、刹车失灵	机械伤害	3	3	15	135	3
	无证驾驶、超速行驶、无人指挥	机械伤害	3	3	15	135	3
	下挖工程未勘察或未采取防护措施挖断电缆	触电	1	3	15	45	2

表4 现场重大安全风险评价

作业活动	危险源	危险情况	控制措施
人工铺布作业	在泥质稀软、承载力较差的作业区域作业、行走	人员陷落溺水事故	1) 项目部制定专项控制措施, 每天开工前由班组长对工人进行安全教育, 统计人数, 收工后认真清点核对人数; 2) 软基区内作业应至少2人1组, 禁止单独行动, 按要求穿好救生衣并携带竹竿、绳索等救生工具; 3) 现场设立专职监护员, 一旦发生险情, 便立即组织人员施救。针对泥质稀软区域, 施工人员无法直接入区施工, 可利用强度大、耐久性好的苯乙烯泡沫板搭设“人工浮桥”, 现场人员可一字排开站在浮桥上铺设编织布和荆芭等, 可安全高效的推进工程进度; 4) 在施工现场设置危险源告知牌, 让现场工人了解工作环境存在的危险源及应急处置措施; 在危险作业区域设置安全警示牌和警示标志, 时刻提醒现场工人安全作业, 防范事故发生。
临时用电作业	电源线接头处或破损处浸泡在水中	触电	1) 按照JGJ46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》要求由专业技术人员编制临时用电组织设计, 经审核后由公司总工程师批准实施, 并严格按照组织设计实施; 2) 严格查验电工证件, 验证是否人机相符, 并登记造册, 动态管理人员台账, 严禁无证人员操作; 3) 在施工区内电器设备设置防雨棚和配置灭火器, 悬挂安全警示牌和安全操作规程, 并严格执行, 将软基施工区水上作业电缆全部进行架空, 进入用电区域作业的人员必须穿绝缘胶鞋; 4) 项目部安排专职电工对软基作业临时用电进行日常运行巡查, 对于现场违章行为或发现不符合标准的用电设备, 立即进行整改, 确保施工人员作业安全。

续表

作业活动	危险源	危险情况	控制措施
吹砂船施工作业	遭遇季节大风袭击	船舶水上交通事故	1) 工程开工前确定避风锚地, 由项目部组织工程和测量人员对避风路线、航程及防风区域范围、水深、回旋水域等进行查勘, 制定切实可行的船舶防风预案; 2) 严把检查进场船舶, 经检验合格后方可进场作业; 3) 密切关注气象, 定制专业气象信息并向施工船舶发布, 及时发布灾害性天气预警, 并到现场检查避风措施落实情况; 4) 定期组织各项预案的应急演练, 提高人员的应急反应能力和处置能力, 筑牢最后一道生命防线。
深层排水板打设作业	插板机轨道基础不稳, 机身摇晃、偏斜	人身伤害	1) 施工前认真开展有针对性的安全交底和安全教育, 进场或更换的作业人员必须经过项目部登记造册, 每天作业前, 必须对打板机进行安全检查; 2) 进入作业现场, 必须戴好安全帽, 严格执行操作规程作业; 3) 现场技术员作为兼职安全员进行区域监控, 日常强化对现场用电设施及插板机的监控检查遇强风等恶劣天气时, 应停止打板作业, 必要时放倒机架, 恶劣天气过后, 安排专人检查机架损坏情况, 及时排除隐患。

操作性强, 有利于掌握项目危险点的危险情况, 便于制定控制措施。缺点是“发生事故的可能性”(L)仅有定性概念, 没有定量标准, 评价实施时很可能受评价人员的工作经验、知识阅历等方面的因素影响取值。对此, 可在评价开始之前成立评价小组, 由小组成员分别对L进行赋值后取平均值, 以减少因人为因素带来的影响, 提高评价结果的准确性。

2) 从本质安全化的角度考虑, 应优先从优化施工工艺和施工方案的方面来考虑消除、替代或降低安全风险, 如针对“在泥质稀软、承载力较差的作业区域作业、行走易造成人员陷落溺水事故”这一重大安全风险, 可适当延长吹填土沉降、固化时间, 并加强排水强度, 待作业区域的水排空和具有一定承载力后再进行编织布铺设施工; 防范“插板机基础不稳, 机身摇晃、偏斜易造成人身伤害事故”这一重大安全风险的关键在于消除插板机安装及移动过程造成插板机不稳的因素。

3) 在制定控制措施时应遵从事故预防3E原则, 即从工程技术(Engineering)对策、教育(Education)对策、强制(Enforcement)对策3个

方面考虑, 且优先选用工程技术对策。防范“电源线接头处或破损处浸泡在水中易造成触电事故”这一重大安全风险的关键在于临水区域布线尽量选用整根电线或对接头处架空处理, 并且所有临电作业人员必须正确穿戴防护用品。

4) 避免吹砂船遭遇季节大风袭击, 重点在于“防”, 要本着“宁可防而不来, 不可来而无防”的原则进行, 结合施工水域潮汐、水流、水深及掩护条件, 合理选择避风锚地、避风时机和避风方式, 做到有备无患方能保平安。

#### 参考文献:

- [1] 张景林, 崔国璋. 安全系统工程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2002: 79-80.
- [2] 国家安监总局. 安全评价[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005: 543-545.
- [3] 中交天津航道局有限公司. 天津南港工业区港区航道、港池挖泥结合吹填造陆工程(B03路西侧造陆3区)施工组织设计[R]. 天津: 中交天津航道局有限公司, 2010.
- [4] GB 6441—1986 企业职工伤亡事故分类[S].

(本文编辑 郭雪珍)