

文章编号:1002-3682(2015)01-0055-09

基于数据库的钻井平台插桩就位预测系统设计^{*}与实现

王金明¹,李 春²,沈德新¹

(1. 中海油能源发展股份有限公司 工程技术分公司,天津 300457;

2. 中海油田服务股份有限公司,河北 廊坊 101149)

摘 要:为满足海上自升式钻井平台的合理选型,设计制作了钻井平台插桩就位预测系统。该系统实现了海底地质构造成分、周围管线电缆信息、就位处老桩靴印影响、对接生产平台结构布置等数据信息的统一管理,并结合钻井平台插桩就位的工作经验,将钻井平台选型及就位方案设计过程规范化、模型化。通过对数据库的不断完善和应用,完成钻井平台、生产平台、海底地质资料的存储、管理及应用。

关键词:数据库;自升式钻井平台;插桩就位预测

中图分类号: TE241

文献标识码: A

近年来,海洋石油的钻探开采有 80% 以上都是依靠自升式钻井平台来完成,钻井平台在进行钻井作业前,首先要进行插桩就位作业,以保证钻井平台在作业期间的稳定性。自升式钻井平台插桩就位时需要考虑到海底地质构造成分、周围管线电缆信息、就位处老桩靴印影响、对接生产平台结构布置等诸多因素,利用数据库来统一管理这些信息,能节省决策时间,节约成本。

SQL server 是微软公司推出的大型数据库管理系统,它有良好的关系模型基础,能够满足各种类型的数据库需求,具备易用性、可扩展性、可靠性等优点。本文采用 SQL Server 2008 作后台数据库^[1-2],在 windows 操作平台上实现了钻井平台插桩就位预测系统,通过对数据库的不断完善和更新,能完成钻井平台、生产平台、海底地质和管线电缆等资料的存储,并能完成钻井平台优选及钻井平台初步就位方案和抛锚方案设计。

1 系统概述

1.1 系统设计背景

数据库管理系统在钻井平台插桩就位设计过程中的运用是海洋石油钻探开采发展的

^{*} 收稿日期:2014-10-22

资助项目:中海石油(中国)有限公司天津分公司项目——钻(修)井船插桩就位预测分析系统

作者简介:王金明(1982-),工程师,硕士,主要从事钻井平台插桩就位设计方面研究。E-mail:wangjm4@cnooc.com.cn

(陈 靖 编辑)

必然趋势。钻井平台就位过程中,经常会遇到平台选型不合理(升船高度达不到作业要求)、桩靴滑移、桩腿刺穿、紧急情况下临时升船等风险。据统计:国际自升式平台插桩就位一次成功率约为80%;国内自升式平台插桩就位一次成功率约为70%;每年因插桩就位风险造成的直接经济损失高达数亿元,同时给海上作业安全和海洋环境保护带来了巨大挑战。因此有必要建立一个信息全面、能够对钻井平台就位进行技术支持作用的数据库系统。

1.2 系统设计目的

早期的海洋平台插桩就位大都是凭海上石油作业经验进行就位、插桩相关作业,国内真正开展相关研究较晚,并且没有进行系统地研究。钻井平台插桩就位数据库系统不仅能实现对井场资料、平台信息、管线电缆走向、桩靴印迹等重要数据的保存和管理,还能根据基础资料初步分析就位方案和数据,通过分析相邻井位或以前的插桩深度来判断新钻井平台的入泥深度,简化就位分析和计算过程,提高就位方案设计效率。

2 系统设计

2.1 系统结构

在钻井平台插桩就位数据库系统中涉及的实体主要有钻井平台和导管架平台两大部分。系统各实体元素之间的联系(全局 E-R)见图 1。

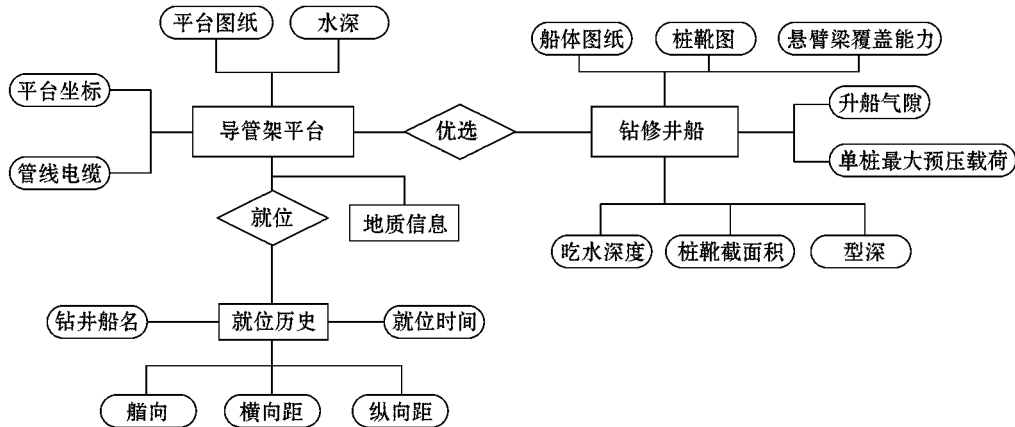


图 1 全局 E-R 图

Fig.1 An overall E-R chart

2.2 系统功能

钻井平台插桩就位预测系统有 3 大功能:数据存储功能、钻井平台优选功能和钻井平台就位及抛锚方案生成功能。系统主要存储钻井平台和导管架平台两大实体的所有与插桩就位相关的数据资料,数据查询界面如图 2 和图 3。钻井平台优选功能是根据钻井平台结构及作业能力数据,并结合导管架平台结构数据、管缆数据及插桩史等因素,评估优化出最适合作业的钻井平台。钻井平台就位及抛锚方案生成功能是在优选出合适的钻井平台之后,系统自动生成钻井平台正就位方案及抛锚方案,同时,系统在该处还可以切入

到 AUTO CAD 软件,从而进行方案的更精细化处理。优选及方案生成功能界面如图 6~图 9。

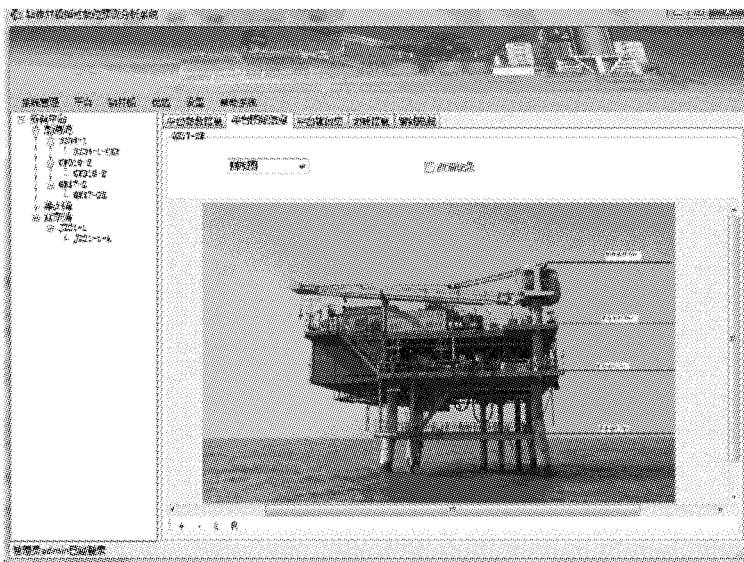


图 2 导管架平台信息界面

Fig. 2 The interface of jacket platform information

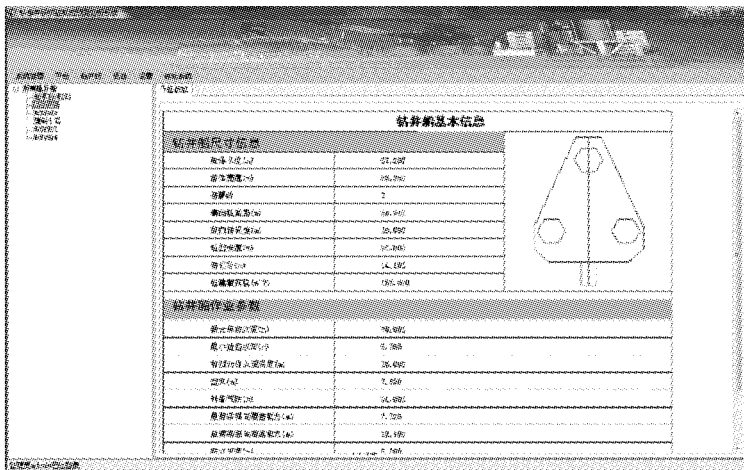


图 3 钻井平台信息界面

Fig. 3 The interface of drilling platform information

3 主要技术研究

3.1 插桩入泥深度预测分析

预测系统中植入了插桩入泥深度预测模块,该模块主要参考中国石油大学(北京)提出的人泥深度计算方法,计算公式^[3]如下:

$$Q \leq fA_s + qA_p - \alpha P_0 A_p' \quad (1)$$

式中, Q 为钻井平台桩腿最大压载量(kN); f 为钻井平台桩腿侧向摩擦力(N/m²); A_s 为桩腿侧向有效面积(m²); q 为海底土某深度的桩腿端承载力(N/m²); A_p 为桩靴面积(m²); α 为回填土系数(0.3~0.6); P_0 为上覆土体压力(N/m²); A_p' 为桩腿回填有效面积(m²)。

上述计算方法在渤海多个井位进行了验证,结果表明公式(1)比较符合实际情况。在进行公式(1)计算之前,要获得作业平台处不小于40 m的工程地质取样数据。

3.2 升船能力分析

考虑钻井平台桩腿结构、尺寸等特点,结合作业海域海底土承载能力,钻井平台升船能力分析公式^[4]如下:

$$\begin{cases} h_1 \leq H \\ h_1 + h_2 + h_3 + \delta \leq H' \end{cases} \quad (2)$$

式中, h_1 为钻井平台升船气隙(m); H 为钻井平台设计的最大升船气隙(m); h_2 为作业处水深(m); h_3 为钻井平台插桩深度(m); δ 为作业安全余量,一般取0.5~1.0 m; H' 为桩腿有效长度(m)。

钻井平台升船能力评价模型充分考虑了钻井平台在竖向的作业能力,保证钻井平台作业平面高于生产平台顶甲板。作业安全余量的考虑充分保证了在钻井作业过程中钻井平台与生产平台之间不会发生碰撞。

3.3 悬臂梁作业能力分析

基于钻井平台悬臂梁在水平面的横、纵两个方向上满足覆盖要求的基础上,根据钻井平台悬臂梁覆盖尺寸,结合生产平台结构尺寸和井槽分布,数据系统中进行了钻井平台正就位时的悬臂梁覆盖能力分析,确保作业过程中悬臂梁能覆盖住所有需作业的槽口。悬臂梁覆盖能力分析公式^[5]如下:

$$\begin{cases} m \times d_1 + \lambda \leq D_1 \\ n \times d_2 + \alpha + \beta \leq D_2 \end{cases} \quad (3)$$

式中, m 为槽口列数; d_1 为槽口列间距(m); λ 为横向覆盖安全余量(m); D_1 为悬臂梁横向覆盖范围(m); n 为槽口排数; d_2 为槽口排间距(m); α 为纵向覆盖安全余量(m); β 为钻井平台与生产平台最小安全作业距离(m); D_2 为悬臂梁纵向覆盖范围(m)。

在悬臂梁满足覆盖要求后,还需要分析悬臂梁纵向移动与钻台横向移动时,是否能与生产平台上的结构避让开。即要满足以下条件:

$$\begin{cases} L_{槽口} \text{到后方障碍物} \geq L_{转盘} \text{盘中心到钻台后边缘} \\ L_{槽口} \text{到左方障碍物} \geq L_{转盘} \text{盘中心到钻台左边缘} \\ L_{槽口} \text{到右方障碍物} \geq L_{转盘} \text{盘中心到钻台右边缘} \end{cases}$$

3.4 系统分析流程

本文将钻井平台优选分析流程进行简化,逐步缩小目标平台范围,由图4可见钻井平台优选分析流程:

- 1) 调取平台数据,对比作业需求,确认有作业时间窗口的平台;
- 2) 分析作业区块地质情况,按照平台升船能力,缩小待选钻井平台范围;
- 3) 根据作业导管架布置与待作业井位需求,评估待选平台悬臂梁覆盖能力;
- 4) 调查作业区块海底电缆、管线布置情况,按照平台抛锚安全的原则,按照抛锚方案进一步缩小待选钻井平台范围;
- 5) 综合考虑自升式钻井平台靠导管架作业的其他限制因素,如平台甲板障碍物高度等,计算钻井平台优选综合指数 UC :

$$UC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x_i) \quad (4)$$

式中, n 为待考虑限制因素 x_i 的个数; $f(x_i)$ 为待考虑限制因素 x_i 的函数。若 $UC \leq 1$, 则优选通过, 目标平台可在该导管架靠平台作业。

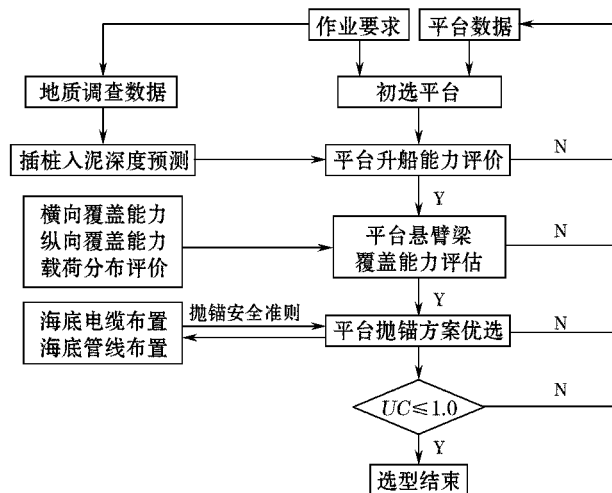


图 4 钻井平台优选分析流程

Fig. 4 Flow chart of drilling platform optimization analysis

4 数据系统功能的实现

以钻井平台海洋石油 28 * 在某导管架平台的插桩就位设计为例, 展示数据系统功能的实现。

- 1) 首先进行插桩深度预测(图 5);
- 2) 在树形列表中选择待选平台, 并选择待作业井口(图 6);
- 3) 选择待作业井口的同时会进行实时计算, 确定横向、纵向需要覆盖距离, 将数据传回, 进行钻井平台优选(图 7);
- 4) 优选完成后, 在优选出的钻井平台中选择有工期的钻井平台进行初步方案设计(图 8, 图 9)。

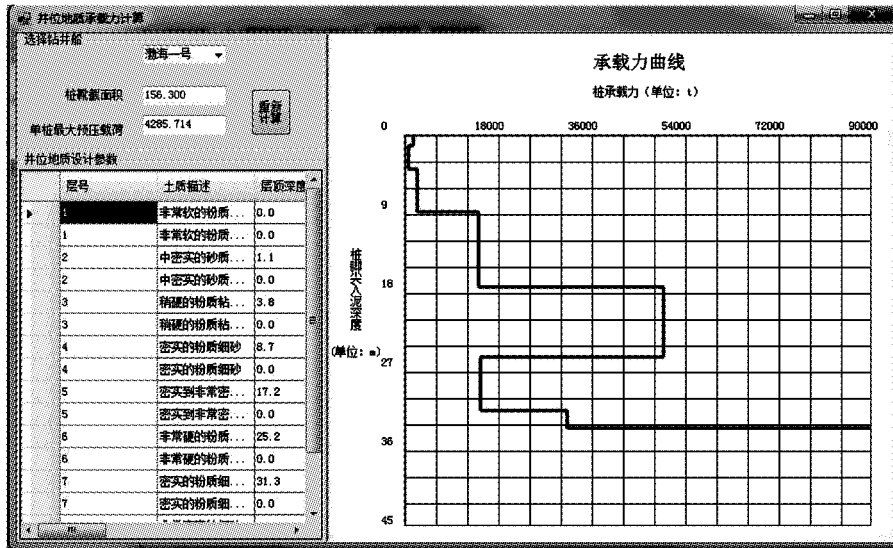


图 5 插桩深度计算曲线

Fig. 5 Calculation curve of the inserted pile penetration depth

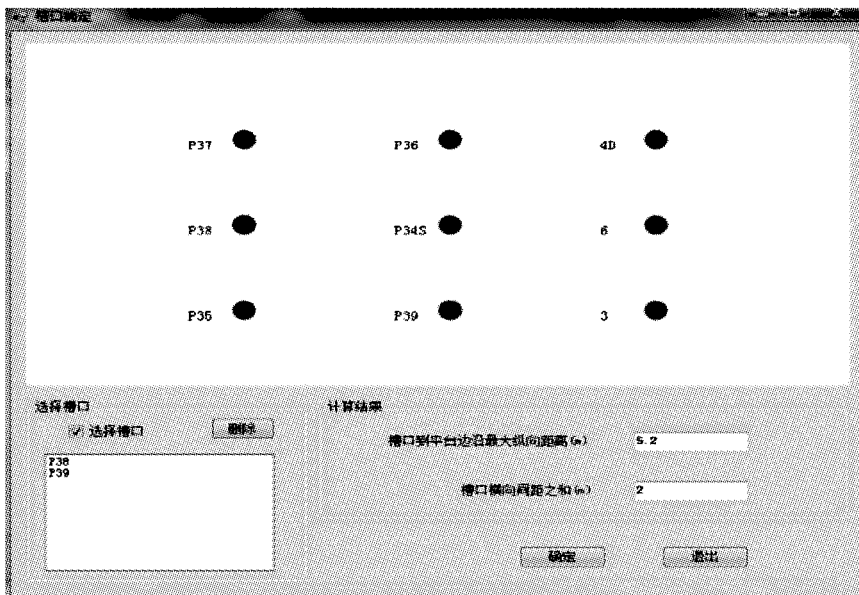


图 6 优选主界面图

Fig. 6 The main interface of optimization

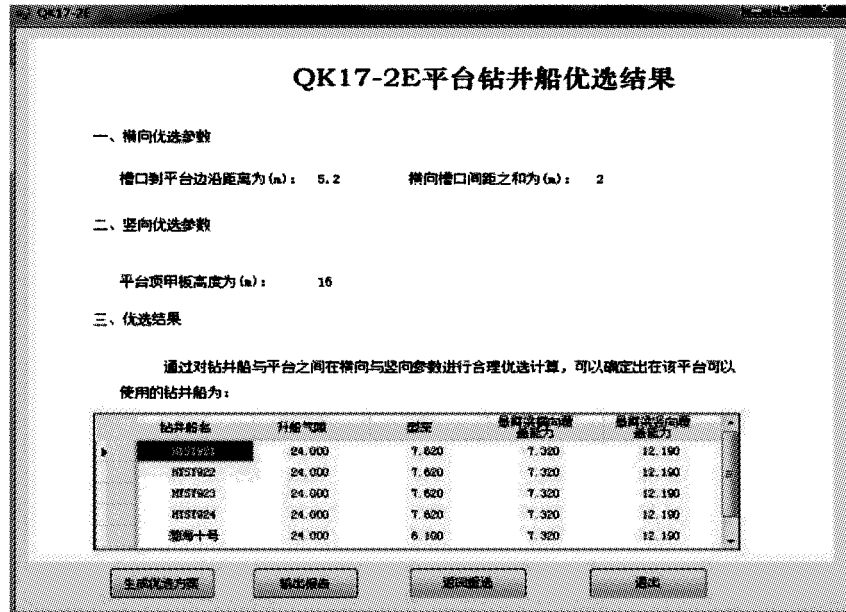


图 7 优选结果

Fig. 7 The results from the optimization

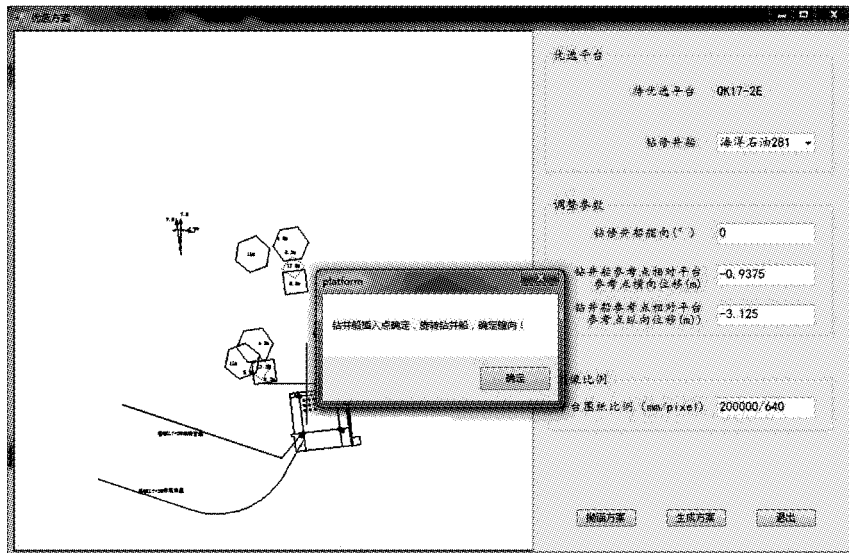


图 8 确定钻井平台艏向

Fig. 8 Determination of the drilling platform heading

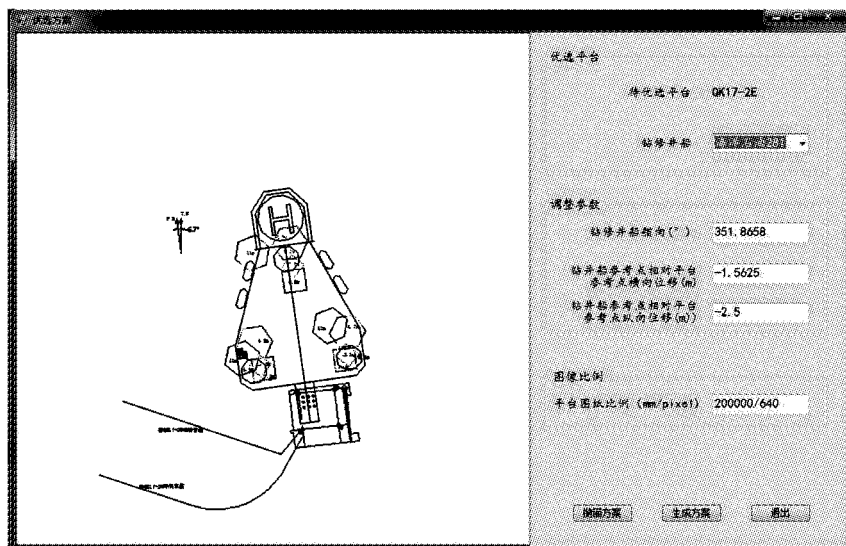


图9 生成就位方案

Fig. 9 Generation of the positioning scheme

通过系统插桩分析、优选可以得知:钻井平台海洋石油 28 * 满足在该导管架平台进行插桩就位作业,系统自动生成的就位方案对现场实际就位有指导意义。

5 结 论

“钻井平台插桩就位预测系统”是由导管架平台信息和钻井平台信息两大存储模块及钻井平台优选和就位初步方案生成两大使用模块共同组成的。该系统使得与钻井平台就位相关的所有数据实现了统一管理,节省了选择决策时间,提高了工作效率,节约了工作成本。此系统操作简单,应用市场及应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 赵杰,杨丽丽,陈雷. 数据库原理与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.
- [2] 高冬梅. SQL Server 2008 数据库程序设计[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [3] 姜伟,汪顺文,杨进. 自升式钻井平台插桩作业控制技术[M]. 北京:石油工业出版社,2012.
- [4] 宋林松,王建军,黎建波. 自升式平台井位适应性评估程序研究及应用[J]. 中国海上油气,2012, 24(3):66-69.
- [5] 迟愚,段德祥,王岩峰. 自升式悬臂梁钻井平台选型技术分析[J]. 石油机械,2011,39(10):136-140.

Design and Implementation of Drilling Platform Spud Can Position Prediction System Based on Database

WANG Jin-ming¹, LI Chun², SHEN De-xin¹

(1. *CNOOC EnerTech - Drilling & Production Co.*, Tianjin 300457, China;

2. *China Oilfield Services Ltd*, Langfang 101149, China)

Abstract: In order to meet the requirements of reasonable selection of offshore jack-up drilling platform, a drilling platform spud can position prediction system is designed and realized. This system realizes the unified management of seafloor geological structural components, information about the surrounding pipelines and cables, effects caused by the old pile shoe prints in the place and layout of the structure of docking production platform, and combined with years of working experience the standardization and the modeling are realized both in the selection of drilling platform and in the design of positioning scheme. By continuous improvement and application of the system, the effective data storage, management and application of the information about drilling platform, docking production platform and seafloor geology will be achieved.

Key words: database; jack-up drilling platform; spud can position prediction