

某天然气井场填方滑坡治理过程分析及效果评价

韩新强¹, 赵建平², 刘 文³

(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734; 2. 中国石油西南油气田分公司, 四川 成都 610051; 3. 中国石油西南油气田分公司川东北气矿, 四川 达州 635000)

摘要:某天然气井场坐落于一填方平台, 由于土体填方施工时未达固结, 致使该天然气井场 3 次发生滑坡灾害, 并 3 次进行治理。采用的治理方案依次为地面排水 + 注浆加固 + 抗滑桩、抗滑桩 + 挡土墙加固、微型组合抗滑桩。在阐述该天然气井场填方滑坡特点的基础上, 对治理工程及其效果进行了分析。

关键词:填方滑坡; 排水; 注浆加固; 抗滑桩; 微型组合抗滑桩

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2013)07-0029-04

Analysis on the Process of Fill Landslide Treatment in a Natural Gas Well Site and the Effect Evaluation/HAN Xin-qiang¹, ZHAO Jian-ping², LIU Wen³ (1. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. PetroChina Southwest Oil and Gas Field Company, Chengdu Sichuan 610051, China; 3. PetroChina Southwest Oil and Gas Field Company Northeast Sichuan Gas District, Dazhou Sichuan 635000, China)

Abstract: A gas well site is located in a fill platform, the landslide disaster occurred for 3 times, because the soil filling was not consolidated when the construction was started. The treatment solutions for 3 landslides were ground drainage + grouting reinforcement + anti-slide pile, the anti-slide pile + retaining wall reinforcement and micro combination anti-slide pile. Based on the characteristics of landslide in the natural gas well fill, the treatment engineering and the effects are analyzed, and the action effects of micro combination anti-slide pile technology used in this landslide treatment is especially analyzed.

Key words: fill landslide; drainage; grouting reinforcement; anti-slide pile; micro combination anti-slide pile

1 工程概况

某天然气井场位于四川省达州市龙会乡, 于 2004 年开始建设于天然凹形槽谷中, 场地平场由土体填方而成, 属抢建工程, 2005 年 3 月投入生产, 2005 年 7 月底因暴雨场地发生多次拉裂缝, 同年 8 月因大雨裂缝进一步加剧, 2006 年采取的治理措施为地面排水 + 注浆加固 + 抗滑桩; 2007 年 6 ~ 7 月因暴雨发生滑坡, 原防治工程出现变形破坏迹象, 采取的措施为抗滑桩 + 既有挡墙加固; 2009 年 6 ~ 7 月因暴雨该场地继续发生滑动, 导致前两次防治工程出现变形破坏迹象, 采取的主要措施为微型组合抗滑桩。经过对 2009 年防治工程的跟踪监测, 该场地未见继续滑动迹象与趋势。

2 滑坡特点

2.1 滑坡自然条件

场地属四川盆地东部中亚热带湿润气候区, 全年季风气候显著, 四季分明, 春早夏长秋短冬适中, 气候温暖, 雨量充沛, 分布不均, 年平均降雨量 1192

mm, 最大年降雨量达 1547.2 mm, 5 ~ 9 月降雨量占全年降雨总量的 80%, 其中 7 月降雨最多, 2 月降雨最少, 月最大降雨量 350 mm, 3 日最大降雨量 120 ~ 250 mm, 24 小时最大降雨量 > 90 mm。

2.2 滑坡地质环境条件

2.2.1 地形地貌

场地属构造剥蚀浅丘斜坡地貌, 海拔 380 ~ 450 m, 相对高差 40 ~ 60 m。龙会 3(5) 井场位于一倾向 SW82° 沟谷的后缘近丘顶位置, 井场北东侧为岩质切向坡, 南西侧发育一小型冲沟, 井场前缘为阶梯状斜坡地貌, 斜坡坡脚为 10° ~ 30°, 台阶高 0.5 ~ 2 m, 宽 3 ~ 10 m, 已成为较平整的稻田区, 其中废水池区域稻田受滑坡裂缝影响已无法耕种。场地总体地形东高西低。由于修建井场时平场回填, 目前井场整体地势平缓, 井场内高程为 483.00 m, 最高点位于井场东侧已建挡墙顶, 高程 489.00 m, 最低点位于井场东侧已建挡墙坡脚, 高程 477.00 m, 相对高差 12.00 m。

2.2.2 地层岩性

井场及周边区域出露分布于井场内的第四系全

收稿日期: 2013-06-15

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“滑坡应急治理微型组合抗滑桩技术试验研究”(1212011220170)

作者简介: 韩新强(1984-), 男(汉族), 江西上饶人, 中国地质科学院探矿工艺研究所, 地质工程专业, 硕士, 从事地质灾害防治技术方面的研究工作, 四川省成都市郫县现代工业港(北区)港华路 139 号, devotedhanran@163.com。

新统人工填土层(Q_4^{ml})、分布于井场前缘斜坡区域的残坡积层(Q_4^{el+dl})褐色粉质粘土及分布于井场南西侧小冲沟沟底与北西侧陡壁的侏罗系中统沙溪庙组(J_2s)紫红色青灰色砂质泥岩与砂岩不等厚互层,产状 $330^\circ \angle 16^\circ$ 。

2.2.3 地质构造

根据区域地质资料,井场区域构造上以褶皱为主,断裂不发育,地质构造较复杂。场地岩层呈单斜产出,且场地岩层中发育 2 组构造节理。

参照《中国地震烈度区划图[1999]》与《中国地震动参数区划图(GB 18306-2001)》,四川省达州市地震烈度小于 VI 度,本区地震动峰值加速度为 $0.05g$,地震动反应谱特征周期为 0.35 s 。区内无断裂通过,区域稳定性较好。

2.2.4 水文地质条件

地表水主要来源为大气降水,由于场地位于斜坡地段其停滞时间不长,常沿坡面从井场前缘排泄走。

场地地下水类型分为:第四系松散堆积层孔隙水和基岩裂隙水。受达州地区降雨量偏多影响,雨季地下水沿基岩顶面、裂隙及砂泥岩层面排泄时,不

利于斜坡岩土体稳定,水文地质条件较差。

2.2.5 人类活动

井场区域内人类工程活动主要为天然气井场修建,对地质环境有一定的影响。主要表现在井场修建阶段,由于较大范围的挖、填方和工程建设,改变了斜坡原始的地质环境条件,特别是在近坡顶位置的土体填方加载不利于下部斜坡的稳定。再者由于井场填土结构松散,固结时间不足,导致了固结过程中产生场地的沉降与变形。

2.3 滑坡特征形态

该滑坡主滑方向为 $S79^\circ E$ (如图 1、图 2),主轴长约 150 m ,宽约 $60 \sim 80\text{ m}$,滑体厚度约 $5 \sim 16\text{ m}$,滑坡面积约 12000 m^2 ,滑坡体约 $13 \times 10^4\text{ m}^3$,属中型滑坡,滑体土由人工填土和粉质粘土组成,目前



图 1 滑坡全貌图

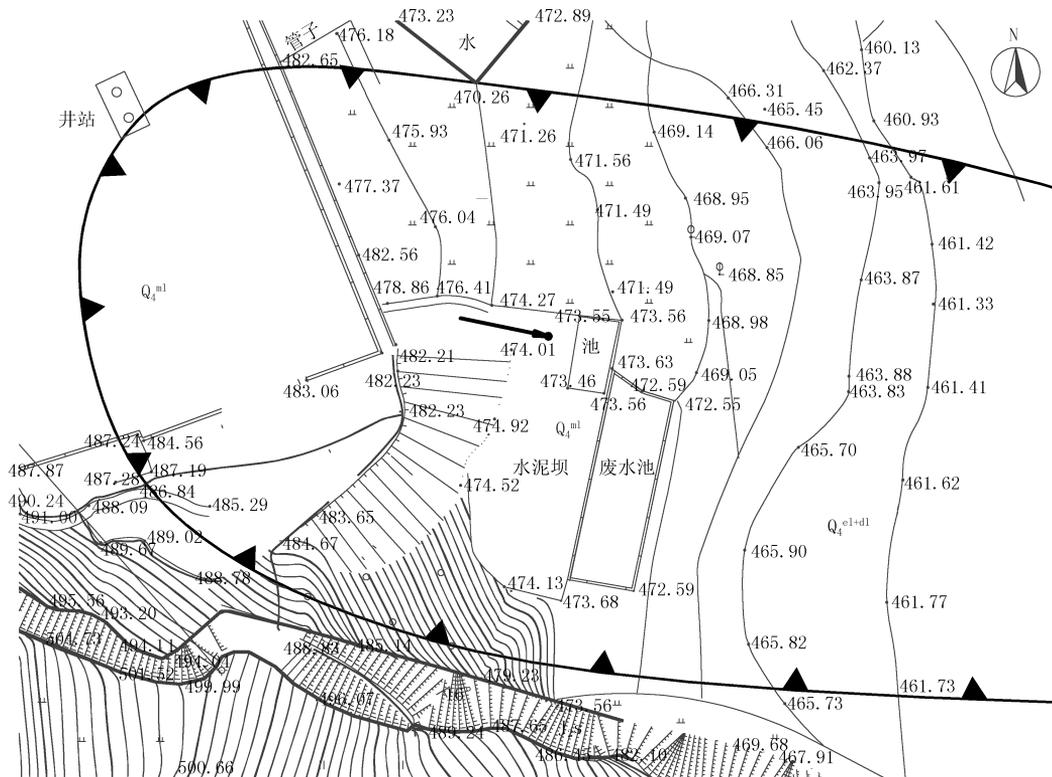


图 2 滑坡平面图

该滑坡变形破坏显示为滑坡后缘地面,井场内地表土多处发生拉张裂缝,井场前缘及西侧围墙、已建挡墙多处发生挤压、开裂变形迹象。裂缝及开裂长 5~10 m,可见深度 0.2~0.5 m,宽约 0.3 m。该滑坡处于蠕变变形阶段。

该滑坡位于一凹形槽谷中,地表堆积填土体较厚,雨季时大量地表水入渗软化下部粘性土,降低其粘聚力及抗剪力,降低了土体的力学指标,并增加了土体自重。钻孔揭示土层厚达 6~16 m 处在土层与

基岩接触面上夹有一软弱层,其层厚 0.2~1.0 m,成分为软塑状的粉质粘土,在遭遇持续的强降雨作用,在土体自重压力作用下,土体沿软弱层面向下滑动形成了该土质滑坡。

3 历次治理方案比较分析

针对该滑坡的特点和治理效果,前后共经历 3 次工程治理(如图 3),分述如下。

3.1 第一次治理——地面排水+注浆加固+抗滑桩

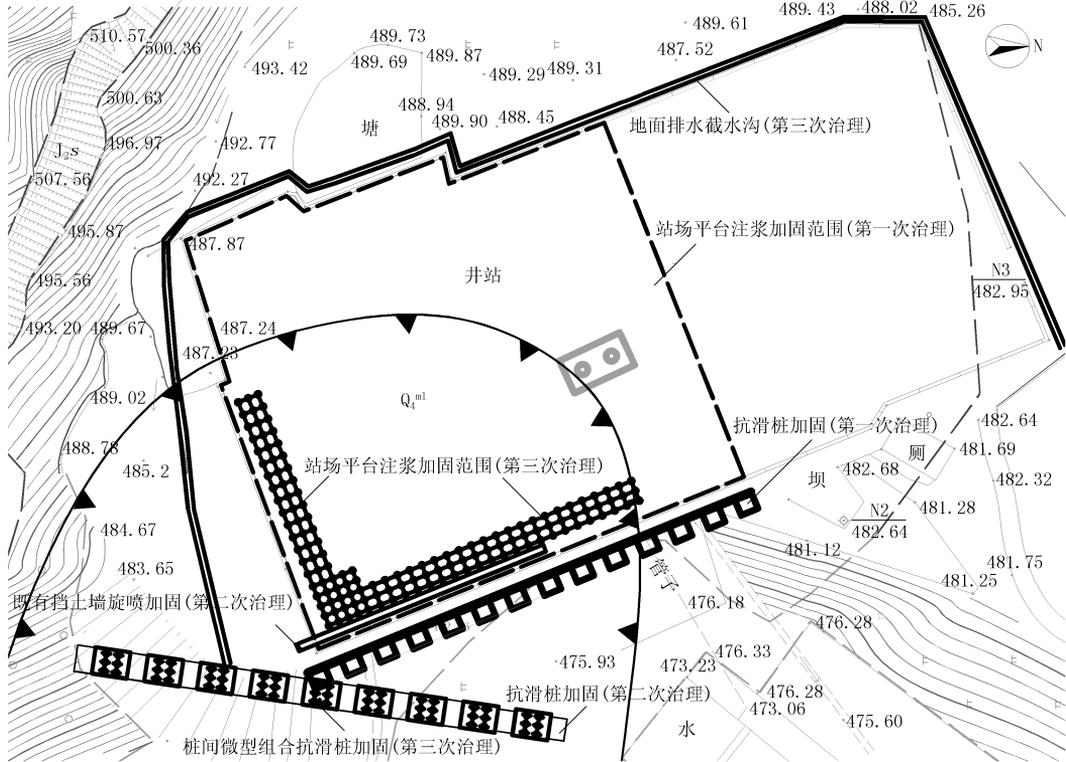


图 3 滑坡历次治理工程平面布置图

3.1.1 地面排水

主要在该井场西侧、北西侧及南西侧修建截水沟,截水沟采用 M7.5 水泥砂浆砌筑 MU30 片石,采用 M7.5 砂浆勾缝。沟底宽 0.4 m,底厚 0.25 m;两侧厚 0.25 m,两侧高 0.4 m。

3.1.2 注浆加固

注浆加固主要设计在进场范围的南侧,注浆范围长 50 m,宽 50 m。注浆孔采用梅花形布置,水平间距为 2 m,单孔注浆深度进入稳定基岩 0.5 m。注浆液为 M30 水泥砂浆。

3.1.3 抗滑桩

抗滑桩设置在井场南东侧围墙外既有重力式挡土墙处,共 14 根抗滑桩,桩径为 0.5 m×0.5 m,桩间距为 4 m。各桩桩长分别为:1 号 12.5 m、2 号 13 m、3 号 13.5 m、4 号 14 m、5 号 14.5 m、6 号 15 m、7

号 15.5 m、8 号 16 m、9 号 17 m、10 号 17.5 m、11 号 18 m、12 号 19 m、13 号 19.5 m 及 14 号 20 m。单桩进入稳定基岩以下 5 m。桩身采用 C30 钢筋混凝土,锁口、护壁采用 C15 钢筋混凝土。

3.2 第二次治理——抗滑桩+既有挡墙加固

根据对滑坡推力的计算,在井场东侧设置抗滑桩 10 根,在原有 7 号桩与 14 号桩之间新建挡土墙对既有挡土墙进行加固处理、在原既有 7 号桩与 14 号桩间挡土墙墙背采用旋喷桩加固。

(1)10 根抗滑桩,间距为 6 m,抗滑桩桩身采用 C30 钢筋混凝土结构。锁口、护壁采用 C15 钢筋混凝土。其中 I 桩桩长 15 m,桩截面为 1.75 m×2.5 m;II 桩桩长 16 m,桩截面为 1.75 m×2.5 m;III 桩桩长 18 m,桩截面为 2 m×2.75 m;IV、X 桩桩长 19 m,桩截面为 2 m×2.75 m;V、VI、VII、VIII 桩桩长

26.5 m, 桩截面为 2 m × 3 m; IX 桩桩长 23 m, 桩截面为 2 m × 2.75 m。

(2) 原既有 7 号桩与 14 号桩间新建对既有挡土墙进行加固, 加固脚墙墙身采用 C15 片石混凝土砌筑, 加固脚墙墙背与既有挡土墙间用 C15 片石混凝土补缺; 加固脚墙墙身高出地面部分, 每隔 2 ~ 3 m 上下左右交错设置 10 cm × 10 cm 泄水孔, 墙背设置 0.3 m 厚的砂卵石反滤层, 加固脚墙嵌入原土层深度 ≤ 0.5 m。

(3) 原既有 7 号桩与 14 号桩间挡土墙墙顶背后 1.5 ~ 4.098 m 范围内采用 $\varnothing 0.6$ m 旋喷桩加固, 旋喷桩采用等边三角形布置, 共设 4 排, 旋喷桩打入下伏基岩内 0.5 m, 桩间距为 1.0 m。

3.3 第三次治理——微型组合抗滑桩

(1) 根据滑坡推力增加值分井场平台与下侧抗滑桩桩间土两级支挡, 共设置 6 排微型组合抗滑桩, 根据每根桩组合承载体承担的滑坡推力, 计算选用微型组合抗滑桩结构参数及布置形式如下。

① 结构参数: 钻孔直径 150 mm, 桩身嵌入中风化基岩不小于 5 m, 桩内放置 $\varnothing 108$ mm × 6 mm 无缝钢管, 灌注材料采用 M30 水泥砂浆。

② 布置形式: 井场平台微型组合抗滑桩采用排列式布置, 排距 1.5 m, 列距 1.2 m; 井场外侧现有抗滑桩每处桩间土设置 2 列共 6 根微型组合抗滑桩。

(2) 桩顶联系梁。井场平台小口径钢管灌注桩桩顶联系梁横梁截面尺寸 500 mm × 400 mm, 纵梁截面尺寸 400 mm × 400 mm, 伸入联系梁中的钢管与主筋焊接。

(3) 桩顶承台及桩间挡墙井场外现有抗滑桩间微型组合抗滑桩顶承台厚度 0.4 m, 承台以上 M10 浆砌块石挡墙顶宽 0.8 ~ 1 m。

3.4 该滑坡治理工程评价及效果分析

该滑坡于 2005 年 7 月底因暴雨发生滑动, 第一次针对该滑坡基于排水、滑体加固及增加抗滑力的治理思路采取地面排水 + 注浆加固 + 抗滑桩的综合治理措施, 具有较强的针对性, 但抗滑桩群走向与井场长边围墙走向平行, 与滑坡主滑方向并非垂直, 致使抗滑桩未能有效发挥抗滑作用, 且井场平台的注浆加固致使地表水自滑体后缘(井场后侧)入渗, 且注浆管群阻碍了地下水的排泄, 土体自重加大。致使此次滑坡治理工程在持续强降雨情况下(2007 年 7 月特大暴雨)一定程度的损坏, 井场平台继续发生滑动。

2007 年特大暴雨, 第一次滑坡治理工程发生损

坏, 井场平台发生滑动。因此第二次针对该滑坡基于现有工程加固的原则对原既有重力式挡土墙进行加固, 并在井场南西侧与滑坡主滑方向垂直方向增设一排抗滑桩的综合措施。但由于抗滑桩群间距过大, 未能形成土拱效应, 致使在持续强降雨情况下(2009 年 6 ~ 7 月持续暴雨), 桩间土发生垮塌, 井场平台仍有继续滑动趋势。

2009 年持续暴雨, 抗滑桩群桩间土发生垮塌, 井场平台有继续滑动趋势, 因此针对该滑坡基于现状在井场南西侧滑坡中后部增设微型组合抗滑桩, 并在第二次治理工程中的抗滑桩群之间增设微型组合抗滑桩。根据对井场内增设的微型组合抗滑桩的应力和滑体位移进行长期跟踪监测, 至 2012 年年底该滑坡体宏观上未见新增裂缝及土体破坏迹象, 且监测数据显示微型组合抗滑桩应力和滑体位移在工程施工完成后初期有增大趋势, 但之后的时间内监测数据趋于稳定, 本次治理工程取得良好的效果。

4 结论

通过对该天然气井场填方滑坡的治理过程及治理效果进行分析及评价, 得出如下结论:

(1) 微型组合抗滑桩在该滑坡治理中发挥了重要作用, 通过桩群之间相互作用不仅加大滑体抗滑力, 并对未完全固结的填土起到挤密作用, 促进了该填方滑坡的稳定;

(2) 微型组合抗滑桩虽对该填方滑坡达到稳定效果, 但该技术在该滑坡治理中并非独立系统, 而是与其他治理工程(如: 抗滑桩、挡土墙、截排水沟等)共同作为滑坡治理工程系统;

(3) 微型组合抗滑桩技术具有施工方便、施工周期短、快速发挥抗滑功效等特点, 在滑坡应急治理中具有明显的技术优势, 该技术的推广应用将促进我国滑坡防治工程技术的发展进步。

参考文献:

- [1] 刘凯, 刘小丽, 苏媛媛. 微型抗滑桩的应用发展研究现状[J]. 岩土力学, 2008, 28(S1): 676 - 679.
- [2] 刘卫民, 赵冬, 蔡庆娥. 微型桩挡墙在滑坡治理工程中的应用[J]. 岩土工程界, 2007, 10(2): 54 - 56.
- [3] 丁光文, 王新. 微型桩复合结构在滑坡整治中的应用[J]. 岩土工程技术, 2004, 18(1): 47 - 50.
- [4] 陈喜昌, 石胜伟. 小口径钻孔组合桩的理论研究与应用前景[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(3): 82 - 85.
- [5] 冯君, 周德培, 江南, 等. 微型桩体系加固顺层岩质边坡的内力计算模式[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(2): 284 - 288.
- [6] 周德培, 王唤龙, 孙宏伟. 微型桩组合抗滑结构及其设计理论[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(7): 1353 - 1362.