

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาของระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติย่อย



นายโกญจา สนิทนราทร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-953-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017748 117256963

ANALYSIS OF MAINTENANCE EXPENSE IN NATURAL GAS SUB - PIPELINE SYSTEM



Mr. Koncha Sanitnarathorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-578-953-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่อการบำรุงรักษาของระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติอ้อย

โดย

นายโกฏจ่า สนิทนราทร

ภาควิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุกส์ัน รัตนเกือกังวาน



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นหน่วยงาน
ของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

Mr. Ratan

..... คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ดาวย วัชรภักย์)

จรรยา รัตนเกือกังวาน

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จรรยา รัตนเกือกังวาน)

Prof. Suksan

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุกส์ัน รัตนเกือกังวาน)

Mr. Van

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย วิจิรวินิช)

Watsana Onnongkarn

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พงศ์สำนัต อภิชาติเกียรติ)

โกญจา สนิทราทร : การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาของระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ
ย่อย (ANALYSIS OF MAINTENANCE EXPENSE IN NATURAL GAS SUB-PIPELINE
SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.สุทัศน์ รัตนเกอังกวาน, 212 หน้า. ISBN 974-578-953-4

การลงทุนก่อสร้างระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติต้องใช้เงินทุนสูง และท่อส่งก๊าซจะต้องถูกใช้งานไป
อย่างน้อย 20 ปี ท่อส่งก๊าซธรรมชาติถูกฝังอยู่ในดินตลอดเวลา ซึ่งถ้าปล่อยทิ้งไว้โดยไม่บำรุงรักษาจะเกิด
การผุกร่อนทำลายความเสียหายกับท่อได้ ดังนั้นจึงต้องป้องกันโดยการเคลือบผิวท่อและทำระบบคาโทดิก ป้อง
กันการผุกร่อน และจำเป็นต้องมีการควบคุมตรวจตราพื้นที่ตลอดเวลาเพื่อมิให้มีบุคคลใดหรือเหตุการณ์ใด ทำ
ให้เกิดความเสียหายขึ้นกับท่อ แต่เมื่อใดท่อเกิดเสียหายก็จำเป็นต้องซ่อมแซม จุดที่เกิดความเสียหายนั้น ๆ
ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาจึงแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ ค่าใช้จ่ายเพื่อการป้องกัน ค่าใช้จ่ายควบคุม
ตรวจตรา และค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม

จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ พบว่า ค่าใช้จ่ายการซ่อม
บำรุงรักษาที่เกิดขึ้นแน่นอน จะมีค่าประมาณปีละ 3.03% ของมูลค่าการลงทุนท่อ ใน 3.03% นี้ จะเป็นค่า
ใช้จ่ายเพื่อการป้องกัน ประมาณปีละ 2.53% ของมูลค่าการลงทุนท่อ เป็นค่าใช้จ่ายควบคุมตรวจตราปีละ
0.50% ของมูลค่าการลงทุนท่อ สำหรับค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม จากการศึกษพบว่า จะขึ้นอยู่กับปัจจัย
ต่าง ๆ ดังนี้ 1. การทรุดตัวของดิน 2. การถมดินเหนือบริเวณที่ท่ออยู่และการจราจร 3. ความหนา
แน่นของประชากร 4. การก่อสร้างในบริเวณที่ท่อก๊าซฝังอยู่

ศูนย์วิทยุโทรคมนาคม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม.....
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม.....
ปีการศึกษา2533.....

ลายมือชื่อนิติกร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

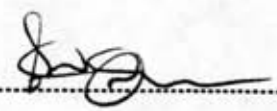
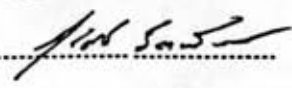
KONCHA SANITNARATHORN : ANALYSIS OF MAINTENANCE EXPENSE IN NATURAL GAS SUB-PIPELINE SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. SUTHAS RATANAKUAKANG-WAN, 212 PP. ISBN 974-578-953-4

The investment of natural gas pipeline system is very expensive and must be used at least 20 years. Natural gas pipeline is always buried under the ground. So if we operate it without maintenance, pipeline will be corroded and get damage. Thus, it's necessary to protect it by pipeline coating and installing cathodic protection system. And, also, it's necessary to patrol along the pipeline's route so as to prevent it from any persons or incidents which will cause damage to the pipeline. But if any pipeline's damage occurred, it needs repairing. So, maintenance expense can classify into 3 categories as, preventive expense, patrolling expense and repairing expense.

From the analysis of maintenance expense in natural gas sub-pipeline system, certain maintenance expense per annum was about 3.03% of pipeline's investment. In the 3.03% are preventive expense, 2.53% of pipeline's investment, and patrolling expense, 0.50% of pipeline's investment. For repairing expense, it was found that expense depend on the following factors; these are : 1. soil settlement 2. depth of soil cover and traffic 3. population density 4. construction nearby pipeline route

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม

กิตติกรรมประกาศ



ในการศึกษา การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สักศน์ รัตนเกือกังวาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า ช่วยเหลือแนะนำควบคุมแนวทางการศึกษา ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

การทำวิทยานิพนธ์นี้ผู้เขียนได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจาก การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย โดยเฉพาะ คุณอภิสิทธิ์ รุจิเกียรติกำจร ผู้อำนวยการฝ่ายปฏิบัติการระบบท่อส่งก๊าซ นาสสวนันท์ ชาคือคมพันธ์ รองผู้อำนวยการฝ่ายปฏิบัติการระบบท่อส่งก๊าซ นาสพัธชาติ จารจินดา รองผู้อำนวยการฝ่ายบริการเทคนิคก๊าซธรรมชาติ นาสอำนาจ ลายไม้ หัวหน้ากองปฏิบัติการระบบท่อเขต 1 และ นายศุภโชค เลี่ยมแก้ว หัวหน้ากองปฏิบัติการระบบท่อเขต 3

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ จรุง มหิตชาฟองกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สักศน์ รัตนเกือกังวาน รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วิจิรวินิช และอาจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ อภิชาติเกียรติ กรรมการสอบ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีความเรียบร้อยสมบูรณ์

ท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ และขอบคุณท่านที่มีได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งได้ให้ข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อันอำนวยการศึกษา และให้ความช่วยเหลือทั้ง กำลังกายและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายโกฤษา สนิทราทร
มีนาคม 2534



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 ระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย.....	4
บทที่ 3 การผุกร่อนของโลหะและการป้องกัน.....	13
บทที่ 4 การเคลือบผิวท่อ.....	32
บทที่ 5 ระบบป้องกันการผุกร่อนคาโอดลิก.....	40
บทที่ 6 การตรวจสอบภายในท่อ.....	86
บทที่ 7 การซ่อมแซมท่อที่เสียหาย.....	94
บทที่ 8 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาท่อส่งก๊าซธรรมชาติ.....	107
บทที่ 9 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติ.....	148
บทที่ 10 กรณีศึกษาและสรุปผลพร้อมข้อเสนอแนะ.....	175
บรรณานุกรม.....	186
ผนวก ก ข้อกำหนดของ Polyethylene Coating.....	189
ผนวก ข ทฤษฎีเกี่ยวกับกำลังท่อก๊าซ.....	192
ผนวก ค การหา Stress ของท่อเนื่องจากการก้มตัวของดิน และการจราจร.....	199
ผนวก ง Pipeline Installation Cost VS Pipe diameter and Pipeline Capital Cost Estimate Basis.....	206
ผนวก จ Pipeline Installation Cost VS Pipe diameter and Pipeline Capital Cost Estimate	210
ประวัติผู้เขียน.....	212

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตำแหน่งของโพละใน Standard Electro - Motive Series.....	14
3.2	Galvanic Series.....	15
7.1	ช่วงเวลาการดำเนินการตัดต่อท่อ กรณีหยุดการจ่ายก๊าซ.....	96
7.2	ช่วงเวลาการดำเนินการตัดต่อท่อ กรณีไม่หยุดการจ่ายก๊าซ.....	106
8.1	ประมาณการวัสดุเคลือบผิวท่อที่ใช้ต่อความยาวท่อ 1 กม.....	108
8.2	ราคาวัสดุที่ใช้ในการเคลือบผิวท่อ.....	109
8.3	ปริมาณ Primer และ เทปที่ต้องใช้ในการเคลือบผิวท่อ.....	111
8.4	คุณสมบัติของเทป ประเภท Polyethylene.....	112
8.5	ราคาวัสดุที่ใช้ในการพันเคลือบผิวท่อ.....	114
8.6	หน้าที่การปฏิบัติงานบำรุงรักษาท่อส่งก๊าซปี 2532.....	121
8.7	บุคลากรที่จำเป็น และ Man - Hours ที่ใช้ในการเตรียมการ.....	125
8.8	บุคลากรที่จำเป็น และ Man - Hours ที่ใช้ในการตัดต่อท่อ.....	126
8.9	อัตราค่าจ้างบุคลากร.....	127
8.10	เครื่องจักรอุปกรณ์ที่จำเป็น และ Machine - Hours ที่ใช้ในการเตรียมการ.....	128
8.11	เครื่องจักรอุปกรณ์ที่จำเป็น และ Machine - Hours ที่ใช้ในการตัดต่อท่อ.....	129
8.12	อัตราค่าจ้างเครื่องจักร และอุปกรณ์.....	130
8.13	อัตราค่าเคลื่อนย้ายอุปกรณ์.....	131
8.14	ค่าแรงงานในการเตรียมการ.....	133
8.15	ค่าแรงงานในการตัดต่อท่อ.....	134
8.16	ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ในการเตรียมการ.....	135
8.17	ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ในการตัดต่อท่อ.....	136
8.18	ค่าเคลื่อนย้ายอุปกรณ์.....	137
8.19	ค่าวัสดุที่ใช้ในการตัดต่อท่อ.....	138
8.20	บุคลากรที่จำเป็น และ Man - Hours ที่ใช้ในการทำ Hot Tapping ตัดต่อท่อ.....	140

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
8.21	เครื่องจักรอุปกรณ์ที่จำเป็นและ Machine - Hours ที่ใช้ในการทำ Hot Tapping ตัดต่อท่อ.....	141
8.22	ค่าเครื่องมือทำ Hot Tapping ตัดต่อท่อ.....	142
8.23	ค่าแรงงานในการทำ Hot Tapping ตัดต่อท่อ.....	144
8.24	ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ในการตัดต่อ.....	145
8.25	ค่าเคลื่อนย้ายอุปกรณ์.....	146
8.26	ค่าวัสดุที่ใช้ในการทำ Hot Tapping ตัดต่อท่อ.....	147
9.1	Construction Design Factor.....	149
9.2	Longitudinal Joint Factor.....	150
9.3	Temperature Derating Factor.....	151
9.4	ความหนาแน่นที่สุดของดินถม.....	153
9.5	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย โดยวิธี Curvature Criteria เนื่องจากการทรุดตัวของท่อขนาด 6".....	156
9.6	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย โดยวิธี Flexible Cable เนื่องจากการทรุดตัวของท่อขนาด 6".....	157
9.7	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเฉลี่ย เนื่องจากการทรุดตัวของท่อขนาด 6".....	158
9.8	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเฉลี่ย เนื่องจากการทรุดตัวของท่อขนาด 8".....	159
9.9	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเฉลี่ย เนื่องจากการทรุดตัวของท่อขนาด 10".....	160
9.10	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาท่อ เนื่องจกปัจจัยการทรุดตัวของดิน.....	161
9.11	ความเค้นที่เกิดขึ้นกับท่อขนาด 6" เนื่องจากการถมทับดิน และการจราจร.....	167
9.12	ความเค้นที่เกิดขึ้นกับท่อขนาด 28" เนื่องจากการถมทับดิน และการจราจร.....	169

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
9.13	Class Location.....	170
9.14	Operating Location Class.....	171
9.15	ผลของการเปลี่ยนแปลง Class Location ต่อค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาต่อ.....	173
9.16	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาต่อเนื่องจากอุบัติเหตุ.....	174
10.1	ประมาณการค่าใช้จ่ายการลงทุนก่อสร้างที่นิคมอุตสาหกรรม ลาดกระบัง.....	176
10.2	ประมาณการค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาที่นิคมอุตสาหกรรม ลาดกระบัง.....	178
10.3	รายละเอียดค่าใช้จ่ายศึกษาและซ่อมแซมต่อ.....	182

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แหล่งก๊าซที่ขุดพบในประเทศไทยแนวท่อส่งก๊าซในประเทศไทย และในอนาคต.....	5
2.2 การวางท่อลอคคณน.....	8
2.3 การวางท่อลอคคณน้ำ คคลอง.....	9
2.4 การหุ้มฉนวนด้วยฉนวนน้ำมัน.....	11
2.5 การพันท่อด้วย พี.อี. เทป.....	11
2.6 การป้องกันการผุกร่อนด้วยแคโรทีเซิล อาโนด.....	12
2.7 การป้องกันการผุกร่อนด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า.....	12
3.1 ปฏิกิริยาการผุกร่อน.....	19
3.2 Basic Cathodic Protection Installation.....	29
3.3 Polarization Film.....	30
4.1 กระบวนการเคลือบผิวท่อ.....	33
4.2 เครื่องมือตรวจสอบสารเคลือบผิวท่อ.....	37
4.3 เครื่องมือพันเทป.....	38
4.4 เครื่องมือพันเทป.....	39
5.1 การวัดค่า Soil Resistivity.....	42
5.2 Shepard Canes.....	42
5.3 Four Terminal แบบที่ 1.....	44
5.4 Four Terminal แบบที่ 2.....	44
5.5 Four Terminal แบบที่ 3.....	45
5.6 Four Terminal แบบที่ 4.....	45
5.7 Half Cell Electrode.....	46
5.8 Volt Meter ในการอ่าน P/S Potential.....	46
5.9 Solid-State Volt Meter.....	48
5.10 Multicombination Meter.....	48
5.11 Electronic Poteneial Meter.....	49
5.12 Test Station Installation.....	52

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
5.13 Current and Potential Field รอบท่อ.....	51
5.14 Potential Field Surrounding a Single Amodic Point.....	52
5.15 Surface Potential.....	52
5.16 P/s Potential ของระบบคาโทดิก.....	56
5.17 การวัดกระแสไหลภายในท่อ.....	56
5.18 การวัดค่าความต่างศักย์ของท่อ.....	56
5.19 Current Interrupter.....	60
5.20 Longitudinal Distribution Curves.....	60
5.21 Attenuation Curve บนกระดาษกราฟธรรมดา.....	62
5.22 Attenuation Curve บนกระดาษกราฟ Semi-Log สำหรับท่อยาวมาก.....	63
5.23 Attenuation Curve บนกระดาษกราฟ Semi-Log สำหรับท่อยาวพอประมาณ.....	64
5.24 Attenuation Curve ระหว่างจุดจ่ายกระแสต่าง ๆ.....	65
5.25 Attenuation Curve แสดง A E และ A Vp.....	65
5.26 polarization Chart.....	68
5.27 กราฟหาค่ากระแสของระบบคาโทดิก.....	71
5.28 กราฟหาค่ากระแสของระบบคาโทดิก.....	72
5.29 การสำรวจ Potential หลังทำ Polarization Run.....	76
5.30 การประมาณ Potential และ Current.....	76
5.31 การติดตั้งจุดจ่ายกระแส.....	76
5.32 กราฟหาจำนวนอาโนด.....	78
5.33 กราฟหาจำนวนอาโนด.....	79
5.34 การเกิดปัญหา Interference กับท่อ.....	81
5.35 การเกิดปัญหา Interference กับโครงสร้าง.....	82
5.36 การแก้ปัญหา Interference	84
5.37 ปัญหา Interference จากท่ออยู่ใกล้ Anode Bed.....	84

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
5.38 การวัด Potential ระหว่างท่อที่ขนานกัน.....	85
5.39 การเกิด Interference ที่ข้อต่อท่อ.....	85
7.1 Temporary Pipe Support.....	97
7.2 Fitting.....	100
7.3 การเชื่อมติดตั้ง Fitting.....	100
7.4 Hot Tapping and Plugging.....	101
7.5 การทำงานของหัว Plug.....	104
7.6 การติดตั้ง L.O.R.Plug.....	104
8.1 การติดตั้งระบบคาโทด.....	116
9.1 อัตราการทรุดตัวของท่อ.....	162
9.2 Profile การทรุดตัวของท่อ.....	163
10.1 ผังการวางท่อภายนอกนิคมอุตสาหกรรม.....	185
10.2 ผังการวางท่อภายในนิคมอุตสาหกรรม.....	186


 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย