

حفاری افقی جهت دار

(H.D.D)

Horizontal Directional Drilling

تالیف و گردآوری : مهندس عباس خانی

پیشگفتار

پیشرفت علم و فناوری مدیون تلاشهای مستمر دانشمندان و صنعت گران عرصه های علم و عمل بوده و تبادل علم و تجربه بین این دو نهاد مهم همواره در خدمت پیشرفت های علمی و زیربنایی مورد نیاز بشر بوده و می باشد.

امروزه بسیاری از سازمانها دریافته اند که دانش، مهمترین دارایی آنها می باشد. در نتیجه به مدیریت دانش به عنوان عامل اساسی در کسب موفقیت خود در درازمدت می نگرند و به همین دلیل سرمایه گذاری های زیادی را برای پیاده سازی این نوع از مدیریت انجام می دهند. از سوی دیگر در سازمانهای پروژه محور بدلیل تکراری بودن ماهیت انجام بعضی پروژهها، بسیاری از فرایندها به صورت تکراری انجام می شود. به این منظور سازمانها، اقدام به جمع آوری و ثبت دانش نهفته کارکنان خود می کنند و آنرا به عنوان سرمایه فکری و یا به عبارت دیگر "سرمایه دانشی" شرکت خود حفظ می کنند تا به فراخور نیاز از آن بهره گیرند. این نوع از مدیریت، سازمانها را در امر شناسایی گزینش سازماندهی و به اشتراک گذاری اطلاعات، مهارت ها و تجربه هایی که حافظه سازمانی را شکل می دهند یاری می رساند.

اجرای پروژه های عمرانی سبب افزایش تجربیات و تولید دانش های جدید و ارزنده در حوزه مسائل فنی و مدیریتی می گردد و در برخی موارد، عدم ثبت تجربیات و دانش های کسب شده در اجرای پروژه ها و سازمان ها، مورد استفاده بهینه قرار نمی گیرد چنانچه این دانش ها و تجربیات به طور دقیق شناسایی، ثبت و مدیریت گردند، می تواند نقش موثری در کاهش زمان، هزینه و افزایش کیفیت در پروژه های بعدی داشته باشد.

از آنجایی که فقدان وجود کتابی با این عنوان در بین کتابهای تخصصی و دانشگاهی، کاملاً محسوس به نظر می آمد، بدین جهت اقدام به تهیه و انتشار این کتاب نموده ام.

امید است که بتوانیم با ارائه تجربیات و دانش کسب شده در قالب انتشار مقالات علمی، کتب، فیلم های مستند و در خدمت به جامعه دانشگاهیان، صنعت گران، دانش پژوهان و علاقه مندان کشور عزیز اسلامی ایران، گام های موثری برداریم.

کتاب حاضر برای دانشجویان رشته های فنی و مهندسی ، علاقه مندان به حوزه خطوط انتقال نفت و گاز، مدیران پروژه ها، پیمانکاران عمومی ، مشاوران و ... مفید است. امیدوارم با طرح مباحث کاربردی و علمی توانسته باشم در توسعه و بسط مدیریت دانش هر چند قدم کوچکی برداشته باشیم. در پایان جا دارد از زحمات کلیه دوستان از جمله مدیر عامل شرکت تدبیر انرژی گستر ایرانیان جناب مهندس جوکار و جناب مهندس خداکرمی، جناب مهندس طوماری و به خصوص پدر و مادر و همسر گرامیم که در تالیف و گردآوری این کتاب من را یاری کردند، تشکر و قدردانی کنیم.

عباس خانی

تابستان 1401

فهرست مطالب

فصل اول: انواع حفاری در صنعت نفت و گاز

8	1.1 بخش اول: کلیات
8	1.1.1 مقدمه
9	1.1.2 تاریخچه قنات
11	1.1.3 ساختمان و مشخصات قنات
13	1.1.4 مهندسی قنات
18	1.2 بخش 2 معرفی سیستم پایپ جکینگ
19	1.2.1 تکنیک پایپ جکینگ
21	1.2.2 روشهای حفاری پایپ جکینگ
22	1.2.3 ماشین میکروتونلینگ
23	1.2.4 نکات مهم جهت انتخاب نوع ماشین حفاری
25	1.2.5 لوله های پایپ جکینگ
26	1.2.6 جکهای میانی (Intermediate Jacking)
27	1.2.6.1 نیروی جکها
27	1.2.6.2 تلورانس لوله رانی
28	1.3 بخش سوم
28	1.3.1 حفاری جهت دار افقی (HDD) Horizontal Directional Drilling
28	1.3.2 پیشینه کلیات
32	1.3.3 هدف و مزیت فناوری حفاری افقی جهت دار (H.D.D)
32	1.3.3.1 مزایا روش های حفاری افقی جهت دار
32	1.3.4 کلیات طراحی

فصل دوم: طراحی خط لوله برای روش حفاری افقی جهت دار

39	2.1 بخش 1
39	2.1.1 مقدمه
40	2.1.2 طراحی خط لوله برای روش حفاری افقی جهت دار
40	2.1.3 لوله یاب
41	2.1.4 رادار نافذ زمینی
41	2.1.5 حفاری خلاء
42	2.1.6 لرزه نگاری

42	2.2 بخش 2:-----
42	2.2.1 بررسی ژئوتکنیکی:-----
43	2.2.2 طبقه بندی استاندارد خاک ها مطابق با ۲۰ (ASTM D ۲۴۸۷-۱۰)-----
45	2.2.3 بررسی مواد خطرناک:-----
47	2.3 بخش 3 طراحی مسیر حفاری شده:-----
47	2.3.1 مقدمه:-----
49	2.3.2 زوایای نفوذ:-----
49	2.3.3 عمق نفوذ:-----
50	2.3.4 شعاع انحنای:-----
50	2.3.5 دقت جهت و تلورانس:-----
51	2.3.6 مته و روش متقاطع:-----
51	2.3.7 اجرا چند خطی:-----
52	2.3.8 غلاف:-----
54	2.4 بخش 4 طراحی لوله:-----
54	2.4.1 مقدمه:-----
54	2.4.2 بارهای نصب:-----
55	2.4.3 کشش:-----
56	2.4.3.1 کشش اصطکاکی:-----
57	2.4.3.2 کشش سیال:-----
57	2.4.3.3 وزن مؤثر لوله:-----
58	2.4.3.4 خم شدن:-----
58	2.4.3.5 فشار خارجی:-----
59	2.4.3.6 بارهای عملیاتی:-----
59	2.4.3.7 فشار داخلی:-----
59	2.4.3.8 خم شدن:-----
60	2.4.3.9 انبساط حرارتی:-----
61	2.4.3.10 فشار خارجی:-----
62	2.4.4 جنس لوله:-----
63	2.4.5 تنش در لوله فولادی:-----
64	2.4.5.1 تنش های نصب:-----
64	2.4.5.1.1 تنش کششی (ft):-----
64	2.4.5.1.2 تنش خمشی (fb):-----

65	2.4.5.1.3 تنش حلقه خارجی (fh):
67	2.4.5.1.4 تنش های نصب ترکیبی:
69	2.4.5.2 تنش های عملیاتی:
69	2.4.5.2.1 تنش حلقه داخلی (fh):
70	2.4.5.2.2 تنش خمشی (fb):
70	2.4.5.2.3 تنش حرارتی (fe):
70	2.4.5.2.4 تنش های عملیاتی ترکیبی:
71	2.4.6 تنش در لوله پلی اتیلن با چگالی بالا:
71	2.4.6.1 تنش های نصب:
72	2.4.6.1.1 کشش:
73	2.4.6.1.2 خم شدن:
74	2.4.6.1.3 فشار خارجی:
76	2.4.6.1.4 Mini-HDD مینی حفاری افقی جهت دار:
76	2.4.6.2 تنش های پس از نصب:
76	2.4.6.2.1 فشار داخلی:
77	2.4.6.2.2 فشار خارجی:
77	2.4.6.2.3 حرارتی:
78	2.4.7 ملاحظات طراحی لوله چدن نشکن:
78	2.4.7.1 تنش های نصب:
78	2.4.7.2 بارهای خارجی:
79	2.4.8 پوشش خوردگی لوله های فولادی:
79	2.4.8.1 پوشش سر جوشها:
80	2.4.8.2 پوشش های زرهی:
81	2.5 بخش 5 تأثیر ساخت و ساز:
81	2.5.1 مقدمه:
81	2.5.2 فضای کار:
83	2.5.3 سیال حفاری:
84	2.5.3.1 مصرف و خصوصیات:
84	2.5.3.2 مهار و بازیافت:
86	2.5.3.3 بازگشت ناخواسته سیال حفاری:
88	2.5.3.4 شکست سازه توسط پایگینگ:
89	2.5.3.5 دفع سیال و برش های حفاری:

91-----	2.6 بخش 6 مستندات چون ساخت AS-BUILT
91-----	2.6.1 مقدمه:
91-----	2.6.2 پلاک گذاری ساخت و ساز:
91-----	2.6.3 مستندسازی نقاط انتهایی مسیر حفاری شده واقعی:
91-----	2.6.4 اندازه گیری های مورد نیاز قبل از شروع عملیات حفاری:
92-----	2.6.5 محاسبات ازبیلت حفره راهنما:
92-----	2.6.6 داده های نقشه برداری حفره راهنما:
93-----	2.6.6.1 سیستم مانیتورینگ سطحی:
94-----	2.6.6.2 ابزار ژيروسکوپي-فرمان:
95-----	2.6.6.3 سیستم والکاور (Walkover):
95-----	2.6.7 توزیع خطا در ازبیلت حفره راهنما:
95-----	2.6.8 ترسیم ازبیلت حفره راهنما:
96-----	2.6.9 نقشه برداری پس از نصب:

فصل سوم: طراحی و اقدامات لازم جهت اجرای کامل یک حفاری افقی جهت دار به

صورت مطالعه موردی مربوط به یک عبور دریایی

98-----	3.1 بخش اول: برنامه ریزی و برنامه ریزی:
98-----	3.1.2 اهمیت برنامه ریزی و زمان بندی:
99-----	3.1.3 مطالعه موردی Case study:
100-----	3.1.4 شناسایی وظایف:
101-----	3.1.5 بازدید سایت Site Visit:
102-----	3.1.6 راه دسترسی Access Road:
102-----	3.1.7 سمت دکل Rig side:
102-----	3.1.8 منبع آب Water source:
103-----	3.1.9 سمت لوله Pipe side:
104-----	3.1.10 موانع و محدودیت های محلی Obstacles and local constraints:
104-----	3.1.11 ارتباطات Communications:
105-----	3.1.12 اقامتگاه و پانسیون Accommodations and board:
105-----	3.1.13 برنامه ریزی و برآورد هزینه ها: Planning and Estimating Costs:
108-----	3.1.14 روش و ابزار حفاری Drilling method and tools:
108-----	3.1.15 گشاد کردن (ریمینگ) Reaming:
109-----	3.1.16 کشیدن Pulling:
109-----	3.1.17 قراردادهای فرعی Subcontracts:

110-----	Work schedule	برنامه کاری
111-----	Quantities	مقادیر
113-----	لوازم مصرفی و یدکی دکل:	
113-----	تجهیز و برچیدن کارگاه:	
114-----	عوارض گمرکی و مالیات:	
115-----	شرایط آب و هوایی:	
115-----	شرایط پرداخت:	
115-----	وراق قرضه پیشنهادی:	
115-----	ضمانت عملکرد:	
116-----	Closing meeting	جلسه ی اختتامیه
116-----	Preparing to Work	آماده شدن برای کار
116-----	Permits	مجوزها
116-----	Equipment	تجهیزات
117-----	Personnel	پرسنل
117-----	Consumables	مواد مصرفی
118-----	Line of sight and coil installation	مسیر و نصب کویل
118-----	Subcontracts	قراردادهای فرعی
120-----	Communications and coordination	ارتباطات و هماهنگی

3.2 بخش دوم: مهندسی

122-----	3.2.1 کلیات:	
122-----	Strength of materials—Background	زمینه - استحکام مصالح
124-----	3.2.3 مقاومت پرتو مواد:	
124-----	3.2.4 فرمول های تیر/خط لوله:	
125-----	Pipeline Codes	کدهای خط لوله
126-----	Location classes	کلاس لوکیشن
126-----	Construction types	انواع ساخت و ساز (اجرا)
128-----	Pressures	فشارها
129----	Stresses During Testing or Operations	استرس در طول آزمایش یا عملیات
129-----	Bending stress	استرس خمشی
130-----	Temperature stress	استرس دما
130-----	Restrained pipeline stress	تنش مهار شده خط لوله
130-----	Traction stress	استرس کششی

130-----	3.2.9.6: Ground pressure	فشار زمین
131-----	3.2.10: Pipeline specifications	مشخصات خط لوله
131-----	3.2.11: Pipeline Engineering	مهندسی خطوط لوله
131-----	3.2.11.1: Verifying wall thickness	بررسی ضخامت دیواره
132-----	3.2.11.2: Hydrostatic test	فشار زمین
134-----	3.2.11.3: Operating pressure	تست هیدرواستاتیک
135-----	3.2.11.4: Installation conditions	فشار عملیاتی
136-----	3.2.11.5: Minimum radius	شرایط نصب
136-----	3.2.11.6: Crossing Engineering	حداقل شعاع
137-----	3.2.12: Crossing Engineering	مهندسی تقاطع
137-----	3.2.12.1: Crossing Engineering	مقدمه
137-----	3.2.12.2: Crossing Engineering	مسیر تقاطع
143-----	3.2.12.3: Crossing Engineering	طرح تقاطع
148-----	3.2.13: Engineering Procedures	رویه های مهندسی
148-----	3.2.14: Engineering Procedures	اندازه لوله
148-----	3.2.15: Engineering Procedures	طول لوله
150-----	3.2.16: Engineering Procedures	کاتناری

3.3. بخش سوم: فرمان Steering

153-----	3.3: Steering	اصول هدایت
153-----	3.3.1: Basic principles	اصول اساسی
153-----	3.3.2: Instrumentation	ابزار دقیق
154-----	3.3.3: Coordinate systems	سیستم های مختصات
155-----	3.3.4: Calculation systems and methods	سیستم ها و روش های محاسبه
156-----	3.3.5: Mathematical review	بررسی ریاضی
164-----	3.3.5.1: Radius calculations	محاسبات شعاع
166-----	3.3.5.2: Geographic location	موقعیت جغرافیایی
167-----	3.3.6: Magnetic sensor spacing	فاصله سنسور مغناطیسی
170-----	3.3.7: Outside sources of interference	منابع خارجی تداخل
172-----	3.3.8: Above-ground sources	منابع روی زمین
175-----	3.3.9: Magnetic interference	تداخل مغناطیسی
198-----	3.3.10: Accuracy	دقت
198-----	3.3.10.1: Accuracy vs. repeatability	دقت در مقابل تکرارپذیری

199-----	Instrumentation	ابزار دقیق	3.3.10.2
199-----	Human error	خطای انسانی	3.3.10.3
200-----	Magnetic variation	تنوع مغناطیسی	3.3.11
200-----	Course length variation	تغییر طول دوره	3.3.12
201-----	Job Site Actions—Pilot Hole	اقدامات کار در سایت - حفره راهنما	3.3.13
201-----	Arrival	ورود	3.3.13.1
202-----	Tru Tracker	طرح	3.3.13.2
203-----	Corners	گوشه ها	3.3.13.3
205-----	Steering tool rig-up	نصب ابزار فرمان	3.3.13.4
206-----	Profile	پروفیل	3.3.13.5
207-----	Physical measurements	اندازه گیری های فیزیکی	3.3.13.6
208-----	Line azimuth shoot	شلیک آزیموت خطی	3.3.13.7
211-----	Pressure testing	تست فشار	3.3.13.8
213-----	Drilling ahead	حفاری رو به جلو	3.3.13.9
218-----	Directions to driller	دستورالعمل های حفاری	3.3.14
219-----	Drilling problems	مشکلات حفاری	3.3.15
221-----	Punchout	پانچ اوت	3.3.16
222-----	as built	ازبیلت	3.3.17

3.4 بخش چهارم گشاد کردن Reaming

223-----		هدف از ریمینگ	3.4
223-----	Reaming alternatives	جایگزین های برقو زدن	3.4.1
224-----	Selecting tools	انتخاب ابزار	3.4.2
224-----	Troubleshooting	عیب یابی	3.4.3
224-----	Determining the number of passes	تعیین تعداد پاس	3.4.3.1
224-----	Definitions	تعاریف	3.4.4
229-----		انواع ریمینگ	3.4.5
233-----	Pre-reaming	پیش از ریمینگ	3.4.5.1
233-----	Reaming and pulling	ریم کردن و کشیدن	3.4.5.2
234-----	Back reaming	برگشت به عقب	3.4.5.3
236-----	Forward reaming	ریمینگ رو به جلو	3.4.5.4
237-----	Tool Selection	انتخاب ابزار	3.4.6
237-----	General	عمومی	3.4.6.1

- 237-----: Fly cutter reamers: 3.4.6.2 فیلای کاتر ریمرز
- 239-----: Barrel reamers: 3.4.6.3 بارل ریمرز
- 239-----: Bullet-nose reamers: 3.4.6.4 ریمر دماغه گلوله ای
- 240-----: Centralizers/stabilizers: 3.4.6.5 متمرکز کننده ها / تثبیت کننده ها
- 241-----: Hole openers: 3.4.6.6 حفره بازکن
- 242-----: Hydraulics: 3.4.7 هیدرولیک
- 242-----: Annular velocities and flow rates: 3.4.7.1 سرعت حلقوی و نرخ جریان
- 242-----: Weight and rotary speed: 3.4.7.2 وزن و سرعت چرخش
- 243-----: Size of completed reamed pathway: 3.4.8 اندازه مسیر تغییر یافته تکمیل شده
- 243-----: Penetration rates: 3.4.9 نرخ های نفوذ
- 246-----: Pumping: 3.4.10 پمپاژ
- 246-----: Velocity/annular velocity: 3.4.10.1 سرعت / سرعت حلقوی
- 249-----: Viscosity: 3.4.10.2 ویسکوزیته
- 249-----: Acceptable yield point: 3.4.10.3 نقطه تسلیم قابل قبول
- 249-----: Acceptable plastic viscosity: 3.4.10.4 ویسکوزیته پلاستیک قابل قبول
- 250-----: Sand content: 3.4.10.5 محتوای شن و ماسه
- 250-----: Troubleshooting: 3.4.11 عیب یابی
- 250-----: عمومی: 3.4.11.1
- 250-----: Increasing torque: 3.4.11.2 افزایش گشتاور
- 251-----: Twistoff of drill pipe: 3.4.11.3 پیچ خوردگی لوله مته
- 251-----: Fishing: 3.4.11.4 فیشینگ
- 252-----: Recovery: 3.4.11.5 بهبود
- 255-----: Lost or decreased circulation: 3.4.11.6 از دست دادن یا کاهش دوران
- 255-----: Stuck reaming assembly: 3.4.11.7 گیر کردن مجموعه ریمینگ
- 256-----: Mud pressure increase: 3.4.11.8 افزایش فشار گل
- 256-----: Mud pressure decrease: 3.4.11.9 کاهش فشار گل
- 256-----: Inadvertent returns: 3.4.11.10 بازگشت ناخواسته
- 257-----: Reduced penetration rate: 3.4.11.11 کاهش ضریب نفوذ
- 3.5 بخش پنجم: عقب کشیدن Pullback**
- 259-----: عمومی: 3.5.1
- 259-----: Steel pipeline: 3.5.2 خط لوله فولادی
- 263-----: HDPE: 3.5.3 لوله

264-----	Soils خاک ها	3.5.4
264-----	Clay رس خاک	3.5.5
264-----	Sand ماسه	3.5.6
265-----	Rock سنگ	3.5.7
265-----	Mud Program گل برنامه	3.5.8
265-----	Drilling fluids سیالات حفاری	3.5.9
265-----	حجم ها:	3.5.9.1
266-----	Fluid control مایعات کنترل	3.5.10
266-----	Disposal دسترس	3.5.11
267-----	Pulling Assistance کشیدن کمک	3.5.12
267-----	Breakover or overbend شکست یا بیش از حد خم شدن	3.5.13
269-----	Pulling support پشتیبانی	3.5.14
269-----	Pulling Program کشش برنامه	3.5.15
269-----	BHA	3.5.14.1
270-----	Pulling speed سرعت کشیدن	3.5.15.2
270-----	Pulling loads بارها کشیدن	3.5.15.3
272-----	Salvaging Stuck Pipe نجات لوله گیر کرده	3.5.15.4
	بخش ششم: گل	
273-----	خنک کردن و روانکاری رشته مته:	3.6.1
273-----	Removing cuttings حذف برش ها	3.6.2
274-----	Suspending and releasing cuttings تعلیق و رها کردن برش ها	3.6.3
274-----	Forming a filter cake تشکیل قالب فیلتر	3.6.4
274-----	Providing geological information ارائه اطلاعات زمین شناسی	3.6.5
275-----	Protecting the formation حفاظت از سازند	3.6.6
275-----	Transmitting hydraulic horsepower انتقال اسب بخار هیدرولیک	3.6.7
275-----	Supporting the drill pipe weight پشتیبانی از وزن لوله مته	3.6.8
275-----	Drilling Fluid Tests تست سیالات حفاری	3.6.9
275-----	Mud weight وزن گل	3.6.10
277-----	Viscosity: Marsh Funnel ویسکوزیته: کیف مارش	3.6.11
278-----	Rotational Viscom ویسکوزیته: Rotational	3.6.12
279-----	PV: و YP: PV برای اندازه گیری و YP: PV برای اندازه گیری	3.6.13
280-----	Gel strength: قدرت ژل	3.6.14

- 280-----: Filtration (low-temperature test) (تست دمای پایین) 3.6.15
- 282-----: Sand content محتوای شن و ماسه 3.6.16
- 284-----: PH 3.6.17
- 286-----: Clay Chemistry شیمی خاک رس 3.6.18
- 286-----: Basic chemistry شیمی پایه 3.6.19
- 287-----: Valence and chemical bonds پیوندهای شیمیایی 3.6.19.1
- 288-----: Dissociation and equivalent weights تفکیک و وزن های معادل 3.6.19.2
- 288-----: Clay chemistry شیمی خاک رس 3.6.19.3
- 288-----: Montmorillonite مونت موریلونیت 3.6.19.4
- 289-----: The structure of clays ساختار خاک رس 3.6.19.5
- 290-----: Effects of adding positive ions اثرات افزودن یون های مثبت 3.6.19.6
- 296-----: Bingham plastic model مدل پلاستیکی بینگام 3.6.20
- 299-----: Power Law model مدل قانون قدرت 3.6.21
- 303-----: Modified Power Law model مدل قانون قدرت اصلاح شده 3.6.22
- 306-----: Filtration control additives فیلتراسیون 3.6.23
- 307-----: Shale shakers پوشش تکان دهنده 3.6.23.1
- 307-----: زمان 3.6.23.2
- 308-----: Control of filter cake permeability کنترل نفوذپذیری کیک فیلتر 3.6.23.3
- 308-----: Filtration control additives فیلتراسیون 3.6.23.4
- 309-----: Solids Control جامدات 3.6.24
- 309-----: مقدمه 3.6.24.1
- 310-----: Monitoring solids content نظارت بر محتوای جامدات 3.6.24.2
- 312-----: The solids removal system سیستم حذف مواد جامد 3.6.24.3
- 313-----: Shale shakers پوشش تکان دهنده 3.6.24.4
- 313-----: موقعیت و براتور 3.6.25
- 313-----: نوع صفحه سرند 3.6.26
- 314-----: Sand traps تله های شنی 3.6.27
- 315-----: Desander دساندر 3.6.28
- 318-----: Desilter دیسیلتر 3.6.29
- 319-----: Mud cleaner گل پاک کن 3.6.30
- 319-----: Centrifuges سانتریفیوژها 3.6.31

فصل چهارم: دستورالعمل های فنی انجمن پیمانکاران حفاری (DCA- Europe)

- 4.1 پیشگفتار:-----324
- 4.1.1 دستورالعمل های فنی:-----325
- 4.1.1.2 اصول پروژه :-----325
- 4.1.1.3 توپوگرافی :-----325
- 4.1.1.4 پلان موقعیت مکانی :-----326
- 4.1.1.5 نقشه های نمای بالا و پروفیل طولی مسیر:-----326
- 4.1.1.6 پروفیل طولی مسیر و مشخص بودن مبنای ارتفاعی:-----326
- 4.1.1.7 عمق نهرها و رودخانه ها:-----326
- 4.1.1.8 زمین شناسی:-----327
- 4.1.1.9 طبقه بندی و ارزیابی اسناد موجود:-----328
- 4.1.1.10 مطالعات گذشته:-----328
- 4.1.1.11 گمانه ها :-----328
- 4.1.1.12 تست های نفوذ :-----329
- 4.1.1.13 بررسی و تحقیقات ژئوفیزیکی:-----330
- 4.1.1.14 تست های آزمایشگاهی:-----331
- 4.1.1.15 گزارش ژئوتکنیک:-----332
- 4.1.1.16 آب آرتزین یا سفره های زیرزمینی :-----333
- 4.1.1.17 کابل ها ، لوله ها ، کانال ها و غیره موجود :-----333
- 4.1.1.18 پی ها / زیرزمین ها / غارها :-----334
- 4.1.1.19 آب و هوا و داده های هیدروگرافی:-----334
- 4.2 مجوز ها:-----334
- 4.2.1 پیمانکار:-----334
- 4.2.1.1 مجوزهای حقوقی:-----334
- 4.2.1.2 مجوزهای اشتغال:-----335
- 4.2.1.3 مجوز زیست محیطی:-----335
- 4.2.1.4 متفرقه:-----335
- 4.3 کارفرما :-----335
- 4.3.1 مجوزهای جانبی عبارتند از:-----335
- 4.4 برنامه ریزی پروژه:-----336

- 336-----4.4.1 مبانی اولیه:
- 337-----4.4.1.1 زاویه ورود و خروج:
- 337-----4.4.1.2 مقاطع مماسی مایل:
- 337-----4.4.1.3 شعاع انحنای:
- 338-----4.4.1.4 حفره حفاری شده:
- 340-----4.4.1.5 خمش بیش از حد:
- 341-----4.4.1.6 شعاع های ترکیبی:
- 342-----4.4.1.7 پوشش:
- 342-----4.4.1.8 قطر حفره:
- 343-----4.5 نقشه ها :
- 343-----4.5.1 پروفیل طولی:
- 344-----4.5.2 مشخصات طرح:
- 344-----4.5.3 مقاطع عرضی :
- 345-----4-6 طراحی و محاسبات :
- 347-----4.6.1 روش های محاسبه نیروی کشش:
- 347-----4.6.2 تعیین اندازه دکل حفاری
- 348-----4.6.3 لنگر دکل:
- 348-----4.6.4 تنش های خط لوله:
- 348-----4.6.5 ایمنی در برابر کمانش :
- 348-----4.6.6 شرایط عملیاتی - وضعیت سرویس پذیری محدود:
- 348-----4.6.7 ملاحظات تنش لوله :
- 349-----4.6.8 قدرت کمانش :
- 349-----4.6.9 ایمنی در برابر کمانش :
- 349-----4.6.10 عمر مفید :
- 349-----4-7 برنامه ساخت و ساز:
- 350-----4.8 ایمنی و حفاظت از محیط زیست:
- 350-----4.8.1 ایمنی در محل کار:
- 351-----4.8.1.1 کار روی سطوح شیب دار:
- 351-----4.8.1.2 کار در نزدیکی ابزارهای چرخشی و اجزای ماشین:
- 351-----4.8.1.3 افزایش خطر لغزش به دلیل گل حفاری
- 352-----4.8.1.4 فشار خطرناک بر روی مجاری تنفسی به دلیل گرد و غبار
- 352-----4.8.1.5 جابجایی بارهای معلق (لوله های مته ، سیم پیچ و غیره)

4.8.1.6	گشتاور عالی هنگام ایجاد یا شکستن اتصالات رشته مته	352
4.8.1.7	ارتباط بین کابین کنترل ، کف دکل حفاری و محل لوله	352
4.9	ایمنی ماشین آلات	352
4.10	ایمنی ابزارهای گمانه	353
4.11	حفاظت از محیط زیست	353
4.12	اجرای پروژه	354
4.12.1	صلاحیت پرسنل	354
4.12.2	نصب و پاکسازی محل ساخت و ساز	355
4.12.2.1	نصب محل ساخت و ساز	355
4.12.2.2	پاکسازی محل ساخت و ساز	356
4.13	کار حفاری	357
4.13.1	عملیات حفاری آزمایشی	357
4.13.2	عملیات (های) ریمینگ Reaming	358
4.13.3	عملیات عقب کشیدن pullback	359
4.13.4	دکل های حفاری	359
4.13.4.1	دکل های مینی (حفاری)	359
4.13.4.2	دکل های میدی (حفاری)	360
4.13.4.3	دکل های ماکسی (حفاری)	360
4.13.4.4	دکل های مگا (حفاری)	360
4.14	زیر ساخت	361
4.15	قاب ها	361
4.16	تریلر	362
4.17	شاسی پیست محور	362
4.18	شاسی چرخ دار	363
4.19	انتقال قدرت	363
4.19.1	زنجیر	363
4.19.2	دندانه دار کردن و قفسه ای Rack and Pinion	363
4.19.3	سیلندرهای هیدرولیک	363
4.19.4	محدوده توان	364
4.19.5	رشته مته "استانداردها"	364
4.19.6	گرید و ویژگی ها	365
4.19.7	اتصالات ابزار	365

366	4.20 انواع بار
366	4.20.1 بارهای کششی محوری
366	4.20.2 بارهای فشاری محوری
366	4.20.3 بارهای پیچشی
366	4.20.4 خم شدن بارها
367	4.21 ابزارهای حفاری
367	4.21.1 ابزارهای حفاری برای حفره راهنما
368	4.21.2 ابزار حفاری برای باز کردن/تمیز کاری حفره
368	4.21.3 سیال حفاری
369	4.21.4 تراکم
369	4.21.5 ویسکوزیته
370	4.21.6 مقدار PH
370	4.21.7 حجم گردش
371	4.21.8 محتوای جامد
371	4.21.9 سیستم مکان یابی
371	4.21.9.1 Walk-Over-System
372	4.21.9.2 Wire-Line-System
374	4.21.9.3 سیستم های دیگر
375	4.22 کار ساخت خط لوله
375	4.22.1 مواد لوله
375	4.22.2 فولاد
376	4.22.3 چدن شکل پذیر
378	4.22.4 پلی اتیلن/پلی پروپیلن
378	4.22.5 حفاظت از لوله
378	4.22.6 پوشش دادن
379	4.22.7 پوشش محافظ
380	4.22.8 پوشش
380	4.22.9 Overbend خطوط لوله و
380	4.22.10 خط لوله روی غلتک ها
381	4.22.11 خط لوله بدون غلطک
381	4.22.12 Overbend
381	4.22.13 Ballasting بالاستینگ

382	4.23 موافقت ها :
383	4.23.1 تأیید قبل از عقب کشیدن خط لوله
383	4.23.2 تأییدات در طول فرایند عقب کشیدن
383	4.23.3 تأییدات پس از عقب کشیدن سیم لوله
384	4.24 مستندات
384	4.24.1 سوابق
385	4.24.1.1 سوابق حفاری
386	4.24.1.2 صورجلسات
386	4.24.1.3 اسناد مربوط به (As-built)
388	4.25 ضمیمه

فصل پنجم بررسی خطرات ایمنی پروژه های حفاری جهت دار افقی:

392	5.1 کلیات
393	5.2 بخش 1 مقدمه
398	5.3 بخش 2 مروری بر نظریه ها
398	5.3.1 ارزیابی ریسک ایمنی ساختمان Construction Safety Risk Assessment
400	5.3.2 ارزیابی ریسک ایمنی پروژه های عمرانی زیر زمینی
405	5.4 بخش 3: روش شناسی ارزیابی خطرات هیرارشیال HIRARCHIAL
405	5.4.1 شناسایی خطر:
406	5.4.2 تشخیص خطر پروژه های حفاری افقی جهت دار (H.D.D) بحرانی:
406	5.4.2.1 H ¹ - ضربه زدن به سایر خدمات:
407	5.4.2.2 F ¹ - تجربه کارگر درسایت (محل کار):
407	5.4.2.3 F ² - دقت مهندسی ابزار زیر سطحی: 1(SUE)
407	5.4.2.4 F ³ - نامناسب/نبود مکانیسم ارتباطی بین خدمه:
408	5.4.2.5 H ² - از حرکت بازداشتن/شکستن رشته مته/سر مته:
408	5.4.2.6 F ¹ - تجربه کارگر در محل کار:
409	5.4.2.7 F ⁴ - استفاده ابزار مستعمل در پروژه حفاری افقی جهت دار (H.D.D)
409	5.4.2.8 F ⁵ - فراتر رفتن از محدوده نیروی دکل حفاری:
409	5.4.2.9 H ³ - آسیب به کارگر:
410	5.4.2.10 F ¹ - تجربه کارگر در محل کار:
410	5.4.2.11 F ⁶ - نداشتن PPE (تجهیزات حفاظتی شخصی)

410	5.4.2.12 - F ^۷ پوشاک نامناسب برای شرایط کار:-----
411	5.4.2.13 - H ^۴ سقوط کارگران در گودالهای حفاری شده:-----
411	5.4.2.14 - F ^۱ تجربه کارگر در محل کار:-----
411	5.4.2.15 - F ^۳ نامناسب نبود مکانیسم ارتباطی بین خدمه-----
411	5.4.2.16 - F ^۸ عدم ایجاد مانع مناسب در اطراف چاله ها و پرتگاهها:-----
412	5.4.2.17 - F ^۹ رفتار و وضعیت کارگران در حین عملیات حفاری:-----
413	5.4.2.18 - F ^۲ دقت مهندسی ابزار زیر سطحی (SUE). Sub surface-----
414	5.4.2.19 شرح روش سلسله مراتبی ارزیابی ریسک-----
419	5.5 بخش 4: نتایج و تجزیه و تحلیل-----
419	5.5.1 مطالعه موردی 1: اندرسون ، SC. (Case Study ۱: Anderson, SC)-----
419	5.5.1.1 برنامه ریزی عملیاتی ساخت و ساز-----
422	5.5.1.2 چالش های ساختمانی-----
428	5.5.1.3 گردآوری داده ها-----
431	5.5.1.4 تحلیل و بررسی:-----
433	5.6 مطالعه موردی 2: بیمارستان زنان و کودکان AnMed Health ،-----
433	5.6.1 برنامه ریزی عملیاتی ساخت و ساز-----
436	5.6.2 چالش های ساختمانی-----
440	5.6.3 گردآوری داده ها-----
442	5.6.4 تحلیل و بررسی-----
445	5.7 نتیجه گیری و توصیه ها-----
446	5.7.1 محدودیت های مطالعه:-----
447	5.7.2 پیوست ها-----
454	واحدها و اختصارات-----
458	واژه نامه 1:-----
469	واژه نامه 2:-----
	نمونه مدارک :
484	چارت سازمانی:-----
485	Site Layout Plan-Entry-----
486	Site Layout Plan-Exit-----
487	HDD Plan & profile-----
488	Pipe String Alignment-----
489	Pull Head Design ۴۸-----

490-----	:Calculation Pull Head Design ٤٨
494-----	:Daily report
495-----	:Drill Report - Daily report
496-----	:Drill Report - Daily report ٢
497-----	:Drill Report - Drilling Fluid Log Format
498-----	:Drill Report – PILOT
499-----	:Drill Report – Pullback
500-----	:Drill Report – Reaming
501-----	:منابع و مأخذ:

فصل اول

انواع حفاری در صنعت نفت و گاز

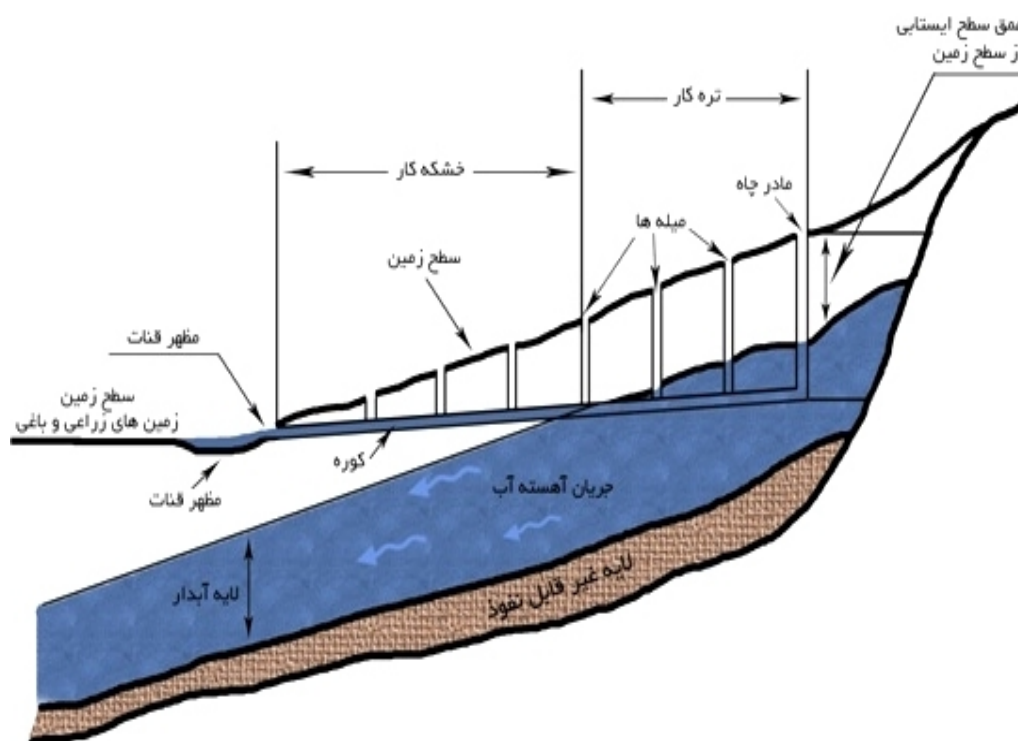
بخش اول: کلیات

1-1- مقدمه

در سالیان دور و در ایران باستان حفاری افقی به روش سنتی در حفر قنات ها و با تکنیک های بسیار هوشمندانه مورد استفاده قرار می گرفت که قدمتی در حدود شش هزار سال را داراست ، نکته قابل ذکر این است که این مهارت فوق العاده توسط افراد متخصص و با روش حفاری دستی صورت گرفته است.

تعریف قنات

قنات مجموعه ای است از چند میله و یک یا چند کوره (دهلیز یا کانال زیر زمینی) که با شیبی کمتر از شیب سطح زمین، آب موجود در لایه آبدار مناطق مرتفع زمین مثل رودخانه ها، مرداب ها و برکه ها را به کمک نیروی گرانش زمین و بدون کاربرد نیروی کشش و هیچ نوع انرژی الکتریکی یا حرارتی با جریان طبیعی جمع آوری می کند و به نقاط پست و کم ارتفاع می رساند. به عبارت دیگر قنات را می توان نوعی زهکش زیر زمینی دانست که آب جمع آوری شده توسط این زهکش به سطح زمین آورده می شود و به مصرف آبیاری یا آشامیدن می رسد.



1.1.2 تاریخچه قنات:

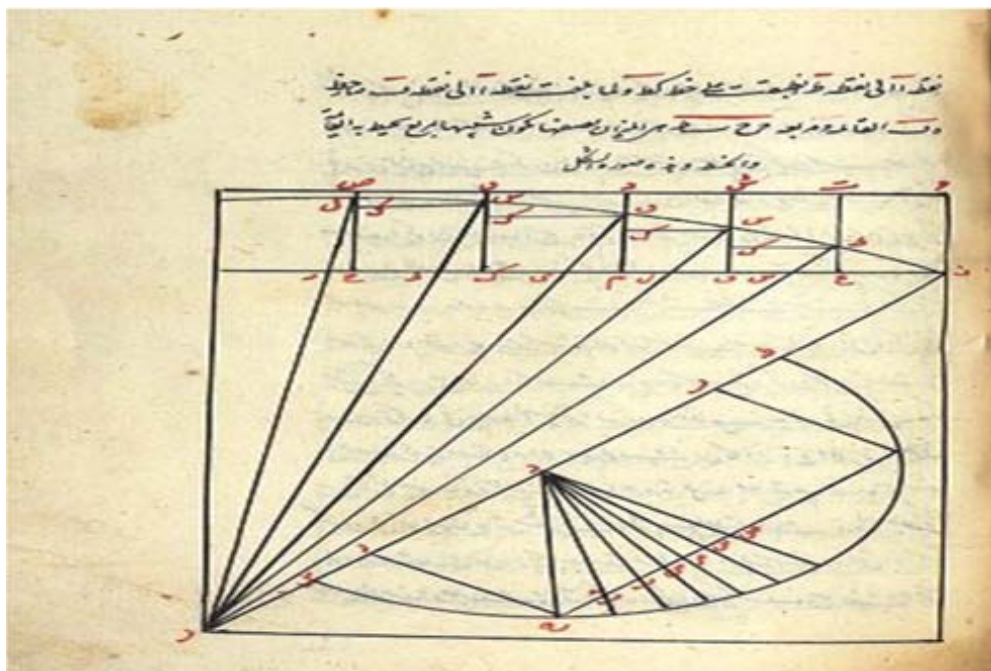
طبق نظر هانری گوبلو قنات در حدود 800 ق.م در شمال غربی ایران در مرکز ترکیه فعلی توسط معدنچیان برای استخراج آب معادن حفر گردید. این تکنیک کم کم مورد استفاده کشاورزان واقع شد و به سراسر فلات ایران گسترش یافت. در حدود 525 ق.م توسط ایرانیان به عمان و مسقط و شبه جزیره عربستان منتقل شد. حدود 500 ق.م توسط لشکر کشیهای ایرانیان این فن در مصر رواج یافت. با گسترش اسلام، شمال آفریقا با قنات آشنا شد و قنات یافوگا در حدود 750 میلادی توسط مسلمین در شهر مادرید پایتخت اسپانیا دایر گردید. در سال 1520 اسپانیاییها حفر قنات را در مکزیک آغاز کردند و از آنجا این تکنیک به لس آنجلس برده شد. در سال 1540 شهر پیکا در شیلی صاحب قنات گردید. گسترش قنات در شرق نیز قدمت طولانی دارد.

در کاوشهای سال 2014 آثار به جا مانده از قناتی در نزدیکی سد سیمره کشف شد که به هزاره سوم پیش از میلاد بر می گردد. در منطقه مکا که عمان امروزی است، قناتی از هزاره دوم پیش از میلاد کشف شده است. سارگون دوم در حمله خود به حوالی دریاچه ارومیه در اوایل قرن هفتم پیش از میلاد از یک قنات نام برده است. در سال 2003 پس از زلزله بم یک قنات کشف شد که بیش از 2000 سال عمر دارد و در اواخر دوره هخامنشی حفر شده بود. قنات قصبه گناباد که همچنان فعال است در دوره هخامنشی ساخته

شده است. از دوره هخامنشی به بعد استفاده از قنات بسیار رواج یافت و این شاید یکی از برگهای برنده هخامنشیان در مقابل مادها بود زیرا آنها با استفاده از قنات می توانستند سرزمینهای کشاورزی و در نتیجه مردم بیشتری را در اختیار داشته باشند. هرودوت هم در ظهور هخامنشیان به فعالیتهای کشاورزی آنها اشاره کرده است. سیلاکس فرمانده نظامی داریوش اول در فتح مصر ساخت یک قنات را در مصر در 518 پ م به پایان می رساند. سایر قناتهای مصر و سوریه در دوره رومیان ساخته شده است.

آشنایی هخامنشیان با تکنولوژی حفر تونل را در حملات نظامی نیز می بینیم. هخامنشیان در حملات خود به شهرهایی که دیوار دفاعی داشتند از حفر تونل در زیر دیوار استفاده می کردند تا به درون شهر یا قلعه دسترسی پیدا کنند. این نوع تونلهای نظامی در حملاتی به مناطقی در ترکیه و قبرس ثبت شده است.

پولیبیوس یونانی در قرن دوم پیش از میلاد قناتی را در یکی از صحراهای پارس شرح داده است و گفته ایرانیان به صورت مرموزی آب را به سطح زمین می رسانند. ویتروویوس در کتاب خود در 80 پ م ساخت قنات را از نظر تکنیکی توضیح داده است. جمعی از نویسندگان به درخواست عبدالله بن طاهر خراسانی در قرن هشتم قمری کتاب قونی را نوشته اند و در آن ساخت قنات را شرح داده اند. حسن بن حاسب در 1010 میلادی در کتاب استخراج آبهای پنهانی روش ساخت و نگه داری قنات را شرح داده است.



طولانی ترین قنات ایران قنات (زارچ) یزد با طول 100 کیلومتر و تعداد چاههای آن 2115 حلقه است.

عجیب ترین قنات ایران قنات دو طبقه (مون) اردستان است که حدود 800 سال پیش احداث شده است. این قنات چاههای مشترک ولی مادر چاهها و مظهر متفاوت دارد.

پر آب ترین قنات ایران، قنات اکبرآباد فسا است و قدیمی ترین قنات ایران، قنات ابراهیم آباد اراک می باشد. این قنات چاههای مشترک ولی مادر چاهها و مظهر متفاوت دارد. قنات های تهران و ری که دشت ورامین را آبیاری می کردند تا 30 سال قبل جزء پر آب ترین قنات های دنیا بودند ولی در 20 سال گذشته به دلیل تخریب مادرچاهها و عدم لایروبی رونق افتاده اند

تاریخ حفر این قنات ها به دوره ی صفوی و قاجاریه برمی گردد. در تهران حدود 300 قنات وجود دارد که بعضی از آن ها یک دیگر را به صورت ضربدری قطع می کنند قنات های تهران در منطقه ی محمود آباد به دلیل خاک برداری های زیاد کوره پزخانه ها و به دلیل عمق کم، به صورت روباز مسیر خود را تا ورامین ادامه می دهند.

در حال حاضر در ایران حدود 40000 قنات به طول 272000 کیلومتر وجود دارد که فقط در استان خراسان 7230 رشته قنات با آب دهی 1/850/000/000 سانتی مترمکعب در ثانیه وجود دارد یعنی 9 برابر ذخیره ی سد کرج و 140 برابر ذخیره ی سد طرق. در تهران، دست کم 300 رشته قنات شناخته شده، خفته اند که طول بعضی از آن ها به 18000 متر می رسد.

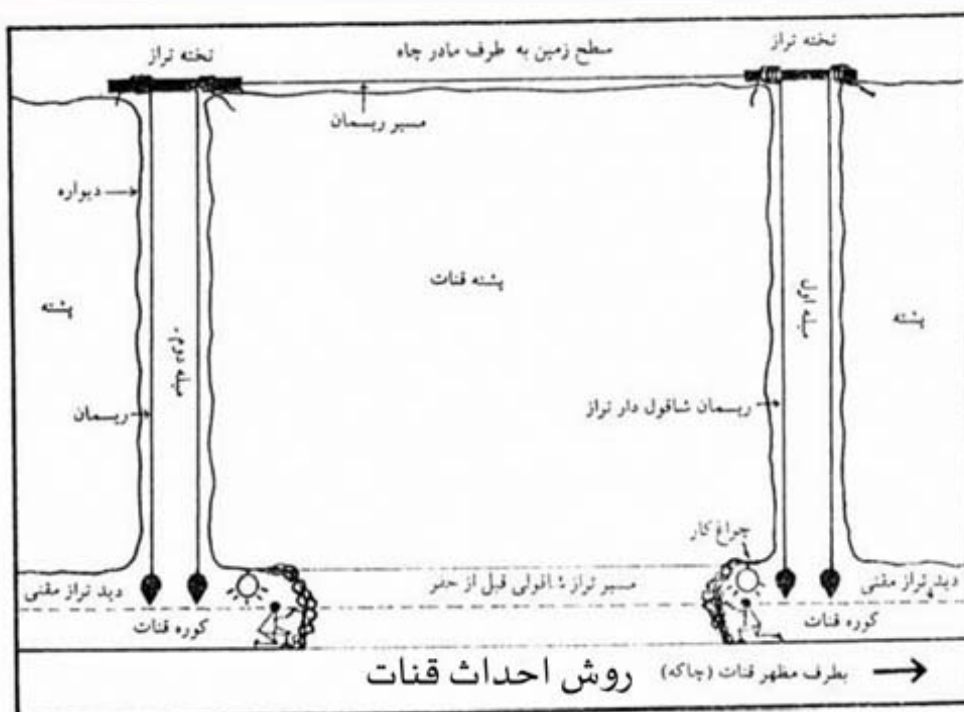
1.1.3 ساختمان و مشخصات قنات:



یکی از ویژگی های منحصر به فرد کاریزها، روش کار آن ها است که بدون استفاده از هیچ ابزاری تنها با استفاده از نیروی ثقل یا گرانش، آب را از زیرزمین به سطح آن می رساند. قنات ها در طول سال پر از آب هستند و به طور دائم در حال پر شدن می باشند. بخش عمده آبراه قنات در زیرزمین واقع شده و همین عامل باعث می شود تبخیر و نفوذ آب در خاک کاهش یابد. محل خروج کاریز به سطح زمین را دهانه یا هرنج قنات می گویند که از یک آبراه زیرزمینی با شیب طولی تشکیل شده است، دهانه قنات چندین چاه عمودی زیرزمینی را به هم و به سطح زمین مرتبط می کند. این دهانه و چاه های زیرزمینی علاوه بر اینکه آب های زیرزمینی را به روی زمین منتقل می کنند، باعث تهویه کانال های زیرزمینی می شوند و برای لایروبی، تعمیر و بازدید از داخل کاریز نیز به کار می روند.

به محل خروج آب قنات، پایاب کاریز نام دارد. حفر قنات با کندن چاه مادر یا چاهی که آب غنی دارد، شروع می شد. برای انتقال و جابه جایی منابع آبی چاه مادر به سطح زمین باید آبراه هایی حفر می کردند. برای اینکه مقنن بتواند در زیرزمین کانال ها را حفر کند و دچار خفگی نشود، کانال و چاه ها را به صورت عمودی جهت تهویه هوا حفر می کردند. چاه های حفر شده نباید دارای پیچ و خم باشند، برای قرارگیری چاه های قنات در یک راستا از روش راستی استفاده می کردند. در این عمل دو تکه سنگ شاقول را به دو طناب به اندازه ارتفاع چاه بسته و به عمق چاه می فرستادند، در ابتدا کارگر پشته سمت چپ شاقول را نگه می داشت و یک چراغ کاربیت یا مندو نیز در انتهای پشته قرار می داد. کارگر یکی از چشمان خود را می بست و با چشم دیگر دقت می کرد که آیا شاقول با نور چراغ در یک راستا قرار گرفته است یا نه.

در دوران باستان از چراغ مندو یا کاربیت برای کار در عمق قنات استفاده می شد، البته بعد ها از چراغ پیه سوز نیز استفاده شد اما این چراغ در عمق زیاد خاموش می شد. کلنگ یک سر یکی از اصلی ترین وسیله های حفر کاریز به شمار می رود و انواع مختلفی از آن وجود دارد. برای محل هایی که سنگ وجود داشت یا خاک بسیار سفت بود از کلنگ یک سر گت (کند) و برای خاک های شل و نرم یا گلی از کلنگ یک سر تیز استفاده می شد. طول یک رشته کاریز در میزان آبدهی قنات مؤثر است و نسبت به شرایط طبیعی مانند شیب زمین و عمق چاه مادر، طول آن متفاوت است. سطح آب های زیرزمینی هرچه پایین تر باشد، عمق چاه مادر نیز عمیق تر خواهد بود. می توان مهم ترین عامل تعیین کننده طول کاریز را شیب زمین دانست، هرچه شیب زمین کمتر باشد طول قنات بیشتر و هرچه شیب بیشتر باشد طول قنات کمتر خواهد بود.



روش ساخت قنات در طول چند هزاره زیاد تغییر نکرده است. اولین قدم، شناسایی آب در بالادست است که معمولاً در پای کوه و ابتدای دشت قرار دارد. محل این آب زیر زمینی با پیمایش سطحی توسط افراد خبره انجام می شود. سپس با حفر چاههای آزمایشی آنرا امتحان می کنند تا از پایداری آن مطمئن شوند. سپس مقنی ها حفر چاه مادر قنات را شروع می کنند. چاه مادر معمولاً یک متر قطر دارد. اگر مقنی ها خوش شانس باشند در عمق پایین تر از 16 متری به آب می رسند اما گاهی تا عمق صد متری نیز پایین می روند. حفاری باید در پاییز انجام شود که فصل کم آبی است و این امکان را می دهد تا چاه هر چه عمیق تر کنده شود.

مرحله بعدی پس از تعیین محل چاه مادر محاسبه مسیر و شیب کانال قنات بر پایه محل خروجی قنات است. شیب کانال قنات معمولاً 1 به 1500 است. اگر شیب کمتر باشد گندآب ایجاد می شود و اگر بیشتر باشد جریان آب باعث خوردگی می شود و قنات ریزش می کند. کنترل شیب توسط ریسمان و شاقول انجام می شود.



در ابتدا توسط ریسمان، عمق چاه مادر محاسبه می شود. ارتفاع چاههای بعدی در کاغذ حساب می شود و عمق چاهها در حین حفاری مرتبا با ریسمان کنترل می شود. سختی کار در این است که برای محاسبه عمق چاههای بعدی باید اختلاف ارتفاع سطح زمین نیز در نظر گرفته شود.

حفاری کانال قنات از محل خروجی قنات شروع می شود زیرا در صورتی که آب به تونل بیفتد، شیب تونل باعث تخلیه آنمی شود و حفاری می تواند در سر تونل ادامه یابد. محل خروجی قنات معمولا میدان شهر یا روستا یا زمین کشاورزی فردی است که هزینه ساخت قنات را پرداخت میکند. درون کانال در محل خروجی آب معمولا سنگفرش می شود تا در مقابل طوفان دوام بیشتری داشته باشد. راهروی قنات معمولا کمتر از یک متر عرف و یک و نیم متر ارتفاع دارد.

مسئله بعدی تعیین امتداد مسیر است. این کار توسط دو چراغ روغنی انجام می شده است. از روی زمین امتداد مسیر تا چاه مادر مشخص است. در این امتداد ریسمانی روی زمین گذاشته می شود. با اختلاف یک متر روی این ریسمان دو علامت زده می شود و در زیر این دو علامت یک چاه تخلیه کنده می شود. پس از حفر چاه به عمق محاسبه شده دو چراغ نفتی دقیقا در زیر دو علامت به ته چاه انتقال داده می شوند. این دو چراغ مه در ته چاه قرار می گیرند دقیقا در امتداد مسیر قنات هستند و مقنی ها که حفاری کانال را شروع می کنند مرتبا خود را با این دو چراغ می سنجند. آنها باید امتداد مسیر حفاری خود را با چراغ یکی کنند. برای این کار با یک چشم از وسط راهرو به چراغها نگاه می کنند. اگر امتداد کانال درست باشد باید دو چراغ را روی هم به صورت یک نقطه ببینند. اگر کانال منحرف شده باشد دو چراغ به صورت دو نور مجزایده می شوند و مقنی می تواند بفهمد چگونه باید مسیر را اصلاح کند.

نخاله حفاری در سطلهای چرمی از نزدیکترین چاه توسط چرخ چاه خارج و در کنار دهانه چاه تخلیه می شود. یک مقنی در سر تونل به حفاری ادامه می دهد و فرد دیگری مرتباً مسیر تونل را پیمایش می کند تا سطلهای خاک را به نزدیکترین چاه برساند و از آنجا آنها را تخلیه کند. به این ترتیب اگر مسیر قنات را از آسمان نگاه کنید سوراخهایی در زمین در یک امتداد دیده می شوند. تپه کوچکی که در کنار هر چاه درست می شود از ورود آلودگی سطح زمین به قنات جلوگیری می کند.



وقتی تونل در خاک بکر و محکم حفر می شود نیازی به استحکام ندارد ولی خاک دستی، رسی و ناپایدار باعث ریزش سقف تونل می شود. با این شرایط باید قطعاتی در تونل کار گذاشته شود تا از ریزش آن جلوگیری کند.



از قطعات بتنی در تحکیم راهروی قنات استفاده شده است.

کیفیت اکسیژن درون تونل با رنگ شعله چراغ روغنی کنترل می شود. هر وقت رنگ شعله غیرعادی باشد مقنی ها تونل را ترک می کنند تا از گاز گرفتگی کشته نشوند. در این صورت یک چاه عمودی به کانال در حال حفاری حفر می شود تا گاز تخلیه شود.

معمولا در کنار خروجی قنات یک استخر نیز ساخته می شود تا آب قنات را در خود نگه دارد تا در موقع لزوم از آن استفاده شود.

در برخی موارد وقتی آب قنات به مصرف کشاورزی می رسد آنرا گل آلود می کنند تا نفوذ کمتری به زمین داشته باشد و مسافت بیشتری را طی کند. با این روش هوشمندانه حجم هدردهی آب در جوی کمتر می شد.

حفاری جهت دار برای اولین بار در سال 1929 با ساخت دستگاه‌های دقیق اندازه‌گیری زاویه چاه، مورد توجه قرار گرفت. در اوایل دهه 1930 اولین چاه جهت دار در خلیج هانتینگتون، کالیفرنیا حفاری شد. به تدریج با توسعه میدان نفتی خلیج هانتینگتون و حفر دو حلقه چاه جهت دار دیگر، چاه‌هایی به دست آمد، که میزان تولید بیشتری داشتند.

حفاری جهت دار تا سال 1934 طرفداران چندانی نداشت، تا این که در این سال یک چاه در کنرو، تگزاس دچار فوران شد. در این هنگام پیشنهاد شد با حفر یک چاه جهت دار، برای برخورد با چاه اول و پمپ گل به درون آن، مانع از ادامه فوران شوند. با انجام موفقیت‌آمیز این پروژه، حفاری جهت دار به عنوان راه حلی برای مسائل دشوار و دستیابی به مخازن پیچیده از سوی شرکت‌های حفاری، مورد استقبال قرار گرفت.

امروزه، با توجه به بالا بودن هزینه‌های جاری برای تولید و استخراج نفت و گاز، حفاری جهت دار به عنوان یک ضرورت جلوه می‌کند. می‌توان گفت مهم‌ترین خصوصیت این روش آن است که تولیدکنندگان را در سراسر جهان قادر می‌سازد از مخازنی برداشت نمایند، که برداشت از آن‌ها از نظر اقتصادی با هیچ روش دیگری امکان‌پذیر نیست.

توسعه و پیشرفت در موتورهای گل حفاری را می‌توان از مهم‌ترین عوامل در پیشرفت حفاری جهت دار دانست. هم چنین ساخت دستگاه‌های موقعیت سنج با دقت بالا، به توسعه این بخش کمک شایانی نموده‌است. هم اکنون، دستگاه‌های هدایت گر پیشرفته به عنوان وسایلی برای جهت دهی به موتورهای گل جایگزین وسایل موقعیت سنج قدیمی شده‌اند. این دستگاه‌ها به وسیله کابل به درون لوله حفاری رانده شده و پس از قرارگرفتن در جای مناسب و گذشتن از فواصل معین، اطلاعات را به سطح زمین می‌فرستند.

قبل از ابداع ماشین ¹H.D.D عملیات حفاری در پروژه‌های خط لوله نفت، گاز و آب به روش بورینگ² و پایپ جکینگ³ صورت می‌گرفته که هم اکنون نیز در بسیاری از پروژه‌ها جهت عبور از زیر موانع همچون جاده، ریل آهن، کابل‌های فشار قوی روکش دار برق، رودخانه‌ها و ... از تکنیک‌های فوق الذکر استفاده می‌شود. هم اکنون روش‌های جدید حفاری افقی جهت دار (H.D.D)، تونلینگ⁴ و میکروتونلینگ⁵ که برای عبور از موانع، انتقال آب‌های سطحی و خیلی کاربردهای دیگر مناسب است، در حال اجرا هستند.

به طور کلی دو روش عمده برای موانع (تقاطع‌ها) وجود دارد. روش اول که بسیار متداول می‌باشد روش ترانشه باز بوده و روش دوم روش‌های بدون حفر ترانشه می‌باشد. یکی از روش‌های اجرای بدون حفر ترانشه، احداث نقب‌های سنتی بوده و روش دیگر استفاده از دستگاه‌های حفار میکروتونل و پایپ جکینگ است. استفاده از تجهیزات میکروتونلینگ و پایپ جکینگ دارای نکات برجسته‌ای بوده که عمده موارد آن به شرح زیر می‌باشد:

- نداشتن مزاحمت ترافیکی در منطقه اجرای عملیات
- نداشتن مزاحمت اجتماعی برای مردم و جلوگیری از ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی و گرد و خاک
- امنیت کامل ترافیکی و مردمی در محدوده خیابان‌های اجرای طرح (در این روش بدلیل عدم حفاری

¹ Horizontal Directional Drill

² Boring

³ Pipe Jacking

⁴ Tunneling

⁵ Micro Tunneling

ترانشه خطر سقوط اتومبیل ها و مردم به محل نصب لوله از بین رفته و ریزش خاک و دیواره های ترانشه و متعاقباً تأسیسات شهری وجود ندارد

- عدم تخریب آسفالت خیابانها و حفظ اموال عمومی
- حفظ یکدستی و یکنواختی سطح آسفالت سواره روها و جلوگیری از آسیب به سیستم تعلیق و جلوبندی خودروها و حفظ سرمایه های ملی
- برقراری و روانی امور جاری کسبه محلی و جلوگیری از ایجاد خسارت به کسب روزمره آنها
- حفظ بافت طبیعی خاک به دلیل حفاری در ابعاد مورد نیاز لوله و جلوگیری از نشستهای بعدی

1.2. بخش 2 معرفی سیستم پایپ جکینگ

پایپ جکینگ روشی برای نصب خطوط لوله های زیرزمینی بدون ایجاد مزاحمت برای تأسیسات روزمینی و قطع ترافیک عبوری از سطح زمین می باشد. این روش برای نصب لوله های بتنی به منظور زه کشی آب های سطحی و یا شبکه فاضلاب شهری و یا عبور از تقاطع ها در خطوط انتقال گاز و نفت در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. روش مذکور اولین بار در اواخر دهه 1920 برای جک نمودن لوله های بتنی مورد استفاده قرار گرفت. روش پایپ جکینگ یک شیوهی بسیار مناسب و اقتصادی برای مسیرهای کوتاه خط لوله (فواصل حدود 150 متر بین ایستگاههای استقرار جک) و جهت عبور خط لوله از زیر تأسیسات شهری، راههای اصلی، راه آهن و خاکریزها می باشد که در مقایسه با روش های حفاری ترانشه روباز هم اقتصادی تر (بدلیل عدم نیاز به قطع ترافیک و حجم خاکبرداری کمتر) و هم امن تر (عدم نیاز به حفاظت ترانشه) می باشد. امروزه بدلیل افزایش تراکم ساختمان ها و تأسیسات شهری و ترافیک موتوری ناشی از گسترش شهرها و افزایش جمعیت شهرنشینی این روش نصب به عنوان یک راه حل اقتصادی و مناسب جایگزین روش های سنتی نصب لوله که همان حفاری ترانشه باز می باشد، باب گردیده است. این روش یک خط لوله انعطاف پذیر، مقاوم و آب بند همانند یک تونل ایجاد می کند.

اصول اولیه این روش همراه با جزئیات آن، ابتدا توسط انجمن پایپ جکینگ آمریکا (APJ) در سال 1941 و پس از آن توسط افراد مختلف ارائه گردید. امروزه تکنولوژی پیشرفته ای جهت نصب لوله های بتنی به قطرهای 1000 mm تا 4000 mm به روش پایپ جکینگ و در زمین های با شرایط و جنس خاک متفاوت، در طول های مختلف به کار گرفته می شود.