

قنات و نقشه برداری در آن

فرشید کاویانی زاده^۱، محمدجواد سلیمانی^۲

۱. دانشجوی رشته نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دزفول، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، صندوق پستی: ۶۴۶۱۵-۳۳۴

۲. دانشجوی رشته نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دزفول، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، صندوق پستی: ۶۴۶۱۵-۳۳۴

چکیده

با توجه به این که بخش زیادی از زمین های کشور ایران به دلیل کمبود آب قابل کشاورزی نیستند می توان آب های زیر زمینی را از کوهپایه ها به مناطق کویری به منظور کشاورزی و تامین آب شرب انتقال داد. یکی از شیوه ای انتقال آب استفاده از قنات است که برای حفر آن نیاز به تراز یابی و مسیر یابی می باشد از این رو می توان از علم و تکنیک نقشه برداری استفاده کرد. در گذشته قنات نقش کلیدی و مؤثری در نظام اقتصادی و حیات اجتماعی کشور داشته است و موجب شکوفایی اقتصاد کشاورزی و ایجاد کار و فعالیت های متعدد شهری و روستایی بوده است.

واژه های کلیدی: قنات، نقشه برداری، زیرزمین، کاریز، حفر قنات، تراز یابی، مسیریابی، جهت یابی

۱- ابداع و تاریخچه قنات

در گذشته یکی از بزرگترین موانعی که بر سر راه معدنچیان وجود داشت وجود آبهای زیر زمینی در معادن بود و همین امر آنها را به جستجوی روشی برای استخراج آب اضافی معادن و پایین آوردن سطح آب زیر زمینی وا داشت. سرانجام معدنچیان با ایجاد دهلیزهای زیر زمینی با شیبی کمتر از شیب سطح زمین، موفق به خارج کردن آب اضافی شدند. پس از ایجاد قنات اولیه توسط معدنچیان آب حاصل به شکل استخر یا برکه در پای کوهپایه ها جمع می شد. به علت فراوانی منابع آب در آن زمان (چشمه، رودخانه) این آب توسط بشر اولیه مورد استفاده واقع نشد.

ایرانیان اولین کسانی بودند که به منظور کشاورزی و استفاده از آب قنات در کوهپایه ها سکنی گزیدند. با گذشت زمان و رواج کشاورزی به تدریج کشاورزان با معدنچیان ارتباطی صلح آمیز برقرار کردند

و از آنها خواستند تا برایشان قنات های بیشتری حفر کنند. به این ترتیب معدنچیان تغییر شغل داده و به معدنچیان آب تبدیل شدند. سرانجام در این زمان قنات به معنای امروزی پا به عرصه ی وجود نهاد و بشر با در هم شکستن حصار سفرهای آبهای زیر زمینی به نبرد با کویر به منظور فتح و نابودی آن پرداخت.

۲- تعاریف 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 ثقل 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.

۲-۱- معنی لغوی و اصطلاح کاریز و قنات:

- کاریز کلمه ای پارسی و قنات کلمه ی پارسی معرب شده است. قنات خود عربی شده ی قنات فارسی است که از ریشه ی فعل کندن گرفته شده است.
- پس از پایان حفر قنات و آماده سازی آن، برای آنکه به درستی و مناسب بودن شیب کف کوره قنات پی ببرند در ابتدای قنات مقداری گاه می ریختند تا بدین صورت سرعت آب قنات را بدست آورند. به همین علت قنات را گاه ریز نامیدند و به مرور زمان به نامهایی چون کهریز و کاریز، گاه رز و... تبدیل شده است.

۳- ساختار قنات

۳-۱- راهرو:

راهرو و یا تونل قنات مجرایی است تقریباً افقی که برای دسترسی به آب سفره های زیرزمینی و انتقال این آب به سطح زمین حفر می شود. ابعاد این راهرو به گونه ای است که کارگران بتوانند در آن به راحتی جا به جا شده و فعالیت نمایند ارتفاع آن حدود ۹۰ تا ۱۵۰ سانتی متر و عرض آن کمتر از نصف ارتفاع آن است.

۳-۲- خروجی قنات:

محلّی که راهرو قنات و سطح زمین به یکدیگر برسند را خروجی قنات می نامند که به آن مظهر نیز گفته می شود یعنی محلّی که آب ظاهر می شود.

۳-۳- میله چاه:

چاه هایی عمودی هستند که تا راهروی قنات برای اتصال سطح زمین با راهروی افقی قنات ادامه پیدا کرده اند. کاربرد اصلی این چاهها تخلیه خاک حاصل از کندن راهرو قنات به سطح زمین می باشد. آنها همچنین به تهویه راهرو قنات و تأمین اکسیژن بیشتر برای کارگران کمک می کنند. این چاهها با فراهم آوردن امکانی جهت ارسال امکانات و ابزار مورد نیاز و تخلیه ضایعات نقش مهمی را در مرمت و بازسازی

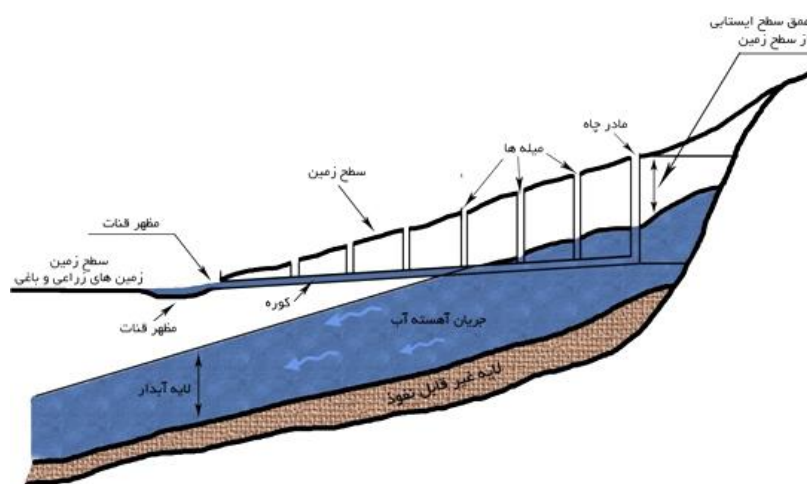
قنات ایفا می کنند. میله چاه ها باعث کاهش زمان موردنیاز برای ساخت و ساز و یا تعمیر قنات، و کاهش هزینه های مربوط به آن می شوند. قطر این میله چاهها بین ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی متر است و فواصل بین آنها بین ۲۰ تا ۲۰۰ متر است.

۴-۳- مادر چاه:

به دورترین میله چاه از خروجی قنات که در نقاط بالادست حفر شده است مادرچاه گفته می شود. مادر چاه عمیق ترین چاه می باشد که جریان زیاد آب در آن نشان دهنده آبدهی خوب قنات می باشد. اگر سطح آب به زیر مادرچاه برسد دیگر آبی در راهرو قنات جریان پیدا نمی کند و قنات کم کم خشک می شود. اگر قنات گسترش یابد و نیاز به حفر چاه جدید باشد، چاه جدید به عنوان مادرچاه در نظر گرفته می شود و مادرچاه قبلی به عنوان یکی از میله چاههای عمیق محسوب می شود.

۴-۳-۵- مزرعه:

مزرعه به منطقه زیر کشتی که پایین تر از خروجی قنات قرار دارد و از آب آن قنات مشروب می شود. وسعت این منطقه به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله آبدهی قنات، کیفیت خاک، نفوذپذیری خاک، آب و هوای محلی و غیره. اگر میزان جریان آب در خروجی قنات کافی نباشد، برای افزایش حجم آن، آن را در استخری ذخیره می کنند تا با سرعت و جریان بالاتری برای آبیاری مزارع استفاده شود.



شکل ۱. ساختار قنات

۴- مقدمات حفر قنات

برای حفر یک قنات ابتدا مقنی به شناسایی یک سفره ی آب عمیق می پردازد که شرایط لازم برای حفر قنات را داشته باشد. با توجه به سختی کارهای لازم برای احداث قنات، معمولاً آن را در مناطقی حفر می کنند که دارای اقلیم کم آب و خشک هستند و با توجه به این که این کم آبی اقلیم باید از طریق سفره های زیر زمینی جبران شود معمولاً سعی در یافتن سفره های دائمی و بزرگ می شود. سفره های عمیق زیر زمینی هستند که آب آنها تنها از طریق حفر قنات یا چاه عمیق امکان پذیر است. البته این سفره های آب زیر زمینی تنها زمانی قابل استفاده هستند که به طور مرتب و به اندازه

کافی تغذیه شود و این در شرایطی ممکن است که یک سری رشته کوه با ارتفاعی به اندازه مناسب که مانع عبور ابرهای باران را شود موجود باشد. بنابر این محل ایده آل در قسمت کوهپایه ها قرار دارد جایی که نزولات آسمانی به حد اکثر می رسد و سیلاب ها جمع می شود و همچنین قشر و لایه های خاک آن بسیار نفوذ پذیر باشد.

از دیگر شرایط حفر یک قنات وجود یک شیب از طرف سطح آب سفره زیر زمینی به سوی رشته های پایین سمت کوهپایه است تا به این صورت آب های سفره ی زیر زمینی امکان جاری شدن و به قول محلی سوار شدن بر دشت را داشته باشد. بنابراین اولین مسئله در احداث یک قنات تشخیص سفره آب زیر زمینی است. معمولاً برای یافتن سفره ی زیر زمینی مقنی با دو حالت مواجه است. در حالت اول مقنی از سفره ی آب زیر زمینی که قبلاً یک قنات اولیه از آن استخراج شده است و دارای ظرفیت حجمی و آبی زیادی است قنات دیگری حفر می کند.

اما در حالت دوم مقنی مجبور به یافتن سفره ی آب زیر زمینی مناسب است که معمولاً مقنی های کارکشته و با تجربه بر حسب تجربه و شناخت از طبیعت این کار را انجام می دهند.

معمولاً در مناطق مرتفعی که آب به صورت چشمه یا مانداب مشاهده می شود سطح آب زیر زمینی بالا است، از این رو مقنی به یافتن چنین مناطقی می پردازد. البته به نظر می رسد اندیشه و جرقه ی ابداع قنات های اولیه از چشمه ها نشات گرفته باشد. زیرا با فرا رسیدن خشکسالی و پایین آمدن سطح آبهای زیر زمینی، بشر برای یافتن آب در محل چشمه های خشکیده زمین را حفر می کرده است. همچنین پس از رسیدن به آب، بوسیله ی یک کانال کوچک در مسیر شیب زمین آن را به طرف سطح زمین هدایت می کرده است.

امروزه از روش های زمین شناسی و شناسایی از بالا به وسیله ی عکس های هوایی تهیه شده توسط هواپیما یا ماهواره و همچنین تکنیک های ژئوفیزیکی می توان برای یافتن آب های زیر زمینی استفاده کرد.

۵- طریقه سنتی حفر قنات

۵-۱- گمانه زنی

اولین مرحله حفر قنات، حفر یک یا چند حلقه چاه (حداکثر ۴ نقطه) در نقاطی با فواصل ۳۰۰ الی ۵۰۰ متر و در یک مسیر است که در آن نقاط احتمال وجود آب میرود. این نقاط نزدیک به هم و در منتهی الیه کوره قنات که در نظر است قنات تا آنجا امتداد داشته باشد قرار دارند. به این حلقه چاه ها، گمانه چاه گفته میشود و به عملیات حفر این چاه ها گمانه زنی گویند. نقاط فوق الذکر معمولاً در بالادست زمینهای آبرفتی و احتمالاً دهانه دره های کوهستانی خشک واقع است. تجربه مقدر یا مقنی، با توجه به نوع زمین، رنگ خاک، تغییر ولو اندک در پوشش گیاهی و خیره، بهترین راهنمای وی در یافتن این نقاط است. هنگامی که آب در ته چاه پدیدار می شود حفر کوره قنات می تواند آغاز شود. با این همه ضروری است چند روزی صبر کرد تا سطح آب در چاه تثبیت شود، چرا که این سطح یکی داده های مهم برای ادامه عملیات است

با حفر چاه های گمانه نتایج ذیل به دست می آید:

۱. تعیین ژرفای آب زیرزمینی در نقاطی که چاههای گمانه حفر شده اند.

۲. تعیین شیب آبی بین چهارمین و اولین چاه گمانه.

۳. تعیین جنس لایه های خاک که اگر بسیار سخت باشد، مسیر قنات را به علت پیش بینی هزینه زیاد عوض می کند.

۴. تعیین مقدار بده قنات با توجه به شیب آبی و جنس خاک.

پس از حفر مادر چاه مقنی با توجه به عمق و میزان آب آن به بررسی ارزش قنات می پردازد و در صورتی که حفر آن توجیه اقتصادی داشت حفر قنات به معنای واقعی را آغاز می کند و عملیات ترازکشی آغاز می شود.

۲-۵- ترازبایی

قبل از آنکه محل دقیق ابتدای دهلیز قنات (مظهر) مشخص شود، مقنی مناطقی که این نقطه ممکن است در آن انتخاب شود را با توجه به سطح آب ایستایی در مادر چاه و میزان شیب سطح زمین مشخص می کند (یعنی نقاطی را که با سطح آب ایستایی هم ارتفاع هستند) سپس با توجه به شرایط اقلیمی و حاصلخیزی خاک بهترین نقطه را به عنوان مظهر قنات انتخاب می کند. بنابراین مقنی می بایست به ترازبایی پردازد. این کار در گذشته به دو روش انجام می گرفته است که ما در اینجا به هر دو روش می پردازیم.

الف- روش اول ترازبایی

این روش از این قرار است که در ابتدا به انتهای یک نخ وزنه ای می بستند و آن را در چاه گمانه می انداختند سپس در حالی که وزنه در کف چاه قرار داشت نخ را قدری می کشیدند تا به صورت قائم قرار گیرد. بعد نقطه ای از نخ را که در راستای سطح زمین در بالای مادر چاه قرار می گرفت را گره می زدند. در نتیجه به این صورت عمق مادر چاه را تخمین میزدند. سپس نخ دیگری را مرطوب می کردند و محکم می کشیدند تا خوب کش بیاید و بعد یک سر آن را در روی زمین در سطح گمانه قرار می دادند و سر دیگر آن را در راستای حفر قنات تا جایی که طول نخ اجازه می داد خوب می کشیدند سپس با قرار دادن یک قطره آب روی نخ سعی می کردند تا نخ به صورت کاملاً افقی قرار گیرد. به این صورت که قطره آب با توجه به قانون جاذبه به سمتی متمایل می شود که پایین تر است به این ترتیب سر آزاد نخ را آنقدر بالا و پایین می کردند تا قطره آب به حالت ساکن قرار می گرفت.

پس از تراز شدن نخ فاصله ی بین سطح زمین و نخ را اندازه گیری می کردند که این فاصله برابر با اختلاف ارتفاع بین سطح زمین در آن نقطه و مادر چاه است. سپس این فاصله را روی نخ اول منتقل می کردند و این کار را آنقدر ادامه می دادند که مجموع این اختلاف ارتفاعات با طول نخ اول برابر شود. بعد مقدار اختلاف ارتفاع ناشی از شیب مربوط به خود کوره (دهلیز) قنات را محاسبه می نمودند و از طریق آن نقطه ای را که اختلاف ارتفاع آن با مادر چاه برابر با مجموع زیر می بوده است را از طریق تراز یابی بدست می آوردند و آن را به عنوان مظهر قنات مشخص می کردند.

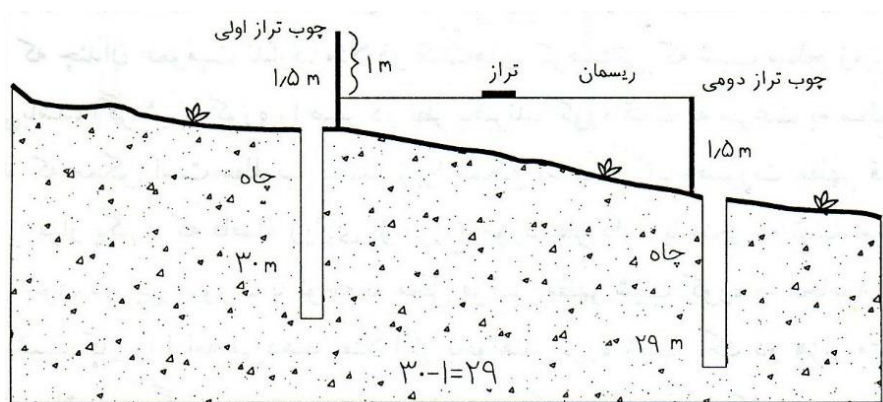
$$(m \times d) + H = \Delta h$$

Δh : برابر با اختلاف ارتفاع بین مظهر و مادر چاه است

m : شیب کوره قنات

d : فاصله طولی مظهر تا مادر چاه

H : طول نخ اول یا عمق مادر چاه



شکل ۲. روش اول تراز یابی

ب- روش دوم تراز یابی

ابتدا در این روش همانند روش قبل عمق مادر چاه را بدست می آورند ولی از روش دیگری برای تراز یابی و یافتن مظهر استفاده می شده است.

در این روش از یک لوزی که از چهار قطعه چوب با طول های برابر ساخته می شده است برای تراز یابی استفاده می کردند. بر اساس یکی از قضایای ریاضی ثابت می شود که اقطار لوزی بر هم عمود هستند. در گذشته از همین اصل برای تراز یابی استفاده می شده است. به این ترتیب که پس از ساختن یک لوزی به

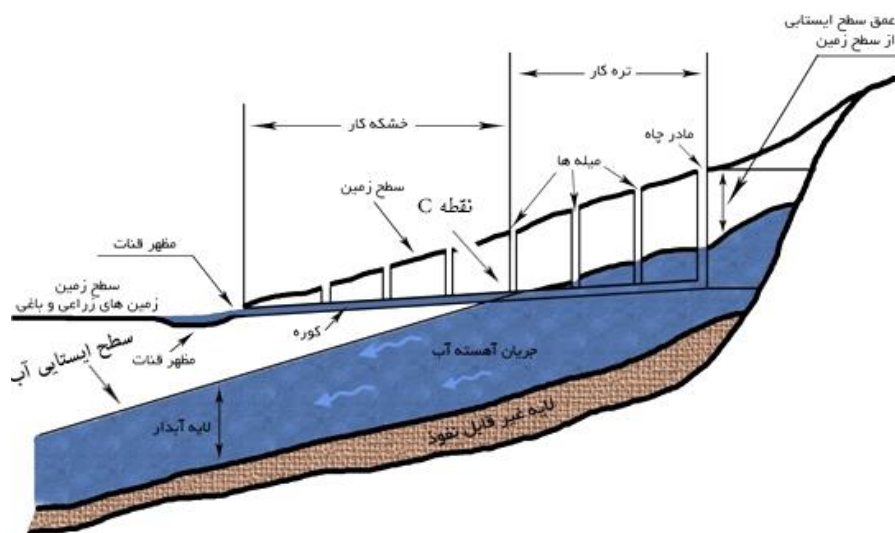
وسیله ی چهار قطعه چوب با طول های برابر به هر یک از زوایای لوزی حلقه ای متصل می کردند. سپس یک شاقول را به یکی از حلقه ها می بستند و لوزی را از طریق حلقه ی مقابل درون مادر چاه آویزان می کردند. در این حالت یکی از اقطار لوزی موازی با راستای شاقول و قطر دیگری موازی با راستای افق و عمود بر قطر دیگر قرار می گرفت. در این حالت چوب صاف و مستقیمی را از قطر دیگر لوزی عبور می دادند و از این وسیله همانند دوربین های امروزی استفاده می کردند. راستایی را که چوب نشان می داد همان راستای خط تراز است و از طریق آن می توانستند اختلاف ارتفاع بین نقاط مختلف را بدست آورند. آنها از این طریق مظهر قنات را مشخص می کردند.

۳-۵- تعیین شیب قنات

پس از عملیات ترازبایی و شناخت مظهر قنات سر انجام نوبت به حفر دهلیز می رسد. دهلیز می بایست با یک شیب مناسب از مظهر به سمت مادر چاه حفر گردد. بر اساس تحقیقات انجام شده معمولاً شیب قنات در سراسر طول خود یکسان نیست. غالباً به منظور ایجاد سرعت کافی برای جریان آب در قنات و جلوگیری از نفوذ آب در خشکه کار شیب قنات در این قسمت را کمی بیشتر از قسمت تره کار ایجاد می کنند. بر این اساس شیب در قسمت تره کار بین صفر تا چند در هزار و در قسمت خشکه کار بین ۰/۵ در هزار تا چند در هزار در نظر گرفته می شود. شیب تند تر از این مقدار موجب خوردگی کف قنات میشود و شیب کمتر از این مقدمات رسوب گذاری را فراهم می کند. از دیگر نکات قابل توجه در تعیین میزان شیب کف کوره این است که این شیب می بایست کمتر از شیب سطح زمین و بیشتر از شیب سطح ایستابی باشد. در غیر این صورت امکان حفر قنات وجود نخواهد داشت.

^۱ - فاصله بین محل تقاطع کف کوره قنات با سطح ایستابی (نقطه ی C در شکل ۳) تا مظهر خشکه کار نام دارد و شامل تمام میله ها و طول کوره در این فاصله است.

^۲ - فاصله بین مادر چاه تا محل تقاطع کف کوره ی قنات با سطح ایستابی، تره کار نامیده می شود. تره کار شامل کوره ی قنات و میله هایی که در این مسیر قرار گرفته اند می باشد. کف کوره ی قنات در قسمت تره کار زیر سطح ایستابی قرار گرفته است به همین علت آب از زمین های اطراف به دلیل اختلاف ارتفاع، در کوره قنات نشست می کند. در اصل تره کار قسمت آبد قنات است از این رو طول کوره و همچنین ضخامت لایه آبدار در این قسمت از قنات نقش بسیار مهمی در میزان دبی دارند.



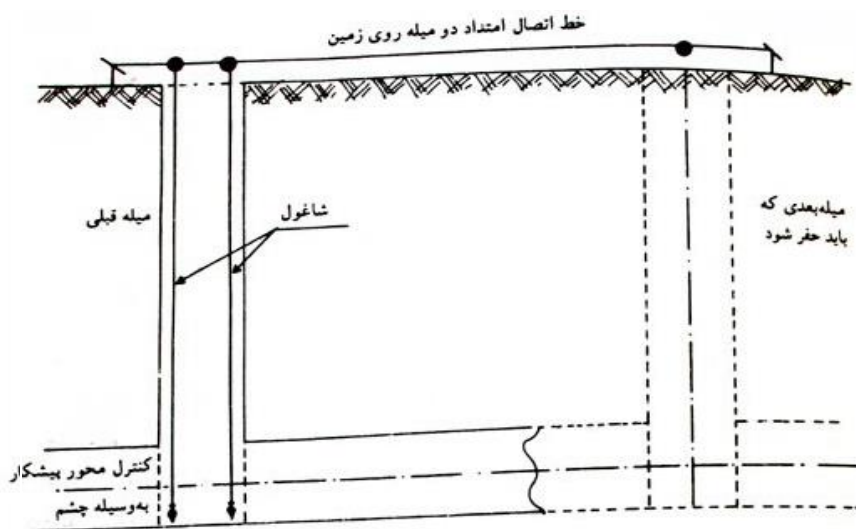
شکل ۳. نمایش بخش خشکه کار و تره کار

۴-۵- مسیر یابی در زیرزمین

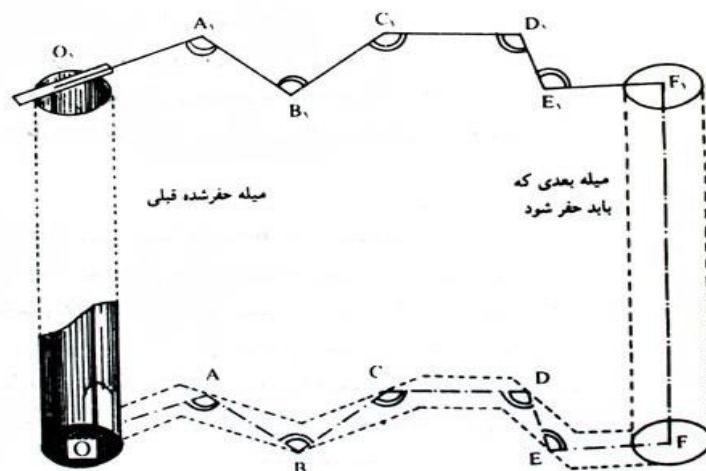
پس از محاسبه شیب مناسب، به آشکار سازی مسیر قنات در سطح زمین می پردازند. هر چند نزدیک ترین مسیر، مسیر مستقیم بین مادر چاه و مظهر است اما در برخی از موارد به علت طبیعی یا قضایی (مالکیت زمین) مجبور به تعیین مسیر دیگری می شویم که حتی امکان سعی می شود این مسیر به مسیر اصلی نزدیک تر باشد. پس تعیین مسیر قنات در سطح زمین نوبت به حفر دهلیز می رسد. این دهلیز از مظهر آغاز و به مادر چاه ختم می شود. در ابتدا این دهلیز به صورت در باز است اما به محضی که به اختلاف سطحی نزدیک به ۲ متر رسید به صورت تونل در می آید. مقنیان پس از آنکه مجبور به حفر تونل می شدند با مشکلات زیادی مواجه می شدند زیرا با طولانی شدن تونل هم مسیر یابی دشوار تر می شد و هم تنفس به سختی صورت می گرفت و هم این که برای خارج کردن خاک کوره قنات مسیری طولانی باید طی می شد.

مقنیان به منظور مسیر یابی درون زمین ۲ چاه در مسیر قنات به فاصله ی (۲۰ تا ۱۵۰) متر حفر می کردند. اندازه این فواصل با توجه به عمق حفر و سختی خاک و موانعی نظیر تپه یا رودخانه در مسیر قنات متغیر است. عمق این چاه ها با توجه به فاصله سطح زمین در آن نقاط تا سطح آب ایستابی در مادر چاه مشخص می کردند. پس از تطبیق خط اتصال دو چاه مجاور با مسیر کوره ی قنات آنگاه مقنیان ابتدا ریسمانی بین دو میله می کشیدند به طوری که جهت ریسمان و جهت کوره در زیر زمین همسو می بوده است. سپس در هر سوی ریسمان که در بالای چاه قرار داشت دو شاغول آویزان می کردند این دو شاغول به صورت موازی با راستای نخ قرار می گرفتند و مسیر حفر قنات را مشخص می کردند. با مشخص شدن راستای قنات کارگر مقنی هر چند متری که کوره حفر می شد در پشت دو شاغول می ایستاد و استاد مقنی را از درستی یا کجی مسیر حفر با خبر می کرده است. پس از مشخص شدن مسیر در دو چاه، دو مقنی کار حفر کوره را همزمان به سوی همدیگر آغاز می کردند. پس از آنکه فاصله مقنی از چاه زیاد می شده است به منظور راحتی در مسیر یابی از یک چراغ پیه سوز استفاده می کرده اند. با توجه به این که نور

به صورت خط مستقیم حرکت می کند از آن برای جهت یابی استفاده می شود به این صورت که مقنی یک چراغ پیه سوز را از سقف آویزان می کرده است به طوری که چراغ درست در وسط کوره قرار می گرفته است سپس مقنی پشت به چراغ می ایستاده است آنگاه به سوی سایه اش در روی جبهه ی کار شروع به حفاری می کرده است و تا زمانی که به مقنی یا چاه بعدی برسد به این کار را ادامه می داده است (شکل ۴). در صورتی که مسیر کوره بنا به عللی مثل وجود موانع در زیر زمین و... با خط مستقیم بین دو میله تطابق نکند یا اینکه مقنی موقعیت و وضعیت خود را در زیر زمین در اثر پیچ و خم خوردن های اجباری نداند آنگاه ابتدا در مسیر کوره یک چند ضلعی باز پیاده می کند بعد آن را با اندازه گیری طول اضلاع و اندازه زوایا روی زمین پیاده می کند و به این ترتیب موقعیت و محل خود را در زیر سطح زمین مشخص می کند (شکل ۵).



شکل ۴. طرز انتقال خط مستقیم از روی زمین به زیر زمین برای جهت یابی



شکل ۵. انتقال چند ضلعی باز پیاده شده در کوره قنات به روی زمین برای تعیین موقعیت میله بعدی

۶- طریقه جدید حفر قنات

در ذیل شیوه های جدیدی که برای اجزای فن حفاری قنات ممکن است به کار رود شرح داده می شود:

۱-۶- گمانه زنی

برای گمانه زنی با در نظر گرفتن اصول سنتی از شیوه های متداول در آبیایی جدید استفاده می شود.

۲-۶- تراز یابی

با استفاده از وسایل جدید نقشه برداری به راحتی می توان کار تراز کشی را انجام داد.

۳-۶- تشخیص جهت در زیر زمین

ساده ترین وسیله برای تشخیص جهت، استفاده از قطب نما است، مقننیا ن امروزی اغلب برای جهت یابی از قطب نمای مدرج استفاده می کنند.

مراجع:

۱. دکتر عبدالکریم بهنیا، کتاب قنات سازی و قنات داری در ایران

۲. مقاله: رضا احمدی- تاریخچه، ساختار، جایگاه، نقش و اهمیت قنات در ایران- کنفرانس بین المللی قنات- سال ۱۳۸۴- کرمان

۳. سایت: <http://sotunafraz.com/ghanat.htm>

۴. سایت: <http://mapraminebadi.blogfa.com>

سایت: <http://www.aftab-magazine.com/articles/2006099.html>