

# A mélyfúrási geofizikai információszerzés és a fúrástechnika kapcsolatairól

J E S C H A L A D Á R

A mélyfúrások elsődleges célja a fölkéregben levő rétegek, szerkezetek, ásványi kincsek megismerése; röviden: információk szerzése. A lefúrt lyuk egyes esetekben (szénhidrogének vagy víz termelése, ásványok kioldása) a termelés céljait is szolgálja, de ez nem csökkenti az információszerzés fontosságát.

A mélyfúrás során az átfúrt kőzetekről részben már a mélyítés alatt, részben a fúrás szüneteiben, egy-egy szakasz lefúrása után van mód ismeretek, információk megszerzésére. A fúrás mélyítése alatt a *kifolyó fúróiszap* hozza a legtöbb információt: a felszínre kiszállított furadék, az olaj- vagy gáznyomok stb. igen sokat elárulnak az átharántolt rétegekről. Bizonyos adatok ismeretében a fúró előrehaladásának sebessége is jellemezheti az átfúrt kőzetet. Az ilyen jellegű ismereteket ezenfelül „ingyen” kapjuk, mert a fúrási munka során ezek szükségszerűen megjelennek, csak megfigyelésükre kell gondot fordítani.

A furadéknál lényegesen nagyobb kőzetmintákat szolgáltató *magfúrás* már nem ilyen információ, ez ugyanis különleges felkészülést, berendezés-időt és külön befektetett munkát igényel, ezért pénzbe kerül. A fúrások vezetői — hacsak lehet — igyekeznek elkerülni a magfúrást. Érdemes ezzel kapcsolatban magyar fúrási szakembereknek 1975-ben az USA-ban tett látogatására utalni. Ennek során megtudták, hogy „Louisiana, Texas és Oklahoma államok területén kutatási célból 1960 óta nem fúrnak magot; rezervoármechanikai célból... kivételesen...”. Emlékeztetünk rá, hogy ez a három legnagyobb olajtermelő állam az USA-ban (1). A magfúrás elmaradásának oka annak igen költséges volta és az egyéb információszerzési módok fejlettsége.

Ezen egyéb módok közül az iszap által felhozott furadék és a fluidumnyomok közvetlen, „kézzelfogható” ismereteket adnak, de a legfontosabb információszerzési lehetőség mégis a *mélyfúrási geofizikai* mérésekben rejlik. A magfúrások gyakorlatilag teljes kiküszöbölését a szelvényezési módszerek fejlettsége mellett az ugyanezen szolgáltatás keretei között lebonyolított kábeles magmintavétel és teszterezés rendszeres alkalmazhatósága is elősegítette. E két fontos geofizikai jellegű művelet hazánkban még eléggé fejletlen.

A mélyfúrási geofizikai mérések és szolgáltatások a közvetlen megfigyelésekkel szemben azonban a fúrás szüneteiben kerülnek sorra, ezért a berendezés állásidejét okozzák, így a szelvényezés közvetlen költségein kívül is pénzbe kerülnek. A korszerű fúróberendezések állásának költsége igen magasak, különösen a nagy mélységű, tengeri vagy egyéb különleges berendezések esetében. Az Északi-tengeren van olyan berendezés, amelyiknek a költsége má-

sodpercenként kb. 1 dollár; de a nagy berendezések költsége nálunk is megközelíti a napi 80 000,— Ft-ot. Érthető ezek után, hogy a fúrás gazdasági vezetői a mélyfúrási geofizikai munkákat időt rablónak tartják, igyekeznek tehát minél hamarabb „túl lenni” ezen a tétlenségre kényszerítő munkafolyamaton. Ezenkívül megállapítható az is, hogy a mélyfúrási geofizikai úton szerzett információk általában nem is érdeklék a fúrókat, hanem csak a fúrást is csak eszköznek használó földtani-termelési-kutatási szakembereket.

Tisztában kell lenni azonban minden érdekeltnak, hogy az információk megszerzése nélkül a fúrás nagyon könnyen lesz egy egyszerű „lyuk a földkéregben”, amelyik nagyon sokba került ugyan, de hasznot nem hozott. Ha egy fúrás hasznának pedig csak a szerzett információk halmazát tekintjük, (amint ez a kutatófúrások nagy többségénél van) akkor logikusnak látszik az a következtetés, hogy minél drágább egy fúrás, annál több információt kell belőle kinyernünk, mert csak így mondhatjuk nyugodt lélekkel: „megérte”.

Az *információszerzést* kell tehát a mélyfúrási munka *egyik legfontosabb céljának* tekintenünk. Sőt sok szerző még tovább megy, és utal arra, hogy nem is szabad a fúrás eredeti célját — pl. egy adott réteg vagy nyersanyag kutatását — kizárólag szem előtt tartanunk, hanem meg kell szerezni minden információt, amelyre esetleg csak sokkal később, egyelőre talán nem is ismert célból lesz szükség (2), (3), (4).

Ugyanígy minden fúrási-geofizikai észlelésből ki kell aknázni a maximális benne rejlő információ-mennyiséget, még az olyan adatokat is, amelyek a kérdéses mérések közvetlen céljától távolabb esnek (pl. dőlésmérés eredményeiből a dőlésen kívül más következtetések leszüre) (5).

Bármilyen hasznos információkat is kapunk a szelvényezések segítségével, ez nem helyezheti háttérbe a mérések időigényének, a *fúróberendezés állásidejének a csökkentésére* irányuló fejlesztőmunkát, amelynek fontosságát éppen az idézett berendezés-költségek támasztják alá. Érvényesül is a geofizikai fejlesztési munkában az az irányzat, amely a *műveletek kombinálását*, a mérési idő rövidítését célozza. Világviszonylatban van már olyan kombinált szondasorozat, amelynek segítségével mindössze három lemenet alatt fel lehet venni az összes, a szénhidrogén-értelmezéshez szükséges szelvénykomplexumot; sőt nincs messze az idő, amikor majd mindössze két kombinált szonda kell egy komplett olajipari mérőszondát lebonyolításához (6). Itt is megemlíthetjük, hogy hazai színvonalunk még távol áll ettől.



Azonban függetlenül minden fejlesztéstől, a mérésekkor mindig fognak hibák előfordulni, és — ha a fejlődés eredményeképpen ritkábban is — lesznek műveletismételek is. A mérés-technikát, az eszközök megbízhatóságát, a személyzet képzettségét fejleszteni kell, hogy minél ritkábban forduljanak elő hibák, de bármilyen nehézség vagy hiba bekövetkezése sem lehet ok egy információszerezési alkalom (szelvényezési eljárás) elmulasztására. És éppen a körülmények súlyosbodása (pl. nagy mélység, nagy hőmérséklet, ismeretlen kőzetek stb.) esetében kell még makacsabban ragaszkodni a mérések hiánytalan lebonyolításához, az ilyen fúrásokban még nagyobb értékű összes információ megszerzéséhez.

Utalhatunk ezzel kapcsolatban a Szovjetunió egyik legmélyebb fúrásának, a 6200 m-es Medvedovszkaja—2. sz.fúrásnak a szelvényezéseire: itt az utolsó szakasz méréseire fordított idő meghaladta a lefúrás idejének a felét, mégis ragaszkodtak az összes mérés elvégzéséhez, a teljes szelvényezési program lebonyolításához (7).

Mint az előbbiekből látható, a fúrás és a mélyfúrás geofizika műszaki fejlődése — bizonyos szempontból — egymás ellen dolgozik. A fúrás-technika fejlesztésének egyik legfontosabb célja a mélyítés költségeinek csökkentése, és ezt a célt legnagyobb mértékben az összmunka gyorsítása útján lehet elérni. A fúrás folyamat közvetlen célja általában az, hogy az időnek minél nagyobb részét lehessen valóban fúrással eltölteni; tehát csökkenjen az állásidő, a nem fúrással eltöltött mellékidő. Ez a „tisztá fúrás idő” nálunk kb. 25—27%, és ezt jónak tartjuk. Ugyanakkor az USA-ban már 50% fölé emelkedett ez az érték (1), hála — mint már említettük — az információszerezési módszerek fejlettségének — többek között.

A szelvényezés-technika műszaki fejlesztése viszont csak részben törekszik a fúrás érintő mérési idő csökkentésére, mert részben új mérési módszereket igyekszik kidolgozni, hogy még több információt tudjon szerezni az átfúrt kőzetekről.

A két fejlesztési tevékenység azonban feltétlenül beállítható egy közös, egységes irányba. Mert minden információt meg kell szerezünk, de nem szabad feleslegesen munkát végezni azért, hogy már ismert tényeket még egyszer megkapjunk. Semmi értelme sincs például a magfúrásnak akkor, ha más, még hozzá olcsóbb módszerekkel ugyanazt meg lehet tudni a kőzetekről, amit a mag nyújthat. Más fogalmazásban: az információkat feltétlenül meg kell szerezni, de megszerzésük módját és technikáját ésszerűen kell kifejleszteni. Csökkenteni kell a szelvényezési időt is, de ez nem mehet az információszerezés rovására. Újabb ismeretek megszerzésére alkalmazni kell a jobb, korszerűbb méréseket, ugyanakkor, ezzel párhuzamosan csökkenteni kell a más információk megszerzésére fordított időt, hogy ne legyenek felesleges átfedések.

Érdeemes ezzel kapcsolatban megnézni a hazai helyzetet a statisztikai adatok tükrében. A

szelvényezés időmérlege az elmúlt évtizedekben elsősorban a műveletválaszték növekedését követi, — a DKFU adatai szerint.

1960-ban a mérési idő az összes fúrási időnek 1,04%-a volt (ez az igen alacsony érték az akkori nagylengyeli feltárással magyarázható, ott egy rövid lyukszakaszon kellett csupán kevés részletező mérést végezni). 1965-ig 1,83-ra növekedett, 1966—1970. között 2,3—2,8% körül mozgott ez az érték. 1973-ban túllépte a 3,0%-ot, majd 1974-ben elérte a 4,0%-ot is.

Hasonló képet mutat, ha a mérési időt a még jobban jellemző fúrt méterszámra vonatkoztatjuk. 1960-ban 6,69 óra/1000 m volt a szelvényezési idő. 1963-ban látszik először a műveletválaszték és ezzel együtt a mérési idő növekedése: 13,7 óra/1000 m fúrt szakasz volt ez a mutató. 1974-re ez is rekordot, 24,87 óra/1000 m értéket ért el.

Az adatoktól függetlenül meg kell állapítanunk, hogy művelet-választékunk még mindig elmarad a kívánatostól. Egyes, az értelmezéshez fontos eljárások eszközei nincsenek kifejlesztve, (pl. az indukciós mérés), más módszerek készülményei pedig nem érik el a korszerű színvonalat. (pl. akusztikus mérések.) Mindkét fajta hiányosság rányomja a bélyegét a szelvényezés időmérlegére. A hiányzó eljárások által megszerzhető információkat általában csak több más mérés elvégzésének segítségével lehet pótolni, a nem korszerű eszközökkel végzett mérések pedig gyakran vezetnek ismétlésekhez, hibás műveletekhez. E megállapítások után leszögezhetjük, hogy a szelvényezés műszerparkjának korszerűsítése egyik legfontosabb alapfeltétele a mérési idő csökkentésének.

A mélyfúrás geofizika technikájának a fejlesztése így nemcsak az információszerezés szempontjából fontos, hanem ugyanúgy érdeke az egész mélyfúrás iparnak is. A mélyfúrás előrehaladása, hasznos idejének javulása függvénye a szelvényezés technikai színvonalának is. Eből következik, hogy a mélyfúrás nagy kiadásai miatt sem szabad takarékoskodni a szelvényezés fejlesztésére fordított vagy fordítható összegekkel.

A tokiói világkongresszuson elhangzott adatok szerint a világon a teljes fúrás költségeinek 4—7%-át költik el szelvényezésekre, beleértve a már említett tesztterezéseket, magminta-vételt és a termelési méréseket is. A DKFÜ-nél ez a hányad nem éri el a fúrás költségek 3%-át. Ha tudjuk is, hogy nálunk más a szervezet és az elszámolási rendszer (a szelvényező részlegek a fúrás üzemekhez tartoznak, sok a közösen elszámolt költség), mégis megállapítható, hogy a mélyfúrás geofizikai információ-szerzéssel takarékoskodni nem kell és nem is szabad (6). Az információkat — ha egy mód van rá — még külön idő és pénz ráfordításával is meg kell szerezni; de a szelvényezés-technikai fejlesztéssel fokozni kell a mérések megbízhatóságát és időigényüket csökkenteni kell.

Szólni kell a megszerzett információk felhasználásáról, helyes hasznosításáról is.

Az előbbieken ismertetett felfogás szerint a mélyfúrásokból nyert információk értéke igen



nagy, ha a megszerzésükre fordított összes költséget nézzük, és persze abban az esetben, ha a fúrás termelési célra nem használható fel, tehát meddő.

Az információk nagy részét az értelmezési munka rendszeresen alkalmazza és hasznosítja, a rétegek tulajdonságainak, minőségének, geometriájának meghatározására. Bizonyos, sokszor elég nehezen megszerzett ismereteket azonban nem mindig hasznosítanak kellő mértékben. Előfordul például, hogy a megmért rétegdőléseket nem elegendő súllyal veszik figyelembe újabb fúrások kitűzésénél.

Az általános nemzetközi felfogás szerint sem hasznosítják megfelelő mértékben a megszerzett információkat a *fúrési folyamat elősegítésére*: a fúrás optimalizálására, a lyukfal állékonyságának meghatározására stb. Ezek az alkalmazások az információknak nem teljesen „rendeltetésszerű” felhasználásai, de már sok megfigyelés utal arra, hogy ily módon jelentősen csökkenteni lehet a fúrás költségeit, más szempontból viszont így a fúrások számára is értékesebbé tehetők a szelvényezések.

Bizonyos geofizikai méréseket rendszeresen alkalmaz saját technikai céljaira a fúrési technológia. Ilyenek a közismert cementmérések, bőségmérések, ferdeségmérések, a csősérülések kimutatása és így tovább. Ezek azonban már megszokott, és főleg általában közvetlen fúrési céllal végzett műveletek.

Vannak azonban újabb és talán jóval nagyobb jelentőségű de még nem kellően kiépített aktív kapcsolatok a szelvényezés és a fúrás között. Ezek a kőzetek mechanikai tulajdonságai és a szelvényindikációk között fennálló, elméleti és gyakorlati úton egyaránt igazolható összefüggéseken nyugszanak.

Első alkalmazása az ilyen típusú összefüggéseknek a túlnyomásos tárolók detektálása volt. Ez a ma már jól ismert és gyakorlatba sok helyen bevezetett módszer egy megfigyelésen alapul: a túlnyomásos rétegek fölött elhelyezkedő záróréteg porozitása nagyobb, mint az abban a mélységben a kompaktió hatására elvárható lenne. Ezt a jelenséget azután a porozitásra érzékeny geofizikai szelvényeken észlelni lehet. A porozitás mélységfüggőségének ismeretében a túlnyomásos zónák kijelölhetők, sőt esetenként számítható is a impermeábilis záróréteg porozitásából a nyomás nagysága. Ehhez azonban kedvező körülmények és adatismeret szükséges. Az eljárás alkalmazásához az ellenállás-, vezetőképesség-, sűrűség- és sebesség-szelvények felelnek meg legjobban. Ha egy fúrás szelvényezési adataiból a túlnyomás detektálására vagy éppen számítására mód nyílik, akkor az jelentős segítség lehet a későbbi fúrások optimalizálásához, a kiegyensúlyozott fúrás megtervezéséhez.

Egy másik fontos fúrás technikai alkalmazása a szelvényezési eredményeknek a *fúrhatóság* megállapítása lehet. Egyes szerzők szerint a fúrás folyamán mért adatokból meg lehet határozni a „fúrási szilárdságot”, és pedig a folyamatosan mért fúróterhelésből, az a sztalfordulatból, a fúróhaladásból és a mélységből. Szá-

mítható egy fúrési porozitásszelvény is (DPL = drilling porosity log), amely igen jól korrelálható a geofizikai porozitásszelvényekkel: sűrűséggel, akusztikus sebességgel (8).

Ez az összefüggés azonban fordítva is alkalmazható: a porozitás-érzékeny szelvények alapján meg lehet becsülni, milyen az egyes kőzetek fúrhatósága — csak az előbbi gondolat- és munkameneten fordított sorrendben kell végigmenni. Ha az összefüggés tisztázható, akkor egy-egy fúrás adatai alapján egy egész terület lefúrásának programja meghatározható, előre jelezhető a túlnyomásos szintek, kiválaszthatók a megfelelő fúrótípusok. Elsősorban a sűrűség- és sebesség-szelvényeket szokták erre a célra alkalmazni (9).

Egészen újkeletű a *lyukfal stabilitásának* meghatározása geofizikai szelvényekből. A kőzet mechanikai tulajdonságai és egyes szelvényezési paraméterek között fennálló, matematikai alakban is kifejezhető összefüggések megfogalmazása lehetővé tette, hogy bizonyos körülmények között, megfelelő adatelőkészítés után a szelvényezési eredményekből következtetni lehet a lyukfal állékonyságára. Az ilyen számításoknak fúrás technikai szempontból egyes zárókőzetek átfúrásánál (pl. az úgynevezett pergómárgák), tároló rétegek megbomlásánál, vagy a termelési technikánál homok betermelődéseinél stb. lehet nagy jelentősége. Hasonló jelenségek léphetnek föl túlzott depresszió mellett végzett termelés esetében is: a pórusok összeharóda ilyenkor összefügg a kőzet feszültségi állapottal is, ezt pedig — az előbbi feltételezésekkel — olykor ki lehetne mutatni.

Az említett mechanikai tulajdonságok kimutatására a mechanika más területein is alkalmazott összefüggések nyújtanak módot. Ezek az egyenletek a hang terjedési sebessége, a kőzet sűrűsége (ezek szelvényezési paramétereknek is mondhatók) és a kőzet rugalmassági állandói között érvényesek, persze bizonyos megkötöttségek mellett. Kőzetmintákon végzett mechanikai vizsgálatok alapján jó korreláció található a kőzet rugalmassági állandói és szilárdsági mutatói között. A lyukfalstabilitás szempontjából elsősorban a kőzet folyási határát kell ismernünk, ezért a kőzetminta-vizsgálatoknak erre is ki kell terjedniük. A vizsgálat sorozat alapján meg lehet állapítani a kapcsolatokat a *kőzet szilárdsága és az említett két geofizikai paraméter* között. Ha ugyanakkor meg tudjuk határozni a kőzet igénybevételeit is, akkor ki lehet jelölni a kút olyan szakaszait, ahol omlásra, a lyukfal megbomlására számítani lehet (10), (11).

Ennek az eljárásnak egy-két nehézségére azonnal rá kell mutatni, az esetleg hiú remények elkerülése érdekében. Az akusztikus sebességmérés közvetlenül a longitudinális (nyomás-) hullámok terjedési sebességét adja meg. Az említett összefüggések viszont a rugalmassági állandók és a tranzverzális terjedési sebesség között állnak fenn. A nyomáshullámok mért sebességét csak korrekciók, becslések vagy számítások útján lehet és számításokhoz felhasználni. Vannak törekvések szerte a világon a



tranzverzális hullámsebesség közvetlen mérése, de ezek még nem értek meg az alkalmazásra. A legtöbb reményre jogosító eljárás a hullámkép digitális regisztrálására épül. A hullámkép keresztkorrelációs feldolgozása lehetővé teszi a tranzverzális beérkezések kiemelését és folyamatos leolvasását — egy cikk közlése szerint. Bizonyára nem véletlen, hogy éppen e cikk szerzői bányászati tevékenységgel foglalkozó cégnél dolgoznak, méréseik eredményeiből éppen a bányászatnál mutatkozó kőzetfeszültségeket szeretnék előre jelezni. (12)

Az említett mechanikai formulák és statisztikai alapon meghatározott kapcsolatok természetesen nem általános érvényűek, megállapításukhoz szélesebb körű kőzetmintamérés elvégzése szükséges. Így a lyukfalstabilitás határfeltételeinek megállapításához is hosszabb előkészület kell, de nem szabad elfelejteni, hogy sok esetben rendelkezésre állnak a magminták, a mérési eredmények is jó részben, csak egy-két mechanikai mérés hiányzik legtöbbször.

A két iparág, a mélyfúrás és a szelvényezés közötti kapcsolatok javítása, egymás tapasztalatainak fokozott kihasználása tehát kölcsönös érdek. Mindkét félnek törekednie kell arra, hogy a még fennálló ellentéteket, amelyek a jó együttműködést gátolhatják, hársítsák el, és megtalálják az előrehaladás legjobb útját.

#### IRODALOM

- [1] Hingl J.—Pap I.—Szabó M.—Katona J.—Buda E.: Tanulmányúti jelentés. 1975. 74 o. (OKGT belső kiadás.)
- [2] Rudd, N.: Formation evaluation — its changing role SPE preprint, 1974. No. 4880. 6 o.
- [3] Muszlimov, R. H.—Petroszjan, L. G.—Kirsfeldt, Ju. É.: Dorazvedka ékszpluatiroennüh mesztorozsdenij-vazsnejdij rezerv podgotovki novüh zapaszov nefti v sztarüh neftedobüvajesjih rajonah. NGG 1974. 1. 31—36.
- [4] Fedünszkij, V. V.—Potapov, O. A.—Kovalova, A. A.: Szosztojania i puti povüsenija éffektivnoszti geofizicseszkih rabot na neft' i gaz. GNG 1974. 2. 1—11.

[5] Shields, G.: The dipmeter used to recognise and correlate depositional environment. SPWLA London (1974) „H” 16 o.

[6] Rutman, G.: Le progres des méthodes diagraphies Proc. of the 9 th WPC, 1975. RP No. 3. 9 o.

[7] Usz, E. M.—Markovszkij, V. J.: Izucsenije glubokih szkvaszin Zapadno-Predkavkazja metodami promüszlovoj geofiziki NH 1969. 4. 12—4.

[8] Zoeller, W. A.: Rock properties determined from drilling response. PE 1974 July 34—44.

[9] Rios, F.—Montiel, D.: Rock bits programmed from log data. OGJ 1974. 3. 88—90.

[10] Anderson, R. A.—Ingram, D. S.—Zanier, A. M.: Fracture pressure gradient determination from well logs SPE preprint, 1972. No. 4135. 15 o.

[11] Tixier, M. P.—Loveless, G. W.—Anderson, R. A.: Estimation of formation strenght from the mechanical properties log. SPE preprint, No. 4532. 14 o.

[12] Scott, J. H.—Sena, J.: Acoustic logging for mining applications. SPWLA „B” 11 o. 1974.

## К ВОПРОСУ СВЯЗИ МЕЖДУ ПОЛУЧЕНИЕМ СКВАЖИННО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И БУРОВОЙ ТЕХНИКОЙ

А. Йеш

Резюме

Рассматриваются различные информации, получаемые в результате глубокого бурения. Отдельно рассматриваются вопросы развития методов профилирования с точки зрения бурения. Считается важным более эффективное использование полученных информации. Автор отмечает, что еще не полностью использованы возможности обработки информации профилей главным образом для уменьшения затрат на глубокое бурение. В статье подчеркивается необходимость немедленного проведения такого рода деятельности.