

Gyakorlati földmágneses kutatásaink újabb műszerei

KOMÁROMI ISTVÁN

A dolgozat összehasonlítja a Magyarországon használatos földmágneses műszereket. Taglalja előnyeiket, hátrányaikat. Kitér a földmágneses műszerek fejlődésének irányaira és megjelöli a hazai műszerpark fejlesztésének célszerű irányát.

В работе дается сопоставление геомагнитных приборов, применяемых в Венгрии. Описываются их преимущества и недостатки. Выделяются направления развития геомагнитных приборов и указываются целесообразные пути дальнейшего развития отечественного парка приборов.

Der Aufsatz vergleicht die in Ungarn gebräuchlichen erdmagnetischen Instrumente, erörtert ihre Vor- und Nachteile. Er spricht über die Entwicklungsrichtung der erdmagnetischen Instrumente und bezeichnet die zweckmässige Richtung der Weiterentwicklung des heimischen Instrumentenparks.

Földmágneses kutató eljárásainknál az utóbbi évekig főleg Schmidt-féle magnetométereket alkalmaztunk. Ezekkel az aránylag egyszerű műszaki megoldású terepműszerekkel egyszerű módon s viszonylag pontosan – általában 1–2 gamma középhibával – mérhettük a földmágneses térerősség vízszintes, ill. függőleges összetevőjének helyi változásait. A vízszintes avagy a függőleges térerősség változásainak meghatározása Schmidt-féle magnetométerekkel azonban csak külön – mint vízszintes vagy függőleges térerőmérő – műszerekkel végezhető.

A kétféle erőhatás egy műszerrel való mérhetőségét érte el Fanselau az ún. kombinált magnetométernél, mely típust részletkutató felvételeinknél 1961 óta alkalmazzuk.

A Fanselau-féle magnetométer felépítése igen hasonlít a Schmidt-féle műszerhez. A lényeges eltérés abban áll, hogy a mágnesrendszerrel eddig alkalmazott prizmatengely helyett kifesztített fémszálat alkalmaz. A feszített szálas lengő lehetővé tette a kombinált inga szerkesztését, azaz oly eszközt, amellyel a vízszintes és

függőleges térerősség mindegyike mérhető. Ha ugyanis a mérleget a szál hossziránya körül 90° -kal átforgatjuk, akkor a mágnesrendszer követi ezt az átforgatást. Tehát a mágnes, amely először horizontálisan állt, most vertikális helyzetet vesz fel, így a rendszer csupán 90° -os átbillentése közbeiktatásával mérhetjük a vízszintes, majd a függőleges térerősséget.

A műszer technikai kivitelezése úgy történt, hogy a mérlegrészekrénybe egy forgatható betétet – bölcst – építettek, mely magában foglalja a feszített szálas lengőt, s ennek 90° -kal való elforgatását a szál tordálása nélkül kívülről egy tárcsa segítségével végezhetjük, két ütközés között. A lengőnek két egymásra merőleges tükre van, az ezekről visszaverődő képet észlelhetjük a műszer távcsövében. A műszer mérési tartománya a Schmidt-műszerekével azonos. A mérési tartomány változtatása segédmágnes, illetve száltordálás alkalmazása helyett, a mágnesrendszer átforgatását határoló ütközőknek mérhető állítása útján történik. A műszer külső falán elhelyezett 1° -nak megfelelően, 120 skálabeosztással bíró

állítófej egy körforgása által végzett ütközőelállítás a méretezés folytán 1000 gamma térerősség-változásnak felel meg. Természetesen külön állító-gombbal történik a Z és külön gombbal a H térerősség-változtatás. Hőmérsékleti hatásokkal szemben — mint azt gyakorlati tapasztalataink is bizonyították — a Fanselau magnetométer jól van kompenzálva. A kompenzálás problémáját úgy oldották meg, hogy a Z-állásra a szokásos alumíniumorsót alkalmazzák, míg a H-állásra egy erősen hőmérséklettől függő, magas permeabilitású anyagból (Thermoflux) készült csikkal oldották meg. Az így elért hőmérsékleti kompenzáció éppen olyan jó, mint a Schmidt-féle H- és Z-mérlegeknél.

A Fanselau-féle magnetométerrel egy állásban (E—D-i felállításban) mérjük a Z- és H-értékeket. Ebből következik, hogy itt tekintetbe kell vennünk a vertikális térerő hatását horizontális mérésnél, illetve a horizontális térerő hatását a vertikális mérésnél, mivel a skálaértékek a térerő változásával változni fognak. A tekintetbe vételt elérhetjük azáltal, hogy változó skálaértékekkel számolunk, avagy a leolvasásokat korrigáljuk és állandó érzékenységet alkalmazunk. Ekkor az érzékenység a vízszintes és a függőleges térerősségre közel egyenlő. Műszerünknel 17,7 gamma/o.r. Gyakorlatilag célszerű a leolvasások korrigálása, mert ezáltal a műszer érzékenységének ellenőrzése — mely ugyancsak a Helmholtz tekercsel történik — egyszerűbbé válik. Megfigyeléseink szerint a műszer érzékenysége elég stabil, csupán lényegtelen, 0,1—0,2 gamma/o.r. részben belüli változások észlelhetők.

Megemlíthetjük még, hogy a műszert Z-mérésre K—Ny-i beállítással is alkalmazhatjuk. Természetesen akkor már más lesz az érzékenység. Műszerünknel 10 gamma/o.r.

A műszer mérési pontossága megközelíti a jól kompenzált lengővel el látott Schmidt-műszer mérési pontosságát. A Schmidt-műszerekkel szemben felemlített előnyök dacára mutatkozó kisebb pontosság valószínűleg a forgatható rendszer kónuszának felfekvésénél mutatkozó kismérvű bizonytalanságnak, vagy a szál különböző helyzetekben való egyenlőtlen rugalmas igénybevételének következménye.

Sharpe-típusú, állvány nélküli magnetométer

A mágneses térerő változásának meghatározására szolgáló műszerek egy másik korszerűsített formáját a Sharpe-féle ún. hordozható magnetométert is alkalmaztuk az utóbbi években.

A magnetométer fő jellemvonása, hogy nem kell műszerlábba állítani. A műszer hevederrel a mellre erősíthető, s könnyű súlya miatt észlelés közbeni helyváltoztatáskor sem kell azt leoldani. Előnyösen használhatjuk vízzel fedett területek felmérésénél s egyéb helyeken, ahol a műszerláb felállítása nehézségekbe ütközik. Így meredek hegyoldalak, szakadékok, vízmosások feltérképezésénél is. Mivel a műszert tájolni, s szintezni sem kell, az észlelés gyorsabban eszközölhető, mint az előbb említett magnetométerekkel.

A műszer mágnesrendszere egy folyadékkal telt gömb alakú fémházban, az ún. műszerfejben van elhelyezve, ahol a mérőmágnest egy fémkeretben, fémszállal vízszintesen kifeszítve találhatjuk. A műszer fejérszébe horizontális tekercsek vannak beépítve, melyek segítségével kis áramforrás közbeiktatásával változtatható és mérhető mágneses teret tudunk létesíteni, s ezáltal a mérőmágnest mindig vízszintes helyzetbe hozhatjuk. A vízszintes helyzet be-

állítását egy optikai rendszer látómezőjében két kettősvonal egybeesésével észlelhetjük. E műszerrel tehát annak a kompenzáló erőternek a nagyságát mérjük, amely szükséges ahhoz, hogy a türendszert vízszintes helyzetbe vigyük vissza. Ez a megoldás kiküszöböli a mágneses térerő vízszintes összetevőjének hatását s így a szokásos tájolás feleslegessé válik. Észleléskor elegendő durván ($\pm 45^\circ$ pontossággal) Ny felé fordulni, az irány a leolvasási értéket nem befolyásolja, csak némiképpen a tű érzékenységet. (É vagy D felé fordulva már nagy tűérzékenységgel instabilitás felé jutunk. Legnagyobb a stabilitás, ha Ny-tal szemben állunk. Gyakorlati megfigyeléseink szerint ÉNy-tól DNY felé fokozatosan elfordulva, $0 - \pm 5$ gammáig terjedő indokolást figyelhetünk meg. $\pm 15^\circ$ -on belül eltéréseket nem észlelhetünk.)

Az előállított kompenzáló erőter nagyságát mindjárt gammákban olvashatjuk le, egy a műszerfejből lelógó szár végére erősített árammérő skáláján. A műszerfej a beállító gombokat tartalmazó, s észlelés közben kézzel megfogandó kerethez gömbcsuklósan csatlakozik. A műszerfejet s a műszerfejben ugyancsak gömbcsuklósan mozogható mágnesrendszert a műszerfejből lelógó szár végén elhelyezett leolvasó rendszer tömegével a gravitáció hatására automatikusan szintezi. A türendszer fémszálás felfüggesztése miatt a műszer a szintezésre nem túl érzékeny.

A mérőskálán ± 1000 gammás értékközökön belül közvetlen végezhetjük a leolvasásokat. Hogy nagyobb változásokat is mérhessünk, precíziós ellenállásokat építettek be, melynek folytán a mérőhatár $\pm 100\,000$ gammáig kiterjeszhető ugyancsak közvetlen leolvasás biztosítása mellett. A mérő és ellenállási áramkörök számára külön tekercseket alkalmaznak, az apró változás bármely ellenállás

beiktatásakor való pontos mérhetősége végett. Az ellenállások beiktatásával a kompenzáló térerősség változtatást a műszer külső falán elhelyezett gombok segítségével végezhetjük 1000, illetve 10 000 gammás lépésként.

Áramforrásul 3 db, egyenként 1,3 V-os, párhuzamosan kapcsolt higanynos cella szolgál; ez egy lelógó kábel végére erősített tokban van elhelyezve, melyet mérés közben zsebbe teszünk. Az élettartama normál használatnál kb. 400 üzemóra.

A gyár beszabályozási helyétől lényegesen eltérő normálterű vidéken — hogy elkerülhessük a kisegítő áramkörök állandó használatát s az elemek túlzott igénybevételét — a mágnesrendszerre hőmérsékletre kompenzált, kis állítható segédmágnesset helyeztek, mellyel a kívánt normálterre való beállítás elvégezhető.

A műszer pontossága a gyári adat szerint a Schmidt-típusával azonos. Gyakorlati tapasztalataink szerint azonban már a sűrűbb skálabeosztásból eredő leolvasási pontatlanság miatt is a Sharpe-műszer pontatlansága a 10 gammás érzékenységgű Schmidt-műszerek 1–2 gammás pontatlanságának 2–3-szorosa. Minden esetre, mint a tihanyi Belső-tó, s környékének felmérésénél is tapasztaltuk — könnyebb kezelhetősége folytán a műszer sok esetben előnyösen alkalmazható.

Az ismertetett s nálunk is használt műszereken kívül találkozhatunk számos más konstrukciós megoldással is. Ilyen pl. a kvarc-magnetométer, ahol a speciális anyagú kis mágnes kvarckeretben kvarcszárra van felfüggesztve. Találkozhatunk speciális célok megoldására szolgáló számos egyéb műszerekkel is, mint pl. a térerősség időbeli változásait regisztráló hordozható berendezések, avagy a kőzetek mágneses tulajdonságait vizsgáló műszerek.

A növekvő ércigény és az ércfeltárás költségeinek csökkentésére való törekvés ösztönözte a kutatókat a mágneses fúrólukvizsgáló készülékek szerkesztésére, melyek segítségével a fúrólukban végzett mérésekkel a fúrólukak közelebbi vagy távolabbi környezetében fekvő mágneses hatású kőzet, ill. ércetst jelenlétét vizsgálhatjuk.

A fúróluk-vizsgáló magnetométerek közül napjainkban legelterjedtebbek az elektromos módszereken alapuló ún. telített vasmagos mérőfejes műszerek.

A telített vasmagos műszer, avagy az ún. Flux-gate típusú magnetómeter működésének elvi vázlata a következő: két egymás mellé helyezett nagy permeabilitású (lágy vasnikkel-ötövetű) rudat alkalmazunk, melyeket ellentétesen csévelt primer tekercsbe vesznek körül. A primer tekercsbe egy akkumulátor által tápált oszcillátorból nagy frekvenciájú váltóáramot bocsátunk, mely áram a fémmagot periodikusan telíti. Ha a mag nincs mágneses térben, a beiktatott szekunder tekercsben keletkezett váltófeszültségek egymást lerontják, mérhető áram a kivezetésben nem keletkezik. Ha azonban a rudak külső mágneses térbe kerülnek, az ellentétes irányítás miatt a mágnesezési ciklusokban az egyik rúd hamarabb éri el a telítettséget, mint a másik, s szekunder tekercsekben mérhető váltófeszültség jelentkezik, mely arányos a külső mágneses térrel. Ezt a feszültséget, mint a mágneses tér mértékét, különbözőképpen regisztrálhatjuk.

A leggyakoribb eljárásnál a létrehozott áramot erősítőn s egyenirányítón keresztül juttatják a jelzőkészülékbe, s az áram feszültségét egy kompenzációs áram segítségével potenciométerrel mérik oly módon, hogy egy stabilizált áramforrás szolgáltatva egyenáramot bocsátanak a sze-

kunder tekercsbe. A bebocsátott egyenáram egy mesterséges mágneses teret létesít. Az egyenáram erősségének szabályozásával elérhetjük azt, hogy a mesterséges mágneses tér egyenlő nagyságú és ellentétes irányú legyen, mint a külső mágneses tér, s ekkor nincs kimenő áram, s a potenciométeren null-indikáció jelentkezik.

Mivel a mérőelem a földmágneses térnek a fémmagok tengelye irányába eső komponensét méri, szükséges még a mérőelemnek a mágneses tér irányához viszonyított helyzetét ismerni. Ezt az ún. lyukferdeség-mérő berendezéssel regisztráljuk. A svéd lyukmagnetométernél pl. dőlésméréshez egy, a szonda síkjában csapágyazott lemezt alkalmaznak, mely forgólemez középpontjában a szonda tengelyére merőleges síkban csapágyazott súlyozott korongot helyeznek. Dőlésmérésnél a sík lemez a szonda síkjával párhuzamosan mozdul el úgy, hogy a korongon levő súly vertikális helyzetet vesz fel. A korong által definiált függőleges irány és a szonda dőlése közötti szögelhajlást Wheatstone-rendszerű áramkörben, elektromosan mérik.

A magnetométernél három egymásra merőleges mágneses elem — Fluxgate — van elhelyezve úgy, hogy három — Y, X, Z — mágneses térkomponens mérhető. A tranzisztorizált, nyomtatott áramkörös konstrukció lehetővé teszi, hogy már 36 mm átmérőjű lyukban is mérhessünk.

A műszer két részből áll. A fúrólukba eresztendő részből, azaz a szondából, mely tartalmazza a három mágneses elemet, az oszcillátorrészt, egy szelektív erősítőt s a dőlésmérőt. A másik rész, az ún. mérődoboz egy egyenirányítót, transzformátort, a stabilizáló áramforrást, valamint a potenciométert tartalmazza. A két rész kábellel csatlakozik egymáshoz.

A fúrólyuk vizsgálatánál, a talaj geológiai viszonyainak megfelelően, átlag 1–10 méteres közökben határozzák meg a mágneses térnek mind a három komponensét, s visszatérés-kekor helyenként ellenőrző méréseket végeznek. A természetes térnek a mért adatokból való levonása után nyert anomália komponensekkel megszerkesztjük az anomáliavektorokat az X–Y és X–Z síkban. Az ábrázolás sok esetben már világos képet ad a mágneses viszonyokról.

A szelvényezéssel általában meghatározhatjuk a mágneses zavart zóna szélességét, esetleges távolabbi pólus jelenlétét, a fúrólyuktól távolságát, a pólusok erősségét, előjelét s a környező kőzettestek mágneses szuszceptibilitás-változását.

Az eredmények pontos kiértékelésére természetesen már beható számítások végzése szükséges.

Légi mágneses műszerek

A gyakorlati földmágneses kutatások fejlődése, s a mérési technika haladása alakította ki s tette lehetővé a mágneses megfigyelések levegőben történő végezhetőségét.

A légi felvételeknél alkalmazott telített vasmagos magnetométer mérőeleme – a Flux-gate – működési elve azonos a fúrólyuk-magnetométernél ismertetettel. Amíg azonban a fúrólyuk-magnetométereknél a mérőelem vasmagjának az erőter irányához viszonyított helyzete az említett lyukferdeség-méréssel meghatározható volt, a légi felvételeknél már más megoldást kellett keresni. A mérőelemre merőleges síkban fekvő két érzékelő elem beiktatása által egy ún. önirányítású rendszert nyertek, amely a mérőelemet állandóan a teljes térintenzitás irányában tartja. A mérőelemnek a térintenzitás irányától való eltérésekor ui. a két érzékelő elemben egymástól függetlenül áram induká-

lódik, melyet egy ún. szervo-rendszerhez vezetnek. Az alkalmazott szervo-motorok segítségével a rendszer automatikusan állítja ismét vissza a mérőelemet a térintenzitás irányába.

Az önirányítású magnetométerek is három komponenses mérésre alkalmas berendezések.

Újabban alkalmazzák a magprecessziós – magrezonanciás – magnetométereket is, melyeknél a mágneses terepértékeket abszolút értelemben frekvencia-mérésre vezetik vissza. Részbeni előnye, hogy ezeknél a műszereknél a szondát nem szükséges a földmágneses térhez irányítani. A légi magnetométerek érzékelő részét – a mérőfejet – egy ún. mérőbombában helyezik el, melyet a repülőgép egy kb-30 méter hosszúságú kábelen vontat maga után. Bizonyos esetekben a mérőrendszert a géphez erősítik. Ekkor azonban tekintetbe kell venni a repülőgép okozta mágneses anomáliát, melyet ismert intenzitású területek felett különböző irányban végzett próbamérésekkel határoznak meg.

A mérőrendszer egyéb alkatrészei, mint az áramforrások, egyenirányítók, erősítő és regisztráló berendezések a repülőgépen vannak elhelyezve.

A műszerek 1–2 gamma pontosságúak. Ennek következtében a felvétel adatainak pontosságát főleg a repülés alatt meghatározandó egyéb mennyiségek pontossága, így a magasság, illetve helyzetmeghatározás, a vízszintes és függőleges helyzet, majd a repülőgép irányának meghatározási pontossága szabja meg.

A telített vasmagos és magprecessziós elven alapuló modern mérőműszereket nemcsak fúrólyuk-vizsgálatoknál és a légi mágneses felvételeknél alkalmazzák, hanem terepműszerekként is. Ezzel kapcsolatban azonban meg kell jegyezni, hogy a klasszikus műszerek – mint a prizmas vagy feszített szálas magneto-

méterek — egyszerűbb formáikkal és könnyen kezelhetőségükkel biztosított pontosságát a modern műszerekkel csak bizonyos technikai fel-

készültséggel érhetjük el. Speciális célokra való felhasználhatóságuk azonban kétségtelen nagy előnyt jelent.

KÖNYVISMERTETÉS

Krystalinikum. Arbeiten zu Problemen der Geologie und Petrologie von Kristallingebieten. — Verlag der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Prag 1962. 159 oldal.

A Csehszlovák Tudományos Akadémia fenti címmel cikkgyűjteményt jelentetett meg, amely elsősorban a Cseh Masszivum variszikus horstjának kristályos kőzetkomplexumával foglalkozik. Az egyes értekezések a strukturális analízis metodikájával (K. Benes, A. Berthelsen — E. Bondesen — S. B. Jensen, J. Holubec), a metamorfitek ásványi fáciesseivel (Z. Misar, V. Skvor), az abszolút kormeghatározásokkal (Z. Vejnar), a granitoidok autometamorf kristályosodásával (T. Jarchovsky, V. Sattran), a metamorfitek rendszerezésével és

terminológiájával (K. R. Mehnert), a kőzetalkotó ásványok optikai tulajdonságainak és kémiai összetételének összefüggésével (E. A. Kuznecov) foglalkoznak.

Geofizikus szempontból különös érdekességgel bír az, hogy a könyv 27 abszolút kormeghatározást ismertet, amit a csehszlovák kutatók, K-Ar módszerrel, a Cseh Masszivum területén végeztek.

Magyarországon a mélyfúrásokból egyre nagyobb területen lesz ismeretes az alaphegység szerkezeti emelet krisztallinikuma. A földtani (tektonikai) értelemezésben elsődleges fontossággal bírna a fúrómagokon végzett abszolút földtani kormeghatározás.

Stegena Lajos