

Bauxittest elektromosellenállás mérésének analóg modellezése

S Z A R K A L Á S Z L Ó*

A dolgozat — analóg modellmérések tapasztalatai alapján — ismerteti a szerkezeti ellenállás mérési módszerének elvét, valamint foglalkozik a mért paraméternek elsősorban a bauxitkutatásban történő felhasználási lehetőségeivel.

При геоэлектрических измерениях сделанных в формациях ограниченных со всех сторон породами высокого сопротивления (например в бокситовых линзах подготовленных к разработке) сопротивление питающей электрической цепи АВ зависит не только от заземляющего сопротивления а также зависит от сопротивления электрически проводящего тела. Знание сопротивления структуры дает возможность сделать заключения на геометрию тела (на запас полезных ископаемых).

На базе опытов аналоговых моделирования написан метод измерения электрического сопротивления структуры и набросаны некоторые возможности применения этого метода прежде всего в исследовании боксита.

If geoelectric measurements are made in formations surrounded by high resistivity rocks from all sides (e.g. in an opened-up bauxite lens) the resistance of the feeding AB-circuit depends not only on the earthing resistance but also on the resistance of the conducting body. Knowing this resistance come conclusions about the geometry of the body (that is about the stockpile of the structure) can be made.

On the basis of analogue modeling experiences a method is described to determine the resistance of the structure and some possibilities of application are outlined mainly in bauxite exploration.

Minden oldalról nagyellenállású kőzetekkel határolt képződményben (pl. egy művelésre előkészített bauxitlencsében) végzett geoelektromos mérések során az AB -tápáramkör ellenállása nemcsak az elektródák földelésétől, hanem az elektromosan vezetők test ellenállásától is függ. A szerkezet ellenállásának ismerete a test geometriájára enged következtetni.

A dolgozat — analóg modellmérések tapasztalatai alapján — ismerteti a szerkezeti ellenállás mérési módszerének elvét, valamint foglalkozik a mért paraméternek elsősorban a bauxitkutatásban történő felhasználási lehetőségeivel.

Előzmények

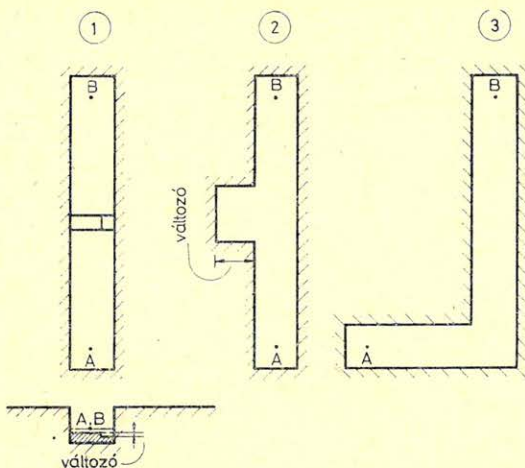
1982 tavaszán az *MTA GGKI* modellező laboratóriuma az *ELGI* számára a művelés alatt álló bauxitlencsében végzett potenciáltérképezés néhány értelmezési problémájának megoldására analóg modellméréseket végzett.

Az *1. ábrán* vázolt elnyúlt formájú szerkezeteket triász karbonátok határolják. (A bauxit alatti triász mészkő- és dolomitgerinceket, a töbör aljátát a fúrások kutatás mellett a bauxit felszínéről geoelektromos módszerek segítségével térképezik fel. A potenciáltérképezés módszerénél a tápelektrodákat az ábrán láthatóan a bauxittest két szemközti végén helyezik el.) A modellmérések során azt tapasztaltuk, hogy a tápáramkör ellenállása a szigetelő oldalfalak nélküli esethez képest jelentősen megnőtt.

Az AB-kör ellenállása nagyellenállású képződményekkel körülrárt vezetők test felszínén

Az oldalfalak hatására történő ellenállásnövekedésnek egyszerű oka van. A potenciáltérképezés ideális esetében a kétréteges, szigetelő aljzatú, vízszintesen rétegzett féltér felszínén végzett mérések során az üledékes összlet elektromos

* MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron



1. ábra. Potenciáltérképezés tápelektrodáinak elrendezése elnyúlt formájú bauxittöbrökben

Рис. 1. Положения питающих электродов в методе потенциального картирования в длинных бauxитовых линзах

Fig. 1. Positions of feeding electrodes for the potential mapping method in elongated bauxite lens models

ellenállása nulla, mivel az áram vezetési keresztmetszete a rétegben végtelenül nagy. Ezért az AB -kör ΣR_0 ellenállását csupán az A és B elektrodák átmeneti ellenállása határozza meg. A szigetelő oldalfalak odahelyezésével az üledéknek az áram irányára merőleges keresztmetszete végessé válik, tehát a ΣR közellenállásban megjelenik az elektromosan vezető képződmény ellenállása is. Röviden ezt írhatjuk:

$$\Sigma R_0 = R_A + R_B \quad (1)$$

$$\Sigma R = R_A + R_B + R_{\text{szerk}} \quad (2)$$

(A kábel esetleges — ismert — ellenállásától eltekintünk.)

A geofizikában bizonyára ritkaság, hogy nem a fajlagos ellenállást, hanem a szerkezet R_{szerk} ellenállását használják fel értelmezési célra, hiszen R_{szerk} a fentiek értelmében általában nulla. A bauxittöbröbéli PM-mérések éppen a ritka esetek egyikét képviselik.

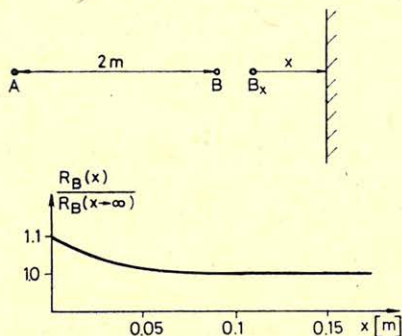
Mivel valamely szabálytalan alakú, elektromosan vezető test R_{szerk} ellenállása a fajlagos ellenállásnak és a test geometriájának függvénye, az R_{szerk} -ből elvileg következtetni lehet a test alakjára. Az ásványvagyon-számításnak éppen ez a feladata. Az összefüggések bonyolultak, de végül is az R_{szerk} ellenállás mérhető, konkrét és a fajlagos ellenállást, valamint a szerkezet geometriai alakját tükröző paraméter.

A továbbiakban néhány egyszerű modellmérést szántunk rá a probléma megoldására.

Körelenállás mérése modellkádban

Annak a megmutatásához, hogy a körelenállás a szerkezet geometriájával szoros kapcsolatban van, mindenekelőtt meg kellett határozni az A , B elektrodák közelében levő szigetelő oldalfalaknak az átmeneti ellenállásra gyakorolt hatá-

sát. A 2. ábrán bemutatottak szerint a nagy kiterjedésű sóoldat felszínén, egymástól távol elhelyezett elektródák egyikét függőleges, szigetelő oldalfalhoz közelítettük. A 2. ábra tapasztalati görbéjének értelmében a másik tápelektrodával ellentétes oldalra helyezett nagyellenállású oldalfal hatása már $x > 0,02 \cdot \overline{AB}$ esetén eltűnik. A szigetelő oldalfal hatása tehát nem jelentős.



2. ábra. Az átmeneti ellenállás változása a szigetelő oldalfaltól mért távolság függvényében

Рис. 2. Зависимость заземляющего сопротивления от дистанции от электрически изолирующей боковой стены

Fig. 2. Changing of the earthing resistance in function of the distance to the high resistivity sidewall

Keskeny, változó hosszúságú árokmodellek fölött megkíséreltük kimutatni a vezető test (a sóoldat) ellenállását. A 3. ábra szerint egy bizonyos \overline{AB} -távolságot meghaladón (amikor az átmeneti ellenállások összege elérte a $2,1 \Omega$ -os elméleti értéket, tehát már független az elektródák közötti távolságtól) a körellenállás az árok hosszával lineárisan változik.

A lineáris növekedést a töbör hosszából adódó ellenállásnövekedés okozza. A lineáris szakasz iránytangenséből az 1 m folyadékföld ellenállása $R_{\text{szerk}} \approx 0,50 \Omega$ -nak adódik.

Ez az érték a $\rho = 0,06 \Omega \text{ m}$, $L = 1 \text{ m}$, $A = 0,6 \cdot 0,2 \text{ m}^2$ paraméterekkel számított $R = \frac{\rho \cdot L}{A} \approx 0,50 \Omega$ térfogati ellenállással megegyezik.

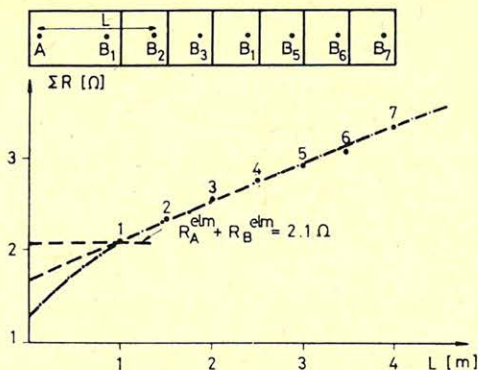
A szerkezeti ellenállás tehát megfelelően elhelyezett tápelektrodák közötti átmeneti ellenállásméréssel valóban megadható.

Az R_{szerk} meghatározásának elvi módszere

A szerkezeti ellenállás meghatározásához a gyakorlatban két nehézséget kell megoldani:

1. az AB -körben az R_{szerk} és az R_A , R_B külön-külön nem mérhető meg, csak a teljes ΣR körellenállás, és
2. az elektródák átmeneti ellenállását a gyakorlatban sok tényező befolyásolja.

A fémelektrodák átmeneti (vagy földelési) ellenállása elméletileg az elektródák alakjától, méretétől, valamint a közeg fajlagos ellenállásától függ [1]. Pél-



3. ábra. A ΣR körellenállás változása a többor hosszúságának függvényében

Рис. 3. Зависимость изменения сопротивления цепи ΣR от длины бокситовой линзы

Fig. 3. Changing of the circuit resistance ΣR in function of the length of the lens

dául a féltér felszínén elhelyezett félgömb alakú fémelektroda átmeneti ellenállása:

$$R = \frac{\rho}{2\pi r}. \quad (3)$$

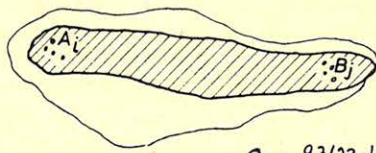
A ρ tényezőben az elektródának csak igen szűk környezetét kell figyelembe venni.

A gyakorlatban az átmeneti ellenállások bizonytalanságát egyrészt szisztematikusan, másrészt véletlenszerűen ható tényezők okozzák. (Véletlenszerűen ható tényezőkről beszélünk, ha a szóbanforgó közeg elfogadható mértékben homogén és az egyformára készített elektródák mért földelési ellenállása mégis különböző. Ezek többféle, pontosan nem ismert hatás együttesének következményei). Szisztematikus hibát okozhat például az a jelenség, hogy a felszínközeli fajlagos ellenállás a nedvességtartalom, a hőmérséklet függvényében változik. (Az erősáramú elektrotechnikában az átmeneti ellenállások ilyen jellegű hibáit részletesen kidolgozott és e módszernél is alkalmazható korrekciós tényezőkkel veszik figyelembe [2]). Szisztematikus eltérést hoznak létre a közeg helyi inhomogenitásai is, például ha valamelyik elektróda alatt felszínközellig kiemelkedő dolomitgerinc van. Tekintve, hogy gyors, belső módszert ajánlunk, az utóbbi jelenséget célszerű elkerülni.

A véletlen hibák kiküszöbölése céljából a szerkezeti ellenállás méréséhez 3–4 féle méretű, egyszerű geometriájú (félgömb, vagy félhenger alakú), azonos anyagból készült elektródasorozatot helyezünk el a vezető közeg felszínén, az elmúlt formájú bauxittöbör két végén, egymáshoz közel (4. ábra). Az elektródák átmeneti ellenállása $R_{A_i}^{elm}$, $R_{B_j}^{elm}$. A körellenállást mindegyik lehetséges $A_i - B_j$ párosításban megmérve azt tapasztaljuk, hogy

$$\Sigma R^{ij} = R_{A_i}^{mért} + R_{B_j}^{mért} + R_{szerk} \quad (4)$$

(3–3 elektróda esetében ez 9 feszültség- és áramerősségmérést jelentene).



Geo 83/23-4

4. ábra. A ΣR körellenállás mérése több $A_i - B_j$ elektródapár alkalmazásával

Рис. 4. Измерение электрического сопротивления цепи ΣR применяя несколько пар электродов $A_i - B_j$

Fig. 4. Measurement of the circuit resistance ΣR using several electrode pairs $A_i - B_j$

Ezután az $(R_{A_i}^{elm} + R_{B_j}^{elm})$ függvényében ábrázoljuk a $\sum R^{ij}$ értékeket.

Amint a (4) képletből is látszik, a mérés akkor a legmegbízhatóbb, ha az R_{szerk} eléri az átmeneti ellenállások nagyságrendjét. A terepen ez a feltétel az elektródasorozat méreteinek megválasztásával általában teljesíthető. (Egy $10 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ -es, $\rho = 10 \Omega \text{ m}$ fajlagos ellenállású négyzetes hasáb ellenállása a négyzetes lapokról történő árambetáplálás esetén $R = \rho \frac{L}{A} = 10 \Omega$,

a középső méretű, pl. félgömb alakú elektródák sugarának tehát $r = \frac{\rho}{2\pi R} = 0,16 \text{ m}$ -nek kell lennie).

Az átmeneti ellenállások bizonytalanságai miatt a mért és a számított átmeneti ellenállások nem egyeznek meg, de a 9–16 mérési pontból meghúzható a pontthalmaz kiegyenlítő egyenese. A keresett R_{szerk} értékét ennek az egyenesnek az ordinátametszete adja meg.

Az R_{szerk} és a bauxított geometriájának kapcsolata

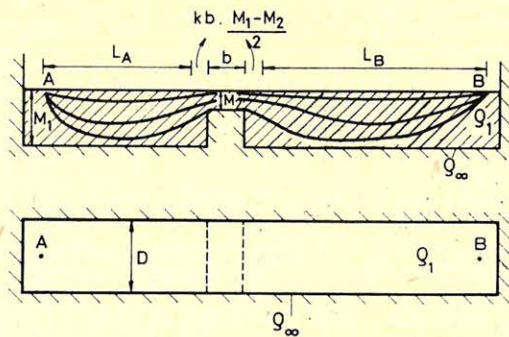
Az R_{szerk} tetszőleges alakú test esetén a ρ fajlagos ellenállástól és a test alakjától függ. Az R_{szerk} nincs egyértelmű kapcsolatban az elektromosan vezető ásványvagyon V térfogatával, de bizonyos alakú szerkezetekben, az általánosan előforduló aljzat- és oldalfalbeli inhomogenitások egyértelmű és pl. analóg modellezéssel jól meghatározható áramterelő hatással rendelkeznek.

Az elnyúlt formájú, külszíni bányatértségben az elektromos tér viszonylag egyszerű, mivel a két tápelektroda között ilyenkor közel homogén áramtér alakul ki.

A modellmérések azt mutatják, hogy ha a keskeny töbröt teljes szélességében egy sasbérc tölti ki, az R_{szerk} -kel jelölt szerkezeti ellenállást a töbörből képzületben kivágott és sorosan kapcsolt téglatest-ellenállások eredőjeként kaphatjuk meg. Az 5. ábra jelöléseivel

$$R_{szerk} \approx \frac{\rho \cdot L_A}{DM_1} + \frac{\rho \cdot b}{DM_2} + \frac{\rho \cdot L_B}{DM_1}$$

Megjegyezzük, hogy a számításhoz a ρ ismerete nem is szükséges, csak azt kell feltételezni, hogy a közeg átlagos AB -irányú vízszintes fajlagos ellenállása megegyezik a tápelektrodák környezetében ható értékekkel. Az ilyen, inhom-



5. ábra. A bauxittöbr-aljzat topográfiájának összefüggése az R_{szerk} ellenállással

Рис. 5. Связь между топографией дна бокситовой линзы и электрическим сопротивлением $R_{\text{структ}}$

Fig. 5. Connection between the basement topography of the bauxite lense and the resistance $R_{\text{structure}}$

gén medencealjzattal rendelkező elnyúlt töbrök esetében ez a módszer az ásványvagyonra alsó korlátot ad, ugyanis

1. a sasbércek fölötti kis keresztmetszetű szakaszok az R_{szerk} értékét számottevően megnövelik,
2. a vezető testnek azok a mélyedései, amelyekbe az áram az S -tartományban nem hatol be, az R_{szerk} kialakításában nem játszanak szerepet.

(Fúrások, vagy a geoelektromos mérések eredményeinek ismeretében a sasbércek hatása korrekcióba vehető, a becslés hibája csökkenthető).

Izometrikus szerkezetek esetén a határoló lapokban levő inhomogenitások hatása többirányú $A - B$ párok esetén magával a körellenállás-méréssel is kiküszöbölhető.

Összefoglalás

A szerkezeti ellenállás mérését a részletes geoelektromos mérések megkezdése előtt célszerű elvégezni. Az R_{szerk} ellenállás és a geometriai alakzatok kapcsolatának ismeretében egyrészt az ásványvagyonra nyerhetünk egy tájékoztató, alsó korlátot. Az ilyen ásványvagyon-meghatározás az egyéb, fúrásokon alapuló számítási módszerek mellett akkor lehet tehát jelentős, ha pl. a megadott alsó korlát is nagyobb az előre megbecsült ásványvagyonnál. A vártnál sokkal nagyobb R_{szerk} értékek a részletes geoelektromos módszerek által megkutatandó nagyellenállású kiemelkedések jelenlétét előre jelzik. Az R_{szerk} ellenállás ismerete a teljesebb geofizikai információ birtokában a mérések egyfajta ellenőrző paramétereként is szolgálhat. A módszer előnye tehát abban van, hogy egy egyszerűen és olcsón elvégezhető méréssel a részletes felmérések előtt fizikailag megalapozott tájékoztató adatot nyújt a bauxittest geometriájáról.

A szerkezeti ellenállás meghatározása jólvezető lencsék kutatásában is hasznos lehet.

IRODALOM

- [1] Simonyi K., 1973. Villamosságtan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 409 – 410.
 [2] Kádár, A., 1976. Erősáramú zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1248 – 1253.