

Inž. Oldřich G l i v i c k ý , VÚHU , Evžen P i c h l e r , VÚHU :

POUŽITÍ FOTOGRAMMETRIE PŘI SLEDOVÁNÍ POHYBU NADLOŽÍ VLIVEM PODZEMNÍHO ZPLYNOVÁNÍ UHLÍ

Důsledky hlubinné těžby na povrch a vznik důlních škod na zasažených povrchových objektech si vyžádaly potřebu sledovat pohyb nadloží. Z poznanych zákonitostí těchto pohybů jednak možno předcházet anebo alespoň zmírnit tyto důsledky. Základem každého pozorování pohybu nadloží jsou měřické práce na povrchu. Jde o sledování vertikální složky pohybu terénu (poklesů) přesnými nivelačními metodami a horizontální složky pohybu terénu (posunů) teodolitem a ordinátometrem, kromě dalších měřických prací.

Z těchto hodnot v přírodě naměřených se odvozují další údaje jako rozsah deformace povrchu, maximální pokles apod.

U podzemního zplynování uhlí jde tedy o podobné sledování deformace nadloží jako u hlubinné těžby s tím základním rozdílem, že nevycházíme ze známé polohy porubu a z něho neodvozujeme vliv na povrch, nýbrž vycházíme přímo z naměřených hodnot na povrchu generátoru, podle nichž usuzujeme na intenzitu a směr zplynování uhelné sloje.

K sledování pohybu terénu v třírozměrném prostoru, tj. výškově a polohově, bylo výhodně použito aplikace terestrické fotogrammetrie jako náhrady za obvyklé nivelační a úhlové měření. Bylo však zapotřebí použít nových prvků měření pro dosažení maximální možné přesnosti s použitím dostupných přístrojů.

Před praktickým použitím fotogrammetrie na poloprovozním závodě byla vhodnost použití a přesnost metody především v určení výšek ověřena na pokusném generátoru PZU. Výsledky byly natolik přesvědčující, že jsme fotogrammetrii zavedli pro sledování terénu jako jedinou metodu vhodnou pro sledování velkých ploch.

Při zavádění fotogrammetrie jsme spolupracovali s Vědeckou laboratoří fotogrammetrie při SVŠT v Bratislavě, která řešila tuto aplikaci fotogrammetrie jako svou vědeckou úlohu.

Stručný popis měřické metody

Rozsah tohoto článku nedovoluje detailní popis této aplikace fotogrammetrie.

Specialista-měřič má možnost výběru odborných článků a textů o fotogrammetrii vydaných vysokými školami v Bratislavě a v Praze. Teorie a přesnost sledování poklesů metodou pozemní fotogrammetrie je obsažena ve výzkumné zprávě SVŠT Bratislava - 1964 vydaná pro potřeby PZU. Tato je k dispozici ve VÚHU k nahlédnutí.

Základem pozorovací stanice pro dosažení vyhovující praktické přesnosti $\pm 1 - 2$ cm je na terénu poloprovozního podzemního generátoru v Březně u Chomutova měřická síť se signály v rozteči 12,5 x 12,5 m. Rozsah sítě je takový, aby pokryl plochu předpokládaných poklesů a současně umožnil stanovit maximální dosah poklesů od provozních vrtů. Síť je tvořena železnými trubkami délky 0,60 - 0,80 m zaraženými do země až k úrovni terénu. Do těchto trubek se nasouvá vlastní signál natřený červenobíle, při čemž rozhraní barev tvoří místo záměry. Vzdálenost tohoto rozhraní je k hlavě měřického kolíku v zemi konstantní, v našem případě 0,60 - 0,80 m z důvodů viditelnosti. Signály je možné z měřických bodů vysunout a to umožňuje kontrolní nivelaci na hlavách bodů. Současně to umožňuje i výměnu nebo manipulaci na terénu s minimálním rizikem vyvrácení měřických bodů. V poslední době používáme místo signálů ze železných trubek vhodnějších z novodurových tyčí, kde kontrastní hranu tvoří barva bílá a hnědočervená barva signálu.

Pro orientaci snímkových dvojic jsou na terénu mimo dosah poklesů ještě stabilizovány vřícovací body, které jsou polohově zaměřeny přesným polygonálním tahem a výškově přesnou nivelací. Vlastní měření poklesů metodou terestrické fotogrammetrie spočívá v provedení snímkových dvojic fototeodolitem fy Zeiss z vyvýšených stanovišť časové základny, konstantní po celou dobu pozorování úseku terénu. První dvě stanoviště základny byly umístěny na střeše balené centrály závodu PZU, aby se dosáhlo maximálního nadhledu a příznivého přivrácení zaměřovaného úseku. V nynější fázi je používáno samostatných věží vysokých 6 m jako druhé základny s možností zaměření obsáhlejšího úseku terénu.

Délka základny musí být známa k vnější orientaci a vypočte se na základě maximální a minimální vzdálenosti měřených bodů od základny.

Výsledkem práce měřiče je provedení snímkových dvojic rovnoběžných se základnou (tzv. normální případ), nebo snímkových dvojic pootočených o jistý úhel od základny, pak jde o stočený případ.

Citlivé fotografické desky se po laboratorním zpracování vyhodnotí na autografu.

Měření je v současné době prováděno na ploše 4 ha, a to pravidelně jednou týdně. Současně je takto výškově zaměřeno 300 - 350 měřických značek.

Vyhodnocovací práce

Vyhodnocování snímkových dvojic se provádí na autografu ve vyhodnocovacím středisku fotogrammetrie na dole Dukla v SHR, které je v provozu od konce roku 1963.

Do autografu se vloží stereoskopická snímková dvojice a nastaví se odpovídající hodnoty, tzv. vnitřní orientace a vnější orientace. Po zorientování plánu na kreslicím stole dle vřícovacích bodů snímkového modelu a nastavení výškového kotouče na základní výšku je možno přikročit ke stanovení relativních výšek jednotlivých signálů, pažnic a terénu. Tyto hodnoty po grafickém vyrovnání se zapíší do zápisníku a tvoří podklad ke konstrukci poklesových isočar. Plán poklesů je vodítkem pro nepřímou kontrolu technologie zplynovacího procesu a podkladem pro kontrolu výtěžnosti uhelné sloje na základě kubatury poklesové kotliny.

Přesnost speciálního případu fotogrammetrie

Praktická přesnost fotogrammetrických výšek byla určována na pokusném generátoru v řezně porovnáním výsledků fotogrammetrického měření s hodnotami získanými nivelací. Prakticky současně vždy bylo vykonáno obojí měření. Přesnost platí pro střední vzdálenosti vyhodnocovacího úseku do 320 m a pro měřítko stroje 1 : 1000.

Nivelační kóty byly zaokrouhlovány na ± 5 mm, vzhledem k tomu, že maximální přesnost v odhadu čtení na výškovém bubínku autografu je $\pm 0,5$ cm.

Přehledná tabulka odchylek výškových kót v 5ti etapách měření, vyjádřených v ‰ a střední chyby :

Stroj	Etapa	Do 10 mm	Do 20 mm	Do 30 mm	Nad 30 mm	Střední chyba kót v mm
1	2	3	4	5	6	7
Auto- graf	I.	75,0	16,7	5,2	3,1	$\pm 12,2$
	II.	79,4	12,3	6,2	2,1	$\pm 12,6$
	III.	63,2	26,8	9,2	1,0	$\pm 13,8$

1	2	3	4	5	6	7
Auto- graf	IV.	71,2	20,6	8,2	-	$\pm 12,2$
	V.	79,4	13,3	5,2	2,1	$\pm 11,5$
Kompa- rátor	IV.	72,4	21,3	6,3	-	$\pm 11,2$
	V.	80,8	15,0	4,2	-	$\pm 10,3$

Při odvození teoretické přesnosti fotogrammetricky určených výšek se vychází ze základní fotogrammetrické rovnice :

$$z = \frac{b \cdot z'}{p}$$

b - základna

z' - snímková souřadnice

p - paralaxa

Diferencováním rovnice podle proměnných a úpravou dostáváme :

$$dz = - \frac{yz}{bc} \cdot dp + \frac{y}{c} \cdot dz' + \frac{z}{b} \cdot db$$

První člen má malý vliv na zet-ovou souřadnici, jestliže sledované body se nacházejí v blízkosti horizontu fototeodolitu a tudíž ho můžeme zanedbat.

Třetí člen zanedbáme též, neboť základna bývá určována dostatečně přesně. Zjednodušený výraz střední chyby zet-ové souřadnice bodu bude vyjádřen vztahem

$$m_z = \frac{y}{c} \cdot m_{z'}$$

Po dosazení číselných hodnot : konstanta komory c = 200 mm, dosažitelná přesnost vymeření snímkové souřadnice z' = 0,01 mm, pak pro :

$$\begin{array}{ll} y_{\max.} = 320 \text{ m} & m_z = \pm 16 \text{ mm} \\ y_{\min.} = 120 \text{ m} & m_z = \pm 6 \text{ mm} \end{array}$$

Průměrná hodnota střední chyby pro všechny řady je ± 11 mm.

Nutno ještě zdůraznit, že teoretická přesnost v určení zet-ové souřadnice je třikrát přesnější než určení polohových souřadnic X, Y.

Poklesy jsou určeny s přesností, které pro potřeby PZU je možno považovat za dostatečnou. Pro stanovení intenzity procesu a kubatury splyněného uhlí je

ještě rozhodující především počet bodů sledovaných v pozorovacím úseku.

Praktické využití fotogrammetrie a její výhody při PZU

Jak již z výše uvedeného patrně, nahrazuje fotogrammetrické sledování terénu nivelaci při stanovení poklesů. Výsledky fotogrammetrie umožňují sestavení poklesových isočar.

Při podzemním zplynování bez podzemní hornické práce je kontrola poklesů jediným vodítkem při zjišťování rozsahu a rychlosti podzemního procesu, protože jedině obrys poklesové kotliny umožňuje usuzování na účinnost podzemního procesu. Tam, kde je pokles největší, je největší i zplynění sloje a rychlost poklesu je úměrná intenzitě dmýchání vzduchu do podzemního generátoru. Proto pravidelné měření v jednodenním intervalu dává provozní přehled o stavu technologie a zbylých nebo zplyněných uhelných zásobách.

Množství zplyněného uhlí, které lze jinak spočítat jen přepočtem ze získaného plynu, je kontrolováno výpočtem uhlí z kubatury poklesové kotliny. Rozdíly v měřeních dovolují kontrolovat ztráty vzduchu nebo plynu v podzemí.

Přímý objem poklesové kotliny je nutno ovšem zvýšit o procento objemu zanechaných popelovin z uhlí jako částečné základy sloje, protože produktem PZU je surový plyn bez popílku. Rovněž je nutno při výpočtu zvýšit objem poklesové kotliny o procento nakypření nadložních hornin při jejich závalu do vyhořelých prostor (2 až 5 %).

Měření poklesů se v PZU kontroluje rovněž ovladatelnost procesu PZU, aby nedošlo k nekontrolovatelnému hoření sloje pod zemí. Tvar obrysové kotliny prokazuje na všech generátorech, že podzemní zplynování je ovladatelné dmýcháním vzduchu nebo jeho omezením.

Na velkých plochách podzemních plynových generátorů jsou výhody fotogrammetrie značné. Protože jde zatím o výzkum, i když velkého rozsahu, je nutné pravidelné a co nejčastější sledování procesu pracovníky výzkumného ústavu, což by bylo při použití nivelace nemyslitelné pro velký počet potřebných pracovníků.

Přednosti fotogrammetrie

1. Lze měřit v pravidelných krátkých časových intervalech, prakticky i za zhoršených povětrnostních podmínek (špatná viditelnost, déšť, slabá mlha, silný vítr).
2. Umožňuje zaměřit body nepřístupné pro figuranta v maximálních místech pokle-

sů, kde zůstává zadržena povrchová voda.

3. Odstraňuje nekvalifikovanou práci figuranta, snižuje fyzické vypětí pracovníků.
4. Je vyspělým měřickým postupem, dosahujícím poslední úrovně techniky a umožňuje přechod k mechanizaci nejen polních, ale i výpočetních prací.
5. V periodách, kdy dochází k rychlosti sedání terénu vyšší než 1 cm/den, umožňuje bezchybné a okamžité zachycení situace.
6. Ze snímkových dvojic, které jsou dokumentačním podkladem, lze zpětně vyhodnotit ty úseky generátoru, které nebyly v prvních fázích měření považovány za důležité.

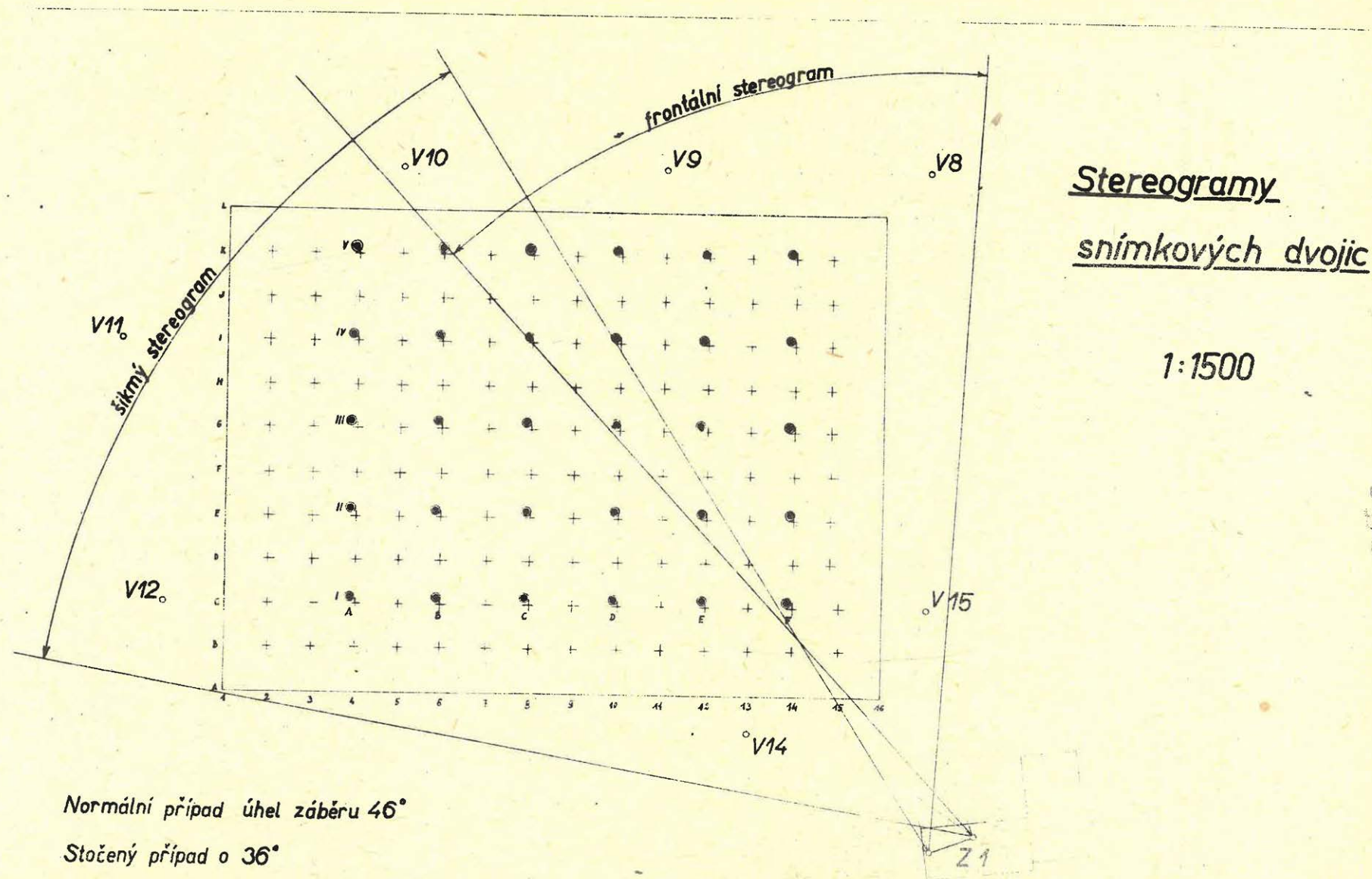
Použití fotogrammetrie vyžaduje však dobrou signalizaci všech pozorovaných značek a zhotovení vyvýšených stanovišť. Dílčí nevýhodou je dojíždění na důl Dukla. Není ovšem hospodárné budovat pro každý závod vlastní vyhodnocovací středisko s nákladným autografem, který by nebyl využit aspoň ve dvou směnech.

Fotogrammetrie plně vyhovujícím způsobem nejen nahradila používanou plošnou nivelaci, ale umožnila měření velkých ploch, jejichž reliéf se vlivem podzemních prací rychle mění, s minimálním počtem pracovníků a při vyhovující přesnosti. Úspora času při použití této metody měření se nedá zcela zhodnotit, neboť je možno některé práce urychlit další mechanizací, doplněním autografu Zeiss 1318 mechanickým registrátorem souřadnic, použitím samočinného počítačového stroje k výpočtu kubatury apod.

S h r n u t í

POUŽITÍ FOTOGRAMMETRIE PŘI SLEDOVÁNÍ POHYBU NADLOŽÍ VLIVEM PODZEMNÍHO ZPLYNOVÁNÍ UHLÍ

Použití fotogrammetrické metody ke sledování poklesů terénu při výzkumu podzemního zplynování uhlí na poloprovozním pracovišti v Přezně u Chomutova v SHR. V článku je popsána přesnost metody, signalizace měřících bodů, vyhodnocení měření a dosavadní výsledky získané pravidelným měřením.



Normální případ úhel záběru 46°

Stočený případ o 36°

Redukovaná délka základny 13,49

