



(11) FREMLÆGGESESSKRIFT 142005

DANMARK

(51) Int. Cl.³ G 01 Y 1/00



(21) Ansøgning nr. 3775/72 (22) Indleveret den 31. jul. 1972

(23) Løbedag 31. jul. 1972

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggesesskriftet offentliggjort den 4. aug. 1980

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(30) Prioritet begæret fra den
25. aug. 1971, 174744, US
24. feb. 1972, 228864, US

(71) CONTINENTAL OIL COMPANY, 1000 South Pine Street, Ponca City, Oklahoma, US.

(72) Opfinder: Kenneth Harold Waters, 411 Drake, Ponca City, Oklahoma, US: George Wesley Rice, 1624 Dover, Ponca City, Oklahoma, US: Anthony James Scanlan, 1407 DeSoto, Ponca City, Oklahoma, US: Beverly Bayne Stebens, 1505 Trio Lane, Ponca City, Oklahoma, US.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Firmaet Chas. Hude.

(54) Arrangement til tilvejebringelse af seismiske data.

Opfindelsen angår et arrangement til tilvejebringelse af seismiske data, og som omfatter mindst én række sendere, der er anbragt hen langs en første linie, til transmission af seismisk energi, og mindst én række modtagere, som er anbragt hen langs en tværgående linie, og som kan aktiveres ved hjælp af seismisk energi, hvilke sendere og modtagere tilsammen danner et krydsmønster.

Arrangementer af denne art kendes fra tysk offentliggørelsesskrift nr. 1.903.981 og tysk offentliggørelsesskrift nr. 1.965.221. Disse arrangementer arbejder efter "strålestyringsprincippet" ved hvilket princip de af nabomodtagere aftastede seismiske signaler - der enten er positivt eller negativt forsinkede - underkastes en fælles behandling ved summation, og de enkelte signaler tilordnes bestemte retningsvinkler eller aftastningssektorer.

Et sådant princip forudsætter, at de respektive arrangementer er opstillet meget nøjagtigt i forhold til hinanden. Dette gælder især, når de udledte data skal indføres i en regneenhed eller ved anvendelse af differentialregning, hvilket f.eks. er kendt fra "Archiv für Technisches Messen" (ATM), V 654-5 november 1963, side 253-256 eller fra "Seismos", Seismik, Gravimetrie, Geomagnetik, Geoelektrik, 1963, side 49.

En udledning af seismiske data for et bestemt område må med de kendte arrangementer ske ved, at skudpunktrækken og overfladebestemmelsen lægges hen langs en betragtningslinie, som ved hjælp af allerede for hånden værende seismiske data forskydes kontinuerligt og ensartet. Dette indebærer et betydeligt tidsforbrug og er til større undersøgelsesområder kun rimeligt, når visse holdepunkter foreligger. Til en overbliksprospektion, ved hvilken et forholdsvis udstrakt område underkastes en første undersøgelse, er de kendte arrangementer derimod ikke anvendelige i praksis.

For så vidt fører også større undersøgelser i kontinental

målestok ved hjælp af tidsligt uafhængige enkelteksplosioner af større sprængladninger, således som det f.eks. er beskrevet i "Zeitschrift für Geophysik" bind 36, hefte 4, 1970, side 477-500, ikke videre, da de med sådanne undersøgelser opnåede data i vid udstrækning hidrører fra interpolationer, henholdsvis ekstrapolationer og for så vidt kun muliggør meget store overblik over de seismiske strukturer.

Formålet med opfindelsen er at tilvejebringe et arrangement, der er således udformet, at det på kortest mulig tid og med det mindst mulige personaleforbrug og uden en kontinuert signaludsendelse hen langs en betragtningslinie muliggør et pålideligt overblik over de seismiske strukturer.

Arrangementet ifølge opfindelsen er ejendommeligt ved at, der indgår i hvert fald én yderligere række sendere og modtagere, og som er anbragt i et andet krydsmønster, idet den første og den anden rette linie i det andet krydsmønster ligger parallelt med henholdsvis den første og den anden rette linie i det første krydsmønster, og afstanden mellem mønstrene er større end længden af den rette linie i mønstrene, og at modtagerne i mindst to af mønstrene kan aktiveres samtidigt ved hjælp af den seismiske energi, der emitteres fra en af senderne hørende til et af krydsmønstrene. Ved dette arrangement opnås også ægte måleværdier imellem de enkelte mønstre. Der opnås derved et større udbytte af data på kortere tid og med et mindre forbrug af personale og udstyr, og afsøgning af større områder muliggøres. Afstanden mellem de enkelte krydsmønstre af sendere og modtagere af seismisk energi kan være på af størrelsesordenen flere km. Endvidere kan krydsmønstrene i vid udstrækning være fordelt over retningerne i landskabet. Den til ethvert krydsmønster givne geometri imellem overflade og udvalgt seismisk horisont muliggør en stor nøjagtighed ved bestemmelse af strygningsvinkler og dermed indfaldet af det enkelte lag og hastigheden af den af et udvalgt lag reflekterede seismiske energi.

Ifølge opfindelsen er der således tilvejebragt et arrangement

til prospektering og ved hvilket, der under arbejdet efter et forudbestemt mønster af skærende linier til opstilling af lydkilder og geofoner kan opnås seismiske reflektioners-signaler, der svarer til kvadratiske reflektionspunktgrupper ved udvalgte lag, hvilke reflektionssignaler egner sig til bestemmelse af parametre for strygning, indfald og udbredelsehastighed såvel som vekselvirkning med disse lag. Den videre bearbejdning og vurdering af de opnåede målesignaler til udledelse af de seismiske data kan foretages ved hjælp af datamaskiner.

Ved opstilling af endnu videre mønstre af sendere og modtagere hen langs krydsende linier i endnu videre fladeopstillinger, kan under på hinanden følgende excitationer af disse sendere og modtagere de tilsvarende reflektions- og/eller refractionssignaler til disse modtagere udover de til de enkelte fladeopstillinger tilordnede kvadratiske punktgrupper ved de udvalgte lag under de respektive fladeopstillinger, også yderligere forskudte punktgrupper i området imellem de enkelte fladeopstillinger afsøges, og gennem denne kombination af lokale punktgrupper på den ene side og forskudte punktgrupper på den anden side opnås især under anvendelse af ulineære vurderinger og iterationsmetoder yderligere oplysninger om de udvalgte lag, hvorved også hældningen i forhold til fladeopstillingerne kan fastslås.

Opfindelsen skal nærmere forklares i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et seismisk arrangement med to krydsmønstre bestående af sendere og modtagere, set oppe fra,

fig.2 arrangementet set fra siden, og

fig. 3 et arrangement med to krydsmønstre bestående af sendere og modtagere, set fra siden.

Det i fig. 1 og 2 viste arrangement omfatter to krydsmønster-opstillinger 150 og 152, der hver især indeholder en første linie 160 henholdsvis 170 og en anden linie 158 henholdsvis 172, hvilke linier i begge krydsmønstre skærer hinanden under en retvinkel. Den første linie 160 af krydsmønsteret 150 ligger
 5 parallelt med og i forlængelse af den første linie 170 i krydsmønsteret 152. Ligeledes forløber anden linie i krydsmønsteret 150 parallelt med anden linie i krydsmønsteret 152.

Langs den første linie 160 i krydsmønsteret 150 er med samme indbyrdes afstand og symmetrisk med hensyn til skæringspunktet af den første linie 160 med den anden linie 158 fordelt et antal sendere $S_1 \dots S_{1n}$ for seismisk energi, hvilke sendere over vinkelintervallet mellem den første linie 160 og den anden linie 158 kan samvirke med modtageren $R_1 \dots R_n$, idet
 10 modtagerne ligeledes er anbragt symmetrisk med hensyn til skæringspunktet af linierne 158 og 160 og er fordelt hen langs den anden linie med sammen indbyrdes afstand.

På analog måde er i krydsmønsteret 152 senderne S_2 til S_{2n} fordelt hen langs den første linie 170, medens modtagerne
 20 R_2 til R_{2n} er fordelt hen langs den anden linie 172.

I begge krydsmønstre 150 og 152 kan især ved udformning af senderne S_1 til S_n henholdsvis S_2 til S_{2n} som vibratorer positionerne i nærheden af centrum forblive ubesat. Et vist område omkring skæringspunktet af linierne 158 og 160 henholdsvis 170 og 172 kan derved spares ved opstillingen af
 25 senderne S_1 til S_n henholdsvis S_2 til S_{2n} , og modtagerne R_1 til R_n henholdsvis R_2 til R_{2n} . På denne måde kan der nemlig opnås en stærk dæmpning af de overfladebølger, som ellers kunne give anledning til ødelæggende energiinterferenser.

Længden af linierne 158 og 160 såvel som 170 og 172, dvs. afstanden imellem de yderste sendere S_1 til S_n henholdsvis S_2 til S_{2n} og de yderste modtagere R_1 til R_n henholdsvis R_2 til R_n kan for begge krydsmønstre 150 og 152 enten være

lige store eller forskellige, hvorved disse længder altid er mindre end afstanden imellem krydsmønstrene 150 og 152. Ved normal udlægning af de enkelte opstillinger med mellem 10 og 20 vibratorer som sendere S_1 til S_n henholdsvis S_2 til S_{2n} og mellem 10 og 20 geofoner som modtagere R_1 til R_n henholdsvis R_2 til R_{2n} kan længderne af linierne 158, 160, 170 og 172 eksempelvis være mellem 2,4 og 4,8 km, hvorved middelfaststanden imellem krydsmønstrene 150 og 152 eksempelvis kan være 12,8 km.

De i fig. 1 og 2 viste arrangementer med kun to krydsmønstre 150 og 152 kan i givet fald udvides i alle retninger med yderligere krydsmønstre, således at alle krydsmønstre udviser en analog opbygning og vekselvirker med hinanden på samme måde som beskrevet i forbindelse med krydsmønstrene 150 og 152.

Ved den i forbindelse med fig. 1 og 2 angivne virkemåde af krydsmønstrene 150 og 152 ved en seismisk metode opnås med på hinanden følgende excitationer af senderne S_1 til S_n hen langs linien 160 og modtagelse af de seismiske refleksionssignaler fra de udvalgte lag ved hjælp af modtagerne R_1 til R_n hen langs linien 158 et lokalt datamønster med reflektionspunktgrupper fordelt i fire kvadrater 162, 164, 166, 168, og som hver især tilordnet udvalgte lag under krydsmønsteret 150.

Ved en tilsvarende excitation af modtagerne $R_2 \dots R_{2n}$ i krydsmønsteret 152 opnås på analog måde gennem de respektive sendere $S_2 \dots S_{2n}$ et lokalt datamønster 156 med i fire kvadrater 174, 176, 178, 180 fordelte reflektionspunktgrupper, der er tilordnet udvalgte lag under krydsmønsteret 152.

Derudover bliver ved på hinanden følgende excitationer af senderne S_1 til S_n og S_2 til S_{2n} de af begge krydsmønstre udløste seismiske refleksionssignaler modtaget af modtagerne R_2 til R_{2n} henholdsvis R_1 til R_n i det andet krydsmønster, hvorved opnås et forskudt datamønster 182 med i fire kvadrater fordelte reflektionspunktgrupper tilordnet

et udvalgt lag omtrent midt imellem krydsmønstrene 150 og 152.

På denne måde kan ækvivalente måleværdier for de under fladeopstillingerne liggende steder af de udvalgte lag udledes med det viste arrangement, uden en forskydning af senderne og modtagerne udover måleværdien; også for et mellemliggende sted i dette lag.

I fig. 1 og 2 er for enkeltheds skyld kun indtegnet fire reflektionspunkter 184 i de fire hjørner af det forskudte datamønster. Excitationen af senderne S_1 til S_n i krydsmønsteret 150 under modtagelse af de udløste reflektionssignaler ved modtagerne R_2 til R_{2n} i krydsmønsteret 152 fastlægger imidlertid det samlede område af det forskudte datamønster 182 udover reflektionspunkterne i en i hovedsagen kvadratisk fordeling svarende til indfaldet og anomalierne af de udvalgte lag. Redundansen og fastlæggelsen af dette forskudte datamønster 182 kan derefter udledes ved bearbejdning af i modsat retning udsendt seismisk energi, hvorved modtagerne R_1 til R_n i krydsmønsteret 150 opfanger af senderne S_2 til S_{2n} i krydsmønster 152 udsendt seismisk energi under dennes reflektion ved reflektionspunkterne i datamønsteret 182.

Som det ser fremgår fig. 2 før er anvendelsen af sådanne med stor afstand anbragte krydsmønstre 150 og 152 til en mangedobling af de nyttige data, hvortil kommer den yderligere fordel, at det yderligere forskudte datamønster 182 kan udledes uden at skulle bevæge senderne og modtagerne inden for krydsmønstrene 150 og 152. Eksempelvis kan bredden af hver af mønstrene 150 og 152, dvs. længden af deres senderlinier og modtagerlinier ved et givet antal af hen langs dermed anbragte sendere og modtagere ligge på af størrelsesordenen 3,2 km. Bliver nu to sådanne krydsmønstre anbragt med en indbyrdes afstand på 12,8 km, så kan der derved udledes et datamønster, som et yderligere forskudt datamønster 182, hvilket datamønster refererer til et sted i det udvalgte lag, der omtrent ligger halvvejs imellem krydsmønstrene med centrum i nærheden af 6,4 km-mærket.

- De nøjagtige afstande, såvel som de nøjagtige og symmetriske sammenhænge imellem de enkelte i kvadranter fordelte refleksionspunktmønstre inden for de lokale og forskudte datamønstre afhænger af variansen af det horisontale lag, der skal undersøges, i henseende til dybde, hældning og udbredelseshastighed. I hvert fald fremgår det klart, at en rekognosceringsundersøgelse kan foretages hen langs en betragtningslinje, der strækker sig over en væsentlig afstand, hvorved kun få udvalgte og med indbyrdes afstand anbragte fladeopstillinger med krydsmønstre af sendere og modtagere er nødvendig, hvilke krydsmønstre kan være fordelt periodisk over den enkelte betragtningslinje og derved muliggøre en udledning af seismiske data under og imellem mønstrene. De samme data, som afledes fra betragtningslinjen lader sig gennem selektiv anbringelse af krydsmønstrene hen langs skråt eller vinkelret til betragtningslinjen forløbende linier forstærke hvorved opnås yderligere koordinatmønstre til data af et udvalgt lag over en ønsket bredde i forlængelse af eller til begge sider for betragtningslinjen.
- 20 Når afstanden mellem to lokale krydsmønstre bliver for stor eller når anomalierne under overfladen gør det nødvendigt er det også muligt ved hjælp af kendte refraktionsteknikker at udlede vidt forskudte information- og datamønstre. Som et eksempel på et sådant arrangement er i fig. 3 vist to opstillinger af krydsmønstre 190 og 192, hvorhos strukturerne af disse mønstre i det væsentlige svarer til strukturerne af krydsmønstrene 150 og 152 i fig. 1 og 2.

- Krydsmønstret 190 indeholder som senderlinje en første linie 194 og som modtagerlinje en anden linie 196 og kan drives i lokal modet til udledning af et lokalt kvadrantmønster af information i form af lokale datamønstre 198, der kan føres tilbage til reflektionerne ved de udvalgte lag under krydsmønsteret 190. Udledningen af disse data sker i det væsentlige på samme måde som beskrevet i forbindelse fig. 1 og 2. På samme måde indeholder det fjerneste krydsmønster 192 som senderlinje

en førstelinie 200, og som modtagerlinie en anden linie 202, der tjener til udledning af lokal information for det samme horisontale lag, hvorved opnås et lokalt datamønster 204 ved reflektionspunkterne under krydsmønstreet 192.

- 5 Til sidst kan refraktions-lydbehandlingsteknikker anvendes til opnåelse af et forskudt datamønster for et mellemlag af det underjordiske lag i området 206 imellem krydsmønstreet 190 og 192. Senderne S_1 til S_n af krydsmønstreet 190 udsender da seismisk energi, som når det udvalgte lag og ved dette erfarer en refraktion og til slut opfanges gennem modtagerene R_2 til R_{2n} af krydsmønstreet 192. Gennem udstråling af akustisk energi fra senderne S_2 til S_{2n} af krydsmønstreet 192 til horisonten og videre til modtagerne R_1 til R_n af krydsmønstreet 190 lader redundansdataene sig udlede. Den modtagne refraktionsenergi bearbejdes da på kendt måde til opnåelse af de 10 ønskede informationer til opstilling af et forskudt datamønster for området 206. Når mindst én senderposition også er modtagerposition, så kan dybden af refraktionslaget beregnes under anvendelse af mindste kvadraters metode.
- 15
- 20 De beskrevne arrangementer gør det muligt at anvende flere krydsmønstre til bestemmelse af strygeazimuth, indfald og udbredelseshastighed for det eller de udvalgte lag under et udstrakt arbejdsfelt. Med udglatning af hastighedsværdien kan man beregne indfaldet og strygningen fra hvert punkt inden for afdækningen hen langs en betragtningslinie uden yderligere tilbageberegninger. Opstillingen af dataene for indfald og strygning og udbredelseshastighed muliggør da en 25 yderligere bearbejdning indtil et udgangsresultat i form af eksempelvis et isochronkort til et eller flere udvalgte lag
- 30 til bedre adskillelse eksempelvis af fejlspor meandermønstre strukturakser eller lignende, hvorved denne bestemmelse kan foretages uafhængigt af forvittringskorrekturer i det gennemstrålede område.

P a t e n t k r a v.

1. Arrangement til tilvejebringelse af seismiske data, og som omfatter mindst én række sendere (S_1-S_n), der er anbragt hen langs en første linie, til transmission af seismisk energi og mindst én række modtagere (R_1-R_n), som er anbragt hen langs en tværgående linie, og som kan aktiveres ved hjælp af seismisk energi, hvilke sendere og modtagere tilsammen danner et krydsmønster, k e n d e t e g n e t ved, at der indgår i hvert fald én yderligere række sendere og modtagere, og som er anbragt i et andet krydsmønster, idet den første og den anden rette linie i andet krydsmønster ligger parallelt med henholdsvis den første og den anden rette linie i første krydsmønster, og afstanden mellem mønstrene er større end længden af de rette linier i mønstrene, og at modtagerne i mindst to af mønstrene kan aktiveres samtidigt ved hjælp af den seismiske energi, der emitteres fra en af senderne hørende til et af krydsmønstrene.
2. Arrangement ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der hverken er anbragt sendere eller modtagere i nærheden af første og anden rette linies skæringspunkt.
3. Arrangement ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at såvel senderne (S_1-S_n) som modtagerne (R_1-R_n) er anbragt symmetrisk med hensyn til skæringspunktet.
4. Arrangement ifølge krav 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at senderne (S_1-S_n) i hver række kan aktiveres enkeltvis.
5. Arrangement ifølge krav 1-4, k e n d e t e g n e t ved, at krydsmønstrene ligger langs en overvågningslinie.

Fremdragne publikationer:

Tyske offentliggørelsesskrifter nr. 1965221, 2042809
USA patent nr. 3529282.

