فصل پنجم: ارزیابی و تعیین ذخیره

- ❖ ۵-۱ مقدمه
- ❖ ۵-۲ خصوصیات هندسی و نقش آنیزوتروپی کانسار پلاسری زرمهر و تأثیر آن در تعیین ذخیره
- ❖ ۵-۳ محاسبه حجم
- ❖ ۵-۳-۱ محاسبه ضخامت حقیقی
- ❖ ۵-۳-۲ محاسبه حجم بر اساس آنومالی‌های مسطحاتی به روش‌های kinking , Spine
- ❖ ۵-۴ محاسبه ذخیره

۱-۵- مقدمه

با توجه به خصلت پراکندگی و توزیع سه بعدی ذرات طلا در ذخایر تیپ پلاسری می‌توان تا حدود قابل قبولی این توزیع را بی‌ساختار (Chaotic) فرض کرد، در این صورت واریوگرام عیار نمونه-های برداشت شده ممکن است در مختصات فاصله‌دار یا سن بصورت خطی افقی (با نوسان واریوگرام) ظاهر شود. در ژئواستاتیک چنین واریوگرامی به صورت یک اثر قطعه‌ای معرفی می‌شود. بعضی از محققین از تکنیکی برای ارزیابی کانسارهای طلای پلاسری استفاده کرده‌اند که در آن بخشی از محاسبات بر اساس آمار کلاسیک و بخشی از محاسبات بر اساس اصول ژئواستاتیکی بوده است. در کانسارهای پلاسر طلادار واریوگرام‌های عیار دلالت بر عدم ساختار در توزیع طالای این نوع کانسارها دارد به طوریکه اثر نقطه‌ای نام مشاهده می‌شود بطوریکه پروفیل عیار- عمق آن‌ها یک منحنی j شکل است که انتهای جلو آمده j مقادیر بالا را در سنگ بستر معرفی می‌کند (رویل ۱۹۸۸) بنابراین با وجود عدم ساختار در کانسارهای پلاسری بهترین روش محاسبه حجم ذخیره استفاده از تخمین دو بعدی برای محاسبه حجم و تناژ ذخیره معدنی روش‌های گوناگونی وجود دارد که متناسب با نوع ذخیره می-توان یکی از آن‌ها را برگزید این روش‌ها عمدتاً به دو گروه تقسیم می‌شوند، محاسبه ذخیره بر مبنای مقاطع عرضی و محاسبه ذخیره بر مبنای مقاطع طولی یا افق‌های ذخیره.

همچنین استانداردهای گوناگون در رده‌های ذخایر وجود دارد که در آمریکا و کانادا با طبقه بندی اندازه‌گیری شده (Measured)، نشان داده شده (Indicated) و تعیین شده (Inferred) معرفی می شود در حالی‌که در استرالیا یا الان با اصطلاحات قطعی (Proved) احتمالی (Probable) و ممکن (Possible) مشخص می‌شوند.

در منطقه پلاسر طلادار زرمهر تعیین ذخیره بخشی از آبرفت‌های پلاسردار در کاتاگوری اندازه‌گیری شده (Measured) یا معادل آن ممکن (Possible) هدف این بخش از پروژه است. منظور از بخشی از

آبرفت پلاسر یعنی مساحتی بخصوص که کل محدوده مورد مطالعه است که حداقل به حد اقتصادی شدن یک کانسار پلاسر نزدیک است.

با توجه به اینکه حداقل عیار قابل استحصال در کانسارهای آبرفتی (رودخانه‌ای) حدود ppb ۳۰۰-۲۰۰ در نظر گرفته شده (کاکس و سینگر ۱۹۸۶) از اینرو بخش‌های عمده‌ای از محدوده مورد مطالعه که عیار متوسط آن کمتر از (۲۰۰) می‌باشد در محاسبه حجم ذخیره شرکت نخواهند کرد. لازم بذکر است در یک کانسار پلاسری بطور متوسط به ازای هر کیلومتر مربع ممکن است ۳۰ تن ذخیره طلا محاسبه گردد و از اینرو محاسبه مساحت طبق حداقل عیار اقتصادی (Cut off) بایستی به دقت صورت گیرد.

۵-۲- خصوصیات هندسی و نقش آنیزوتروپی کانسار پلاسری زرمهر در محاسبات تعیین ذخیره

در ذخایر پلاسری دانستن اینکه تغییرپذیری عیار در امتداد طول کانسار کمتر از تغییرپذیری آن در امتداد عرض کانسار است راهنمای بسیار خوبی در مشخص ساختن تعداد گمانه‌های حفاری با فواصل نمونه‌ها، تعیین شعاع تاثیر و سهولت در تخمین می‌باشد. نسبت فاصله بین پروفیل‌ها به فاصله بین نمونه‌ها در روی پروفیل‌ها باید برابر نسبت دو شعاع تاثیر باشد. یعنی شعاع تاثیر در امتداد طول کانسار بر شعاع تاثیر در امتداد عرض کانسار، یعنی چنانچه پروفیل شبکه چاه‌ها را ۱۰۰×۱۰۰ متر در نظر بگیریم و فواصل نمونه‌ها را ۲ متر در نظر بگیریم نسبت شعاع تاثیر طولی به عرض بایستی $\frac{100}{2}$ یعنی ۵۰ متر فرض شود در حالی‌که در بعضی نوشتارهای علمی- فنی (حسنی‌پاک ۱۳۸۱) این نسبت را تا ۱۰ برابر افزایش داده‌اند. در منطقه زرمهر با توجه به ابعاد حدودی ۲۰۰۰×۴۰۰ متر منطقه شعاع تاثیر عرضی را حدود ۳۰۰ فرض کردیم یعنی ۶ برابر نسبت ضریب تاثیر طولی به ضریب عرضی پلاسرها. از لحاظ شکل هندسی عمدتاً دو بعدی (صفحه‌ای) و در قاعده حالت کانالی و در بخش فوقانی مسطح می‌باشند (اکتشافات ذخایر طلا- حسنی پاک، ۱۳۸) شکل و وضعیت انشعاب کانال‌ها در پلاسرهای مختلف متفاوت است. در برخی موارد پلاسرهای طلادار محدود به درون کانال‌ها می‌باشد و

تشکیل توده‌های کانسارهای بندکفشی (Shoes string) می‌دهند. در اکثر کانسارهای پلاسری میانگین ضخامت لنزهای پلاسری ۰/۵ متر است (مواردی نیز وجود دارد که ضخامت آن از ۶ متر تجاوز می‌کند) لذا با توجه به نمونه‌برداری با فواصل ۲ متری به روش کانالی بطور دقیق نمی‌توان ضخامت‌های توده‌های پلاسری ۰/۵ متری را تعیین کرد از اینرو به منظور محاسبه حجم کانسار شناسایی حالت‌های کانالی یا مدل بند کفشی و .... میسر نمی‌باشد بنابراین شکل هندسی کانسار را یک حجم همگن در نظر می‌گیریم لذا در این نوع اشکال هندسی از کانسارها معنایی همچون باطله، باطله‌برداری و... مطرح نمی‌باشد. در تصاویر ۴-۲ و ۴-۳ مقاطع افقی توزیع آنومالی طلا در عمق های۲-، ۴-، ۶-، ۸-و ۱۰- به نمایش گذاشته شده است. همانطور که در این تصاویر دیده می‌شود آنیزوتروپی شدیدی در عمق‌های مختلف دیده می‌شود. در محدوده مورد مطالعه هندسه کانسار بر مبنای چاهک‌هایی تخمین زده شده است که حداکثر ۱۲ متر عمق داشته و بنابر برخورد به سنگ بستر در موارد مختلف عمق‌های مختلفی را دارا است. این عمق‌های مختلف می‌تواند سطح (یا رویه) تحتانی کانسار باشد و در حالت بهینه باید عمق متوسط ۱۰ متر را بعنوان ضخامت تقریباً ثابت از ضخامت کانسار در نظر گرفت. بنابراین روش با محاسبه یک بلوک با عمق مشخص می‌توان تخمینی کامل‌تر از عمق‌های بیشتر را بدست آورد.

خوشبختانه چاه آب حفاری شده در محدوده مورد مطالعه نشان‌دهنده وجود بیش از ۱۳۰ متر عمق رسوبات را دارد که بر مبنای خاک‌های برون آورده شده از این چاه توالی رخدادهای مشاهده شده در چاه‌های حفر شده در آن چاه نیز وجود داشته است، به طوری که از رخساره‌های گراولی تا رخساره‌های ماسه‌ای مطبق (که نشان‌دهنده تغییرات فوق‌العاده سریع در سرعت جریان از مرحله سیلابی تا مرحله تجمع و تمرکز در طی جریان آرام دارد) وجود داشته است.

در تصویر (۴-۵) آنومالی‌های بدست آمده از میانگین عیار نمونه‌های چاه‌ها به روش‌های کریچینگ (Kriging) و اسپی‌لاین (Spline) و همچنین (در تصویر ۴-۴) آنومالی بدست آمده از میانگین تعداد ذرات طلا شمارش شده در نمونه‌های کانی‌سنگین نشان داده شده است.

۵-۳- محاسبه حجم

در منطقه پلاسر زرمهر ۱۲۵ عدد چاه با عمق‌های مختلف از ۱۲-۶ متر در مساحتی به وسعت ۸۵ هکتار بعنوان محدوده مورد مطالعه در محاسبه ذخیره کانسنگ در نظر گرفته شده. با توجه به مقیاس یکهزارم توپوگرافی و فواصل ۱۰۰×۱۰۰ متر چاه‌ها و همچنین نمونه‌برداری شیاری با فواصل ۲ متر تعیین ذخیره در حالت بهینه ذخیره ممکن (Possible) قابل تخمین می‌باشد.

جدول ۵-۱: موقعیت و مشخصات چاه های حفر شده در محدوده مورد مطالعه

Well No	XX	YY	Average	Depth	Well No	XX	YY	Average	Depth
2001	679100	3902300	3.25	8	2023	679000	3901300	2.75	10
2002	679100	3902200	13.33	6	2024	679000	3901200	4.00	10
2003	679100	3902100	2.80	10	2025	679000	3901100	2.40	10
2004	679100	3902000	3.20	10	2026	679000	3901000	9.80	10
2005	679100	3901900	3.00	8	2027	679000	3900900	27.33	6
2006	679100	3901800	3.00	10	2028	679000	3900800	28.00	10
2007	679100	3901700	2.40	10	2029	679000	3900700	16.60	10
2008	679100	3901600	2.20	10	2030	678900	3902300	35.33	6
2009	679100	3901500	2.00	10	2031	678900	3902200	10.25	8
2010	679100	3901400	6.40	10	2032	678900	3902100	3.60	10
2011	679100	3901300	4.00	10	2033	678900	3902000	20.80	10
2012	679100	3901200	24.00	10	2034	678900	3901900	6.00	8
2013	679000	3902300	3.75	8	2035	678900	3901800	135.60	10
2014	679000	3902200	1.75	8	2036	678900	3901700	141.50	8
2015	679000	3902100	5.25	10	2037	678900	3901600	50.75	8
2016	679000	3902000	6.60	10	2038	678900	3901500	82.60	10
2017	679000	3901900	3.50	6	2039	678900	3901400	12.00	6
2018	679000	3901800	4.40	10	2040	678900	3901300	66.40	10
2019	679000	3901700	127.00	8	2041	678900	3901200	143.60	10
2020	679000	3901600	121.60	10	2042	678900	3901100	5.25	8
2021	679000	3901500	9.20	10	2043	678900	3901000	4.20	10
2022	679000	3901400	3.80	8	2044	678900	3900900	295.67	10

ادامه جدول ۵-۱: موقعیت و مشخصات چاه های حفر شده در محدوده مورد مطالعه

Well No	XX	YY	Average	Depth	Well No	XX	YY	Average	Depth
2045	678900	3900800	42.80	10	2067	678900	3897800	8.60	10
2046	678900	3900700	12.00	10	2068	678800	3897800	112.00	6
2047	678800	3902300	73.00	2	2069	678800	3899100	12.67	8
2048	678800	3902200	31.00	4	2070	678800	3899050	26.00	10
2049	678800	3902100	100.00	10	2071	678750	3898950	2.67	6
2050	678800	3902000	3.33	10	2072	678750	3898900	80.80	10
2051	678800	3901900	13.00	6	2073	678800	3899000	3.60	10
2052	678800	3901800	199.50	8	2074	678850	3899000	4.75	8
2053	678800	3901500	95.25	8	2075	678800	3900500	116.50	4
2054	678800	3901400	6.00	8	2076	678800	3900400	3.00	4
2055	678800	3901300	208.25	8	2077	678800	3900300	3.50	4
2056	678800	3901200	32.33	10	2079	678900	3900500	1.75	10
2057	678800	3901100	31.00	10	2080	678900	3900600	83.00	6
2058	678800	3901000	94.00	10	2081	678900	3900300	169.75	8
2059	678800	3900900	7.80	10	2083	679000	3900500	2.00	10
2060	678800	3900800	5.50	10	2084	679000	3900400	2.00	10
2061	678800	3900700	13.40	10	2085	679000	3900300	63.25	8
2062	678800	3900600	18.00	10	2087	679500	3900300	6.00	4
1037	679100	3901650	29.75	10	2088	679350	3900150	3.20	10
2063	678850	3897900	3.40	10	2089	679500	3900150	3.00	6
2064	678850	3897850	5.00	6	2090	678737	3900598	73.75	10
2065	678850	3897750	42.50	8	2091	678726	3900700	18.00	10
2066	678850	3897700	3.50	8	2092	678852	3900772	87.60	10

ادامه جدول ۵-۱: موقعیت و مشخصات چاه های حفر شده در محدوده مورد مطالعه

Well No	XX	YY	Average	Depth	Well No	XX	YY	Average	Depth
2093	678958	3900850	2.60	10	1111	678900	3901850	10.00	12
2094	678900	3900950	122.00	10	1112	679000	3901850	9.50	8
2095	678770	3901250	90.00	10	101	679000	3902250	7.60	10
1054	679000	3902150	5.67	8	103	679000	3901750	12.74	10
1100	678900	3902250	19.00	12	109	679000	3900250	4.50	10
1101	678900	3902150	23.60	12	110	679000	3900000	4.46	10
1102	678900	3902050	4.33	10	112	679000	3899500	3.97	10
1103	678800	3902050	7.00	14	113	679000	3899250	4.04	10
1104	678900	3901950	6.00	10	134	679250	3900250	7.08	10
1105	678800	3901950	8.25	6	135	679250	3900000	3.26	10
1106	678800	3902150	21.60	12	159	679500	3900000	2.92	10
1107	678900	3902350	7.00	6	160	679500	3899750	1.92	10
1108	678800	3902350	16.00	6	200	678750	3902000	5.21	10
1109	678800	3902250	37.00	10	303	678700	3901910	11.24	10
1110	678800	3901850	20	8	304	678872	3901470	7.21	10

۵-۳-۱- محاسبه ضخامت حقیقی

با توجه به همگن بودن پلاسر آبرفتی ضخامت حقیقی کانسار با ضخامت آبرفت تحت مطالعه یکسان بوده است و با توجه به اینکه حفر چاه‌ها بصورت عمود صورت گرفته است. بنابراین طول بخش حفاری شده نشان‌دهنده ضخامت حقیقی آبرفت پلاسردار زرمهر است. تصویر (۵-۱) نشان دهنده توزیع و عمق چاه‌های حفر شده در محدوده مورد مطالعه است. در جدول (۵-۱) عمق چاه‌های مختلف نشان داده شده است.

تصویر ۵-۱: موقعیت و مشخصات چاه های حفر شده در محدوده مورد مطالعه

۵-۳-۲- محاسبه حجم بر اساس آنومالی‌های مسطحاتی به روش‌های کریجینگ و Spline

به منظور تعیین حجم قابل ارزش در مرحله اول اقدام به رسم مثلث چاه‌ها بر مبنای میانگین عیار طلا بدست آمده از نمونه‌ها شده است، بدین منظور نتایج مطالعات عمقی با متوسط‌گیری به سطح چاه نسبت داده شده است.

پس بر اساس نتایج متوسط‌گیری اقدام به رسم مثلث‌های مسطحاتی گردیده است و با توجه به میزان مساحت هر مثلث و مقدار متوسط طلا در سه گوش مثلث با در نظر گرفتن حداقل عیار اقتصادی ۵۰ میلی گرم در تن و ۸۰ میلی‌گرم در تن می‌توان مقادیر حجم ذخیره را محاسبه کرد. اگرچه کلیه نتایج حاصل شده بر مبنای چاهک‌هایی با عمق ۱۰ متری است با این محاسبات تا عمق ۲۰ متری براحتی قابل تخمین می‌باشد.

روش کار

در مرحله اول میانگین مقادیر طلا در نمونه‌های برداشت شده که به روش Fire Assay آنالیز شده‌اند به سطح چاه نسبت داده می‌شود سپس اقدام به رسم مثلث با استفاده از رئوس سه گانه (موقعیت چاه-ها) نموده و کل مساحت تحت مطالعه را در ۱۹۱ عدد مثلث تقسیم می‌کنیم. در تصویر ۵-۲ مثلث بندی چاه‌ها در محدوده مورد مطالعه رسم گردیده است. در این ترسیم که به صورت نرم‌افزاری صورت گردیده دو عامل یا فاکتور مهم دیگر نیز مورد محاسبه قرار گرفته است که عبارتند از

۱) میانگین‌گیری از مقادیر طلا در رئوس مثلث و نسبت دادن آن به مرکز ثقل مثلث

۲) محاسبه مساحت هر مثلث.

این محاسبات در جدول (۵-۳) انجام شده است و در تصویر ۵-۳ نتایج محاسبات مشاهده می‌گردد.

تصویر ۵-۲: مثلث بندی چاه های محدوده مورد مطالعه

تصویر۵-۳: محاسبه مساحت هر مثلث و میانگین گیری مقادیر رئوس هر مثلث

جدول ۵-۲: نتایج حاصل از مثلث بندی چاه ها با متوسط بیشتر از ۵۰ ppb

ادامه جدول ۵-۲

جدول ۵-۳: نتایج کلی حاصل از مثلث بندی چاه ها

ادامه جدول ۵-۳

در حاشیه این نقشه یکبار مثلث‌هایی که بیش از ppb ۵۰ میانگین طلا را دارا هستند و یکبار مثلث-هایی با بیش از میانگین ppb ۸۰ انتخاب گشته‌اند.

از اینرو بر مبنای روش مثلث بندی ۵۹۰ کیلوگرم طلا با حد اقتصادی ppb۵۰ و میانگین ppb ۸۲ به عنوان نتیجه محاسبات میزان ذخیره در نظر گرفته شده است.

۵-۴ محاسبه ذخیره

برای محاسبه ذخیره کانسار لازم است که حجم و وزن مخصوص ماده معدنی را داشته باشیم و از ضرب آن‌ها تناژ ماده معدنی به دست می‌آید. وزن مخصوص کانسنگ تابع عیار، فاز پیدایش، بافت و ماهیت کانسنگ و ناخالصی‌های آن در بخش‌های مختلف کانسار است.

در مورد کانسارهایی با عیار کم همچون پلاسر زرمهر وزن مخصوص تابع عیار نمی‌باشد ولی در مورد کانسارهایی با عیار بالا مانند کانسارهای آهن عیار کانسنگ در وزن مخصوص اثرات قابل ملاحظه‌ای دارد. در منطقه آبرفتی پلاسر زرمهر و در فاز مطالعات قبلی وزن سنجی مقدماتی انجام گرفته است. لازم بذکر است که برای تعیین چگالی نمونه‌های برداشت شده با توجه به حجم و وزن سنجی از چندین نمونه در محل، چگالی ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب ($1/3\ gr/cm^3$) محاسبه شده است (مأخذ گزارش پی‌جویی طلای پلاسری در منطقه زرمهر و خوشدره تربت حیدریه، مهر ماه ۱۳۸۴، شرکت پیوند معدن‌آرا). لازم بذکر است در کانسارهای پلاسری عیار بر حسب جرم به حجم سنجیده می‌شود. بطورمثال اگر حد عیار اقتصادی کانسارهای اکتشاف شده قبلی را بخواهیم مثال بزنیم باید گفت ۲۰۰ میلی گرم بر متر مکعب. در محاسبه ذخیره کانسار پلاسر زرمهر با توجه به پایین بودن عیارهای میانگین مقادیر طلا در نمونه‌های دیواره چاه‌ها به ناچار بایستی حد اقتصادی را تا ۵۰ میلی-گرم در تن کاهش داد تا بتوان در این مرحله فقط مناطق آنومال را شناسایی نمود. لازم بذکر است در

مراحل بعدی اکتشاف انتخاب طول ۵۰ سانتی‌متر برای هر نمونه امکان شناسایی زون‌های پرعیارتر بالامی‌برد. در اینصورت افزایش مقدار حد اقتصادی شدن را می‌توان با مقادیر واقعی (قابل معدنکاری) را انتظار داشت.

با اینحال با حداقتصادی ۵۰ppb و ۸۰ppb محاسبات مقدار ذخیره احتمالی به شرح ذیل است.

میانگین طلا در سطح هر مثلث × عمق 10 متری × محاسبه مساحت های مثلث های بیش از میانگین $50ppb$
× وزن مخصوص 1.3 gr/cm^3

(عمق ۱۰ متری × محاسبه مساحت‌های مثلث‌های بیش از میانگین ۵۰ppb، حجم کانسار قابل برداشت تا عمق ۱۰ متری است).

مقدار بدست آمده بر حسب میلی‌گرم خواهد بود و چنانجه بر میلیون تقسیم شود بر حسب کیلو محاسبه می‌شود.

(مقدار طلا تا عمق ۱۰ متری بر مبنای حد اقتصادی ۵۰ppb)

این محاسبات برای حد اقتصادی ۸۰ppb چنین خواهد بود.

$$\frac{227609600 \times 1.3}{1000.000} = 295\ kg$$

(مقدار طلا تا عمق ۱۰ متری بر مبنای حد اقتصادی ۸۰ppb)

درجداول (۵-۲) و (۵-۳) این محاسبات به تفکیک هر مثلث انجام گرفته است. در جدول ذیل نتایج محاسبات در عمق‌های ۱۰ و ۲۰ متری بطور خلاصه مقایسه شده‌اند.

$$\frac{118805400 \times 1.3}{1000.000} = 154$$

مقدار ذخیره تا عمق ۲۰ متری	مقدار ذخیره تا عمق ۱۰ متری	حد عیار اقتصادی
۵۹۰ Kg	۲۹۵ Kg	۵۰ Ppb
۳۰۸ Kg	۱۵۴ Kg	۸۰ Ppb

بنابراین بر مبنای عیار اقتصادی ۵۰ میلی‌گرم در تن با عمق ۲۰ متر ۵۹۰ کیلو طلا ذخیره تخمین زده می‌شود.

فصل پنجم: ارزیابی و تعیین ذخیره..... ۱۳۶
۵-۱- مقدمه..... ۱۳۷
۵-۲- خصوصیات هندسی و نقش آنیزوتروپی کانسار پلاسری زرمهر در محاسبات تعیین ذخیره..... ۱۳۸
۵-۳- محاسبه حجم..... ۱۴۰
۵-۳-۱- محاسبه ضخامت حقیقی..... ۱۴۳
۵-۳-۲- محاسبه حجم بر اساس آنومالیهای مسطحاتی به روشهای کریچینگ و Spline..... ۱۴۵
۵-۴ محاسبه ذخیره..... ۱۵۲

جدول ۵-۱: موقعیت و مشخصات چاه های حفر شده در محدوده مورد مطالعه..... ۱۴۱
جدول ۵-۲: نتایج حاصل از مثلث بندی چاه ها با متوسط بیشتر از ۵۰ ppb..... ۱۴۸
جدول ۵-۳: نتایج کلی حاصل از مثلث بندی چاه ها..... ۱۵۰

تصویر ۵-۱: گسترش سطحی و توزیع عمقی چاه های حفرشده در منطقه مورد مطالعه زرمهر..... ۱۴۴
تصویر ۵-۲: مثلث بندی چاه های محدوده مورد مطالعه..... ۱۴۶
تصویر۵-۳: محاسبه مساحت هر مثلث و میانگین گیری مقادیر رئوس هر مثلث..... ۱۴۷