

金矿选编

第三集



核工业部地质局黄金办公室
第三研究所情报室

前 言

为了给找矿、科研第一线的广大金矿地质工作者提供找金方面的资料，以促进黄金地质找矿勘探工作的顺利进行，我们调研、编辑、出版了《金矿选编》。

《选编》汇集了目前国内外许多较高水平的金矿论文。选时结合当前金矿工作的实践，并注意到内容的普及性和实用性。对进一步研究和在我国寻找各种类型的金矿床有一定的参考价值。

《选编》分五集出版。

第一集 金矿概述 主要内容：金的命名和成因形态、金的地球化学性质和成矿作用、金的标型特征及金矿规范说明等。

第二集 砂金 主要内容：砂金矿床的成因类型、分布特征、找矿评价方法、勘查方向等。

第三集 金矿的成矿模式及找矿勘探方法 主要内容：金矿床的成矿模式及找矿方向、金矿勘查的物化探方法、地球化学方法、放射性方法以及取样方法等。

第四集 金矿床 主要内容：金矿床成因理论、金矿床类型及特征、国内外典型金矿床实例等。

第五集 金的分析测试方法 主要内容：金的各种实验室分析测试方法及野外简易测试方法。

《选编》由核工业部地质局黄金办公室和北京第三研究所科技情报室联合编审，本集经崔焕敏高级工程师审阅，由高必娥同志编辑。由于水平所限，书中出现的错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

局黄金办公室
1987.10.
所科技情报室

目 录

1. 金矿勘探与矿床技术经济的几个问题..... (1)
2. 试谈黄金找矿的几个关系问题..... (21)
- ✓ 3. 国外金矿地质与勘探的现状和发展趋向..... (30)
4. 南非维特瓦特兰德金矿床的地质与勘探准则..... (44)
5. 卡林浸染型金矿床的勘探..... (51)
6. 太古界中黄金勘探的模式..... (64)
7. 关于金矿找矿矿化指示元素初步探讨..... (78)
8. 金矿地球化学找矿及评价指标..... (94)
9. 试论构造地球化学找金的几个问题..... (113)
10. 金矿化探普查找矿的几个问题..... (127)
11. 关于化探找金一些问题的讨论..... (133)
12. 夹皮沟三道岔金矿床原生分散晕的特征及地
球化学异常模式..... (143)
13. 治岭头金银矿床的地球化学特征及找矿标志..... (159)
14. 澳大利亚新南威尔士帕克斯地区金的岩石地
球化学勘查..... (172)
15. 论寻找原生金矿的物化探方法效果及其有关问题..... (190)
16. 山东招徠金矿的地质特征与地球物理方法的
应用..... (203)
17. 航空电磁法发现菱刈金矿床..... (237)
18. 金银矿床交代晕的标型元素——钾、钠、锂
及其预测普查意义..... (250)
19. 如何选择金矿床坑探取样的最优方法..... (259)

金矿勘探与矿床技术 经济的几个问题

程玉明

(吉林省有色地质勘探公司)

一个矿床的工业使用价值不仅取决于矿石的自然丰度，而且与采选技术条件及其内外部建设条件关系很大。因此，地质勘探不仅要研究以合理的投资在较短的时间内获得最佳的地质效果，而且应当包括矿床技术经济条件的研究，才能获得最佳的经济效益。现就金矿地质勘探与矿床技术经济评价的几个主要问题，进行初步讨论，不当之处，请批评指正。

一、对金矿组织勘探前要认 真研究矿床经济条件

对金矿床的评价或勘探应包括两个方面的内容，一是矿床地质成矿条件及工业、远景储量方面的评价；再是矿床技术经济条件的评价。后者左右前者，而后者往往重视不够，结果有的造成“呆矿”，有的不能利用，有的拖长了建设周期，影响了社会经济效益。其中主要的有以下几个方面。

(一) 矿床生产建设的外部条件

对金矿床评价或勘探时，要注意研究交通运输、水、电等矿山建设的外部条件。同样规模的矿山，外部建设条件不同，投资差别很大(表1)，尽管都承认这个事实，也还是值得研究。从表1明显的看出，外部建设投资多者竟占基建投资总额的43%。

其中水为3—6%，最多8%，电为6—10%，最多为39%，而交通波动较大，由1.3—23.6%。我们勘探一个大型金矿床，勘探总额一般为300—500万元，而矿山外部建设投资仅此一项多者竟达860万元。可见：

1. 对金矿床评价或勘探，首先要选择建设条件好的，对电及交通条件尤须注意。条件差的不仅投资多，而且建设周期也长。

2. 对外部建设条件差的矿床，在制定勘探方案时，要适当的提高勘探程度，以减少基建投资的风险性。

3. 对金矿床储量多，建设规模大的，由于基建投资多，保证勘探程度合理，十分重要。

(二) 矿床开采技术条件与矿

石加工技术性能的研究

有的地质工作人员对矿床开采技术条件与矿石加工技术性能的研究，重视不够，表现在对金矿床评价时，很少进行这方面的研究，即使是勘探阶段，也多放在勘探后期，才加以研究，这不大妥当。

对矿床开采技术条件的研究，不应单纯地理解为仅是矿石与围岩的物性测定，如体重、湿度、孔隙度、抗压、抗剪强度、岩矿石块度、硬度等。而最重要的是矿体顶底板的稳定程度及构造特点的研究。对矿体顶底板的稳定程度与构造特点在评价阶段就应加以研究，而且有条件进行研究。例如，对金矿床（点）进行评价时，一般以钻探为主，在钻探编录时，对矿脉顶底板的特点，能搜集到许多资料。故此，对矿脉上下盘10m范围内的采取率与矿脉的采取率提出了相同的质量要求。事实上，在执行中却放松了这一要求，很少因此而进行补量。也很少从矿床开采技术条件的角度，认真地进行研究。

金矿以脉状矿床占多数，由于矿床开采技术条件研究不够，而带来的损失，是有例可查的。如某金矿床，矿脉厚 0.5 — 1.2

表1 矿山外部建设投资比较表

矿区名称	建设规模 吨/日	基建 投资 万元	水		电		交 通		计		备注	
			万元	%	万元	%	万元	%	万元	%		
河北金厂峪	500	1340.6	38.2	2.8	128.9	9.5	63.8	4.8	229.9	17		
河南文峪	500	1991.5	110	5.5	155.9	7.8	469.2	23.6	735	37		
山东招远	500	1994.2	49.4	2.5	785.3	39.4	25.4	1.3	860	43		
辽宁四道沟	250	638.9	30.4	4.8	38.1	6.0	20.7	3.2	80.2	14		
河南金洞岔	250	1128.9	91.9	8.1	111.5	9.9	153	13.6	356.4	32		

吉林省冶金设计院《技术简报》1977年

m, 品位10—50g/t。因顶板岩石破碎, 贫化太大, 投产后, 出矿不多被迫停产。另一个金矿, 矿脉在闪长玢岩上下盘, 因岩脉破碎, 矿石严重贫化, 成了采矿攻关的难题。可见, 矿体与其顶底板围岩的地质构造条件与物理机械性能, 对矿山开拓方法、采矿方法、机械设备的选择, 劳动生产率材料消耗, 采矿成本, 以及矿脉的损失贫化等关系极大, 地质工作者必须给予足够的重视。对矿床开采技术条件的研究, 要注意以下几个方面:

1. 从开采设计规模、开拓方案、采矿方法以及设计总图要求出发, 则要求查清矿床分布范围、储量、矿体的规模、形态和产状、矿石类型、分布特点等。

2. 研究矿床构造特点、矿石及顶底板岩石的稳定程度, 即岩石、矿石在空间允许暴露面积的大小和暴露时间的长短。由于矿石和顶底板岩石的稳定性不同, 产生多样的组合, 因而所选择的开拓与采矿方法亦各异。

3. 金矿多为地下开采, 运输巷道一般距矿体5—7m, 太远则石门长, 太近则损失部分矿量, 故对矿体底板特点的要求较严。

4. 矿床水文地质条件的研究。

在金矿床(点)评价阶段, 同样应从工业利用的角度, 研究矿石的加工技术性能, 我国常见的岩金选金方法, 不外有混汞法→浮选法, 浮选→氰化法, 浮选→焙烧→氰化法等, 影响金的回收与选别的有以下几个方面:

(1) 自然金的赋存状态: 主要有三种: ①包在硫化物中; ②在不同矿物的裂隙与接触界面中; ③包在石英的颗粒中。而进入尾矿流失的自然金, 多系包在石英颗粒中的微粒金($<30\mu\text{m}$)。

(2) 自然金的粒度: 当金粒 $>70\mu\text{m}$ 时难以浮选, 氰化也费时间, 因而需用重选或混汞提前选别。对细粒金不论是单体或连生体, 浮选、氰化都比较容易回收。

(3) 自然金的形态不同，不同的选矿方法有不同的效果。

(4) 金的表面穿上铁衣时（有铁锰氧化物的薄膜），不论混汞、浮选或氰化都难以回收。

(5) 矿石性质：含金矿石如石英含量大于60%，氧化铝含量小于12%时，可做火法冶炼厂的熔剂，金与石英皆有经济价值。矿石中存在金属氧化物时，如自然铜、自然砷、孔雀石或为毒砂、辉锑矿的矿石，或为含碳矿石，都将无法直接采用氰化工艺，有的不得不加上焙烧过程。

(6) 混汞法提金时金粒与汞接触，生成金汞齐（ $\text{Au} \cdot \text{Hg}$ ）而被吸附。采用此法要注意自然硫、辉锑矿、有机碳、石墨、滑石、蛇纹石、绢云母等矿物的存在。它们皆能在汞的表面造成污染或形成薄膜，使汞失掉吸附金的能力。

(7) 矿泥的种类及含量多少同样影响矿石选矿工艺流程的制订。某些金矿选厂原设计采用全泥氰化，锌粉置换提金的常规生产工艺，建成后由于矿石属含泥量多的氧化矿，泥质很细，当磨矿至-200目时，难于沉降过滤，在浮选或氰化之后，液固分离十分困难，金的回收率很低。后又经过两年的选矿试验改为全泥氰化炭浆法提金。

二、岩金地质勘探矿床技术经济的 几个主要问题的初步讨论

金矿床的特点可归纳成九个字：复杂、多变、经济价值高。就是说，形成金矿床的地质条件复杂，矿床的产状、规模、形态、品位多变，而黄金的经济价值很高。这几个特点就决定了金矿地质的找矿、评价及勘探的政策、方法应有别于其它金属矿产。

(一) 关于金矿床的评价、勘探周期

对金矿床进行评价或勘探时，必须考虑时间的因素，因为货币额对时间来说有个计息问题，也有个提前投产赢利问题。从这个意义上讲，缩短金矿床评价与勘探的周期就是提高地质经济效益。某大型金矿床从评价到勘探仅用了三年，矿山根据地质勘探队的阶段性报告自行设计提前投产，投产的当年就赢利131万元，十年后共赢利3452万元。而另一个大型金矿床，1957年发现，1960年提交了报告，投资136万元。1965—1970年再次勘探，投资218万元。根据设计部门的要求1973—1974年进行补勘，投资313万元。该矿到1980年投产时地质勘探费总额的静态计算是667万元。因为货币额有计息问题，按贴现率公式计算（贴现率国际上通常为8%）：

$$\text{未来值} = \text{现值} (1 + \text{贴现率})^{\text{年数}}$$

到投产时所用的地质勘探费总额实际上已达1601.23万元。

二者比较起来，由于勘探周期的长短不同，不论是自身的经济效益，还是整体的经济效益，差别都是很大的。

(二) 关于储量级别与比例

对地质勘探程度的要求其核心是对储量级别与比例的要求。要求过高不仅增大了勘探投资，而且也拖长了勘探与建设周期，要求过低也会造成经济损失。

1. 金矿床的C级储量可作为矿山建设设计的主要依据

由于金矿床的成矿特点，对C级储量能否作为基建投资的主要依据，有不同意见。

由已生产的十二个金矿床开采量与勘探C级储量比较（表2），其相对误差矿石量波动于3—43%之间、金属量波动于14—39%之间，而且皆为负值。由这些实际数据，我们可以得出以下几点认识：

(1) 国家规定C级储量误差应 $< \pm 45\%$ ，说明上述金矿床选用的勘探网与矿床的研究程度符合要求。

(2) 国家规定生产与勘探之间B级储量误差 $< \pm 30\%$ ，单就相对误差观之，10个矿床有8个符合要求，占80%，进一步说明，探提交的C级储量精度与质量很高，可以用作矿山建设设计的依据。

(3) 从矿石量、金属量、品位三者的相对误差波动的范围观之，矿石量与品位波动范围较大，说明金矿体的形态规模与品位变化较大。尽管三个变量皆在变，反映在金属量上波动范围相对较小这一事实观之，它们之间是有规律可循的。

(4) 从列举的事实观之，开采量皆低于勘探储量，所以表现为负值，很可能由于在采矿过程中由于顶底柱、残留矿柱等不可避免的损失率加上其他原因造成的。据长沙矿山研究院统计金矿采矿损失率一般为10—30%，如果在开采量中加上损失量，可进一步说明C级储量误差范围将更加缩小。

由上述观之C级储量完全可以作为矿山建设设计的主要依据，这样将会缩短勘探周期，提高经济效益。

2. 关于D级储量

关于D级储量的作用有明确规定，此处仅作某个侧面的强调。某含金石英脉矿床，以100×100m的钻孔间距进行评价，用钻孔圈定了一个完整的D级矿块，金金属量4.8t（图1左）。据此铺开了井田基建工程，共投资四百多万元。其结果大矿块变成了零散的小矿体，金金属量只剩下281kg，使生产十分被动。

另一个金矿床用100×100m的孔距交了D级金金属量13t，据此进行了基建投资639万元，投产后储量大量减少，由于供矿不足，长期达不到设计生产能力。由大量的生产实践取得的经验教训可以认为：

(1) 金矿床的D级储量不能单独作为基建投资的依据，它只能是地质勘探的依据；

(2) 即使是在老矿山建设新坑口，单一的D级储量，也只能作为

表2

金矿床开采量与C、D级储量相对误差比较表

矿床名称	开采量与C级比相对误差 %			开采量与D级比相对误差 %			备 注
	矿石量	金属量	品 位	矿石量	金属量	品 位	
山东焦家	- 4.39	- 24.70					系生产勘探 探明量 [#]
山东新城	- 20.12	- 30.61					
山东九曲	- 42.7	- 38.8	+ 6.9	- 90.2	- 90.2	+ 3.4	
吉林三道岔	- 30.56	- 28.46	+ 3.01				
吉林二道沟	- 35.58	- 17.98	+ 27.27				已闭矿坑报 告
吉林二道甸子	- 17.97	- 23.6		- 66.37	- 50.98		
吉林四道岔				- 96	- 94	+ 31.95	
辽宁四道沟				- 74.81	- 80.6	- 23.19	
河北金厂峪	- 18.9	- 16.6	+ 2.8				系基建探明 量
河南金洞岔	- 9.8	- 14.2	- 4.9				
河南文峪	- 27	- 18.6					
广西古袍	+ 2.8	+ 23	+ 26.3				

河南、广西资料引自吉林冶金设计院，焦家、新城资料取自朱芳帆

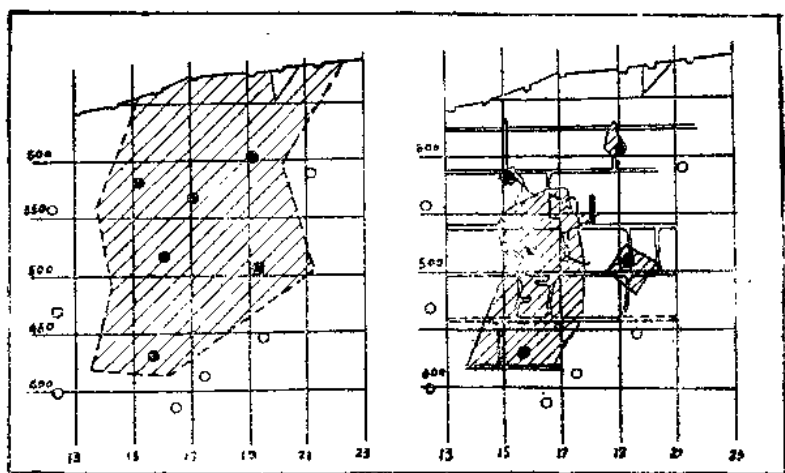


图 1

探矿的依据，而不应作为基建依据的。

3. 关于C+D级的储量问题

1965年金矿地质勘探暂行规定中规定 $C_1 + C_2$ 级(相当于C+D级)储量为工业储量。它很容易使人误解 C_2 级储量也是工业储量,上述根据D级储量进行基建的两个实例,很能说明问题。这种提法不够准确。但根据金矿床的特点,“C+D”级储量又是很值得研究的问题。某省金矿床就是根据C+D级储量基建的,有的投产达17年,有的已达21年,它们的开采结果证实提供的C+D级储量满足了基建与生产的需要。但这里的D级是有条件的,其条件为:

- (1) 凡属同一个开拓系统有工程控制的D级储量。
- (2) C级储量矿块有限外推的或配合C级矿块有一定工程控制的D级储量。
- (3) C级矿块内因工程质量降级的D级储量。
- (4) 主矿体上下盘可以一起开拓利用的D级储量。
- (5) 虽用较密的工程控制,但因矿体形态、规模、产状、

品位变化大达不到C级储量要求的D级储量。

这里强调的是：C+D级不笼统的称作工业储量，C+D级的D级储量是有条件的，在一定条件下，C+D级可作为基建设计的依据。

4. 关于储量比例的要求

关于储量比例的要求，不仅涉及勘探周期、勘探投资，而且与矿山建设密切相关，是研究地质勘探经济效益中的重要问题。在已有规定中对C级储量比例的要求，是大型的多探，小型的少探，简单的多探，复杂的少探。从经济观点出发不一定合适。单一的储量比例要求，忽视了建设条件、建设规模、投资利率、矿山建设周期与利润等因素的影响，显然是不合适的。如果在勘探范围内远景很大，D级储量很多，如要求C级占50%，同样的50%会因D级储量越大C级储量则越多。矿山建成投产后势必有不少的C级储量短时间内利用不着，从投资效益观之积压资金。因此，对C级储量比例的要求，最好是限定在开拓系统内的储量比例。故而安排勘探方案时，不要死抠规模，要请工业部门、设计部门、储委等有关单位进行勘探程度的可行性研究，以期用合理的投资获得理想的经济效果。

由国内已建成投产多年的金矿区观之，基建时所依据的C级储量比例差别很大，从百分之九十几到百分之十几皆有(表3)。通过各矿区的生产实践对勘探提交C级储量的比例要求，提出以下意见：

(1) 在详细研究矿床地质矿化特点的基础上，通过勘探部门、设计部门、储委、工业部门等四方协商，将规范上要求的C级储量比例的“定值”改成“变值”。新区一次探明的C级储量，不是根据比例而定，而是根据矿床主矿体的研究程度、稳定程度及设计生产建设规模而定。在一般情况下能满足设计生产规模的3—5年是合适的，这种提法考虑了三个因素：一是考虑矿床构造

表3 各金矿床勘探网度与储量级别比较表

矿床名称	C级			储量比例%			备 注	
	坑 探		D级 钻 探	B级	C级	D级		
	段高×穿脉 (m)	走向×倾斜 (m)						
吉林三道岔	50×50		100×100		12.3	87.7		
吉林二道沟	40×50—25		100×100		60.9	39.1		
吉林海沟	90×20—40		160×80		39	61	1971年报告	
吉林小西南岔	30—100×60—80	120×60—80	240×240	1.26	50.2	58.5	储量比例为补勘值	
吉林二道甸子	40—60×25—50		100×100					
吉林板庙子	30×25—50		100×50—100					
辽宁五龙	40×25	50×50	100×100			100		
辽宁四道沟			100×100		82	18		
黑龙江团结沟		50×50	160×120		18	82		
河北金厂峪	40×20—80	80×40—90	250×200					
河北峪耳崖	40×40	100×60—100	240×120					
山东焦家	80×60	120×100	120×60					
山东九曲	30×80	60×60	240×120—240					
河南文峪	68×100		240×120—240		52	48		
河南金洞窑	67×100				94	6		

与矿体规模、形态、产状、品位等的具体条件而定，以加快勘探周期；再是C级储量随设计生产规模而变，设计规模大，则应多交C级储量使近期生产规模不致发生重大变化；三是可以确保开拓储量，以便早日达到设计生产能力，早日获得经济效益。如吉林三道岔大型金矿床，在主矿体上部以50m段高，50m穿脉间距打了两层坑道，经研究确认矿体规模、产状、形态都比较稳定，品位较高，经勘探队与矿山设计等部门共同研究，根据已探获的12.3%C级储量及深部100×100m钻探间距控制的D级储量进行了生产建设，提前取得了很好的经济效益。这个矿床已经生产近20年，证实这条路是正确的。

(2) 建立开拓系统范围内的储量级别比例要求，而不应是整个矿床的。为了追求储量比例的补勘工作，一定要慎重，要考虑多方的因素与全局的经济效益。某金矿床提交的地质报告C级储量已达39%，后又进行补勘，使C级储量达到了65%。从储量值看矿石量增加了28万吨，相对误差为11.57%，金属量相对误差仅为8.71%。

(3) 对C级储量比例的要求，不应简单的取决于勘探类型或矿床规模，还应当考虑矿山建设条件的难易，基建设计规模与基建投资的大小。对建设条件难、投资大的项目应适当增加C级储量的比例，反之则应降低。

(4) 对新建矿区与老区建设新井田要区别对待。

(三) 关于金矿勘探手段的组合

研究金矿地质勘探经济效益要从国家建设的全局出发，所投入的勘探工程尽可能的为以后的生产建设所利用。组织勘探时要充分研究金矿床的变化特点，既要取得充分可靠的地质资料，又要取得全面的经济效益，因而要认真研究勘探手段的组合。

1. 对金矿床勘探时浅部应以坑探为主，便于基建初期开拓利用。如吉林三道岔大型金矿床掌握了一定的地质资料后，勘探的

探矿坑道与基建坑道相结合，很快的形成了生产能力。

2.组织坑探时，如矿体厚大，可打脉外坑道，在应开穿脉的地方，用金刚石钻机打扇形钻及水平钻，并配合以部分的穿脉验证。这样，坑内的坑钻结合的勘探方法，不仅能降低勘探成本，加快勘探速度，而且能更深入的掌握矿体的空间变化规律。

3.以钻探为主对金矿床进行评价或勘探时，要进行坑探验证。因为：一是金矿床变化大，钻孔见矿率低，不能全面真实的反映客观实际情况。二道沟金矿床是个中型金矿床，仅有三个孔见矿。矿体下部的两个无矿孔，坑道验证结果离其不远就是工业矿体。八家子中型矿床用钻探所获储量皆在深部，坑道下去，在含矿系统上部却发现了富含方铅矿的含金石英脉。四道岔金矿床钻孔控制的矿体，坑探结果，不仅矿体有变化，而且矿体上盘岩脉破碎，二次贫化太大严重影响生产利用。再是钻孔探获的矿脉品位与厚度误差较大，一般是钻孔的矿脉品位低于坑道，而厚度又高于坑道（表4）。从表4看钻孔品位低于坑道者占73%，钻孔矿脉厚度大于坑道者占80%。去掉7448及78153两孔外，从品位与厚度乘积观之，13个钻孔中有8个孔低于坑道，占62%。八个孔的平均相对误差为33.75%。产生误差的原因有工程质量问题，也有矿体形态、产状等方面的变化因素。

根据金矿床的地质成矿特点及评价与勘探的不同要求，将槽探、钻探与坑探有机的组合起来，改变钻探包打天下的局面，不仅能提高地质效果，从建设的全局出发，也是经济可行的。

三、金矿地质勘探经济效益比较

（一）砂金与岩金比较

砂金与岩金比较，不论是找矿评价还是开采利用，砂金都具有投资少，周期短，见效快的特点。因此，加强砂金的找矿评价

表4 钻孔与坑道样品品位与水平厚度比较表

矿床	钻孔号	金平均品位 g/t			水平厚度 m			品位与厚度乘积		
		坑道	钻孔	相对%	坑道	钻孔	相对%	坑道	钻孔	相对%
三道岔	949	19.09	19.10	-0.05	5.42	4.50	+17	103.47	85.95	+17
	934	15.98	9.98	+38	6.92	7.90	-14	110.58	78.84	+29
	901	25.29	18.80	+26	2.55	1.80	+29	64.49	33.84	+48
	903	14.90	13.90	+6.7	2.45	3.10	-26	36.51	43.09	-18
四道岔	7552	34.86	8.76	+75	0.35	0.95	-171	12.20	8.32	+32
	7459	38.05	6.63	+83	0.29	2.33	-703	17.59	15.48	+12
	7535	53.39	9.02	+83	0.27	1.24	-359	15.48	11.19	+28
	7456	49.89	21.70	+56	0.23	0.83	-261	11.47	18.61	-57
	7448	45.05	93.30	-107	0.30	1.30	-333	13.50	121.59	-801