

苏联國家礦產儲量委員會制定

礦產儲量分類規範

第十八輯

鈷

X

P489.2

S242

:18

地質出版社

159-1
877
1467
苏联國家礦產儲量委员会制定

礦產儲量分類規範

第十八輯

鈷

地质出版社

1958·北京

146769

鈷礦床儲量分類規範 (Инструкция по применению
Классификации запасов к месторождениям кобальто-
вых руд) 由苏联 А. А. 格拉兹科夫斯基編寫, 苏联部長會議國
家礦產儲量委員會主席 М. 洛熱奇金于 1955 年 9 月 10 日批准。
曾有許多專家参加了本規範的討論和最后定稿工作。

原書由苏联國立地質保礦科技書籍出版社 1956 年于莫斯科
出版。

本輯由徐幼先翻譯。

礦產儲量分類規範 第十八輯 鈷

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街 3 号

北京市書刊出版登記證出字第 050 号

發行者 新 華 書 店

印刷者 天 津 市 第 一 印 刷 厂

印数 (京) 1—3200 册

1958 年 8 月北京第 1 版

开本 31"×13"1/32

1958 年 8 月第 1 次印刷

字数 23000

印張 1

定价 (10) 0.15 元

目 錄

一、总論.....	(4)
二、工業要求.....	(12)
三、根据決定勘探方法的自然因素而作 的礦床分类.....	(17)
四、对礦床勘探方法和研究方法的要求.....	(19)
五、儲量分类及各級儲量应具有的条件.....	(29)

鈷礦床儲量分類規範

一、 總 論

鈷是一種帶紅色色調的白色金屬；它具有極大的硬度，可鍛，可延伸，難熔；比重8.75—8.92。鈷具有強而穩定的磁性。在空氣中鈷不氧化，在稀酸中溶解并形成二價鈷的鹽類。在常溫下王水和草酸可溶解鈷。

鈷和氧能生成 CoO （灰色）、 Co_3O_4 （黑色）和 Co_2O_3 （深褐色）。已知有大量簡單的和複雜的鈷化合物，其中鈷是以二價和三價元素存在的。

在工業上鈷的用途主要是根據其具有與鐵、鎳、鉻和某些其他金屬形成合金（固溶體）的性能。

鈷合金中最主要的是鈷鋼，其中鈷的含量占5—10%，有時達20%。屬於鈷鋼的有高速切削鋼（其中還有鎢）、磁性鋼和耐熱鋼。用40—50%的鈷與鎢、鐵、鉻和鉬能合成極硬的鈷鉻鎢鉬合金，這種合金用於金屬加工工業中。此外，鈷在化學工業上可以作為脂肪氫化作用和其他氧化還原過程中的催化劑。部分鈷用來製造顏料和搪瓷。出售的商品鈷是鈷的氫氧化物和金屬鈷。鈷的世界年產量（除蘇聯外）最近為6,000噸。

鈷的地球化學特征是它在不同岩石成分的火成岩中有着相當廣泛的分布。鈷屬於初期結晶的元素類，雖然不象鐵和鎳那樣主要，但畢竟與超基性岩和基性岩有着固定的聯繫。少量鈷存在於橄欖石、蛇紋石和其他組成基性岩的矽酸鹽中，同樣也存在於外生和內生成因的鎳礦石（即硫化礦石和

矽酸鹽礦石)的組成中。這類岩石中已知有純鈷礦化的顯示。

与此同时,鈷與中性和中酸性成分的火成岩也有密切的聯繫。在許多地區重要的鈷礦石和含鈷礦石的工業礦床正是與這類岩石(閃長岩、石英閃長岩、花崗閃長岩和甚至花崗岩)有着成因上的聯繫。

含鈷的礦物非常多,已知約有 30 種純鈷的礦物和 100 種以上鈷作為次要組份的礦物。砷化物、硫砷化物和硫化物類的鈷礦物和含鈷礦物分布尤廣。

最主要的鈷礦物和含鈷礦物見表 1。

表 1

最主要的鈷礦物和含鈷礦物

礦物名稱	化學式	Co 的含量(%)
1. 含砷和硫的鈷礦物		
1. 方鈷礦	CoAs_3	16—20
2. 砷鈷礦	$(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-2}$	15—24
3. 斜方砷鈷礦	$(\text{Co}, \text{Fe})\text{As}_2$	13—23
4. 輝鈷礦	CoAsS	25—34
5. 鉄硫砷鈷礦	$(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$	8—18
6. 卡硫鈷礦	CoS_2	約 40
7. 硫鈷礦	Co_3S_4	45—53
8. 硫銅鈷礦	$(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Ni})_3\text{S}_4$	27—42
鎳和鉄的含鈷礦物		
9. 砷鎳礦	$(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{3-2}$	痕量—15
10. 斜方砷鎳礦	NiAs_2	痕量—6
11. 紅鎳礦	NiAs	到 2

礦物名称	化 学 式	Co 的含量 (%)
12. 輝砷鎳礦	NiAsS	痕量—15
13. 鈷毒沙	$(\text{Fe}, \text{Co})\text{AsS}$	3—8
14. 毒沙	FeAsS	到 3
15. 方輝鎳礦	NiS_2	約 3
16. 輝鉄鎳礦	$(\text{Ni}, \text{Fe})\text{S}_2$	痕量—3.5
17. 黃鉄礦	FeS_2	到 3
18. 方硫鎳鈷礦	$(\text{Ni}, \text{Co})_3\text{S}_4$	20—40
19. 鎳黃鉄礦	$(\text{Ni}, \text{Fe})\text{S}$	到 3
20. 磁黃鉄礦	FeS	到 0.1—0.15
22. 針鎳礦	NiS	到 0.6
2. 氫氧化物		
22. 水鈷礦	$\text{ICoO}_m\text{Co}_2\text{O}_{3n}\text{H}_2\text{O}$	到 50—60
23. 鈷土礦	含鈷的錳的氫氧化物	3—25
24. 鎳鈷土礦	同上	到 5
25. 銅鈷土礦	同上	到 5
26. 錳土	同上	到 5
3. 砷酸鹽, 碳酸鹽、硫酸鹽		
27. 鈷華	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	30
28. 菱鈷礦	CoCo_3	50—55
29. 赤礞	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	到 20

鈷的地球化学特征是它与其他金屬的广泛組合。金屬礦床中已知鈷与鎳、銅、鉄、錳和其他金屬共生, 并作了很好的研究。

鈷礦床的成因極其复雜, 从岩漿成因和热液成因到沉積成因。鈷礦床的成因类型列于表 2。

表 2

鈷礦床的成因类型

礦 床 分 类	礦 床 类 型
I. 岩漿礦床	1. 含鈷的硫化銅鎳礦床
II. 高溫岩漿期后礦床	1. 鈷砷礦床 2. 含鈷的磁鉄礦矽嘜岩 3. 硫化鈷銅礦帶和礦脉
III. 中溫和低溫熱液礦床	1. 鈷鎳礦脉 2. 銀鎳鈷礦建造的礦床 3. 含鈷的多金屬礦床和金礦床
IV. 表生礦床	1. 与蛇紋岩風化壳有关的矽酸鈷鎳礦床 2. 与橄欖岩風化壳有关的鉄鈷鎳礦床 3. 鈷錳沉積礦床

上述类型的鈷礦床在苏联領土上的分布、地質研究程度和工業价值都不一样。

同生的和后生的硫化銅鎳礦床，除鎳和銅以外，还含有鈷，这里鈷与鎳黃鉄礦有关。这些礦石中鈷的含量从万分之几到0.1—0.2%。在硫化礦石中提煉鎳和銅时順便取得的鈷約占鈷的总產量的30%，这就証明这类含鈷礦石具有重大意义。

这类礦床的儲量分类問題在鎳礦儲量分类規范中已經叙及(1954年)，本規范不作闡述。

鈷砷礦床是工業上獲得鈷的重要源泉之一，这种礦床在

苏联領土上已作了比較充分的研究。硫化鈷銅礦石、含鈷磁鐵礦矽嘎岩（Ⅱ類）和鈷鎳礦脈（Ⅲ類）的情況也是如此。

銀鎳鈷建造的礦床以及含鈷多金屬礦床和含鈷的金礦床（正如國外實際工作所証實的）具有很大的價值，因為這些礦床具有豐富的綜合礦石。然而在蘇聯對這些礦床只是剛開始研究，目前尚沒有資料來闡明這些礦床的特徵和進行儲量分類。關於這類鈷礦床的總的概念可參看文獻中對國外礦床如加拿大的台米斯卡明、哈茨山脈的安德列阿斯堡、緬甸的包德溫礦等礦床的描述。

矽酸鎳礦床，同硫化鎳礦床一樣，除鎳以外，尚含有鈷，鈷在這種情況下主要是與鈷土礦、錳土、針鐵礦和含水針鐵礦有關，而部分地也與含鎳的矽酸鹽有關。在這些礦石中鈷的含量從0.0^①到0.07%。從矽酸鎳礦石中順便獲得的鈷同樣占鈷總量的大部分。這種礦床的儲量分類問題在鎳礦儲量分類規範中已經敘及（1954年），本規範不作闡述。

對與風化壳有關的鐵鈷鎳礦床和鈷錳沉積礦床（Ⅳ類）也作了比較充分的研究，這些礦床具有極大的工業價值。

考慮以上所述，現分成下列五種主要的成因類型。

1. 由高溫熱水溶液形成的鈷砷礦床，這類礦床在成因上與中等酸性侵入岩有關并被裂隙構造所控制。

這類礦床按形狀是厚1—3公尺的脈狀陡傾斜體，賦存在一定的裂隙系統中，并最常賦存在輝綠玢岩和其他基性岩的岩脈中。岩脈和礦體周圍的岩石是火山-沉積岩（凝灰岩、砂岩、角岩），通常在劇烈褶皺的地帶被花崗閃長岩和與其相類似的岩石侵入。

①原書排印不清，在0.0之后還有一位數字，可能是1——譯者

在礦帶範圍內，鈷礦體是由毒砂礦巢和細脈與輝鈷礦和鐵硫砷鈷礦的稠密的或較稀的浸染體組合成的。次要的金屬礦物有黃鐵礦、黃銅礦和一些其他礦物。礦體分布通常極不均勻，大部分礦石中鈷的含量不高。大的礦帶沿走向延伸500—600公尺，深達300—400公尺。靠近地表發育有氧化帶，其中原生金屬礦物被鈷華、孔雀石、石青、褐鐵礦代替。鈷和砷已從氧化帶中流失。貧的氧化帶的下限通常深達15—20公尺，而某些地方則深達30—40公尺。達什克桑礦區的北礦（阿塞拜疆蘇維埃社會主義共和國）可以作為這類礦床的例子。

屬於這一類的還有若干其他種鈷砷礦床，例如在角礫岩化的礦脈帶中輝鈷礦和鐵硫砷鈷礦與石英綠泥石或石英電氣石充填物共生。在這些情況下，除輝鈷礦和鐵硫砷鈷礦以外，礦石中還有方鈷礦和斜方砷鈷礦。同樣也發現有這樣的礦床，其中鈷砷礦脈產於閃長岩或蛇紋岩中。

2. 含鈷的磁鐵礦矽嘜岩礦床。這種矽嘜岩是高溫岩漿期後的產物，生在花崗閃長岩或花崗岩侵入體與碳酸鹽岩石的接觸區中的磁鐵礦礦藏中。

這類礦床以輝鈷礦（間或以鐵硫砷鈷礦）的透鏡體、礦巢、細脈和浸染體為代表，它們通常產在巨大磁鐵礦礦層的頂面，在矽嘜岩角岩中，與赤鐵礦、磁鐵礦、黃銅礦、綠帘石、石英共生。鈷礦體最常產於磁鐵礦礦藏頂面的水平滑動面上，產於矽嘜岩形成物中的陡傾斜裂隙與水平滑動面交叉處，而有時也產於基性成分的交錯岩脈中。

矽嘜岩和角岩的厚度通常為5—6公尺，鈷礦體分布極不均勻。礦石中鈷的品位在浸染礦石地段為0.02—0.04%，在組成透鏡體和礦巢的礦塊中為5—6%。達什克桑磁鐵礦

礦藏的東北地段可以作為這類鈷礦床的例子。

在某些礦床中，除產在沉積岩和火成岩接觸處的層狀礦體以外，還發育有沿砂巖化岩石整個厚度延伸的交錯脈。交錯脈礦化性質比較複雜，因為這裡不僅有砷化物廣泛發育，而且鈷的砷砷化物以及毒砂、黃銅礦、鉍和金的砷化物、石榴石、方解石、方柱石等也都很發育。

3、硫化鈷銅礦床。這類礦床也屬於高溫熱液的產物，它們在成因上與中性和基性成分侵入體有關，在形態上是大的礦脈或礦帶。

圍岩最常見是綠泥片岩、閃岩片岩和其他片岩類型的熱液變質噴發岩，它們通常組成巨厚的、經受過褶皺和片理化的地層。

鈷銅礦床在成因上與輝長-閃長岩和與其類似的岩石有關，產在片理化和蝕變皆最劇烈的綠泥石帶和其他帶中。這種含礦帶沿走向長達300—1,200公尺，厚1.2—2.0公尺。在大礦帶的範圍內，分出兩三個具有工業價值的礦體的地段，它們被輕微礦化的或不含礦的地段所切割。礦石具有浸染狀或帶狀構造。金屬礦物為含鈷的黃鐵礦、黃銅礦、磁鐵礦、磁黃鐵礦，間或為輝鈷礦、硫鈷礦、閃鋅礦。礦石含有夠工業數量的鈷（黃鐵礦內的）和銅，常常也含有金，並且也含少量的鎳、鉬。礦床通常含有一系列彼此接近的大致平行的或扇狀分散的礦帶，這些礦帶的傾斜大致一樣，常常較平緩。氧化帶表現為硫化物的褐鐵礦化，但是發育不廣。

研究最充分的這類礦床是中烏拉爾的培什馬-克留奇礦床。

4、脈狀的鈷鎳硫砷礦床。這類礦床由中溫或低溫熱水溶液形成，通常在花崗岩侵入體接觸處與砂巖帶有關，并被

裂隙構造所控制。

圍岩是沉積岩——砂岩、粉砂岩、石灰岩（通常是古生代的），這些岩石在接觸帶局部或全部變成砂巖。

礦脈和礦帶是陡傾斜裂隙的充填物，這些裂隙發育在砂巖化的岩石中並通常組成伴隨大斷裂的二級和三級裂隙的分支系統。各條礦脈或礦帶的長度達1公里，而有時更長。礦帶構造複雜，因為在浸染體中存在有致密富礦石的透鏡體和礦脈。這種富礦脈的平均厚度為10—20公分，長25—100公尺。礦帶的總厚度，包括普通的和貧的浸染礦石組成的邊緣帶在內，為1—2公尺，有時更大一些。

金屬礦物為鈷與鎳比例不定的砷鈷礦—砷鎳礦系列的礦物，以及紅鎳礦、斜方砷鈷礦、斜方砷鎳礦、黃銅礦、自然銀和鉍。脈石礦物通常是方解石和白云石。鈷和鎳礦體分布不均勻，這兩種金屬的含量變化很大，從萬分之幾和千分之幾到3—5%，有時更多一些。在一個礦床的範圍內，各條礦脈或礦段可以以鈷礦或者鎳礦為主。在礦石中，除鈷和鎳以外，尚含有銅、銀、鉍、金和其他金屬。

最典型的脈狀鈷鎳砷礦床是圖瓦自治省的霍烏阿克辛斯克礦床。

5. 與純橄欖岩和其他橄欖岩風化壳有關的鉄鎳鈷礦床。

不規則的礦巢狀或斗蓬狀的，往往規模極大的礦藏，產於蛇紋岩化的純橄欖岩或橄欖岩的表面，第四紀黏土復蓋層之下。

這類礦床是純的粉末狀的針鉄礦—含水針鉄礦礦石和這些礦石與矽質結核和褐鉄礦結核的混合物。鈷基本上是与参与所有这些礦石中的錳的氫氧化物有關，而主要是与鈷土礦和錳土有關。礦石含42—45%的鉄和够工業數量的鈷和鎳。

研究最多的这类礦床是中烏拉尔的叶利查維塔礦床。

属于这类鈷礦床的还有產狀与上述相似的沉積成因的錳鈷礦床，这种礦床是在大陸形成的，往往發育在蛇紋岩体附近。礦床具有大小不同的層狀礦藏的形狀，这种礦藏或者直接位于蛇紋岩的侵蝕面上，或者位于侵入体周圍的變質岩和其他岩石上。沉積物通常由貝得石化的雜色黏土巨礫和礫石組成。鈷產在礦巢或礦層中，那里除了貝得石、叙永石、高嶺土和組成黏土的其他礦物以外，尚有大量的錳的氫氧化物和主要是鈷土礦和錳土。礦石除含鈷外尚含有鎳。哲茲卡茲干地区的沙依坦塔斯礦床可以作为錳鈷礦床的例子。

二、工業要求

鈷作为鋪助組份参与許多其他金屬的礦石組成中，并与砷、硫和錳一起組成鈷高度集中的獨立礦物，故已知有許許多多的鈷礦石和含鈷礦石的加工技術的方法。然而只是对最主要的礦石种类提出了多少已經肯定的工業要求。这类礦石的加工方案已在生產企業中或半工業規模的實驗室中付諸实行。

計算鈷礦石的儲量的标准是有色冶金部技術局分別对每个礦床确定的，并考慮到下列因素，如地区的总的經濟条件、可能的开采規模、加工技術等等。

在鈷的工業生產中，現在除利用硫化鎳含鈷礦石和矽酸鎳含鈷礦石外，尚利用下列三种加工技術与上述礦石不同的鈷礦石：（1）砷質礦石；（2）硫質礦石；（3）鈷的鉄質礦石和錳質礦石。

砷質鈷礦石組成最大的和成分最复雜的一組。其中又可分为兩種主要礦石：（a）以鈷为主的礦石；（b）綜合的鈷

礦石，如鈷鎳礦石等等。

以鈷为主的礦石具有不太复雜的礦物成分。鈷主要含在兩種礦物（輝鈷礦和鉄硫砷鈷礦）中，有时也少量地含于毒砂、斜方砷鈷礦和鈷毒砂中。金屬礦物中同样要指出少数黃銅礦，有时还有少数閃鋅礦和方鉛礦。氧化礦物变种中發育有鈷華和水鈷礦。礦石的構造最常是浸染狀的、帶狀的，間或是塊狀的。依据礦石中輝鈷礦的数量，鈷的含量介于0.04—0.20%（普通浸染礦石）和5—7%以上（礦塊）之間。礦石含砷从0.2—0.4%（貧礦）到1.6—2.0%（富礦塊），含銅0.4—0.5%，含鎳达0.1%，并有少量的金、鉛、鋅和鋁。

依据鈷的原生砷化物的数量和相应地依据礦石中鈷的含量，以及氧化的程度，礦石或者直接用冶金方法加工或者將礦石預先选礦。

砷礦塊和鈷精礦的冶金加工方法，依据各个組份的含量來選擇。通常將鈷精礦或礦石燃燒，以便除去硫和部分的砷。被排出的砷在除塵室中提取或用專門濾器提取。燒結后的余渣与焦炭和石灰岩一起在反射爐中熔煉成黃渣，其中鈷（和鎳）的含量正常地升高至30—35%；其他組份的含量通常为：銅——5—6%、鉄——10—15%，砷——30%，硫——5%。为了除去硫和部分的砷，把黃渣打碎后放在空气流通的地方燃燒3—5小时。將燃燒過的黃渣再次粉碎，并置于鹽酸或硫酸中溶解。濃溶液用热水稀釋并過濾。濾液繼續加工，以便提取鈷。

鈷的含量不低于3—3.5%的原生礦石和氧化礦石事先都不必經過选礦就可進行冶金处理。若鈷的含量較低，則非氧化礦石要經過浮选。浮选的第一階段是將礦石打碎至大小为200篩孔（60%）。浮选在浮选机上進行，此时采用环烷酸

皂、黃酸鹽及其他試劑。根據現今的要求，當提取約80%的鈷時，精礦中的含鈷量應該不低於4.5%。實際上，這種精礦從比較貧的礦石中就可以獲得。例如，對原始礦石中鈷的含量為0.1%的一組精礦的分析，證明它具有下列組成：
 5.0%Co、0.18%Ni、1.72%Cu、21.5%Fe、10.5%As、21.6%S、18.4%SiO₂、2.2%CaO、13%Al₂O₃、3%MgO。
 由此得出結論，輝鈷礦成分的砷礦石（非氧化礦石）甚至在原始礦石中鈷的含量不高（約0.1%）時，也可以很順利地進行選礦。這樣，成分與此相類似的礦床即使在儲量不大而且離鐵路很遠的情況下也可進行開采。

綜合鈷礦石具有比較複雜的礦物成分和化學成分，例如，如上所述，在鈷鎳礦石中鈷含在象砷鈷礦和斜方砷鈷礦那樣的成分不定的礦物中，它們具有一系列與其相當的鎳的砷化物——砷鎳礦和斜方砷鎳礦的過渡型變種。這些礦石組成中起主要作用的是紅鎳礦、黃銅礦、斑銅礦，常常也有自然鉍等。礦石極容易氧化，在氧化帶發育有鈷華、鎳華、水鈷礦、菱鈷礦。和輝鈷礦成分的礦石不同，這類礦石含有較多的砷，而主要在這類礦石中經常含有大量的其他金屬。例如，對鈷鎳礦石的樣品分析結果，表明有下列組成：1.55%Co、1.97%Ni、0.60%Cu、11.6%As、0.20%Bi、1.06%Zn、1.90%Pb、14.7%SiO₂、0.16%TiO₂、6.19%Al₂O₃、15.5%CaO、4.44%MgO。礦石的結構各式各樣——浸染狀、帶狀、塊狀。

上述成分的礦石的加工方法依據礦石中金屬的含量及礦石的氧化程度而定。

富礦石，不論是原生的或者是半氧化的和氧化的，都利用冶金方法處理（例如預先將礦石燒成黃渣的濕法冶金），對

輝鈷礦成分的礦石而言，冶金方法則較為複雜，因為在這種情況下要提取大量的鎳、銅、鉍和其他金屬，這方面的研究工作正在進行，但是暫時尚未制訂出對這類礦石的一定的要求。然而大家都知道，只有含鈷達2—3%以上的富礦石才適宜用直接的冶金方法處理，若鈷的含量不高，則採用選礦方法是比較合適的。

和輝鈷礦成分的礦石不同，綜合鈷礦石實際上用浮選法並不能選礦，特別是在礦石已經氧化的情況下。重力法和篩分法的聯合方法可以獲得更好的結果，用這種方法可以得到組份的品位相當高的精礦。

例如，對取自一組上述成分的礦石的精礦（鈷和鎳的原始品位低於0.5%）分析表明：4.2%Co、3.9%Ni、0.6%Cu、24%As、3%Fe、14%SiO₂、18%CaO、5%Al₂O₃。在這種情況下，集中程度是較輝鈷礦成分的礦石為低，但是選礦仍然無疑是合適的。礦石中鈷的高品位（1—2%以上）和許多貴重組份的存在，使得這類礦石具有很大的工業價值，有時較輝鈷礦成分的礦石更有價值。

硫質鈷礦石礦物成分也是不均一的。鈷銅礦石具有大的工業價值，其中主要金屬礦物是磁鐵礦、含鈷黃鐵礦和集中大部分銅的黃銅礦。在這些礦石中純黃鐵礦通常含鈷0.40—0.70%，而在礦石中鈷的含量則降低到萬分之幾，平均為0.03—0.06%。銅的含量從0.1到5—7%，平均為0.5—1.5%。除上述礦物外，尚有磁黃鐵礦，有時還有鎳黃鐵礦、閃鋅礦和輝鉬礦，因此礦石含鎳（達0.1—0.3%）以及少量的鉛、鋅和鉬。

由於鈷和銅的含量不高，所以在黃鐵礦-黃銅礦成分的礦石加工以前，必須選礦。

礦石在破碎和細磨碎到 200 篩孔 (70%) 以後便進行浮選, 以便首先獲得集合精礦, 然後獲得選擇精礦: (a) 黃鐵礦精礦 (含鈷的) 和 (b) 黃銅礦精礦 (含銅的)。對鈷的原始品位為 0.03%—0.05% 的黃鐵礦精礦來說, 有下列成分: 0.56% Co、36% Fe、0.72% Cu、0.74% Zn、38% S、8.5% SiO₂、1.97% Al₂O₃、3.72% CaO。礦石的提取率通常是較高的, 鈷有 80%, 銅有 90% 左右, 這就有必要即使在上述含鈷量不高的情況下將黃鐵礦含鈷礦石進行加工。

銅精礦送至煉銅廠煉生銅。黃鐵礦精礦送至專門的冶煉廠去, 在這裡首先把它放在機械爐中燃燒, 目的是要提取硫的氣體以備生產硫酸 (硫的提取率是 92—94%)。將第一次燃燒所得的灰渣加些食鹽再次燃燒, 以便使鈷變成可溶狀態。第二次灰渣用水過濾, 結果得到含鐵的廢產品和溶液。這種溶液含占原始含量 75% 的鈷, 並且通常含銅、鐵、鎳、鋅和其他金屬。含鐵的尾礦送至高爐或馬丁爐溶煉, 而這種溶液將繼續加工, 以便提取鈷。

在其他硫質礦石中 (這裡鈷含在獨立礦物中, 如硫鈷礦、硫銅鈷礦), 通常可以獲得含鈷量較高的銅鈷精礦。例如對坎那礦床 (北羅德西亞) 來說, 在鈷的原始品位為 0.14%, 銅為 3.2% 時, 所獲得的精礦含鈷 4.4%, 銅 3.2%, 硫 1.4% (鈷的提取率約 70%)。

硫銅鈷精礦在反射爐中熔煉, 結果獲得銅鈷冰銅。將冰銅在吹煉爐吹洗後獲得生銅和富含鈷的爐渣, 後者在電爐中熔煉以後用濕法冶金術處理。

鐵質的和錳質的鈷礦石在實驗室中用加工技術方法研究過, 並擬訂出了幾種提取鈷的方案。例如, 用液態玻璃、甘油三油脂酸和松樹油浮選礦石, 就可以獲得良好的結果, 即