

水力旋流器

中国工业出版社

水 力 旋 流 器

〔苏联〕A.И. 波瓦罗夫 著

吳振祥 芦榮富 譯

徐敏时 校

中 国 工 业 出 版 社

本书系根据苏联国立矿业出版社 1961 年出版的、А.И. 波瓦罗夫著的「水力旋流器」譯出。

书中叙述了水力旋流器的构造及其工作的理论基础，并介绍了水力旋流器工艺计算公式和与调节因素有关的各种指标。书中阐明了苏联和国外选矿厂水力旋流器的工作经验。

本书供金属矿山工业和煤炭工业选矿厂、设计和制造部门以及科学研究院的工程技术人员使用，也适用于矿山和冶金高等学校及中等专业学校的学生。

本书在翻译过程中罗中兴同志曾协助校对。

А.И. Поваров

ГИДРОЦИКЛОНЫ

ГОСГОРТЕХИЗДАТ МОСКВА 1961

* * *

水 力 旋 流 器

吳振祥 芦荣富 譯

徐敏时 校

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑

(北京灯市口71号)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $8 \frac{1}{8}$ · 字数 188,000

1964年12月北京第一版 · 1964年12月北京第一次印刷

印数 0001—1,570 · 定价 (科六) 1.20 元

*

统一书号: 15165 · 3426 (冶金-554)

前 言

近年来在工业上采用許多新的先进设备。在选矿实践中使用的水力旋流器就属于这样的设备，水力旋流器主要是作为离心分级机，很少作为选矿设备使用。近年来工业上积累了大量有价值的水力旋流器的工作经验。它们不仅在选矿厂和选煤厂，而且在化工、石油开采、造纸和其它工业部门也同样得到推广。

水力旋流器按其构造来讲是最简单的，配置紧凑、有很大的生产能力、造价便宜和维护简单；同时使用它还能够完成不同的生产作业。

水力旋流器是1939年首次在荷兰〔104〕用于选煤厂浓缩黄土浆。1940年根据苏联选矿研究设计院的图纸制成并在基洛夫磷灰石-霞石选矿厂安装了 $\varnothing 1500$ 和 $\varnothing 1000$ 毫米水力旋流器。这些设备在选矿厂连续使用了约20年。从1953年到1955年开始，水力旋流器在苏联选矿厂获得了更广泛的应用（如米尔曼里木塞斯克、诺里尔斯克、红乌拉尔、尼科波尔锰矿及其他选矿厂）。

1956年在乌菲姆矿山设备制造厂组织水力旋流器的成批生产。

目前，这种设备几乎在国内所有选矿厂和国外大多数选矿厂都采用了。

在工业上使用水力旋流器促进了其理论的发展，而主要是促进了它的试验研究工作。

这些研究工作是由下列单位完成的：苏联选矿研究设计院、德聶伯罗彼得罗夫斯克矿业学院、乌拉尔选矿研究设计院的A.A.斯考琴斯基院士矿业研究所、莫斯科矿业学院、矿山化学原料研究所等。

国外水力旋流器研究工作者中著名的有：M.Г.德里申，Д.А.达里斯特罗姆，Г.克里涅尔，Д.Ф.凯尔萨尔，С.克利格

IV

斯曼，Φ.芬天，Γ.塔里揚，X.特拉文斯基等人。

水力旋流器的理論和工作实践問題已經在許多杂志的論文或单行的小冊子里闡述过，但是任何一篇文章都未能对这种設備給予充分而完整的概念。

第一部總結性的著作是 M.Γ. 阿考波夫和 B.И. 克拉辛于 1960 年出版的关于选煤时水力旋流器应用問題的專題論文。

本书企图闡明选矿时水力旋流器的理論及其工作实践的問題。

本书 § 29—32 和第六章 § 28 的大部分是由 Л.Е. 伊万諾娃編写的。

作者对各选矿厂和科学研究院（所）提供关于在工业上应用水力旋流器資料的所有工作者深表謝意，而特別是对下列諸同志表示深切的謝意：Я.Д. 彼琴尤克（“阿奇賽”多金属公司），M.И. 高罗捷茨基和 Γ.А. 凱普（巴尔哈什銅冶金公司），А.Γ. 米罗什尼科（哲茲卡茲干公司），Л.Д. 基斯良考夫（烏拉尔选矿研究設計院），А.А. 卡尔梅考夫（諾里尔斯克公司），С.И. 謝尔盖耶娃（苏联选矿研究設計院）等。

28870

目 录

前 言

第一章 水力旋流器的构造	1
§ 1. 錐形水力旋流器	3
§ 2. 水力旋流器組	12
§ 3. 三种产品的水力旋流器	14
§ 4. 渦輪水力旋流器（离心式）	14
§ 5. 圓柱形水力旋流器	15
第二章 水力旋流器的流体动力学基础及工艺計算	16
§ 6. 水力旋流器的流体动力学	16
§ 7. 水力旋流器中固体粒子运动	33
§ 8. 水力旋流器的某些工艺計算	35
§ 9. 水力旋流器的选择与工艺概略計算	50
第三章 影响水力旋流器工作的主要因素	62
§ 10. 水力旋流器直径	63
§ 11. 給矿管尺寸	63
§ 12. 溢流管直径	64
§ 13. 錐体角度	64
§ 14. 进口压力	65
§ 15. 排砂嘴直径	66
§ 16. 导管的安装方法及其尺寸	67
§ 17. 被处理的矿浆固相粒度組成	68
§ 18. 給矿中的固体含量	69
§ 19. 矿浆粘度、矿浆固相及液相比重	69
第四章 水力旋流器操作	71
§ 20. 水力旋流器調整	71
§ 21. 水力旋流器的检查与調节	73
§ 22. 人工調整	74
§ 23. 自动調整	75
§ 24. 需要的能量	79

VI

§ 25. 水力旋流器的磨損	80
第五章 水力旋流器安裝的原則流程	82
§ 26. 水力旋流器的安裝流程	82
§ 27. 在水力旋流器中選礦	90
第六章 水力旋流器的工業生產實踐	93
§ 28. 蘇聯國內選礦廠	93
阿爾金-托普坎斯克選礦廠	93
“阿奇賽”多金屬公司選礦廠	93
在尾礦場的水力旋流器	97
黃金選礦廠	98
細粒浸染的富礦石選別流程中水力旋流器的應用	
(第一系統)	98
貧氧化礦選別流程中水力旋流器的應用(第二系統)	101
巴爾哈什選礦廠	104
別洛烏索夫選礦廠(額爾齊斯多金屬公司)	110
別列佐夫選礦廠(額爾齊斯多金屬公司)	111
別列佐夫選礦廠(烏拉爾金礦局)	112
布朗選礦廠	112
達拉松選礦廠	114
哲茲卡茲干選礦廠	116
佐洛托圖申斯克選礦廠	121
茲良諾夫斯克選礦廠	122
卡爾薩克帕依選礦廠	124
卡拉巴什選礦廠	126
基洛夫選礦廠	126
紅烏拉爾選礦廠	130
馬特洛索夫(達里斯特拉)選礦廠	139
尼科波爾錳礦托拉斯選礦廠	141
諾里爾斯克選礦廠	143
奧列涅戈爾斯克選礦廠	151
中烏拉爾選礦廠(中烏拉爾銅業公司)	152
§ 29. 美國、加拿大和智利選礦廠	156
楚克維科瑪塔選礦廠(智利)	156

恰依諾选矿厂	179
埃里选矿厂	181
古姆博尔特选矿厂	184
开勒-阿吉松矿 (加拿大)	185
馬尔莫腊选矿厂 (加拿大)	186
塞尔文-帕依选矿厂	187
塞尔文-別尔选矿厂	187
按实践資料的結論	200
§ 30. 南非选矿厂	214
紐-孔沙勒特选矿厂	214
普林茨-菲尼克斯选矿厂	215
伦德-里吉斯选矿厂	216
西巴选矿厂	218
§ 31. 西欧选矿厂	219
沙里叶尔选矿厂 (法国)	226
蒙敏选矿厂 (法国)	226
拉美尔斯堡选矿厂 (瑞典)	226
庞年梯选矿厂 (意大利)	226
§ 32. 在重悬浮液中选矿采用水力旋流器	227
梅赫尔尼克选矿厂 (西德)	232
札里茨吉特尔, 卡尔貝赫特选矿厂 (德意志民主共和国)	238
附 录	239
参考文献	247

第一章 水力旋流器的构造

水力旋流器（图1）是一个锥形容器4，其上部有带密闭盖子的短圆柱体部分2。原矿浆在压力作用下顺着给矿管1给进水力旋流器。给矿管直接沿切向安装于顶盖的下面。沉砂经过下部排砂嘴5排出，而溢流通过顶盖中心安置的溢流管3，然后再经导管6流出。水力旋流器没有转动部分。

主要作用力是由于沿切线方向给矿而产生的离心力。粗粒子和重的固体粒子在离心力作用下被抛向水力旋流器的器壁，而后经过排砂嘴排出，极细而又轻的粒子随溢流带走。

所有水力旋流器按构造特征，可以分为下列类型：

1. **锥形水力旋流器** 这种水力旋流器在工业上得到最广泛的使用，其特点是：

1) 溢流排出方法是经过直接与导管相连的溢流管排出的，或者经过溢流箱排出。有时溢流管是浮放着的，插入深度是可以调节的；

2) 配置的方式不同，有垂直的、水平的或倾斜的；

3) 锥体角度为 5° — 90° ；

4) 给矿管构造与安装方法；

5) 圆柱体部分的相对高度（为水力旋流器直径的0.2—1.5

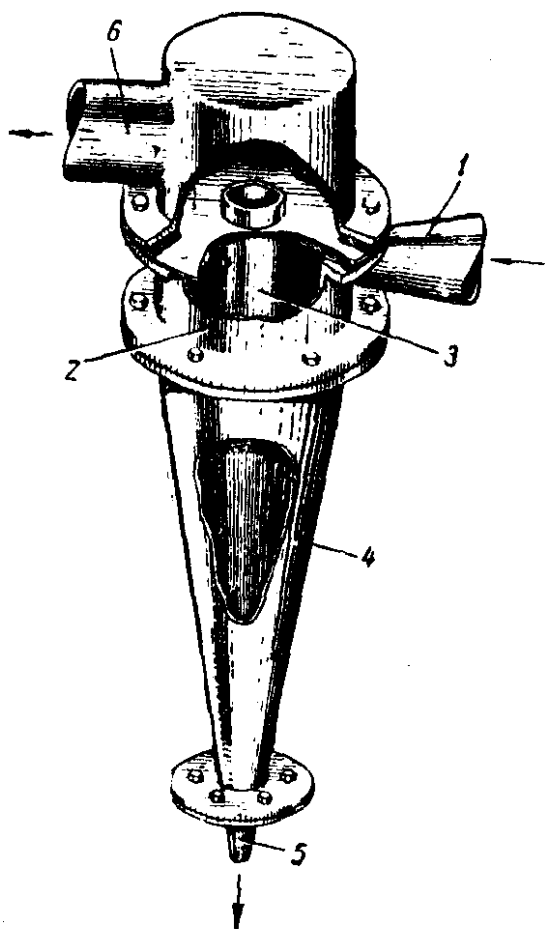


图1 水力旋流器的全貌

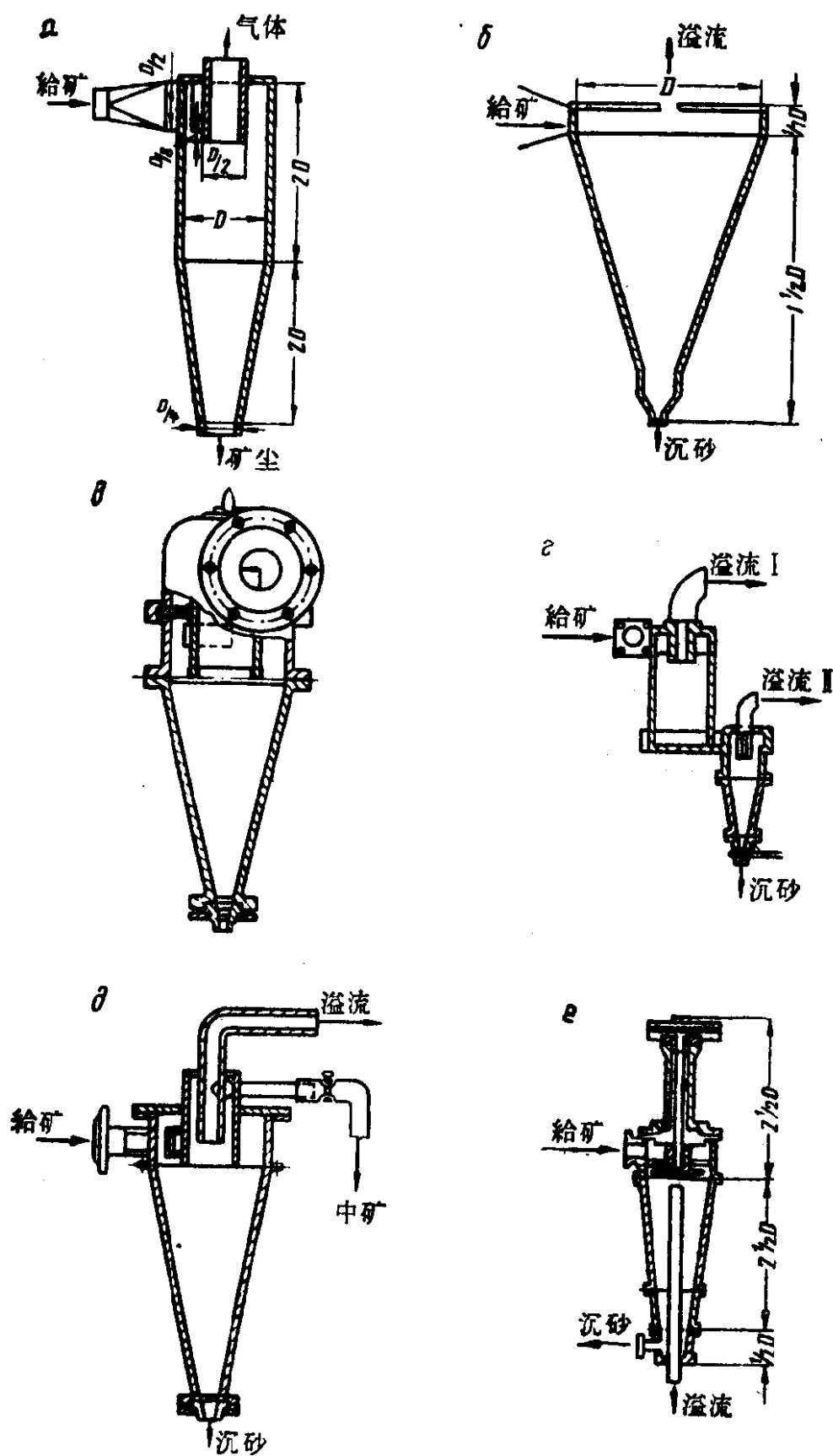


图 2 各种构造的水力旋流器示意图

倍)；

6) 排砂嘴构造；

7) 产出产品的种数 (2—3 种)。

2. 水力旋流器组 这种器械本身之间的区别在于旋流器组中单元旋流器的个数，构造，尺寸和配置，给矿和产品排出方法。

3. 圆柱形水力旋流器 工业上也曾试图采用涡轮式旋流器 (离心式旋流器)，它与普通水力旋流器不同之处在于器械的内部有涡轮装置，而这种类型旋流器本身之间的区别在于涡轮构造，溢流和沉砂排出方式。

水力旋流器按其工作原理，类似上世紀后半叶就已熟知的旋涡除尘器；它们在构造上有许多共同之点。

水力旋流除尘器的构造是最早的 (图 2, a)。德里申于 1939 年在荷兰一个选煤厂采用的最初构造的水力旋流器，作为选煤时浓缩黄土浆用 (图 2, б)。其特点是圆柱体部分不高而且无溢流管。试验这种类型的水力旋流器证明，溢流中带走了大量较粗粒子。为了消除这个缺点，在以后的水力旋流器设计中采用了溢流管。苏联选矿研究设计院的水力旋流器 (图 2, в) 就具有类似的结构，该类型的旋流器已在乌菲姆矿山设备制造厂生产。在国外，道尔 (Дорп) 和克列伯斯 (Креббс) 公司的水力旋流器使用最广。有三种产品的圆柱形水力旋流器 (图 2, г) 和锥形水力旋流器 (图 2, д) 在实际生产中均有应用。工业上采用涡轮式水力旋流器 (图 2, е) 的企图证明是失败了，因为与一般锥形水力旋流器比较起来，在构造上较为复杂，但是在工艺上也并没有什么优点。

§ 1. 锥形水力旋流器

各种构造的锥形水力旋流器如图 3 所示。许多采选联合企业都制造它 (附录表 1 列出乌菲姆制造厂生产的水力旋流器技术特征)。

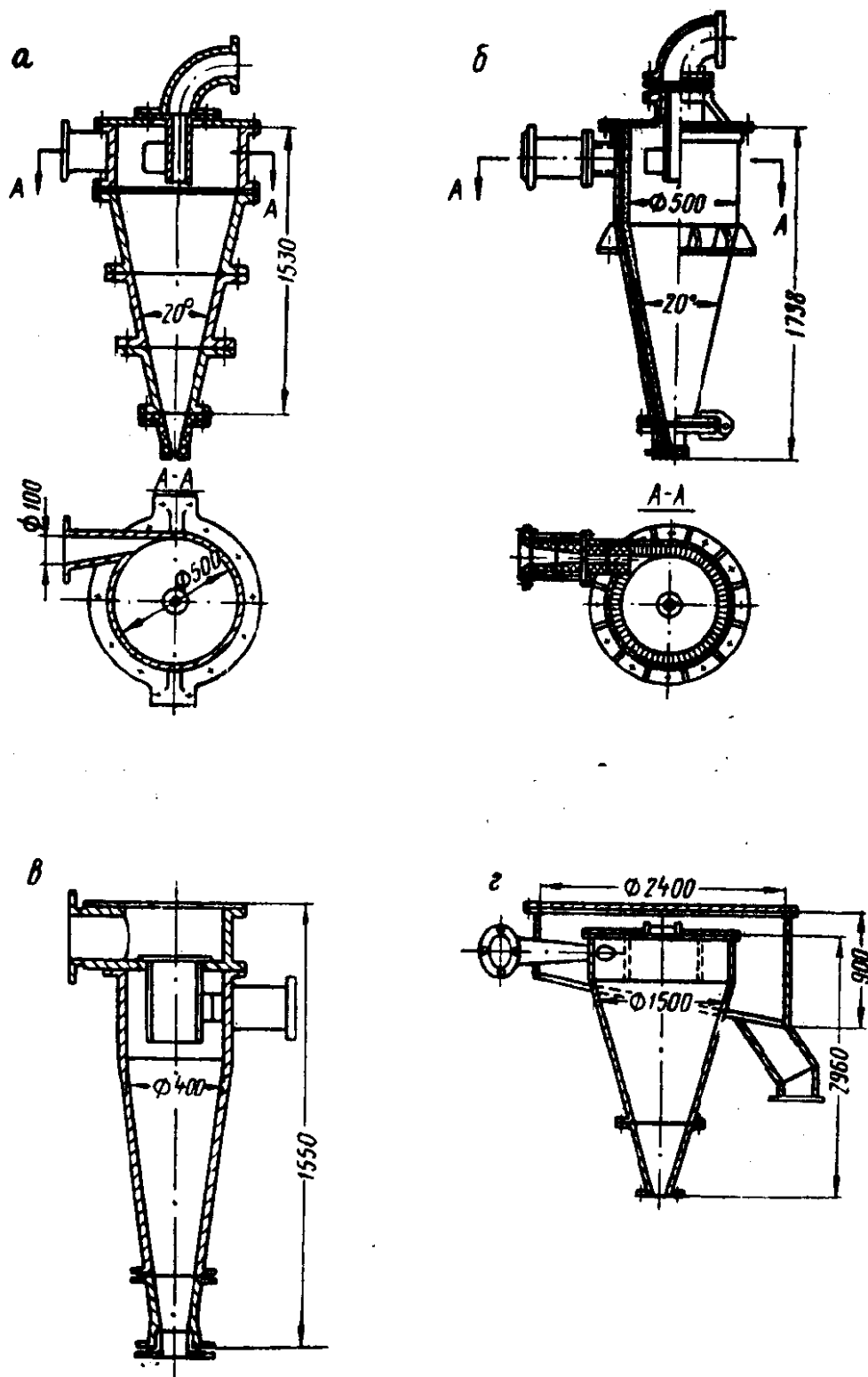
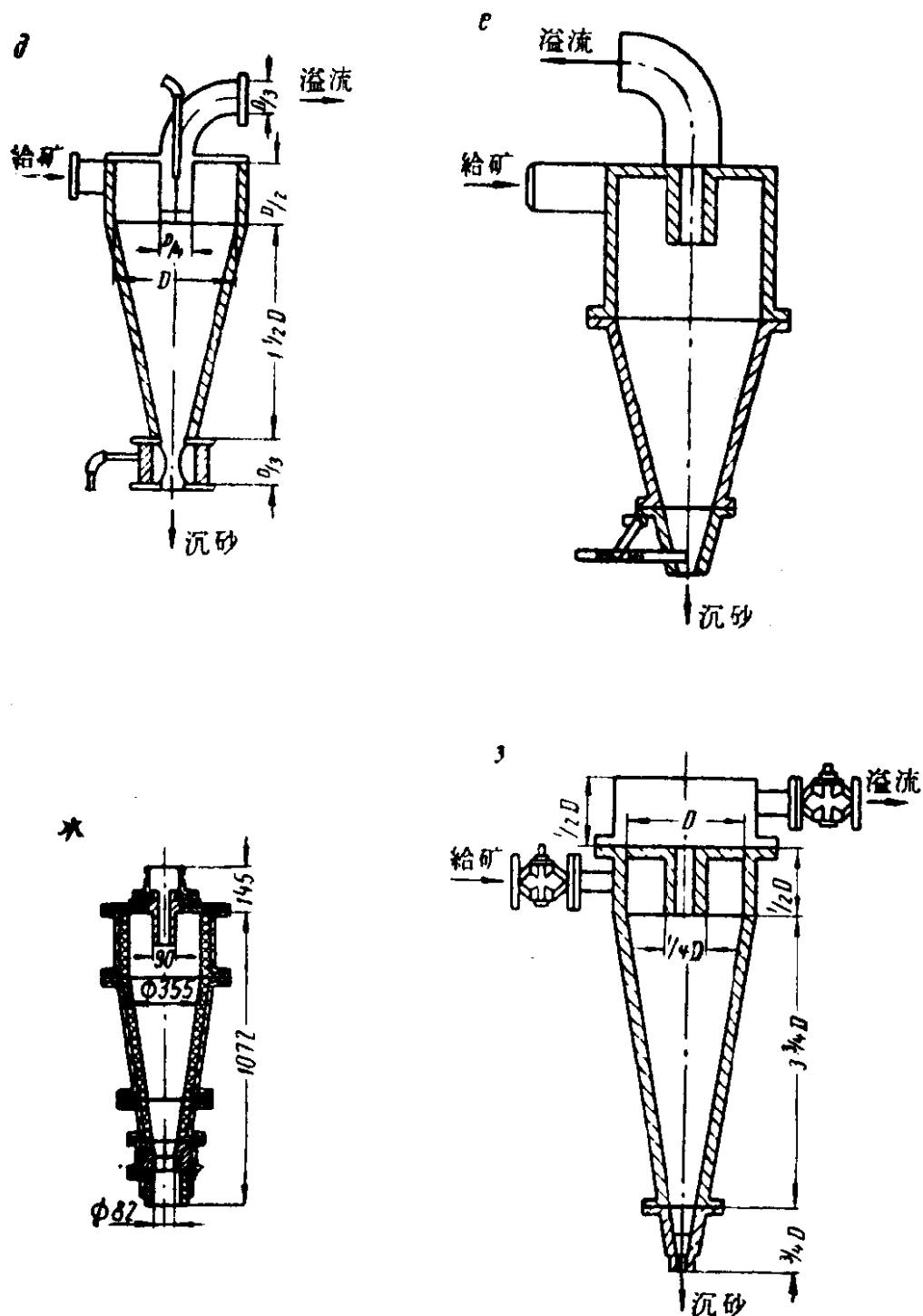


图 3 錐形水力

а—烏菲姆矿山設備制造厂 (УЗГО) 生产的水力旋流器; б—諾里生产的水力旋流器; в—阿巴基特公司生产的水力旋流器; г—道尔力旋流器; ж—埃里公司生产的水力旋流器;



旋流器的构造:

尔斯克公司生产的水力旋流器 (1956 年出品); θ —紅烏拉尔公司
公司生产的水力旋流器; e —爱暑依波敏特工程设备公司生产的水
 s —海尔和巴蒂逊公司生产的水力旋流器

下面討論水力旋流器的各个零件。

水力旋流器胴体多半是鑄成的，有时是焊接的或者是用金属車出来的。直径小于 250—350 毫米的小型水力旋流器胴体是整个鑄出来的，而大型水力旋流器是由几个部分組成的，各部分的法兰之間用螺釘連接起来。鑄造的水力旋流器对焊接的水力旋流器来讲，其优点是能用耐磨材料鑄成，制造簡單（如果不考虑模型制造及生产組織的最初工作），而胴体的寿命也更长些。

烏菲姆矿山設備制造厂出产的水力旋流器的胴体是由不同尺寸的可換零件(部分)所組成(图 3, a)。錐形零件上部直径为 75, 150, 250, 350, 500 和 750 毫米。由这些零件能装配成上述任一种直径的水力旋流器。

为了減少磨損，水力旋流器胴体的內表面用白口鉄鑄成并衬有耐磨材料——橡胶和鑄石(图 4)。在苏联，衬胶是用特制的耐磨橡胶。美国在大多数情况下，也生产衬胶的水力旋流器。諾里尔斯克公司制造的水力旋流器衬有輝长岩-輝綠岩鑄石(图 3, b)。这种水力旋流器在該公司选矿厂中对于极粗粒子和磨蝕性强的給矿，使用了一年多也並沒有显著的磨損，該选矿厂同时还使用了用 10 毫米厚鋼板制成的水力旋流器，可是使用不到 10 天就坏了。

小規格水力旋流器有时是鑄鋁的，并有可更換的橡胶衬板。

水力旋流器胴体的錐体角度通常为 20° 。

水力旋流器的理論計算与工作經驗証明，在錐体角度約为 10° 的水力旋流器中可以得到更細的溢流，并且含大粒也較少。

进一步減小錐体角度(如达 5°)沒有显著改善工艺指标，但是却显著地增加了設備高度。給矿管应直接安装在頂盖的下面，并严格与水力旋流器的器壁成切綫。焊接构造的水力旋流器，給矿管末端，在焊接之前要削成斜的切口，这样不会使它伸到器械的內部。

鑄造的水力旋流器，給矿管与圓柱形胴体部分鑄成一个整体。給矿管通常做成矩形断面(苏联选矿研究設計院式的)或者

沿着矿浆进入方向做成缩小的圆形断面的（图 5，a）。

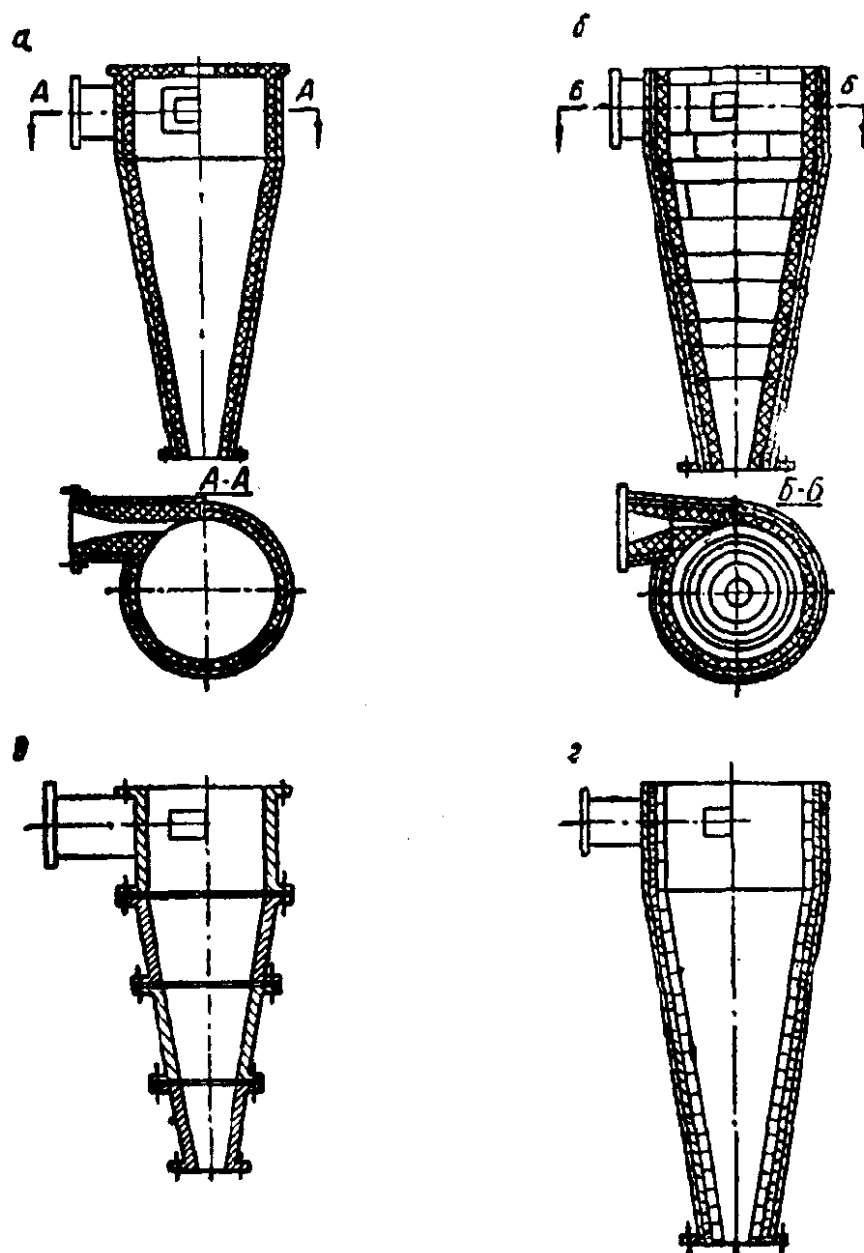


图 4 水力旋流器胴体：

a—衬胶的胴体（УЗГО）；b—衬辉长岩-辉绿岩的胴体；c—白口
铸铁铸造的胴体（УЗГО）；d—衬玄武岩的胴体

尼科波尔锰矿托拉斯的水力旋流器，给矿管没有缩小，而是按照切线方向焊在胴体上的一截管子（图 5，6）。

乌菲姆制造厂的旋流器，设计时考虑了利用与水力旋流器成套供应的可更换的给矿嘴（图 5，e），来改变给矿孔的可能。

对于较大规格（ $\phi 250$ 毫米以上）的水力旋流器，实践中偏重于利用向末端缩小的矩形断面的给矿管，但是要考虑到最小的

横断面积约为给矿管断面的 $1/2-1/4$ ，这种给矿管必须保证矿浆能通畅地送入水力旋流器。

对于较小规格的水力旋流器，做成圆形断面的给矿管是合理的（避免给矿口堵塞）。给矿管一般装成与水力旋流器顶盖的平面平行。有些人建议矿浆不是经过一个给矿管，而是经过两个以上的给矿管进入水力旋流器。

在顿巴斯煤矿设计院（ДОНУГИ）的水力旋流器中，矿浆不是经过给矿管进入水力旋流器，而是通过圆柱体上的百叶孔送入。

但是，试验数据证明，增加给矿管数量或者是经过百叶孔给矿，与经过一个给矿管给矿相比较，在工艺上都没有看到优点，而只是使水力旋流器的构造复杂化了。

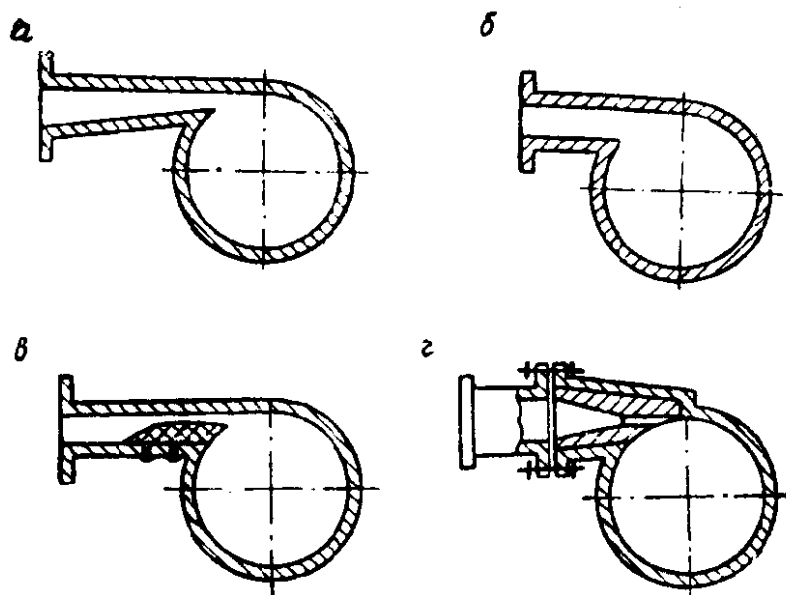


图 5 给矿管构造：

a—苏联选矿研究设计院式的； b—尼科波尔锰矿托拉斯式的； c—带可换楔形插入物式的； d—乌菲姆矿山设备制造厂式的

溢流管（排泥管）。第一批水力旋流器的构造没有溢流管。溢流是通过水力旋流器顶盖中部的一个孔排出。但是，当查明了直接在顶盖下面产生的径向流会把一定数量较大的粒子带到溢流中的时候，这才开始采用溢流管。将该管放入水力旋流器内并接近圆柱体的下缘或者稍低于下缘，但不高于给矿管的下缘。

溢流管做成可更换的，并且带有法兰，以便于用螺柱或者螺栓固定在水力旋流器的盖子上。溢流是通过溢流箱（图 6，a）或是直接经过延长的溢流管（图 6，b）排出。

在经溢流箱排除溢流的水力旋流器的结构中，溢流箱应安装

成能使从溢流管中以很大的速度喷出的溢流进入其中。溢流由溢流箱沿着与矿浆旋转方向正切安装的管子排出来。根据溢流管同排出管断面的比值和排出管上下端之间的高差在溢流箱中造成相

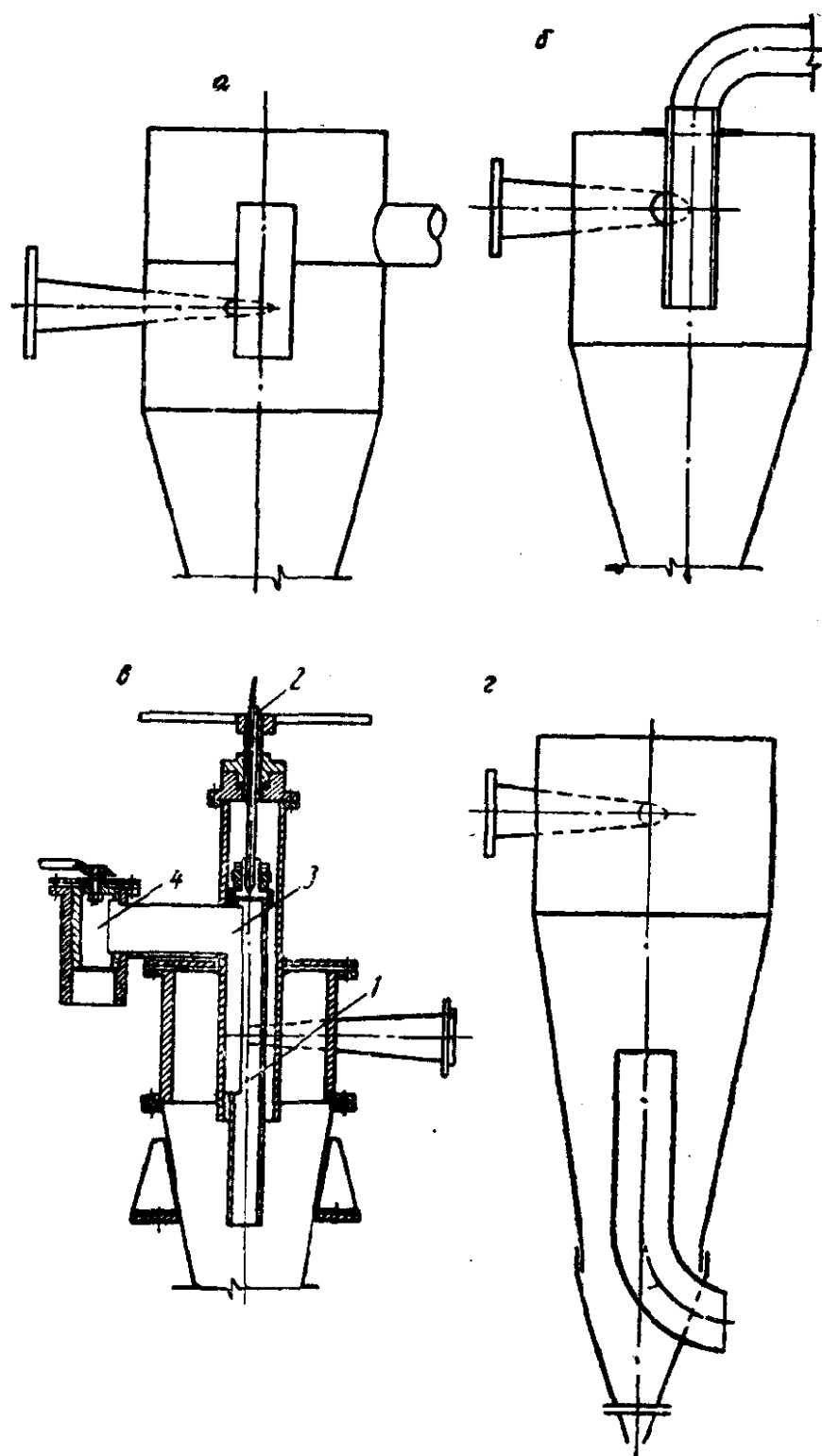


图 6 溢流排出方法