



工业炉选用图册

主 编

机械电子部设计研究院 王秉铨

副主编

机械电子部第五设计研究院 王金河
航空航天部航空工业设计研究院 武静轩

GONG YE LU XUAN YONG TU CE

机械工业出版社

77.1201
4745

工业炉选用图册

主 编 机械电子部设计研究院 王秉铨
副主编 机械电子部第五设计研究院 王金河
航空航天部航空工业设计研究院 武静轩

机械工业出版社

前言

工业炉是工业生产中的重要热工设备,在锻压、热处理、铸造、焊接等热加工工艺中均使用不同类型的工业炉。全国各行业工业炉年耗能源约占总能源总量的 $1/4$,因此工业炉在工业发展和节约能源工作中起着举足轻重的作用。近年来随着工业的迅速发展和节能工作的要求,各行业在工业炉设计、制造和操作管理方面均积累了很多经验,同时也引进吸收了一些国外工业炉先进技术,使工业炉装备水平有了很大的提高。为了把建国以来一批使用可靠和技术先进的工业炉加以推广应用,或作为设计新炉型时的重要参考依据,特组织编写了这本〈工业炉选用图册〉。

图册的选编内容主要以机械工业范围内的重型、矿山、通用、起重机械、汽轮机、电机、汽车、拖拉机、航空、电子、铁道及化工机械等行业所使用的加热炉、热处理炉、熔化炉、干燥炉、电阻炉等常用炉型为主,同时也选编了部分炉用附属装置,如:各类燃烧装置、预热装置、炉用机械、炉口装置、烟道闸门、除灰(渣)门及各种阀门等。

随着耐火纤维制品和超轻质耐火砖的出现,从提高炉子升温速度、均匀炉温和节能需要出发,对于图册中各种以重质耐火砖为炉衬的炉子,特别是热处理炉和干燥炉,可以在炉衬内表面粘贴 $50\sim 80\text{mm}$ 厚耐火纤维毡(毯)面层,或采用全纤维炉衬,或用高强度超轻质耐火砖代替重质耐火砖砌筑炉衬,将会显著提高炉子的热工性能。

图册编写人员如下:

主 编	机械电子部设计研究院	王秉铨
副主编	机械电子部第五设计研究院	王金河
副主编	航空航天部航空工业设计研究院	武静轩
成 员	机械电子部设计研究院	吴章洪
	机械电子部设计研究院	刘溪濂
	机械电子部设计研究院	万道怀
	机械电子部第五设计研究院	戈小云
责任编辑		余茂祚

图册编写过程中召开了由高等学校、设计研究院、工厂参加的审稿会议,审稿组人员有:高仲龙、吴德荣、武静轩、干肇智、麦润喆、张瑞增、郭正辰等,由高仲龙教授主审,并重点审校了图册文字部分“工业炉简介”。

参加图册绘图工作的还有赵安东、毛振宁、董玉辉、白静秀、李恩林、张志清、顾丽敏、卢先德等,张瑞增、郭正辰、麦润喆等同志还为图册提供了许多图稿资料,谨在此表示感谢。

限于编者的水平和工作的局限性,图册中的缺点和错误之处,敬希读者批评指正。

编 者

1990.6

目 录

第一章 工业炉简介

一、工业炉分类

- (一) 概述
- (二) 分类
- (三) 热工性能分析

二、工业炉组成与设计要则

- (一) 工业炉的组成部分
- 1. 砌体
- 2. 燃烧装置
- 3. 预热器
- 4. 排烟系统
- (二) 工业炉设计要则

- 1. 炉型设计
- 2. 砌体设计
- 3. 管道设计
- 4. 预热器设计
- 5. 炉用结构件设计
- 6. 烟道烟卤设计
- 三、工业炉节能措施
- (一) 现状
- (二) 节能措施

第二章 加 热 炉

- 1. 0.696×0.812m燃煤室式加热炉
- 2. 0.812×1.044m燃煤室式加热炉
- 3. 0.928×0.812m热煤气室式加热炉
- 4. 热煤气室式加热炉
- 5. 0.58×0.464m燃油室式加热炉
- 6. 0.696×0.58m燃油室式加热炉
- 7. 0.812×0.696m燃油室式加热炉
- 8. 1.044×0.812m燃油室式加热炉
- 9. 0.58×0.464m燃油室式加热炉
- 10. 0.928×1.74m燃油室式加热炉

- 11. 1.044×0.812m燃油室式加热炉
- 12. 0.812×0.696m燃油室式加热炉
- 13. 0.696×0.58m燃油室式加热炉
- 14. 2(1.392×2.32)m双室式燃油加热炉
- 15. 2(1.972×2.32)m双室式燃油加热炉
- 16. 2(0.928×1.16)m双室式燃油加热炉
- 17. 2(1.392×1.74)m双室式燃油加热炉
- 18. 0.812×0.696m, 0.928×0.928m, 1.044×0.812m室式加热炉
- 19. 1.392×1.044m室式加热炉
- 20. 0.812×0.58m室式加热炉
- 21. 0.812×0.58m, 1.276×1.044m室式加热炉
- 22. 1.392×1.044m, 1.16×0.928m, 1.392×1.16m室式加热炉
- 23. 2(1.044×1.276)m, 2(1.392×1.392)m双室式加热炉
- 24. 1.276×1.74m, 1.972×2.32m室式加热炉
- 25. 2(1.044×1.218)m双室式加热炉
- 26. 1.16×1.044m室式加热炉
- 27. 1.276×1.74m室式加热炉
- 28. 1.624×2.088m, 1.972×2.146m室式加热炉
- 29. 双室式热煤气加热炉
- 30. 0.464×0.58m开隙式加热炉
- 31. 0.58×0.812m开隙式加热炉
- 32. 0.812×1.276m开隙式锻造加热炉
- 33. 2×2m室式钢板加热炉
- 34. 2.088×1.044m双门室式钢板加热炉
- 35. 4.3×4.3m室式钢板加热炉
- 36. 1.276×1.74m室式钢板加热炉
- 37. 1.508×1.276m室式钢板加热炉
- 38. 2(1.276×2.552)m双室式钢板加热炉
- 39. 1.508×1.044m室式钢板加热炉
- 40. 1.508×1.276m室式钢板加热炉
- 41. 6.56×1.6m棒料加热炉
- 42. 1.86×2.76m窄口式锻造加热炉
- 43. 1.624×1.856m密闭式锻造加热炉
- 44. 1.856×2.32m密闭式锻造加热炉
- 45. 0.58×0.812m密闭式锻造加热炉
- 46. 0.812×0.928m密闭式锻造加热炉
- 47. 1.276×1.34m密闭式锻造加热炉
- 48. 1.064×1.508m窄口式锻造加热炉
- 49. 0.812×1.044m煤气化锻造加热炉
- 50. 煤气化锻造加热炉
- 51. 0.58×0.696m煤气化锻造加热炉
- 52. 1.276×1.276m煤气化锻造加热炉
- 53. 0.348×0.464m贯通式燃煤加热炉
- 54. 0.348×0.58m贯通式燃煤加热炉
- 55. 0.58×0.696m贯通式燃煤加热炉
- 56. 0.696×0.812m贯通式燃煤加热炉
- 57. 热煤气贯通式加热炉
- 58. 0.58×1.16m贯通式加热炉
- 59. 0.696×0.58m贯通式加热炉
- 60. 0.696×0.58m贯通式加热炉
- 61. 0.58×1.16m贯通式加热炉
- 62. 0.928×1.392m推杆式加热炉
- 63. 0.812×1.044m推杆式加热炉
- 64. 推杆式燃油加热炉
- 65. 水平往复炉排锻造加热炉
- 66. 热煤气半连续加热炉
- 67. 步进式连续加热炉
- 68. 热煤气环形加热炉
- 69. 煤气少无氧化加热炉
- 70. 燃油无氧化加热炉
- 71. 钢板预处理线预热器
- 72. 蒸碱加热炉
- 73. 4.176×5.952m台车式加热炉
- 74. 1.62×3.248m台车式钢板加热炉
- 75. 2×6m台车式加热炉

第四章 熔 化 炉

180. 5×3.5×3m贯通式干燥炉	208
181. 2(9.9×5.4×3.3)m砂型干燥炉	209
182. 100t精炼炉用烘包器	210
183. 烘干面积43.5m ² 砂芯立式烘炉	211
184. 1.634×5.54m砂芯卧式烘干炉	212
185. 1.54×5.94m砂芯卧式烘干炉	213

第六章 电 炉

186. 箱式高温电炉	216
187. 台车式电炉	217
188. 立式电炉	218
189. $\phi 0.7 \times 3.5$ m立式铝合金热处理炉	219
190. 铝合金铸锭均热电炉	220
191. 铝合金铸锭均热炉	221
192. 硝盐炉	222
193. $\phi 0.4 \times 2.5$ m电熔硝盐浴炉	223
194. 2.5×0.8×1.2m硝盐炉	224
195. 3.9m ³ 转底电炉	225
196. 铝合金热处理空气循环炉	226
197. 铝卷材退火电炉	227
198. 铝铸件热处理电炉	228
199. 铝合金热处理炉	229
200. 电热式24孔塞杆烘炉	230
201. 氮基气氛热处理炉	231
202. 立式真空淬火炉	232
203. 立式底装料真空淬火、回火电炉	233
204. 室式真空热处理炉	234
205. 钢零件热处理联合电炉	235
206. 钢零件热处理联合电炉	236
207. 推杆式铝合金热处理电炉	237
208. 推杆式电炉	238
209. 推杆式电炉	239
210. 0.696×3.248m推杆式淬火电阻炉	240
211. 0.31×5m推杆式回火电阻炉	241
212. 1.1×10.6m曲轴回火电炉	242
213. 0.7×1.1m可控气氛电炉	243
214. 1.16×10.12m可控气氛气体渗碳炉	244
215. $\phi 0.8 \times 5.8$ m井式电阻炉	245

216. 30m井式电阻炉	246
217. 无芯工频感应化铜炉	247
218. 无芯工频感应镁合金熔化炉	248
219. 无芯工频感应熔铝炉	249
220. 铝合金低压铸造炉	250
221. 150kg镁合金低压铸造设备	251
222. 无芯工频铝合金熔化炉	252
223. 铝合金真空除气炉	253
224. 转底式高温电炉	254
225. 铝卷材退火电炉	255
226. 钢球淬火、回火联合电炉	256

第七章 炉用附属装置

227. DR-3~DR-7低压煤气烧嘴装置	258
228. DR-3~DR-7低压煤气烧嘴	259
229. 低压涡流烧嘴装置	260
230. 低压涡流烧嘴	261
231. 煤气平焰烧嘴	262
232. 鼓风平焰烧嘴	263
233. 发生炉煤气高速调温烧嘴	264
234. 套管式热煤气烧嘴	265
235. 细流股烧嘴	266
236. DT-1~DT-5低压天然气烧嘴装置	267
237. DT-1~DT-5低压天然气烧嘴	268
238. $\phi 15 \sim \phi 75$ mm天然气喷射式烧嘴装置	269
239. $\phi 15 \sim \phi 75$ mm天然气喷射式烧嘴	270
240. R型低压油嘴装置	271
241-1. R型低压油嘴	272
241-2. DBR型全热风机械比例烧嘴	273
242. RK型低压油嘴装置	274
243-1. RK型低压油嘴	275
243-2. GW-I型高压外混式油嘴	276
244. RC型低压油嘴装置	277
245. RC型低压油嘴	278
246. HB型高压油嘴装置	279
247-1. HB型高压油嘴	280
247-2. TB-2型低压比例调节阀油嘴	281
247-3. ZBF型转杯式烧嘴	282
247-4. JBP型高压内混式平焰烧嘴	283
247-5. MFP型旋流煤粉烧嘴	284
MPY型煤粉平焰烧嘴	284
247-6. QRF型油嘴	285
247-7. F型, F-RF型油嘴	286
247-8. 自身预热烧嘴	287
247-9. GLMJ-IV A型水平往复炉排燃煤机	288
247-10. GLMJ-V A型水平往复炉排燃煤机	289
247-11. PWL- ^{1A} _{2A} 型水平往复炉排燃煤机	290
247-12. GLMJ-1A型阶梯往复炉排燃煤机	291
247-13. DN-SiB型碳化硅远红外辐射器	292
248. YF型辐射预热器	293
249-1. 金属辐射预热器	294
249-2. 复合式金属预热器	295
250. 喷流预热器	296
251. 喷流预热器	297
252. $D_s = 65 \sim 500$ mm蝶阀	298
253. $D_s = 50 \sim 150$ mm铸铁蝶阀	299
254. 手链蝶阀	300
255. 法兰选用表	301
256. 检查口装置	302
257. 看火孔装置	303
258. 灰口门装置	304
259. 铸铁烟道闸门装置	305
260. 水冷箱式烟道闸门装置	306
261. 电动铸铁烟道闸门装置	307
262. 水冷箱式炉口装置	308
263. 水冷炉口装置	309
264. 气动炉门升降机构(带平衡锤)	310
265. 气动炉门升降机构(不带平衡锤)	311
266. 手动炉门升降机构	312
267. 手动炉门升降机构	313
268. 手动炉门升降机构	314
269. 燃油过滤器	315
270. 双联过滤器	316
271. 气缸	317
272. $\phi 300$ 气缸	318

273. $\phi 320$, $l = 400$ 气动气缸.....	319	281. 20 kN 卷扬机	327	289. $P = 50$ kN, 75 kN 台车牵引机构	335
274. $\phi 450$ 气缸.....	320	282. 20 kN 台车卷扬机构	328	290. $P = 100$ kN 台车牵引机构.....	336
275. $\phi 450$, $l = 400$ 气动气缸.....	321	283. 30 kN 卷扬机	329	291. 50 kN, 100 kN, 150 kN 台车牵引机构	337
276. $P = 38400$ N, $L = 400$ mm 推料机	322	284. 10 kN 拖车机构	330	292. 15 kN 卷扬机	338
277. $P = 80000$ N, $L = 400$ mm 推料机	323	285. $P = 10$ kN 台车牵引机构	331	293. 15 kN 卷扬机台车牵引机构	339
278. 电磁振动给料机.....	324	286. $P = 20$ kN 台车牵引机构	332	294. $\phi 1.5$ m 煤气发生炉.....	340
279. 振底炉气缸使用说明.....	325	287. 30 kN 台车牵引机构	333	295. $\phi 0.85 \sim \phi 3$ m 煤气发生炉.....	341
280. 12 kN 卷扬机	326	288. $P = 45$ kN 台车牵引机构	334		

第一章 工业炉简介

一、工业炉分类

(一) 概述

在工业生产中利用燃料燃烧所产生的热量,或将电能转化的热量对工件或物料进行加热、熔炼、干燥、烧结等作业的热工设备称为工业炉。

机械工业应用的工业炉有许多类型,在铸造车间内有熔炼金属的电弧炉、平炉、冲天炉、坩埚炉,有烘烤砂型、砂芯及各种合金的干燥炉,有铸件退火炉和时效炉等;在锻压车间内有对钢锭或钢坯进行锻前加热的各种加热的干燥炉,有铸件退火炉和时效炉等;在热处理车间内有改善工件机械性能的各种退火、正火、淬火、回火和渗碳用的热处理炉;在焊接车间内有焊件的焊前预热炉和焊后热处理炉,有冲压件的冲压前钢板加热炉等。此外还有其它车间使用的木材干燥室和油漆干燥室等。

20世纪是工业炉迅速发展的年代,加热工艺对工业炉提出了愈来愈高的要求。在锻压生产中和为了降低金属的变形阻力所采用的加热炉,在升温速度、温度场的均匀性、减少金属氧化和防止过烧方面均有严格的要求。例如:为了获得尺寸精确和表面光洁的工件,或者为了减少金属氧化达到保护模具、减少加工余量、简化工艺过程等目的而采用了各种少、无氧化加热炉;将人工制备的保护性气氛,如放热式和吸热性气氛、氨分解气氛、滴注式气氛、氮基气氛等通入炉内以进行气体渗碳、碳氮共渗、光亮淬火、正火、退火等热处理工艺,以达到改变金相组织、提高机械性能为目的而发展了可控气氛炉;由于生产力的提高,出现了能够提高炉子生产率 and 改善劳动条件的各种机械化、自动化连续式炉;由于电的供应量逐渐增加出现了各种电阻炉、感应炉和电子束炉等。

工业炉的燃料也随着燃料资源的发展和燃料转换技术的进步而由采用块煤、焦炭、煤粉等固体燃料而逐步改用发生炉煤气、城市煤气、天然气、燃料油、液化石油气等气体和液体燃料,并且研制出了与所用燃料相适应的各种燃烧装置,如往复炉排燃烧室、高、低压煤气烧嘴和油嘴,平焰烧嘴,高速烧嘴,自身预热烧嘴,比例调节烧嘴及旋流煤粉烧嘴等。

(二) 分类

按供热方式工业炉分为两类:一是火焰炉,或称燃料炉,是用各种燃料的燃烧热量在炉内对工件或物料进行加热的;二是电炉,是在炉内将电能转化为热量对工件或物料进行加热的。

火焰炉所用燃料来源广泛,价格较便宜,便于因地制宜地建造不同结构和不同用途的炉子,在妥善操作和科学管理的条件下有利于降低生产费用。但火焰炉难于实现精确控制,易造成环境污染,热效率也较低。电炉的最大特点是炉温均匀,便于实现自动控制,加热质量好。电阻炉一般没有烟尘和噪声危害,但限于我国供电量不足和电费较贵而不能广泛采用,

即使如此也仍然有许多加热工艺要采用电炉。

按热工制度工业炉也分两类:一是间断式炉,又称周期式炉,其特点是炉膛内不划分温度区段,炉子按一班或两班生产,在每一加热周期内炉温是变化的,如各种室式炉、台车式炉、井式炉、罩式炉等;二是连续式炉,其特点是炉膛内划分温度区段,一般由预热、加热、均热(保温)三个区段组成,炉子为三班连续生产,在加热过程中每一区段内的温度可认为是变化的,如二段或三段连续式加热炉,推杆式加热炉和热处理炉,环形炉,步进式炉,振底式炉,冲天炉及石灰窑等。

按供热方式、温度制度、生产用途和炉型结构特点划分的常用炉型分类见表1-1。

表1-1 常用炉型分类表

炉型	特性	炉温 (°C)	结构特点	生产用途	热源
室式加热炉		1250~1350	室状炉膛, 开闭式炉门	小批工件加热	各种燃料及电
室式热处理炉		650~950	室状炉膛, 开闭式炉门	小批工件热处理加热	
开闭式加热炉		1250~1350	室状炉膛, 竖式炉口	成批小工件加热	
台车式加热炉		1250~1300	室状炉膛, 活动炉底	小批钢锭加热	
台车式热处理炉		650~950	室状炉膛, 活动炉底	小批工件热处理加热	
井式热处理炉		650~1100	开闭式炉盖, 吊挂材料	细长件热处理加热	
连续式加热炉		1250~1350	机械推料、出料	工件成批连续加热	
连续式热处理炉		650~950	机械推料, 或为机械化炉底输料	工件成批连续热处理加热	
罩式炉		650~1100	炉体为一罩子, 或炉底不动, 炉罩移动; 或炉罩不动, 炉底移动	工件成批热处理加热	
砂型(或砂芯)干燥炉		350~500	室状炉膛, 活动炉底	烘干砂型或泥芯	
铁合金烘炉		700~800	室状炉膛, 活动炉底	烘烤铁合金	煤气、重油
烘包器		700~1000	烧嘴装在包子顶部敞开加热	烘烤铁(钢)水包	
窑杆烘炉		250~350	封闭炉膛, 窑杆吊挂烘干	烘干钢水包窑杆	
冲天炉		铁水温度 1350~1550	立式炉膛	熔炼铸铁	
平炉		1600~1700	炉膛为一熔池, 带有加热空气、煤气的蓄热室	熔炼碳素钢	
石灰窑, 白云石窑		1300	立式炉身	焙烧石灰灰及白云石	主要为焦炭
坩埚炉		900~1300	炉膛内置有坩埚, 炉体固定或可倾转	在坩埚内熔化石色金属	各种燃料

(续)

炉型	特性	炉温 (°C)	结构特点	生产用途	热源
电阻炉		650~1300	电热丝(带)为加热元件	金属加热,多用于热处理	电
电弧炉		1100~1700	通过金属电极或非金属电极(石墨)产生电弧加热	金属和非金属熔炼和熔铸(精炼)	
真空炉		300~1400	在接近真空状态下通过电热元件加热	金属热处理、钎焊、熔铸及熔炼	
感应炉		200~1600	高频、中频、工频、感应线圈加热装置	金属加热和熔炼	
盐浴炉		600~1300	通过金属电极在盐液中间加热	金属热处理及无氧化加热	
开合式差温热处理炉		1000~1100	立式或卧式两半炉膛,利用传动小车将炉膛拉开或闭合	将轧辊表面快速加热后淬火、增加表面硬度	煤气、重油
木材干燥室		100~120	台车式炉底,室式炉身	干燥木材	蒸汽或电
油漆干燥室		150~120	室式炉身,用机械装置连续进出料	工件漆膜干燥	
隧道窑		900~1450	炉底由多台小车组成,钢坯或陶器放在小车上加热,炉内分几个温度区段,炉子最大长度达100m以上	钢坯连续加热或陶瓷连续烧制	各种燃料
倒焰窑		1300~1450	圆形或矩形窑身,火焰由上面下经地下烟道排出炉外	同断烧制陶瓷或耐火砖	

(三) 热工性能分析

反映炉子热工性能的主要参数是: 炉子装载量、炉子生产率、炉子热效率、燃料单位热耗及炉底热强度等。

(1) 炉子装载量

每一加热周期内,一次可装入炉内的工件或物料重量称为炉子装载量,单位为吨(t)。对于干燥炉,一次装入炉内的物料(砂箱、砂芯等)体积占炉室容积的百分数称为炉子填充率。炉子装载量或填充率代表了炉子的负荷量大小,也是计算炉体结构及基础承载能力的因数之一。

(2) 炉子生产率

对于加热炉和热处理炉,按单位时间计算的炉子加热能力称为炉子生产率,单位为千克/时(kg/h);对于冲天炉则习惯称为炉子熔化率,单位为吨/时(t/h)。炉子升温速度愈快,则生产率愈高。

(3) 炉子生产率

对于加热炉和热处理炉,按单位时间单位炉底面积计算的炉子加热能力称为炉子生产率,单位为 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;对于冲天炉则习惯称为炉子熔化强度,单位为 $\text{吨}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。炉子装载量愈大,升温速度愈快,则炉子生产率愈高。一般情况下,炉子生产率愈高,则加热每千克工件的单位热耗亦愈低,所以要降低能源消耗,首先应该满负荷生产,尽量提高炉子生产率。

(4) 单位热耗与炉底热强度

在一个加热周期内,加热每千克工件所消耗的热量称为工件的单位热耗,单位为 kJ/kg 。单位热耗与炉子生产率相乘即为炉底热强度,单位为 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。利用单位热耗与炉底热强度指标可较为准确地计算炉子燃料消耗量。要想降低燃料消耗应满

负荷生产,尽量提高炉子生产率以外,还要减少炉子砌体的蓄热和散热损失,水冷构件热损失,各种开口辐射热损失,逸出炉外烟气和吸入炉内冷空气造成的热损失,以及离炉烟气带走的损失等。

(5) 炉子热效率

工件或物料加热时吸收的有效热量与供入炉内的热量之比称为炉子热效率。连续式炉比间断式炉的热效率高,因为连续式炉的生产率高而且是不间断地工作的,炉子热制度处于稳定状态,没有周期性的炉墙蓄热损失,还由于炉内带有一个预热炉料的区段,烟气部分余热为冷工件所吸收,降低了离炉烟气温度。提高炉子热效率的基本措施是:尽可能连续生产和满负荷工作,要装设预热器对助燃空气和燃料进行预热以回收烟气余热,采用低热容和低热导率的轻质或超轻质耐火材料以减少炉墙蓄、散热损失。

为了提高炉子的热工性能,除必须根据工艺要求、预热器及炉用机械形式、燃料及燃烧装置类别、适宜的炉子排烟方式等设计优良的炉型结构外,还需对炉温、炉压进行自动控制,对燃料与助燃空气进行自动按比例调节。需要指明:实现炉子最佳性能不能单独依靠自动控制来实现,还应有严格的操作管理制度。

二、工业炉组成与设计要则

(一) 工业炉的各组成部分

工业炉由砌体、炉架、炉前管道、燃烧装置(对于电炉为电热元件)、预热器、炉用机械、排烟系统等组成,直接影响炉子性能的是砌体、燃烧装置、预热器及排烟系统四个组成部分。

1. 砌体

用耐火材料和绝热材料砌筑(或铺设)的炉墙、炉顶和炉底,以及独立的燃烧室和排烟道等工业炉耐火砌体部位称为砌体。砌体的作用是承受炉子的高温负荷、抵抗化学侵蚀和阻止热量散失。砌体的内层多用标准型耐火砖砌成,外层砌以绝热材料,外围用钢结构(炉架)将砌体紧固。砌体的砖缝要互相错开,并在一定间距内留出适当大小的膨胀缝。砌砖用的耐火泥,其化学成分和热性能要与耐火砖相适应,还需具有一定的工作性质,如合适的稠度和可塑性等。

随着轻质和超轻质耐火材料的大量出现,砌体内层改用耐火纤维制品或轻质耐火砖铺砌则有利于改善炉子热工性能并将取得明显的节能效果,以耐火纤维毡(毯)为砌体内层,以矿渣棉毡或玻璃棉毡等绝热纤维制品为砌体外层的砌体结构称为全纤维炉衬,这种新型炉衬不仅热性能好,而且紧凑、质轻、占地少,是颇有发展前途的一种砌体结构。

提高砌体寿命对工业炉节能有重要意义,而砌体结构合理、选材适当、高质量施工则是延长砌体使用寿命的关键因素。常用耐火制品及绝热材料的性能指标及适用范围见表1-2。

工业炉常用的耐火砖,如(NZ)-30、(NZ)-35、(NZ)-40粘土质耐火砖,主要成分是SiO₂和Al₂O₃的混合物,所含杂质在高温下使砖软化,所以最高使用温度一般不超过1300°C。含Al₂O₃大于60%的高铝砖,如(LZ)-65砖,则可使用到1450°C的高温。(MZ)-87镁砖和(MZ)-80镁铝砖使用温度可达1500°C,均是抗碱的优良材料,多用来砌筑高温加热炉炉底。碳

表1-2 常用耐火材料性能指标及适用范围表

材料名称	耐火度 (°C)	使用温度 (°C)	密度 (g/cm ³)	适用范围
耐火粘土砖	1610~1730	1200~1300	2.1~2.2	用于炉墙、炉顶耐火层, 有抗酸作用, 不能抗碱
高铝砖	1750~1790	1420~1450	2.3~2.75	用于炉墙、炉顶、炉底耐火层, 有抗酸及抗碱作用
冲天炉用耐火粘土砖	1670~1690	1250~1320	2.1~2.2	炉膛内衬, 不抗碱
镁砖	2000	1500	2.6	加热炉炉底, 抗碱, 热稳定性不好
碳化硅砖	1900	1650	2.4	用作马弗罩或辐射板, 热稳定性及导热性好, 不抗碱
轻质或超轻质耐火粘土砖	1670~1710	1200~1300	0.4~1.3	热导率低, 可用作炉体耐火层及绝热层, 不用于炉底
硅酸铝耐火纤维毡 (毯)	—	800~1250	0.1~0.2	热导率低, 用作炉体耐火层及绝热层, 但不耐冲刷
硅藻土砖	—	900	0.5~0.65	用于炉体绝热层
矿渣棉毡	—	700	≈0.2	用于纤维炉衬绝热层
玻璃棉毡	—	600~650	≈0.06	用于纤维炉衬绝热层
岩棉板	—	<700	0.05~0.25	用作绝热层
石棉板	—	500	0.9~1.0	炉体外围衬垫

化硅砖在高温下具有很高的强度和很好的热导率, 适宜用作无氧化加热炉的马弗罩或辐射板。以 SiO_2 和 Al_2O_3 为基本成分, 而 Fe_2O_3 含量很少 (<1%) 的抗渗碳砖, 对还原性气氛有很好的抵抗性能, 是用于可控气氛炉的良好材料。

轻质耐火砖和耐火纤维兼有耐火和绝热性能, 具有重量轻、热稳定性好、热导率低、比热容小、耐机械振动等优点。耐火混凝土和可塑料能预制成不同形状的预制块, 有利于机械化施工。

砌体各部位用砖牌号的規定见表1-3。

表1-3 砌体用砖牌号规定

砌体	部位	耐火度	砖牌号
炉温>1250°C炉膛拱顶烧嘴室、热电偶座、二次风砖、台车边框砖		(NZ)-40	
加热炉炉底		(MZ)-87, (ML)-80, (LZ)-65	
加热炉及热处理炉炉墙		(NZ)-35, 轻质或超轻质砖	
冲天炉炉衬		(HZ)-35, (HZ)-30	
车间烟道内衬		(NZ)-30	

用砖砌筑的炉墙, 根据不同炉温及拱顶跨度其结构组成及适用范围见表1-4。

用耐火纤维制品铺设的全纤维炉衬, 需先根据所用纤维制品类别、价格、燃料价格, 炉

表1-4 砖砌炉墙组成及适用范围

结构类型	炉温 (°C)	拱顶跨度 (m)	分层厚度 (mm)			适用范围
			耐火砖	轻质耐火砖	硅藻土砖	
A型	>1000	≤2	232	—	116	用于温度较稳定的加热炉及热处理炉
		≤3.5	348	—	—	
		>3.5	464	—	—	
B型	≤1000	≤3	232	—	116	用于温度制度变化较大的高温热处理炉
		≤4.5	348	—	—	
		>4.5	464	—	—	
C型	≤900	≤2	—	232	—	用于温度制度变化较大的中低温热处理炉
		≤3.5	—	348	—	
		>3.5	—	464	—	
D型	≤500	≤2.5	—	348	—	用于干燥炉
		≤5	—	464	—	
		>5	—	580	—	
		墙高≤3	—	—	365	
		墙高>3	—	—	490	

温和炉衬外表面温度要求, 通过计算炉衬的蓄、散热损失求得燃料费, 通过选取不同的炉衬结构组成求得不同炉衬厚度时炉衬材料费, 最后求解最经济炉衬厚度 δ 。不同炉温时的全纤维炉衬结构组成可按表1-5推荐的组成方案选用。

表1-5 全纤维炉衬组成方案

结构类型	炉温 (°C)	层数	组成	每层厚度 (mm)	代号释义
E	≤700	单层	C	δ	δ —最经济炉衬厚度
F	≤950	双层	C + D	$(\delta - 50) + 50$	A—高温型纤维毡 (毯)
G	≤1100	多层	B + C + D	$50 + (\delta - 100) + 50$	B—中温型纤维毡 (毯)
H	≤1250	多层	A + C + D	$50 + (\delta - 100) + 50$	C—低温型纤维毡 (毯)
					D—矿渣或玻璃棉毡

2. 燃烧装置

在以燃料为热源的工业炉内用以实现燃烧过程, 提供一定温度的燃烧气体并起到组织炉气流动、强化传热的装置称为燃烧装置。各种燃烧装置应具备以下基本性能:

- 1) 在规定的热负荷下能保证燃料的完全燃烧 (特殊需要还原性气氛时例外);
- 2) 燃烧过程稳定, 能保证向炉内连续供热;
- 3) 能使火焰的方向、外形、刚性及铺展性符合炉型及加热工艺要求;
- 4) 结构简单, 使用维修方便。

由于各种燃料的燃烧过程不同, 因而燃烧装置的结构也各不相同。固体燃料的燃烧方法主要有块煤层状燃烧法和煤粉喷流燃烧法, 目前在推广应用块煤层状燃烧装置有: 阶梯往复炉排机械加煤燃烧室 (图1-1)、水平往复炉排机械加煤燃烧室 (图1-2) 和下饲式螺旋

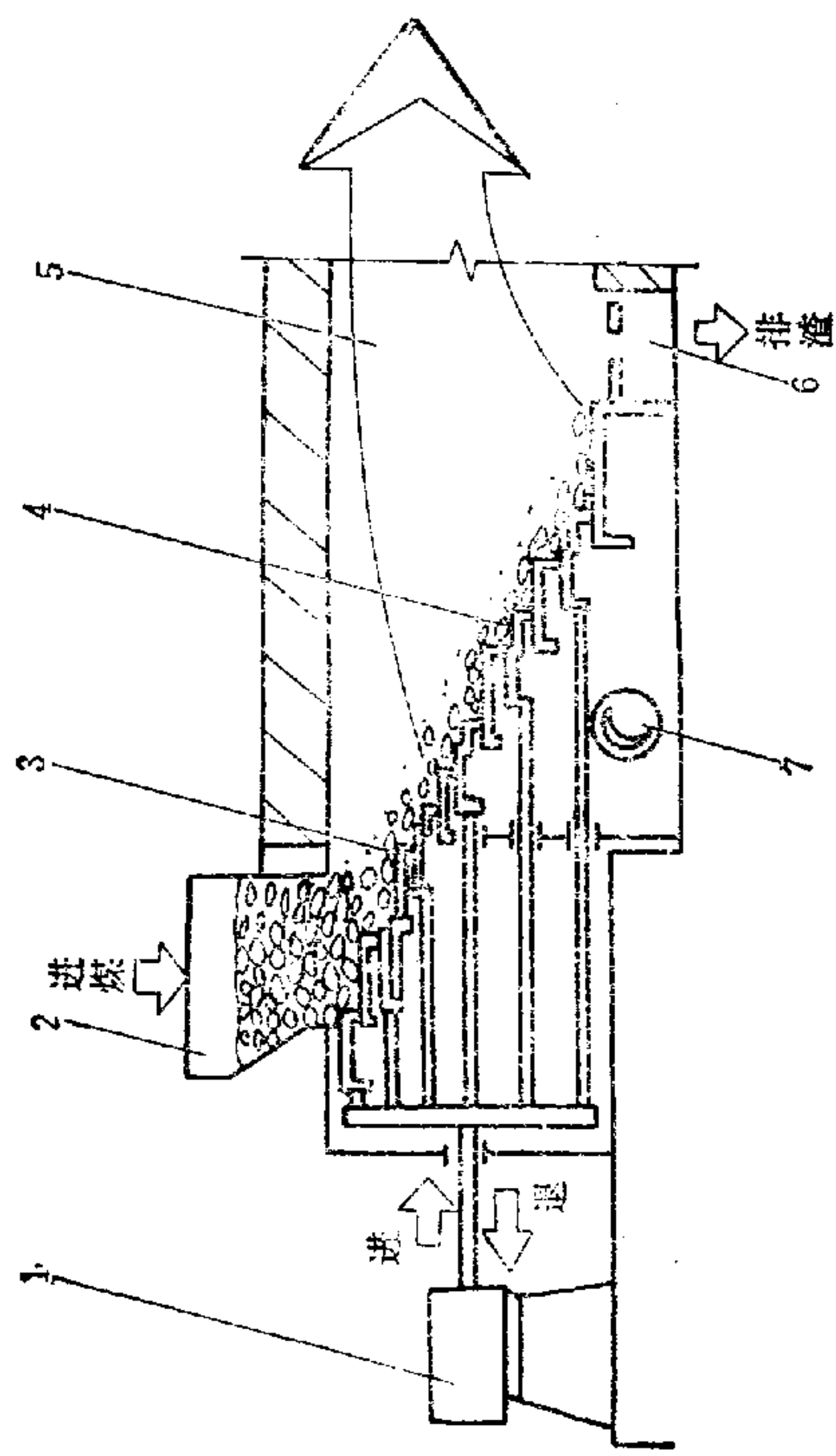


图1-1 阶梯往复炉排机械加煤燃烧室

1—油缸 2—煤斗 3—固定炉排 4—活动炉排 5—火焰 6—渣室 7—进风口

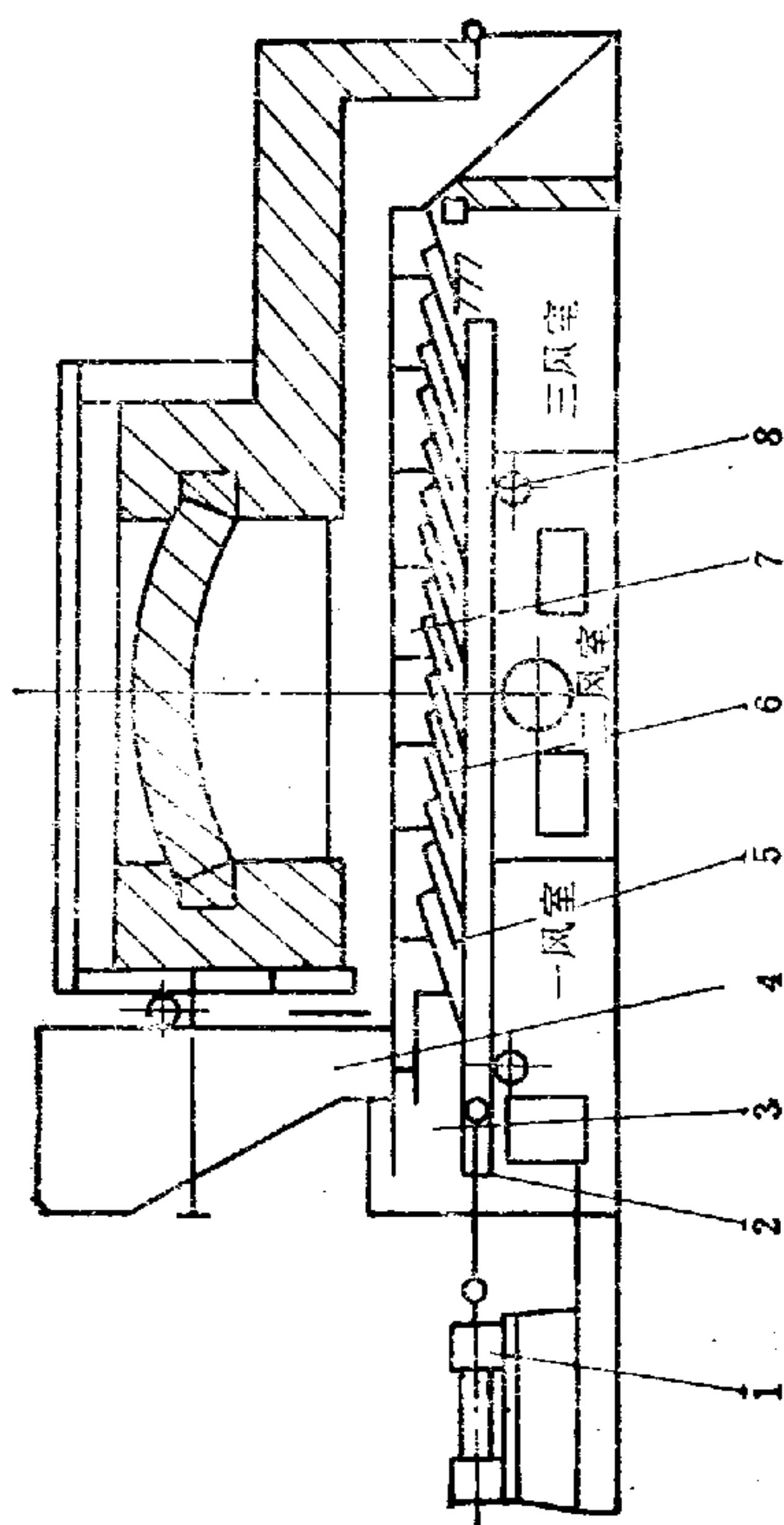


图1-2 水平往复炉排机械加煤燃烧室

1—液压缸 2—活动支架 3—活动炉排 4—煤斗 5—固定炉排 6—活动炉排 7—护板 8—托轮

加煤燃烧室 (图1-3) 等。这类燃烧方法使煤能在炉排上得到预热、干馏,挥发分得以充分燃烧,与人工加煤燃烧室相比,基本上能消除烟尘危害并有一定的节能效果,但应使用不粘结或弱粘结性煤,否则煤层易结块,清渣困难,且正常的燃烧过程被破坏。

图1-4为新研制的旋流煤粉烧嘴,要求的煤粉粒度为 $50\sim 100\mu\text{m}$,这种烧嘴能使煤粉与空气在运动过程中完成燃烧反应,并形成具有一定形状的火焰,可用于各种炉窑。

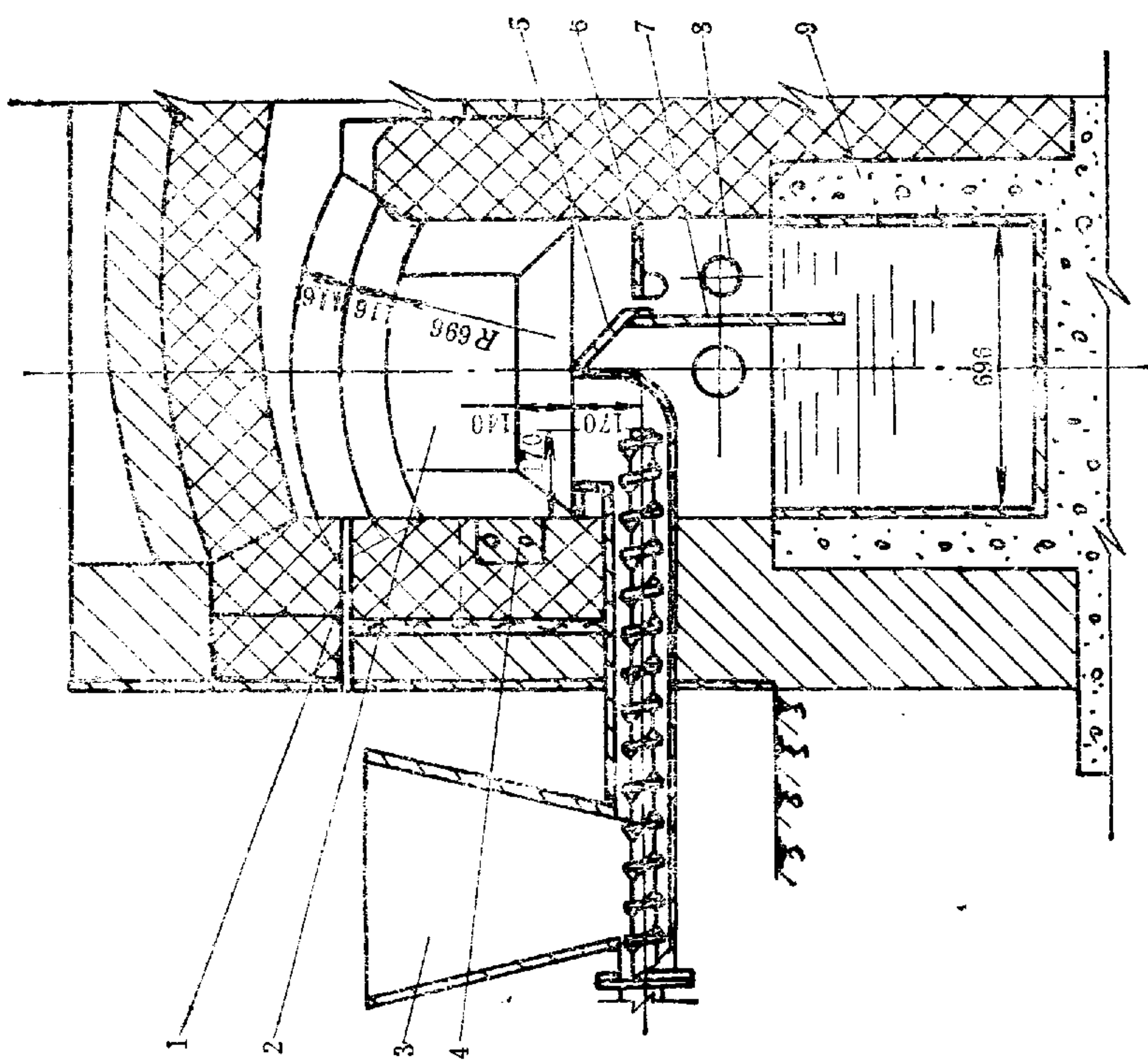


图1-3 下饲式螺旋加煤燃烧室

1—二次风 2—除渣门 3—加煤机 4—水冷套 5—斜炉底 6—圆转炉管 7—隔风板 8—进风管 9—密封油池

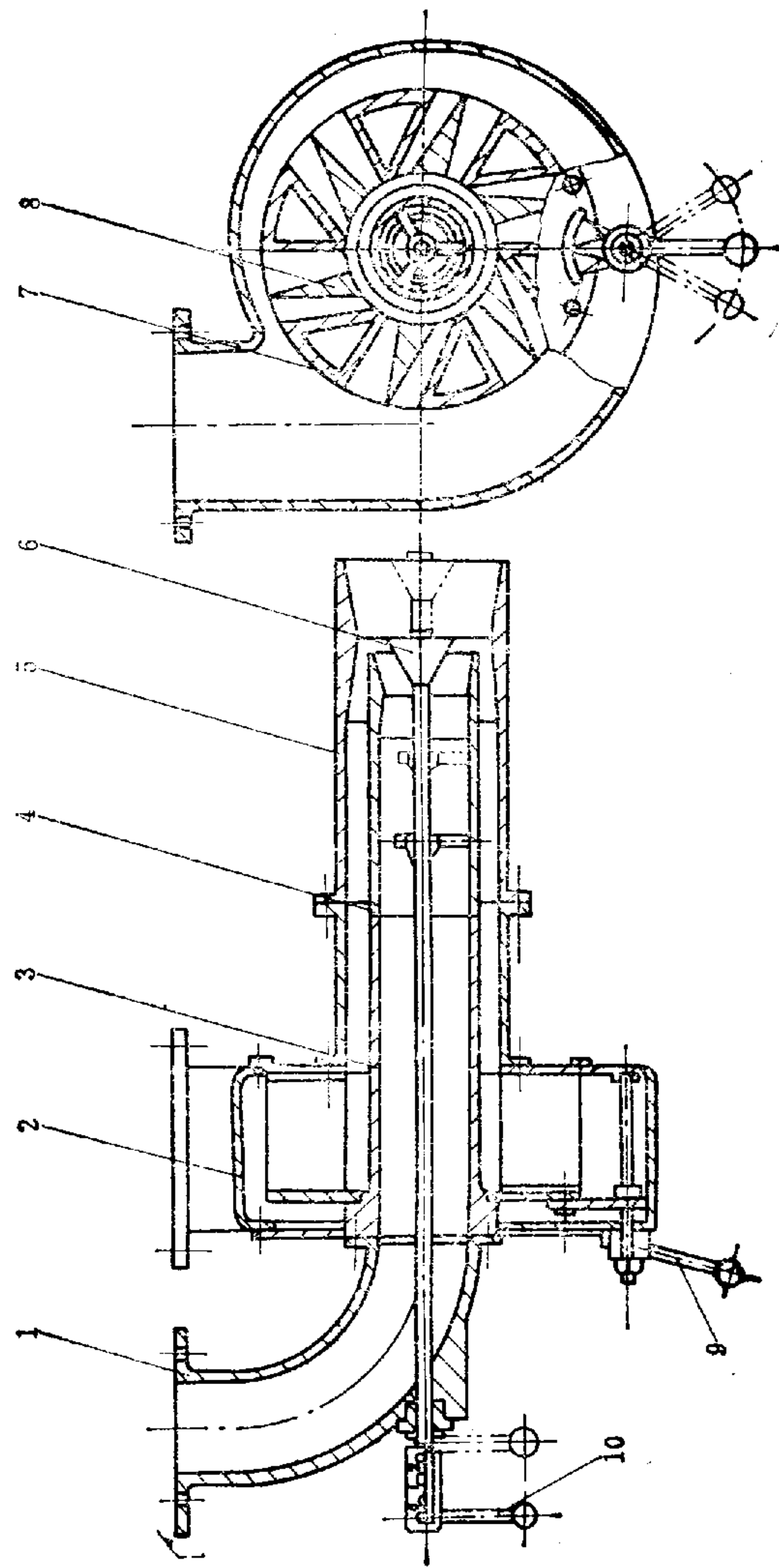


图1-4 MFP型可调旋流煤粉烧嘴

1—一次风管 2—风壳 3—二次风管 4—一次风喷嘴 5—烧嘴喷头 6—壳体 7—固定端块 8—可动端块 9—旋流手柄 10—壳体拉杆

液体燃料燃烧装置通常称为油嘴或喷嘴，由于燃料油需先经过雾化后再进行燃烧，因此油嘴应具有一般燃烧装置的基本性能外，还应具有良好的雾化能力。根据雾化方法一般分低压油嘴、高压油嘴、机械油嘴和转杯油嘴。在机械工业系统中主要使用低压油嘴，其次是高压油嘴。目前常用的油嘴类别有RK型低压油嘴（图1-5）、F型油压自动比例调节油嘴（图1-6）、QRF型全热风自动比例调节油嘴（图1-7）以及结构简单造价低廉的K型油嘴（图1-8）等。

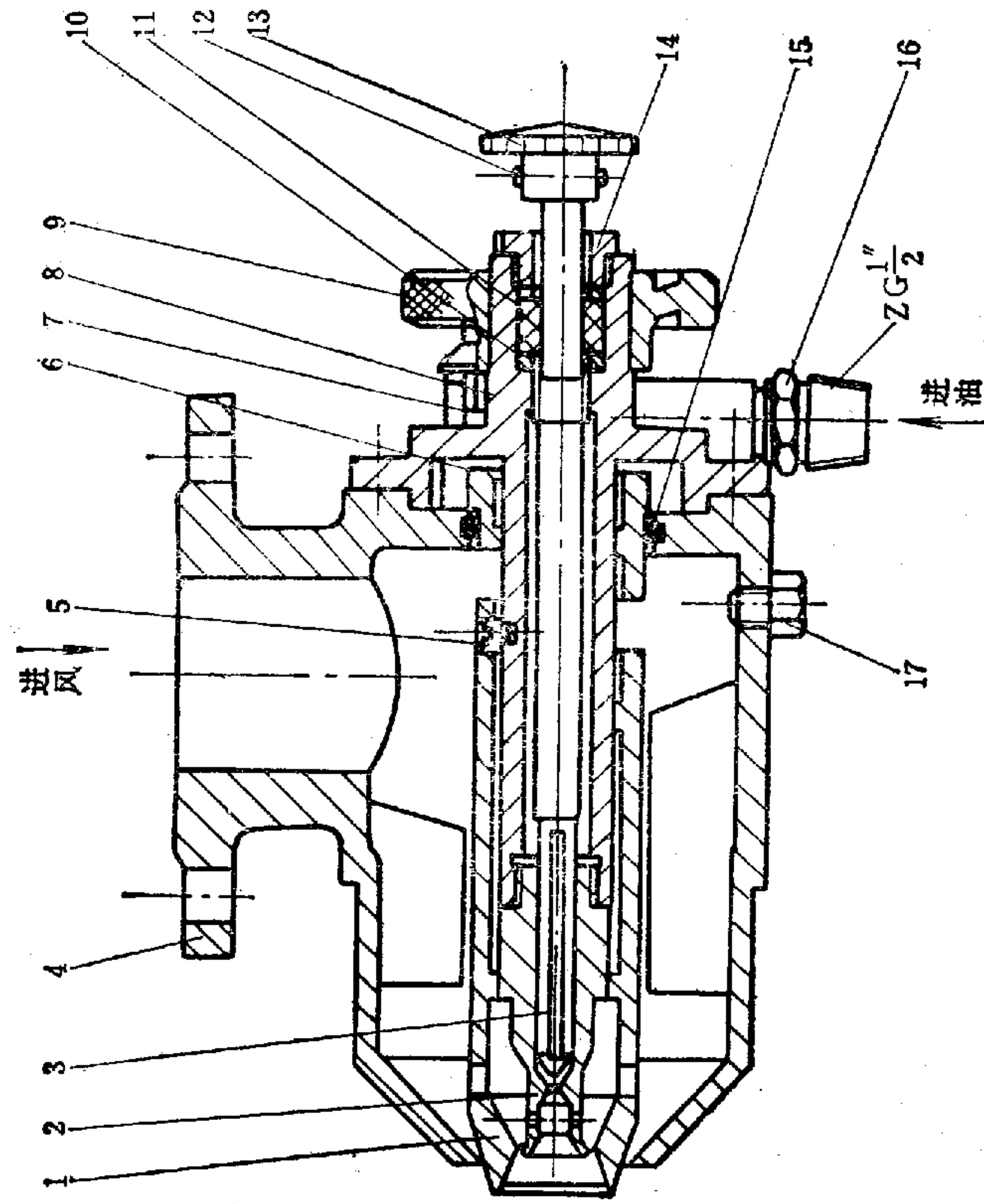


图1-5 RK型低压油嘴

- 1—空气喷头 2—油喷头 3—控制针 4—壳体 5—导向螺钉 6—转动轴套
7—调风杆 8—油套筒 9—调风轮 10—垫圈 11—密封圈 12—销 13—锥形把手 14—压紧螺母 15—O形密封圈 16—管接头 17—螺栓

气体燃料燃烧装置分有焰燃烧与无焰燃烧两类，常用的为有焰燃烧油嘴。有焰燃烧油嘴的特点是：煤气与空气在喷嘴内部不进行混合，或只有部分混合，喷到炉内后再混合进行燃烧，因而火焰较长并有明显的轮廓。有焰喷嘴组织火焰和强化燃烧的基本方法是改变煤气和空气的混合条件，如：将煤气和空气分成许多细流股，使煤气与空气按一定角度相交，或利用旋流装置促使气流加剧混合等。目前常用的有焰煤气油嘴有：低压蜗流式煤气油嘴（图1-9）、煤气平焰油嘴（图1-10）、煤气高速调温油嘴（图1-11）、自身预热（或名换热式）油嘴（图1-12a，图1-12b，图1-13）等。

无焰油嘴的特点是：煤气与空气在喷嘴内部即达到均匀混合，混合气喷出喷嘴后能立即着火完全燃烧，火焰短且无明显轮廓，目前尚在使用的无焰油嘴是高压喷射式油嘴，如图

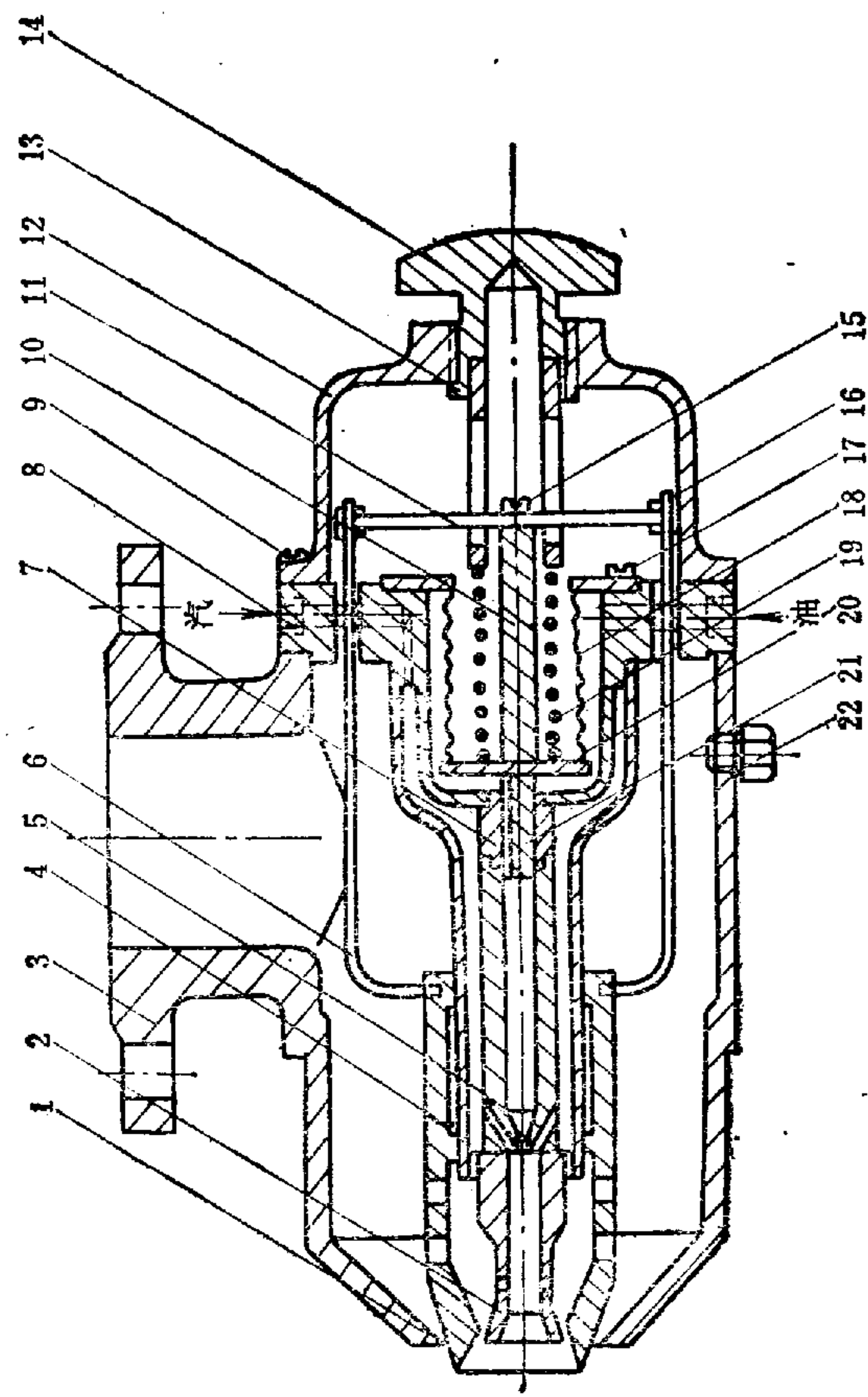


图1-6 F型油压自动比例调节油嘴

- 1—空气喷头 2—油喷头 3—壳体 4—蒸汽外套 5—蒸汽套管 6—拉杆
7—滑套 8—后套 9—螺钉 10—连接柱 11—连杆 12—后盖 13—接头
14—比例调节手柄 15—螺钉 16—螺母 17—法兰 18—波纹管 19—弹簧
20—柱套 21—柱套 22—螺栓

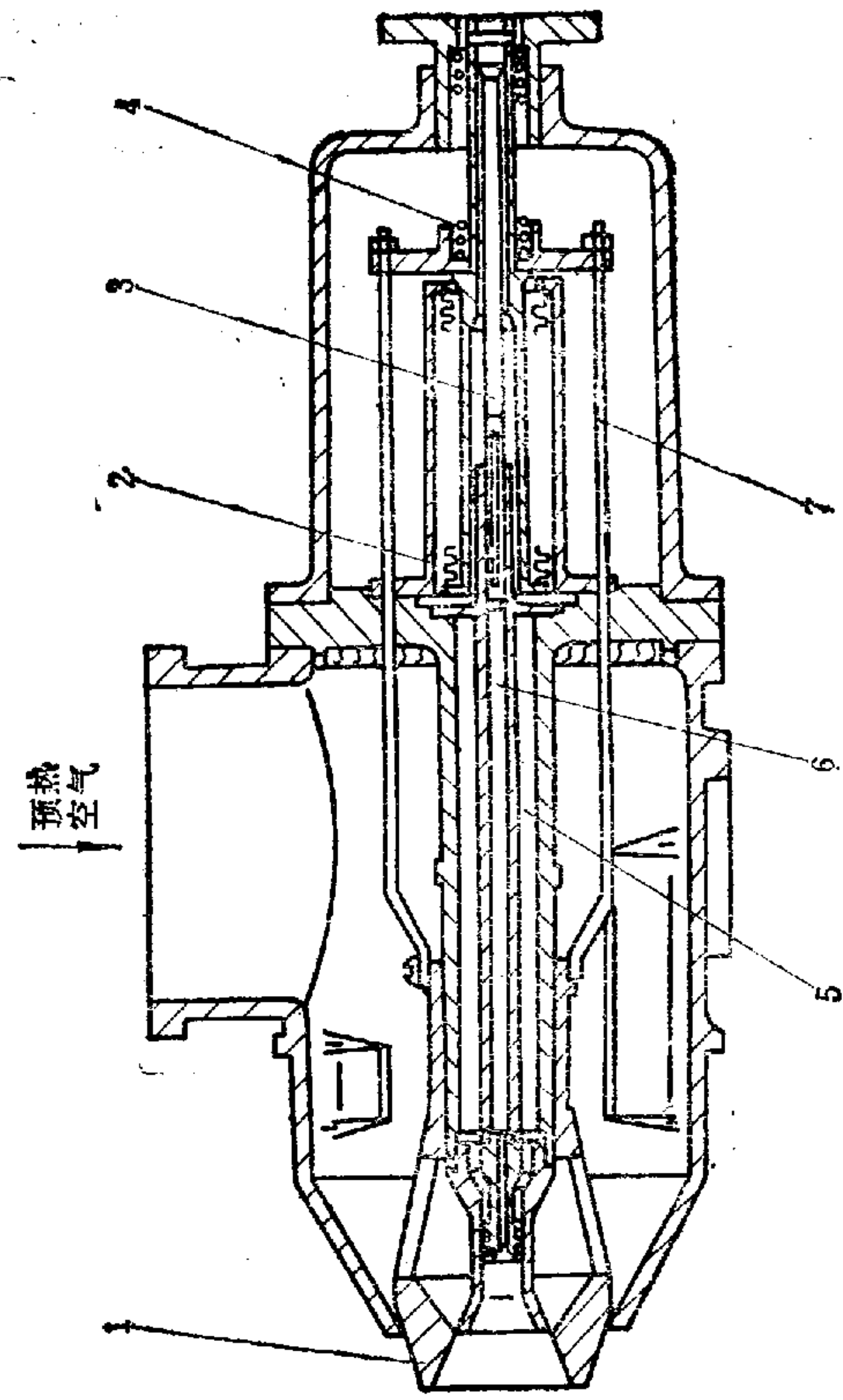


图1-7 QRF型全热风自动比例调节油嘴

- 1—空气喷头 2—波纹管 3—柱套 4—螺旋弹簧 5—蒸汽通道
6—燃油通道 7—拉杆

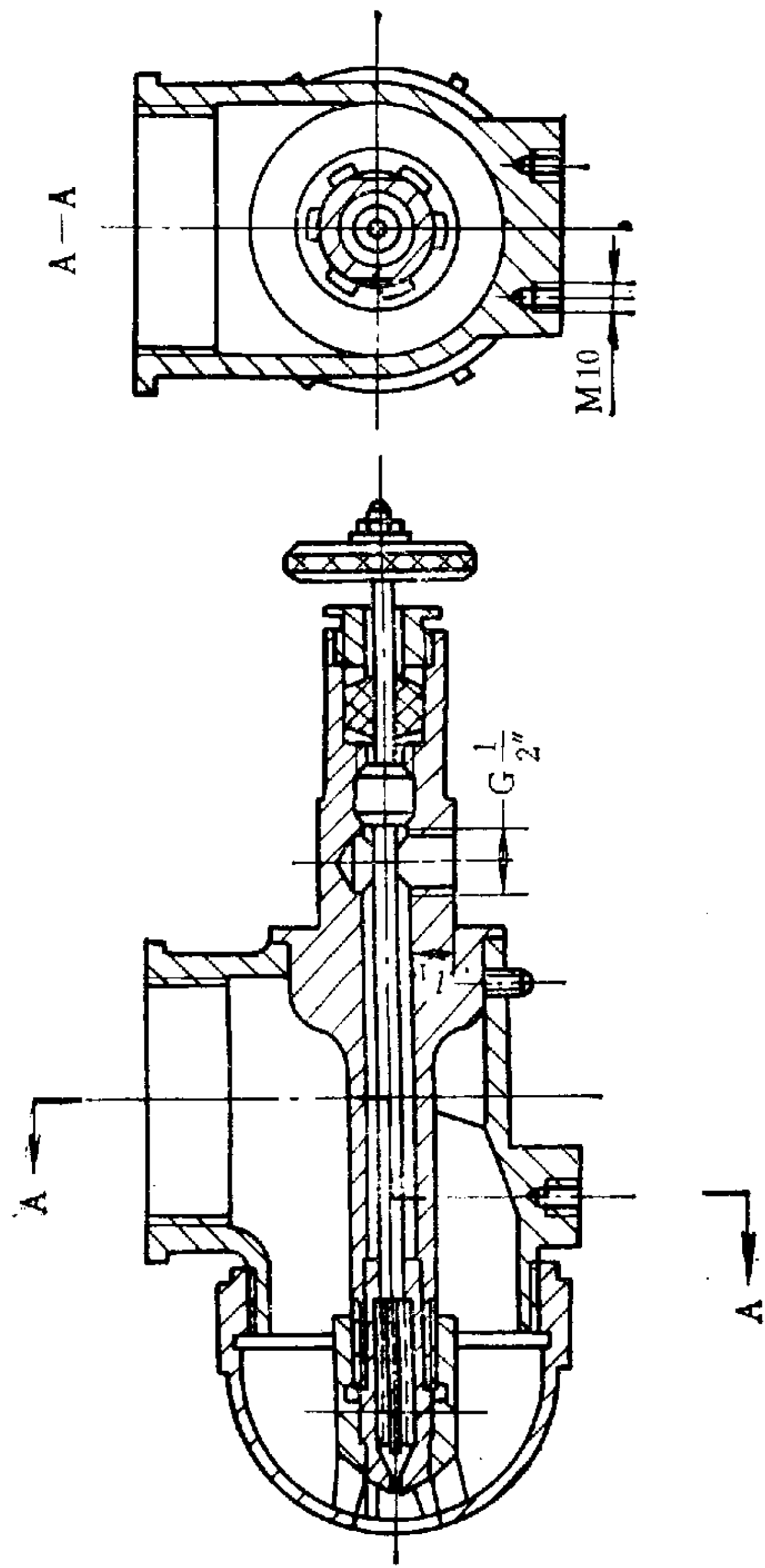


图1-8 K型低压油嘴

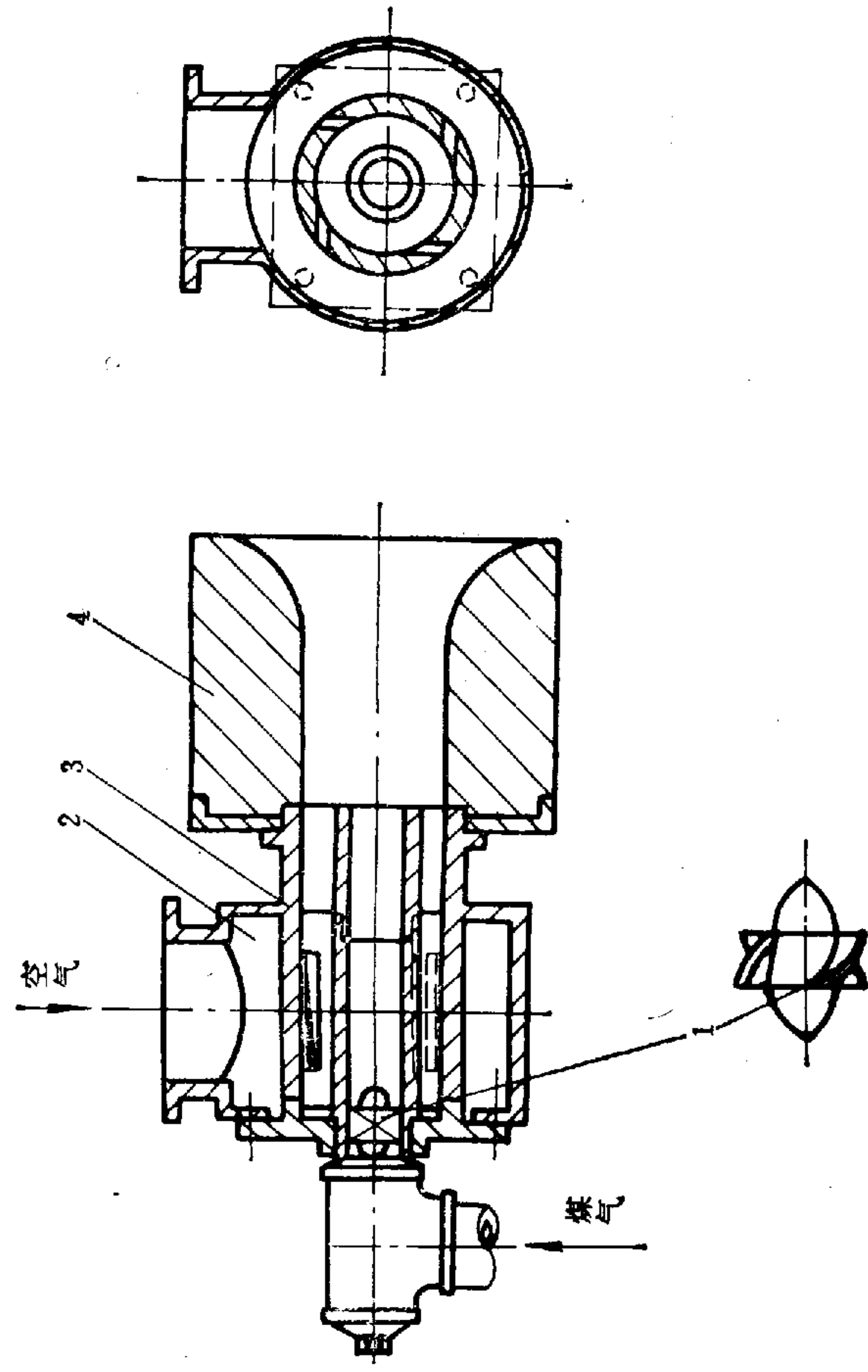


图1-10 煤气平焰烧嘴

1—煤气旋流器 2—空气环室 3—空气旋流管 4—烧嘴

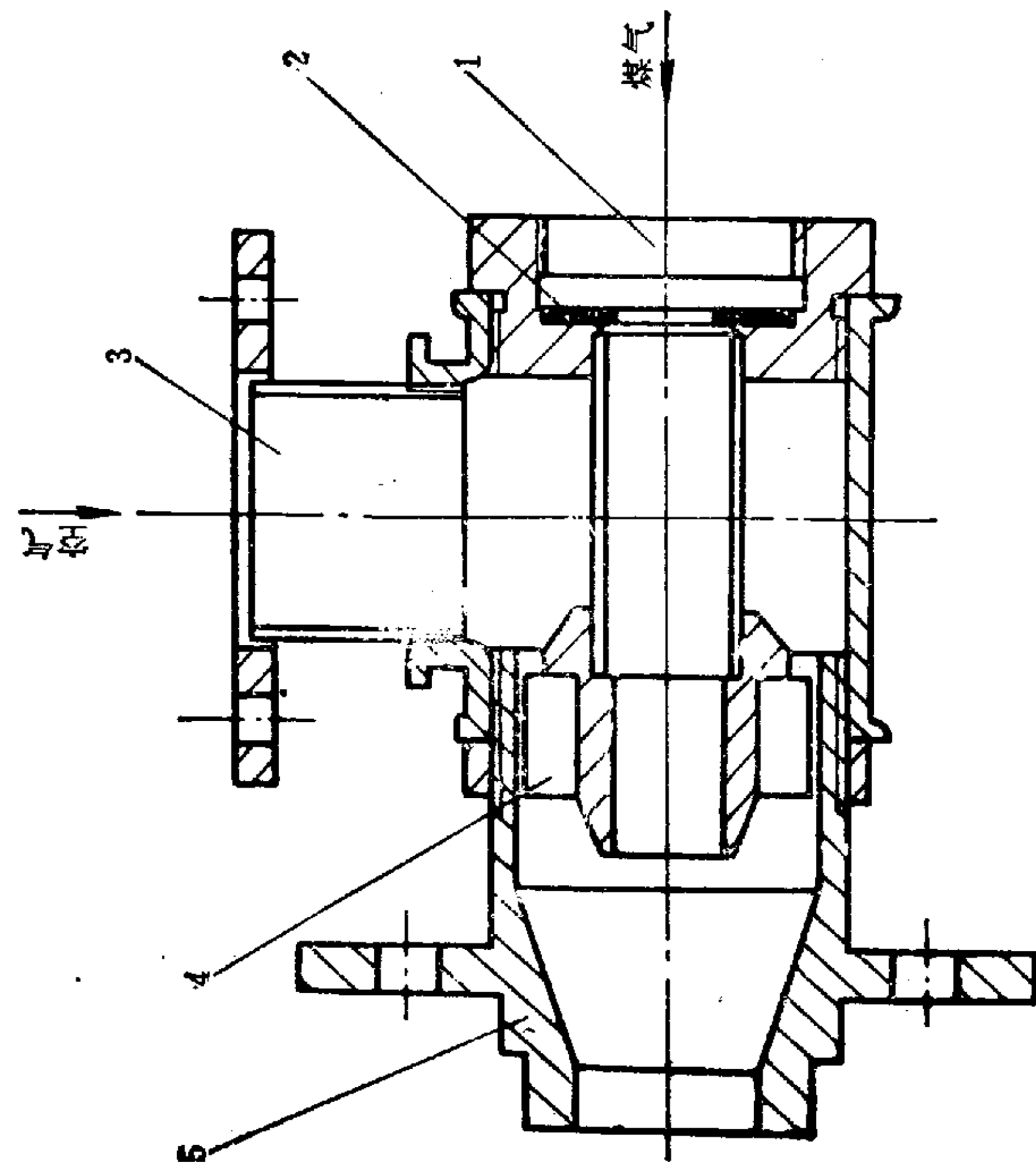


图1-9 低压涡流式煤气烧嘴

1—煤气接管 2—节流器 3—空气接管 4—旋流器 5—混合气喷头

1-14所示,它是依靠煤气的喷射作用直接从中按比例吸入燃烧所需的空气,在混合管内混合均匀后再在耐火材料制成的燃烧室内完成燃烧反应的。在小型加热炉上使用的另一种无焰烧嘴是喷射式平焰烧嘴,其结构原理如图1-15所示。流量为 G_1 的煤气,以 W_1 的高速喷出,压力为 P_0 、流量为 G_2 的空气,在克服喷射器的阻力后,至扩压管末端形成压力为 P_1 、流量为 $G_1 + G_2$ 的混合气流出喷射器。工作原理是:高速喷出的煤气与所遇到的空气质点发生碰撞,从而带动这些空气质点前进,当前面的质点推向前进时,后面便造成一定的

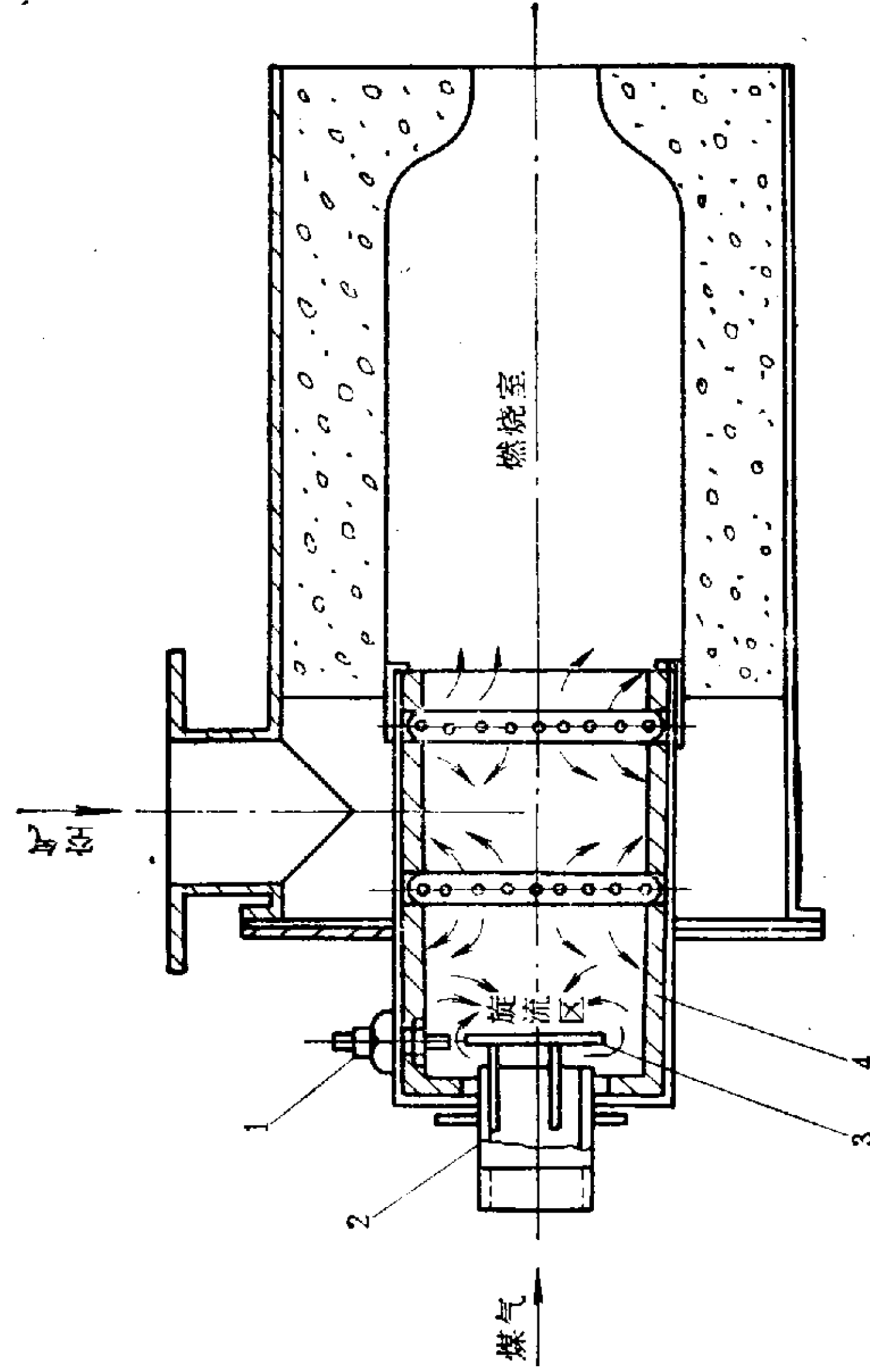


图1-11 煤气高速调温烧嘴

1—电点火器 2—煤气喷头 3—火焰稳定器 4—燃烧筒

真空,即在混合管入口处造成负压,在负压作用下空气被连续吸入混合管内。煤气喷射速度愈高,造成的负压愈大,则吸入的空气量也愈大。为了增大负压,在混合管后面设置了扩压管。

喷射式平焰烧嘴能充分利用高压煤气的动能实现平火焰燃烧,不需配置风机,用于室式加热炉可压低炉膛高度,强化气流循环,是一种新型的节能烧嘴。

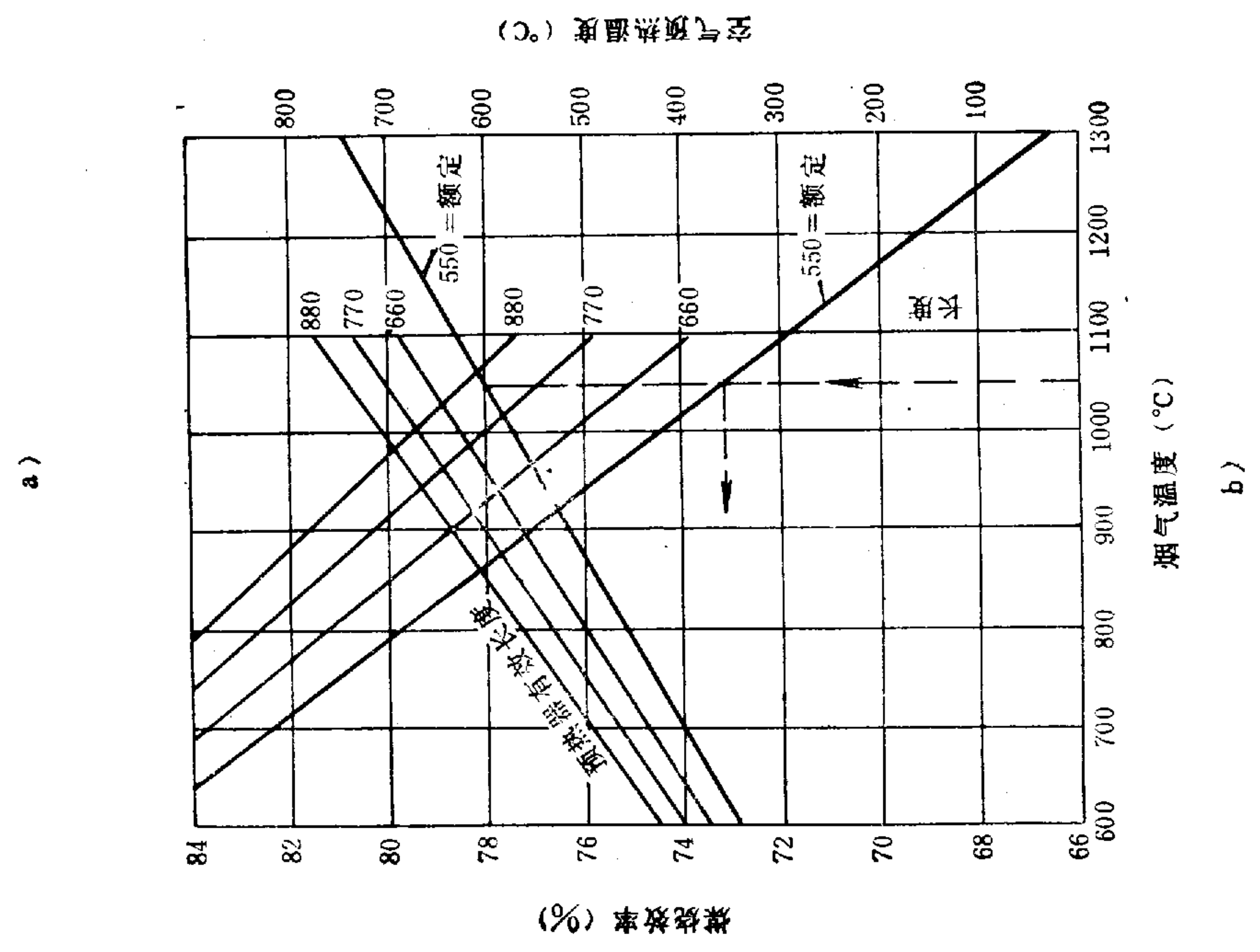
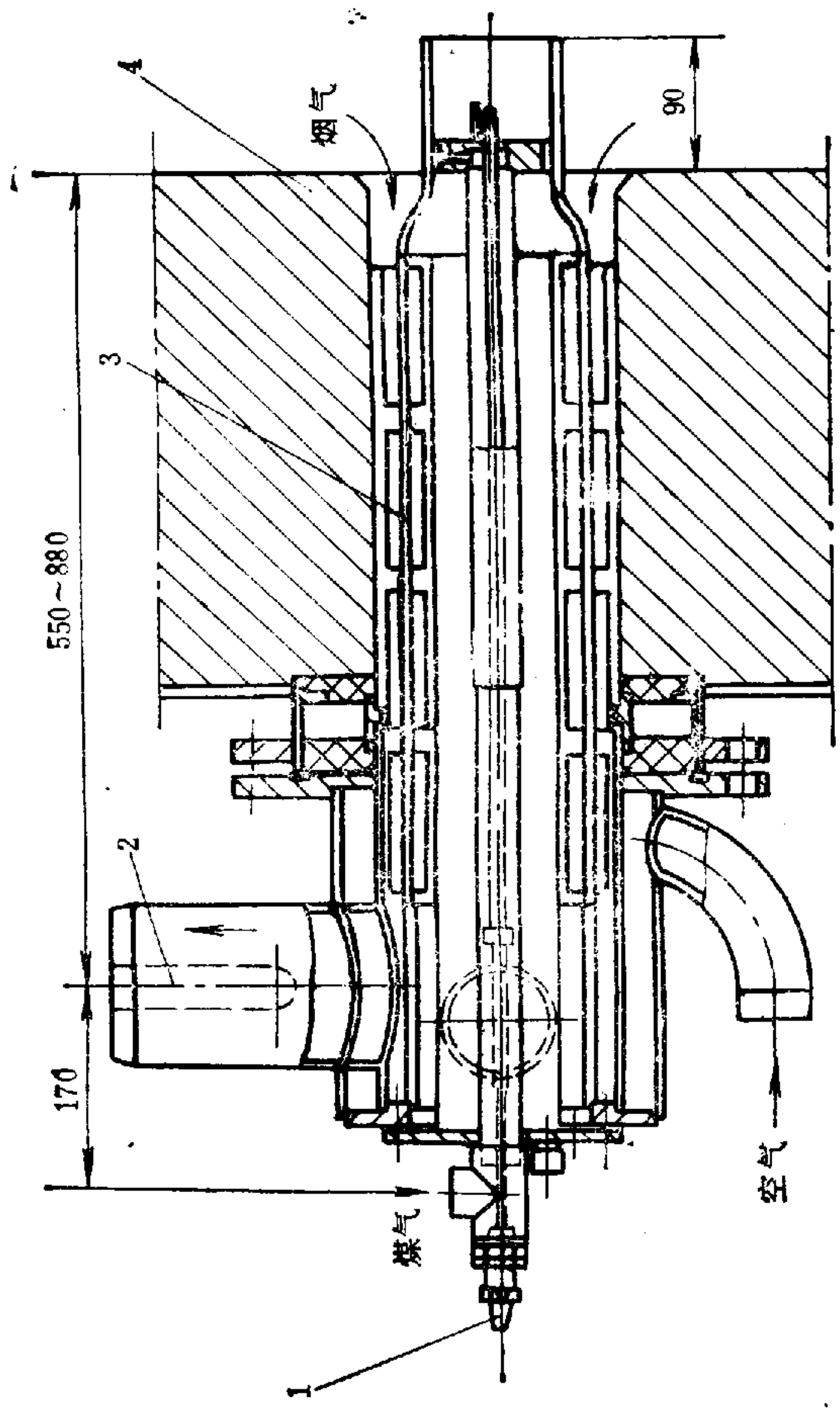


图1-12 双面肋片天然气换热式烧嘴
a) 结构图 b) 性能表
1—电点火器 2—引射器 3—双面肋片换热器 4—烧嘴砖

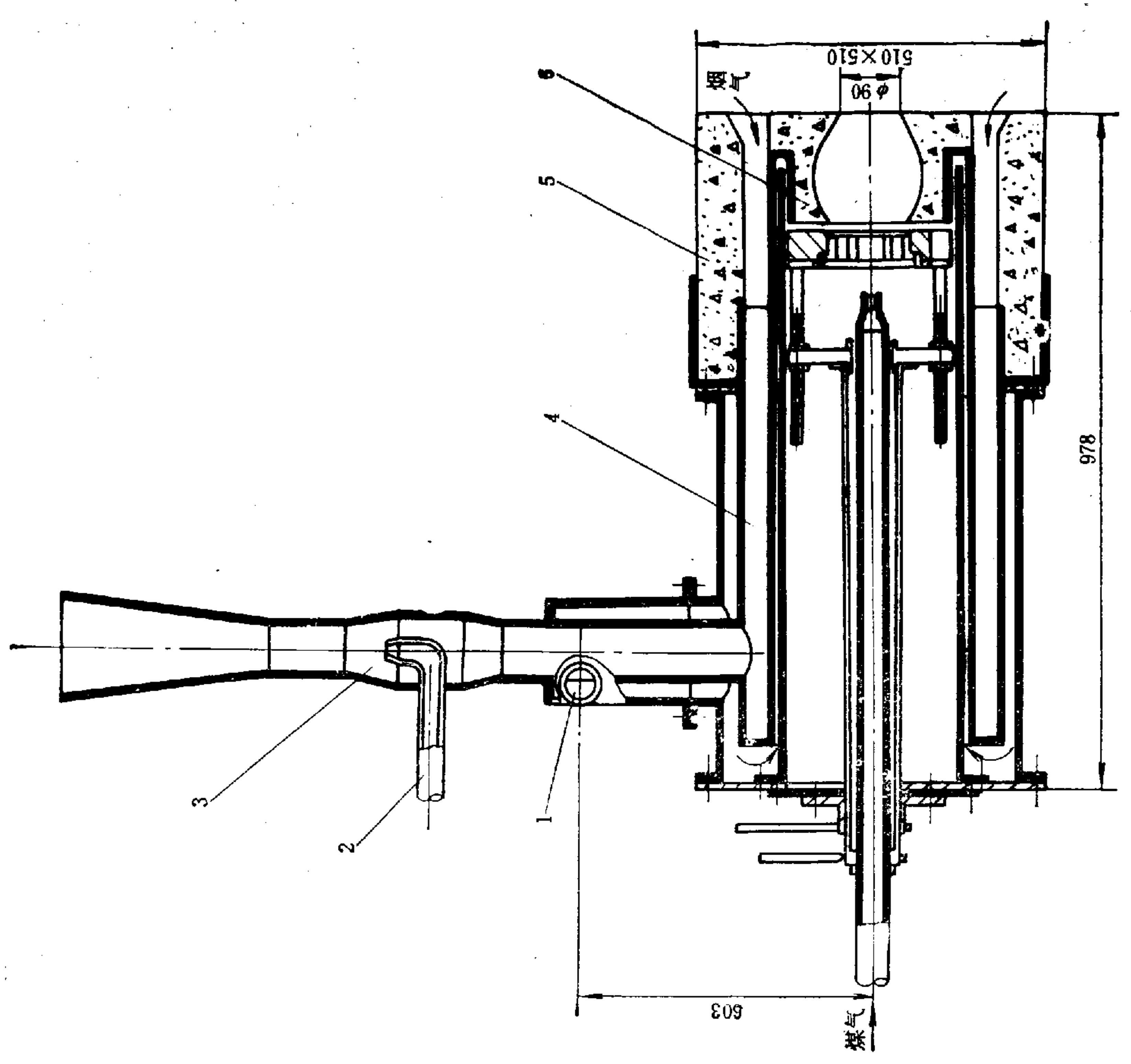


图1-13 套筒式自身预热烧嘴
1—冷空气进口 2—引射器 3—套筒式换热器 4—外烧嘴砖 5—内烧嘴砖

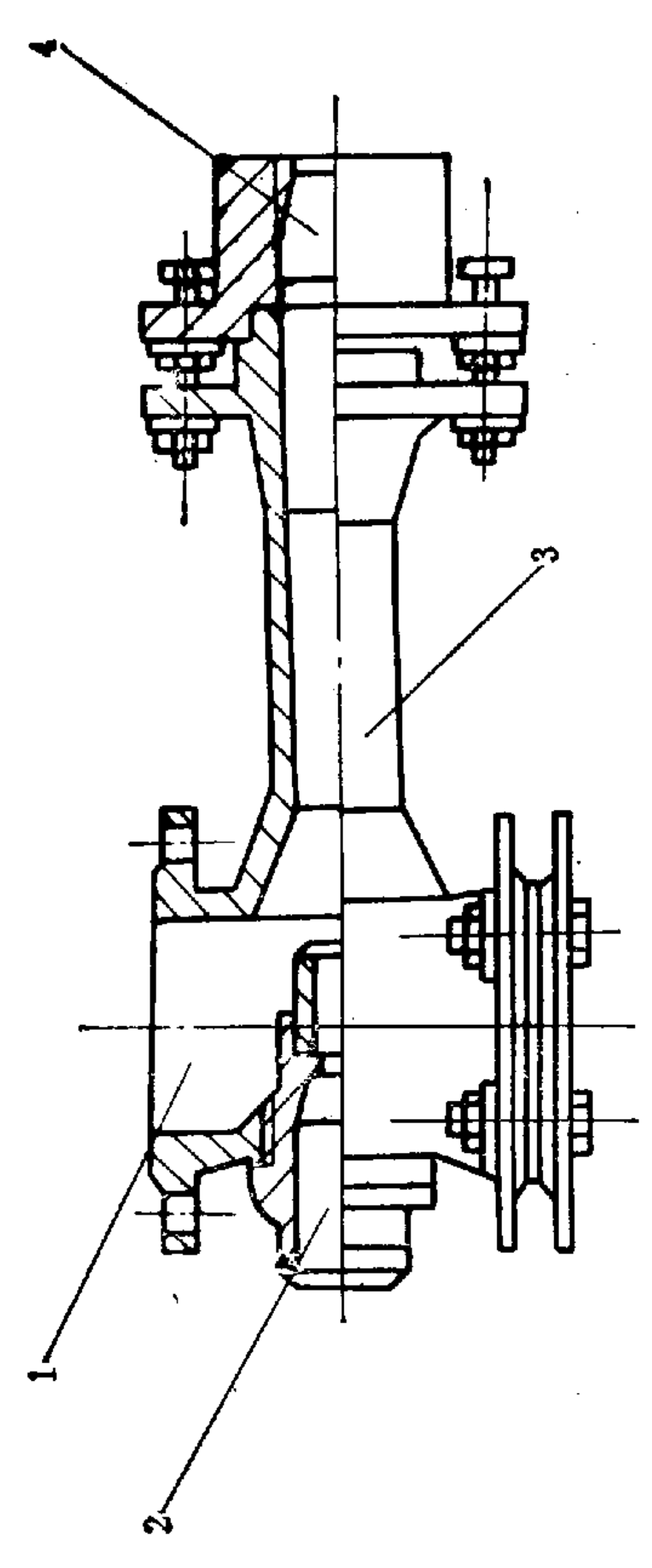


图1-14 高压喷射式烧嘴
1—空气接管 2—煤气接管 3—混合管 4—混合气喷头

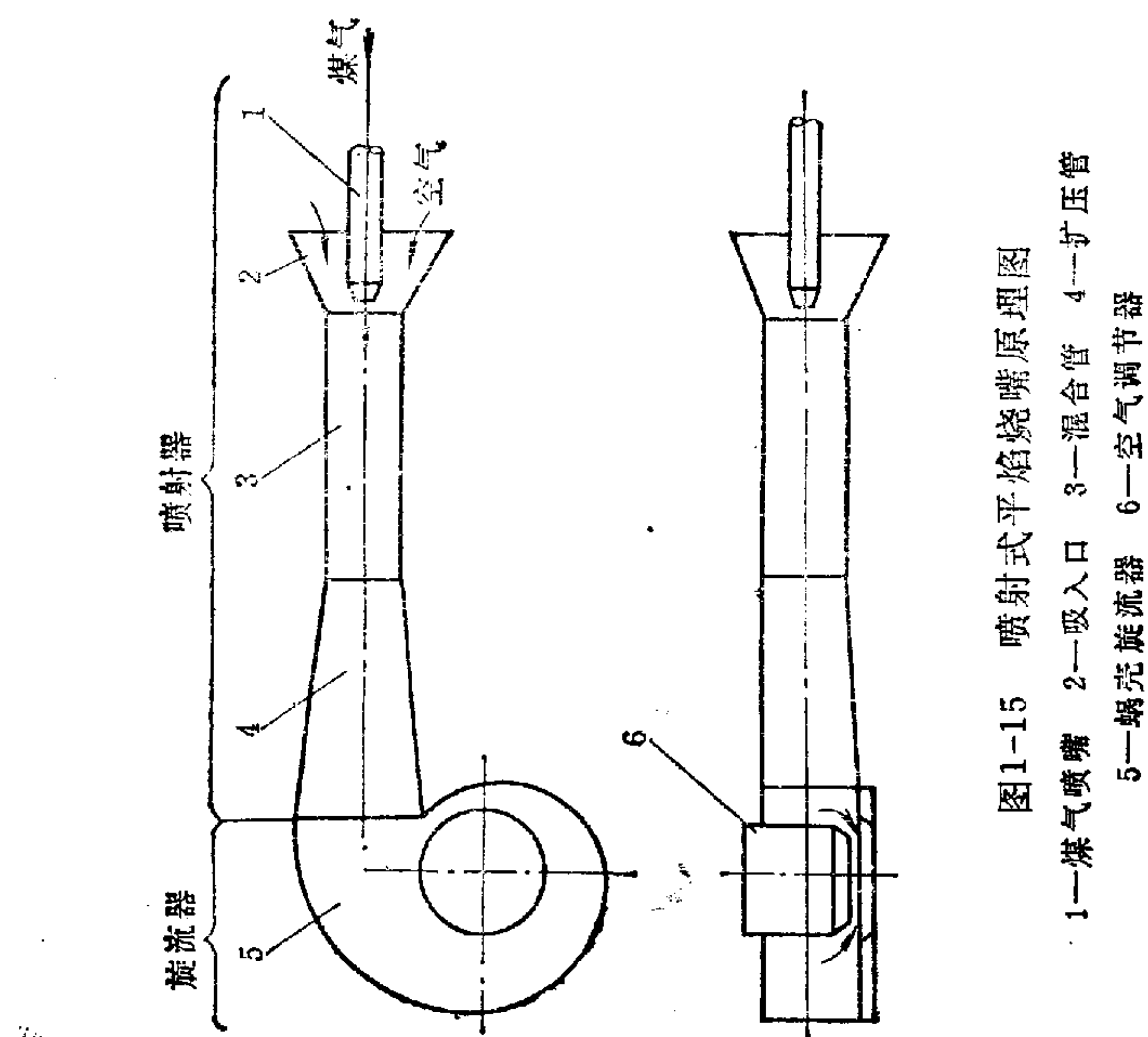


图1-15 喷射式平焰燃烧原理图
1—煤气管嘴 2—吸入口 3—混合管 4—扩压管
5—蜗壳旋流器 6—空气调节器

3. 预热器

利用工业炉排出的烟气余热将燃料和助燃空气进行加热达到回收热量和提高炉子热工性能为目的的装置称为预热器（或换热器）。预热器分换热式和蓄热式两类；换热式预热器多用金属材料制造，预热温度达 $300\sim 500^{\circ}\text{C}$ 以上，常用的有管状预热器（图1-16、图1-17）、圆筒辐射预热器（图1-18）、辐射对流预热器（图1-19）、喷流预热器（图1-20、图1-21）等；蓄热式预热器简称蓄热室，是用耐火砖砌成的格子室，通过换向装置使烟气与空气轮换通过蓄热室，利用格子室蓄积的热量将空气加热。对于加热炉，蓄热室可将空气预热到 600°C 以上。

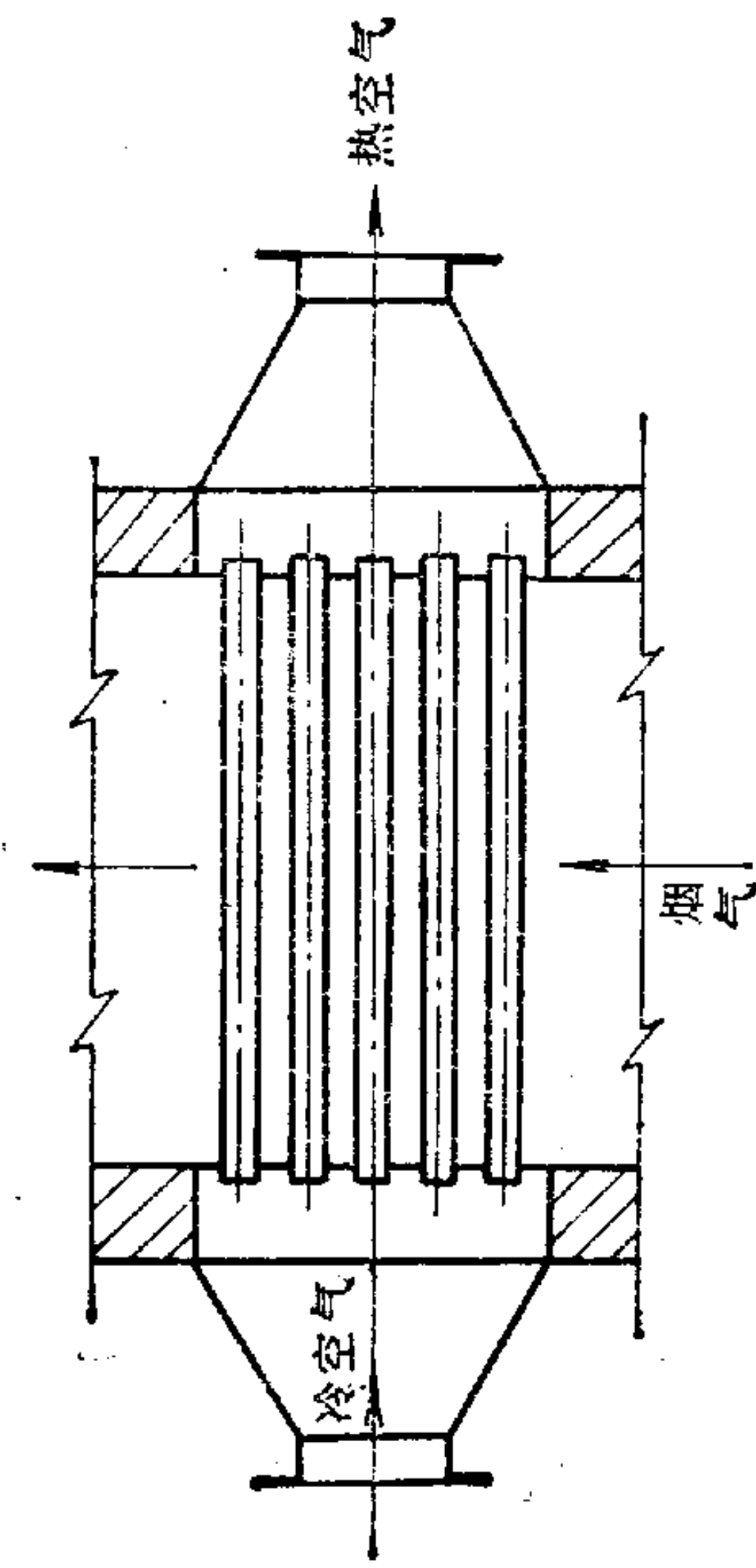


图1-16 直管式管状预热器

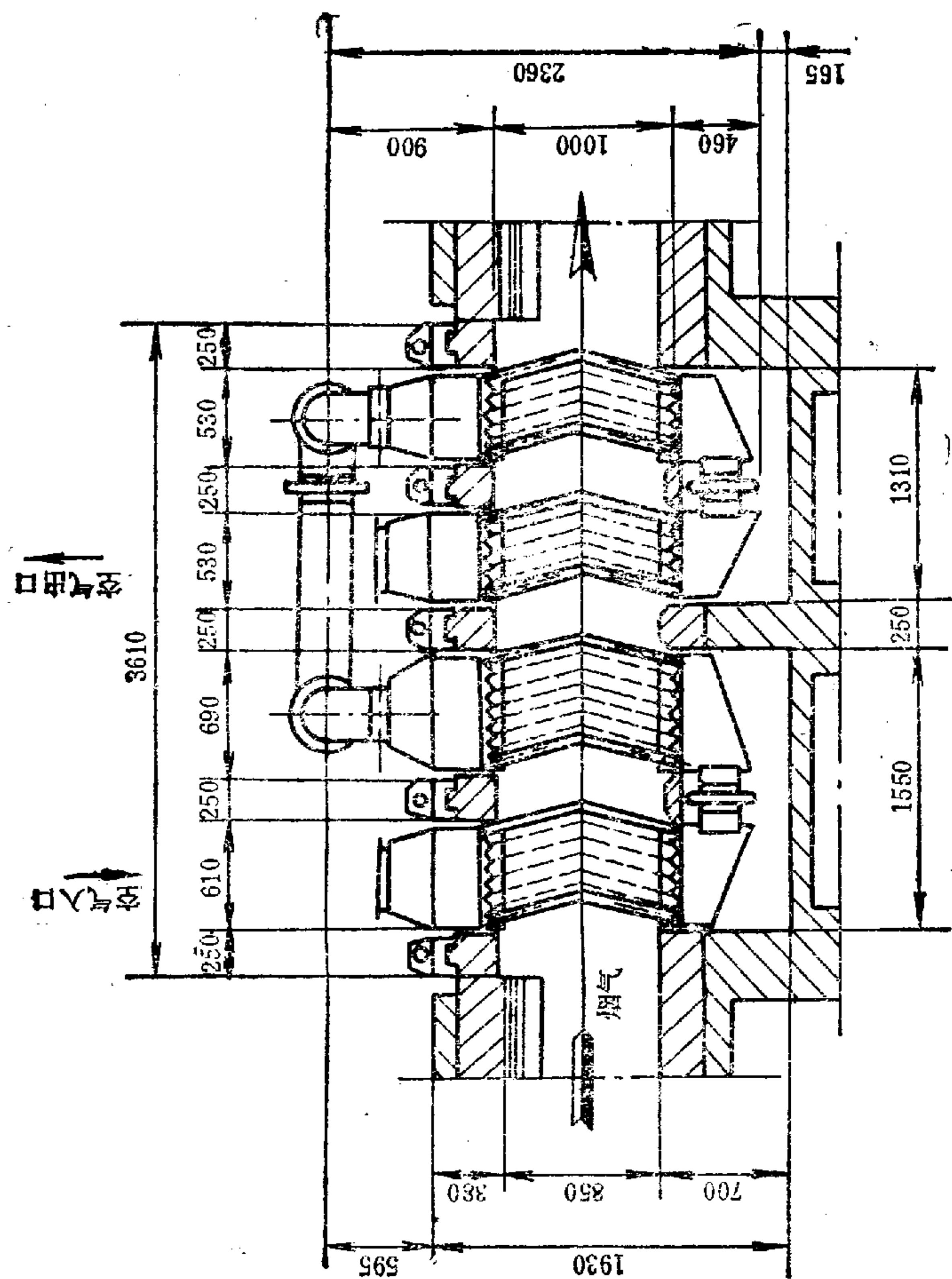


图1-17 弯管式管状预热器

对烟气余热的利用，首先应用它来预热空气或燃料本身，因为空气或煤气预热后带入炉内的热量将全部留在炉内，而供入炉内的燃料燃烧热量将有50%以上（对于加热炉）随烟气排出炉外。因此，预热器每回收1kg燃料的热量则至少可节省2kg燃料。燃料节约百分数随离炉烟气温度的提高而提高。例如：燃烧发生炉煤气的炉子，同样将空气预热到 500°C ，间断式锻造加热炉的离炉烟气温度为 1200°C 时，装设预热器后可节约燃料30%；连续式加热炉的离炉烟气温度为 900°C ，而燃料节约率则减少为23%。因此，离炉烟气温度愈高的加热炉愈应装设预热器。

装设预热器的另一重要作用是：由于空气或煤气预热后能强化燃烧过程，从而能提高炉温和加快升温速度，对于使用低热值燃料的高温炉来说显得更为重要。例如：发热量为 $5020\text{kJ}/\text{Nm}^3$ 的发生炉煤气，空气煤气不预热时仅能达到约 1200°C 炉温，而将空气预热到 400°C

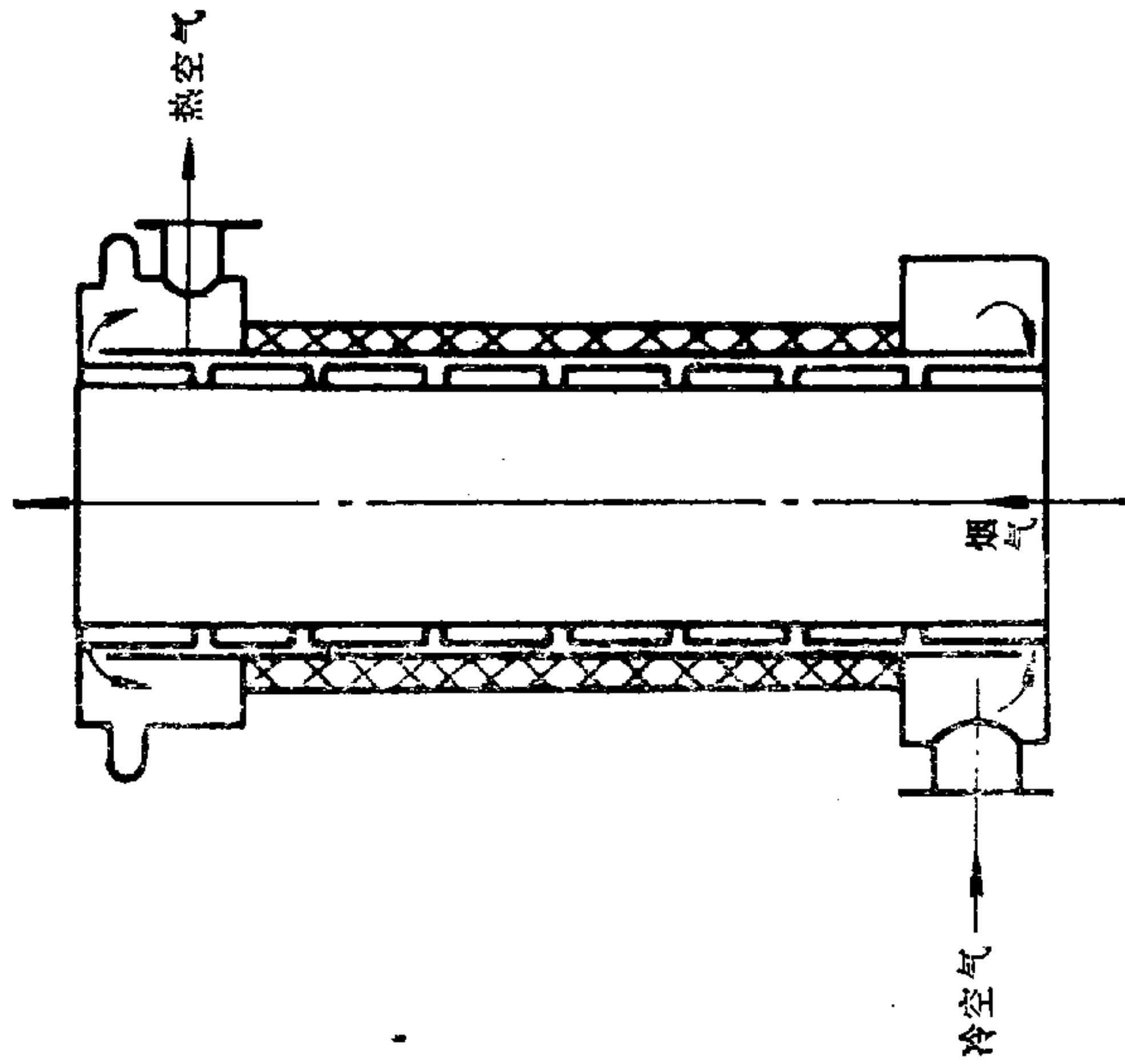


图1-18 圆筒辐射预热器

保证排烟系统通畅是工业炉正常运行的重要条件。排烟抽力不足时,则炉膛压力升高,烟气由炉体开口或缝隙处逸出炉外,造成逸气热损失;排烟抽力过大时,则大量冷空气吸入炉内,既增大了排烟热损失,又增加了炉内气氛的氧化性,所以在烟道内装设烟道闸门及时调节排烟抽力是极为重要的。保证排烟通畅的基本条件是:具有合适的烟道高度和直径,并保证烟道有一定的密封性能。

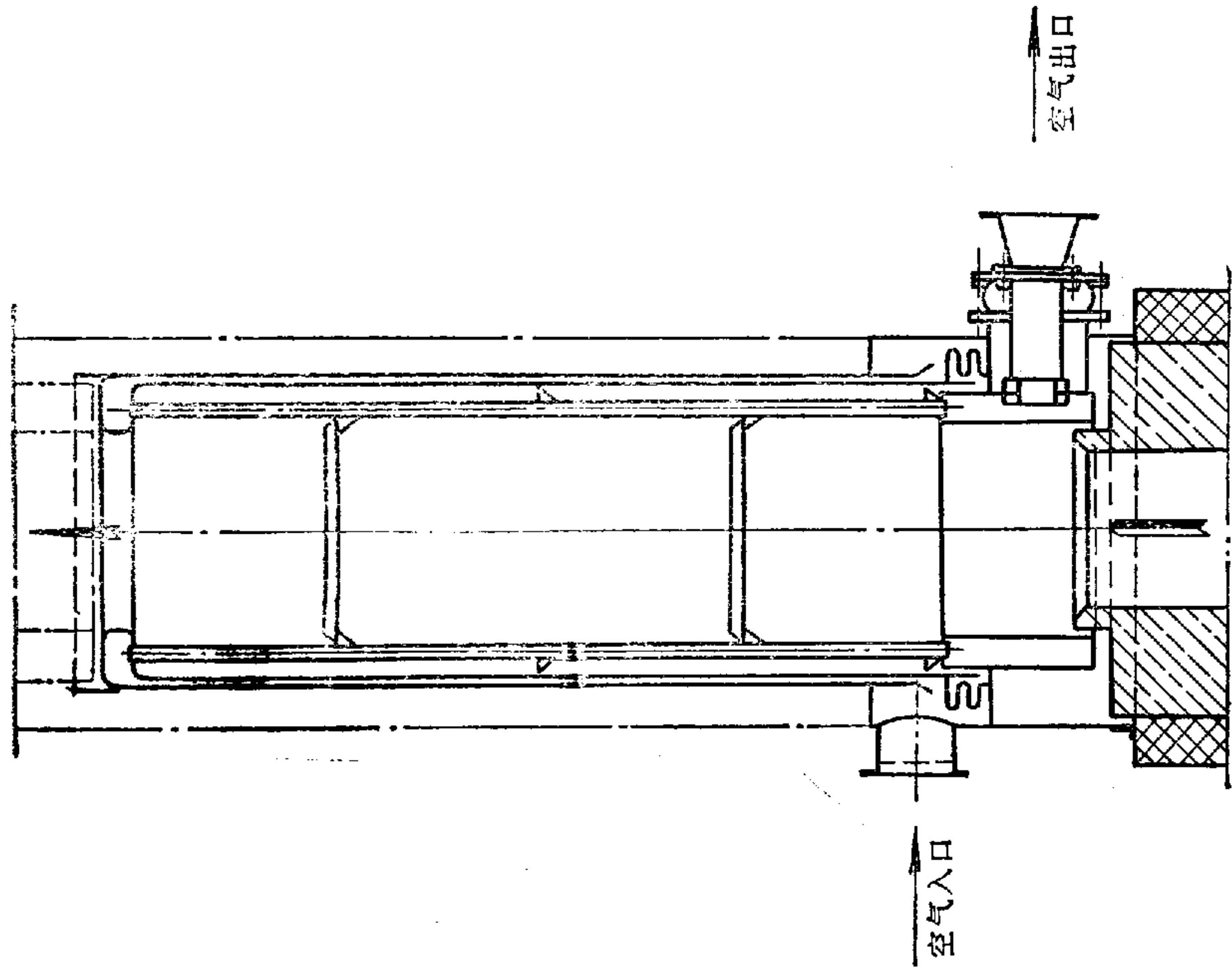


图1-19 辐射对流预热器

时,则可达到约1320℃的炉温。

4. 排烟系统

排烟系统由产生抽力(负压强)的烟囱(或引风机和喷射管)和排放烟气的烟道所组成。烟囱排烟是依靠流入烟囱内的热烟气因其密度小于烟囱外空气密度所产生的浮力而将烟气排入大气的,图1-22是一台带有预热器的室式加热炉的烟囱排烟示意图。

烟囱排烟不消耗动力,使用简便,排烟温度不受限制,是深受工厂欢迎的一种排烟方式。喷射管或引风机排烟则是利用喷射管喷出的高速气体所产生的负压强或引风机的吸入风压而将炉内烟气经烟管排入大气的。例喷射管或引风机排烟适用于排烟阻力大,例如大于500Pa,且间断运行的排烟系统。

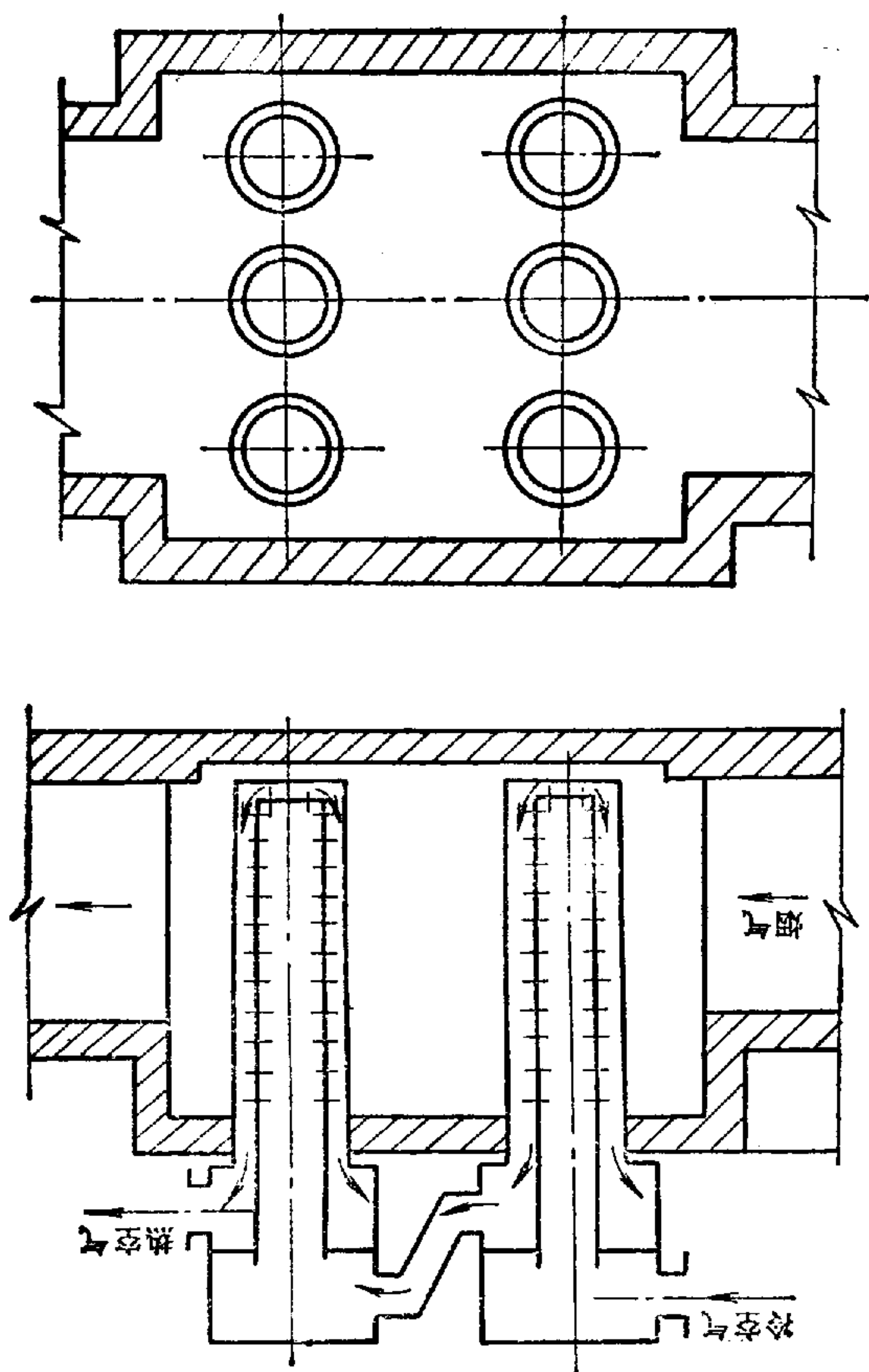


图1-21 双行程喷射预热器

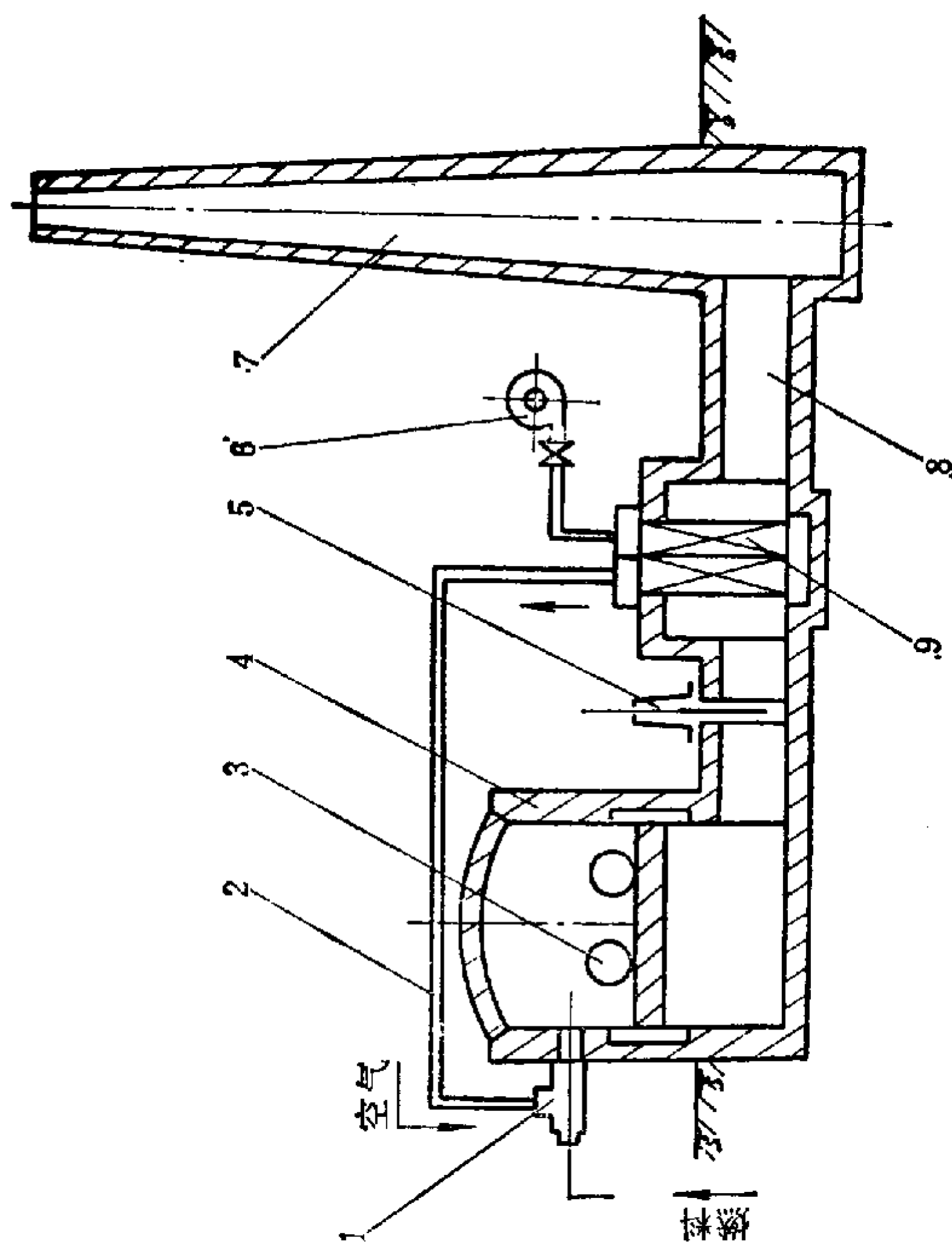


图1-22 烟囱排烟示意图

1—喷嘴 2—空气管道 3—加热件 4—室式加热炉 5—烟道闸门 6—风机
7—烟囱 8—烟道 9—预热器

烟囱出口处的烟气流速最好大于当地最大风速0.5倍,或至少不低于3Nm/s,以避免烟囱倒风,同时也避免烟气中有害气体和烟尘向地面扩散。当烟囱高度达50m以上时,烟囱顶部的风速为地面风速的几倍,烟气到达地面时已在远离烟囱几千米的地方,这时烟气已在逐步扩散中被稀释到无害的程度。对直接烧煤或焦炭的工业炉,其排烟系统中还应设置各种形式的除尘器。

(二) 工业炉设计要则

1. 炉型设计

(1) 进行炉子设计时应遵循以下基本原则:

- 1) 尽量采用火焰直接加热(敞焰)法,以提高加热速度和降低燃料消耗;
- 2) 强化炉内热交换条件,提高炉温均匀度,降低炉体蓄热量及各种热损失;
- 3) 合理采用和布置预热器,充分利用烟气余热对助燃空气、燃料及炉料进行预热;
- 4) 减少炉门、观察孔等孔洞的数量和面积,以减少辐射及炉气逸出或冷空气吸入等热损失;
- 5) 炉体要有良好的密封性。加热炉、热处理炉及熔炼炉的炉体外壁应包以3~4mm厚的钢板,炉门尽量设有压紧装置;
- 6) 炉型设计要符合环境保护和热工控制要求。

(2) 根据评价企业合理用热技术导则(GB3486—83)规定,炉体外表面温度不应超过表1-6数据。下排烟的炉子必须设有烟道闸门和检查口,检查口应放在烟道闸门之前。

表1-6 炉体外表面温度限值

炉温(℃)	侧墙(℃)	炉顶(℃)	炉温(℃)	侧墙(℃)	炉顶(℃)
≤700	75	90	1300	120	140
900	90	105	1500	135	160
1100	105	125	—	—	—

(3) 各种燃烧装置按下列数据选用空气过剩系数(α):

- 人工加煤燃烧室 α = 1.3~1.4
- 机械加煤燃烧室 α = 1.2~1.3
- 煤粉烧嘴 α = 1.15~1.25
- 人工调节油嘴 α = 1.15~1.2
- 自动比例调节油嘴 α = 1.1~1.15
- 煤气烧嘴 α = 1.05~1.15

(4) 设计中要选用节能、高效、少污染型燃烧装置。炉膛宽度小于2m时,可在炉墙一侧或炉顶(对于平焰烧嘴)布置烧嘴或燃烧室;炉膛高度小于5m时,原则上只布置下排烧嘴。炉底长度5m左右时也可采用在炉后端墙布置烧嘴、炉前侧墙加辅助烧嘴以及炉顶或炉后端墙集中排烟的方案。

(5) 室式炉炉底标高一般不高于800~850mm,加大大钢锭时不高于700~800mm;台车式炉炉底标高不高于1100mm。煤炉燃烧室加煤口顶点标高应等于或略低于炉底标高,燃烧室深度不大于2m,宽度不大于1.2m。下排烟的室式炉尽量采用热炉底结构,即在炉底

下部砌一拱形空间,烟气流经此空间通入烟道。上排烟的室式炉应采用架空炉底结构,尽量不采用实炉底结构。

(6) 进行炉子设计时一定要设置检测炉温的热电偶孔,热电偶孔要布置在能反映真实炉温的地方,不允许布置在与烧嘴火焰直接接触和有冷空气吸入的地方,中小型室式炉可不布置或只布置1个热电偶孔。炉底长度3~5m时,布置2个热电偶孔;炉底长度>5m时,根据炉温均匀度要求可布置3个以上热电偶孔。

(7) 台车式炉优先采用滚柱式台车,用钝齿轮啮合销齿传动。当台车行程较长时,可采用轮式台车,用卷扬机构或链条传动机构牵引,必要时也可用行车牵引。干燥炉多采用半开式滑动轴承轮式台车,或采用轮对式台车。

(8) 进行工业炉设计时要计算以下基本内容:

- 1) 燃料消耗量计算;
- 2) 空气量及燃烧生成气量计算;
- 3) 必要时进行燃料燃烧温度及加热时间计算;
- 4) 预热器计算;
- 5) 空气、煤气管道和烟道尺寸及阻力计算;
- 6) 炉用机械及炉架、平台、轨道等结构件计算。

(9) 燃料消耗量计算一般按单位热耗指标或炉底热强度指标计算,特别需要时方按热平衡法计算。燃烧装置能量应为最大燃料消耗量计算值的1.1~1.2倍。风机供风的煤炉燃烧室炉篦面积可根据所占炉底面积或炉室容积百分数计算,见表1-7。

表1-7 炉篦面积占炉底面积百分数(%)

炉型	炉底面积(m²),干燥炉为炉室容积(m³)					
	<0.5	0.5~1	1~2	2~5	5~10	10~30
加热炉	60~80	50~70	45~60	40~50	30~40	20~30
热处理炉	40~60	35~45	30~40	25~30	20~25	15~20
干燥炉	—	—	—	—	10~12	7~10

(10) 加热炉及热处理炉内各处的排烟速度按表1-8数据选用,干燥炉内各处的排烟速度按表1-9数据选用。

表1-8 加热炉及热处理炉排烟速度(Nm/s)

上排烟			下排烟		
排烟口	分烟道	总烟道	排烟口	分烟道	总烟道
1~2	0.5~1	0.8~1.5	1.5~2.5	0.8~1.5	1~2

表1-9 干燥炉排烟速度(Nm/s)

循环方式	排烟位置	燃气道出口	燃气道内	烟道盖板缝隙	炉底烟道
自然循环		2~3	0.8~1.2	1.5~2.5	1~1.5
强制循环		6~7	1.8~2.5	3~3.5	1.5~2.5