

中国人民解放军第二军医大学
周岱云 李石 许国铭 编著

上消化道纤维内窥镜
临床应用

上海科学技术出版社

责任编辑 蒋维强

上消化道纤维内窥镜临床应用

周岱云 李 石 许国铭 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13 字数 306,000

1982年4月第1版 1982年4月第1次印刷

印数 1—5,000

统一书号: 14119·1447 定价: (科五) 3.50元

代 序

自引进消化道纤维内窥镜以来,不数年间,全国各地均已迅速应用于临床。我校两个附属医院自 1972 年起先后开展这一工作,迄今已进行了万次以上的上消化道纤维内窥镜检查,结合 X 线钡餐检查,大大地提高了上消化道疾病诊断的准确率。随着器械及操作技术的发展,最近又开展了息肉摘除、异物取出、止血、逆行胰胆管造影及壶腹乳头括约肌切开等手术操作。为了适应国内纤维内窥镜检查队伍迅速成长、扩大的需要,在校内刊印内窥镜专辑的基础上,由我校两个附属医院内窥镜检查室的有关同志总结自己的经验,并结合国内外文献资料编写了本书。在本书的组织、编写过程中,我校训练部吴质副部长始终对本书的编写给予了多方关心和支持;此外,上海医疗器械研究所、上海医用光学仪器厂,以及我校绘图室、照相室等部门、附属一院放射科卢任华同志等均为本书的编写进行了大力帮助,才使本书得以顺利完成。

本书共分三个部分,第一部分是纤维内窥镜基础,主要介绍纤维内窥镜原理、结构及检查方法;第二部分介绍上消化道病变的内窥镜诊断,并扼要介绍染色法内窥镜检查及内窥镜逆行胰胆管造影的方法;第三部分主要介绍窥镜下的治疗工作及窥镜检查发展的动向。书末附有彩色照片一百余幅及 X 线照片若干幅。

本书内容尚属新颖详细,但叙述亦有不够之处,甚至错误也或难免。个人认为,作为引玉之砖,还是可以供读者参考的。

应元岳 1980 年 11 月

目 录

第一章 上消化道内窥镜发展史

一、早期硬式内窥镜	1	三、纤维内窥镜	2
二、半可曲式胃镜	1		

第二章 纤维内窥镜的原理、构造和性能

一、纤维导光的原理	4	五、纤镜的附件	14
二、纤镜的基本结构	7	六、纤镜的分类及选用原则	17
三、胃内照相机和带纤镜的胃内照相机	12	七、常用上消化道纤镜性能介绍	18
四、冷光源	13		

第三章 器械消毒与保养

一、上消化道内窥镜检查室的设置	27	三、内窥镜的保养	30
二、器械的消毒	27		

第四章 上消化道有关解剖

一、咽	32	三、胃	33
二、食管	32	四、十二指肠	35

第五章 检 查 法

一、术前准备	37	三、上消化道各部位的观察法	45
二、纤镜的插入与通过	39	(一) 观察顺序及基本操作方法	45
(一) 食管的插入	39	(二) 十二指肠的观察	45
(二) 食管和贲门的通过	41	(三) 胃的观察	47
(三) 胃体的通过	41	(四) 食管的观察	52
(四) 胃窦部的进入	42	四、照相	53
(五) 幽门及十二指肠球部的通过	42	五、活检及细胞学检查	54
(六) 十二指肠上曲部及降部的通过	44	(一) 直视下活组织检查	54
(七) 十二指肠下角及水平部、上升部的通过	44	(二) 细胞学检查	56

3. 慢性肥厚性胃炎	80
(三) 特殊类型胃炎	81
1. 巨大肥厚性胃炎	81
2. 糜烂性胃炎	81
(1) 急性糜烂性胃炎	81
(2) 亚急性或慢性糜烂性胃炎	82
3. 良性淋巴样增生	83
三、胃溃疡	84
(一) 急性胃溃疡	84
(二) 慢性胃溃疡	84
1. 溃疡的部位	84
2. 溃疡的数目	85
3. 溃疡的大小及深度	85
4. 溃疡的形态	85
5. 溃疡的病期	86
6. 溃疡的愈合及再发	86
7. 胃溃疡的间接征象	86
8. 溃疡的伴随病变	87
9. 难治性溃疡	87
10. 良性溃疡与恶性溃疡的鉴别	87
11. 溃疡的活检及刷检	88
四、胃良性肿瘤	88
(一) 胃息肉	88
1. 分类	88
2. 内窥镜诊断	89
3. 活检和刷检	90
4. 胃肠道息肉病	90
(1) 黑色素斑-胃肠道息肉病 (Peutz-Jeghers 综合征)	90
(2) 家族性息肉病 (Familial polyposis)	90
(3) Cronkhite-Canada 综合征	90
(4) 广泛性青年性息肉病	90
(二) 隆起型异形上皮灶	90
(三) 胃粘膜下肿瘤	91
1. 内窥镜特征	91
2. 内窥镜诊断	91
(1) 平滑肌瘤	91
(2) 神经纤维瘤	91
(3) 脂肪瘤	91
(4) 异位胰腺组织	92
(5) 血管瘤和淋巴管瘤	92
(6) 血管球瘤	92

(7) 胃囊肿	92
五、早期胃癌	92
(一) 分类	92
(二) 临床特点、预后及演变	94
(三) 各型早期胃癌的内窥镜特征	94
1. I型早期胃癌	94
2. II _a 型早期胃癌	94
3. II _a +II _c 型早期胃癌	95
4. II _b 型早期胃癌	96
5. II _c 型及 II _c +III型早期胃癌	96
6. III型及 III+II _c 型早期胃癌	97
六、中晚期(进展期)胃癌	99
(一) 分类	99
(二) 各型中晚期胃癌的内窥镜特征	100
(三) 不同部位的中晚期胃癌的内窥镜诊断	101
(四) 固有肌层内癌 (pm 癌)	101
(五) 青年人胃癌	102
(六) 活检及细胞学检查	102
(七) 活检标本组织学诊断	103
七、胃肉瘤与胃其他恶性肿瘤	103
(一) 胃肉瘤	103
1. 胃恶性淋巴瘤	103
2. 胃平滑肌肉瘤	104
(二) 特殊类型胃癌	104
1. 胃鳞状细胞癌和腺鳞癌	104
2. 胃类癌	104
(三) 转移性胃肿瘤	104
(四) 胃恶性绒毛上皮瘤	105
八、手术后胃	105
(一) 胃手术后的生理及病理变化	105
(二) 检查方法及意义	106
(三) 胃手术后的良性病变	107
1. 食管病变	107
2. 残胃胃炎	108
3. 吻合口溃疡	108
4. 吻合口息肉样病变	108
5. 双筒吻合口	108
6. 小肠及小肠绒毛的改变	109
7. 空肠胃套叠	109
8. 异物	109
(四) 胃手术后的恶性病变	109
1. 残胃恶性肿瘤的分类	109

2. 残胃癌	109	(十四) 胃内异物	115
3. 复发癌	110	1. 胃石	115
4. 残胃其他恶性肿瘤	110	2. 吞入的异物	115
九、胃部其他病变	110	(十五) 胃外肿块压迫	115
(一) 胃静脉曲张	110	十、全身性疾病与胃部病变	115
(二) 胃黄色瘤	110	(一) 血液系统疾病的胃粘膜象	115
(三) 胃血吸虫病	110	1. 贫血的胃粘膜象	115
(四) 嗜酸性细胞浸润性胃炎与胃嗜酸性细 胞肉芽肿	111	(1) 缺铁性贫血的胃粘膜象	115
(五) 胃克隆氏病	111	(2) 恶性贫血的胃粘膜象	115
(六) 胃结核	112	2. 白血病的胃粘膜象	116
(七) 胃粘膜脱垂症	112	3. 紫癜的胃粘膜象	116
(八) 胃憩室	112	(二) 动脉硬化的胃粘膜象	116
(九) 瀑布胃	113	(三) 肝脏疾病的胃粘膜象	116
(十) 葫芦胃(沙钟胃)	113	1. 病毒性肝炎的胃粘膜象	116
(十一) 胃扭转	113	2. 肝硬化的胃粘膜象	116
(十二) 双幽门	114	3. 血色素病的胃粘膜象	117
(十三) 胃窦膈	114	(四) 其他疾病	117

第九章 十二指肠

一、正常十二指肠	119	(一) 乳头炎	123
二、十二指肠炎	119	(二) 胆总管结石引起的口侧隆起肿胀	123
三、十二指肠溃疡	120	(三) 乳头部癌	123
(一) 溃疡的部位及个数	121	六、周围脏器肿瘤对十二指肠的影响	124
(二) 溃疡的大小	121	七、十二指肠憩室	124
(三) 溃疡的形态及分期	121	八、十二指肠其他有关病变	125
(四) 十二指肠球部及幽门畸形	121	(一) 胆道蛔虫症	125
(五) 十二指肠溃疡的伴随病变及其他	122	(二) 钩虫病	125
四、十二指肠肿瘤	122	(三) 十二指肠克隆氏病	125
(一) 十二指肠良性肿瘤	122	(四) 低 β 脂蛋白血症	125
(二) 十二指肠恶性肿瘤	123	(五) 十二指肠粘膜散在白点	125
五、乳头部病变	123		

第十章 上消化道出血的紧急内窥镜检查

一、检查方法	127	四、胃部病变所致的上消化道出血	131
二、上消化道出血的病因	129	五、十二指肠病变所致的上消化道出血	132
三、食管病变所致的上消化道出血	130		

第十一章 染色法内窥镜检查

一、原理和染色程序	134	二、常用染色的方法及意义	136
-----------	-----	--------------	-----

(一) 复方碘溶液染色法	136
(二) 美蓝染色法	136
(三) 甲苯胺蓝染色法	137
(四) 天青蓝染色法	138
(五) 靛胭脂染色法	138
(六) 刚果红染色法	138
(七) 复合染色法	139

1. 甲苯胺蓝-复方碘溶液染色法	139
2. 美蓝-复方碘溶液染色法	139
3. 美蓝-靛胭脂染色法	139
4. 美蓝-刚果红染色法	139
5. 刚果红-伊文思蓝染色法	140
(八) 荧光染色法	140

第十二章 内窥镜逆行胰胆管造影

一、适应症和禁忌症	142
二、术前准备	142
三、检查方法	143
四、并发症及其预防与处理	147
五、正常胰、胆管象	148
六、异常胰管象	150
(一) 胰癌	150
(二) 慢性胰腺炎	150
(三) 胰腺囊肿	151
(四) 其他	152

七、异常胆道象	152
(一) 胆道癌	152
(二) 胆石症	153
(三) 肝脏疾患	153
(四) 其他	154
1. 良性胆总管狭窄	154
2. 先天性胆总管扩张症	154
3. 胆道畸形	154
4. 胆囊切除术后综合征	154
5. 胆总管与十二指肠瘘	154

第十三章 内窥镜治疗器械及高频电的应用

一、手术内窥镜及治疗用器械	156
二、高频电在内窥镜治疗中的应用	158
(一) 高频电应用原理	158
(二) 高频电在内窥镜外科中的应用方式	159

(三) 高频电对组织的作用	159
(四) 高频发生器的类型和性能要求	160
(五) 高频发生器的使用及注意事项	160

第十四章 内窥镜下治疗上消化道出血

一、高频电凝止血	164
二、激光光凝止血	164
三、注射硬化剂治疗上消化道出血	166
(一) 食管静脉曲张破裂出血	166
(二) 溃疡病等出血	167
四、内窥镜下其他止血方法	167

(一) 药物喷洒法	167
(二) 喷涂组织粘附剂	168
(三) 机械止血法	168
1. 止血夹子	168
2. 气囊压迫法	168
3. 冷冻或结扎	168

第十五章 内窥镜上消化道息肉摘除术

一、药物注射法	169
二、冷冻法	169

三、单纯机械摘除法	169
(一) 活检钳咬切法	169

(二) 单纯圈套器套切法	170	四、高频电摘除法	171
--------------------	-----	----------------	-----

第十六章 内窥镜下乳头括约肌切开术

一、器械及术前准备	174	三、乳头括约肌切开后结石的处理	177
二、操作方法	175	四、疗效、并发症、适应症和禁忌症	178

第十七章 内窥镜下异物的取出及在其他治疗方面的应用

一、上消化道异物的取出	180	(二) 圈套法活检	183
二、内窥镜下治疗胆道蛔虫症	181	(三) 内窥镜诱导下插管术	184
三、食管、贲门部狭窄的扩张及切开	181	五、内窥镜冷冻外科	184
四、内窥镜在其他治疗方面的应用	183	(一) 内窥镜接触冷冻法	184
(一) 内窥镜下插入塑料套管	183	(二) 内窥镜喷射冷冻法	184

第十八章 内窥镜检查在其他领域中的应用

一、内窥镜下消化道生理功能的测定	186	(四) 胃肌电图	188
(一) 胃壁pH值测定	186	二、病灶大小的计测	189
(二) 胃粘膜温度的测量	187	三、分光检查法	189
(三) 上消化道的内压测定	187	四、放大观察法	189
1. 食管内压测定	187	五、内窥镜下进行超声、X线及同位素检查	191
2. 幽门前区测压	188	六、其他	192
3. 胰、胆管内压测定	188		

附 录

一、纤镜及其附件的检验	193	二、常见故障的处理原则	194
-------------------	-----	-------------------	-----

附 图

一、内窥镜逆行胰胆管造影X线照片	二、彩色照片图
------------------	---------

第一章 上消化道内窥镜发展史

光学内窥镜的发展已有一百多年的历史,随着光源、导光材料及照相技术的进步,近十余年来发展尤为迅速。它的发展过程,大致可以分为三个时期:

一、早期硬式内窥镜(1795~1932)

早在1795年,德国Bozzine首先提出了内窥镜的设想,他利用烛光做光源,通过内窥镜看到了直肠和子宫的内腔。1826年法国Segales制成了膀胱镜与食管镜。1853年法国Désormeaux利用酒精和松节油混合液作为燃料的煤油灯为光源,观察尿道、膀胱、直肠和子宫等器官,Désormeaux灯的光亮度远比烛光为强,为以后胃镜的研制创造了条件。

1868年,德国Kussmaul在观看表演吞剑术的启发下,制成第一台食管胃镜(图1-1)。它是由一根头端装有软塞,粗1.3厘米、长47厘米的金属管组成,利用Désormeaux灯照明。由于硬性部太长,加上照明不足,因而无法清楚地看到胃腔。

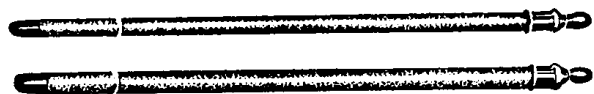


图 1-1 Kussmaul 原始胃镜

1880年爱迪生发明电灯后,就出现了用电灯或小电珠作为内窥镜的光源。1876年Nitze首先在膀胱镜上应用电热白金丝做光源,但因产生热量太大,需用流水灌注冷却,因而不实用。直至1902年Totile将小电珠应用于内窥镜后才基本上解决了内窥镜的照明问题。

1881年Mikulicz仔细研究了食管、胃的

解剖特点,在胃镜中下1/3处做成30度的弯曲,虽然操作上仍很困难,但却使胃镜初步具有实用价值(图1-2)。



图 1-2 Mikulicz 胃镜

在以后的三、四十年中,虽然有各种新型内窥镜相继出现,但都是利用透镜、棱镜、反光镜等做光学元件,以金属管为外壳而制成的硬式胃镜。要将这类硬直的内窥镜插到管腔弯曲多变的上消化道中去,不仅操作上相当困难,而且给病人亦带来了较大的痛苦与损伤。加上小电珠或钨丝灯等外部反射光源照明度很低,因而有较多的盲区,所以,这些内窥镜的实用性就受到限制。

二、半可曲式胃镜(1932~1958)

1932年,光学师Wolf和内窥镜学者Schindler共同研制成功了一种半可曲式胃镜(semiflexible lens gastroscope),它是由近段的硬性部和远段的软管部组成。软管部内由许多2~3厘米长的金属管连接而成,外面再用一层薄橡皮包覆,末端装有棱镜与橡皮头,软管部装有26块短焦距棱镜,这样在弯曲30度的情况下仍可将图象传送到目镜部分(图1-3)。半可曲式胃镜的发明,在胃镜发展史上有重大的意义,因为它可观察到胃的大部分区域,病人也可取左侧卧位进行检查,使胃镜达到了较为实用的阶段。

以后许多学者又对半可曲式胃镜作了若

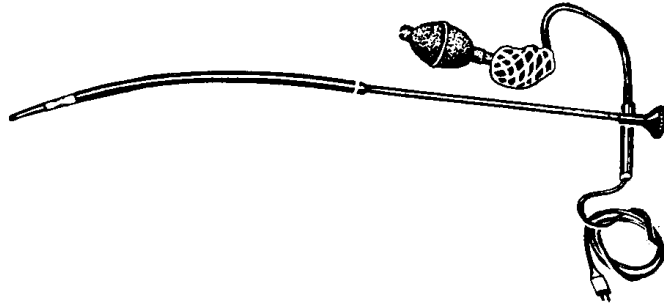


图 1-3 Wolf-Schindler 半可曲式胃镜

干改进,并增加了各种附件,使其性能不断完善,如:Henning 和 Eder-Hufford 将Schindler 胃镜硬性部进一步改细,增加目镜放大倍率,以利观察。

1940 年 Kenamove 在半可曲式胃镜表面贴附一直径为 3 毫米的管道,以便通过活检钳进行活组织检查。1948 年,Benedic 将活检管道安装于胃镜内,使胃镜的性能进一步完善。

1941 年 Taylor 在胃镜操作部装上了弯角装置,使末端可作“上”“下”两个方向的弯曲,大大减少了观察盲区。

关于内窥镜照相技术,远在 1898 年 Lange 等便将小型照相机安装于内窥镜末端部,但摄制的黑白照片质量很差。1939 年 Henning 等首次成功地拍摄了胃内彩色照片。1950 年日本制作了第一代胃内照相机(gastrocamera),从而逐步代替了 Schindler 的半可曲式胃镜。

三、纤维内窥镜(1958 年以后)

1930 年 Lamn 首先采用玻璃纤维束来导光,但因未能解决漏光问题,因而没有建立起实用的纤维光学系统。直至 50 年代初期,荷兰 Van-Hell 等在纤维外面加一层被覆层来解决纤维丝之间的光绝缘获得成功。以后 Hopking 等研究了纤维丝之间的精密排列问题,为纤维光学奠定了实用的基础,并为纤维内窥镜的出现创造了条件。

1957 年,美国 Hirschowitz 制成了第一台纤维胃、十二指肠镜,从而使内窥镜开始进

入纤维光学内窥镜的阶段(图 1-4)。

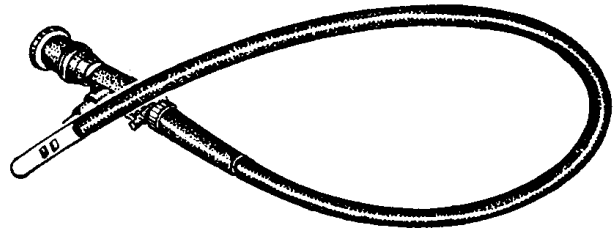


图 1-4 Hirschowitz 纤维胃镜

日本在 60 年代初期从美国引进纤维样品,1963 年开始生产纤维胃镜,1964 年在原胃内照相机上安装了纤维光束,制成了带有纤维内窥镜的胃内照相机。同年,又在纤维胃镜上加上了活检管道,1966 年又增加了纤维端部的弯曲机构,1967 年又采用了导光束外接强冷光源技术,终于使纤维内窥镜进入了较为完善的阶段。

近十年来,纤维内窥镜在以下几个方面又有了新的发展:

1. 品种日益增多,除有可观察整个上消化道的全能胃肠镜外,还生产了专用的食管镜、十二指肠镜、小肠镜等。为适应治疗的需要,还生产了双孔手术胃镜等。

2. 为了检查的需要,设计了侧视式、斜视式、前视式及视向可变式纤维镜。

3. 弯角机构性能进一步完善。在早期只能作“上”、“下”二个方向弯曲的基础上发展到作“上”、“下”、“左”、“右”四个方向的弯曲运动。有的胃镜还能在上下的方向上分别作二段弯曲。此外,还大幅度的增加了弯曲角度,目前已能作向上 230 度的弯曲运动,并缩小了弯曲半径。这样的内窥镜基本上消灭了

观察盲区。

4. 增加了视野角度,目前的内窥镜视野角度可达 85 度左右,最大者可达 105 度,广角的视野可减少盲区并缩短检查时间。

5. 送气、注水、吸引、摄影自动化。

6. 为适应诊断和治疗的需要,增加各种附件的产品。如各类活检器械及手术器械;500~700 瓦的大功率光源;8~16 毫米电影摄影机以及电视传象录象系统等。

我国在 1966 年开始研制纤维内窥镜,1973 年,上海医用光学仪器厂生产了第一代国产纤维胃镜——XW-I 型观察用纤维胃镜(图 1-5),接着又生产了能作活组织检查的 XW-II 型纤维胃镜。1976 年又开始生产专用的食管镜,1977 年研制成国产彩色电视传象系统。可以相信,国产的纤维内窥镜必能在不久的将来,在品种与质量上取得更大的发展。

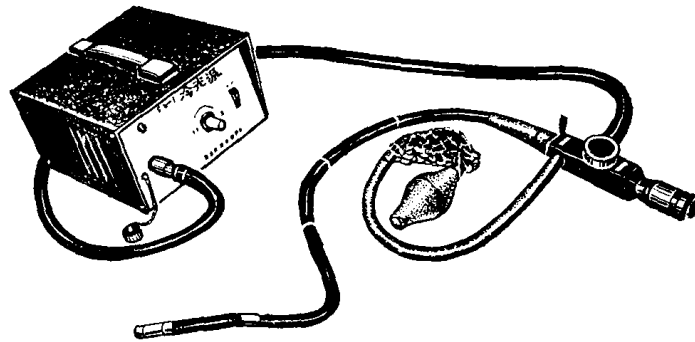


图 1-5 第一代国产纤维胃镜(XW-I 型胃镜)

第二章 纤维内窥镜的原理、构造和性能

一、纤维导光的原理

(一) 全反射

光线在透明的均匀介质中是沿直线传播的,当光线从一个透明介质传到另一个透明介质中去时,在两种介质的界面上就会发生折射与反射。如图 2-1A 所示:当光线以 ϕ_1 的入射角由介质 n_1 进入介质 n_2 时,一部分光线以反射角 ϕ'_1 返回 n_1 介质;另一部分则以 ϕ_2 的折射角进入介质 n_2 。此时,入射光线、反射光线和折射光线位于同一平面上。反射角 ϕ'_1 等于入射角 ϕ_1 ,折射角 ϕ_2 和入射角 ϕ_1 的关系与两种介质的性质有关,可用折射定律来表示:

$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$$

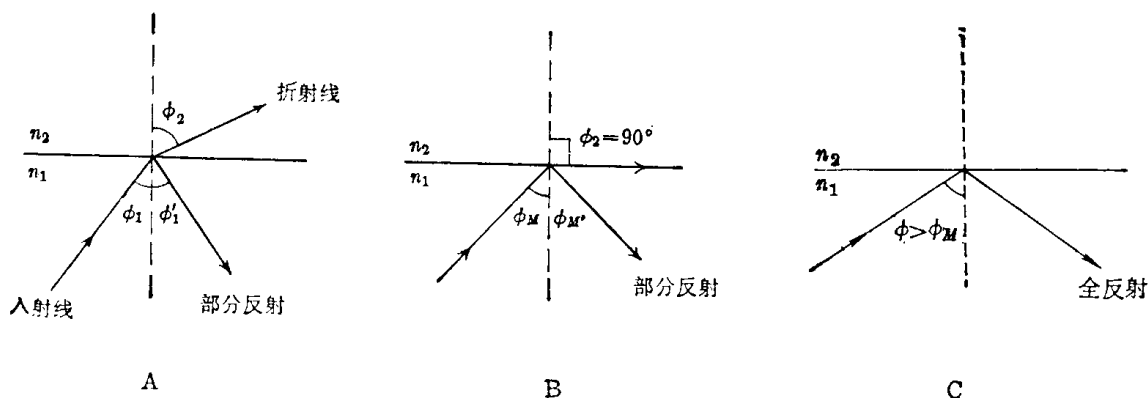


图 2-1 全反射的形成

由此可知,产生全反射的条件是:(1)光线由光密介质进入光疏介质。(2)入射角大于临界角。

(二) 单纤维传光的原理

若将玻璃拉制成直径小于 30 微米的细丝,此时玻璃就变得非常柔软且可被自由弯曲。当光线从纤维丝端面投入时,因玻璃折射率大于空气折射率,因而进入玻璃纤维的

若光线由空气投射至玻璃(由光疏介质至光密介质),空气折射率 $n_1 = 1$,玻璃折射率 $n_2 = 1.4$,因此 $\frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = n_2 = 1.4$,故折射角 ϕ_2 恒小于入射角 ϕ_1 。

若光线由玻璃投射到空气(由光密媒质至光疏媒质),因 $n_1 > n_2$,故折射角 ϕ_2 恒大于入射角 ϕ_1 。当入射角逐渐增大时,折射角亦随之增大,当入射角 ϕ_1 增加到一特定值(ϕ_M)时,折射角 $\phi_2 = 90^\circ$,光线沿界面传播,此时的入射角(ϕ_M)称为临界角(图 2-1B)。当入射角大于临界角时,折射光线便不复存在,入射光线全部返回介质 n_1 ,这样就产生了全反射现象(图 2-1C)。

部分光线能产生全反射,在侧壁内经多次全反射后,由纤维丝的另一端射出(图 2-2A)。作为纤维导光的元件,通常是由几万根纤维丝捆扎成束,这样,在每根纤维丝的相互接触面上,由于介质相同,因而失去形成全反射的必要条件,必然在界面上因折射而发生光线泄漏(图 2-2B)。为了解决纤维导光绝缘问题,须在纤维丝表面被覆一层折射率较低的

物质。这样，每根单纤维丝就有折射率较高的核心层(芯料)及折射率较低的被覆层(皮料)所组成。光线在单纤维内经多次全反射而不致漏失，从而解决了光线在单纤维内导光的绝缘问题(图 2-2C)。

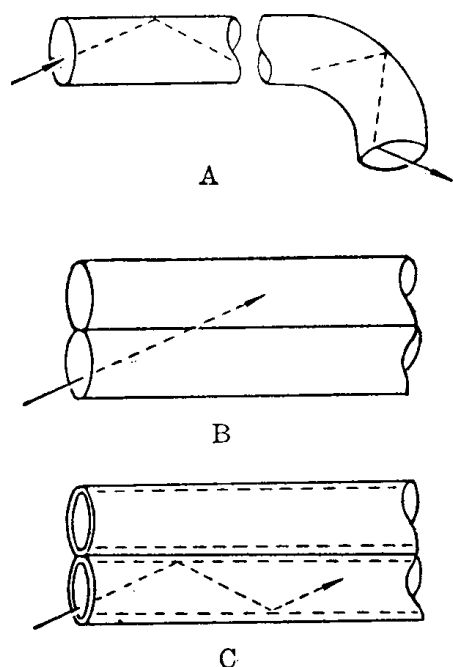


图 2-2 光线在纤维丝中的传导

单纤维丝是经棒管法或双坩埚法拉制而成。棒管法如图 2-3 所示：先将芯料拉制成玻璃棒，皮料拉制成玻璃管，将棒插入管内，两者保持最小的间隙及良好的界面。棒管经加温至软化状态时，由鼓轮旋转拉丝。

双坩埚法是将预先熔炼好的光学玻璃放入白金坩埚中，芯料置于内层，皮料放于外层，通电加热熔融，在吐丝口中将纤维丝缠绕在鼓轮上，这样就绕制成光学单纤维丝(图2-4)。

光线在单纤维丝内的传导，如图 2-5 所示：当光线以 θ 角由空气投射到单纤维端面时，由于空气折射率小于玻璃折射率 ($n_0 < n_1$)，光线以 θ' 角折向单纤维丝内，并以 ϕ 角投射到核心层(n_1) 与被覆层(n_2) 的界面上，如果由空气投射到端面的入射角 θ 适当，则能使进入界面上的 ϕ 角恒大于临界角 (ϕ_M)，因此在界面上产生全反射，在单纤维任意弯

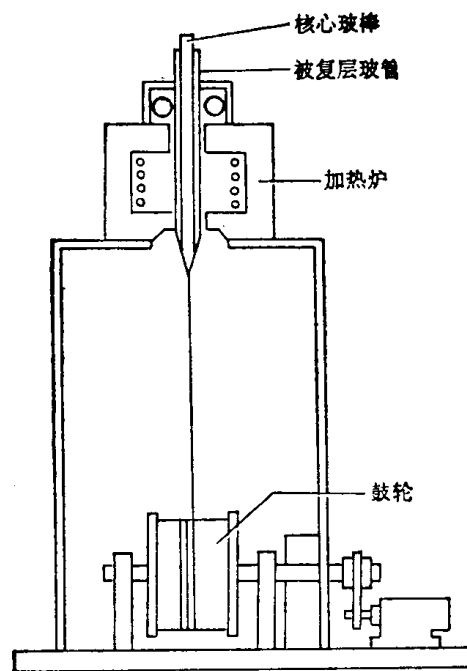


图 2-3 棒管法拉丝

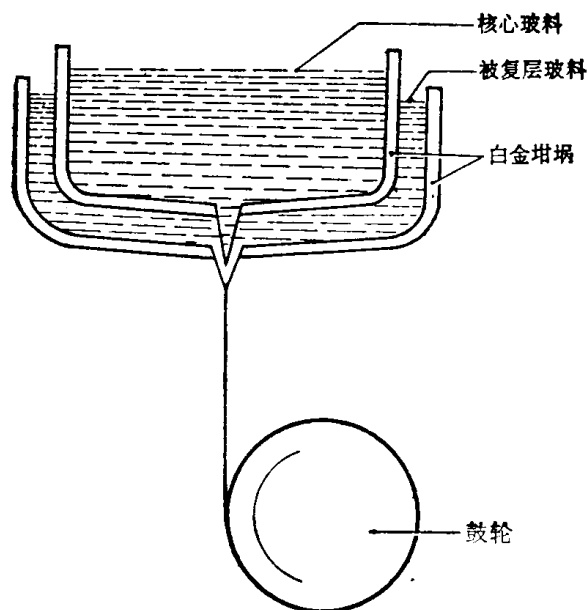


图 2-4 双坩埚法拉丝

曲的情况下，光线经成千上万次的全反射，最后仍以 θ' 角度由单纤维的另一端射出。这就是单纤维传光的基本原理(图 2-5)。

怎样才能使进入单纤维丝内的光线产生全反射呢？这主要取决于端面上投射角 θ 的大小，当投射角小于一特定值(θ_c)时，进入单纤维界面上的入射角 ϕ 就会恒大于临界角，产生全反射。通常，将能够产生全反射的最

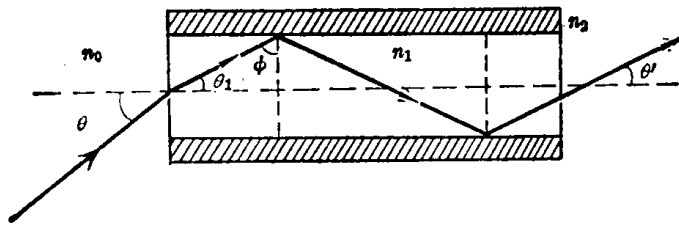


图 2-5 单纤维传光的原理

大投射角称为光学纤维的孔径角(θ_a)，它的数值是由光学纤维的数值孔径($N \cdot A$)来决定：

$$N \cdot A = n_0 \sin \theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

式中 n_0 为投射光线所在介质的折射率(一般为空气)， n_1 和 n_2 分别代表单纤维的芯料与皮料的折射率。因此， n_1 和 n_2 相差愈大， θ_a 值亦越大，光学纤维的数值孔径值也增大，能在单纤维内产生全反射的光线亦增加，因而常用数值孔径值来表示光学纤维的集光能力。

目前芯料常选用燧石玻璃($n_1 = 1.62$)，皮料用冕玻璃($n_2 = 1.52$)，推算其数值孔径 $NA = 0.56$ ，光学纤维的孔径角 $\theta_a \approx 31^\circ$ ，受光角($2\theta_a$)为 62° ，在此范围内投射到纤维端面上的光线，均能在单纤维丝内实现全反射。在设计窥镜时，物镜的数值孔径小于单纤维的数值孔径，是将物镜所成的图象在单纤维内实现全反射的重要条件。

从理论上讲，光线由纤维的一端，经全反射到另一端，其光量并无损减，但是由于光线在单纤维端面上及在单纤维丝界面上反射的损失，更重要的是由于芯料吸收系数越大，芯料愈长，光量损失也越大。因此，由纤维另一端反射出来的光线，总比入射光线为小。

(三) 导象束与导光束

纤维内窥镜是以单纤维组成的纤维束作为导光和传象元件的。因而，单纤维丝的排列与透过率及分辨率有很大的关系。一根纤维束的总截面积包括核心层、被覆层和单纤维丝间隙的总和。核心层总截面积/纤维束总截面积称为有效截面积比($P \cdot F$)，亦可理解

为排丝密度。单纤维丝排得愈紧密，有效截面积比就增大，它所传导的图象光量度大，分辨率高。因而单纤维排列方式是影响纤维束质量的重要因素。

单纤维丝排列成纤维束有以下三种方式：

1. 正方形排列：或称铺层法排列。先将单纤维丝精密地排列在鼓轮表面形成单层薄片，然后将薄片放至模内层层叠加并胶粘，至一定厚度后脱模，在胶粘处切断，端面经磨光后涂膜，便成为二端固定、中间松散的导象束。正方排列在纵向及横向上分辨率都比较好，但由于单纤维丝间空隙大，因而总的透光率及分辨率均较六角形蜂窝状排列为低。

2. 六角形蜂窝状排列：采用特殊的工艺，可将单纤维丝排列成六角形蜂窝状，由于单纤维丝排列紧密，因而透光率及分辨率都较好。

3. 杂乱排列：单纤维排列无一定规律，故透过率及分辨率最低，只适用于作导光束。

一根纤维束由几万根单纤维经上述不同方式排列而成。两端用粘胶剂或加热熔压后固定，端面经过研磨、磨光、涂保护膜后，便制成了两端固定、中间松散的纤维束了。

用以传入外部强光的纤维束叫导光束，因其主要的功能是作照明，因而单纤维丝的直径可以较粗(15~30 微米)，且排列并不要求整齐。

用来传导图象的纤维束称导象束，其主要功能是将通过导光束照明下的内腔形象传至体外，因而要求单纤维丝排列整齐(正方形排列或六角形蜂窝状排列)。为增加导象的

清晰度,单位面积内的单纤维丝数愈多愈好,因而要求单纤维丝直径较细(一般为5~20微米)。每根单纤维构成传导图象上的一个光点(图2-6)。由物镜所成的图象,经导象

束的一端不失真的传至另一端。光点越密,两端排列越整齐,它所传导的图象亦越清晰,每断丝一根,就因不能传象而产生一个黑点。

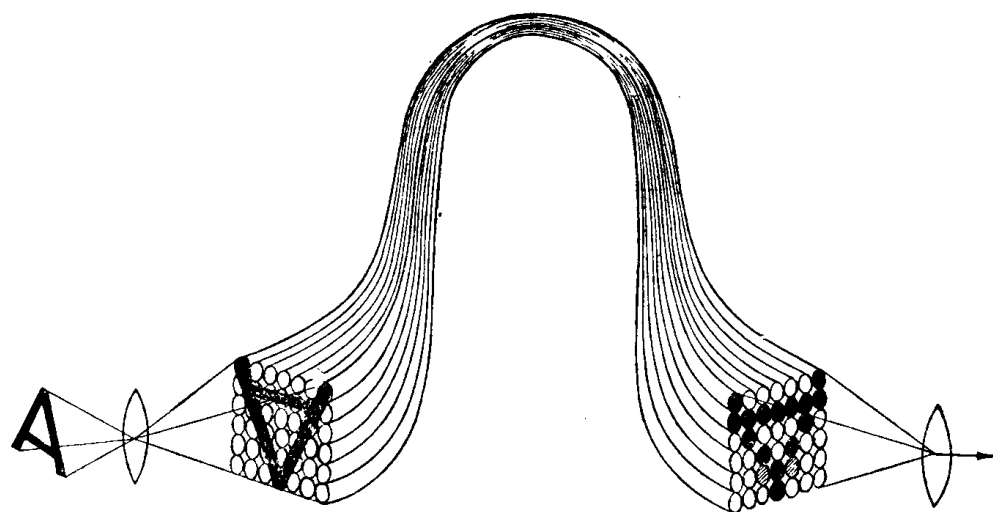


图 2-6 导象束传象的原理

二、纤镜的基本结构

一套完整的纤维内窥镜有纤镜、光源、附件(包括活检与手术器械、摄影及电视装置等)等三部分组成。它的工作原理是:从光源内发出的强光,经导光束照明消化管内腔,图象由物镜、导象束传至目镜后进行观察。通过各种附件,可在窥镜直视下作活组织检查及

摄影等。本节着重介绍纤镜的结构(图2-7),至于光源及附件等将在四、五两节中介绍。

纤镜可分为光学系统和机械系统两大部分。除光源及照相机外,纤镜内的光学系统由导光束、棱镜、物镜、导象束及目镜等组成(图2-8)。机械部分由操作部的弯角钮、固定钮、牵引钢丝、各种管道及外套管等组成。

各类纤镜的构造虽然不尽相同,但基本

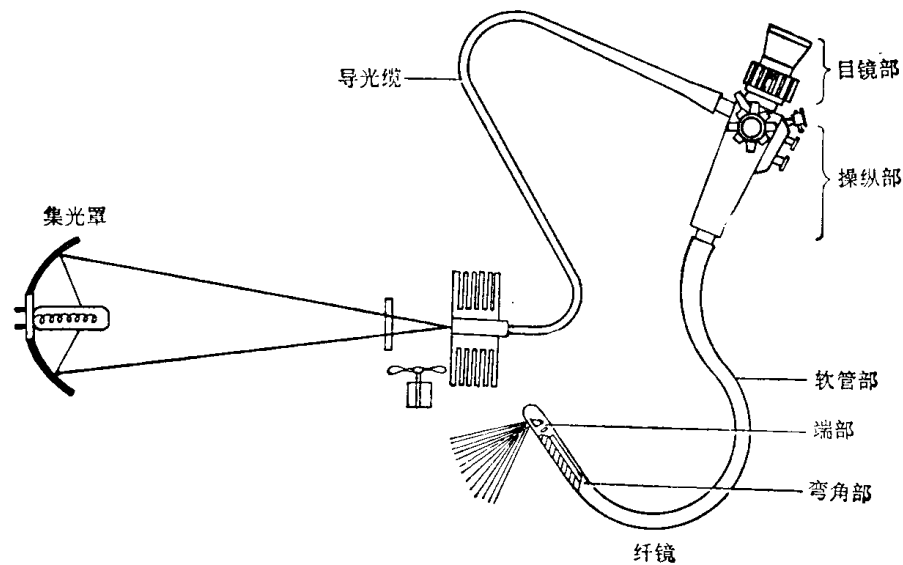


图 2-7 纤镜和光源结构示意图

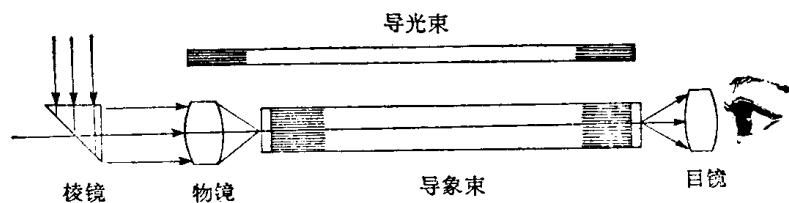


图 2-8 纤镜的光学系统

结构是相似的，大体上可分为导光缆、目镜部、操纵部、软管部、弯角部和端部等六个部分。现以国产纤维胃镜及日本欧林巴斯公司生产的纤镜为例，将各部分的主要结构分别介绍于下。

(一) 导光缆

导光缆是纤镜与光源的连接部分，内有导光束、送气送水管、吸引管及控制自动曝光的电线等。导光缆末端为连接插头，用以与光源上的窥镜插座相接。连接插头上有导光束、接线柱、吸引管接口、送气送水接口等装

置(图 2-9)。当连接插头插入光源窥镜插座后，从光源内发出的强光，经滤去部分红外线后，聚焦于导光束的端面，再由此束传至纤镜端部的导光窗，以照明内腔。光源内电磁泵压出的空气，经连接插头上的注气管，送气、送水接口通至贮液瓶中，操纵纤镜送气、送水按钮，能将空气或贮液瓶内的水经送气、送水管压送至纤镜端部之送气、送水孔。接线柱使纤镜的自动曝光线路与光源内摄影自动控制系统相通，在目镜部照相机插口上外接照相机摄影时，能自动控制摄影条件。吸引接口

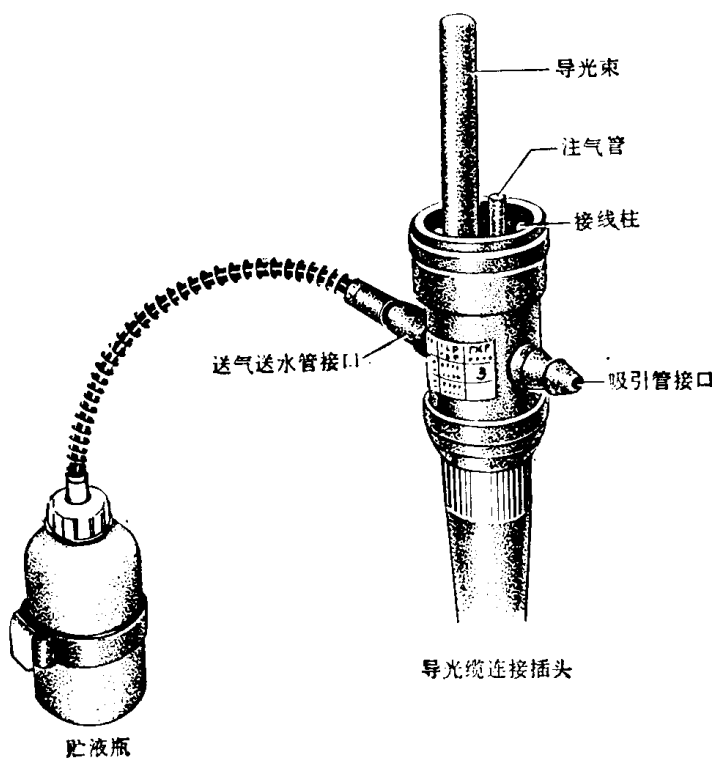


图 2-9 导光缆连接插头与贮液瓶

供连接吸引器用。

(二) 目镜部

目镜部主要用于观察，并可调节屈光度及焦距。由下列部件组成：

1. 目镜：由一单镜片及一组胶合片组成，故能将导象束传导的图象加以放大。国产胃镜有两种放大倍率，即 12.5 倍及 16.8 倍。