

混凝土 快速切割与修补材料 性能研究及应用

俞家欢 著

中国建筑工业出版社

混凝土快速切割与修补材料 性能研究及应用

俞家欢 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土快速切割与修补材料性能研究及应用/俞家欢
著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-112-19550-3

I. ①混… II. ①俞… III. ①水泥混凝土路面-切割-研究
②水泥混凝土路面-路面修补-研究 IV. ①U416. 216

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 149235 号

本书分为两部分共六章, 第 1 部分介绍了混凝土的切割破除技术, 分析不同工
况下各种混凝土路面的切割方式的优缺点及最合理的切割方式; 第 2 部分介绍了磷
酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、聚氨酯材料、沥青冷补料与新型“快补王”快硬水泥等
工程材料性能, 以及常见工程的快速修补施工方法。本书适合于从事混凝土结构修
补工作的技术人员学习参考。

责任编辑: 郇锁林 万 李

责任设计: 李志立

责任校对: 李欣慰 姜小莲

混凝土快速切割与修补材料性能研究及应用

俞家欢 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16¼ 字数: 402 千字

2016 年 11 月第一版 2016 年 11 月第一次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978-7-112-19550-3

(29071)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

20世纪80年代以后，国内各种桥梁、隧道和公路以及城市基础设施数量急剧增加，其中绝大多数都是混凝土结构。经过多年的使用，各种病害如坑槽、开裂、水损害等也时有发生。在水泥混凝土结构的快速修补领域，快补材料的选择与破除切割工艺是行业内存在的两大核心问题。

作者俞家欢教授长期从事快硬水泥的研究工作，通过各项试验，对快硬水泥修补材料耐久性能进行了研究；重点考察材料抗渗透性能、抗冻性能、体积稳定性能与护筋性能，并给出了评价指标；采用电通量法和氯离子扩散系数法对快硬水泥修补材料密实度进行了评价；采用中圆环约束方法对快硬水泥修补材料圆环开裂敏感性进行了评价，为工程应用提供了大量的理论和试验依据。为解决快硬水泥修补材料凝结时间随温度敏感的技术问题，采取了快硬水泥修补材料试验贯穿全年的办法，针对全年春、夏、秋、冬的不同环境，开展相关试验，建立了与温度相匹配外加剂掺量的控制规律，最终确定了快硬水泥修补材料配置技术路线。

在工程试验阶段：对路面混凝土的破除施工，具有扎实的理论基础与丰富的施工经验。在快硬水泥的研究过程中，首先研究出混凝土材料4~6h凝结的硫铝酸盐水泥，又通过不断的摸索与创新开发出1h速凝的磷酸盐快硬水泥（简称“快补王”），其1h混凝土强度可达到30MPa，24h可以达到50MPa，已授权1项发明专利和7项实用新型专利。2010年和2012年俞家欢教授通过中国建筑工业出版社分别出版了专著《工程水泥基复合材料的性能及应用》和《超强韧性纤维混凝土的性能及应用》，在快速修补材料的路面应用上取得了重大突破。2015年俞家欢教授发明的快速修补材料分别获得交通部公路工程检测中心和中国民航机场建设集团公司科研基地实验中心对“快补王”性能的检测报告，抗压、抗折、耐磨、干缩、抗冻融等重要指标均满足国内规范的要求，其工程性能与耐久性稳定，在同行业中处于领先水平，为其在中国的路、桥、隧道和机场工程大规模应用打下坚实基础。同年俞家欢教授起草我国交通运输部公路工程混凝土用快速修补材料交通行业产品标准，规范了我国产品市场，有效地提高了行业门槛。在多年的桥面铺装层、桥梁地板、大面积地坪、伸缩缝快速修补，路面检查井提升，机场跑道以及隧道盾构板的维修施工中，编写了详尽的施工方法，积累了大量的解决施工问题的经验，无论是快速修补材料性能，还是解决实际问题的施工方法，领先于国内其他企业，为成为行业引领者奠定基础。

本书共分为两部分，第1部分介绍了混凝土的切割破除技术，通过工程实例与大量试验研究，分析数据与施工问题使读者更好地了解混凝土路面、桥面、预制件的切割操作方法，分析混凝土路面切割方式以及切割机的种类，然后通过分析对比各种混凝土路面的切割方式的优缺点，找出最合理的切割方式。分析不同工况下混凝土路面切割施工工艺：普通水泥混凝土路面的切割施工、桥面混凝土的切割施工、修补素混凝土路面（坑洞修补时）切割施工，为以后的切割施工提供理论依据。根据路面施工中遇到的实际问题，对切

割设备进行合理的改进，提高切割效率。介绍金刚石锯片的发展及不同领域内的应用、金刚石锯片的结构、磨损和影响切割性能因素，并提出了相应的措施；最后对金刚石锯片切割水泥混凝土路面进行了分析。

第2部分介绍了磷酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、聚氨酯材料、沥青冷补料与新型“快补王”快硬水泥等工程材料性能，介绍两种水泥的理化性能、力学性能以及工程性能。通过掺加不同的外加剂进行抗压抗折强度试验，测定凝结时间，耐久性试验等，得出最佳的配合比与掺合料种类。通过比较不同配比得出不同快硬水泥种类的抗压抗折强度、抗渗性、抗氯离子性能、抗冻性等特性，确定最佳配比材料与用量，制备出工程用快硬水泥。通过发泡实验研究聚氨酯材料工程性能。对于沥青冷补料的三种设计方法：马歇尔设计方法、HS即旋转压实和美国工程兵团的GTM。分析了不同试验方法的特点，简单介绍了冷补沥青的生产工艺与工程应用。最后详尽介绍了“快补王”快速修补砂浆产品的性能与工程实例，并给出了常见工程的快速修补施工方法，对施工具有重大指导意义。另外对其在机场跑道、地铁隧道盾构管片维修的推广前景也做了合理阐述。

本书的顺利出版将会有效解决快速修补材料、混凝土切割破除领域产生的大部分问题。此外要感谢支持和帮助本书出版的朋友。

目 录

第 1 部分：混凝土切割破除技术	1
第 1 章 混凝土切割技术及工程实例	1
1.1 路面切割技术及切割设备简介	1
1.1.1 国内外混凝土路面切割技术及切割设备的发展现状	1
1.1.2 国外发展状况	1
1.1.3 国内发展状况	1
1.1.4 发展趋势	2
1.1.5 本章的主要内容	3
1.2 混凝土路面切割方式分析	3
1.2.1 混凝土路面切割机种类	4
1.2.2 混凝土路面接触式切割方式	5
1.2.3 混凝土路面非接触切割方式	8
1.2.4 混凝土路面不同切缝方式对比分析	10
1.3 不同工况下混凝土路面切割工艺分析	10
1.3.1 普通水泥混凝土路面的切割缝施工分析	10
1.3.2 修补混凝土路面（坑洞修补）的切割施工分析	13
1.3.3 桥面混凝土切割伸缩缝施工	15
1.4 建筑结构的无损性切割	16
1.4.1 混凝土静力切割技术的概念	16
1.4.2 混凝土静力切割技术的发展过程	17
1.4.3 混凝土静力切割技术的国内发展过程	17
1.4.4 混凝土静力切割技术的原理及特点	17
1.4.5 切割工艺及设备选型	18
1.4.6 切割施工	19
1.4.7 无损性水力破除技术	20
1.5 混凝土切割技术在工程中的应用	21
1.5.1 工程名称：北京市牡丹园公寓 2 号楼静力拆除工程	21
1.5.2 工程名称：北京大学物理楼屋面板静力切割拆除工程	21
1.5.3 八达岭高速西关环岛改造工程	24
1.5.4 北京三元桥换梁改造工程切割施工	24

第 2 部分：快速修补材料的性能及应用	27
第 2 章 磷酸盐水泥	27
2.1 磷酸镁水泥的产生背景及研究现状	27
2.1.1 磷酸镁水泥的产生背景	27
2.1.2 磷酸镁水泥的研究现状	28
2.2 磷酸镁水泥原材料的选择与测试方法	28
2.2.1 磷酸镁水泥原材料的选择	28
2.2.2 试验方法	30
2.3 磷酸镁水泥基本性能	35
2.3.1 基本物理化学性能简介	35
2.3.2 磷酸镁水泥的凝结时间	36
2.3.3 磷酸镁水泥的流动度	38
2.3.4 磷酸镁水泥的强度	40
2.3.5 本节小结	41
2.4 粉煤灰对磷酸镁快速修补料性能的影响	41
2.4.1 粉煤灰对磷酸镁水泥基材料的性能与应用	41
2.4.2 粉煤灰掺量对磷酸镁水泥基复合材料力学性能影响	45
2.4.3 粉煤灰对磷酸盐快速修补料性能的试验研究	48
2.5 缓凝剂硼砂对磷酸镁水泥水硬化特性的影响	51
2.5.1 原材料与试验方法	52
2.5.2 结果分析与讨论	52
2.6 聚丙烯纤维对磷酸镁混凝土耐久性影响	54
2.6.1 磷酸镁混凝土的干缩试验研究	54
2.6.2 磷酸镁混凝土的耐磨试验研究	60
2.6.3 磷酸镁混凝土的冻融试验研究	64
2.6.4 磷酸镁混凝土的抗裂试验研究	73
2.7 磷酸镁修补材料配合比的研究	76
2.7.1 原材料与试验方法	76
2.7.2 本节小结	79
2.8 磷酸镁水泥耐水性的研究	79
2.8.1 试验原料和试验方法	79
2.8.2 试验结果与讨论	79
2.9 新型快硬磷酸盐修补材料性能	85
2.9.1 引言	85
2.9.2 原材料与试验方法	85
2.9.3 试验结果与讨论	86
2.9.4 新型超快硬磷酸盐修补材料抗盐冻剥蚀性能	89

2.9.5	新型超磷酸镁修补材料的应用与影响因素	93
第3章 硫铝酸盐水泥		
3.1	硫铝酸盐水泥的产生背景	99
3.2	硫铝酸盐水泥的性能与组成	99
3.2.1	硫铝酸盐水泥的物理和力学性能测试	100
3.2.2	硫铝酸盐水泥的化学性能	103
3.3	改性硼酸延缓硫铝酸盐水泥的凝结	105
3.3.1	硼酸和硫酸铝改性对硫铝酸盐凝结性能分析	105
3.3.2	微观分析	106
3.3.3	硼酸复掺硫酸铝改性对硫铝酸盐水泥凝结性能分析	107
3.3.4	微观分析	107
3.3.5	硫酸铝缓凝剂的研制思路	108
3.4	硫铝酸盐水泥基高性能混凝土的力学性能	109
3.4.1	水灰比对硫铝酸盐水泥基混凝土抗压强度的影响	110
3.4.2	掺合料对硫铝酸盐水泥基抗压强度的影响	111
3.4.3	引气剂对硫铝酸盐水泥基抗压强度的影响	112
3.5	可再分散胶粉改性硫铝酸盐水泥修补砂浆性能	113
3.5.1	试验原料	114
3.5.2	试验方案	114
3.5.3	可再分散乳胶粉对硫铝酸盐水泥砂浆抗压强度与抗折强度的影响	115
3.5.4	可再分散乳胶粉对硫铝酸盐水泥砂浆折压比的影响	116
3.5.5	可再分散乳胶粉对硫铝酸盐水泥砂浆粘结强度的影响	116
3.5.6	微观分析	117
3.5.7	可再分散乳胶粉对硫铝酸盐水泥砂浆干缩性的影响	118
3.5.8	可再分散乳胶粉对硫铝酸盐水泥砂浆耐磨性的影响	119
3.6	超细矿渣改性硫铝酸盐水泥修补砂浆性能	120
3.6.1	试验方案	121
3.6.2	碳化结果与分析	122
3.6.3	超细矿渣对硫铝酸盐水泥砂浆耐磨性的影响	123
3.7	纤维增强硫铝酸盐水泥基修补砂浆性能	124
3.7.1	纤维增强硫铝酸盐水泥基修补砂浆抗折强度和抗裂性的机理分析	124
3.7.2	试验配合比	125
3.7.3	木质纤维对硫铝酸盐水泥砂浆力学性能的影响	126
3.7.4	木质纤维对硫铝酸盐水泥砂浆干缩性和失水性的影响	127
3.7.5	聚丙烯纤维对硫铝酸盐水泥砂浆力学性能的影响	128
3.7.6	聚丙烯纤维对硫铝酸盐水泥砂浆干缩性和失水性的影响	129
3.7.7	木质纤维和聚丙烯纤维的试验数据对比分析	130
3.8	硫铝酸盐水泥与普通硅酸盐水泥复配改性修补材料性能	131

3.8.1	国内外研究现状	131
3.8.2	试验研究和性能分析	132
3.9	硫铝酸盐快速修补料应用	136
3.9.1	快速修补料的制备	136
3.9.2	外加剂对快速修补料的改性研究	137
3.9.3	快速修补料性能研究	143
3.9.4	快速修补料工程应用	150
第4章	聚氨酯材料	152
4.1	道桥路面快速抢修概况	152
4.2	聚合物混凝土复合材料的技术发展	152
4.3	聚氨酯树脂	153
4.4	试验概况	153
4.4.1	面层试验	153
4.4.2	基层试验	154
4.5	试验结果分析	154
4.6	飞机荷载作用下聚氨酯路面结构的力学响应分析	155
4.6.1	飞机荷载	155
4.6.2	道面材料与结构	155
4.6.3	有限元模型	156
4.6.4	计算结果与分析	156
4.7	结论	158
第5章	沥青冷补料	160
5.1	国内外研究现状	160
5.1.1	国外研究现状	160
5.1.2	国内研究现状	161
5.2	冷补沥青混合料的强度形成机理	162
5.2.1	冷补沥青混合料的结构特点	162
5.2.2	冷补沥青混合料的强度特点	163
5.2.3	冷补沥青混合料的工作受力状况	164
第6章	修补料工法与应用实例	166
6.1	桥面铺装层快速修补工法与应用实例	166
6.1.1	快速修补工法与应用	166
6.1.2	通过修补料修补后的破损铺装层受力分析	169
6.1.3	应用实例	177
6.2	桥梁伸缩缝的快速修补工法与应用实例	177
6.3	检查井预制盖板快速修补工法	180
6.3.1	工程背景	180
6.3.2	检查井在交通荷载作用下的受力模拟与沉降分析	181

6.3.3	静力均布荷载作用在井盖中心时应力及沉降变形分析	184
6.3.4	静力均布荷载作用在井盖边缘时应力及沉降变形分析	189
6.3.5	检查井在交通荷载作用下的动力数值模拟及沉降分析	194
6.3.6	检查井快速修补施工方法	202
6.3.7	应用实例	209
6.4	路面板块快速修补工法	210
6.4.1	路面常见的病害	210
6.4.2	准兴高速公路横向缩缝破损病害修补方法	211
6.4.3	应用实例	212
6.5	民航机场跑道大板修补工法	213
6.5.1	工程背景	213
6.5.2	预制大板拼接技术	214
6.6	隧道盾构管片修补工法	225
6.6.1	工程背景	225
6.6.2	施工方法	225
6.6.3	工艺流程	226
6.6.4	施工过程	226
6.6.5	堵漏施工压注水泥浆注意事项	227
6.6.6	应用工程	227
6.7	薄层修补工法	228
6.7.1	工程背景	228
6.7.2	施工方法	229
6.7.3	工程实例	230
6.8	高速公路坑槽修补工法	230
6.8.1	工程背景	230
6.8.2	坑槽的表现形式及形成机理	231
6.8.3	施工方法	231
6.8.4	工程实例	233
6.9	大面积地坪裂缝修补应用实例	234
6.10	桥梁底板破损快速修补应用实例	235
6.11	抗振防滑行车坡道应用实例	237
6.12	地下车库地坪快速修补应用实例	239
6.13	施工时质量控制与注意事项	241
6.14	工程推广	242
	参考文献	246

第 1 部分：混凝土切割破除技术

第 1 章 混凝土切割技术及工程实例

1.1 路面切割技术及切割设备简介

1.1.1 国内外混凝土路面切割技术及切割设备的发展现状

国内外对混凝土路面的切割施工技术进行了不懈的研究和总结，在修补路面施工方面有了很大的提高，同时也推动了路面施工机械的较快发展。切割机在路面机械中是一种结构简单、体积较小的小型机械，但其作用是至关重要、不容忽视的。

通过分析混凝土切割机的发展历程可知，其在建筑行业中最先得到了应用，这是毋庸置疑的，切割机应用由最初的建筑行业推广到现在的交通行业，并且广泛地应用于旧路面维修切割等方面。

1.1.2 国外发展状况

高压水切割技术是近年来发展起来的冷切割新工艺，20 世纪 70 年代初，美国研制成功了高压水射流切割样机，到 20 世纪 80 年代，美国首次研制成功了实用的磨料射流切割机，这种切割机可以用来切割各类金属、非金属、塑性或脆性材料，其工作介质是水。水不但易取、价格低廉而且对环境无污染，应用范围很广泛，且可以切割某些用普通的方法不能切割的材料。

高压水切割属于点式、无接触切割，应用范围相当广泛，尤其在公路行业得到了广泛应用。由于特殊的切割原理，除切割以外还可以用于表面毛化、清洗及强化处理等。但是仍然存在如下问题：

(1) 相对于常用的路面机械而言，消耗比能高。

(2) 高压水射流所使用的部件性能要求较高，如旋转密封、高压管件等，特别是我国生产的高压软管和密封件与国外产品有很大差距。如瑞典生产的手持切割机具有很多优点：操作方便、体积小、便于启动、重量轻、便于维修、消耗量不高、排放污染气体少（配备空气净化装置）等，这种手持切割机（胡斯华纳切割机）能在小空间里完成切割。

近些年，由于我国对混凝土路面切割机的需求量加大，国外（如美国、日本）生产的切割机被大量购买。这些切割机主要由汽油机带动金刚石锯片实施切割，使用柴油机驱动的比较少，并且在外形和喷漆质量方面要求较高。

1.1.3 国内发展状况

国内混凝土路面切割机生产厂家较多，如：HQS6 温州市工程机械厂；生产“旋风”

牌系列路面切割机的河南黄河旋风股份有限公司,该公司生产的内燃机混凝土切割机,所用的刀片是金刚石片,操作方便,切割速度快,无需电源,同时配有横向和纵向行走机构;邢台市科信博机电设备有限公司,该公司生产的直径为500mm的切割机有特殊防噪声设计,作业噪声低,四冲程发动机,油耗少。

我国还研制出一种自动混凝土切割机,它的目的在于能自动进刀,还设有切割深度显示装置,能更加有效地控制切割深度,进一步保证施工质量和切割效率。

与国外的切割技术相比,我国的切割技术仍有一定的差距,主要表现在如下几个方面:

(1) 我国混凝土路面切割机械化程度不高,且混凝土路面切割机主要是小型机械。

(2) 混凝土路面切割工艺不够完善,混凝土路面实施切割时,产生的噪声比较大,空气污染也比较严重,达不到环保要求。

1.1.4 发展趋势

通过国内外混凝土路面发展现状可以发现,混凝土路面的总量呈上升趋势,道路的修补施工对混凝土路面切割技术的要求也将大大提高。因此,对混凝土路面切割方式的选择更加重要。

由于高压水射流切割时,不会破坏相邻材料,再加上我国近20年来对高压水射流切割的研究,相信在不久的将来,在我国高级混凝土路面中将会得到更加广泛的应用。

液压切割机拥有电动和汽(柴)油所没有的优点,对于贫困地区需要施工的地方可能由于没有电,就要别的动力来代替电动机。用液压来代替,方便易操作,只需高压油管接通就行了,其油路开关由机手操纵主机来控制。由于液压切割机采用轻配重,这样可以提前实现路面切割。

目前,我国所使用的切割锯片大多数是由金刚石制造的,国家开采的近一半金刚石都用来制造锯片。这是由于金刚石具有很好的切削性和耐磨性,但是金刚石锯片切割混凝土时将会产生一定的噪声,大约为100dB,远远超出《城市区域环境噪声标准》GB 3096—1993所规定的低于65dB的标准,如果施工区域离学校较近的话,还会影响学生的正常上课,虽然激光切割阻尼消声锯片有一定的消声效果,但是还没有达到理想的要求,所以仍需研发一种全新的无噪声锯片。

如前所述,国产混凝土路面切割机的行走主要采用人工手动推行,由于切割中的行进阻力极大,工人操作劳动强度大,工作环境较差。随着我国高速公路建设的快速发展,在高速公路维修中迫切需要大切深的混凝土路面切割机,要求切深在250mm以上,此切深下采用人工推行是非常困难的。研发大切深、全自动行走的混凝土路面切割机应是我国路面切割机生产企业努力的方向。综合国外同类产品的特点,结合我国国情,应解决如下关键技术:

1) 选用大功率、多缸柴油机

切深在250mm以上时,必须使用大功率、多缸、风冷柴油机,其功率应在25kW左右,该类发动机应采用电启动,节能、低排放、符合环保要求。

2) 前后行走采用动力自动驱动

采用机械式驱动系统更符合我国现状,其发动机的动力一方面传递给锯片完成切割,

另一方面传递给行走驱动装置。行走驱动装置的关键为调速器的设计与选用。由于行走驱动装置必须完成机器在空载状态下的快速前进或后退,以及在工作状态下随切深不同,行走速度的较大变化,因而必须使用无级调速器,且要求能在单向动力输入的条件下,完成两个方向的无级变速输出。

3) 行走过程的纠偏

为了保证在切割过程中,切割行走的直顺性,并适应工作路面的不同状况,必须在行走过程中可以实施纠偏。具体而言,可将前后行走轮的轮轴设计成在平行方向可以适当调整的结构,即使前轴与机体牢固,后轴可在机体上相对摆动。

4) 冷却水的增压

对于这类大型混凝土路面切割机,其冷却水需要有专门的水车供应,为保证对锯片的充分冷却,必须在切割机上安装冷却水增压泵。监控装置包括对发动机工作状况,以及锯片转速、切割深度、行走速度等工作状态的监控。

5) 推广应用高效、低噪声锯片,其锯片刀头与基体的焊接使用激光焊接等新工艺。当然,还必须更好地处理前面所提及的混凝土路面切割机设计的相关关键技术。进口全自动、大功率的路面切割机的价格过于昂贵,其配件供应与维修也比较困难。因此,我国的企业应该尽快研制出这一档次的国产产品。

1.1.5 本章的主要内容

混凝土是一种复合材料,由于这种材料拥有较高的力学强度、行车舒适、不扬尘、减振性较高等优点,使用广泛。但也有缺点,混凝土是脆性材料,相对抗压强度而言,抗拉强度较低。在温度应力、车辆载荷的重复作用下,混凝土路面产生应力集中,面板容易断裂或者面层出现不规则裂缝。

混凝土路面出现不规则裂缝时,若不及时修补,在雨水的冲刷下裂缝会逐渐增大,久而久之,混凝土路面将形成坑槽,行车安全性大大降低,严重时会造成人员伤亡。因此,根据国内外先进的切割机设备和对混凝土路面切割技术的研究,确定本文的主要内容为:

(1) 分析不同工况下混凝土路面切割施工工艺:普通水泥混凝土路面的切割施工、桥面混凝土的切割施工、修补素混凝土路面(坑洞修补时)切割施工,为以后的切割施工提供理论依据。根据路面施工中遇到的实际问题,对切割设备进行合理的改进,提高切割效率。

(2) 介绍金刚石锯片的发展及在不同领域的应用、金刚石锯片的结构、磨损和影响切割性能因素,并提出了相应的措施;最后对金刚石锯片切割水泥混凝土路面进行了分析。

1.2 混凝土路面切割方式分析

研究混凝土路面切割技术,首先要分析混凝土路面切割方式以及切割机的种类,然后通过分析对比各种混凝土路面的切割方式的优缺点,找出最合理的切割方式。

1.2.1 混凝土路面切割机种类

混凝土路面切割机基本上分为两大类：第一类按动力分类，即柴油切割机、电动切割机、汽油切割机；第二类按重量分类，即轻型切割机、中型切割机、重型切割机。

1.2.1.1 按动力分类

柴油切割机、电动切割机、汽油切割机都是用于切割脆硬材料，例如：水泥混凝土路面等。

(1) 柴油切割机

柴油机有单缸和多缸之分，在路面施工中多使用单缸柴油机。柴油机有功率大、切割速度快、使用方便、适合在比较恶劣的环境中工作、价格低廉等优点，但也存在缺点，例如：环境污染较严重、噪声污染严重、不易启动等。综合分析可知，柴油切割机在大工程中应用比较广泛（图 1-1）。

(2) 汽油切割机

由汽油机提供动力的切割机相对于柴油切割机来说：体积较小、搬运移动方便、易启动等优点。存在的缺点：价格相对柴油切割机较昂贵、污染环境严重、功率较小等（图 1-2）。

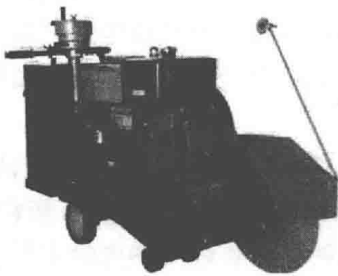


图 1-1 HLQ18 型柴油切割机

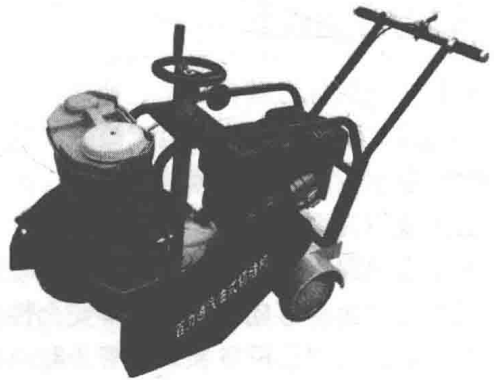


图 1-2 HQS500 型汽油切割机

(3) 电动切割机

电动切割机是由电动机提供动力，电动机的作用是实现电能向机械能的转换，根据使用的电源不同，电动切割机可分为交流电动切割机和直流电动切割机两大类，目前使用的基本上都是交流电动机，按照转子转速与定子磁场转速是否相同，又可分为同步（T系列）和异步（Y系列）电动机（图 1-3）。

优点：价格低、维修费用低、操作方便、使用范围大。电压一定时，输出功率比较稳定等。

缺点：噪声污染严重、切割不稳定、容易使操作员疲劳、电压过高或过低时都不宜启动电机、输出不易实现变速等。常见的电动切割机还有 HQF18 型。不同型号的电动切割机，



图 1-3 HQF12 型电动切割机

主要技术参数也不同,表 1-1 对两种不同型号的电动切割机进行了技术参数对比。

HQF12、HQF18 型电动切割机的主要技术参数对比

表 1-1

名称	单位	数值	
		HQF 12 型	HQF 18 型
锯片直径	mm	350	500
锯片厚度	mm	3	3.5~8
安装孔的直径	mm	50	50
锯片线速度	m/s	35~50	35~50
最大切割深度	mm	120	180
切缝宽度	mm	3~5	5~10
电动机型号		Y132S-2	Y132M-4
功率	kw	5.5	7.5
冷却水箱容量	L	38	38
冷却形式		自重喷射	自重喷射
整机重量	kg	125	202

1.2.1.2 按重量分类

我国路面施工中用到的切割机是以中型为主,其动力源多为电动机或柴油机。超轻型切割机用于等级较高的路面施工中,它所采用的是液压技术,我国几乎没有这方面的研究,对技术要求太高,发展缓慢。总之,超小型切割机有广泛的发展前景。重型切割机由于体积大、切割平稳、输出功率大,因此在切割较硬路面中得到了广泛应用,例如:路面的返修切割。

1.2.2 混凝土路面接触式切割方式

混凝土路面的接触式切割方式大体上可以分为四种:第一种是锯片切割,第二种是步进式冲裁,第三种是圆盘剪、铡刀剪,第四种是砂轮切割。

1.2.2.1 锯片切割

(1) 锯片切割

一般情况下,切割窄薄板是用带锯或者弓形锯来完成的,但是实际上带锯和弓锯主要用于中厚度板、管材和钢的切割。对于某些特殊的不锈钢,对锯片的要求也相对比较高,例如:奥氏体不锈钢,它会发生冷硬化,所以在切割过程中应当尽量减少摩擦。

特别注意,在回锯的过程中一定要把锯片抬高,使其与被切割材料完全脱离开来。当切割一定厚度的材料时,所需锯片应被要求每 2.54cm 设置 8~10 个齿,当切割相对较薄的板或管材时,所需锯片应被要求每 2.54cm 设置 24~32 个齿。

混凝土路面切割机使用的锯片是圆锯片,混凝土路面切割机的工作原理:柴油机、电机、汽油机等带动金刚石锯片高速旋转进行切割,切割的深度通过进给手轮调控,金刚石锯片的冷却水由外来水源提供。

金刚石锯片的质量好坏直接影响路面切割机的工作效率、能耗、工作状态等。近年来,由于国内厂家广泛与国际知名公司的合作、合资,国内外锯片生产工艺差距不大,产

品质量也比较接近。

由于被切割路面的新旧程度差异较大，路面材料的构成也有所不同，现在已开发了多种适应不同工况的切割锯片，有偏重效率型、偏重寿命型和效率寿命综合型等。

为了增强锯片刀头与基体的焊牢程度，现在已由高频焊发展为使用激光焊接技术。为了减少锯片基体的偏摆，已开发有多种锯片校平设备。此外，新型的消声锯片已开始在工程中使用，即利用激光技术在锯片基体上刻出阻尼槽，以实现降噪的目的。

混凝土路面切割机主要使用中径直径 400~700mm 锯片，影响锯片质量的主要指标有锯片基体偏摆、刀头与锯片基体焊接的牢固程度、刀头的寿命与效率等。某些金刚石锯片基体易产生严重变形，偏摆跳动明显，将严重影响整机的工作。除了基体本身的材料强度、刚度偏弱外，焊接刀头时的变形以及焊接内应力的作用也是重要因素，应在焊接后，采用滚压去应力工艺，强化基体的质量。

金刚石是一种非常坚硬的物质，作为切割材料得到了广泛的应用。20 世纪 30 年代以前，锯片上镶嵌的金刚石是通过手工来完成的，并且当时使用的金刚石也是天然形成的，价值不菲，根据当时的经济状况分析，金刚石锯片不会被大批量生产。

随着科学技术的迅速发展，粉末冶金技术的出现，使原始的手工镶嵌被焊接人造金刚石的出现替代，从而大大降低了金刚石锯片的制造成本。此外，石材、铸铁、陶瓷及道路施工对金刚石锯片的大量需求，金刚石锯片得到大规模生产，由于种种原因，早期我国大部分的锯片基体是国外生产的。

1985 年以后，我国已有少数公司生产锯片基体，大部分产品的直径为 160cm。但产品的质量不能得到有效的保证，同时生产效率低下。1990 年初，随各行业对金刚石锯片的大量需求，我国生产锯片基体的公司增长到 40 多家，公司之间竞争的激烈程度也随之加剧，短短 5 年的时间，破产公司的数量就达到 30 多家，剩下的公司（如：黑旋风等）在产品的种类、质量、规格等方面都做出了不同程度的改进，基体的直径由原来的 160cm 增大到 350cm。

石材、道路等行业之间的竞争加剧，对金刚石锯片基体的要求也越来越高，为了满足市场需要，一些节能、切割效率的薄片基体（厚度小于 6.5mm）和超薄片基体（厚度小于 5.5mm）受到客户的青睐。

由于水泥混凝土路面的硬度较大，切割时锯片会受到很大的冲力，这时就对锯片有了较高的要求，为了满足要求，刀头材料选用硬度非常大的金刚石。

(2) 步进式冲裁切割

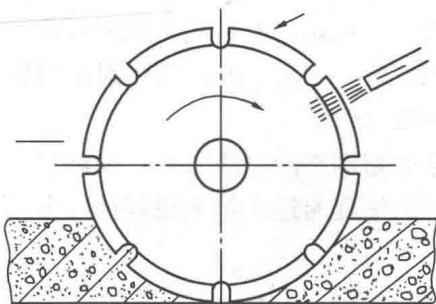


图 1-4 步进式冲裁

步进式冲裁（图 1-4）就是利用冲子冲出所需要的一系列孔，这种冲裁的特点就是切口不整齐。但可以通过合理的设计保持切口重合，使切边平滑，基本上能够达到切边的一般要求。目前，手提式冲裁机在切割碳钢薄板中得到了广泛应用，一般工厂生产的冲裁机都能够对不锈钢（厚度为 8mm）进行切割。

通过上述分析可知，步进式冲裁切口不可能整齐，切割面的平整度也不能很好地得到控制，所以

不适合混凝土路面切割，但可以利用步进式冲裁对混凝土试件进行受力分析实验。

1.2.2.2 圆盘剪、铡刀剪

(1) 圆盘剪

圆盘剪主要是靠两个圆形锯片相互错位实现切割。圆盘剪、铡刀剪既有相同之处也有不同之处，相同之处在于工作原理，不同之处在于铡刀剪不能实现连续剪切，而圆盘剪可以。相对于铡刀剪，圆盘剪在很多加工厂得到了更广泛的应用，其剪刀的刃长也较长，如果想得到更长的切口，可以通过改进剪切机的结构来实现——使端部开口，但在切割的过程中需要特别注意，尽量避免出现台阶。如果被剪切的材料是不锈钢时，对功率的要求就很大。钢板的牢固性和刀刃的良好状态是切割过程中不可忽视的两个重要因素，可以利用保护垫或者清洁刀片表面的碳钢微粒等方法，使刀刃保持良好的状态。

缺点：圆盘剪在切割过程中可能会出现卡钢现象，造成设备损坏，从而降低工作效率，在这种情况下应及时关闭电源，用切割器处理切割面容易出现毛刺；两刀片之间的空隙不好控制，很可能出现剪不断现象等等。

大多数情况下都是采用同步电机，为了避免电动机出现发热等不良现象，电动机的启动不应太过频繁。电机反转时容易烧坏，所以要在电机完全静止的时候，再启动反转，并且转动的要控制在一分钟之内。另外，通过改变剪刀侧隙的大小可以大大提高切边的质量，同时也能满足相对较高的精度要求。

(2) 铡刀剪

用于常温中厚板的剪切设备主要是铡刀剪，它能实现剪切的动力靠的是系统释放能量，所以单位时间内储存的能量，是铡刀剪工作的前提。在铡刀剪中离合器和制动器是非常重要的，其参数的选择直接关系到铡刀剪的成本、体积等，是设计的关键。

通过上述分析可知，圆盘剪和铡刀剪都不能保证切割面的光滑度，并且圆盘剪两锯片的相对位置也决定了它不能对混凝土路面切割，需要对混凝土试件进行受力分析实验。

1.2.2.3 砂轮切割

当砂轮高速旋转产生的力超过材料的应力极限时，材料被切断实现切割。砂轮片（只能用于直线切割）是由磨合料、加固材料、胶粘剂组成的，主要用于管材的切割，有时也用于磨槽。

优点：切割速度快、切边整齐、准确。

缺点：砂轮断裂不仅对操作人员造成身体上的严重伤害，而且对周围的其他工作人员也会造成伤害。为了避免这种事故的发生，应采取以下措施：水分和温度都会影响砂轮的强度，所以要把砂轮放在遮蔽、干燥处；仔细检查砂轮是否有裂纹；砂轮的实际转速应小于最大理论转速等。

通过上述分析可知，砂轮不能受潮，这对切割混凝土路面来说是很不切合实际的，理论上可以切割混凝土试件，但由于混凝土的硬度太大，对砂轮的质量要求较高，一般不建议用砂轮切割混凝土（图 1-5）。

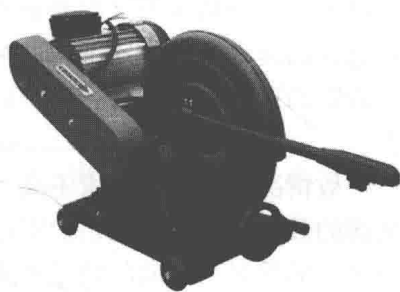


图 1-5 砂轮切割机