

基于 MIDI1.0 协议的工尺谱乐谱音乐信息数字存储格式^①

陈根方^{1,2}, 张文俊²

¹(杭州师范大学 杭州国际服务工程学院, 杭州 310036)

²(上海大学 影视艺术技术学院, 上海 200072)

摘要: 描述了工尺谱记谱法(GCN, Gong-che Notation)的一些基本知识, 指出了它和五线谱记谱法之间的异同点, 然后利用 MIDI1.0 协议提出了具有兼容性的工尺谱乐谱的 CGCN(Code of GCN)类 MIDI 文件的文件结构, 最后对 CGCN 类 MIDI 文件的软件接口设计进行了必要的说明。提出的工尺谱乐谱的类 MIDI 文件结构具有较强的兼容性、鲁棒性和容错性, 能实现音乐作品的音序信息和乐谱信息的同步传播, 有效解决了工尺谱乐谱译谱过程中的歧义性问题, 使中国传统音乐作品在数字时代得到良好的传播和复用。

关键词: 工尺谱; 乐谱 MIDI1.0 协议; 数字音序; 文件格式

File Format for Gong-Che Notation Musical Score Using MIDI1.0 Protocol

CHEN Gen-Fang^{1,2}, ZHANG Wen-Jun²

¹(Hangzhou Institute of Service Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China)

²(School of Film & TV Arts and Technology, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: This paper presents a file format for Gong-che Notation(GCN, a Chinese musical notation). It firstly describes basic knowledge of GCN, and indicates the differences and similarities between GCN and WMN(Western Music Notation), then we put forward the file format of SMIDI(Similar Musical Instrument Digital Interface) of CGCN(Code of GCN), and a software interface of SMIDI of CGCN. The file format is strong of compatibility, robustness and fault tolerance, it realizes GCN score and its digital musical information synchronous transmission, and effectively solves the ambiguous problem for translating from GCN score to WMN score, and makes the Chinese traditional music works to reuse and communication in digital era.

Key words: Gong-che Notation; musical score; MIDI1.0 protocol; digital musical sequence; file format

工尺谱 (Gong-che Notation, GCN), 我国传统音乐主要的乐谱记录方法之一, 它有着悠久的历史, 最晚于晚唐五代已产生, 经过漫长岁月的发展, 到明清时代趋于成熟, 在我国民间音乐中广为使用, 存见的大多数传统剧种和中国乐器的乐谱采用工尺谱为载体^[1]。工尺谱乐谱保存了前人大量的音乐遗产, 为中国民族音乐的传承与发展做出了巨大贡献。进入 20 世纪后, 中国社会的剧烈变革使得西方的文明开始影响

我国, 音乐教育也逐步搬用了西方的教学内容和教学体系, 解放后, 国内的绝大多数音乐院校以西方的音乐体系来教学和培养人才, 中国原有的传统音乐遗产只能在民间和音乐研究机构范围内被传承, 这极大地制约了传统音乐的广泛传播。

工尺谱也是现存最古老的剧种——“百戏之祖”昆剧的记谱法^[2], 昆剧是中国戏曲史上具有最完整表演体系的剧种, 它的基础深厚, 遗产丰富, 是我国民族

① 基金项目: 教育部人文社会科学研究一般规划基金(10YJAZH007); 浙江省公益性技术应用研究计划(2010C33177); 杭州市科学技术局杭州市属高校重点实验室科技创新项目(20100331T18)

收稿时间: 2011-07-19; 收到修改稿时间: 2011-09-01

文化艺术高度发展的成果,在我国文学史、戏曲史、音乐史、舞蹈史上占有重要的地位,该剧种于2001年5月18日被联合国教科文组织命名为“人类口头遗产和非物质文化遗产代表作”称号^[3],是全人类宝贵的文化遗产。数千出的昆剧剧本在历史长河中被传唱,至20世纪80年代始,昆剧的传承改为以五线谱乐谱和简谱乐谱为载体而被文艺界和大众所接受,但用五线谱和简谱记载的昆剧剧本数量有限,大量的昆剧工尺谱乐谱仍然有待于发掘。

工尺谱和西方流行的五线谱记谱法相比较,还没有发展到非常精确的地步,从定性和定量两个方面分析,五线谱记谱法在乐音的表示上都达到了量化,而对于工尺谱来说,在乐音的音高表示形式上,已经达到了量化的描述,而在乐音的时值、节奏节拍等方面还处于定性描述阶段,需要实践者不断摸索才能量化这些音乐信息,在《纳书楹曲谱》的凡例中,也提到了工尺谱乐谱“死腔活板”^[4]的特点。

工尺谱乐谱具有区域性、歧义性和准定量性等特征,中国是个地域广阔的国度,古代人民相互交流不太便捷,工尺谱在各个地方的使用和发展不仅相同,具有明显的区域性,对现代的音乐工作者来说,时代不同、地域不同、师承不同,对工尺谱的解释也不相同,具有一定的歧义性,工尺谱对音高的表示具有定量特征,而对时值的表示还处于定性使用阶段,因此是一种准定量性的记谱法。

有关工尺谱的文献资料、乐谱等浩如烟海,在二十四史、各朝的会要会典、著名的“十通”、一些音乐专著和古代重要的著述中都散有记录,如沈括的《梦溪笔谈·补笔谈》、陈旸的《乐书》、朱熹《琴律说》、《辽史·乐志》、《明史·乐志》、大型昆曲乐谱集《九宫大成南北词宫谱》、《纳书楹曲谱》、以及大量的乐器乐谱、戏剧乐谱、各地音乐活动的乐谱记录等等,工尺谱是被使用的最普遍同时刊印出版乐谱最多的中国传统音乐记谱法。进入到二十世纪,五线谱和简谱的推广和使用,极大的制约了工尺谱乐谱的使用和传承,目前大量有关工尺谱乐谱的研究主要集中在传统剧本的使用和中国民族乐器的使用上,文献[5]对工尺谱的起源、发展和分布现状进行了分析,文献[6]研究了工尺谱乐谱的重要文献《新定九宫大成南北词宫谱》,文献[7]设计开发了南音工尺谱的排版软件可以输出工尺谱乐

谱和简谱或五线谱合成的乐谱,以及工尺谱的翻译和排版软件等,针对南音工尺谱具有竖体编排、词谱混排、使用特殊记谱符号等特点,采用MFC的类型指针类进行对象管理,有效地解决了工尺谱串行化和进行各种编辑操作遇到的问题,开发的原型软件还实现了记谱符号的快捷输入和版式风格设定等功能。但这些为数不多的研究局限于工尺谱的翻译和排版方面的一些研究,并没有开展通用的工尺谱乐谱数字音乐存储格式研究,这也正是本论文要研究和解决的问题。

1 类MIDI1.0协议的工尺谱乐谱音乐信息数字存储格式

MIDI1.0协议是以西方欧洲古典时期的音乐知识为理论依据的,按照音乐的二维音响特征来设计记谱法,一维是时间维,不同的音响在时间维上逐步演绎,另一维是音响维,记录了瞬间音响的复杂程度;在记谱方法上,采用了以乐曲开头表明音调的固定音高记录方法,MIDI1.0协议中的音乐记录方式也采用了西方五线谱记谱法的基本原理,在MIDI文件头中包含了乐曲的音调,在每个轨道中包含的是乐音的固定音高(0~127),其中国际标准音高中央C的MIDI码为60,比中央C高八度的音的MIDI码为72^[8]。

通用的工尺谱乐谱采用的是首调记谱法,乐曲的音调决定了乐曲每个音的实际音高,乐曲中的谱字表示的是音与音之间的音程关系,只有确定了乐曲第一个音的实际音高,才能确定乐曲中所有乐音的实际音高,而第一个音的实际音高则由乐曲的音调决定,音调在中国传统音乐理论中具有一定的歧义性,包括在工尺谱乐谱的记录中也包含着无法确定音调对应的西方音调,目前关于工尺谱音调的理论研究中,主要有沈括的《梦溪笔谈·补笔谈》的燕乐二十八调、张炎《词源》的八十四调和陈元靓的《事林广记》中的俗字谱与八十四调、燕乐二十八调^[9,10],这些理论对中国传统音乐的乐谱中的音调进行了深入的研究,但存在不同的观点和研究结果。

工尺谱乐谱虽然是成熟的记谱法,但是现今在音乐界很少有人能识别其中的音乐信息,即使对于同一个工尺谱乐谱,不同的音乐专家的识别结果也不尽相同,为了记录和处理这些不同的音乐信息,由于工尺谱乐谱是单声部乐谱,所以利用MIDI的多轨道特点

来记录这些不同的识别信息，具体的方法是：

(1) MIDI 文件的每个轨道都记录同一工尺谱乐谱的 MIDI 音乐信息，每个轨道记录一个译谱结果。

(2) MIDI 文件的文件头中的“Format Type”设置为 2，即多轨道模式，它表示文件包含一个或更多独立的音轨，相继进行播放。

(3) 从轨道 1 开始到 N 个轨道，记录人工翻译识别或者计算机模式识别的音乐信息。

(4) 工尺谱图像的起始位置在文件中的偏移量是 2λ ， λ 至少为 16，且 2λ 大于所以音轨的字节长度的总和的 2 倍和工尺谱乐谱图像文件字节长度的总和的 2 倍。

通过这样处理的方法称为工尺谱乐谱的编码方案 (Code of Gong-Che Notation, CGCN)，它解决工尺谱乐谱的数字化存储文件格式，这样的工尺谱乐谱的数字存储格式称为 CGCN 类 MIDI 格式。

1.2 MIDI 音序文件的文件结构

MIDI 文件的基本结构是：{MIDI 文件头信息}+{MIDI 轨道信息}，其中{MIDI 轨道信息}可以包含多个轨道信息，如图 1 所示，黑色方框的内容为 MIDI 文件结构图示，中间一行(Header Chunks 方框开头的一行)最左的 5 个方框内容，分别是{MIDI 文件头信息}和 N 个{MIDI 轨道信息}，MIDI 的文件头信息包括 5 个部分，分别是 MIDI 文件标记 (4 个字节)、文件头长度 (4 个字节)、格式类型 (2 个字节)、轨道数量 (2 个字节) 和节拍时间戳 (2 个字节)，缺省的“文件头长度”通常是后三个部分的总长 (一般为 6 字节)。

工尺谱乐谱的音乐信息数字存储格式在 MIDI 基本结构的基础上，通过扩展其中的部分结构来储存工尺谱乐谱的音乐信息，图 1 中的红色部分是扩展的部分，分为两个扩充部分，一个在 MIDI 文件头信息部分之后扩展，一个在 MIDI 音轨轨道部分之后扩展。在 MIDI 文件的{MIDI 文件头信息}的最后增加了有关工尺谱乐谱的相关信息 (固定的 5 个字节)，并把“文件头长度”的值更新为新的值 (在原有值的基础上加 5，原缺省情况下是 6，现缺省情况下是 11)；这样新增的类 MIDI 文件头信息中包括了 5 个部分，分别是：工尺谱乐谱标记 (4 个字节)、工尺谱乐谱图像偏移量 (从文件开始计算，1 个字节)。在 MIDI 轨道之后，从工尺谱乐谱图像偏移量位置开始，把所有的 M 个图像文件的二进制信息一一加上。

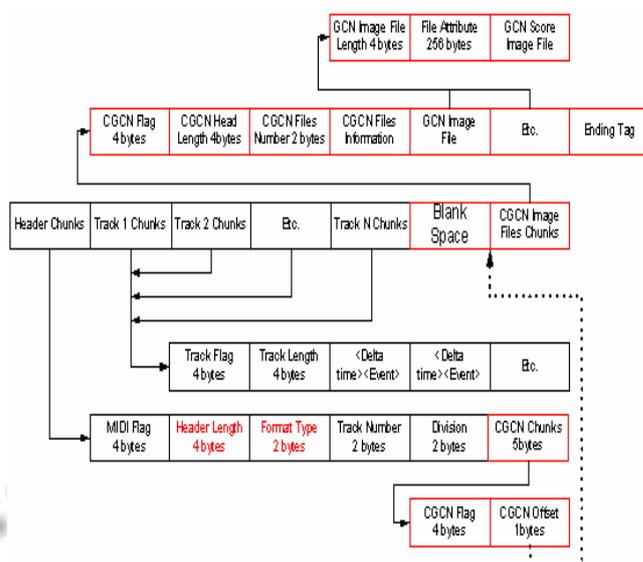


图 1 CGCN 类 MIDI 文件结构图示

下面对图 1 进行详细说明：

(1) 数据块内容：Header Length，字节数：4，在类 MIDI 中的位置：同 MIDI 1.0 协议，详细说明：在原有的长度的基础上增加 5；

(2) 数据块内容：Format Type，字节数：2，在类 MIDI 中的位置：同 MIDI 1.0 协议，详细说明：把格式改为 3；

(3) 数据块内容：CGCN Chunks，字节数：5，在类 MIDI 中的位置：在原有 MIDI 文件的文件头最后，第 1 个轨道前，增加 5 个字节的 CGCN 信息数据块，详细说明：在原有的 MIDI 的文件头结束处和第 1 个音轨轨道之间插入 5 个字节的 CGCN 信息数据块；

(4) 数据块内容：CGCN Flag，字节数：4，在类 MIDI 中的位置：在原有 MIDI 文件的文件头最后，第 1 个轨道前，详细说明：CGCN 信息标记，为“CGCN”；

(5) 数据块内容：CGCN Offset，字节数：1，在类 MIDI 中的位置：CGCN Flag 后面，详细说明： λ 的值，它的值至少为 16，它的具体计算方法见下文公式 (1)，它表示 CGCN 信息数据块的开始位置为：从此数据块位置后第 1 个字节开始的 2λ 处；

(6) 数据块内容：CGCN Image Files Chunks，字节数：不定字节，在类 MIDI 中的位置：从 MIDI 文件起始位置的偏移量为 2λ 处开始，详细说明：所有的工尺谱乐谱图像文件的信息数据块；

(7) 数据块内容：CGCN Flag，字节数：4，在类

MIDI中的位置: MIDI文件起始位置的偏移量为 2λ 处, 详细说明: CGCN信息标记, 为“CGCN”;

(8) 数据块内容: CGCN Head Length, 字节数: 4, 在类MIDI中的位置: CGCN Flag后面, 详细说明: CGCN头信息长度, 包括下面的CGCN Files Number的2个字节和CGCN Files Information的不定长字节, 如果CGCN Files Information空缺, 那么CGCN Head Length的值为2;

(9) 数据块内容: CGCN Files Number, 字节数: 2, 在类MIDI中的位置: CGCN Head Length后面, 详细说明: 工尺谱乐谱图像文件的数量;

(10) 数据块内容: CGCN Files Information, , 字节数: 不定字节, 在类MIDI中的位置: CGCN Files Number后面, 详细说明: 工尺谱乐谱有关的一些信息, 如作者、出版社、版权、题跋等信息, 可以空缺;

(11) 数据块内容: GCN Image File, 字节数: 不定字节, 在类MIDI中的位置: 第1个工尺谱乐谱文件从CGCN Files Information后面开始, 其他工尺谱乐谱文件跟在前面一个工尺谱文件信息数据块后面, 详细说明: 多个工尺谱乐谱文件信息逐个放入, 每个工尺谱乐谱文件信息包括3个数据块, 第1个数据块是工尺谱乐谱文件信息数据块的长度, 第2个数据块是工尺谱乐谱文件的文件属性, 第3个数据块是工尺谱乐谱图像文件的二进制流内容;

(12) 数据块内容: GCN Image Length, 字节数: 4, 在类MIDI中的位置: CGCN Files Information后面, 详细说明: 工尺谱乐谱文件信息数据块的长度;

(13) 数据块内容: File Attribute, 字节数: 256, 在类MIDI中的位置: GCN Image Length后面, 详细说明: 工尺谱乐谱文件的文件属性, 如文件名、文件创建日期、创建人、修改日期等等;

(14) 数据块内容: GCN Score Image File, 字节数: 不定字节, 在类MIDI中的位置: File Attribute后面, 详细说明: 工尺谱乐谱图像文件的二进制流内容;

(15) 数据块内容: Etc., 字节数: 不定字节, 在类MIDI中的位置: 跟在前面一个工尺谱文件信息后面, 详细说明: 第2个工尺谱乐谱图像文件开始, 结构说明和第1个;

(16) 数据块内容: Ending Tag, 字节数: 2, 在类MIDI中的位置: CGCN结束标记, 详细说明: 十六进制值为“FF FF”;

(17) 数据块内容: Blank Space, 字节数: 不定字节, 在类MIDI中的位置: 从原有MIDI文件的结束处开始到CGCN信息CGCN Image Files Chunks数据块开始处为止, 详细说明: 留出空白处, 目的是防止在对原有的MIDI文件中的信息进行修改、增加的时候有个缓冲区。

λ 的计算方法是:

$$\lambda = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \left\lceil \log_2 \left(\sum_{k=1}^N \text{TrackLength}_k \right) \right\rceil + 1, \\ \left\lceil \log_2 \left(\sum_{k=1}^C \text{GCNFileLength}_k \right) \right\rceil + 1, \\ 16 \end{array} \right.$$

在此公式中, λ 的值是三项中最大的值, 第一项是所有MIDI轨道的字节长度的总和的对数取上界加1, 第二项是所有工尺谱乐谱图像文件的字节长度的总和的对数取上界加1, 第三项是16, 这样能保证 λ 值大于等于16。 λ 取值的理由是:

(1) 它使得MIDI轨道信息结束后的位置到CGCN信息数据块的开始位置之间存在相当量的空白区间, 成为了常用的音乐软件对文件进行修改和增加信息时缓冲区, 利用这些空白区间, 可以避免这些新的信息覆盖CGCN信息数据块。

(2) 一般的MIDI文件相对于图像文件来说较小, 比如按最常见的120拍/分钟播放文件, 5分钟的MIDI文件一共有600拍, 如果按最常见的一拍平均两个乐音计算, 一个乐音从发生到消失的MIDI信息不超过6个字节, 这样的MIDI文件大小不会超过7200字节, 而 $216=65536$, 按这样假设, 可以容纳 $5*65536/7200 \approx 45$ 分钟长的乐曲的MIDI信息, 这是一般一出剧本的时间长度, 所以, 取 λ 最小为16是合理的。

(3) 一个MIDI文件形成后, 修改、增加和删除部分音轨内容, 对MIDI文件的大小的影响不是很大, 由于空白区间至少是原来MIDI轨道的总长的一倍(根据公式(1)可知), 所以有足够区间缓冲因修改、增加和删除等变化引起的扰动, 这些扰动不会影响到原来的CGCN工尺谱乐谱的信息。

(4) 一般的图像文件相对于MIDI文件较大, 同样大小分辨率的图像中, 二值图像容量最小, 乐谱图像

通常是二值图像, 一个 640×480 的二值图像文件占用了 38462 个字节, 它也小于 216, 所以取 λ 最小为 16 是合理。

此存储格式解决了三个问题: (1) 对于音乐的使用者, 不仅可以使其中不同的译谱结果, 而且可以使用对应的工尺谱乐谱图像; 对于音乐家或者工尺谱乐谱使用者, 可以即能阅读原有乐谱, 还能参考和使用别人对此乐谱的翻译结果, 而且是多人的带有歧义性的翻译结果; (2) 实现了音序音乐信息和乐谱音乐信息的同步传播, 是音乐格式和图像格式得到了兼容使用。(3) MIDI 文件的自由使用, 由于在 MIDI 音轨和工尺谱乐谱图像之间存在一定长度的空白区作为缓冲区, 因此可以利用已经有的所有的 MIDI 处理软件对类 MIDI 文件进行处理, 而且修改 MIDI 信息, 增加 MIDI 轨道等不会影响到新增加的工尺谱乐谱图像信息, 保证了和原有 MIDI 文件的兼容性。

3 结语

本论文描述了中国古代最流行的音乐乐谱记谱法——工尺谱记谱法的基本知识, 指出了工尺谱记谱法的准定量性特征, 比较了工尺谱记谱法与五线谱记谱法之间的共同点和不同点, 从而确定了可以把工尺谱乐谱翻译为五线谱乐谱的理论依据。为了合理处理工尺谱译谱过程中的歧义性问题, 提出和详细描述了 CGCN 类 MIDI 文件的文件结构最后对 CGCN 类 MIDI 文件的软件接口设计进行了必要的说明。

本论文提出的 CGCN 类 MIDI 文件结构具有兼容性、鲁棒性等特点, 不仅保留了原有的 MIDI 信息, 同

时包含了相对应的图像信息, 实现了音乐作品的音序信息和乐谱信息同步传播的目的。而且 CGCN 类 MIDI 文件可以在所有的处理 MIDI 文件的软件下使用, 修改保存等不会影响原有的音乐信息, 具有一定的容错性。CGCN 类 MIDI 文件的文件结构的提出能有效解决工尺谱乐谱翻译过程中出现的歧义现象, 兼容多个翻译结果。CGCN 类 MIDI 文件结构解决了中国工尺谱乐谱在数字化时代的存储和传播问题, 为中国传统的优秀音乐作品的传承奠定了理论基础。

参考文献

- 1 陈泽民. 工尺谱入门. 北京: 华乐出版社. 2004. 1-2.
- 2 中央电视台: 昆曲声腔赏析. 昆曲的乐谱. <http://www.cctv.com/opera/20040602/101934.shtml>.
- 3 新华网: 人类口述和非物质文化遗产代表作——昆曲艺术. http://news.xinhuanet.com/ziliao/2003-09/27/content_1102694.htm.
- 4 叶堂. 纳书楹曲谱. 乾隆 57 年. 1792. 1975.
- 5 吴晓萍. 中国工尺谱研究. 上海: 上海音乐出版社. 2005. 289.
- 6 吴志武. 《新定九宫大成南北词宫谱》研究. 上海: 上海音乐学院. 2007.
- 7 陈荣鑫, 陈维斌. 南音工尺谱排版软件的设计与实现. 计算机工程与设计, 2005, 26(8): 2246-2248.
- 8 日本合成器编程协会(JSPA). MIDI 检定 3 级公式指南手册. 中音公司. 2003. 8-9.
- 9 王耀华, 等. 中国传统音乐乐谱学. 福州: 福建教育出版社. 2006. 519-538.
- 10 陈应时. 中国乐律学探微. 上海: 上海音乐学院出版社. 2004. 188-190.