

文档编号: 0.1  
日期: 2024-04-08

# 编程语言 X

# 目录

目录	ii
表格列表	v
图片列表	vi
<b>1 词法约定</b>	<b>1</b>
1.1 注释	1
1.2 标识符	1
1.3 关键字	1
1.4 运算符	2
1.5 字面量	2
<b>2 基本概念</b>	<b>8</b>
2.1 作用域	8
2.2 名称	9
<b>3 类型系统</b>	<b>10</b>
3.1 类型、值和对象	10
3.2 公共类型	13
3.3 修饰符	13
<b>4 表达式</b>	<b>14</b>
4.1 基本表达式	14
4.2 后缀运算符	18
4.3 前缀运算符	20
4.4 乘法运算符	21
4.5 加法运算符	21
4.6 移位运算符	21
4.7 位运算符	21
4.8 空值合并运算符	22
4.9 区间运算符	22
4.10 连接运算符	22
4.11 比较运算符和包含运算符	22
4.12 逻辑运算符	24
4.13 赋值运算符	24
目录	ii

4.14	分号运算符 . . . . .	25
<b>5</b>	<b>语句</b>	<b>26</b>
5.1	块 . . . . .	26
5.2	绑定语句 . . . . .	26
5.3	<code>if</code> 语句 . . . . .	27
5.4	<code>match</code> 语句 . . . . .	27
5.5	<code>while</code> 语句 . . . . .	27
5.6	<code>for</code> 语句 . . . . .	27
5.7	控制语句 . . . . .	28
<b>6</b>	<b>模式匹配</b>	<b>29</b>
6.1	空模式 . . . . .	29
6.2	表达式模式 . . . . .	29
6.3	数组模式 . . . . .	29
6.4	元组模式 . . . . .	30
6.5	对象模式 . . . . .	30
6.6	绑定模式 . . . . .	30
6.7	类型断言 . . . . .	31
6.8	包含断言 . . . . .	32
6.9	条件断言 . . . . .	32
<b>7</b>	<b>声明</b>	<b>33</b>
7.1	类型声明 . . . . .	33
<b>8</b>	<b>函数</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>概念</b>	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>类</b>	<b>36</b>
10.1	类字段 . . . . .	36
10.2	类属性 . . . . .	36
10.3	方法 . . . . .	37
<b>11</b>	<b>枚举</b>	<b>39</b>
11.1	传统枚举类型 . . . . .	39
<b>12</b>	<b>属性与修饰符</b>	<b>41</b>
12.1	<code>noreturn</code> . . . . .	41
<b>13</b>	<b>访问控制</b>	<b>42</b>

<i>X</i>	<b>0.1</b>
<b>14 core 库介绍</b>	<b>43</b>
<b>15 顺序库</b>	<b>44</b>
15.1 类型 . . . . .	44
<b>16 序列库</b>	<b>45</b>
索引	<b>46</b>
语法产生式索引	<b>48</b>

## 表格列表

1	关键字 . . . . .	1
2	上下文关键字 . . . . .	2
3	整数字面量后缀 . . . . .	3
4	浮点数字面量后缀 . . . . .	4
5	绑定简写与其完整形式 . . . . .	31

## 图片列表

# 1 词法约定

[lex]

- <sup>1</sup> 程序文本指将被翻译为 *X* 程序的文本的整体或者一部分。它存储在源文件中，并以 UTF-8 编码读取。

## 1.1 注释

[lex.comment]

- <sup>1</sup> 有两种形式的注释：以 `/*` 开始，`*/` 结束的块注释和以 `//` 开始，到行末结束的行注释。注释可以嵌套。在将程序文本分割为标记以后，注释和空白一起被删除。

## 1.2 标识符

[lex.identifier]

*Identifier:*

*IdentifierHead IdentifierTail\**

*IdentifierHead:*

*Unicode(XID\_Start)*

-

*IdentifierTail:*

*IdentifierHead*

*Unicode(XID\_Continue)*

- <sup>1</sup> 标识符以具有 Unicode `XID_Start` 属性的字符或 `_` 开始，后跟零个或数个具有 Unicode `XID_Continue` 属性的字符，但不能与关键字相同。标识符区分大小写。

## 1.3 关键字

[lex.keyword]

- <sup>1</sup> 表 1 中的标识符被保留做关键字。关键字不能作为标识符使用。

表 1 — 关键字

<code>_</code>	<code>async</code>	<code>await</code>	<code>bool</code>	<code>cmp</code>
<code>const</code>	<code>deinit</code>	<code>do</code>	<code>else</code>	<code>enum</code>
<code>false</code>	<code>float</code>	<code>for</code>	<code>if</code>	<code>init</code>
<code>int</code>	<code>is</code>	<code>let</code>	<code>match</code>	<code>mut</code>
<code>never</code>	<code>nil</code>	<code>return</code>	<code>self</code>	<code>shl</code>
<code>shl_eq</code>	<code>shr</code>	<code>shr_rq</code>	<code>string</code>	<code>then</code>
<code>this</code>	<code>throw</code>	<code>true</code>	<code>type</code>	<code>typeof</code>
<code>uint</code>	<code>var</code>	<code>void</code>	<code>while</code>	

- <sup>2</sup> 表 2 中的标识符称为上下文关键字。在特定的语法结构中它将被解析为关键字，在其他位置可以当作一般标识符使用。

表 2 — 上下文关键字

didSet	get	set	then	willSet
--------	-----	-----	------	---------

## 1.4 运算符

[lex.op]

*Operator*: 以下之一

*CustomOperator* , ; : ( ) [ ] { } { | } }

*CustomOperator*:

*CustomOperatorPart*+

*CustomOperatorPart*: 以下之一

~ ! # % & \* - | + = / ? < > . '

<sup>1</sup> ., ... 和 = 被保留不能重载为运算符。

## 1.5 字面量

[lex.literal]

*Literal*:

*IntegerLiteral*

*FloatingLiteral*

*StringLiteral*

*SymbolLiteral*

*BooleanLiteral*

### 1.5.1 整数字面量

[literal.integer]

*IntegerLiteral*:

*DecimalLiteral* *Suffix*?

*BinaryLiteral* *Suffix*?

*HexadecimalLiteral* *Suffix*?

*DecimalLiteral*:

*Digits*

*Digits*:

*Digit*

*Digits* \_? *Digit*

*Digit*: 以下之一

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

*BinaryLiteral*:

0b *BinaryDigit* (\_? *BinaryDigit*)\*

0B *BinaryDigit* (\_? *BinaryDigit*)\*

*BinaryDigit*:

0

1



*HexadecimalLiteral*:

*HexadecimalPrefix HexadecimalDigits*

*HexadecimalPrefix*: 以下之一

0x 0X

*HexadecimalDigits*:

*HexadecimalDigit*

*HexadecimalDigits* *\_* \* *HexadecimalDigit*

*HexadecimalDigit*: 以下之一

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

A B C D E F

a b c d e f

- <sup>1</sup> 整数字面量由一系列数字构成。其中的下划线用作分隔并且不影响字面量的值。字面量的前缀用于指示它的进制。十进制字面量由若干十进制数字构成；十六进制字面量由前缀 0x 或 0X 后跟若干十六进制数字构成；二进制字面量前缀 0b 或 0B 后跟若干二进制数字构成。X 不支持八进制字面量。
- <sup>2</sup> 整数字面量的值为其数字序列表示的值，依不同前缀分别为十进制、十六进制或二进制。最左侧的数字为最高位。字面量的类型参见表格 3，其中 *i* 为其字面值：

表 3 — 整数字面量后缀

后缀	对应的类型	后缀	对应的类型
无	<code>int<sub>i</sub></code>	u	<code>uint<sub>i</sub></code>
i8	<code>int&lt;8&gt;<sub>i</sub></code>	u8	<code>uint&lt;8&gt;<sub>i</sub></code>
i16	<code>int&lt;16&gt;<sub>i</sub></code>	u16	<code>uint&lt;16&gt;<sub>i</sub></code>
i32	<code>int&lt;32&gt;<sub>i</sub></code>	u32	<code>uint&lt;32&gt;<sub>i</sub></code>
i64	<code>int&lt;64&gt;<sub>i</sub></code>	u64	<code>uint&lt;64&gt;<sub>i</sub></code>
f 或 f64	<code>float&lt;64&gt;</code>	f32	<code>float&lt;32&gt;</code>

如果字面量的字面值超出了其类型的约束范围，则这是一个编译错误。

### 1.5.2 浮点字面量

[literal.floating]

*FloatingLiteral*:

*DecimalFloatingLiteral Suffix?*

*HexadecimalFloatingLiteral Suffix?*

*DecimalFloatingLiteral*:

*Digits* . *Digits ExponentPart?*

*Digits ExponentPart*

*HexadecimalFloatingLiteral*:

*HexadecimalPrefix HexadecimalDigits* . *HexadecimalDigits BinaryExponentPart?*

*HexadecimalPrefix HexadecimalDigits BinaryExponentPart*

*ExponentPart*:

*e Sign? Digits*  
*E Sign? Digits*

*BinaryExponentPart*:

*p Sign? Digits*  
*P Sign? Digits*

*Sign*: 以下之一

*+ -*

- 1 浮点字面量用于表示浮点数, 其中的下划线用作分隔并且不影响字面量的值。浮点字面量的小数点前后不允许省略数字。
- 2 浮点字面量的类型按表 4 确定。其值依如下方式确定: 如果它包含指数部分, 则命 *e* 为指数部分按十进制数字解析得到的数; 否则, *e* 为 0。对十进制浮点字面量而言, 命 *s* 为除去指数的部分按十进制数字解析得到的数, 则令  $f = s \times 10^e$ 。对十六进制浮点字面量而言, 命 *s* 为除去指数的部分按十六进制数字解析得到的数, 则令  $f = s \times 2^e$ 。浮点字面量的值为其类型中最接近 *f* 的值。如果 *f* 太大, 则值为对应的正无限大; 如果 *f* 太小, 则值为 0。

表 4 — 浮点字面量后缀

后缀	对应的类型
无或 <b>f64</b>	<b>float&lt;64&gt;</b>
<b>f32</b>	<b>float&lt;32&gt;</b>

1.5.3 字符串字面量

[literal.string]

*StringLiteral*:

*" Schar\* " Suffix?*  
*@" Rchar\* " Suffix?*  
*\$" S1char\* " Suffix?*  
*\$\$" R1char\* " Suffix?*  
*Mdelim Mchar\* Mdelim Suffix?*

*Schar*:

除了\和" 以外的非换行可打印字符  
*EscapeSeq*

*EscapeSeq*:

*\ SimpleEscape*  
*\u{ HexadecimalDigit+ }*

*SimpleEscape*: 以下之一

*' " ? \a b f n r t v*

*Rchar:*

除了" 以外的非换行可打印字符  
""

*SChar:*

除了\、"、{和} 以外的非换行可打印字符  
*EscapeSeq*  
{ *Expression* }  
{  
}

*RChar:*

除了"、{和} 以外的非换行可打印字符  
""  
{ *Expression* }  
{  
}

*Mdelim:*

"" "" \*

*Mchar:*

任意可打印字符

- 1 字符串字面量表示 UTF-8 字符串，其类型为 **string**。它有三种种类：普通字符串字面量、原始字符串字面量、多行字符串字面量。普通字符串字面量使用反斜杠开始的转义序列表示其他字符。原始字符串字面量中所有可打印字符将会表示这个字符本身，除了"" 表示单个双引号的转义序列之外。这两类字符串字面量不允许包含换行符。
- 2 上述两类字符串字面量可以前加 \$ 表示插值字符串。插值字符串中的 {e} 序列会被解释为一个字符串插值，其中 e 为表达式。该表达式将被求值后转换为字符串插入当前位置。插值字符串中除了原有的转义序列外，还有 {{和}} 作为单个大括号的转义序列。
- 3 多行字符串字面量表示横跨多行的字符串。它以任意数量但不少于三个的" 开始，并以等量的" 结束。每一行包含换行符都属于该字符串字面量，但是除了以下字符：
  - (3.1) — 开头引号序列之后紧邻的换行会被删除。
  - (3.2) — 如果结尾引号序列所在行之前全都是空白字符，则这些字符连同上一行的换行会被删除。
  - (3.3) — 如果每一行的空白字符都以结尾引号序列之前的空白字符为前缀，则这些字符都会被删除。

如果结尾行包含空白字符且之前的某一行的空白字符不以这些空白字符为前缀，则这是一个编译错误。

[例：

如下字面量为合法的多行字符串字面量：

```
""
abc
```

```
"""
```

其等价于"abc"。

```
]
```

#### 1.5.4 符号字面量

[literal.symbol]

*SymbolLiteral:*

```
' Identifier
' ( UnqualID )
```

- <sup>1</sup> 符号字面量用于标识成员名称，其类型为 **symbol**，值为其标识符或内部 ID 的值。其内部 ID 不能为另一个符号字面量。

#### 1.5.5 布尔字面量

[literal.boolean]

*BooleanLiteral:*

```
true
false
```

```
true := ⟨true, bool⟩
```

```
false := ⟨false, bool⟩
```

- <sup>1</sup> 布尔字面量的类型为 **bool**。**true** 和 **false** 分别对应其真值与假值。

#### 1.5.6 字面量后缀

[literal.suffix]

*Suffix:*

```
_? SuffixIdentifier
```

*SuffixIdentifier:*

```
SuffixIdentifierHead SuffixIdentifierTail*
```

*SuffixIdentifierHead:*

```
Unicode(XID_Start)
```

*SuffixIdentifierTail:*

```
SuffixIdentifierHead
Unicode(XID_Continue)
```

- <sup>1</sup> 整数、浮点数与字符串能带有内建或用户自定义的后缀。后缀由字母开始，后跟任意数量的字母或数字，字面量与后缀之间可以添加\_分隔。用户自定义的后缀不能与内建后缀相同，否则这是一个编译错误。
- <sup>2</sup> 假设字面量 *l* 带有自定义后缀 *s*，则它等价于以下第一个合法的表达式：

```
operator ""s(l)
```

其中 *i* 是 *l* 移除后缀的形式；

```
operator ""s(t)
```

其中  $t$  是包含  $i$  所有字符的字符串字面量。

## 2 基本概念

[basic]

- 1 实体包括对象、函数、类型、模块、运算符、扩展。

### 2.1 作用域

[scope]

- 1 作用域是一段程序文本。特定的语言功能可能只能在特定的作用域中生效。不同的作用域具有不同的类型，分别被不同的语言功能所引用。作用域可以互相包含。
- 2 全局作用域是整个程序文本代表的作用域，包含所有其他作用域。

#### 2.1.1 声明作用域

[scope.decl]

- 1 声明作用域限制声明的范围。一个声明或绑定将会被插入到最近的声明作用域中，并且在该作用域内可以使用该名称引用被声明的实体。在离开该作用域之后，被声明的实体将不能被使用该方式引用。
- 2 所有的语句都具有声明作用域。全局作用域也是声明作用域。

#### 2.1.2 函数作用域

[scope.func]

- 1 函数作用域限制 `return` 语句的使用。参见 5.7。
- 2 函数定义的块、lambda 表达式的块或表达式、do 表达式的块和函数调用表达式的 lambda 块具有函数作用域。

#### 2.1.3 Lambda 作用域

[scope.lambda]

- 1 Lambda 作用域限制 lambda 参数的使用。参见 4.1.5.1。
- 2 lambda 表达式的块或表达式以及函数调用表达式的 lambda 块具有 lambda 作用域。

#### 2.1.4 序列作用域

[scope.sequence]

- 1 序列作用域限制 `$` 的使用，参见 4.1.3。序列作用域有一个关联的当前序列值，无论它是否实现 `core.Sequence`。
- 2 下标运算符 `s[...]` 的两个方括号之间具有序列作用域。其当前序列为 `s`。
- 3 函数调用表达式 `s(...)` 的括号之间具有序列作用域。如果 `s` 形如 `o.f`，且 `f` 是一个方法，则其当前序列为 `o`，否则当前序列为 `s`。[注：此处只能进行一次拆分，即 `a.b.c` 的当前序列不可能为 `a`。]
- 4 如果函数调用表达式带有一个 lambda 块，则这个整个块也具有序列作用域，其当前序列确定方法同上。

[例：

```
let a = [1, 2, 3, 4, 5];
let o = { a };
func operator()(this: int[]) -> int[] { [] }
func v(this: int[], index: int) -> int[] { [] }
```

```

a[$ - 1] // 当前序列为 a
a($ - 1) // 当前序列为 a
o.a[$ - 1] // 成员访问, 当前序列为 o.a
a.v($ - 1) // 方法调用, 当前序列为 a
]

```

## 2.2 名称

[name]

*UnqualID:*

*Identifier*

*SymbolLiteral*

`init`

`deinit`

`operator` *Operator*

`operator` *StringLiteral*

`operator` ( )

`operator` [ ]

`operator` `as`

- <sup>1</sup> 名称用于引用程序实体。一个名称可能是一个标识符、`init`、`deinit` 或一个运算符名称。

### 2.2.1 名称查找

[name.lookup]

- <sup>1</sup> 名称查找用于解析一个 *IDExpr* 具体指代的实体。

## 3 类型系统

[typesystem]

### 3.1 类型、值和对象

[type]

*Type:*

*FundaType*

*SpecialType*

*CompType*

$$\mathcal{V} = \{\langle v, T, Q \rangle \mid T \in \mathcal{T}, v \in T, Q \subset \mathbb{Q}\}$$

- <sup>1</sup> 类型是一个集合。值是类型、类型的成员和修饰符集合的元组。 $T$  称为值  $v$  的类型。

#### 3.1.1 基本类型

[type.funda]

*FundaType:*

`void`

`never`

`bool`

`int`

`uint`

`int < Expression >`

`uint < Expression >`

`float`

`float < Expression >`

$$\text{void} := \{\text{void}\}$$

- <sup>1</sup> `void` 标识只有唯一一个值的类型。

$$\text{never} := \{\}$$

- <sup>2</sup> `never` 标识没有值的类型。

$$\text{bool} := \{\text{true}, \text{false}\}$$

- <sup>3</sup> `bool` 标识具有真或假两个值的类型。

$$\text{int}_{l,h} := \{x \in \mathcal{X} \mid l \leq x \leq h\}$$



- <sup>4</sup>  $\text{int}_{l,h}$  称作整数类型，其中  $l$  和  $h$  为待推导常数。在本规范中，如果  $l = h$ ，则记作  $\text{int}_l$ 。存在实现定义的常数  $m$  和  $M$ 。 $l$  和  $h$  须满足

$$l \geq m$$

$$h \leq M$$

$$0 \leq h - l \leq M$$

`uint` 是  $\text{int}_{l,h}$  的别名，但满足  $l \geq 0$ 。

- <sup>5</sup>  $\text{int}_{l,h}$  的别名，但满足  $l \geq -2^{w-1}$  且  $h \leq 2^{w-1} - 1$ 。`uint $\langle w \rangle$`  是  $\text{int}_{l,h}$  的别名，但满足  $l \geq 0$  且  $h \leq 2^w - 1$ 。其中  $w$  可以取 8、16、32、64 或 128。它们称作定长整数类型，表示长度固定的整数。只能在定长整数类型上进行位运算。

$$\text{float}\langle s \rangle^* \subset \mathbb{R}$$

$$\text{float}\langle s \rangle^\dagger \subset \{+\infty, -\infty, \text{NaN}\}$$

$$\text{float}\langle s \rangle := \text{float}^* \cup \text{float}^\dagger$$

- <sup>6</sup>  $\text{float}\langle s \rangle$  称作浮点类型。其中  $s$  为 32 或 64。`float` 为  $\text{float}\langle 64 \rangle$  的别名。
- <sup>7</sup> 整数类型、定长整数类型和浮点类型称为算术类型。

### 3.1.2 特殊类型

[type.special]

*SpecialType:*

`self`

- <sup>1</sup> `self` 用于在方法或概念中指示类型自身。

### 3.1.3 复合类型

[type.comp]

*CompType:*

*Type* ?

*Type* [ ]

*Type* [ *Type* ]

( *TupleTypes*\* )

{ *ObjectTypes* }

( *TupleTypes*\* ) -> *Type*

*UnionType*

*TupleTypes:*

*Type*

*TupleTypes* , *Type*

*ObjectTypes:*

*ObjectType*

*ObjectTypes* , *ObjectType*

*ObjectType*:

*ObjectTypeQualifier*\* *Identifier* : *Type*

*ObjectTypeQualifier*:

**let**

**var**

*UnionType*:

*Type* | *Type*

*UnionType* | *Type*

$$T? := \{\langle t \rangle \mid t \in T\} \cup \{\text{nil}\}$$

<sup>1</sup>  $T?$  为可空类型。

$$T[] := \bigcup_{n=0}^{\infty} T^n$$

<sup>2</sup>  $T[]$  为数组类型。

$$T[K] := T^K$$

<sup>3</sup>  $T[K]$  为字典类型。

$$(T_1, \dots, T_n, ) := \prod_{i=1}^n T_i$$

$$() := \text{void}$$

<sup>4</sup>  $(T_1, \dots, T_n)$  称作元组类型。特别地，只有一个元素的元组与其内部元素类型等价；没有元素的元组与 **void** 等价。

$$\{K_1:T_1, \dots, K_n:T_n\} := \prod_{i=1}^n T_i$$

<sup>5</sup>  $\{K_1:T_1, \dots, K_n:T_n\}$  称作对象类型。

<sup>6</sup>  $(T_1, \dots, T_n) \rightarrow R$  称作函数类型。

$$T_1 \mid \dots \mid T_n := \bigcup_{i=1}^n \{\langle v_i, T_i \rangle \mid v_i \in T_i\}$$

<sup>7</sup>  $T_1 \mid \dots \mid T_n$  称作联合类型。其中各个  $T_i$  是无序的。相同的  $T_i$  将被视为一个。

### 3.1.4 具名类型

[type.named]

*NamedType:*  
*EntityID*  
*FundaType*  
*SpecialType*

## 3.2 公共类型

[type.common]

<sup>1</sup> 存在函数

$$\otimes : \mathcal{T} \times \mathcal{T} \rightarrow \mathcal{T} \cup \{*\}$$

满足交换律。如果对于类型  $T_1$  和  $T_2$ ,  $T_1 \otimes T_2 \neq *$ , 称  $T_1 \otimes T_2$  为  $T_1$  和  $T_2$  的公共类型。

<sup>2</sup> 函数  $\otimes$  按照如下顺序确定:

- (2.1) —  $T \otimes T := T$
- (2.2) —  $\text{never} \otimes T := T$
- (2.3) —  $\text{void} \otimes T := \text{void}$
- (2.4) —  $\text{int}_{l_1, h_1} \otimes \text{int}_{l_2, h_2} := \text{int}_{\min\{l_1, l_2\}, \max\{h_1, h_2\}}$
- (2.5) —  $\text{int}_{l, h} \otimes \text{float}\langle s \rangle := \text{float}\langle s \rangle$
- (2.6) —  $\text{float}\langle s_1 \rangle \otimes \text{float}\langle s_2 \rangle := \text{float}\langle \max\{s_1, s_2\} \rangle$
- (2.7) —  $T \otimes T? := T?$
- (2.8) —  $T \otimes T|T_1| \dots |T_{n-1} := T|T_1| \dots |T_{n-1}$
- (2.9) —  $T \otimes T_1|T_2| \dots |T_n := T|T_1| \dots |T_n$
- (2.10) —  $T \otimes U := T|U$

## 3.3 修饰符

[qualifier]

<sup>1</sup> 值除了总是具有类型之外, 还可能带有一个或数个修饰符。修饰符指示了值的其他属性。

### 3.3.1 mut

[qual.mut]

<sup>1</sup> **mut** 表示该值是可变的。

## 4 表达式

[expr]

*Expression:*

*PrimaryExpr*

*Operator Expression*

*Expression Operator*

*Expression Operator Expression*

<sup>1</sup> 4.2 到 4.14 各节按照优先级从高到低依次对运算符组进行描述。若无特别说明，每一节描述一个运算符组。

$$\triangleright : \mathcal{E} \times \Omega \rightarrow (\mathcal{V} \cup \mathcal{V}^\dagger \cup \{*\}) \times \Omega$$

<sup>2</sup>  $e \triangleright \omega$  称作在环境  $\omega$  下对  $e$  求值。设  $e \triangleright \omega = \langle v, \omega' \rangle$ 。如果  $v \in \mathcal{V}$ ，称求值正常结束， $v$  是  $e$  的值；否则，称求值以抛出  $v$  异常结束。 $v = *$  意味着求值过程中程序终止了。若无特别说明，对表达式  $e$  的子表达式  $e_0$  求值以抛出  $v$  异常结束也会导致对  $e$  的求值以抛出  $v$  异常结束。

<sup>3</sup>  $\omega$  是求值之前的环境， $\omega'$  是求值之后的环境。如果  $\omega = \omega'$ ，称  $e$  是无副作用的；如果  $e$  是无副作用的且  $v$  与  $\omega$  无关，称  $e$  是纯的。

<sup>4</sup> 下文的数学定义式中， $:=$  右边的  $e$  表示对  $e$  求值之后的  $v$ ； $\otimes e$  表示求值后的环境； $\triangleright e$  表示求值的结果。如果表达式是无副作用的，将  $\omega$  部分省略。

<sup>5</sup> 对含有子表达式的表达式求值时，总是先对其子表达式按出现次序从左到右求值。

<sup>6</sup> 丢弃表达式  $e$  的结果指，在决定  $e$  的类型时，直接将它确定为 **never** 而跳过所有步骤；在对  $e$  求值时，进行所有步骤，但是如果求值正常结束，丢弃最后的值。

### 4.1 基本表达式

[expr.primary]

*PrimaryExpr:*

*( Expression )*

*LiteralExpression*

*Identifier*

**this**

**\$**

*StmtExpr*

*LambdaParameter*

*LambdaExpr*

*DoExpr*

<sup>1</sup> 表达式  $(e)$  等价于  $e$ ，括号只作分组用途。[注：注意括号表达式不是一元元组。]

## 4.1.1 字面量表达式

[expr.lit]

*LiteralExpression:**IntegerLiteral**FloatingLiteral**StringLiteral**BooleanLiteral**nil**ArrayLiteral**TupleLiteral**ObjectLiteral**DictLiteral**ArrayLiteral:*[ *ExprList?* ]*TupleLiteral:*( *TupleExprList?* )*ExprList:**ExprItem**ExprList* , *ExprItem**TupleExprList:**ExprItem* , *ExprItem**TupleExprList* , *ExprItem**ExprItem:**Expression*... *Expression**ObjectLiteral:*{ *ObjectItems* }*ObjectItems:**ObjectItem**ObjectItems* , *ObjectItem**ObjectItem:**Identifier* : *Expression**Identifier*... *Expression**DictLiteral:*{ | *DictItems?* | }*DictItems:**DictItem**DictItems* , *DictItem*

*DictItem:*

*Expression* : *Expression*  
 ... *Expression*

- 1 字面量本身是基本表达式。整数字面量、浮点字面量、字符串字面量和布尔字面量的值分别参见1.5.1、1.5.2、1.5.3和1.5.5节的定义。
- 2 `nil` 的类型为  $T?$ ，其中  $T$  为待推导的类型参数。
- 3 数组字面量  $[e_1, \dots, e_n]$  表示一个显式写出其各元素的数组值。其类型为  $T[]$ ，其中  $T$  为各表达式的公共类型。如果其中包含形如  $\dots e$  的项，则视同将  $e$  的各元素显式插入在该位置。 $e$  必须实现 `core.Sequence`。如果数组字面量不包含任何成员，则  $T$  是一个待推导的类型。
- 4 元组字面量  $(e_1, \dots, e_n)$  表示一个显式写出其各元素的元组值。其类型为  $(T_1, \dots, T_n)$ ，其中  $T_i$  为  $e_i$  的类型。如果其中包含形如  $\dots e$  的项，则视同将  $e$  的各元素显式插入在该位置。 $e$  必须也是一个元组。特别的， $()$  的类型为 `void`，是 `void` 的唯一值。
- 5 对象字面量  $\{k_1:e_1, \dots, x_n:e_n\}$  表示一个显式写出其各元素的对象值。其类型为  $\{k_1:T_1, \dots, x_n:T_n\}$ ，其中  $T_i$  为  $e_i$  的类型。如果其中包含形如  $\dots e$  的项，则视同将  $e$  的各成员以相同标签显式插入在该位置。 $e$  必须是对象类型。[注：对象字面量必须至少包含一个键值对。 $\{\}$  将被解析为一个块。]
- 6 对象字面量  $\{e\}$  是  $\{e:e\}$  的简写。 $e$  必须是一个标识符。
- 7 字典字面量  $\{|k_1:v_1, k_2:v_2, \dots, k_n:v_n|\}$  表示一个显式写出其各元素的字典值。其类型为  $T[K]$ ，其中  $T$  为各  $v_i$  的类型， $K$  为各  $k_i$  的公共类型。如果其中包含形如  $\dots e$  的项，则视同将  $e$  的各元素对显式插入在该位置。 $e$  必须是字典类型。如果字典字面量不包含任何类型，则  $T$  和  $K$  是待推导的类型。

#### 4.1.2 `this`

[`expr.this`]

- 1 表达式 `this` 在类方法或扩展方法中表示当前方法的调用者。如果没有在参数中显式指定 `this` 的类型，则其类型为 `self`。

#### 4.1.3 `$`

[`expr.dollar`]

- 1 表达式 `$` 只能在序列作用域 (2.1.4) 中使用。如果当前序列为  $s$ ，则 `$` 等价于  $s.size$ 。该  $s$  必须实现了 `core.Sequence`。在其他位置使用 `$` 是一个编译错误。

#### 4.1.4 语句表达式

[`expr.stmt`]

*StmtExpr:*

*Block*  
*IfExpr*  
*MatchStatement*  
`break`  
`continue`  
`return` *Expression?*  
`throw` *Expression?*

```

IfExpr:
    IfStatement
    if Condition then Expression
    if Condition then Expression else Expression

```

- 1 部分语句也有对应的表达式。
- 2 块表达式的值是其末尾表达式的值。如果该表达式被省略，其类型为 `void`。
- 3 `if` 表达式的类型是其两个分支表达式的公共类型。如果 `else` 分支被省略，则视为 `void`。其值为最终执行的那个分支的值。只有一个分支会被求值。
- 4 `match` 表达式的类型为其所有分支的公共类型，值为最终匹配成功的分支的值。只有一个分支会被求值。
- 5 `break`、`continue`、`return` 和 `throw` 表达式的语义与其对应的语句的语义相同，类型为 `never`。

#### 4.1.5 Lambda 表达式

[expr.lambda]

```

LambdaExpr:
    FuncQual* LambdaParameter ReturnType* => LambdaBody

LambdaParameter:
    ParamDecl

LambdaBody:
    Expression

```

##### 4.1.5.1 Lambda 参数

[expr.lambda.param]

```

LambdaParameter:
    $ Digit+
    $ Identifier

```

- 1 Lambda 参数只能在 lambda 作用域 (2.1.3) 中使用，用于引用匿名参数。其类型是待推导的。不在 lambda 作用域中使用 lambda 参数，或在显式指定参数的 lambda 表达式中使用 lambda 参数，是一个编译错误。
- 2 `$` 后跟数字 *i* 指代第 *i* 个参数。`$` 后跟标识符 *n* 指代具名参数 *n*。

##### 4.1.5.2 do 表达式

[expr.do]

```

DoExpr:
    do Block
    do ! Block

```

- 1 `do` 后跟一个块创建一个没有显式指定参数的 lambda 表达式。`do!` 后跟一个块创建一个无参的 lambda 表达式并立即调用它，将其值作为整个表达式的值。

[例:]

```

let arr = [1, 2, 3];

let first1 = arr.first { $0 > 2 }; // 获取第一个满足条件的元素

```

```

let firstFinder = do {
  for let v : $0 {
    if v > 2 { return v; }
  }
  nil
};

let first2 = firstFinder(arr); // 与上面等价

let first3 = do! {
  for let v : arr {
    if v > 2 { return v; }
  }
  nil
}; // 与上面等价
]

```

## 4.2 后缀运算符

[expr.suffix]

*SuffixExpr*:

*PrimaryExpr*

*IndexExpr*

*FuncCallExpr*

*MemberAccessExpr*

*AwaitExpr*

*NullCheckExpr*

*PrevNextExpr*

### 4.2.1 下标运算符

[expr.sub]

*IndexExpr*:

*SuffixExpr* [ *ExprList*? ]

- <sup>1</sup> 下标运算符用于对数组进行访问。 $a[i]$  表示数组  $a$  的第  $i$  个元素。用户自定义的下标运算符可以接受多于一个参数。

### 4.2.2 函数调用运算符

[expr.call]

*FuncCallExpr*:

*SuffixExpr* ( *Arguments*? ) *Block*\*

*SuffixExpr* *Block*



*Arguments:*

*UnnamedArgs*

*NamedArgs*

*UnnamedArgs* , *NamedArgs*

*UnnamedArgs:*

*Expression*

*UnnamedArgs* , *Expression*

*NamedArgs:*

*Identifier* : *Expression*

*NamedArgs* , *Identifier* : *Expression*

- 1 函数调用运算符用于调用函数。括号内的项作为参数传递给函数。
- 2 如果函数调用运算符的左操作数形如  $o.f$ ，其中  $f$  是一个名称且不是  $o$  的成员名称，则这称作方法调用。此时， $o$  将作为  $f$  的第一个位置参数传递给函数  $f$ 。
- 3 函数调用运算符可以后跟一个块。这个块将作为一个匿名 lambda 块，创建一个 lambda 表达式并作为函数的最后一个位置参数传递给函数。若此时函数没有任何其他参数，则函数调用的小括号可以省略。

### 4.2.3 成员访问运算符

[**expr.member**]

*MemberAccessExpr:*

*SuffixExpr* . *UnqualID*

*SuffixExpr* . *IntegerLiteral*

*SuffixExpr* . ( *Expression* )

- 1 成员访问运算符用于访问对象的成员。 $o.m$  表示对象  $o$  的成员  $m$ 。如果  $o$  没有成员  $m$ ，若它后跟一个函数调用运算符，则作为方法调用处理；否则这是一个编译错误。
- 2  $o.i$  用于元组成员的访问，表示  $o$  的第  $i$  个元素。 $i$  必须是一个不包含前缀或后缀的十进制字面量。如果  $i$  大于元组的长度，这是一个编译错误。
- 3  $o.(e)$  首先对  $e$  求值。如果得到一个 **symbol** 类型的值，则对  $o$  进行成员访问。如果得到一个整数类型的值，则对  $o$  进行元组成员访问。否则，这是一个编译错误。 $e$  必须是常量表达式。

### 4.2.4 await 运算符

[**expr.await**]

*AwaitExpr:*

*SuffixExpr* . **await**

- 1 **await** 运算符用于等待一个异步表达式的结果。 $e.\text{await}$  挂起当前计算，直到  $e$  的值可用。如果  $e$  的类型是 **core.Future<T>**，则  $e.\text{await}$  的类型是  $T$ 。

### 4.2.5 空值检测运算符

[**expr.null**]

*NullCheckExpr:*

*SuffixExpr* ?

*SuffixExpr* !

- <sup>1</sup>  $e?$  对  $e$  进行空值检测。如果  $e$  的值不为 `nil`，则  $e?$  的值为  $e$ ；否则，该表达式直到空值检测运算符为止的整个表达式的值为 `nil`。 $e$  的类型必须是  $T?$ 。即使空值检测运算符检测为空，表达式的其它部分仍然会被求值。

[例：

```
let a: int? = nil;

a + 1 // 编译错误，不存在接受 int? 和 int 的加法运算符
a? + 1 // nil
(a + 1)? // nil, 多余的运算符
a? + 1 ?? 1 // 1, ? 不会越过?? 运算符
(a? + 1) ?? 1 // 同上，但是更清晰
```

]

- <sup>2</sup>  $e!$  与  $e?$  类似，但它在  $e$  为 `nil` 的时候抛出 `core.Exception.checkedNil`。
- <sup>3</sup> 如果空值检测运算符的操作数类型是  $T?$ ，则整个表达式的类型为  $T$ 。如果空值检测运算符的左操作数不是可空类型，则空值检测运算符将被忽略。实现可以为此提出一个警告。

#### 4.2.6 前驱后继运算符

[`expr.prev-next`]

*PrevNextExpr*:  
*SuffixExpr* +!  
*SuffixExpr* -!

- <sup>1</sup>  $e+!$  和  $e-!$  分别表示  $e$  的后继和前驱。如果  $e$  的类型是算数类型， $e+!$  等价于  $e + 1$ ， $e-!$  等价于  $e - 1$ 。

#### 4.3 前缀运算符

[`expr.prefix`]

*PrefixExpr*:  
*SuffixExpr*  
*MathPrefixExpr*  
*NotExpr*  
*NegationExpr*

##### 4.3.1 数学前缀运算符

[`expr.prefix-math`]

*MathPrefixExpr*:  
+ *PrefixExpr*  
- *PrefixExpr*

- <sup>1</sup> 前缀运算符 + 和 - 分别表示正号和负号。其中 + 的值为其操作数的值，而 - 的值为其相反数。操作数类型必须为算术类型。

##### 4.3.2 逻辑否运算符

[`expr.not`]

*NotExpr*:  
! *PrefixExpr*

- <sup>1</sup> 逻辑否运算符 `!` 用于对布尔值取反。如果操作数为 `true`，则结果为 `false`；如果操作数为 `false`，则结果为 `true`。

### 4.3.3 位取反运算符

[`expr.neg`]

*NegationExpr:*  
`' ~ PrefixExpr`

- <sup>1</sup> 位取反运算符 `' ~` 进行按位取反。操作数的类型必须是定长整数类型。

## 4.4 乘法运算符

[`expr.mul`]

*MulExpr:*  
`PrefixExpr`  
`MulExpr * PrefixExpr`  
`MulExpr / PrefixExpr`  
`MulExpr % PrefixExpr`

- <sup>1</sup> 运算符 `*`、`/` 和 `%` 分别表示乘法、除法和余数。乘除法只对整数类型进行溢出检查，而不对定长整数类型和浮点类型进行。除零检测对整数类型和定长整数类型都生效。

## 4.5 加法运算符

[`expr.add`]

*AddExpr:*  
`MulExpr`  
`AddExpr + MulExpr`  
`AddExpr - MulExpr`

- <sup>1</sup> 运算符 `+` 和 `-` 分别表示加法和减法。其操作必须为算术类型。加减法只对整数类型进行溢出检查，而不对定长整数类型和浮点类型进行。

## 4.6 移位运算符

[`expr.shift`]

*ShiftExpr:*  
`AddExpr`  
`ShiftExpr shl AddExpr`  
`ShiftExpr shr AddExpr`

- <sup>1</sup> 运算符 `shl` 和 `shr` 表示按位左移和右移。其操作数必须为定长整数类型。在同一个表达式中混合使用 `shl` 和 `shr` 是一个编译错误。

## 4.7 位运算符

[`expr.bit`]

*BitwiseExpr:*  
`ShiftExpr`  
`BitwiseExpr '& ShiftExpr`  
`BitwiseExpr '^ ShiftExpr`  
`BitwiseExpr '| ShiftExpr`

- <sup>1</sup> 运算符 '&'、'^' 和 '|' 分别表示按位与、按位异或和按位或。其操作数必须为定长整数类型。在同一个表达式中混合使用 '&'、'^' 和 '|' 是一个编译错误。

#### 4.8 空值合并运算符

[`expr.null-coal`]

*NullCoalExpr*:

*BitwiseExpr*

*NullCoalExpr* ?? *BitwiseExpr*

- <sup>1</sup> `a??b` 首先对 `a` 求值，如果其结果不是 `nil`，则表达式的值为 `a`，且 `b` 不会被求值；否则表达式的值为 `b`。
- <sup>2</sup> 如果 `a` 的类型不是可空类型，则这是一个编译错误。如果 `a` 的类型为 `A?`，`b` 的类型为 `B`，则表达式的类型为 `A` 和 `B` 的公共类型。

#### 4.9 区间运算符

[`expr.range`]

*RangeExpr*:

*NullCoalExpr*

*NullCoalExpr* .. *NullCoalExpr* *NullCoalExpr* ..= *NullCoalExpr*

- <sup>1</sup> 运算符 `..` 用于生成左闭右开区间。运算符 `..=` 用于形成闭区间。

#### 4.10 连接运算符

[`expr.connect`]

*ConnectExpr*:

*RangeExpr*

*ConnectExpr* ~ *RangeExpr*

- <sup>1</sup> 运算符 `~` 用于连接字符串或集合。其操作数的类型必须满足以下条件之一：
- (1.1) — 两个操作数都是 `string`；
  - (1.2) — 一个操作数满足 `core.Sequence<T>`，另一个是 `T`；
  - (1.3) — 两个操作数都满足 `core.Sequence<T>`。

对第一种情况，结果等于将两个字符串左右连接得到的结果；对第二种情况，`x ~ y` 等于 `[x, ...y]` 或 `[...x, y]`，取决于哪个操作数是序列；对第三种情况，`x ~ y` 等于 `[...x, ...y]`。

#### 4.11 比较运算符和包含运算符

[`expr.cmp-in`]

*BooleanExpr*:

*RangeExpr*

*CompareExpr*

*IncludeExpr*

- <sup>1</sup> 本节中的运算符的结果都是 `bool`。

## 4.11.1 比较运算符

[expr.compare]

*CompareExpr:*

*RangeExpr* != *RangeExpr*  
*RangeExpr* !< *RangeExpr*  
*RangeExpr* !> *RangeExpr*  
*RangeExpr* <> *RangeExpr*  
*RangeExpr* cmp *RangeExpr*  
*LessChainExpr*  
*GreaterChainExpr*

*LessChainExpr:*

*RangeExpr* *LessChainOperator* *RangeExpr*  
*LessChainExpr* *LessChainOperator* *RangeExpr*

*LessChainOperator:* 以下之一

&lt; == &lt;=

*GreaterChainExpr:*

*RangeExpr* *GreaterChainOperator* *RangeExpr*  
*GreaterChainExpr* *GreaterChainOperator* *RangeExpr*

*GreaterChainOperator:* 以下之一

&gt; == &gt;=

$a == b \iff a \text{ cmp } b = \text{.equal}$   
 $a != b \iff a \text{ cmp } b \neq \text{.equal}$   
 $a < b \iff a \text{ cmp } b = \text{.less}$   
 $a !< b \iff a \text{ cmp } b \neq \text{.less}$   
 $a > b \iff a \text{ cmp } b = \text{.greater}$   
 $a !> b \iff a \text{ cmp } b \neq \text{.greater}$   
 $a <= b \iff a \text{ cmp } b = \text{.less or .equal}$   
 $a >= b \iff a \text{ cmp } b = \text{.greater or .equal}$   
 $a <> b \iff a \text{ cmp } b = \text{.less or .greater}$

<sup>1</sup>  $a \text{ cmp } b$  比较两个表达式，其结果类型为 `core.Order`。其余比较运算符的结果类型为 `bool`。

<sup>2</sup> <、<= 和 == 可以连续使用。 $a < b <= c$  等价于  $a < b \ \& \ b <= c$ 。>、>= 和 == 也可以用类似方式混合。以其他方式在一个表达式中使用超过一个比较运算符是一个编译错误。

### 4.11.2 包含运算符

[expr.include]

*IncludeExpr:*

*RangeExpr in RangeExpr*

*RangeExpr ! in RangeExpr*

- <sup>1</sup> *a in b* 检测 *a* 是否在 *b* 中。*a ! in b* 检测 *a* 是否不在 *b* 中。*b* 必须实现 `core.Sequence`。

### 4.12 逻辑运算符

[expr.logic]

*LogicExpr:*

*BooleanExpr*

*LogicExpr & BooleanExpr*

*LogicExpr | BooleanExpr*

- <sup>1</sup> `&` 和 `|` 是逻辑运算符。两者的操作数都必须实现 `core.Boolean`。它们都使用短路求值。在同一个表达式中混合使用两个运算符是一个编译错误。

### 4.13 赋值运算符

[expr.assign]

*AssignExpr:*

*LogicExpr*

*SuffixExpr = LogicExpr*

*SuffixExpr += LogicExpr*

*SuffixExpr -= LogicExpr*

*SuffixExpr \*= LogicExpr*

*SuffixExpr /= LogicExpr*

*SuffixExpr %= LogicExpr*

*SuffixExpr shl\_eq LogicExpr*

*SuffixExpr shr\_eq LogicExpr*

*SuffixExpr '&= LogicExpr*

*SuffixExpr '^= LogicExpr*

*SuffixExpr '|= LogicExpr*

*SuffixExpr '??= LogicExpr*

*SuffixExpr ++*

*SuffixExpr --*

*SuffixExpr <~ LogicExpr*

*LogicExpr ~> SuffixExpr*

- <sup>1</sup> 赋值表达式的结果类型是 `void`。
- <sup>2</sup> `=` 将左操作数的值更新为右操作数的值。左操作数必须是 `mut` 的，且右操作数必须能隐式转换到左操作数。
- <sup>3</sup> 复合赋值运算符 `+=`、`-=`、`*=`、`/=`、`%=`、`shl_eq`、`shr_eq`、`'&=`、`'^=`、`'|=` 和 `'??=` 分别表示加、减、乘、除、取余、左移、右移、按位与、按位异或、按位或和空值合并赋值。对这些运算符而言，*a op= b* 或 *a op\_eq b* 等价于 *a = a op b*，但 *a* 只被求值一次。
- <sup>4</sup> 自增运算符 *e++* 等价于 *e = e+!*，自减运算符 *e--* 等价于 *e = e-!*，但 *e* 只被求值一次。

- <sup>5</sup> 追加运算符  $e <\sim v$  等价于  $e = e \sim v$ ,  $v \sim> e$  等价于  $e = v \sim e$ , 但  $e$  只被求值一次。

#### 4.14 分号运算符

[expr.semi]

*Expression:*

*AssignExpr*

*AssignExpr ; Expression*

*Binding ; Expression*

$$x ; y \triangleright \omega := y \triangleright \otimes \text{discard}(x)$$

- <sup>1</sup> 分号表达式中，分号左侧可以为一个表达式或绑定。如果分号左侧为绑定，则该绑定会被插入到当前作用域中。如果左侧为表达式，则该表达式将被求值且结果会被丢弃。在那之后，将对右侧表达式进行求值并将其值作为整个表达式的值。

## 5 语句

[stmt]

*Statement:*

*Block*  
*BindingStatement*  
*IfStatement*  
*MatchStatement*  
*WhileStatement*  
*ForStatement*  
*BreakStatement*  
*ContinueStatement*  
*ReturnStatement*  
*ThrowStatement*

- <sup>1</sup> 语句是块的构成部分。如果语句包含子块，则这个块将优先作为语句的构成部分而不是其中的表达式的一部分。[例：

```
// 错误: { true } 被认为是 if 语句的第一个子块，而不是它的条件表达式的一部分
if x.filter{ true }
```

]

### 5.1 块

[stmt.block]

*Block:*

{ *BlockItem*\* }

*BlockItem:*

*Expression* ;?  
*BlockDecl*  
*Statement*

- <sup>1</sup> 块是由大括号包裹的一系列声明和表达式的序列。块定义了一个块作用域。块的求值按照顺序进行，整个语句的值是最后一个项目的值。所有不是最后一项的表达式项的值被丢弃；这些表达式必须以；结尾。如果最后一个项目是一个声明，这个块的类型为 **void**。

### 5.2 绑定语句

[stmt.bind]

*BindingStatement:*

*Binding* ;

*Binding:*

*Pattern* = *Expression* ;

- <sup>1</sup> 绑定形如  $p = e$ ，其中  $p$  是包含至少一个绑定模式的模式。



- 2 绑定语句将一个绑定插入当前作用域中。该绑定必须不能失败。

### 5.3 if 语句

[stmt.if]

*IfStatement:*

```
if Condition Block
if Condition Block else Block
```

*Condition:*

```
Expression
Binding
```

- 1 如果条件为表达式  $e^1$ ，那么这个表达式的类型必须实现 `core.Boolean`。条件成立当且仅当  $e$  求值为真。如果条件是绑定，那条件成立当且仅当绑定成功。该绑定必须可以失败。
- 2 如果 `if` 语句的条件成立，执行第一个子块。否则，若有 `else` 子块，执行 `else` 子块。

### 5.4 match 语句

[stmt.match]

*MatchStatement:*

```
match Expression MatchBlock
```

*MatchBlock:*

```
{ BlockItem* MatchItem+ }
```

*MatchItem:*

```
Pattern -> Statement
```

- 1 `match` 语句对其后跟的表达式进行模式匹配。`match` 语句的各项中的模式必须覆盖被匹配表达式的所有可能值，否则这是一个编译错误。对 `match` 语句的求值将按如下顺序进行：
- (1.1) — 如果语句匹配块之前有项，执行这些项。他们作用域是整个块。
- (1.2) — 按出现顺序对每个项进行匹配。如果某个项的模式匹配成功，则执行其后的语句。所有其他项都不会进行求值。

### 5.5 while 语句

[stmt.while]

*WhileStatement:*

```
while Expression? Block
```

- 1 `while` 语句处理循环，其中的表达式必须实现 `core.Boolean`。整个语句的类型为 `void`。
- 2 `while` 语句每次循环都会对控制表达式进行求值。如果求值为真，则继续循环，否则终止循环。如果表达式被省略，则等价于表达式为 `true`。

### 5.6 for 语句

[stmt.for]

*ForStatement:*

```
for Pattern : Expression Block
```

---

1) 因为赋值表达式的类型是 `void`，形如 `p = e` 的程序文本将始终被看做一个模式匹配而不是赋值表达式。

- <sup>1</sup> *for* 语句进行明确的范围循环。形如 `for p : e B` 的 *for* 语句需满足：*e* 实现了 `core.Sequence` 且 `typeof(e).Item` 匹配 *p* 不会失败，否则这是一个编译错误。*p* 中注入的变量在整个 *for* 语句的范围内生效。整个语句的类型为 `void`。

## 5.7 控制语句

[stmt.control]

*BreakStatement:*

`break ;`

*ContinueStatement:*

`continue ;`

*ReturnStatement:*

`return Expression? ;`

*ThrowStatement:*

`throw Expression? ;`

- <sup>1</sup> 控制语句包括 `break` 语句、`continue` 语句、`return` 语句和 `throw` 语句。
- <sup>2</sup> `break` 语句只能在 `while` 或 `for` 语句中使用。它终止最内层的循环语句，将控制流移动到该语句之后。
- <sup>3</sup> `continue` 语句只能在 `while` 或 `for` 语句中使用。它终止最内侧循环语句的本次循环。将控制流移动到该语句的下次循环开始。
- <sup>4</sup> `return` 语句只能在函数作用域（[2.1.2](#)）中使用。它中止当前函数的执行，并将后跟的表达式作为整个函数的返回值。如果表达式被省略，则等价于 `()`。
- <sup>5</sup> `throw` 语句只能在函数作用域中使用。它终止当前函数的执行，并将后跟的表达式作为异常抛出。如果表达式被省略，除非语句当前处于 `catch` 块中，此时将会重新抛出原异常；否则这是一个编译错误。

## 6 模式匹配

[pattern]

*Pattern:*

*PatternBody PatternAssertion\**

*PatternBody:*

*NullPattern*

*ExprPattern*

*BindPattern*

*ArrayPattern*

*TuplePattern*

*ObjectPattern*

*PatternAssertion:*

*TypeAssertion*

*IncludeAssertion*

*CondAssertion*

- <sup>1</sup> 模式匹配用于检验一个值是否符合特定的模式，以及在符合特定的模式时从中提取某些成分。本节中， $v$  表示值， $p$  表示模式。值符合特定的模式称为这个值匹配这个模式，记作  $v \parallel p$ 。
- <sup>2</sup> 模式  $p$  由模式主体和模式断言构成。模式主体规定匹配的结构与操作，模式断言则对值的特征进行断言。一个主体可以带有任意数量的断言。

### 6.1 空模式

[pattern.null]

*NullPattern:*

-

- <sup>1</sup> 空模式能够匹配任意值。匹配成功后， $v$  的值将被丢弃。

### 6.2 表达式模式

[pattern.expr]

*ExprPattern:*

*Expression*

- <sup>1</sup>  $v$  和  $e$  必须可比较。 $v \parallel e$  当且仅当  $v == e$ 。

### 6.3 数组模式

[pattern.array]

*ArrayPattern:*

[ *AnyPattern* (, *AnyPattern*)\* ]

*AnyPattern*:  
*Pattern*  
 ...  
*BindKeyword* ... *Identifier*

- <sup>1</sup> 数组模式匹配序列中的元素。其中... 项（称作任意项模式）只能出现至多一次，否则这是一个编译错误。 $v$  必须实现 `core.Sequence`，否则这是一个编译错误。
  1. 如果模式不包含任意项，且  $v.size$  与模式中项的数量不相等，则匹配失败。
  2. 如果模式包含任意项，且  $v.size$  小于模式中非任意项的数量，则匹配失败。
- <sup>2</sup> 在那之后，将按如下规则依次对  $v$  的元素进行匹配。如果每个匹配都成功，则整个模式  $p$  匹配  $v$ 。
  1. 对任意项模式之前的模式（如果不存在任意项则对每个子模式）， $p_i$  匹配  $v[i]$ ，其中  $i$  是子模式的索引（从 0 开始）。
  2. 对任意项模式之后的模式， $p_r$  匹配  $v[ \$-r ]$ ，其中  $r$  是子模式从后向前数的索引（从 0 开始）。
- <sup>3</sup> 如果任意项包含一个绑定，则该任意项匹配到的元素将被绑定到相应的标识符上。

## 6.4 元组模式

[pattern.tuple]

*TuplePattern*:  
 ( *AnyPattern* (, *AnyPattern*)\* )

- <sup>1</sup> 与数组模式类似，元组模式匹配元组。

## 6.5 对象模式

[pattern.object]

*ObjectPattern*:  
 { *ObjectPatternBody* }  
*ObjectPatternBody*:  
*ObjectItem* (, *ObjectItem*)\*  
*ObjectItem*:  
*Identifier* : *Pattern*

- <sup>1</sup> 对象模式对对象进行匹配。如果对于每个对  $(k, p_k)$  而言， $v.k$  匹配  $p_k$  都成立，则整个模式匹配成功。
- <sup>2</sup> 与数组和元组匹配不同，对象匹配是开放的，即  $v$  可以包含未在模式中列出的项。

## 6.6 绑定模式

[pattern.bind]

*BindPattern*:  
*BindKeyword* *PatternBind*  
*BindKeyword*:  
 var  
 let

*PatternBind*:

*Identifier PatternAssertion*

*ArrayPatternBind*

*TuplePatternBind*

*ObjectPatternBind*

*ArrayPatternBind*:

[ *AnyPatternBind* (, *AnyPatternBind*)\* ]

*TuplePatternBind*:

( *AnyPatternBind* (, *AnyPatternBind*)\* )

*AnyPatternBind*:

*PatternBind*

... *Identifier*?

*NullPattern*

*ExprPattern*

*ObjectPatternBind*:

{ *ObjectPatternBodyBind* }

*ObjectPatternBodyBind*:

*ObjectItemBind* (, *ObjectItemBind*)\*

*ObjectItemBind*:

*Identifier* : *PatternBind*

*Identifier*

- 1 绑定模式可以匹配任意值。匹配成功后，该标识符将作为一个变量插入到当前作用域中。如果绑定使用的是 **var**，则该变量具有 **mut** 修饰。
- 2 绑定模式可以使用简写，表5列出了一些常见的简写形式。

表 5 — 绑定简写与其完整形式

<b>let</b> [a, b]	[ <b>let</b> a, <b>let</b> b]
<b>let</b> (v, _)	( <b>let</b> v, _)
<b>let</b> [x, ...y]	[ <b>let</b> x, <b>let</b> ... y]
<b>let</b> { x }	{ x: <b>let</b> x }

## 6.7 类型断言

[**pattern.type**]

*TypeAssertion*:

**is** *Type*

: *Type*

**as** *Type*

- 1 类型断言对值的类型进行约束。它包括以下类型：
  - (1.1) — **is T** 要求值的类型与 **T** 完全一致。

- (1.2) — :  $T$  要求值的类型是  $T$  的子类型。
- (1.3) — **as**  $T$  要求值的类型能够转换到  $T$ ，无论显式或隐式。

## 6.8 包含断言

[pattern.include]

*IncludeAssertion:*  
     **in** *Expression*

- <sup>1</sup> 包含断言要求值包含在某个集合  $e$  中。如果  $v \text{ !in } e$ ，则匹配失败。

## 6.9 条件断言

[pattern.cond]

*CondAssertion:*  
     **if** *Expression*

- <sup>1</sup> 条件断言要求值满足某个条件。

## 7 声明

[decl]

*Declaration:*

*BlockDecl*

*BlockDecl:*

*FuncDecl*

*TypeDecl*

*ClassDecl*

*EnumDecl*

*ConceptDecl*

### 7.1 类型声明

[decl.type]

*TypeDecl:*

*TypeQual* \* **type** *Identifier* *TypeBody*

*TypeQual:*

**const**

*TypeBody:*

*ObjectType*

**=** *Type*

## 8 函数

[func]

*FuncDecl:*  
*FuncQual*\* **func** *UnqualID* *Parameter* *ReturnType?* *Block*

*FuncQual:*  
**async**  
**const**

*Parameter:*  
 ( *ParamList?* )

*ParamList:*  
*ParamDecl*  
*ParamList* , *ParamDecl*

*ParamDecl:*  
*ParamName* : *Type?*

*ParamName:*  
*Identifier*  
**this**

*ReturnType:*  
 -> *Type*



## 9 概念

[concept]

## 10 类

[class]

```

ClassDecl:
    ClassQual* class Identifier ClassBody

ClassQual:
    const

ClassBody:
    { ClassMember* }

ClassMember:
    FieldDecl
    PropertyDecl
    FuncDecl
    TypeDecl
    ClassDecl
    EnumDecl
    ConceptDecl

```

- <sup>1</sup> 类描述内部不透明的类型。

### 10.1 类字段

[class.member]

```

FieldDecl:
    FieldQual* BindKeyword Identifier TypeNotation Initializer? ; FieldQual* BindKeyword Identifier Initializer ;

TypeNotation:
    : Type

Initializer:
    = Expression

```

- <sup>1</sup> 类中的字段表示类的内部状态，其默认访问级别为 **private**。使用 **let** 声明的表示不可变字段，使用 **var** 声明的表示可变字段。类字段可以显式指定类型，也可以通过初始值推导类型。

### 10.2 类属性

[class.property]

```

PropertyDecl:
    PropertyQual* BindKeyword Identifier TypeNotation? Initializer? PropertyBody ;

PropertyQual:
    AccessQual

PropertyBody:
    { PropertyMember+ }

```

*PropertyMember:*

```
PropertyQual* PropertyKeyword PropertyBlockParam? Block
PropertyQual* PropertyKeyword PropertyExprParam? => Expression ;
PropertyQual* PropertyKeyword ;
```

*PropertyKeyword:* 以下之一

```
get set willSet didSet
```

*PropertyBlockParam:*

```
Identifier
```

```
Identifier , Identifier
```

*PropertyExprParam:*

```
Identifier
```

```
( Identifier , Identifier )
```

- 1 类中还可以声明属性。属性是类对外暴露的接口，其默认访问级别为 `public`。属性的定义至少需要包含一个访问器。
- 2 属性的访问器可以以上下文关键字 `get`、`set`、`willSet` 或 `didSet` 开始。`get` 访问器不接受任何参数。读取该属性的值将会调用它的 `get` 访问器。`set` 访问器接受一个参数，其类型为该属性的类型。`willSet` 和 `didSet` 访问器接受两个参数，依次为旧值和新值。在设置该属性的值时，将会依次调用 `willSet`、`set` 和 `didSet` 访问器。
- 3 如果属性 `p` 的声明中既不包含 `get` 也不包含 `set` 访问器，则视作该类具有字段 `p'`，且具有访问器 `get => this.p'`。如果该属性以 `var` 声明，则还视为该属性具有访问器 `set v => this.p' = v`，其中 `v` 是一个不与其他标识符冲突的标识符。如果 `get` 或 `set` 访问器后直接跟分号，则视作以上述方式生成访问器，且另一个对应的访问器若存在则必须采用这种省略方式声明。
- 4 使用 `let` 声明的属性不能包含 `set`、`willSet` 和 `didSet` 访问器。在考虑自动生成的访问器之后，如果一个属性缺少 `get` 访问器，或一个 `var` 属性缺少 `set` 访问器，则这是一个编译错误。
- 5 属性可以具有类型提示或初始化器。如果属性未按前文所述具有对应的字段，则不能具有初始化器。如果属性省略类型提示，则其类型将从 `get` 访问器中推导。如果它的 `get` 访问器是自动生成的，这是一个编译错误。

### 10.3 方法

[method]

- 1 类中的函数声明称作方法。方法隐含了一个 `this` 参数，其为调用该方法的对象。

[例:

```
class A {
    let x: int;
    func set(x: int) {
        std.io.print(this.x); // 无需显式 this 参数
    }
};
```

```
func set(this: A, x: int) {  
    std.io.print(this.x); // 与上面相同  
}  
]
```

### 10.3.1 方法查找

[method.lookup]

1

# 11 枚举

[enum]

*EnumDecl:*

`enum Identifier EnumBaseType? { Enumerators }`

*EnumBaseType:*

`: Type`

*Enumerators:*

`Enumerator (, Enumerator)* , ?`

*Enumerator:*

`Attribute? Identifier EnumeratorTail?`

*EnumeratorTail:*

`= Expression`

`[ Type ]`

`TupleType`

`ObjectType`

- <sup>1</sup> 枚举类型用来表示一组孤立值，在其定义中使用枚举符表示。枚举符还可以带有参数，以表示同一枚举符下的一系列值。

[例:]

```
enum E {
    A,
    B(int),
    C[int],
    D{ name: string }
}
```

上述代码定义了一个枚举类型 `E`，它包含四个枚举符，可以以如下方式访问：`E.A`、`E.B(0)`、`E.C[1, 2, 3]` 及 `E.D name: "Hello"`。

## 11.1 传统枚举类型

[enum.trad]

- <sup>1</sup> 只包含单独枚举符的枚举类型称作传统枚举类型。传统枚举类型可以指定基底类型 `B`，也可以为其枚举符指定值。如果一个传统枚举类型没有显式指定基底类型，则 `B` 为 `int`。`B` 必须实现 `core.Equatable`。
- <sup>2</sup> 在传统枚举类型中，每个枚举符都有对应的值。其确定如下：
- (2.1) — 如果该枚举符被指定值，则其值为被指定的表达式隐式转换到 `B` 的结果；
- (2.2) — 否则，如果该枚举符是第一个值，则其值为 `B.init()`；

(2.3) — 否则，假设该枚举符的前一个值为  $v$ ，则其值为  $v+!$ 。

每个枚举符都可以显示转换为对应的基底类型。

## 12 属性与修饰符

[attr]

### 12.1 noreturn

[attr.noreturn]

<sup>1</sup> `noreturn` 修饰的函数将不会返回。函数的返回类型必须省略或者是 `never`。

## 13 访问控制

[access]

*AccessQual*: 以下之一

`public private`



## 14 core 库介绍

[core]

- <sup>1</sup> core 库是唯一与语言相互作用的库。实现了解 core 库的所有组件的接口以及（需要的话）内部细节。一个实现必须提供 core 库。

## 15 顺序库

[core.order]

<sup>1</sup> core.order 对各种序关系进行了定义。

### 15.1 类型

[core.order.type]

```
enum Order {  
    less,  
    equal,  
    greater,  
    unordered  
}
```

## 16 序列库

[core.seq]

<sup>1</sup> `core.seq` 库包含所有与序列相关的库。

# 索引

作用域, 8

    lambda, 8

    函数, 8

    声明, 8

    序列, 8

修饰符, 13, 41

    mut, 13

函数, 34

名称, 9

名称查找, 9

声明, 33

    类型, 33

属性, 41

    noreturn, 41

库, 43

    序列库, 45

方法, 37

    查找, 38

枚举

    传统, 39

模式匹配, 29

    元组, 30

    包含断言, 32

    对象, 30

    数组, 29

    条件断言, 32

    空, 29

    类型断言, 31

    绑定, 30

    表达式, 29

求值, 14

类, 36

字段, 36

属性, 36

类型, 10

    公共类型, 13

    基本类型, 10

    复合类型, 11

    特殊类型, 11

表达式, 14

    \$, 16

    do, 17

    Lambda, 17

    this, 16

    基本, 14

    字面量, 15

    语句, 16

访问控制, 42

语句, 26

    for, 27

    if, 27

    match, 27

    while, 27

    块, 26

    控制, 28

    绑定, 26

运算符

    await, 19

    下标, 18

    乘法, 21

    位, 21

    位取反, 21

    函数调用, 18

    分号, 25

    前缀, 20

序列库

前驱后继, 20  
加法, 21  
包含, 24  
区间, 22  
后缀, 18  
成员访问, 19  
数学前缀, 20  
比较, 23  
移位, 21  
空值合并, 22  
空值检测, 19  
赋值, 24  
逻辑, 24  
逻辑否, 20

# 语法产生式索引

*AccessQual*, 42  
*AddExpr*, 21  
*AnyPattern*, 30  
*AnyPatternBind*, 31  
*Arguments*, 19  
*ArrayLiteral*, 15  
*ArrayPattern*, 29  
*ArrayPatternBind*, 31  
*AssignExpr*, 24  
*AwaitExpr*, 19  
  
*BinaryDigit*, 2  
*BinaryExponentPart*, 4  
*BinaryLiteral*, 2  
*Binding*, 26  
*BindingStatement*, 26  
*BindKeyword*, 30  
*BindPattern*, 30  
*BitwiseExpr*, 21  
*Block*, 26  
*BlockDecl*, 33  
*BlockItem*, 26  
*BooleanExpr*, 22  
*BooleanLiteral*, 6  
*BreakStatement*, 28  
  
*ClassBody*, 36  
*ClassDecl*, 36  
*ClassMember*, 36  
*ClassQual*, 36  
*CompareExpr*, 23  
*CompType*, 11  
*CondAssertion*, 32  
*Condition*, 27  
*ConnectExpr*, 22

*ContinueStatement*, 28  
*CustomOperator*, 2  
*CustomOperatorPart*, 2  
  
*DecimalFloatingLiteral*, 3  
*DecimalLiteral*, 2  
*Declaration*, 33  
*DictItem*, 16  
*DictItems*, 15  
*DictLiteral*, 15  
*Digit*, 2  
*Digits*, 2  
*DoExpr*, 17  
  
*EnumBaseType*, 39  
*EnumDecl*, 39  
*Enumerator*, 39  
*Enumerators*, 39  
*EnumeratorTail*, 39  
*EscapeSeq*, 4  
*ExponentPart*, 4  
*Expression*, 14, 25  
*ExprItem*, 15  
*ExprList*, 15  
*ExprPattern*, 29  
  
*FieldDecl*, 36  
*FloatingLiteral*, 3  
*ForStatement*, 27  
*FuncCallExpr*, 18  
*FuncDecl*, 34  
*FuncQual*, 34  
*FundaType*, 10  
  
*GreaterChainExpr*, 23  
*GreaterChainOperator*, 23

*HexadecimalDigit*, 3  
*HexadecimalDigits*, 3  
*HexadecimalFloatingLiteral*, 3  
*HexadecimalLiteral*, 3  
*HexadecimalPrefix*, 3  
  
*Identifier*, 1  
*IdentifierHead*, 1  
*IdentifierTail*, 1  
*IDExpr*, 9  
*IfExpr*, 17  
*IfStatement*, 27  
*IncludeAssertion*, 32  
*IncludeExpr*, 24  
*IndexExpr*, 18  
*Initializer*, 36  
*IntegerLiteral*, 2  
  
*LambdaBody*, 17  
*LambdaExpr*, 17  
*LambdaParameter*, 17  
*LessChainExpr*, 23  
*LessChainOperator*, 23  
*Literal*, 2  
*LiteralExpression*, 15  
*LogicExpr*, 24  
  
*MatchBlock*, 27  
*MatchItem*, 27  
*MatchStatement*, 27  
*MathPrefixExpr*, 20  
*Mchar*, 5  
*Mdelim*, 5  
*MemberAccessExpr*, 19  
*MulExpr*, 21  
  
*NamedArgs*, 19  
*NamedType*, 13  
*NegationExpr*, 21  
*NotExpr*, 20  
  
*NullCheckExpr*, 19  
*NullCoalExpr*, 22  
*NullPattern*, 29  
  
*ObjectItem*, 15, 30  
*ObjectItemBind*, 31  
*ObjectItems*, 15  
*ObjectLiteral*, 15  
*ObjectPattern*, 30  
*ObjectPatternBind*, 31  
*ObjectPatternBody*, 30  
*ObjectPatternBodyBind*, 31  
*ObjectType*, 12  
*ObjectTypeQualifier*, 12  
*ObjectTypes*, 11  
*Operator*, 2  
  
*ParamDecl*, 34  
*Parameter*, 34  
*ParamList*, 34  
*ParamName*, 34  
*Pattern*, 29  
*PatternAssertion*, 29  
*PatternBind*, 31  
*PatternBody*, 29  
*PrefixExpr*, 20  
*PrevNextExpr*, 20  
*PrimaryExpr*, 14  
*PropertyBlockParam*, 37  
*PropertyBody*, 36  
*PropertyDecl*, 36  
*PropertyExprParam*, 37  
*PropertyKeyword*, 37  
*PropertyMember*, 37  
*PropertyQual*, 36  
  
*RangeExpr*, 22  
*Rchar*, 5  
*ReturnStatement*, 28  
*ReturnType*, 34

*RChar*, [5](#)

*Schar*, [4](#)

*ShiftExpr*, [21](#)

*SChar*, [5](#)

*Sign*, [4](#)

*SimpleEscape*, [4](#)

*SpecialType*, [11](#)

*Statement*, [26](#)

*StmtExpr*, [16](#)

*StringLiteral*, [4](#)

*Suffix*, [6](#)

*SuffixExpr*, [18](#)

*SuffixIdentifier*, [6](#)

*SuffixIdentifierHead*, [6](#)

*SuffixIdentifierTail*, [6](#)

*SymbolLiteral*, [6](#)

*ThrowStatement*, [28](#)

*TupleExprList*, [15](#)

*TupleLiteral*, [15](#)

*TuplePattern*, [30](#)

*TuplePatternBind*, [31](#)

*TupleTypes*, [11](#)

*Type*, [10](#)

*TypeAssertion*, [31](#)

*TypeBody*, [33](#)

*TypeDecl*, [33](#)

*TypeNotation*, [36](#)

*TypeQual*, [33](#)

*UnionType*, [12](#)

*UnnamedArgs*, [19](#)

*UnqualID*, [9](#)

*WhileStatement*, [27](#)