

## หน่วยที่ 13 การออกแบบระบบแสงสว่าง

ตาของมนุษย์ต้องใช้แสงสว่างในการมองเห็นสิ่งต่างๆ เพื่อการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะต้องมีดวงตาที่เป็นปกติและมีแสงสว่างที่พอเพียงเหมาะสมที่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

โดยแสงที่ตาเห็นจะมีความยาวคลื่นระหว่าง 380–760 นาโนเมตร

### หน่วยการวัดแสงสว่าง

**1 แคนเดลา (candela, cd) หรือแรงเทียน** คือหน่วยวัดความเข้ม (หรือกำลัง) การส่องสว่างของแสงสว่าง (luminous intensity) โดย 1cd เท่ากับความเข้มการส่องสว่างของแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากพื้นผิว 1/60 ตารางเซนติเมตรของวัตถุดำที่อุณหภูมิแข็งตัวของแพลตินัม

**2 ลูเมน (lumen) คือหน่วยวัดปริมาณแสงสว่าง (luminous flux)** ที่เปล่งหรือพุ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างถ้า นำแหล่งกำเนิดแสงสว่างขนาดเล็กมากๆ ที่มีกำลัง 1 cd วางตรงจุดศูนย์กลางของทรงกลมโปร่งใส (ในจินตนาการ) ที่มีรัศมีเท่ากับ 1 หน่วยความยาวปริมาณแสง (flux) ภายในปริมาตร 1 มุมตัน (solid angle) จากจุดศูนย์กลางนั้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน

**3 ฟุตแคนเดิล (footcandle, fc) หรือฟุต-เทียน** คือหน่วยของปริมาณการส่องสว่างบนพื้นที่รับแสงสว่างเป็นตารางฟุต โดย 1fc เท่ากับปริมาณแสงสว่าง 1 ลูเมนที่ตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางฟุตอย่างสม่ำเสมอ หรือเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต

**4 ฟุตแลมเบิร์ต (footlambert, fL) คือหน่วยวัดความจ้า (ความสว่าง) ของแสงสะท้อนที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิวที่มีพื้นที่เป็น** ตารางฟุต 1 ฟุตแลมเบิร์ต เท่ากับ 0.3182cd ต่อตารางฟุต และ 3.426cd ต่อตารางเมตร

**5 ลักซ์ (lux) คือหน่วยของปริมาณการส่องสว่างบนพื้นที่รับแสงที่เป็นตารางเมตร** โดย 1 ลักซ์ เท่ากับปริมาณแสงสว่าง 1 ลูเมนที่ตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตรอย่างสม่ำเสมอ หรือเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร โดย 1 ลักซ์ เท่ากับ 0.093fc หรือ 1fc เท่ากับ 10.76 ลักซ์

อวัยวะสำคัญที่ใช้ในการมองเห็นการปฏิบัติงานประจำวันของมนุษย์คือดวงตา และการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพก็ขึ้นอยู่กับ การมองเห็นที่ชัดเจนจึงต้องมีดวงตาที่ปกติ และต้องมีแสงสว่างที่พอเพียงและเหมาะสมด้วย

**ปัจจัยสำคัญด้านการมองเห็นที่ส่งผลต่อความสามารถในการมองเห็นของตา ได้แก่**

1. ความสามารถของตาในการมองเห็นวัตถุได้ชัดเจน
2. การปรับความไวของตาในการรับแสงสว่าง
3. ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดอย่างคมชัด
4. ความแตกต่างของความสว่างระหว่างวัตถุและสิ่งรอบข้าง
5. แสงจ้า หรือแสงบาดตา การควบคุมแสงจ้าโดยการติดตั้งดวงโคมให้สูงกว่าระดับสายตา หรือใช้แผ่นกั้นบัง

### มาตรฐานการส่องสว่าง

มาตรฐานที่สำคัญคือมาตรฐานฯ ของหน่วยงาน ดังนี้

1. สมาคมวิศวกรรมกรรมการส่องสว่างแห่งประเทศไทยสหรัฐอเมริกา
2. องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ

## ประเภทการส่องสว่างและค่าการส่องสว่างแนะนำสำหรับกิจกรรมทั่วไปภายในอาคาร

ประเภทการส่องสว่าง	ชนิดกิจกรรม	ลักซ์	วิธีส่องสว่าง
A	พื้นที่สาธารณะซึ่งบริเวณโดยรอบมืด	20-30-50	ส่องสว่างทั่วทั้งพื้นที่
B	การบรรยายสรุปสำหรับการเชื่อมต่องาน	50-70-100	
C	พื้นที่ปฏิบัติงานซึ่งใช้สายตาเพียงครั้งคราว	100-150-200	
D	งานที่ใช้สายตาซึ่ง contrast สูง หรือชิ้นงานใหญ่	200-300-500	ส่องสว่างเฉพาะจุดงาน
E	งานที่ใช้สายตาซึ่ง contrast ปานกลางหรือชิ้นงานขนาดเล็ก	500-750-1000	
F	งานที่ใช้สายตาซึ่ง contrast ต่ำ หรือชิ้นงานขนาดเล็กมาก	1000-1500-2000	
G	งานที่ใช้สายตาซึ่ง contrast ต่ำ หรือชิ้นงานขนาดเล็กมากเป็นเวลานาน	2000-3000-5000	ส่องสว่างทั่วทั้งพื้นที่และเสริมด้วยเฉพาะจุดงาน
H	งานที่ทำต่อเนื่องนานมาก และใช้สายตาอย่างเที่ยงตรง	5000-7500-10000	
I	งานที่ต้องใช้สายตามากเป็นพิเศษซึ่งมี contrast ต่ำมากและขนาดชิ้นงานเล็ก	10000-15000-20000	

ได้มีการกำหนดมาตรฐานการส่องสว่างโดยทั่วไปโดยสมาคมวิศวกรรมการส่องสว่างแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับกิจกรรมภายในอาคาร 9 ประเภท และองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศได้กำหนดค่าการส่องสว่างสำหรับอุตสาหกรรม 30 ประเภท

### หลอดไฟ โคมไฟ และการออกแบบระบบการส่องสว่าง

หลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่างโดยทั่วไป ได้แก่ หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดความเข้มสูง แสงสว่างที่หลอดไฟเปล่งออกมาจะมีคุณภาพของแสงสว่างโดยพิจารณาจากอุณหภูมิสีหรืออุณหภูมิเทียบเคียงและการแสดงสี

**หลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่างมีอยู่ 3 ชนิดหลัก** คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ (incandescent) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) และหลอดความเข้มสูง (high intensity discharge, HID)

**1 หลอดอินแคนเดสเซนต์** คือ หลอดไฟที่เราเรียกว่า หลอดไส้ ซึ่งเป็นขดลวดทั้งสแตน เมื่อไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทั้งสแตน ขดลวดจะร้อนจนแดงและเปล่งแสงออกมา หลอดชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำคือประมาณ 10-25 ลูเมนต่อวัตต์ แต่มีราคาถูก

หลอดไส้ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ หลอดไส้ทั้งสแตนธรรมดา และหลอดทั้งสแตนฮาโลเจน หลอดไส้ธรรมดาภายในหลอดจะบรรจุก๊าซเฉื่อยคืออาร์กอนผสมกับไนโตรเจน แต่หลอดทั้งสแตนฮาโลเจนจะบรรจุก๊าซฮาโลเจนซึ่งจะรวมกับทั้งสแตนที่ระเหิดออกมาในขณะร้อน เมื่อหลอดเย็นลงทั้งสแตนจะแยกออกมากลับไปเกาะที่ไส้ตามเดิม ทำให้มีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้ธรรมดาประมาณ 2 เท่า และปริมาณแสงที่ให้ก็ดีกว่า เพราะทั้งสแตนไม่ไปจับที่ผนังหลอด จึงไม่ขุ่นมัวเหมือนหลอดไส้ธรรมดา

**2 หลอดฟลูออเรสเซนต์** เป็นหลอดไฟที่ใช้กันมากทั่วโลก ประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างมากกว่าหลอดไส้คือ มีประสิทธิภาพระหว่าง 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ ในขณะที่ประสิทธิภาพของหลอดไส้เท่ากับ 10-25 ลูเมนต่อวัตต์ ซึ่งทำให้ประหยัดไฟมากกว่า และ

ยังประหยัดพลังงานความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะศูนย์การค้า อาคารสำนักงาน เพราะเกิดความร้อนน้อยกว่ามาก อายุการใช้งานนานถึง 20000 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับหลอดไส้ซึ่งมีอายุประมาณ 750 ชั่วโมง (หลอด 100 วัตต์) หลอดฟลูออเรสเซนต์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ หลอดอุ่นขึ้น (preheat) หลอดติดทันที (instant start) และหลอดติดเร็ว (rapid start)

**3 หลอดคล้ายประจุความเข้มสูง** หลอดชนิดนี้มีหลักการคล้ายกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการทำให้เกิดแสง คือสร้างกระแสอิเล็กตรอนให้วิ่งชนส่วนผสมของไอโลหะและก๊าซเฉื่อย แล้วปล่อยรังสียูวีไปทำให้สารเคลือบหลอดเกิดเรืองแสง หลอดนี้ต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์ แต่จะมีขั้วหลอดเล็กกว่า มีความดันและความสว่างมากกว่า หลอดชนิดนี้มีอยู่ 3 ชนิด คือ หลอดแสงจันทร์ (mercury lamp) หลอดโลหะฮาไลด์ (metal halide lamp) และหลอดโซเดียมความดันสูง (high pressure sodium) ซึ่งมีรายละเอียด

## สีของแสง

แสงสว่างที่หลอดไฟแต่ละชนิดเปล่งออกมาจะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน คุณภาพของแสงสว่างจะพิจารณาจากคุณลักษณะ 2 ประการ คือ อุณหภูมิสี หรืออุณหภูมิสีเทียบเคียง (colour temperature or correlated colour temperature) และการแสดงสี (colour rendering) ดัชนีการแสดงสี หรือ colour rendering index (CRI) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0–100 โดย ค่า 0 หมายถึงหลอดไฟที่ให้แสงที่ทำให้สีของวัตถุผิดเพี้ยนจากความจริงอย่างสิ้นเชิง ส่วนค่า 100 คือแสงที่ทำให้สีของวัตถุแสดงสีที่แท้จริงตามธรรมชาติ

**โคมไฟ (Luminaires)** คือชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้แสงสว่างในทิศทางที่ต้องการ โดยทั่วไปชุดโคมไฟ จะประกอบด้วย

**1 หลอดไฟ** ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของแสงสว่างและอุปกรณ์ควบคุมการทำงานตามชนิดของหลอดไฟ (เช่น สตาร์ทเตอร์ บัลลาสต์) และฐานหลอดไฟพร้อมสายเพื่อต่อเชื่อมกับวงจรไฟฟ้า

**2 ตัวโคม** ทำหน้าที่กระจายแสงจากหลอดไฟ และป้องกันหลอดไฟเสียหายจากการกระแทก ป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือฝน ตามแต่ลักษณะการออกแบบเพื่อการใช้งานต่างๆ โคมไฟบางชนิดได้รับการออกแบบให้ปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร หรือป้องกันการเกิดประกายไฟ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานในสถานที่ที่มีสารไวไฟ

**การกระจายแสงของโคมไฟมี 5 ลักษณะ ดังนี้**

1. โคมกระจายแสงลง
2. โคมกึ่งกระจายแสงลง
3. โคมการกระจายแสงรอบด้าน
4. โคมกึ่งกระจายแสงขึ้น
5. โคมกระจายแสงขึ้น

## การออกแบบการส่องสว่าง

การออกแบบการส่องสว่างในงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัยจะต้องคำนึงถึงความสว่างที่พอเพียงกับลักษณะงาน และคุณภาพของแสงสว่าง เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อสุขภาพดวงตาและจากอุบัติเหตุ

**การส่องสว่างภายในสถานประกอบการสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ**

1. การส่องสว่างทั่วไป (general area lighting)
2. การส่องสว่างเฉพาะพื้นที่ (local lighting)
3. การส่องสว่างเสริมจุดปฏิบัติงาน (supplementary local lighting)

**1 การส่องสว่างทั่วไป** การส่องสว่างชนิดนี้เป็นการออกแบบให้ความสว่างเท่ากันทั่วพื้นที่ แสดงการจัดวางตำแหน่งหลอดไฟเหนือศีรษะในระยะห่างที่เท่ากัน เพื่อให้แสงจากโคมไฟกระจายให้สว่างเท่าๆ กันทั่วบริเวณ

**2 การส่องสว่างเฉพาะพื้นที่** การส่องสว่างระบบนี้ออกแบบให้มีแสงสว่างที่พอเพียงเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่มีการปฏิบัติงาน ส่วนในบริเวณข้างเคียงจะให้ความสว่างน้อยลง วางแนวโคมไฟให้สอดคล้องกับแนวการวางผังสถานีงานแต่ละแห่ง เพื่อให้แสงพอเพียงและครอบคลุมสถานีงานนั้นๆ

**3 การส่องสว่างเสริมจุดปฏิบัติงาน** หมายถึงการจัดแสงสว่างให้พอเพียงเฉพาะจุดปฏิบัติงาน โดยใช้โคมไฟตั้งโต๊ะ ส่วนบริเวณอื่นจะจัดให้มีความสว่างน้อยกว่า แต่ไม่ควรน้อยกว่าหนึ่งในสามของความสว่าง ณ จุดปฏิบัติงาน  
(ตัวอย่าง กำนวณ หน้า 13-34)

3. การออกแบบการส่องสว่างในงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัยจะต้องคำนึงถึงความสว่างที่พอเพียงกับลักษณะงาน และคุณภาพของแสงสว่างเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อดวงตา และไม่เกิดอุบัติเหตุอันตรายในการทำงาน